

บทความฉบับเต็ม

การประชุมวิชาการ
วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9

The 9th Engineering Science Technology and Architecture Conference 2018

9th ESTACON 2018

เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่ออุตสาหกรรมแห่งอนาคต
Technology and Innovation for Future Industry

7 กันยายน 2561

ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

คำนิยาม

การจัดโครงการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 (ESTACON 2018) ในวันศุกร์ที่ 7 กันยายน 2561 ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น (อาคาร 18) ชั้น 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เป็นการรวมกลุ่มมหาวิทยาลัยในเครือข่าย ที่เปิดหลักสูตรการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 5 สถาบัน คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

การจัดประชุมวิชาการนี้ มีจุดเริ่มต้นจากการจัดประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ต่อเนื่องมาแล้ว 8 ครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – พ.ศ. 2560 ซึ่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ส่งผลงานทางวิชาการเข้าร่วมนำเสนอมากขึ้นเรื่อยๆ ในแต่ละปี ดังนั้นในปี พ.ศ.2561 จึงได้มีการรวมกลุ่มมหาวิทยาลัยในเครือข่ายจัดงานประชุมวิชาการในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีสาธารณะให้นักวิชาการ นักวิจัย คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา ทั้งในเครือข่ายและสถาบันอื่นๆ ได้นำเสนอผลงานวิจัย เป็นการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ที่ได้ อันก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนางานวิจัยที่เข้มแข็ง ยั่งยืน ตอบสนองความต้องการของสังคม โดยมีคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเนื้อหาและพิจารณาบทความงานวิจัย ก่อนจัดตีพิมพ์เผยแพร่ทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้เป็นผู้สร้างการมีส่วนร่วมในการเปิดเวทีแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ ทั้งสถาบันเครือข่ายทางวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความวิจัย คณะกรรมการตัดสินผลงาน ผู้เข้าร่วมนำเสนอบทความวิจัย และคณะดำเนินงานโครงการทุกท่าน รวมไปถึงคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษา ที่มีส่วนร่วมทำให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ประสบความสำเร็จ สัมฤทธิ์ผลและบรรลุวัตถุประสงค์ทุกประการ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความวิจัยในโครงการประชุมวิชาการฉบับนี้จะเป็นข้อมูลแนวทางการพัฒนาที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติต่อไป

คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ

ESTACON 2018

สารจากรองอธิการบดีประจำวิทยาเขตขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น



วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นศาสตร์ที่มีความคืบหน้าอย่างก้าวกระโดด มีการเปลี่ยนแปลงในผลลัพธ์ตลอดเวลา ซึ่งทุกคนเข้าใจว่าในปัจจุบันเป็นยุคของอุตสาหกรรม 4.0 หรือไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งหมายถึงการพัฒนาทางเทคโนโลยีอย่างไม่หยุดยั้ง และมีอัตราการพัฒนาอย่างไม่สามารถคาดการณ์ได้ โครงการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สถาปัตยกรรมศาสตร์ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 (ESTACON 2018) วันที่ 7 กันยายน 2561 ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย – เยอรมัน ขอนแก่น ถือได้ว่าเป็นงานที่มีความสำคัญและจะแสดงให้เห็นถึงการก้าวทันโลกของการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ซึ่งถือว่าเป็นการเตรียมปรับตัวพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงที่ดีมาก

ในฐานะรองอธิการประจำวิทยาเขต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น และในนามของบุคลากรและนักศึกษา วิทยาเขตขอนแก่น ทุกคน รู้สึกภูมิใจ และเป็นเกียรติอย่างยิ่ง ที่ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพจัดงานในครั้งนี้ โดยได้รับความร่วมมือจากสถาบันในเครือข่ายที่มีความเข้มแข็ง นักวิชาการ นักวิจัย นิสิตนักศึกษา ได้นำเสนอผลงานวิจัยทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เทคโนโลยี นวัตกรรมใหม่ที่ได้จากการวิจัย ตลอดจนผลงานปริญญานิพนธ์ของนิสิตนักศึกษา เพื่อนำไปสู่การพัฒนา ทั้งการเรียน การสอน และเสริมสร้างความเข้มแข็งที่มีศักยภาพในการแข่งขัน ตอบสนองความต้องการของสังคมที่แท้จริงนำไปสู่การพัฒนาประเทศชาติต่อไป

การจัดงานครั้งนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้หากไม่ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากทุกภาคส่วน ทั้งภายในวิทยาเขต และเครือข่ายสนับสนุนต่าง ๆ จึงขอขอบคุณ และขอให้การจัดงานครั้งนี้สำเร็จสมดังความมุ่งหมายทุกประการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชยุทธ จันทะรี)
รองอธิการบดีประจำวิทยาเขตขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น



โครงการประชุมวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 (ESTACON 2018) วันที่ 7 กันยายน 2561 ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ซึ่งมีการจัดงานในหัวข้อเทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่ออุตสาหกรรมแห่งอนาคต โดยได้รับความร่วมมือจากสถาบันในเครือข่ายที่มีความเข้มแข็งของแต่ละมหาวิทยาลัย จัดให้นักวิชาการ นักวิจัย นิสิตนักศึกษา ได้นำเสนอผลงานวิจัยทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ นวัตกรรมใหม่ ที่ได้จากการวิจัย ตลอดจนผลงานปริญญานิพนธ์ของนิสิตนักศึกษา เพื่อนำไปสู่การพัฒนา ทั้งการเรียน การสอน และเสริมสร้างความเข้มแข็งที่มีศักยภาพในการแข่งขัน ตอบสนองความต้องการของสังคมที่แท้จริง นำไปสู่การพัฒนาประเทศชาติต่อไป

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น มีความยินดีและเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้เป็นเจ้าภาพในการจัดงานการประชุมวิชาการ (ESTACON 2018) และยินดีต้อนรับทุกท่านในการเข้าร่วมการประชุมในครั้งนี้ ท้ายที่สุดนี้ ต้องขอชื่นชมคณะกรรมการดำเนินงาน คณาจารย์ นิสิตนักศึกษา ตลอดทั้งผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกท่านคงได้รับความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ กลับไปช่วยกันพัฒนาหน่วยงานและการผลิตบัณฑิตตามคุณลักษณะที่พึงประสงค์ กระผมขออาราธนาอำนาจคุณ พระศรีรัตนตรัย อำนวยอวยพรให้การจัดงานครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ทุกประการ

(นายปริญ นาชัยสิทธิ์)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



ในนามของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน กระผมมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 ของเครือข่ายทางวิชาการ จาก 5 มหาวิทยาลัย ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาหลายปี และในครั้งนี้ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ได้เป็นเจ้าภาพในการจัดงานครั้งนี้ ซึ่งเป็นการจัดงานประชุมวิชาการ และนำเสนอผลงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 ESTACON 2018

กระผมขอขอบพระคุณคณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการ ESTACON 2018 รวมทั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการพิจารณาบทความและข้อเสนอแนะแนวที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพของงานวิจัย ซึ่งถือเป็นกลไกในการพัฒนาศักยภาพของอาจารย์และนักศึกษาที่อยู่ในเครือข่ายฯ ให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

สารจากคณบดีคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



ขอแสดงความยินดีและชื่นชมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ได้รับเป็นเจ้าภาพในการจัดโครงการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 (ESTACON 2018) ในครั้งนี้ ซึ่งการประชุมวิชาการดังกล่าวจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนาวิชาการและวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง เปิดโอกาสให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางด้านวิชาการและการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการรวมทั้งเกิดการบูรณาการในสาขาวิชาชีพเพื่อการพัฒนาที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์หารือสืบต่อไป

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ องค์กรหน่วยงานภาครัฐและเอกชนรวมทั้งบุคลากรที่ได้ร่วมกันจัดโครงการประชุมวิชาการอันทรงคุณค่าในครั้งนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชิดชัย สายเชื้อ)
คณบดีคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ในนามของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระผมมีความยินดีและรู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่ง ที่ได้ร่วมเป็นเครือข่ายในการจัดการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ (ESTACON 2018) ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 โดยมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นเป็นเจ้าภาพในการประชุมครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิชาการ นักวิจัย และนิสิตนักศึกษาได้นำเสนอผลงานวิชาการเพื่อนำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอน การวิจัย และการพัฒนาประเทศชาติต่อไป

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอแสดงความขอบคุณคณะกรรมการจัดงาน ESTACON 2018 มา ณ โอกาสนี้และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการในครั้งนี้จะประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์และเป็นการประชุมวิชาการที่เข้มแข็งตลอดไป

(นายศุกรินทร์ คำสุวรรณ)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล



ผม ในฐานะคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล ขอแสดงความยินดีต่อการร่วมมือกันของเครือข่ายสถาบันการศึกษา ที่ได้จัดการประชุมวิชาการขึ้นเป็นปีที่ 9 ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าเครือข่ายมีความเข้มแข็งในการร่วมมือกันพัฒนางานวิจัยเป็นอย่างดีตลอด 9 ปีที่ผ่านมา

การจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้ ภายใต้หัวข้อ “เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมแห่งอนาคต” นับว่าทันต่อสถานการณ์ที่รองรับการเปลี่ยนแปลงที่กำลังจะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี รวมทั้งเป็นการแสดงศักยภาพความร่วมมือของเครือข่ายให้สังคมรับทราบ

ในโอกาสนี้ผมขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่เป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้ขึ้น และขออวยพร ให้การประชุมครั้งนี้ ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สงวน วงษ์ชวลิตกุล)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

สารจากคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา รู้สึกยินดี และเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้ร่วมเป็นเครือข่ายในการจัดการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 (ESTACON 2018) เพื่อเป็นเวทีสาธารณะให้กับคณาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษา ได้แลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัยและวิชาการ โดยมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงกคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เป็นเจ้าภาพในการจัดการประชุมครั้งนี้ และนับเป็นปีที่ 5 ที่คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เข้าร่วมเป็นเครือข่ายจัดงานกับสถาบันการศึกษาอีก 5 แห่ง ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดขอนแก่น นับเป็นการพัฒนางานวิจัยและเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการที่เข้มแข็งแน่นแฟ้นยิ่งขึ้น

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จึงขอแสดงความขอบคุณคณะกรรมการดำเนินการเครือข่าย ผู้ร่วมนำเสนอบทความและผลงานวิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดโครงการประชุมวิชาการครั้งนี้ จะประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์และเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนางานวิชาการและงานวิจัยของเครือข่ายต่อไป

(ดร.ดวงธิดา โคตรโยธา)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์



ในปัจจุบัน “ไทยแลนด์4.0” ถือเป็นความมุ่งมั่นของรัฐบาลที่ต้องการปรับเปลี่ยนเศรษฐกิจของประเทศไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ซึ่งเป็นการขับเคลื่อนประเทศจากภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งการขับเคลื่อนประเทศให้เป็นไทยแลนด์ 4.0 งานวิจัยทางวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมศาสตร์ ถือว่ามีความสำคัญโดยตรงเพราะเป็นส่วนที่สามารถผลักดันให้เกิดเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศ ดังนั้นการจัดการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 (9th Engineering Science Technology and Architecture Conference 2018) จึงเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนประเทศสู่ไทยแลนด์ 4.0 เนื่องจากเป็นเวทีที่ผู้วิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมศาสตร์ จะได้แลกเปลี่ยนความรู้กับนักวิจัยท่านอื่นๆในวิชาชีพเดียวกันนอกจากนี้ยังเป็นโอกาสที่ผู้วิจัยจะได้รับฟังความคิดเห็น คำแนะนำตลอดจนคำติชมจากนักวิจัยท่านอื่น ๆ ไปใช้ในการปรับปรุงผลงานของตนเอง โดยผลจากการประชุมวิชาการจะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพการศึกษาตลอดจนพัฒนาองค์ความรู้จากการวิจัยที่มีคุณภาพนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติต่อไป

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการในครั้งนี้จะเป็นอีกทางหนึ่งในการยกระดับและโอกาสสำหรับคณาจารย์นักวิจัยนิสิตนักศึกษาของมหาวิทยาลัยต่างๆในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันเพื่อสร้างเครือข่ายความร่วมมือและนำองค์ความรู้ที่ได้พัฒนาประเทศชาติต่อไปท้ายที่สุดนี้ผมขออวยพรให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้สำเร็จและบรรลุตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

(รองศาสตราจารย์จิระพันธ์ ห้วยแสน)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

วิทยากรบรรยายพิเศษ

ศ.ดร.ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	เมธีวิจัยอาวุโส สกว. และผู้อำนวยการ Central of Excellence in Electromagnetic Energy Utilization in Engineering (CEEE) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ บรรยายในหัวข้อ : เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมแห่งอนาคต
ดร.สุรเดช	ทวีแสงสกุลไทย	ประธานกรรมการบริหาร กรรมการผู้จัดการใหญ่และประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน) บรรยายในหัวข้อ : ความสำคัญของนวัตกรรมทางความคิด
ผอ.วรินทร์	รอดโพธิ์ทอง	ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีการผลิตอัตโนมัติและหุ่นยนต์ สถาบันไทย-เยอรมัน บรรยายในหัวข้อ : Smart Engineer on Smart Technology

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย

กลุ่มวิศวกรรมโยธา

ศ.ดร.ปริญญา	จินดาประเสริฐ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.จารึก	ถีระวงษ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.พงศกร	พรรณรัตนศิลป์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สุขสันติ์	หอพิบูลสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Dr.Menglim	Hoy	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ศ.ดร.ปิติ	สุคนธสุขกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.พีรพงศ์	จิตเสงี่ยม	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.กฤษณ์	ศรีวรมาศ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.รัตนา	หอมวิเชียร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร.กิตติพงษ์	สุวีโร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.จิระยุทธ	สืบสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.เชิดศักดิ์	สุขศิริพัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.รัฐพล	สมนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.เกียรติสุดา	สมนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.จันทิมา	มณีโชติวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.จิรวัฒน์	ศุภโกศล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.สุบรร	ผลกะสิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.หริส	ประสารฉ่ำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ปนัสย์ชัย	เชษฐโชติศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.เจริญชัย	ฤทธิรุทธ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.พัชรพล	โพธิ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.พงศกร	พวงชมภู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.อภิชิต	คำภาหล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.อัศนัย	ทาเภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า

ผศ.ดร.ชลธี	โพธิ์ทอง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.สมมาตร	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.อภิฌาน	กาญจนวาปสถิตย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ดร.นพพณ	เลิศชูวงศา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.กันต์พงษ์	ศรีสถิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผศ.ดร.ถนอมศักดิ์	โสภณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.อุบล	สุริพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.วรรณรีย์	วงศ์ไตรรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.ภูริพงศ์	สุทธิโสภาพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.รุ่งอรุณ	พรเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขต เทเวศร์
อ.วารินี	วีระสินธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขต เทเวศร์
อ.ดร.เกศศักดิ์ดา	ศรีโคตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.กฤษณะพงศ์	พันธ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ประยงค์	เสาร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ศิริวัฒน์	วสุนธราเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.จรินทร์ศักดิ์	แซ่เตียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.จักรวัฒน์	บุตรบุญชู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.คณะวัติ	เนื่องวงษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุธาสินี	ละมุลตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.กัญจนา	ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ไพวรรณ	เกิดตรวจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.สุภาพร	ปานิคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.เอกพล	ขันสาลี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เหล่านภากุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.อาทิตย์	อภิโชติธนกุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.พชร	ชาตะวิถี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.นราธิป	ภาวะรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ธฏษธรรมช์	ลาโสภา	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผศ.ดร.กัลยา	กิตติเลิศไพศาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผศ.ภัทราพล	กองทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผศ.ดร.ศิวดล	กัญญาคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผศ.ดร.วรพจน์	งามชมภู	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.รัชทิน	เมืองนาค	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อ.นันทิกา	ชัยกัณหา	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผศ.ดร.เชฎฐา	ชำนาญหล่อ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
อ.ดร.ชาตินักรบ	แสงสว่าง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
อ.ดร.วรญา	เนื่องมัจฉา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
อ.ดร.อธิวัฒน์	บุญมี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
อ.ดร.มงคล	อิทธิผลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง
ผศ.สุทัศน์	ยอดเพ็ชร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.จิตติวัฒน์	นิธิกาญจนธาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.สุรัตน์	วรรณศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.จารุพงษ์	บรรเทา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.นรารักษ์	บุตรชา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.วิทยา	ดาวดอน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.รุ่งวสันต์	ไกรกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.ศักดิ์ดา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร
อ.ดร.วิเรขา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร
อ.ดร.ทศพร	แจ่มใส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
อ.ดร.ชาญชัย	เหลาหา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ณภัทร	อินทนนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ภูริพัส	แสนพงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุรเชษฐ์	เถื่อนแก้วสิงห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.คมกริช	จันทรเสนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล

นาวาโท ปิจิราวุช	เวียงจันดา	โรงเรียนนายเรือ
อ.ดร.เจษฎา	โพธิ์สม	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.จักรพันธุ์	ชวนอาษา	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อ.ดร.ณัฐดนย์	พรรณุเจริญวงษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผศ.ดร.ธีรพัฒน์	ชมภูคำ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.รพีพัฒน์	ลาดศรีทา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ธนกฤต	นนท์ชนะ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.ดร.สมบัติ	ทำนา	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ผศ.สุทิน	พลบูรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ดร.ปรีชา	ทุมมุ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ดร.พิทักษ์	พร้อมไธสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
น.ท.ดร.ธนาสิทธิ์	เสือส่าน ร.น.	สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ
ผศ.ดร.สมพล	สกุลหลง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศรีราชา

อ.ดร.ประทาน	ศรีชัย	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
อ.ดร.อรรถพล	สีดำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
ผศ.ดร.สัณหวัจน์	ทองแดง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.สุริยา	โชคเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ณรงค์	หูชัยภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.รตินันท์	เหลือมพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลางนครราชสีมา
อ.ดร.พลเทพ	เวงสูงเนิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลางนครราชสีมา
ผศ.วศิษฐ	ธีระเจตกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุระ	ตันดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ศุภฤกษ์	ชามงคลประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุภัทรชัย	สุวรรณพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.พิศาล	มูลอำคา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ปฐมาภรณ์	ชัยกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ชัชรินทร์	ศักดิ์กำปัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ภาณุพิชญ์	ขืนเขียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.กฤษณพันธ์	ศรีมงคล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ไทร	ศรีโยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ทศพล	แจ้งน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.เอกวุฒิ	แสนคำวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สิริธร	สุภาคาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.พิศาล	หมื่นแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มสถาปัตยกรรมศาสตร์

ผศ.นิคม	บุญญานุสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.อลงกรณ์	ถนิมหาญน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.อภิชิต	คำภาหล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.พัชรพล	โพธิ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน

ผศ.ดร.ธวัชน์ชัย	คุณะโคตร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ว่าที่ รตต.โกวิทย์	แสนพงษ์	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ผศ.ธีรยุทธ	คุณะโคตร	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
อ.ศุกรินทร์	คำสุวรรณ	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ผศ.สุรินทร์	อ่อนน้อม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
รศ.ดร.สายตา	บุญโฉม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ทายวุฒิ	โพธิ์ทองแสงอรุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.สมศักดิ์	ธนพุทธิวิโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.อารีรัตน์	เชื้อบุญเกิด โนท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

อ.ดร.สุบรร	ผลกะสิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี	ระวีกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ศุภฤกษ์	ชามงคลประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ชาญวิทย์	ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.นิภาดา	พาภักดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผศ.ดร.สุทัศน์	สุทธิประภา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.น.พ.วิรุจน์	คุณกิตติ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.วรรณา	ศิริแสงตระกูล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.จารุพงษ์	แสงบุญมี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.พุธษดี	ศิริแสงตระกูล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.ธีระยุทธ	ทองเครือ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.ศุภโชค	สอนศิลพงศ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.สุชาติ	คุ้มมะณี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.วุฒิชัย	วิเชียรไชย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.สำรวน	เวียงสมุทร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.เดชสิทธิ์	พรรษา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร.นิพจน์พัทธ์	เมืองโคตร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร.ภูวดล	ด้วงโต	มหาวิทยาลัยพะเยา
อ.ดร.พิเชษ	วะยะลุน	มหาวิทยาลัยบูรพา
อ.สมพร	เตียเจริญ	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
อ.ดร.วิวัฒน์	นวลสิงห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผศ.ดร.กฤษณพงศ์	สมสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร.อภิฌาน	กาญจนวาปสถิตย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร.ธีระยุทธ์	เพ็งชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร.กชกร	เจตินัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
อ.ดร.กนกมน	รุจิรกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผศ.สมบัติ	สมัครสมาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
อ.เลิศพันธ์	เพียรสร้างสรร	วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
อ.อติราช	สุขสวัสดิ์	วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
อ.ดร.วชิรปัญญา	ปัญญาว่อง	วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น
พ.ต.อ.วสุกิจจ์	ธนูรัตน์	สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ
อ.ดร.ภูษิตา	คู่ชัยภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

ผศ.ดร.ญาณวรรธน์	แสนตลาดชัยกิตติ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.วิเชียร	แสงอรุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.รัชนก	เธียรวาริช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.คมกฤช	อรุณฉายพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.วรุณทิพย์	ฉัตรจุฑามณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.คมพิชิต	สีหามาตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
รศ.ดร.สายันต์	โพธิ์เกตุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.เบญจมาศ	ศรีสองเมือง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ชยาคมน์	ปุริมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.อัจฉรียา	เจียรศิริสมบูรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.รัชนี	พัฒชะนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ฐิติกานต์	สมบูรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.วิมลรัตน์	ทองภูธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.วัชรินทร์	ชุมจันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.พันธกานต์	แก้วอาษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.กฤษณพันธ์	ศรีมงคล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.พิฆเนศ	อุปชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.วุฒิไกร	ใสเหลื่อม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ปรัชญาวุฒิ	โถปั้น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ธีระพันธ์	ระรื่นรมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.เศวษ	หงษ์ประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.เพิ่มพร	ลักขณาวรรณกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.เฉลิมวุฒิ	น้อยอุ่นแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.นาวา	งามวิทยานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ประสาน	เอื้อทาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.อภิวัฒน์	สวัสดิรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.จักรพนธ์	อบมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ปิยะนุช	ตั้งกิตติพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.จักรกริช	ปานเรือนแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

คณะกรรมการตัดสินผลงานวิจัย

กลุ่มวิศวกรรมโยธา

แบบบรรยาย

ผศ.ดร.รัฐพล	สมนา
ผศ.ดร.จักษดา	ธำรงวุฒิ
อ.ดร.จิรวัฒน์	ศุภโกศล
ผศ.ดร.หริส	ประสารฉ่ำ
ผศ.ดร.พงศกร	พวงชมพู
ผศ.ดร.อภิชิต	คำภาหล้า
ผศ.ดร.เจริญชัย	ฤทธิรุทธ
อ.ดร.อัศนัย	ทาเภา

แบบโปสเตอร์

ผศ.ดร.พัชรพล	โพธิ์ศรี

กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า

แบบบรรยาย

ผศ.ดร.อภิญญา	อินทร์นอก
ผศ.ดร.วรรณรีย์	วงศ์ไตรรัตน์
ผศ.ดร.กิตติศักดิ์	ดียา
ผศ.วัชรพล	นาคทอง
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ
อ.ดร.สุธาสินี	ละมุลตรี
อ.ดร.กัญจนา	ชัยอมฤต
อ.สุภาพร	ปานิคม

แบบโปสเตอร์

ผศ.ประยงค์	เสาร์แก้ว
อ.ดร.ไพรวรรณ	เกิดตรวจ
อ.อภิวัฒน์	อัศวเมฆิน

กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ

แบบบรรยาย

รศ.ดร.สุพรรณ	สุดสนธิ์
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เหล่านภากุล
ผศ.ดร.จิตติวัฒน์	นิธิกาญจนธาร
ผศ.ดร.รักน้อย	อัครรุ่งเรืองกุล
อ.ดร.จารุพงษ์	บรรเทา
อ.ดร.มานิดา	สว่างเนตร
ผศ.ดร.สุวิทย์	ธรรมแสง
อ.ดร.บุญส่ง	ฤทธิ์ตา

อ.ดร.จิรัฐิติกาลผ่องศรี หิรัญเกิด
อ.ดร.ฉัตรแก้ว สุริยะภา
อ.ดร.ชาญชัย เหลาหา
อ.ศักดิ์นรา สุวรรณบำรุง
อ.พีรวิทย์ โชคเหมาะ
อ.ภูริพัส แสนพงษ์

แบบโปสเตอร์

อ.อภิศักดิ์ หาญพิชาญชัย
อ.ปัญญา วินทะไชย

กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล

แบบบรรยาย

ผศ.ดร.วสันต์ ศรีเมือง
อ.ดร.ปิติพัฒน์ บุตรโคตร
ผศ.ดร.รวิภัทร ลาภเจริญสุข
ผศ.วศิษฐ ธีรเจตกูล
อ.ดร.สุระ ตันดี
อ.ดร.ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์
อ.ดร.ณรงค์ สีหาจ่อง
อ.ดร.สุภัทรชัย สุวรรณพันธุ์
อ.ดร.ครรชิต รองไชย
อ.ดร.ชัชรินทร์ ศักดิ์กำปัง
อ.ดร.พิศาล มูลอำคา
อ.ดร.ภาณุพิชญ์ ขืนเขียว
อ.ทศพล แจ้งน้อย

แบบโปสเตอร์

อ.ดร.ชาญวิทย์ ชัยอมฤต
อ.เอกวุฒิ แสนคำวงษ์

กลุ่มสถาปัตยกรรมศาสตร์

แบบบรรยาย

ผศ.นิคม บุญญานุสิทธิ์
ผศ.ดร.อภิชิต คำภาหล้า

แบบโปสเตอร์

ผศ.ดร.พัชรพล โพธิ์ศรี

กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน

แบบบรรยาย

รศ.ดร.สายตา	บุญโฉม
ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี	ระวีกุล
ผศ.ดร.สมศักดิ์	ธนพุทธิวิโรจน์
รศ.ดร.สายันต์	โพธิ์เกตุ
ผศ.ดร.อาดา	รัยมธุรพงษ์
ผศ.ดร.เกียรติสุดา	สมนา

แบบโปสเตอร์

อ.นิภาดา	พาภักดี

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แบบบรรยาย

ผศ.วุฒิชัย	วิเชียรไชย
อ.ประสาน	เอื้อทาน
ผศ.ดร.กฤษณพงศ์	สมสุข
อ.ดร.เศวษ	หงส์ประสิทธิ์
ผศ.ดร.อภิฌาน	กาญจนวาปถิตย์
อ.จักรพนธ์	อบมา
อ.ดร.วรรณา	ศิริแสงตระกูล
อ.ดร.วราภรณ์	แก้วคอน
ผศ.ดร.พาวินี	กลางท่าไค่
ผศ.ดร.ญาณวรรธน์	แสนตลาดชัยกิตติ์
อ.ดร.พิฆเนศ	อุปชัย
อ.ดร.อัจฉรียา	เจียรศิริสมบูรณ์

แบบโปสเตอร์

อ.อภิวัฒน์	สวัสดิรัตน์
อ.ปิยะนุช	ตั้งกิตติพล
ผศ.ดร.รัชนก	เธียรวาริช
ผศ.ดร.คมกฤช	อรุณฉายพงศ์

คณะกรรมการดำเนินงาน

อ.ปริญ	นาชัยสิทธิ์	ประธานกรรมการ
อ.บุญกิจ	อุ่นพิกุล	รองประธานกรรมการ
อ.ดร.ศุภฤกษ์	ชามงคลประดิษฐ์	กรรมการ
อ.ขุนแผน	ปฏิมาประกร	กรรมการ
ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี	ระวีกุล	กรรมการ
ผศ.ดร.หริส	ประสารฉ่ำ	กรรมการ
ผศ.ดร.อภิชิต	คำภาหล้า	กรรมการ
ผศ.ดร.ปนัสย์ชัย	เชษฐโชติศักดิ์	กรรมการ
ผศ.ดร.เจริญชัย	ฤทธิรุทธ	กรรมการ
อ.ดร.อัศนัย	ทาเภา	กรรมการ
อ.ดร.กัญจนา	ชัยอมฤต	กรรมการ
อ.ดร.ชาญวิทย์	ชัยอมฤต	กรรมการ
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ	กรรมการ
ผศ.ดร.กฤษณะพงศ์	พันธ์ศรี	กรรมการ
อ.ดร.สุรเชษฐ์	เถื่อนแก้วสิงห์	กรรมการ
อ.คมกริช	จันทรเสนา	กรรมการ
อ.ทศพล	แจ้งน้อย	กรรมการ
อ.เอกวุฒิ	แสนคำวงษ์	กรรมการ
อ.ดร.สุภัทรชัย	สุวรรณพันธุ์	กรรมการ
อ.ดร.พิศาล	มูลอำคา	กรรมการ
อ.ดร.ปฐมาภรณ์	ชัยกูล	กรรมการ
อ.ดร.ชัชรินทร์	ศักดิ์กำปัง	กรรมการ
อ.ดร.ภาณุพิชญ์	ขืนเขียว	กรรมการ
อ.ดร.ครรชิต	รองไชย	กรรมการ
อ.ดร.เพิ่มพร	ลักขณาวรรณกุล	กรรมการ
อ.ปิยะนุช	ตั้งกิตติพล	กรรมการ
อ.ประสาน	เอื้อทาน	กรรมการ
ผศ.ดร.ญาณวรรธน์	แสนตลาดชัยกิตติ์	กรรมการ
นางประวีณา	เนื่องรินทร์	กรรมการ
น.ส.สุภาวดี	เนตรวิทยานนท์	กรรมการ
น.ส.จิรกาล	แสนสีละ	กรรมการ
น.ส.ปิยมาภรณ์	ตาเสาร์	กรรมการ
นายเอกพงษ์	ตั้งตระกูล	กรรมการ
น.ส.นุศรา	มุลตรี	กรรมการและเลขานุการ

กำหนดการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 (ESTACON 2018)
วันศุกร์ที่ 7 กันยายน 2561
ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

วันศุกร์ที่ 7 กันยายน 2561

เวลา	08.00 - 08.30 น.	ลงทะเบียน “การประชุมวิชาการ ESTACON 2018” ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น (อาคาร 18) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
เวลา	08.30 - 08.45 น.	พิธีเปิด
เวลา	08.45 - 09.00 น.	ชมการแสดงพิธีเปิด
เวลา	09.00 - 09.15 น.	มอบของที่ระลึกสถาบันครือข่าย มอบธงเจ้าภาพ
เวลา	09.15 - 10.45 น.	บรรยายพิเศษ
เวลา	09.15 - 09.45 น.	เรื่อง เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมแห่งอนาคต โดย ศ. ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช
เวลา	09.45 - 10.15 น.	เรื่อง ความสำคัญของนวัตกรรมทางความคิด โดย ดร.สุรเดช ทวีแสงสกุลไทย
เวลา	10.15 - 10.45 น.	เรื่อง Smart Engineer on Smart Technology โดย ผอ.วรินทร์ รอดโพธิ์ทอง
เวลา	10.45 - 11.00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
เวลา	10.45 - 15.00 น.	นำเสนอบทความวิจัยภาคโปสเตอร์
เวลา	11.00 - 12.00 น.	นำเสนอบทความวิจัยภาคบรรยาย (Session 1)
เวลา	12.00 - 13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
เวลา	13.00 - 14.30 น.	นำเสนอบทความวิจัยภาคบรรยาย (Session 2)
เวลา	14.30 - 14.45 น.	รับประทานอาหารว่าง
เวลา	14.45 - 16.15 น.	นำเสนอบทความวิจัยภาคบรรยาย (Session 3)
เวลา	16.15 - 17.00 น.	ประกาศผลและมอบรางวัลดีเด่น และพิธีปิด

หมายเหตุ กำหนดการอาจมีการปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม

ตารางการนำเสนอบทความ ESTACON2018

ห้อง (60 คน)		18A401	18A402	18A403	18A501	18A502	18A503	18A504	18A601	18A602	18A603	18A604	18A702	18A703
นำเสนอภาคบรรยาย Session 1	Chairman	รศ.ดร.สุพรรณ สุดสนธิ์			ผศ.ดร.อภิญญา อินทร์นอก	ผศ.นิคม บุญญานุสิทธิ์	ผศ.วัชรพล นาคทอง	อ.ดร.จิรวัฒน์ ศุภโกศล	ผศ.วศิษฐ ธีรเจตกูล			รศ.ดร.สายตา บุญโฉม	ผศ.วุฒิชัย วิเชียรไชย	อ.ดร.วรรณา ศิริแสงตระกูล
	Co-Chairman	อ.ดร.มานิดา สว่างเนตร			อ.ดร.สุธาสินี ละมุลตรี	ผศ.ดร.อภิชิต คำภาหล้า	ผศ.ดร.อดิเรก จันตะคุณ	ผศ.ดร.หริส ประสารฉ่ำ	อ.ดร.ครรชิต รองไชย			ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล	อ.ประสาน เอื้อทาน	ผศ.ดร.ญาณวรรธน์ แสนตลาชัยกิตติ์
	11:00 - 11:15	IE043			EE042	AR041	EE195	CE033	ME201			RL147	ST032	ST037
	11:15 - 11:30	IE060			EE071	AR118	EE273	CE140	ME342			RL219	ST139	ST186
	11:30 - 11:45	IE194			EE099	AR199	EE285	CE258	ME337			RL303	ST257	ST329
	11:45 - 12:00	IE294			EE156	AR255	EE310	CE293	ME251			RL335	ST290	
	12:00 - 12:15				EE242	AR340						RL336		
พักรับประทานอาหารเที่ยง														
นำเสนอภาคบรรยาย Session 2	Chairman	ผศ.ดร.สุวิทย์ ธรรมแสง	ผศ.ดร.จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร	ผศ.ดร.รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล	ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์	ผศ.ดร.กิตติศักดิ์ ดียา	ผศ.วัชรพล นาคทอง	ผศ.ดร.รัฐพล สมนา	อ.ดร.สุภัทรชัย สุวรรณพันธุ์	อ.ดร.สุระ ตันดี	อ.ดร.ปิติพัฒน์ บุตรโคตร	ผศ.ดร.สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์	ผศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ผศ.ดร.พาวินี กลางท่าไค่
	Co-Chairman	อ.ดร.บุญส่ง ฤทธิ์ตา	อ.ดร.จิรัฐติกาลผ่องศรี ทิรัญเดิด	อ.ดร.จารุพงษ์ บรรเทา	อ.สุภาพร ปานิคม	อ.ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	ผศ.ดร.อดิเรก จันตะคุณ	อ.ดร.อัศนัย ทาเภา	อ.ดร.ครรชิต รองไชย	อ.ดร.ชัชรินทร์ ศักดิ์กำปัง	อ.ดร.ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์	รศ.ดร.สายันต์ โพธิ์เกตุ	ดร.เศวช หงษ์ประสิทธิ์	อ.ดร.พิฆเนศ อุปชัย
	13:00 - 13:15	IE169	IE012	IE009	EE063	EE056	EE277	CE149	ME274	ME016	ME260	RL142	ST030	ST112
	13:15 - 13:30	IE172	IE019	IE052	EE067	EE061	EE068	CE160	ME319	ME027	ME261	RL224	ST082	ST136
	13:30 - 13:45	IE174	IE059	IE166	EE113	EE074	EE339	CE161	ME092	ME268	ME327	RL225	ST141	ST137
	13:45 - 14:00	IE180	IE064	IE230	EE135	EE075		CE344	ME262	ME288	ME022	RL320	ST150	ST197
	14:00 - 14:15	IE181	IE130	IE238	EE158	EE081		CE345	ME301	ME289	ME312			
	14:15 - 14:30	IE334		IE250	EE164	EE083			ME302	ME298	ME204			
พักรับประทานอาหารว่าง														
นำเสนอภาคบรรยาย Session 3	Chairman	อ.ดร.ฉัตรแก้ว สุริยะภา	ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เหล่านภากุล	อ.ดร.ชาญชัย เหลาหา	ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์	ผศ.ดร.กิตติศักดิ์ ดียา	ผศ.ดร.พงศกร พวงชมพู	ผศ.ดร.จักษดา ธำรงวุฒิ	ผศ.ดร.วสันต์ ศรีเมือง	อ.ดร.พิศาล มูลอำคา	ผศ.ดร.รวิภัทร ลาภเจริญสุข	ผศ.ดร.อาดา รัยมธุรพงษ์	ผศ.ดร.อภิญาน กาญจนวาปีติย์	อ.ดร.วราภรณ์ แก้วคอน
	Co-Chairman	อ.พีรวิทย์ โชคเหมาะ	อ.ภูริพัส แสนพงษ์	อ.ศักดิ์นรา สุวรรณบำรุง	อ.สุภาพร ปานิคม	อ.ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	ผศ.ดร.อภิชิต คำภาหล้า	ผศ.ดร.เจริญชัย ฤทธิรุทธ	อ.ดร.ณรงค์ สีหาจ่อง	อ.ดร.ภาณุพิชญ์ ขืนเขียว	อ.ทศพล แจ้งน้อย	ผศ.ดร.เกียรติสุดา สมนา	อ.จักรพนธ์ อบมา	อ.ดร.อัจฉรียา เจียรศิริสมบูรณ์
	14:45 - 15:00	IE203	IE133	IE241	EE145	EE104	CE035	CE098	ME227	ME218	ME253	RL208	ST213	ST198
	15:00 - 15:15	IE291	IE144	IE245	EE148	EE114	CE036	CE249	ME237	ME076	ME259	RL215	ST223	ST202
	15:15 - 15:30	IE318	IE152	IE254	EE240	EE134	CE324	CE126	ME346	ME286	ME280	RL243	ST305	ST271
	15:30 - 15:45	IE325	IE153	IE266	EE287	EE177	CE330	CE265	ME206	ME038	ME300	RL246	ST308	
	15:45 - 16:00	IE079	IE338	IE267	EE128	EE179			ME275	ME295	ME306			
	16:00 - 16:15	IE231		IE326	EE157	EE190				ME229				

ใช้สถานที่บริเวณลานหน้าห้องประชุมสัมมนา 2 อาคาร 18 ชั้น 3														
นำเสนอภาคโปสเตอร์	Referees	อ.อภิศักดิ์ หาญพิชาญชัย อ.ปัญญา วินทะไชย		ผศ.ประยงค์ เสาร์แก้ว อ.ดร.ไพรวรรณ เกิดตรวจ อ.อภิวัฒน์ อัศวเมฆิน				ผศ.ดร.พัชรพล โพธิ์ศรี	อ.ดร.ชาญวิทย์ ชัยอมฤต อ.เอกวุฒิ แสนคำวงษ์		อ.นิภาดา พาพักดี	อ.อภิวัฒน์ สวัสดิรัตน์ อ.ปิยะนุช ตั้งกิตติพล ผศ.ดร.รัชนก เธียรวาริช ผศ.ดร.คมกฤช อรุณฉายพงศ์		
	10:45 - 15:00	IE044	IE131	EE010	EE048	EE127	EE270	CE017	ME003	ME321	RL111	ST034	ST196	ST221
		IE119		EE014	EE070	EE154	EE276	AR105	ME097	ME322	RL167	ST058	ST205	ST252
				EE020	EE072	EE155	EE284	AR117			RL171	ST176	ST212	ST264
				EE021	EE108	EE220	EE314				RL244	ST191	ST214	ST281
				EE029	EE109	EE222	EE316				RL263	ST192	ST216	ST299
				EE047	EE124	EE248					RL283	ST193	ST217	ST332

กำหนดการนำเสนอบทความแบบบรรยาย (Oral Presentation)
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 (ESTACON 2018)
วันศุกร์ ที่ 7 กันยายน 2561 ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

<u>Parallel Session 1</u> **เวลา 11:00 – 12:15 น.**

เวลา	ห้อง 18A401		
	กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE) Chairman: รศ.ดร.สุพรรณ สุดสนธิ์ Co-Chairman: อ.ดร.มานิดา สว่างเนตร		
11:00 – 11:15	IE043 การศึกษาปัจจัยสำหรับการใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากหินปูนในกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง		
11:15 – 11:30	IE060 การผลิตกระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบด้วยสีสันใหม่จากเถ้าแกลบ, เศษแก้วใส และดินขาวระนอง		
11:30 – 11:45	IE194 วิธีลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบการผลิต; กรณีศึกษาอุตสาหกรรมน้ำดื่มบรรจุขวด		
11:45 – 12:00	IE294 การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก		

Parallel Session 1 เวลา 11:00 – 12:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A501	ห้อง 18A502	
	กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE) Chairman: ผศ.ดร.อภิญญา อินทร์นอก Co-Chairman: อ.ดร.สุธาสินี ละมุลตรี	**กลุ่มสถาปัตยกรรมศาสตร์ (AR)** Chairman: ผศ.นิคม บุญญานุสิทธิ์ Co-Chairman: ผศ.ดร.อภิชิต คำภาหล้า	
11:00 – 11:15	EE042 การเพิ่มประสิทธิภาพระบบตรวจข้อสอบปรนัยด้วยวิธีการสหสัมพันธ์	AR041 การออกแบบบ้านพักอาศัยภายใต้แนวคิดสถาปัตยกรรมพอเพียง: กรณีศึกษาตำบลบ้านเกาะ จังหวัดนครราชสีมา	
11:15 – 11:30	EE071 การเพิ่มประสิทธิภาพจำแนกข้อมูลสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยเทคนิคการเริ่มต้นใหม่	AR118 การศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินท้องถิ่นจากตัวเติมที่แตกต่างกัน	
11:30 – 11:45	EE099 การพัฒนาระบบให้คำแนะนำอาการป่วยของแมวโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจ	AR199 การพัฒนาอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ	
11:45 – 12:00	EE156 เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล	AR255 การศึกษากระบวนการบริหารโครงการการปรับย้ายพื้นที่ทำงานและการจัดการคืนสภาพพื้นที่เช่าก่อนส่งมอบให้กับเจ้าของอาคาร: กรณีศึกษาสถาบันการเงินแห่งหนึ่งในประเทศสิงคโปร์	
12:00 – 12.15	EE242 การทดสอบบล็อกเชนแพลตฟอร์มสำหรับระบบงานลูกค้าสัมพันธ์	AR340 การพัฒนากรอบแนวคิดพื้นที่เล่นเด็กก่อนวัยเรียนตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน	

Parallel Session 1 เวลา 11:00 – 12:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A503	ห้อง 18A504	
	กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE) Chairman: ผศ.วัชรพล นาคทอง Co-Chairman: ผศ.ดร.อดิเรก จันตะคุณ	**กลุ่มวิศวกรรมโยธา (CE)** Chairman: อ.ดร.จิรวัฒน์ ศุภโกศล Co-Chairman: ผศ.ดร.หริส ประสารฉ่ำ	
11:00 – 11:15	EE195 ระบบป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขณะทำงานในสภาวะที่กระแสและแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ	CE033 ผลของภาระบรรทุกอินทรีย์ต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานลูกชิ้นด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง	
11:15 – 11:30	EE273 การพัฒนาหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย	CE140 คุณสมบัติการไหลในทางน้ำเปิดที่มีสิ่งกีดขวางและขยะปน	
11:30 – 11:45	EE285 การศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยการอ่านค่าความนำไฟฟ้าด้วยตัวตรวจวัดแบบอนาล็อกสื่อสารผ่านระบบ IoT	CE258 การประเมินน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT	
11:45 – 12:00	EE310 การพัฒนาโรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกแตงเทศ	CE293 สัมพันธ์ของปริมาณวัสดุก่อสร้างส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคาด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน	

Parallel Session 1 เวลา 11:00 – 12:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A601		
	กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME) Chairman: ผศ.ดร.วศิษฐ ธีรเจตกูล Co-Chairman: อ.ดร.ครรชิต รองไชย		
11:00 – 11:15	ME201 การควบคุมการนำทางแบบอัตโนมัติของเรือโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก		
11:15 – 11:30	ME342 การศึกษาและสร้างแสงอาทิตย์เทียมขนาดเล็กโดยใช้หลอดฮาโลเจน		
11:30 – 11:45	ME337 การออกแบบและพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว		
11:45 – 12:00	ME251 การหาการปลอมปนในผงขมิ้นชันแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด		

Parallel Session 1 เวลา 11:00 – 12:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A604	ห้อง 18A702	ห้อง 18A703
	กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน (RL) Chairman: รศ.ดร.สายตา บุญโฉม Co-Chairman: ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล	**กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ST)** Chairman: ผศ.วุฒิชัย วิเชียรไชย Co-Chairman: อ.ประสาน เอื้อทาน	**กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ST)** Chairman: อ.ดร.วรรณา ศิริแสงตระกูล Co-Chairman: ผศ.ดร.ญาณวรรธน์ แสนตลาดชัยกิตติ์
11:00 – 11:15	RL147 การใช้สื่อสังคมออนไลน์บริหารการเรียนการสอน : กรณีศึกษาสาขาวิชาการจัดการผังเมือง มทร.อีสาน นครราชสีมา	ST032 การพัฒนาเครื่องมือเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ธุรกิจท่องเที่ยว	ST037 ผลของอุณหภูมิต่อสารชีวโมเลกุลของปลอกกระสุนปืนขนาด 11 มิลลิเมตรและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี
11:15 – 11:30	RL219 การสร้างชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล	ST139 แอปพลิเคชันหาสายรถสองแถวในอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา	ST186 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก
11:30 – 11:45	RL303 การหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติ เรื่องช่างไฟฟ้าภายในอาคาร	ST257 การศึกษาแบบจำลองช่องสัญญาณของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อจัดการดินถล่ม	ST329 การจำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
11:45 – 12:00	RL335 การจัดการความรู้ : การบูรณาการงานบริการวิชาการแก่สังคมกับการเรียนการสอนรายวิชาวิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล	ST290 ระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์	
12:00 – 12.15	RL336 การวิเคราะห์ปัญหาวิธีการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในการจัดทำโครงร่างวิศวกรรมโยธาด้วยหลักการ Why Why analysis		

Parallel Session 2 เวลา 13:00 – 14:30 น.

เวลา	ห้อง 18A401	ห้อง 18A402	ห้อง 18A403
	กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE) Chairman: ผศ.ดร.สุวิทย์ ธรรมแสง Co-Chairman: อ.ดร.บุญส่ง ฤทธิ์ตา	**กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE)** Chairman: ผศ.ดร.จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร Co-Chairman: อ.ดร.จิรัฐิติกาลผ่องศรี หิรัญเกิด	**กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE)** Chairman: ผศ.ดร.รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล Co-Chairman: อ.ดร.จารุพงษ์ บรรเทา
13:00 – 13:15	IE169 การออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย	IE012 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของแท่งห้ามล้อรถไฟ	IE009 รูปแบบการตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยสายตาสำหรับชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดอลูมิเนียม
13:15 – 13:30	IE172 การออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ	IE019 การศึกษาอิทธิพลของกรรมวิธีทางความร้อนที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของวัสดุโคบอลย์เบสอัลลอยบ์ FSX 414	IE052 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมสลัดน้ำมันกล้วยฉาบ
13:30 – 13:45	IE174 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ	IE059 การใช้อรรถประโยชน์จากเถ้าแกลบ, เศษแก้วสีเขียว และ ดินขาวโคกไม้ลาย สำหรับผลิตกระเบื้องบุผนังเทอราคอตตา	IE166 การออกแบบและวางผังโรงงานตามปริมาณความต้องการสินค้ากรณีศึกษา: โรงงานผลิตมันเส้นอบแห้ง
13:45 – 14:00	IE180 การออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน	IE064 สมบัติทางกลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมจากพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน	IE230 การประเมินความเสี่ยงของการทำงานโดยวิธีทางการยศาสตร์ในงานตะไบ
14:00 – 14:15	IE181 การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ	IE130 การวิเคราะห์การการฉีดขึ้นรูปของพลาสติกรีไซเคิลด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กรณีศึกษา พลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนรีไซเคิลจากถุงร้อน	IE238 การพัฒนาระบบการผลิตเสื้อกีฬากรณีศึกษาร้านเอสดีสปอร์ต
14:15 – 14:30	IE334 การศึกษารูปแบบอนุกรมเวลาเพื่อช่วยวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องกลึงแบบทั่วไป		IE250 การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษาผลิตผลเกษตร

Parallel Session 2 เวลา 13:00 – 14:30 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A501	ห้อง 18A502	
	กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE) Chairman: ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ Co-Chairman: อ.สุภาพร ปานิคม	**กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE)** Chairman: ผศ.ดร.กิตติศักดิ์ ดียา Co-Chairman: อ.ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	
13:00 – 13:15	EE063 แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับตรวจจับอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์	EE056 ชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปรับอากาศผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต	
13:15 – 13:30	EE067 การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบแถบความถี่สูงชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์จำกัดด้วย FPGA	EE061 การประยุกต์ใช้โปรแกรมOpenDSSและโปรแกรม MATLAB สำหรับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า	
13:30 – 13:45	EE113 เรือบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำด้วยกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	EE074 การตรวจสอบความอ่อนไหวด้านเอาต์พุตของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดันอัตราขยายสูง	
13:45 – 14:00	EE135 การจำลองตู้ขยายเสียงกีตาร์โดยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลด้วยซิมมูลิงค์	EE075 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงด้วยลูปเรียงซ้อน	
14:00 – 14:15	EE158 ระบบตรวจสอบและควบคุมการเปิด–ปิดเครื่องกั้นทางข้ามทางรถไฟอัตโนมัติด้วยอินเตอร์เน็ต	EE081 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบ	
14:15 – 14:30	EE164 การอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยโรงเรือนอัฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์	EE083 การประเมินประสิทธิภาพวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ความถี่สวิตช์ชิ่งต่างกัน	

Parallel Session 2 เวลา 13:00 – 14:30 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A503	ห้อง 18A504	
	กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE) Chairman: ผศ.วัชรพล นาคทอง Co-Chairman: ผศ.ดร.อดิเรก จันตะคุณ	**กลุ่มวิศวกรรมโยธา (CE)** Chairman: ผศ.ดร.รัฐพล สมนา Co-Chairman: อ.ดร.อัศนัย ทาเภา	
13:00 – 13:15	EE277 การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยแบบไร้สายที่ควบคุมด้วยระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อใช้ในการแข่งขัน	CE149 การทดสอบคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชั่นหน้าตัดฉากที่มีจุดรองรับแบบง่ายภายใต้แรงดัด	
13:15 – 13:30	EE068 การพัฒนาสายอากาศ 2 ย่านความถี่ สำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบไมโม	CE160 การตอบสนองทางโครงสร้างของเสาท่อเหล็กหน้าตัดกลมกรอกคอนกรีตกำลังสูงภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน	
13:30 – 13:45	EE339 สายอากาศไมโครสตริปสองย่านความถี่โพลาไรซ์แบบวงกลมสำหรับระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย	CE161 พฤติกรรมแบบสถิตยศาสตร์ของเสาท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากรอกคอนกรีตกำลังสูงและสมการออกแบบเสาเชิงประกอบ	
13:45 – 14:00		CE344 แบบจำลองโครงถักปฏิสัมพันธ์สำหรับการทำนายกำลังเฉือนของข้อต่อเสา-คานภายนอกคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหว	
14:00 – 14:15		CE345 การทดสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโครงถักสำหรับการทำนายกำลังเฉือน ของแป้นหูช้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	

Parallel Session 2 เวลา 13:00 – 14:30 น.(ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A601	ห้อง 18A602	ห้อง 18A603
	กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME) Chairman: อ.ดร.สุภัทรชัย สุวรรณพันธุ์ Co-Chairman: อ.ดร.ครรชิต รองไชย	**กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME)** Chairman: อ.ดร.สุระ ตันดี Co-Chairman: อ.ดร.ชัชรินทร์ ศักดิ์กำปัง	**กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME)** Chairman: อ.ดร.ปิติพัฒน์ บุตรโคตร Co-Chairman: อ.ดร.ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์
13:00 – 13:15	ME274 การพัฒนาระบบอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด	ME016 การศึกษาประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมระหว่างซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทยในแก๊สซิฟิไฟเออร์ชนิดไหลลงด้วยวิธีวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์	ME260 การศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งลำไยด้วยลมร้อนในอุโมงค์ลมแบบปิด
13:15 – 13:30	ME319 การทำนายความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เซชันของฟลูอิไดซ์เบดก๊าซ-ของแข็งโดยใช้แบบจำลอง CFD-DEM	ME027 การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าโดยการหุ้มฉนวนสุญญากาศ	ME261 การพัฒนาอุโมงค์ลมสำหรับศึกษาลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง
13:30 – 13:45	ME092 การศึกษารูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ	ME268 ผลของปริมาณน้ำมันที่มีต่อค่าความร้อนสูง (HHV) ในเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่น	ME327 ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร
13:45 – 14:00	ME262 การจำลองการถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	ME288 แนวทางการสร้างเกณฑ์การพิจารณาการคลุกเคล้าของอาหารผสมและฮอร์โมนต้นแบบ	ME022 การออกแบบ, การสร้างและการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบไอน้ำความดันต่ำ
14:00 – 14:15	ME301 ผลของตัวแปรไร้มิติที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบที่มีผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนผสมน้ำเป็นสารทำงาน	ME289 อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (PPI) ที่มีผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุน	ME312 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไอน้ำแบบก้นหอยเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในโรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็ก
14:15 – 14:30	ME302 การทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบ	ME298 การศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้แผงทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่	ME204 การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษาผลิตผลเกษตร

Parallel Session 2 เวลา 13:00 – 14:30 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A604	ห้อง 18A702	ห้อง 18A703
	กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน (RL) Chairman: ผศ.ดร.สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์ Co-Chairman: รศ.ดร.สายันต์ โพธิ์เกตุ	**กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ST)** Chairman: ผศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข Co-Chairman: อ.ดร.เศวษ หงษ์ประสิทธิ์	**กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ST)** Chairman: ผศ.ดร.พาวินี กลางท่าไค่ Co-Chairman: อ.ดร.พิฆเนศ อุปชัย
13:00 – 13:15	RL142 การสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน 3401A อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด	ST030 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการนำข้อมูลไปประมวลผลเกี่ยวกับการลาออกกลางคันของนักศึกษาโดยใช้ชุดข้อมูลนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด	ST112 การผลิตน้ำร้อนและน้ำเย็นด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ
13:15 – 13:30	RL224 ทัศนผู้เรียนต่อการเรียนการสอนวิชาชลศาสตร์	ST082 อินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวงานสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู	ST136 ความเร็วลมในหอคอยแสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่และความสูงต่างกัน
13:30 – 13:45	RL225 การศึกษาสถิติผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา อุตสาหการ เครื่องกล ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ระหว่างปีการศึกษา 2554 - 2559	ST141 ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมโรงเรือนในระบบปิดสำหรับควบคุมหลอด LED เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช	ST137 การศึกษาสมรรถนะของหอคอยแสงอาทิตย์ที่ใช้ชนิดวัสดุและความสูงต่างกัน
13:45 – 14:00	RL320 การศึกษาระบบการผลิตข้าวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายในจังหวัดพัทลุง	ST150 ระบบไปรษณีย์ออนไลน์ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	ST197 การปรับอากาศในห้องพักด้วยน้ำเย็นระบบปิด

Parallel Session 3 เวลา 14:45 – 16:15 น.

เวลา	ห้อง 18A401	ห้อง 18A402	ห้อง 18A403
	กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE) Chairman: ดร.ฉัตรแก้ว สุริยะภา Co-Chairman: อ.พีรวิทย์ โชคเหมาะ	**กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE)** Chairman: ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เหล่านภากุล Co-Chairman: อ.ภูริพัส แสนพงษ์	**กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE)** Chairman: อ.ดร.ชาญชัย เหลาหา Co-Chairman: อ.ศักดิ์นรา สุวรรณบำรุง
14:45 – 15:00	IE203 การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบที่นั่งพักนักศึกษาภายในอาคารเรียน	IE133 การศึกษาสมบัติความต้านทานแรงกระแทกและสมบัติความแข็งของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบ	IE241 การลดต้นทุนการขนส่งด้วยวิธีการลดการขนส่งเที่ยวเปล่า
15:00 – 15:15	IE291 การออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน	IE144 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling	IE245 การมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อยโดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม: กรณีศึกษาบริษัทกระจายสินค้าเครื่องดื่ม
15:15 – 15:30	IE318 การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของการผลิตเครื่องนวดข้าว	IE152 การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้วผสมกับเมล็ดมะขาม	IE254 การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะมูลฝอยด้วยวิธีฮิวริสติกส์
15:30 – 15:45	IE325 การเพิ่มมูลค่าเศษอะลูมิเนียมด้วยเตา Crucible โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง	IE153 การศึกษาสมบัติการทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้วผสมกับเศษไม้ไผ่แปรรูป	IE266 การศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า
15:45 – 16:00	IE079 การออกแบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์โดยการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในระบบอีแว๊ปโปเรชั่นร่วมกับระบบแอโรโพนิกส์	IE338 อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะเวลาพ่นเปลวไฟต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าผสม AISI 4140 โดยกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ	IE267 การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าเพื่อให้ระยะทางรวมและจำนวนรถน้อยที่สุดโดยใช้วิธี PBIL
16:00 – 16:15	IE231 การออกแบบสถานีปฏิบัติงานเพื่อลดความเมื่อยล้าโดยใช้หลักการยศาสตร์กรณีศึกษางานตะไบ		IE326 การจัดการโลจิสติกส์สำหรับกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ในจังหวัดนครพนม

Parallel Session 3 เวลา 14:45 – 16:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A501	ห้อง 18A502	
	กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE) Chairman: ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ Co-Chairman: อ.สุภาพร ปานิคม	**กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE)** Chairman: ผศ.ดร.กิตติศักดิ์ ดียา Co-Chairman: อ.ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	
14:45 – 15:00	EE145 การออกแบบและสร้างระบบวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงความถี่ของดอกลำโพงด้วยซิมมูลิงค์	EE104 ชุดสร้างค่าอุณหภูมิเสมือนอาร์ทีดี – พีทีร้อย	
15:00 – 15:15	EE148 การออกแบบและจำลองวงจรควบคุมอย่างดิจิตอลไบอัสหลอดสุญญากาศเพื่อวงจรขยายสัญญาณเสียงอย่างอัตโนมัติ	EE114 การควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค	
15:15 – 15:30	EE240 โรงเรือนเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน	EE134 การออกแบบสร้างชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์และทัชสกรีน	
15:30 – 15:45	EE287 การออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ2 แกนสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	EE177 การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim	
15:45 – 16:00	EE128 ระบบการคัดแยกวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิควิธีการซีเอเอสซีพี	EE179 เครื่องคั่วถั่วสิสงอบแห้งด้วยความร้อนจากการประยุกต์ใช้ฮีตเตอร์อินฟาเรดไฟฟ้า	
16:00 – 16:15	EE157 หุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค	EE190 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ	

Parallel Session 3 เวลา 14:45 – 16:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A503	ห้อง 18A504	
	กลุ่มวิศวกรรมโยธา (CE) Chairman: ผศ.ดร.พงศกร พวงชมพู Co-Chairman: ผศ.ดร.อภิชิต คำภาหล้า	**กลุ่มวิศวกรรมโยธา (CE)** Chairman: ผศ.ดร.จักษดา ธำรงวุฒิ Co-Chairman: ผศ.ดร.เจริญชัย ฤทธิรุทธ	
14:45 – 15:00	CE035 อิทธิพลของเถ้าลอยแคลเซียมสูงต่อการพัฒนากำลังของดินลมหอบที่ถูกปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอย	CE098 การศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตโดยการทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีตและแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและเครื่องยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค	
15:00 – 15:15	CE036 กำลังของดินชั้นทางหมุนเวียนแบบเต็มความลึกผสมซีเมนต์	CE249 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของไม้ไผ่ยักษ์ไทย (Dendrocalamus Giganteus)	
15:15 – 15:30	CE324 Stress Distribution Monitoring of Ballasted Railroad Track on Soft Soils Subjected to Moderate Axle Loads and Rail Speeds	CE126 การปรับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพรุนโดยใช้หินขนาดเล็ก	
15:30 – 15:45	CE330 การศึกษาการลดค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินตะกอนทรายด้วยดินเหนียว	CE265 การประเมินเสถียรภาพและการออกแบบการค้ำยันของที่ลาดบริเวณทางระบายน้ำล้นอ่างเก็บน้ำโปร่งขุนเพชร จ.ชัยภูมิ	

Parallel Session 3 เวลา 14:45 – 16:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A601	ห้อง 18A602	ห้อง 18A603
	กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME) Chairman: ผศ.ดร.วสันต์ ศรีเมือง Co-Chairman: อ.ดร.ณรงค์ สีหาจ่อง	**กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME)** Chairman: อ.ดร.พิศาล มูลอำคา Co-Chairman: อ.ดร.ภาณุพิชญ์ ขืนเขียว	**กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME)** Chairman: ผศ.ดร.รวิภัทร ลาภเจริญสุข Co-Chairman: อ.ทศพล แจ้งน้อย
14:45 – 15:00	ME227 การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนระหว่างครีบเข็มรูปตัววาย และครีบเข็มทรงกระบอกในอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม	ME218 ผลกระทบของความดันต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ	ME253 การตรวจสอบการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวแบบรวดเร็ว ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด
15:00 – 15:15	ME237 อิทธิพลของอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มกับความกว้างช่องทางการไหล ต่อการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม	ME076 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยขวดพลาสติก	ME259 การตรวจสอบคุณภาพและการเจือปนในน้ำนมดิบแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด
15:15 – 15:30	ME346 การออกแบบและทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อเทอร์โมไซฟอน	ME286 การออกแบบ และพัฒนาเครื่อง Mini CNC 5 แกน	ME280 การคัดแยกพันธุ์ข้าวแบบเมล็ดเดี่ยวอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด
15:30 – 15:45	ME206 การใช้ของไหลนาโนกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก	ME038 ความเค้นหนาแน่นที่ฟิลเลตสำหรับการรับแรงในแนวแกนโดยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์	ME300 การออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด
15:45 – 16:00	ME275 การศึกษาการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนในกระบวนการดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้ง โดยใช้การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	ME295 การคำนวณเชิงตัวเลขของงานกระแทกล้ออัลลอย	ME306 การออกแบบและสร้างเครื่องผสมปลาส้ม
16:00 – 16:15		ME229 การศึกษาการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้	

Parallel Session 3 เวลา 14:45 – 16:15 น. (ต่อ)

เวลา	ห้อง 18A604	ห้อง 18A702	ห้อง 18A703
	กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน (RL) Chairman: ผศ.ดร.อาดา รัยมธุรพงษ์ Co-Chairman: ผศ.ดร.เกียรติสุดา สมนา	**กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ST)** Chairman: ผศ.ดร.อภิฌาน กาญจนวาปถิตย์ Co-Chairman: อ.จักรพนธ์ อบมา	**กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ST)** Chairman: อ.ดร.วราภรณ์ แก้วคอน Co-Chairman: อ.ดร.อัจฉรียา เจียรศิริสมบูรณ์
14:45 – 15:00	RL208 การพัฒนาแผนการสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์โดยใช้สื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์	ST213 ระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	ST198 การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟม
15:00 – 15:15	RL215 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553 - 2559	ST223 การพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันเกมตอบคำถามออนไลน์เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน	ST202 การผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพจากกลูเตนและกลีเซอรอล
15:15 – 15:30	RL243 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	ST305 ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา	ST271 ความหลากหลายของพรรณไม้ในสวนสมรมในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย : กรณีศึกษาชุมชนบ้านเขาวัง ตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช
15:30 – 15:45	RL246 การศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	ST308 การประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากภาพถ่าย	

กำหนดการนำเสนอบทความแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation)
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมศาสตร์
ครั้งที่ 9 (ESTACON 2018)
วันศุกร์ที่ 7 กันยายน 2561 ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย - เยอรมัน ขอนแก่น
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

การนำเสนอบทความแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) **เวลา 10:45 – 15:00 น.** **บริเวณลานหน้าห้องประชุมสัมมนา ชั้น 3 อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย - เยอรมัน ขอนแก่น**	
กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ (IE) Referees: อ.อภิศักดิ์ หาญพิชาญชัย และ อ.ปัญญา วินทะไชย	
IE044	การศึกษาสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิบิวทีลีนซัคซิเนต/ท่อนาโนไททาเนต
IE119	การปรับปรุงสมบัติทางกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลด้วยผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วและสารเชื่อมประสานพอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์
IE131	การจำลองการไหลของพลาสติกหลอมเหลวเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกชิ้นงานถาดรองแก้ว
กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า (EE) Referees: ผศ.ประยงค์ เสาร์แก้ว, อ.ดร.ไพรวรรณ เกิดตรวจ และ อ.อภิวัฒน์ อัศวเมฆิน	
EE010	ชุดสื่อการสอนการกำเนิดแรงดันสูงชนิดคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว
EE014	การศึกษาการประยุกต์ใช้งานโรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลัง
EE020	การศึกษาเชิงวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่เกิดจากหลอดแอลอีดี
EE021	ระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกต
EE029	การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำโดยใช้การผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM
EE047	ระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ด้วยตนเองพร้อมโหมดแบบทดสอบอัตโนมัติ
EE048	ตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟชนิดแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสองย่านความถี่ใกล้กันโดยใช้เทคนิคแผ่นสตริปเหนี่ยวนำแม่เหล็กและสตับปรับจูน
EE070	สายอากาศโมโนโพลสำหรับประยุกต์ใช้งานย่านแถบกว้างมากยิ่ง
EE072	รถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย
EE108	สายอากาศไดโพลรูปตะขอสี่เหลี่ยมผืนผ้าย่านความถี่คู่สำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบ GSM/WLAN
EE109	การศึกษาและพัฒนาระบบการกักเก็บพลังงานจากคลื่นความถี่
EE124	การศึกษาและออกแบบสายอากาศวงแหวนสองทิศทางแถบความถี่กว้างยิ่งกระตุ้นด้วยโพรบพื้นผิววงรีซุปเปอร์โดยใช้ MoM-RWG
EE127	การใช้โปรแกรมแมทแล็บในการจำลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบโอเอฟดีเอ็ม
EE154	เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์
EE155	การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโซลาร์ฟาร์ม
EE220	การออกแบบและสร้างเครื่องคั่วชาควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน่อาร์ทรี สำหรับโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น
EE222	การออกแบบและสร้างระบบติดตามและระบุตำแหน่งวัตถุด้วยการประมวลผลภาพ
EE248	เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆเพื่อรายงานผลตามเวลาจริงสำหรับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

การนำเสนอบทความแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) **เวลา 10:45 – 15:00 น.** **บริเวณลานหน้าห้องประชุมสัมมนา ชั้น 3 อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น**	
EE270	การศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์กรณีติดตั้งกับผนังอาคาร ด้วยโปรแกรมจำลอง
EE276	การศึกษาประสิทธิภาพด้านเทคนิคระบบโซล่าเซลล์กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์
EE284	เครื่องเขย่าถุงเลือด
EE314	อุปกรณ์แจ้งเตือนการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุ
EE316	ระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยเสียงพูด
กลุ่มวิศวกรรมโยธา (CE) Referees: ผศ.ดร.พัชรพล โพธิ์ศรี	
CE017	คุณภาพทรายแม่น้ำเลย
กลุ่มสถาปัตยกรรมศาสตร์ (AR) Referees: ผศ.ดร.พัชรพล โพธิ์ศรี	
AR105	การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาสาขาวิชาออกแบบตกแต่งภายในสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์
AR117	องค์ประกอบกายภาพของพื้นที่ขายสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่แสดงถึงภาพลักษณ์แบรนด์ : กรณีศึกษาแบรนด์พานาโซนิค
กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล (ME) Referees: อ.ดร.ชาญวิทย์ ชัยอมฤต และ อ.เอกวุฒิ แสนคำวงษ์	
ME003	การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม
ME097	ออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการควบคุมความชื้นภายในดิน
ME321	การศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะข้าวอินทรีย์โดยใช้เครื่องกะเทาะข้าวกล้องสำหรับชุมชน
ME322	พฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิของผนังเตาเผาถ่านและอากาศในตู้อบกรณีนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่
กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน (RL) Referees: อ.นิภาดา พาพักดี	
RL111	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์
RL167	การแก้ปัญหาการขาดความรู้การใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณย่านความถี่สูง ในวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ
RL171	การแก้ไขปัญหาด้านพฤติกรรมการเล่นโทรศัพท์มือถือของนักศึกษาในห้องเรียน
RL244	การศึกษาสภาพการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
RL263	ตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุ
RL283	การวิเคราะห์ความผันผวนของต้นทุนการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก: กรณีศึกษาโครงการสะพานบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด และโครงการสะพานข้ามลำห้วยหว้า จังหวัดมหาสารคาม
กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ST) Referees: อ.อภิวัฒน์ สวัสดิรัตน์, อ.ปิยะนุช ตั้งกิตติพล, ผศ.ดร.รัชนก เธียรวาริช และ ผศ.ดร.คมกฤช อรุณฉายพงศ์	
ST034	การเพาะเห็ดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
ST058	การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวฮางงอก
ST176	การวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารสกัดใบชะมวงด้วยวิธี TLC densitometry
ST191	การสังเคราะห์ทองแดงขนาดอนุภาคนาโนโดยใช้วัสดุชีวภาพเป็นสารรีดิวซ์เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง

การนำเสนอบทความแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) **เวลา 10:45 – 15:00 น.** **บริเวณลานหน้าห้องประชุมสัมมนา ชั้น 3 อาคาร50ปีเทคนิคไทย-เยอรมันขอนแก่น**	
ST192	ระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต : กรณีศึกษา กองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร
ST193	ระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง: กรณีศึกษา กองบริการระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร
ST196	การพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษา ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
ST205	ระบบสารสนเทศเพื่อการวิเคราะห์สินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยเชิงพื้นที่ : กรณีศึกษาธนาคารอาคารสงเคราะห์
ST212	ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ กรณีศึกษา : บริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง จำกัด
ST214	ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะ : กรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน)
ST216	ระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ : กรณีศึกษากรมยุทธการทหารบก
ST217	ระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ : กรณีศึกษากรมทางหลวง
ST221	ระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการลาออนไลน์ : กรณีศึกษาบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด
ST252	ออกแบบและพัฒนาระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
ST264	ฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบจากใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่
ST281	ความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่เกษตรกรรมของอำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ
ST299	การย่อยสลายทางความร้อนของฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ที่เติมสารเติมแต่งโปรออกซิแดนท์
ST332	ระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านระบบเครือข่าย

ประวัติและผลงานวิทยากรบรรยายพิเศษ



ศ. ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

ตำแหน่งทางวิชาการ : ศาสตราจารย์ระดับ 11 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมธีวิจัยอาวุโส สกว.
หน่วยงานที่สังกัด : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) โทรศัพท์ 02 5643001-9 ต่อ–3153
E-mail ratphadu@engr.tu.ac.th
ตำแหน่งบริหาร : ผู้อำนวยการ Center of Excellence in Electromagnetic Energy Utilization in Engineering (CEEE)
ที่อยู่ปัจจุบัน : 92/182 อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

ประวัติการศึกษา

2549	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รัฐศาสตรมหาบัณฑิต (การเมืองและปกครอง)
2547	University of Minnesota Twin Cities, USA.	Post Doctoral Fellow, Chem. Eng. and Material Sci.
2545	Nagaoka University of Technology, Japan	Doctor of Engineering (Mechanical Eng.) (ทุนรัฐบาลญี่ปุ่น (Monbukagakusho: MEXT))
2537	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
2535	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

ประวัติการทำงานภาคบริหาร

- ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศ Center of Excellence in Electromagnetic Energy Utilization in Engineering (CEEE) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- รองคณบดีฝ่ายการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- รองคณบดีฝ่ายวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ที่ปรึกษาที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย (ทปอ.วิจัย)
- คณะทำงานมหาวิทยาลัย 4.0 (University 4.0)
- คณะทำงานยุทธศาสตร์ประเทศไทย (ในนาม ทปอ.วิจัย) Thailand 4.0
- กรรมการสาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัยสภาวิจัยแห่งชาติ
- กรรมการและคณะทำงานยุทธศาสตร์วิจัยแห่งชาติ (ในนาม วช.)
- คณะกรรมการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์วิจัย สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)

- คณะกรรมการบัญชีรายชื่อนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ไทย (วช.)
- กรรมการประเมินสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมนานาชาติ (วช.)
- คณะกรรมการบ่มเพาะนักประดิษฐ์สายอาชีวศึกษาทั่วประเทศ (วช.)
- คณะกรรมการบ่มเพาะนักประดิษฐ์สายอุดมศึกษาทั้งประเทศ (วช.)
- ประธานคลัสเตอร์พลังงาน เครือข่ายมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (RUN: Research University Network)
- Research Manager คลัสเตอร์พลังงานประเทศไทยเครือข่ายมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (RUN)
- ที่ปรึกษาการจัดตั้งโครงการหลักสูตรใหม่ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ (PIM)
- กรรมการสภามหาวิทยาลัย สถาบันรัชภาคย์
- กรรมการสภามหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- กรรมการสภาวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- กรรมการสภาวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- กรรมการสภาวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ประวัติการทำงานภาคเอกชน

- วิศวกรเครื่องกล บริษัท เชลล์ ประเทศไทย
- ผู้จัดการส่วน บริษัท อะโรเมติกส์และการกลั่นจำกัด (มหาชน) (ปัจจุบันคือบริษัทพีทีทีโกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน))

ประวัติการทำงานด้านวิชาการและงานวิจัย

- เมธีวิจัยอาวุโส สกว. ประจำปี 2556 และ 2559
- ศาสตราจารย์ระดับ 11 (2555)
- ศาสตราจารย์ระดับ 10 (2552)
- รองศาสตราจารย์ วิธีพิเศษ (2549)
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (2547)
- วุฒิเมธีวิจัย สกว. 2550 2552 และ 2555
- ทุนวิจัย Translation Grant สกว. 2550 และ 2552
- เมธีวิจัย สกว. 2547 2549 และ 2559
- เป็น Committee และ Chair สำหรับการประชุมนานาชาติและระดับชาติมากกว่า 50 รายการ
- เป็น Reviewer ประจำวารสารวิจัยระดับนานาชาติ มากกว่า 50 วารสาร
- ผลิตบัณฑิต ระดับปริญญาเอก ภายใต้ทุนปริญญาเอก กาญจนาภิเษก (คปก.) และทุน สกอ. สำเร็จการศึกษาแล้วรวม 10 คน
- ผลิตบัณฑิต ระดับปริญญาโทและเอกด้วยทุนอื่นๆ กว่า 30 คน
- ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศ Center of Excellence in Electromagnetic Energy Utilization in Engineering (CEEE) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รางวัลวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ

- 3 รางวัลผลงานสิ่งประดิษฐ์โลกกรุงเจนีวาสวิสเซอร์แลนด์ประจำปี 2559
- รางวัลเข็ม "เสมาคุณูปการ" จากกระทรวงศึกษาธิการในฐานะที่เป็นผู้ทำคุณประโยชน์แก่กระทรวงฯ
- รางวัลผลงานวิจัยระดับดีมาก สภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2558
- รางวัลวิทยานิพนธ์ปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์ (ฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา) สภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2558
- รางวัลผู้มีจำนวนผลงานอ้างอิง (Citation) ในบทความวิชาการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ (ที่มีค่า Impact factor) สูงสุดของ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ประจำปี 2558
- รางวัลวิทยานิพนธ์ปริญญาเอก ระดับดีเด่นสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ประจำปี 2558
- รางวัลวิทยานิพนธ์ปริญญาโท ระดับดีเด่นสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ประจำปี 2558
- รางวัลผลงานสิ่งประดิษฐ์โลก รางวัลเหรียญทองณ กรุงเจนีวา สวิสเซอร์แลนด์ประจำปี 2558
- รางวัลพระราชทานเข็มเกียรติยศทองคำ“บุคคลดีเด่นของชาติสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำปี 2556” คณะกรรมการเอกลักษณ์แห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี

งานวิจัยที่ทำ

ผลงานที่สำคัญ (เฉพาะที่สำคัญโดยย่อ เช่น งายวิจัย งานค้นคว้า ประดิษฐ์กรรม ตำรา ฯลฯ กล่าวในภาพรวมผลงานวิจัยของ ศ.ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโชที่ผ่านมา ได้เน้นวิจัยเชิงสหวิทยาการ (Multi-disciplinary) และบูรณาการที่ครบวงจร กล่าวคือ โดยในส่วนของงานวิจัยพื้นฐาน (Basic Research) ผ่านกระบวนการทางโมเดลเชิงคณิตศาสตร์ชั้นสูงควบคู่ระเบียบวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขชั้นสูงที่ ศ.ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช พัฒนาขึ้นมาเอง ซึ่งได้มุ่งเป้าในเชิงวิชาการ (Academic side) และสร้างผลงานคุณภาพบ่งบอกถึงการค้นหาองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติที่มี Impact Factor และ H- Index สูง (ปัจจุบัน ศ.ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช มีผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารนานาชาติเฉลี่ยปีละกว่า 12 เรื่อง) ในส่วนของ**งานวิจัยประยุกต์ (Applied Research)** ได้ต่อยอดองค์ความรู้จากงานวิจัยพื้นฐาน เพื่อมุ่งเป้าพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสอดคล้องกับความต้องการของประเทศ โดยในชั้นนี้ผลสรุปงานวิจัยจะออกมาในรูป Experimental Data และสุดท้ายเป็น **งานวิจัยอุตสาหกรรม (Industry Research)** โดยเป็นการนำองค์ความรู้มาต่อยอดเป็น รูปแบบกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต่อเนื่องให้อยู่ในรูป Pilot Scale และ Commercial Scale ซึ่งเป็นภาคส่วนสุดท้ายของงานวิจัยที่ครบวงจร ซึ่งในส่วนนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องต้นแบบทั้งในระดับ Pilot Scale และ Commercial Scale **ที่สามารถจดสิทธิบัตรได้และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในภาคอุตสาหกรรม** และผลงานสิ่งประดิษฐ์ทุกชิ้นยังได้รับรางวัลสำคัญระดับชาติและนานาชาติ ปัจจุบัน ศ.ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช มีงานวิจัยสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมซึ่งนำมาสู่การจดสิทธิบัตรกว่า 10 ผลงาน มีผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยระดับนานาชาติที่มีมาตรฐานสูง (high impact factor) มากกว่า 100 รายการ นอกจากนี้ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ ในวารสารวิจัยระดับนานาชาติ ของ ศ.ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช ยังได้รับการอ้างอิง (Citation) มากกว่า 2000 รายการ และได้รับรางวัลวิจัยระดับนานาชาติกว่า 15 รางวัล และรางวัลภายในประเทศกว่า 80 รางวัล
(ข้อมูลอื่นๆ สืบค้นได้จาก http://www.phadungsak.me.engr.tu.ac.th/refer.html)

ประวัติและผลงานวิทยากรบรรยายพิเศษ



ดร. สุรเดช ทวีแสงสกุลไทย

ประวัติการศึกษา

- โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จ. ชลบุรี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
- โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จ. ขอนแก่น ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- Yomiuri Rikosem College สาขาวิศวกรรมยานยนต์ ประเทศญี่ปุ่น
- Sanno University คณะบริหารธุรกิจ ประเทศญี่ปุ่น
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิชาเอกวิศวกรรมระบบราง

ตำแหน่งการทำงานปัจจุบัน

2538-ปัจจุบัน ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน)
ประเภทกิจการ: ออกแบบผลิต และให้บริการบำรุงรักษารถพ่วง รถกึ่งพ่วง รถบรรทุก รถบัส รถไฟ รถดับเพลิง รถกู้ภัย รถบันไดกู้ภัย รถสนับสนุนการบิน และงานโครงสร้าง
2548-ปัจจุบัน ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท ช.ทวี เทอร์โมเทค จำกัด
ประเภทกิจการ: ผลิต ตกแต่ง ประกอบ และซ่อมแซม ตู้รักษาอุณหภูมิที่ใช้สำหรับขนส่งอาหารแช่แข็ง
2536-ปัจจุบัน กรรมการผู้จัดการ บริษัท ขอนแก่น ช.ทวี (1993) จำกัด
ประเภทกิจการ: รับบริหารโครงการทางวิศวกรรม
2558 – ปัจจุบัน ประธาน บริษัท ขอนแก่นพัฒนาเมือง(เคเคทีที) จำกัด
ประเภทกิจการ: การก่อสร้างอาคารที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย
2555 – ปัจจุบัน รองคณบดีฝ่ายบริหาร วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น
535- 2558 กรรมการผู้จัดการ บริษัท วอลแลพ ทรัค แอนด์ บัส จำกัด
ประเภทกิจการ: ซ่อมรถบรรทุก และจำหน่ายอะไหล่ ทุกยี่ห้อ ทั้งของราชการ และเอกชนทั่วไป ทั้งใน และนอกสถานที่ ติดตั้ง
เครื่องยนต์ NGV.ให้กับรถบรรทุก เป็นตัวแทนจำหน่าย รถโฟล์คลิฟท์ ยี่ห้อ Hangcha และ ยี่ห้อ Sumi

งานด้านสังคม

2560 คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

2559-ปัจจุบัน คณะกรรมการร่วมภาครัฐและเอกชนเพื่อพัฒนากำลังคนอาชีวศึกษา (กรอ.อศ.) สาขาระบบขนส่งทางราง วิทยาลัยการอาชีพบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น
2559-ปัจจุบัน ผู้ทรงคุณวุฒิ ในโครงการวิพากษ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
2559-ปัจจุบัน ที่ปรึกษา สภาอุตสาหกรรมจังหวัดขอนแก่น
2558–ปัจจุบัน คณะอนุกรรมการ การศึกษาและวางแผนการผลิตกำลังคนเพื่อรองรับการพัฒนาระบบการคมนาคมและการขนส่ง สาขาการขนส่งทางราง
2558–ปัจจุบัน ที่ปรึกษาสมาคมนักเรียนเก่าโรงเรียนบางพลีราษฎร์บำรุง จังหวัดสมุทรปราการ
2558–ปัจจุบัน คณะกรรมการ หอการค้าจังหวัดขอนแก่น

วิทยากรบรรยาย-เสวนา

30 สิงหาคม 2560 เสวนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เรื่อง “การขับเคลื่อนจังหวัดสงขลาไปสู่ Smart City” ณ ห้องประชุมธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคใต้
26 สิงหาคม 2560 วิทยากร หัวข้อย่อย “นวัตกรรมเศรษฐกิจใหม่ในเมืองท้องถิ่นไทย” ซึ่งจะเป็นเนื้อหาที่ว่าด้วยบทบาทของท้องถิ่นในการพัฒนาเศรษฐกิจ การเมือง และสังคม แสดงให้เห็นพลังของท้องถิ่นในการสร้างนวัตกรรมที่เกิดจากการผลักดันร่วมกันของทุกภาคส่วนในพื้นที่ โครงการอบรมหลักสูตรผู้บริหารด้านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ “EXCET 6: The Millennials
25 สิงหาคม 2560 บรรยายการพัฒนาระบบบริการสาธารณะ (ระบบไฟฟ้ารางเบา)
18 สิงหาคม 2560 บรรยายเรื่อง การประยุกต์แนวคิดการวางผังเมืองสู่การออกแบบยุทธศาสตร์การพัฒนาขององค์กรปกครองท้องถิ่น งานสมาคมสันนิบาตเทศบาลแห่งประเทศไทย ณ เทศบาลนครนครสวรรค์
8 สิงหาคม 2560 วิทยากร และร่วมเสวนา หัวข้อ ทิศทางการนำสมาร์ทซิตี้สู่จังหวัดขอนแก่น และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สู่ยุคไทยแลนด์ 4.0
4 สิงหาคม 2560 เสวนา ระหว่าง 8 บริษัทพัฒนาเมือง "การบริหารกิจการสาธารณะภายใต้ประเทศไทย 4.0" ณ วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น
18 กรกฎาคม 2560 เสวนา หัวข้อ “Social Enterprise Approach for Secondary Cities Urban Development” ณ ศูนย์ประชุมและแสดงสินค้านานาชาติ เชียงใหม่

<u>รางวัลที่ได้รับ</u>

ตุลาคม 2556 โล่ห์ประกาศเกียรติคุณ “บุคคลคุณภาพแห่งปี 2013” จากมูลนิธิสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (มสวท.)

Training

25 สิงหาคม 2558 สัมมนากลุ่มย่อย (Focus Group) ครั้งที่ 2 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภายใต้การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสม เพื่อกำหนดรูปแบบลักษณะการลงทุน และกรอบการอุดหนุนโครงการด้านโครงสร้างพื้นฐาน และบริการระบบขนส่ง สำหรับส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดย สำนักนโยบายและแผน
7 สิงหาคม 2558 สัมมนาวิชาการ Smart Growth Thailand Summit 2015 เรื่อง “การสนับสนุนทางการเงินและสิทธิประโยชน์สำหรับหน่วยงาน และผู้ประกอบการขนส่งมวลชน และการ

พัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน (Infrastructure Financing and Incentive Options for Transit and Transit-oriented Development Agency) โดย สถาบันวิจัยการเติบโตอย่างชาญฉลาดประเทศไทย ณ โรงแรมริชมอนด์ สไตล์ลิส คอนเวนชั่น จังหวัดนนทบุรี

26-28 มกราคม 2558 หลักสูตร Security and Exchange Commission Capital Market Leader Program: Building Competitiveness of National and Thai Capital Markets โดยคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์

งานบริหารโครงการ

- ปี 2560 โครงการเช่าระบบบัตรโทรสารอิเล็กทรอนิกส์พร้อมอุปกรณ์ (E-Ticket) กับ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (“ขสมก”.)
- ปี 2558 บริหารโครงการจ้างเหมาให้บริการรถขนส่งมวลชน ระยะที่ 3 เพื่อเป็นสวัสดิการให้บริการ รับ-ส่ง นักศึกษาและบุคลากร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระยะเวลา 5 ปี มูลค่าโครงการ จำนวน 200 ล้านบาท
- ปี 2557 บริหารโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่าง LED สำหรับอาคารในกำกับของกระทรวงกลาโหม สำนักสนับสนุน สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม มูลค่าโครงการ จำนวน 400 ล้านบาท

รางวัลนวัตกรรมที่บริษัทฯ ได้รับ

- รางวัลด้านองค์กรนวัตกรรม Total Innovation Management (TIM)
- สุดยอดองค์กรนวัตกรรม ในงานวันนวัตกรรมแห่งชาติประจำปี 2559 จัดโดย สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับมูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- สถานประกอบกิจการดีเด่น 2559 ด้านการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน กรณีที่มีการจัดฝึกอบรมฝีมือแรงงานครบถ้วน ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. 2545 โดยกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน
- รางวัลชนะเลิศ ระดับประเทศ ประเภทวิสาหกิจขนาดใหญ่ ในการประกวดรางวัล STI Thailand Award 2015 กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดย สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

รางวัลที่บริษัทได้รับ

- 2017 Thailand Sustainability Investment “หุ้นยั่งยืน” From The Stock Exchange of Thailand (SET)
- 2017 “SET Sustainability Awards 2016” CHO บริษัทจดทะเบียนด้านความยั่งยืนดีเด่น Outstanding Sustainability Award ประจำปี 2559 From The Stock Exchange of Thailand (SET)
- 2016 “SET Awards 2016” CHO รางวัลดีเด่นประเภทรางวัลบริษัทจดทะเบียนด้านนักลงทุนสัมพันธ์ ประจำปี 2559 From The Stock Exchange of Thailand (SET)
- 2015 Thailand Sustainability Investment From The Stock Exchange of Thailand (SET)

ประวัติและผลงานวิทยากรบรรยายพิเศษ



ผอ.วรินทร์ รอดโพธิ์ทอง

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องจักรกลและระบบอัตโนมัติ
(VICE PRESIDENT / MANUFACTURING AUTOMATION & ROBOTIC CENTER)
สถาบันไทย - เยอรมัน

คุณวุฒิการศึกษา

- ปริญญาโท คณะ บริหารธุรกิจ สาขา บริหารทั่วไป มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีพ.ศ.2556
- ปริญญาตรี คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม (วิศวกรรมเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปี.พ.ศ. 2526
- ปวส. สาขาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน ปี พ.ศ.2522

ประสบการณ์การทำงาน

- ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องจักรกลและระบบอัตโนมัติ สถาบันไทย-เยอรมันปีพ.ศ 2558-ปัจจุบัน
- ผู้ช่วยผู้อำนวยการศูนย์เครื่องจักรกลและระบบอัตโนมัติ สถาบันไทย-เยอรมัน ปีพ.ศ. 2557 – 2558
- ผู้จัดการอาวุโส และผู้จัดการแผนกแมคคาทรอนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีอัตโนมัติ สถาบันไทย – เยอรมัน ปี พ.ศ. 2539 – 2557
- ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้อำนวยการระดับ 7 วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร ปี พ.ศ. 2535 – 2539
- ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 6 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ปี พ.ศ. 2527 – 2535

ประวัติการศึกษา

- Degree Master of Business Administration from Ramkhamhaeng University
- Bachelor Degree in Mechanical Engineering from King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
- Certificate Higher Vocational in Machine Mechanics from King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
- Certificate Vocational in Machine Shop from Patumwan Technical College

ประวัติการบริหารโครงการ

- ปี 2558 โครงการยกระดับความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมการผลิตด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ งบประมาณ 15,000,000 บาท

- ปี 2559 โครงการเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิตด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติและหุ่นยนต์ งบประมาณ 18,050,000 บาท
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- ปี 2560
  1. โครงการเพิ่มประสิทธิภาพและผลิตภาพการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตด้วยเทคโนโลยีวิศวกรรมดิจิตอลตามแนวทางอุตสาหกรรม 4.0 งบประมาณ 3,400,000 บาท
  2. โครงการเพิ่มประสิทธิภาพและผลิตภาพการผลิตด้วย Automation & Robotic ในภาคอุตสาหกรรมตามแนวอุตสาหกรรม 4.0 สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ งบประมาณ 2,000,000 บาท

ประวัติการฝึกอบรมและดูงาน

- August 11, 2006, Design Considerations for Hydraulic Systems
- 2-5 July 2013 Machine Safety, Sick company, Singapore
- April 26, 2004 – April 18, 2004, Introduction into Moogs Proportional and Servo Valves, at Moog Germany.
- April 22nd – 25th , 2003, TGI Practical Training on Electro-hydraulic closed Loop Systems
- August 26-30, 2002, Systematic Decision Making, at Hua Hin, Thailand.
- March 16-17, 2002, INTERNAL AUDIT COURSE ISO 9001 : 2000, at Thailand.
- January 24-25, 2002, Oil Analysis-The Complete Course For Maintenance Professionals
- October 1-5, 2001, Introduction Workshop Organizational Development : Understanding Organizations
- November 23rd , 2005, Project Management Tool : Managing Project with Microsoft Project 2000
- September 21st, 2000, FDIS ISO 9001 : 2000 Training Course, at Thailand.
- October 25-28, 2000, Sale Training for leaders, at Thailand.
- June 01, 2000, ISO 9001 Version 2000 and Process-oriented Quality Management, at Thailand.
- August 2-13, 1999, Proportional-Hydraulic
- March 8th – May 10th , 1999, GENERAL BUSINESS ENGLISH
- February 9-12, 1999, KAREL 4.31 R-J2, at Germany.
- February 3-5, 1999, Bedienung und Programmierung TPE R-J2, at Germany.
- April 26 – 30, 1999, Team Management at Work K How to Build, Develop and Manage Effective and Efficient Teams, at Hua Hin Thailand.
- May 6, 1999, English Communication

- March 23-25, 1999, has successfully completed the training course in Internal Quality Auditing ISO 9000, at Thailand.
- January 25-29, 1999, Advanced Robot Programming Controller Type KR C1
- November 12th, 1998 English for business Purposes 1A
- Advanced Instructional Methods and Techniques in Technical Didactics and Micro-Teaching
- April 27-30, 1998, Service KR C1 controller
- September 28th-November 16th, 1998, English for Business Purposes
- May 25 – June 5, 1998, Trainingskurse fur TGI-Mitrarbeiter, at Thailand.
- April 4 – May 08, 1998, Robot operation and basics of programming with the KR C1-controller
- May 5 - 20, 1998, Hydraulics/ Electro-hydraulics/Proportional hydraulics with emphasis on the 'train the trainers' principle as a didactical background, at Thailand.
- 5-16 มกราคม 2541 หลักสูตรการฝึกประสบการวิชาชีพ ด้านการสอน
- November 10-14, 1997, Simatic PCS 7 System course (ST-PCS7SY), at Thailand.
- November 3-7, 1997, Simatic PCS 7 System course (ST-7PROG), at Thailand.
- November 17-21, 1997, Simatic WinCC System Course (ST-WINCCSY), at Thailand.
- ปี พ.ศ.2536 ประมาณ 17 วัน ฝึกอบรมดูงาน "มาตรฐานอาชีพและการจัดการศึกษาและฝึกอบรมเพื่อการมีอาชีพ" ในเขต Black Country ณ ประเทศอังกฤษ
- ปี 2534 ประมาณ 45 วัน ฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้บริหารขั้นสูงกระทรวงศึกษาธิการ" สถาบันพัฒนาผู้บริหาร กระทรวงศึกษาธิการ อ.สมาพราน จ.นครปฐม

วิชาที่สอน และงานวิจัย

- Fundamental of Robotic
- Fundamental of Hydraulic & Pneumatic Control system
- Low Cost Automation
- Problem Solving Technique
- Machine Design
- Machine Analysis
- Machine Maintenance
- Training The trainer
- งานวิจัย โครงการศึกษาการนำเทคโนโลยีทันสมัยสู่อุตสาหกรรมการผลิต ในสาขาเครื่องจักรแปรรูป
- การเกษตร (เครื่องจักรโรงงานแป้งมันสำปะหลัง)
- งานวิจัย โครงการพัฒนา ขาจานรับส่งสัญญานจากดาวเทียมแบบ Hexapod

สารบัญ

คำนิยม ก

สารจากรองอธิการบดีประจำวิทยาเขตขอนแก่น ข

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ค

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ง

สารจากคณบดีคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ฉ

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล ช

สารจากคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ซ

สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฌ

วิทยากรบรรยายพิเศษ รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย ญ

คณะกรรมการดำเนินการประชุมวิชาการ ฏ

กำหนดการประชุมวิชาการ ESTACON 2018 ท

ตารางการนำเสนอบทความ ESTACON 2018 ธ

กำหนดการนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย (Oral Presentation) น

กำหนดการนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) ส

ประวัติและผลงานวิทยากรบรรยายพิเศษ อ

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมโยธา

CE033 ผลของภาระบรรทุกอินทรีย์ต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานลูกชิ้นด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง 1

CE035 อิทธิพลของเถ้าลอยแคลเซียมสูงต่อการพัฒนากำลังของดินลมหอบที่ถูกปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอย 8

CE036 กำลังของดินชั้นทางหมุนเวียนแบบเต็มความลึกผสมซีเมนต์ 14

CE098 การศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีต โดยการทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีตและแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและเครื่องยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค 21

CE126 การปรับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพรุนโดยใช้มวลรวมขนาดเล็ก 27

CE140 คุณสมบัติการไหลในทางน้ำเปิดที่มีสิ่งกีดขวางและขยะปน 33

CE149 การทดสอบคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชั่นหน้าตัดฉากที่มีจุดรองรับแบบง่ายภายใต้แรงดัด 40

CE160 การตอบสนองทางโครงสร้างของเสาท่อเหล็กหน้าตัดกลมกรอกคอนกรีตกำลังสูง ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน 46
CE161 พฤติกรรมแบบสถิตยศาสตร์ของเสาท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากรอกคอนกรีตกำลังสูงและสมการออกแบบเสาเชิงประกอบ 53
CE249 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของไม้ไผ่ยักษ์ (Dendrocalamus Giganteus (TDG) 60
CE258 การประเมินน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT 71
CE265 การประเมินเสถียรภาพและการออกแบบการค้ำยันของลาดบริเวณทางระบายน้ำล้นเขื่อนโปร่งขุนเพชร จ.ชัยภูมิ 78
CE293 สัมพันธ์ของปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคา ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน 84
CE324 Stress Distribution Monitoring of Ballasted Railroad Track on Soft Soils Subjected to Moderate Axle Loads and Rail Speeds 90
CE330 การศึกษาการลดค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินตะกอนทรายด้วยดินเหนียว 99
CE344 แบบจำลองโครงถักปฏิสัมพันธ์สำหรับการทำนายกำลังเฉือนของข้อต่อเสา-คานภายนอกคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหว 103
CE345 การทดสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโครงถักสำหรับการทำนายกำลังเฉือนของแป้นหูช้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 109

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิศวกรรมโยธา

CE017 คุณภาพทรายแม่น้ำเลย 115

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า

EE042 การเพิ่มประสิทธิภาพระบบตรวจข้อสอบปรนัยด้วยวิธีการสหสัมพันธ์ 124
EE056 ชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปรับอากาศผ่านเครือข่ายอิเตอร์เนต 128
EE061 การประยุกต์ใช้โปรแกรม OpenDSS และโปรแกรม MATLAB สำหรับการวิเคราะห์ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า 132
EE063 แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับตรวจจับอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์ 137
EE067 การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบแถบความถี่สูงชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์จำกัดด้วย FPGA 143
EE068 การพัฒนาสายอากาศ 2 ย่านความถี่ สำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบไมโม 148
EE071 การเพิ่มประสิทธิภาพจำแนกข้อมูลสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยเทคนิคการเริ่มต้นใหม่ 154

EE074	การตรวจสอบความอ่อนไหวด้านเอาต์พุตของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดันอัตราขยายสูง	160
EE075	การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสมการสถานะ	166
EE081	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็ม	172
EE083	การประเมินประสิทธิภาพวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ความถี่สวิตช์ชิ่งต่างกัน	176
EE099	การพัฒนาระบบให้คำแนะนำสำหรับอาการป่วยของแมวโดยใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจ	181
EE104	ชุดสร้างค่าอุณหภูมิเสมือนอาร์ทีดี – พีที100	187
EE113	บำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำด้วยกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	193
EE114	การควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค	199
EE128	ระบบการคัดแยกวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิควิธีการซีเอเอสซีพี	205
EE134	การออกแบบสร้างชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์และทัชสกรีน	210
EE135	การจำลองตู้ขยายเสียงกีตาร์โดยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลด้วยซิมมูลิงค์	215
EE145	การออกแบบและสร้างระบบวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงความถี่ของดอกลำโพงด้วยซิมมูลิงค์	220
EE148	การออกแบบและจำลองวงจรควบคุมอย่างดิจิตอลไบอัสหลอดสุญญากาศเพื่อวงจรขยายสัญญาณเสียงอย่างอัตโนมัติ	225
EE156	เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล	231
EE157	หุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค	235
EE158	ระบบตรวจสอบและควบคุมการเปิด–ปิดเครื่องกั้นทางข้ามทางรถไฟอัตโนมัติด้วยอินเตอร์เน็ต	239
EE164	การเพิ่มประสิทธิภาพโรงเรือนอบแห้งอัฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการลดความชื้นอัตโนมัติ	244
EE177	การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim	250
EE179	เครื่องคั่วถั่วสิสงอบแห้งด้วยความร้อนจากการประยุกต์ใช้ฮีตเตอร์อินฟาเรดไฟฟ้า	256
EE190	การพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ	261
EE195	ระบบป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขณะทำงานในสภาวะที่กระแสและแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ	268
EE240	โรงเรือนเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิย์สำหรับชุมชน	272
EE242	การทดสอบบล็อกเชนแพลตฟอร์มสำหรับระบบงานลูกค้าสัมพันธ์	276

EE273	การพัฒนาหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย	282
EE277	การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยแบบไร้สายที่ควบคุมด้วยระบบเครือข่ายไร้สาย แบบ Infrastructure เพื่อใช้ในการแข่งขัน	290
EE285	การศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยการอ่านค่าความนำไฟฟ้า ด้วยตัวตรวจวัดแบบอนาล็อกสื่อสารผ่านระบบ IoT	297
EE287	การออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ 2 แกนสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	301
EE310	การพัฒนาโรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกแตงเทศ	307
EE339	สายอากาศแพทช์ไมโครสตริปสี่เหลี่ยมสองย่านความถี่โพลาไรซ์แบบวงกลม กับเทคนิคโหลดร่องรูปตัววีสำหรับระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย	313

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า

EE010	ชุดสื่อการสอนวงจรทวีแรงดันชนิดคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว	319
EE014	การศึกษาการประยุกต์ใช้งานโรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลัง	323
EE020	การศึกษาเชิงวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่เกิดจากหลอดแอลอีดี	327
EE021	ระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกต	332
EE029	การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำโดยใช้การผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM	338
EE047	ระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ด้วยตนเองพร้อมโหมดแบบทดสอบอัตโนมัติ	343
EE048	ตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟชนิดแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสองย่านความถี่ใกล้กัน โดยใช้เทคนิคแผ่นสตริปเหนี่ยวนำแม่เหล็กและสตับปรับจูน	347
EE070	สายอากาศโมโนโพลสำหรับประยุกต์ใช้งานย่านแถบกว้างมากยิ่ง	352
EE072	รถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	358
EE108	สายอากาศไดโพลรูปตะขอสี่เหลี่ยมผืนผ้าย่านความถี่คู่สำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบ GSM/WLAN	366
EE109	การศึกษาและพัฒนาระบบการกักเก็บพลังงานจากคลื่นความถี่	371
EE124	การศึกษาและออกแบบสายอากาศวงแหวนสองทิศทางแถบความถี่กว้างยิ่ง กระตุ้นด้วยโพรบพื้นผิววงรีซุปเปอร์ โดยใช้ MoM-RWG	376
EE127	การใช้โปรแกรมแมตแล็บในการจำลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบโอเอฟดีเอ็ม	382
EE154	เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์	387
EE155	การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโซลาร์ฟาร์ม	392
EE220	การออกแบบและสร้างเครื่องคั่วชาควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน่อาร์ทรี สำหรับโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	397

EE222	การออกแบบและสร้างระบบติดตามและระบุตำแหน่งวัตถุด้วยการประมวลผลภาพ	403
EE248	เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ เพื่อรายงานผลตามเวลาจริงสำหรับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	408
EE270	การศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังอาคารด้วยโปรแกรมจำลอง	413
EE276	การศึกษาประสิทธิภาพด้านเทคนิคระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์	418
EE284	เครื่องเขย่าถุงเลือด	423
EE314	อุปกรณ์แจ้งเตือนการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุ	428
EE316	ระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยเสียงพูด	433

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ

IE009	รูปแบบการตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยสายตาสำหรับชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่ออลูมิเนียมแบบฉีด	438
IE012	การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของแท่งห้ามล้อรถไฟ	445
IE019	การศึกษาอิทธิพลของกรรมวิธีทางความร้อนที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของวัสดุโคบอลย์เบสอัลลอยบ์ FSX 414	451
IE043	การศึกษาปัจจัยสำหรับการใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากหินปูนในกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง	457
IE052	การศึกษาเวลาที่เหมาะสมเพื่อสลัดน้ำมันกล้วยฉาบ	463
IE059	การใช้อรรถประโยชน์จากเถ้าแกลบ, เศษแก้วสีเขียว และ ดินขาวโคกไม้ลายสำหรับผลิตกระเบื้องบุผนังเทอราคอตตา	469
IE060	การผลิตกระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบด้วยสีสันใหม่จากเถ้าแกลบ เศษแก้วใส และดินขาวระนอง	477
IE064	สมบัติทางกลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมจากพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน	485
IE079	การออกแบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ โดยการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในระบบอีแว๊ปโปเรชั่นร่วมกับระบบแอโรโพนิกส์	490
IE130	การวิเคราะห์การการฉีดขึ้นรูปของพลาสติกรีไซเคิลด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กรณีศึกษา พลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนรีไซเคิลจากถุงร้อน	495
IE133	สมบัติความต้านทานแรงกระแทกและความแข็งของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบ	502
IE144	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling	507

IE152	การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้วผสมกับเมล็ดมะขาม	513
IE153	การศึกษาสมบัติการทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้วผสมกับเศษไม้ไผ่แปรรูป	520
IE166	การออกแบบและวางผังโรงงานตามปริมาณความต้องการสินค้า กรณีศึกษา: โรงงานผลิตมันเส้นอบแห้ง	527
IE169	การออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย	536
IE172	การออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ	544
IE174	การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ	552
IE180	การออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน	561
IE181	การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ	566
IE194	วิธีลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบการผลิต; กรณีศึกษาอุตสาหกรรมน้ำดื่มบรรจุขวด	575
IE203	การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบที่นั่งพักนักศึกษาภายในอาคารเรียน	582
IE230	การประเมินความเสี่ยงของการทำงานโดยวิธีทางการยศาสตร์ในงานตะไป	590
IE231	การออกแบบสถานีปฏิบัติงานเพื่อลดความเมื่อยล้าโดยใช้หลักการยศาสตร์ กรณีศึกษา งานตะไบ	597
IE238	การพัฒนาระบบการผลิตเสื้อกีฬา กรณีศึกษา ร้านเอสดีสปอร์ต	605
IE241	การลดต้นทุนการขนส่งด้วยวิธีการลดการขนส่งเที่ยวเปล่า	613
IE245	การมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อย โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม: กรณีศึกษาบริษัทกระจายสินค้าเครื่องดื่ม	620
IE250	การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจัดเส้นทางสำหรับพนักงานขาย เพื่อจัดเส้นทางเก็บขยะติดเชื้อ	626
IE254	การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะมูลฝอย ด้วยวิธีฮิวริสติกส์	632
IE266	การศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า	638
IE267	การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าเพื่อให้ระยะทางรวมและจำนวนรถน้อยที่สุดโดยใช้วิธี PBIL	644
IE291	การออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน	650
IE294	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก	658
IE318	การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของการผลิตเครื่องนวดข้าว	666
IE325	การเพิ่มมูลค่าเศษอะลูมิเนียมด้วยเตา Crucible โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง	672
IE326	วิธีการฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิตและขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์ในจังหวัดนครพนม	676

IE334 การศึกษารูปแบบอนุกรมเวลาเพื่อช่วยวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องกลึงแบบทั่วไป 684

IE338 อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะเวลาพ่นเปลวไฟต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าผสม AISI 4140 โดยกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ 691

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ

IE044 การศึกษาสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิบิวทีลีนซัคซิเนต/ท่อนาโนไททาเนต 698

IE119 สมบัติทางกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลด้วยผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วและสารเชื่อมประสานพอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์ 704

IE131 การจำลองการไหลของพลาสติกหลอมเหลว เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ชิ้นงานถาดรองแก้ว 710

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล

ME016 การศึกษาประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมของซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทยในแก๊สซิฟิไฟเออร์ชนิดไหลลงด้วยวิธีวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์ 715

ME022 การออกแบบ, การสร้างและการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบไอน้ำความดันต่ำ 721

ME027 การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าโดยการหุ้มฉนวนสุญญากาศ 728

ME038 ความเค้นหนาแน่นที่ฟิลเลตสำหรับการรับแรงในแนวแกนโดยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ 734

ME076 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยขวดพลาสติก 739

ME092 การศึกษารูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ 743

ME201 การควบคุมการนำทางแบบอัตโนมัติของเรือโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก 750

ME204 การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษาผลิตผลเกษตร 756

ME206 การใช้ของไหลนาโนกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก 763

ME218 ผลกระทบของความดันต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ 767

ME227 การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนระหว่างครีบเข็มรูปตัววาย และครีบเข็มทรงกระบอกในอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม 774

ME229 การศึกษาการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้ 781

ME237 อิทธิพลของอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มกับความกว้างช่องทางการไหลต่อการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม 788

ME251 การหาการปลอมปนในผงขมิ้นชันแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด 795

ME253	การตรวจสอบการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวแบบรวดเร็ว ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด	801
ME259	การตรวจสอบคุณภาพและการเจือปนในน้ำนมดิบแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด	807
ME260	การศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งลำไยด้วยลมร้อนในอุโมงค์ลมแบบปิด	813
ME261	การพัฒนาอุโมงค์ลมสำหรับศึกษาลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง	819
ME262	การจำลองการถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	824
ME268	ผลของปริมาณน้ำมันที่มีต่อค่าความร้อนสูง(HHV) ในเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่น	831
ME274	การพัฒนาระบบอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด	837
ME275	การศึกษาการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนในกระบวนการดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้ง โดยใช้การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	844
ME280	การคัดแยกพันธุ์ข้าวแบบเมล็ดเดี่ยวอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด	852
ME286	การออกแบบ และพัฒนาเครื่อง Mini CNC 5 แกน	858
ME288	แนวทางการสร้างเกณฑ์การพิจารณาการคลุกเคล้าของอาหารผสมและฮอร์โมนต้นแบบ	864
ME289	อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (PPI) ที่มีผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุน	870
ME295	การคำนวณเชิงตัวเลขของงานกระแทกล้ออัลลอย	875
ME298	การศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้แผงทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่	880
ME300	การออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด	885
ME301	ผลของตัวแปรไร้มิติที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบที่มีผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนผสมน้ำเป็นสารทำงาน	893
ME302	การทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบ	900
ME306	การออกแบบและสร้างเครื่องผสมปลาส้ม	907
ME312	การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไอน้ำแบบก้นหอยเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็ก	914
ME319	การทำนายความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เซชันของฟลูอิไดซ์เบดก๊าซ-ของแข็งโดยใช้แบบจำลอง CFD-DEM	920
ME327	ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร	930

ME337 การออกแบบและพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว 938
ME342 การศึกษาและสร้างแสงอาทิตย์เทียมขนาดเล็กโดยใช้หลอดฮาโลเจน 944
ME346 การออกแบบและทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อเทอร์โมไซฟอน 950

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล

ME003 การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม 956
ME097 ออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการควบคุมความชื้นภายในดิน 961
ME321 การศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะข้าวอินทรีย์ โดยใช้เครื่องกะเทาะข้าวกล้องสำหรับชุมชน 967
ME322 พฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิของผนังเตาเผาถ่านและอากาศในตู้อบกรณีนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ 975

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มสถาปัตยกรรมศาสตร์

AR041 การออกแบบบ้านพักอาศัยภายใต้แนวคิดสถาปัตยกรรมพอเพียง: กรณีศึกษา ตำบลบ้านเกาะ จังหวัดนครราชสีมา 982
AR118 การศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินท้องถิ่นจากตัวเติมที่แตกต่างกัน 991
AR199 การพัฒนาอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ 1001
AR255 การศึกษากระบวนการบริหารโครงการการปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร: กรณีศึกษาสถาบันการเงินแห่งหนึ่งในประเทศสิงคโปร์ 1009
AR340 การพัฒนากรอบแนวคิดพื้นที่เล่นเด็กก่อนวัยเรียนตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน 1019

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มสถาปัตยกรรมศาสตร์

AR105 การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาสาขาวิชาออกแบบตกแต่งภายใน สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ 1027
AR117 องค์ประกอบกายภาพของพื้นที่ขายสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่แสดงถึงภาพลักษณ์แบรนด์ : กรณีศึกษา แบรนด์พานาโซนิค 1034

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน

RL142 การสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน 3401A อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด 1044
RL147 การใช้สื่อสังคมออนไลน์บริหารการเรียนการสอน : กรณีศึกษา สาขาวิชาการจัดการผังเมือง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา” 1051

RL208 การพัฒนาแผนการสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์โดยใช้สื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์ 1058
RL215 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 1065
RL219 การสร้างชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล 1071
RL224 ทัศนผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ 1081
RL225 การศึกษาสถิติผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ระหว่างปีการศึกษา 2554-2559 1089
RL243 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 1098
RL246 การศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม 1104
RL303 การหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติ เรื่องช่างไฟฟ้าภายในอาคาร 1110
RL320 การศึกษาระบบการผลิตข้าวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในจังหวัดพัทลุง 1117
RL335 การจัดการความรู้ : การบูรณาการงานบริการวิชาการแก่สังคมกับการเรียนการสอนรายวิชาวิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล 1128
RL336 การวิเคราะห์ปัญหาวิธีการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในการจัดทำ โครงร่างวิศวกรรมโยธาด้วยหลักการ hy Why analysis 1135

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน

RL111 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ 1142
RL167 การแก้ปัญหาการขาดความรู้การใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณย่านความถี่สูง ในวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ 1148
RL171 การแก้ไขปัญหาด้านพฤติกรรมการเล่นโทรศัพท์มือถือของนักศึกษาในห้องเรียน 1154
RL244 การศึกษาสภาพการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 1161
RL263 ตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุ 1167
RL283 การวิเคราะห์ความผันผวนของต้นทุนการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก:กรณีศึกษาโครงการสะพานบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด และโครงการสะพานข้ามลำห้วยหว้า จังหวัดมหาสารคาม 1172

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ST030	การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการนำข้อมูลไปประมวลผลเกี่ยวกับการลาออกกลางคันของนักศึกษา โดยใช้ชุดข้อมูลนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด	1178
ST032	การพัฒนาเครื่องมือเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ธุรกิจท่องเที่ยว	1185
ST037	ผลของอุณหภูมิต่อสารชีวโมเลกุลของปลอกกระสุนปืนขนาด 11 มิลลิเมตร และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธีเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี	1195
ST082	อินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวงานสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู	1201
ST112	การผลิตน้ำร้อนและน้ำเย็นด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ	1207
ST136	ความเร็วลมในหอคอยแสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่และความสูงต่างกัน	1214
ST137	การศึกษาสมรรถนะของหอคอยแสงอาทิตย์ที่ใช้ชนิดวัสดุและความสูงต่างกัน	1220
ST139	แอปพลิเคชันหาสายรถสองแถวในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา	1227
ST141	ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมโรงเรือนในระบบปิดสำหรับควบคุมหลอด LED เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช	1232
ST150	ระบบไปรษณีย์ออนไลน์ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	1238
ST186	การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก	1243
ST197	การปรับอากาศในห้องพักด้วยน้ำเย็นระบบปิด	1250
ST198	การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในอาคารจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟม	1256
ST202	การผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพจากกลูเตนและกลีเซอรอล	1266
ST213	ระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	1276
ST223	การพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันเกมตอบคำถามออนไลน์เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน	1282
ST257	การศึกษาแบบจำลองช่องสัญญาณของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อจัดการดินถล่ม	1289
ST271	ความหลากหลายของพรรณไม้ในสวนสมรมในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย : กรณีศึกษา ชุมชนบ้านเขาวัง ตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช	1296
ST290	ระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์	1308
ST305	ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา	1314
ST308	การประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากภาพถ่าย	1322

ST329 การจำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1328

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ST034 การเพาะเห็ดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 1341
ST058 การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวฮางงอก 1346
ST176 การวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารสกัดใบชะมวงด้วยวิธี TLC densitometry 1351
ST191 การสังเคราะห์ทองแดงขนาดอนุภาคนาโนโดยใช้สารสกัดหยาบจากพืชเป็นสารรีดิวซ์เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง 1360
ST192 ระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต : กรณีศึกษา กองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร 1368
ST193 ระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง: กรณีศึกษา กองบริการระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร 1375
ST196 การพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษา ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม 1382
ST205 ระบบสารสนเทศเพื่อการวิเคราะห์สินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยเชิงพื้นที่: กรณีศึกษาธนาคารอาคารสงเคราะห์ 1390
ST212 ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อกรณีศึกษา : บริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง จำกัด 1397
ST214 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะ: กรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน) 1404
ST216 ระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ : กรณีศึกษา กรมยุทธการทหารบก 1410
ST217 ระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์: กรณีศึกษากรมทางหลวง 1417
ST221 ระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการลาออนไลน์: กรณีศึกษาบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด 1423
ST252 ระบบสารสนเทศแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 1430
ST264 ฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบจากใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่ 1436
ST281 ความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่เกษตรกรรม ของอำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ 1442
ST299 การย่อยสลายทางความร้อนของฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ที่เติมสารเติมแต่งโปรออกซิแดนท์ 1449
ST332 ระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านระบบเครือข่าย 1456

ผลของภาระบรรทุกอินทรีย์ต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานลูกชิ้น ด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง

Effects of Organic Loading on Meatball Factory Wastewater Treatment by Anaerobic Baffled Reactor Consisting of 4 Baffles

กรกนก สายืน และ นัทกาญจน์ ประเสริฐสังข์*

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร
*ผู้ติดต่อ: nattakarn.pr@ku.th, โทรศัพท์ 080-050-5657, โทรสาร 042-725-034

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานลูกชิ้น ในถังปฏิกรณ์แบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง ปริมาตรประสิทธิผล 12 ลิตร ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบเป็น 12 ลิตร/วัน โดยเดินระบบแบบต่อเนื่อง และควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเข้าประมาณ 2,000 มก./ล. และ 500 มก./ล. สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ 0.5 และ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 95.69% และ 93.97% ขณะที่ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 87.62% และ 92.92% และประสิทธิภาพในการกำจัดซัลไฟด์เฉลี่ยเท่ากับ 39.94% และ 89.04% ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้พบว่าระบบบำบัดแบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง สามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานลูกชิ้นได้โดยคุณภาพน้ำทิ้งผ่านตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมประเทศไทย

คำหลัก: ภาระบรรทุกอินทรีย์, การบำบัดน้ำเสีย, ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ, น้ำเสียโรงงานลูกชิ้น

Abstract

This study investigated on the performance of wastewater treatment by Anaerobic Baffled Reactor (ABR) system with organic loading rate (OLR) of 0.5 kg COD/m^3-d and 2.0 kg COD/m^3-d. The real wastewater from the meatball factory was used as substrate in ABR reactor consisting of 4 Baffles. The effective volume of each reactor was 12 L and the flow rate of influent wastewater was control as 12 L/d by continuous system. The influent of COD was set as 2,000 mg/L and 500 mg/L for organic loading rate of 2.0 kg COD/ m^3-d and 0.5 kg COD/ m^3-d, respectively. The results was shown that as organic loading rate 0.5 kg COD/m^3-d and 2.0 kg COD/m^3-d, the efficiency of average TCOD removal was to be 95.69% and 93.97%, while as the efficiency of TKN average removal was 87.62% and 92.92% and the efficiency of average sulfide removal was 39.94% และ 89.04%, respectively. The outcome of this study was indicated ABR consisting of 4 baffles can be applicated the wastewater treatment plant from meatball factory. By the way the effluent from this result was met the standard quality of department of industrial works.

Keywords: Organic Loading, Wastewater Treatment, Anaerobic Baffled Reactor, Meatball Factory Wastewater.

1. บทนำ

ในปัจจุบันโรงงานลูกชิ้นนับได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมหลักอย่างหนึ่งของประเทศไทยที่เป็นต้นเหตุก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางด้านน้ำเสีย นั่นคือโรงงานไม่มีมาตรฐานเพียงพอในการจัดการน้ำเสีย [1] โรงงานผลิตลูกชิ้นในจังหวัดสกลนครก็เป็นอีกหนึ่งโรงงานที่มีปัญหาด้านน้ำเสียที่เกิดจากการผลิต น้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการผลิตและน้ำจากการล้างพื้นและอุปกรณ์ มลพิษน้ำเสียจากโรงงานลูกชิ้นอยู่ในรูปซีโอดีสูง นอกจากนี้ยังมีซัลไฟด์ความเข้มข้นสูง ดังนั้นการจัดการน้ำเสียสำหรับโรงงานลูกชิ้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาของอุตสาหกรรมอาหารให้มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของสากล ซึ่งปัญหาโดยทั่วไปของการจัดการน้ำเสียคือ ขาดเงินทุน ขาดพื้นที่ ขาดความเข้าใจ และไม่ให้ความสำคัญกับปัญหาที่เกิดขึ้น [2] น้ำเสียสารอินทรีย์ความเข้มข้นสูงเหมาะสำหรับใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ซึ่งมีข้อดีคือ ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระบรรทุกได้ดี ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศ ใช้พลังงานในการเดินระบบน้อย และเป็นระบบที่ดูแลรักษาง่าย

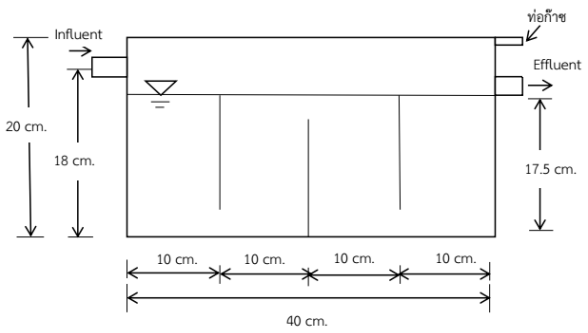
กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศเป็นวิธีที่ใช้แบคทีเรียไปย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ด้วยปฏิกิริยาทางเคมีและชีววิทยาแบบไร้อากาศ ทำให้โมเลกุลเล็กลงจนกลายเป็นก๊าซชีวภาพ [3] ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศเป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูง มีการศึกษาในงานระบบบำบัดแผ่นกั้นไร้อากาศอย่างต่อเนื่อง เช่น การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นกั้นไร้อากาศจากน้ำเสียกากส่า [4] พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบมากขึ้น และการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง จากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม [5] พบว่าที่ระยะเวลากักเก็บ 24 ชม. ภาระบรรทุกเริ่มต้นที่ 2.5 ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ร้อยละ 82.45 ในขณะที่ [6] ศึกษาการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศสำหรับน้ำเสียที่มีไขมันและของแข็งสูงโดยใช้ระบบ แผ่นกั้นไร้อากาศ การศึกษานี้พบว่ามีปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดออกมากกว่า 90% และปริมาณซีโอดีที่กำจัดอีกมากกว่า 70% เปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งจากการศึกษาผลของจำนวนแผ่นกั้นและอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานยางข้นโดยระบบเอบีอาร์ของ [7] พบว่าที่ระบบเอบีอาร์ 7 แผ่นกั้น มีประสิทธิภาพสูงสุด และเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง ในส่วนของ [8] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของระบบเอบีอาร์ในการกำจัดไนเทรตและซัลเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศแบบ 4 ช่อง พบว่าค่าอัตราส่วน COD/NOx-N ที่ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเทรตและซัลเฟตดีที่สุดคือ 5.49±0.62 โดยไนเทรตสามารถถูกกำจัดเกือบ 100% ในช่องที่ 2 ของถังปฏิกรณ์ ขณะที่ [9] ศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Granular-bed anaerobic baffled reactor ในการบำบัดน้ำเสียจากการกลั่นสุรา พบว่าสามารถบำบัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นสูงได้ดีและมีเสถียรภาพ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 4.75 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.วัน กำจัดซีโอดีสูงถึงร้อยละ 80 และ [10] ศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงจากกากน้ำตาลโดยใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่ซีโอดี 115,771 และ 990,000 มก./ลิตร ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 20 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าสามารถบำบัดซีโอดีได้ 70%

ในงานวิจัยนี้จึงได้สนใจผลของภาระบรรทุกอินทรีย์ที่ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานลูกชิ้นด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง เพื่อศึกษาการลดสารอินทรีย์และซัลไฟด์ อันจะช่วยลดผลกระทบด้านกลิ่นต่อชุมชน และสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานลูกชิ้นได้โดยคุณภาพน้ำทิ้งผ่านตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมประเทศไทย

2. วิธีการศึกษา

2.1 ถังปฏิกรณ์แบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง

ถังจำลองมีขนาด กว้าง × ยาว × ลึก เท่ากับ 40 × 20 × 20 เซนติเมตร ปริมาตรทั้งหมดคิดเป็น 16 ลิตร ภายในถังปฏิกิริยาแบ่งออกเป็น 4 ช่อง โดยคิดเป็นปริมาตรประสิทธิผล 12 ลิตร ขนาดแผ่นกั้นของถังจำลองมีจำนวน 4 ช่อง ระยะห่างของแต่ละช่องเป็น 10 เซนติเมตร และระยะช่องว่างของแผ่นกั้นเป็น 5 เซนติเมตร ส่วนขนาดฝาปิด มีขนาดกว้าง × ยาว เท่ากับ 40 × 20 เซนติเมตร โดยมีภาพตัดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพตัดถังปฏิกรณ์แบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง

2.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่นำมาใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นน้ำเสียจากโรงงานสมปอง อ.เมือง จ.สกลนคร ของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านบ่อดักไขมัน แล้วเก็บไว้ในตู้แช่ควบคุมอุณหภูมิ 4°C วิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียเบื้องต้น และก่อนนำมาเติมจะตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเข้า 2,000 mg/l สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 kg/m^3-d ส่วนภาระบรรทุกอินทรีย์ 0.5 kg/m^3-d จะเจือจางน้ำเสียโดยใช้ COD เข้าประมาณ 500 mg/l เพื่อให้มีระยะเวลากักเก็บน้ำในถังเท่ากันทั้ง 2 ภาระบรรทุก

2.3 ตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย

ตะกอนจุลินทรีย์ (Seed) นำมาใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ เป็นหัวเชื้อของบริษัทไมโครไบโอเทค จำกัด ยี่ห้อแบคโตเซล 3001 ชนิดผงโดยกำหนดให้มีความเข้มข้นของหัวเชื้อเป็น 40,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเติมในช่องที่ 1 ช่องที่ 2 ช่องที่ 3 และช่องที่ 4 เป็นร้อยละ 40 ร้อยละ 30 ร้อยละ 20 และร้อยละ 10 ตามลำดับ ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบเป็น 12 l/d โดยเดินระบบแบบต่อเนื่อง

2.4 การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ตัวอย่างและการคำนวณ

การเก็บตัวอย่างจะเก็บตัวอย่างจากน้ำที่เข้าระบบและเก็บน้ำออกที่ผ่านถังรับน้ำทิ้งทุกวัน ใช้ระยะเวลาในการเดินระบบประมาณ 60 วันในแต่ละการทดลอง สำหรับพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้แก่ ซีโอดีทั้งหมด ไนโตรเจน และซัลไฟด์ ทำการวิเคราะห์ที่อุณหภูมิห้อง สำหรับวิธีวิเคราะห์ วิเคราะห์ตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสีย [11]

การคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ไนโตรเจน และซัลไฟด์ คำนวณตามสมการที่ (1), (2) และ (3)

$$E_{COD} = \frac{(COD_{\inf} - COD_{eff}) \times 100}{COD_{\inf}} \quad (1)$$

$$E_{TKN} = \frac{(TKN_{\inf} - TKN_{eff}) \times 100}{TKN_{\inf}} \quad (2)$$

$$E_{S^{2-}} = \frac{(S^{2-}{}_{\inf} - S^{2-}{}_{eff}) \times 100}{S^{2-}{}_{\inf}} \quad (3)$$

E_{COD} คือ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ), COD_{inf} คือค่าซีโอดีที่เข้าระบบ (มก./ล.) COD_{eff} คือค่าซีโอดีที่ออกระบบ (มก./ล.)

E_{TKN} คือ ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน (ร้อยละ), TKN_{inf} คือค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่เข้าระบบ (มก./ล.) TKN_{eff} คือค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ออกระบบ (มก./ล.)

$E_{S^{2-}}$ คือ ประสิทธิภาพการกำจัดซัลไฟด์ (ร้อยละ), $S^{2-}{}_{inf}$ คือค่าซัลไฟด์ที่เข้าระบบ (มก./ล.) $S^{2-}{}_{eff}$ คือค่าซัลไฟด์ที่ออกระบบ (มก./ล.)

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียเบื้องต้น

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสียเบื้องต้นจากโรงงานลูกชิ้นที่ใช้ในการทดลอง สำหรับการควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเข้าประมาณ 2,000 มก./ล. ที่ภาระบรรทุก 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าซีโอดีทั้งหมดอยู่ในช่วง 2,410-2,020 มก./ล. ค่าไนโตรเจนอยู่ในช่วง 530-571 มก./ล. และค่าซัลไฟด์อยู่ในช่วง 2.23-3.33 มก./ล. และการควบคุมค่าซีโอดีน้ำเข้า 500 มก./ล. ที่ภาระบรรทุก 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำเสียโรงงานลูกชิ้น

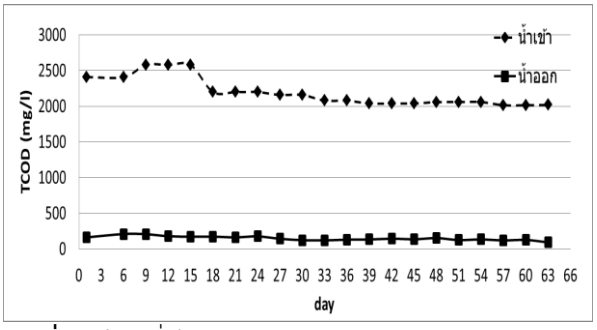
พารามิเตอร์	TCOD (mg/l)	TKN (mg/l)	S^{2-} (mg/l)
OLR 2.0	2,410-2,020	530-571	2.23-3.33
OLR 0.5	503-598	177-190	0.69-1.20

3.2 ผลการวิเคราะห์ซีโอดีทั้งหมด (TCOD)

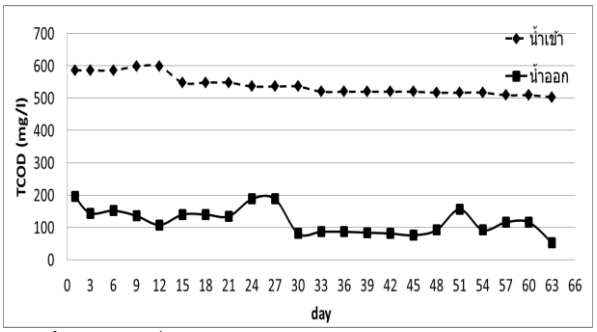
ค่าซีโอดีน้ำออกของภาระบรรทุก 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วันมีค่าอยู่ในช่วง 216-88 มก./ลิตร และ 196-56 มก./ลิตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 2 และ 3 ซึ่งจะพบว่าค่าซีโอดีของน้ำที่ออกมา ค่าลดลงตั้งแต่วันแรกที่เริ่มทำการทดลองทั้งนี้เนื่องจากหัวเชื้อที่ใช้มีความสามารถในการบำบัดน้ำได้เป็นอย่างดี แสดงว่าจุลินทรีย์คุ้นเคยกับภาระการรับสารอินทรีย์ใหม่ และเมื่อทำการเดินระบบอย่างต่อเนื่องซีโอดีน้ำออกจะค่อยๆลดลง ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีก็จะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมดของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง ควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเข้าประมาณ 2,000 มก./ล. และ 500 มก./ล. สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.97% และ 95.69%ตามลำดับ ดังรูปที่ 4 ผลการวิจัยเป็นไปในแนวเดียวกับ [7] ที่พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง เมื่อพิจารณาสมรรถนะของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่องนั้น ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้สูงสุดมากกว่า 90% [10] ซึ่งประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีเป็นค่าที่แสดงความสามารถหรือประสิทธิภาพของระบบ ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงทำงานได้ดีจะมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีสูงตามไปด้วย [12] ค่าอัตราภาระซีโอดีในระบบบำบัดน้ำเสียยังบ่งบอกถึงขีดความสามารถของระบบในการรองรับปริมาณสารอินทรีย์ได้ ซึ่งค่าภาระซีโอดีจะมีค่าสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสีย และประเภทของน้ำเสียนั้นๆด้วย [4] และเมื่อเปรียบเทียบค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน กับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำเสียที่ออกจากระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้และระบบยังทำงานได้ดี

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

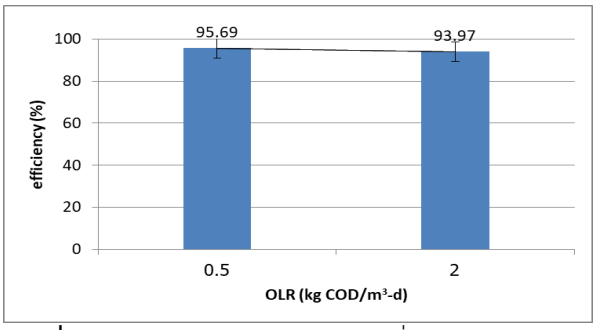
ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
ค่าซีโอดี (COD)	ไม่เกิน 120	mg/l
ค่าทีเคเอ็น (TKN)	ไม่เกิน 100	mg/l
ค่าซัลไฟด์	ไม่เกิน 1	mg/l



รูปที่ 2 ซีโอดีที่เข้าและออกสำหรับภาระบรรทุก 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 3 ซีโอดีที่เข้าและออกสำหรับภาระบรรทุก 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

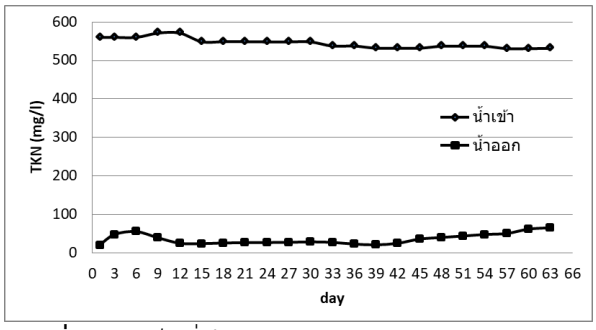


รูปที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ภาระบรรทุก 0.5 และ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

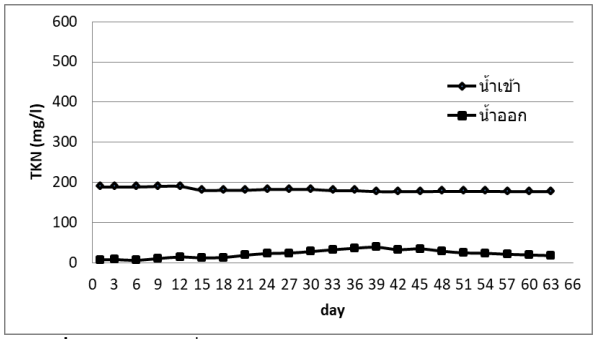
3.3 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจน (TKN)

ผลการวิจัยความสามารถในการกำจัดไนโตรเจนของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง ควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเข้าประมาณ 2,000 มก./ล. และ 500 มก./ล. สำหรับ

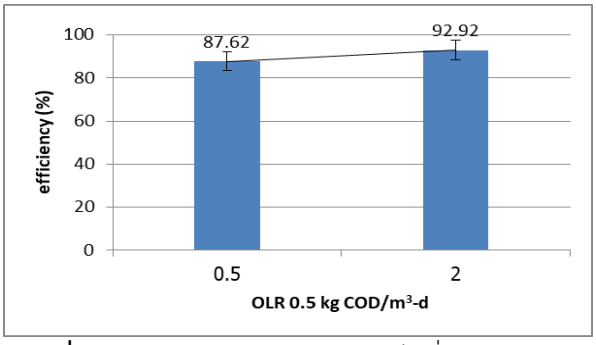
ภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.92% และ 87.97%ตามลำดับ ดังรูปที่ 7 จากผลการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนพบว่า เมื่อค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้า และภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้น ประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้น ค่าไนโตรเจนน้ำออกจากระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบ กับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 2 แล้วพบว่าน้ำเสียที่ออกจากระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้และผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 5 ทีเคเอ็นที่เข้าและออกสำหรับภาระบรรทุก 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



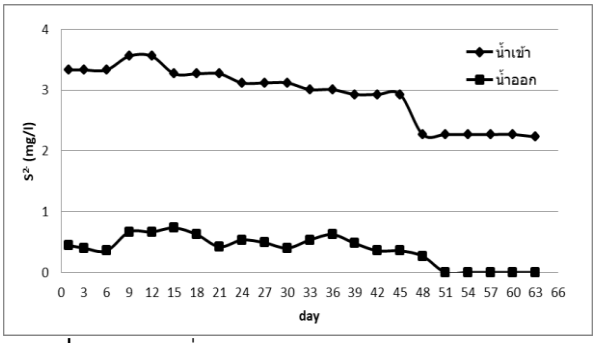
รูปที่ 6 ทีเคเอ็นที่เข้าและออกสำหรับภาระบรรทุก 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



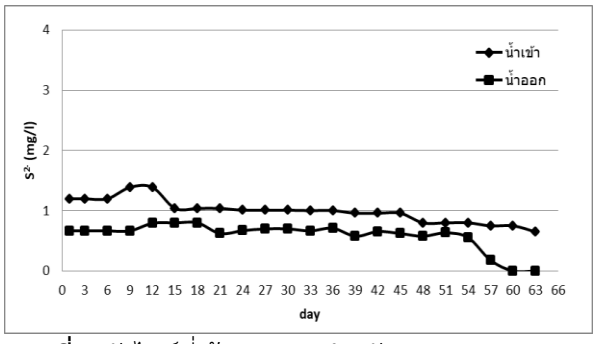
รูปที่ 7 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ภาระบรรทุก 0.5 และ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

3.4 ผลการวิเคราะห์ซัลไฟด์ (S^{2-})

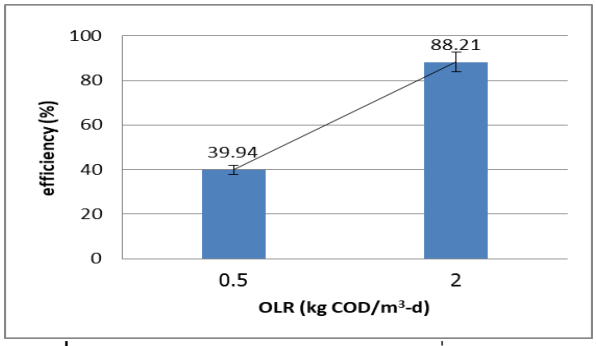
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดซัลไฟด์ของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง ควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเข้าประมาณ 2,000 มก./ล. และ 500 มก./ล. สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.04% และ 39.94% ตามลำดับ ดังรูป 10 จากผลการวิเคราะห์ระบบมีความสามารถในการบำบัดซัลไฟด์ที่ภาระบรรทุก 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ได้ดีกว่าระบบที่รับภาระบรรทุก 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เมื่อเปรียบเทียบค่าซัลไฟด์ของน้ำเสียที่ออกจากระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน กับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำเสียที่ออกจากระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม และระบบยังทำงานได้ดีอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 8 ซัลไฟด์ที่เข้าและออกสำหรับภาระบรรทุก 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 9 ซัลไฟด์ที่เข้าและออกสำหรับภาระบรรทุก 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพการกำจัดซัลไฟด์ที่ภาระบรรทุก 0.5 และ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

3.5 ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

เมื่อควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเข้าระบบประมาณ 2,000 มก./ล. และ 500 มก./ล. สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.26 กรัมต่อวัน และ 5.07 กรัมต่อวัน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ซีโอดีที่หายไป แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกใช้ไปเพื่อกำจัดซัลไฟด์ จึงทำให้เกิดปริมาณก๊าซมีเทนที่น้อยมาก

4. สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาผลของภาระบรรทุกอินทรีย์ที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีได้ 93.97 % และสำหรับภาระบรรทุก 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีได้ 95.65 % การบำบัดน้ำเสียโรงงานลูกชิ้นด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง (ABR) สำหรับภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และ 0.5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โรงงานลูกชิ้นสามารถใช้ภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วันได้และผ่านตามมาตรฐาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อิสรา ธีระวัฒนสกุล และ เรืออากาศเอกเทพนิมิต สิทธิศักดิ์ (2552). การปรับปรุงกระบวนการผลิตอาหารในโรงงานลูกชิ้นโดยใช้เทคนิคเทคโนโลยีสะอาดและหลักการจีเอ็มพี,*วารสารวิศวกรรมศาสตร์* มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 16, มกราคม 2552, หน้า 1–10.

[2] พงศ์พันธุ์ กาญจการุณ (2554). *รายงานการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพถังยูเอเอสบีกับถังโปรยกรองใช้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียโรงงานลูกชิ้น*, ชุดโครงการสหกิจวิจัยและพัฒนา ณ สถานประกอบการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, หน้า 1 – 2.

[3] อดิศร ชาลาอาดิศัย. 2554. การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากหัวมันสำปะหลังด้วยกระบวนการหมักไร้อากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] ชุติมา ฉันท์พลากร. 2551. ผลของภาระการป้อนซีโอดีต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียกากส่าโดยระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] ธนวรรณ ติลกการย์. 2553. การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] Takuya Fujihira., Shogo Seo., Takashi Yamaguchi., Masashi Hatamoto. and Daisuke Tanikawa. High-rate anaerobic treatment system

for solid/lipid-rich wastewater using anaerobic baffled reactor with scum recovery. Bioresource Technology. 263(2018): 145-142.

[7] นิรมล กรีอารีย์. 2552. ผลของจำนวนแผ่นกั้นและอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานยางข้น โดยระบบเอบีอาร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] มนต์ชัย พุ่มแก้ว. 2552. พฤติกรรมของระบบเอบีอาร์ในการกำจัดไนเทรตและซัลเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] Akunna, J. C., and Clark, M. Performance of granular-bed anaerobic baffled reactor (GRABBR). Bioresource Technology. 74(2000): 257-261.

[10] Boopathy, R., and Tilche, A. Anaerobic-digestion of high-strength molasses waste-water using a hybrid anaerobic baffled reactor. Wat. Res. 25(7): 785-790.

[11] อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. “คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสีย.” บริษัท จุดทอง จำกัด, พ.ศ. 2545, หน้า 105-120, 178-181.

[12] นพพล รัตนโกวิน. 2551. การเริ่มต้นและการเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิทธิพลของเถ้าลอยแคลเซียมสูงต่อการพัฒนากำลังของดินลมหอบที่ถูกปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอย

INFLUENCE OF HIGH CALCIUM FLY ASH ON STRENGTH DEVELOPMENT OF CEMENT AND FLY ASH STABILIZED LOESS

อนุกูล อ่างบุญตา* และ อภิชิต คำภาหล้า

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น

*ผู้ติดต่อ: E-mail: minanukul@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 085-3967081

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษากำลังอัดแบบแช่น้ำและไม่แช่น้ำของดินลมหอบที่ถูกปรับปรุงด้วยซีเมนต์และเถ้าลอย โดยการศึกษาจะทำการแปรผันปริมาณซีเมนต์ในอัตราส่วน 1, 3 และ 5% ของน้ำหนักดินแห้ง และแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนที่ 0, 10, 20, 30 และ 40% ของน้ำหนักซีเมนต์ ภายใต้การบดอัดแบบมาตรฐาน ผลจากการทดสอบพบว่าค่ากำลังอัดแกนเดียวในสภาวะแช่น้ำมีค่าต่ำกว่าแบบความชื้นปกติ ค่ากำลังอัดของดินบดอัด (ไม่ผสมซีเมนต์) ในกรณีไม่แช่น้ำ มีค่าประมาณ 50 kPa ในขณะที่การแช่น้ำทำให้ตัวอย่างเกิดการยุบตัวทันที ในทุกๆตัวอย่าง ค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินลมหอบผสมซีเมนต์ มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยค่ากำลังอัดแกนเดียวของตัวอย่างไม่แช่น้ำมีค่าสูงกว่าตัวอย่างแช่น้ำและกำลังอัดแกนเดียวมีค่าลดลงตามปริมาณน้ำของการบดอัดที่เพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดแกนเดียวของทุกอัตราส่วนทั้งแบบไม่แช่น้ำและแช่น้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่มขึ้น การพัฒนากำลังของตัวอย่างในช่วง 3-7 วัน ตัวอย่างที่ผสมซีเมนต์ปริมาณต่ำๆ มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ปริมาณซีเมนต์สูง และกำลังอัดแกนเดียวของดินซีเมนต์แทนที่ด้วยเถ้าลอย ทั้งแบบไม่แช่น้ำและแช่น้ำ ค่ากำลังอัดแกนเดียวมีค่าเพิ่มขึ้น และมากสุดที่ปริมาณเถ้าลอย 10% จากนั้น ค่ากำลังอัดแกนเดียวจะมีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น

คำหลัก: ดินลมหอบ, ดินซีเมนต์, กำลังอัดแกนเดียว, เถ้าลอย, ปูนซีเมนต์

Abstract

This study researches the soaked and and unsoaked compression of loess which is improved by cement and fly ash. The study varies weight of cement 1, 3 and 5% of dry soil weight and replacing cement with fly ash at the ratio of 0, 10, 20, 30 and 40% of cement weight under standard compaction.The result from the test found that the soaking unconfined compression strength has a lower unit than a normal moisture. The compacted soiled strength (non-cement), in case without soak has 50 kPa, while the soak causes a sudden slump loss in every sample. The unconfined compression

strength of loess with cement has an increasing number through an increasing amount of cement, by the unconfined compression of the unsoaked sample has a higher number than the soaked one and is decreased through the amount of the stronger compaction's water. The unconfined compression strength of every ratio – both soaked and unsoaked – tends to increase through the increasing duration of concrete curing. The development of strength in the samples in the period of 3-7 days, the sample with low amount of mixed cement has a lower number of strength than the sample with high amount of mixed cement and the unconfined compression strength of soil cement which is replaced by fly ash – both soaked and unsoaked – the strength of unconfined

compression increase and has the highest number of strength at 10% of fly ash amount, after that the unconfined compression strength decrease through the more amount of fly ash

Keywords: Loess, Soil Cement, Unconfined Compression**,** Fly ash, Cement

1. บทนำ

ในประเทศไทย ดินลมหอบมีการกระจายอยู่ทั่วทุกภาค พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดินลมหอบเป็นดินที่ก่อให้เกิดปัญหาทางวิศวกรรมเป็นอย่างมาก เนื่องจากดินลมหอบจะมีปัญหาการพังทลายและการเปลี่ยนแปลงสภาพหลังจากถูกรบกวนจากลม, น้ำหนักบรรทุก และปริมาณความชื้น [1-2]

ดินลมหอบโดยทั่วไป จะเป็นเม็ดละเอียด อาจเป็นทรายละเอียดปนทรายแป้ง (SM) ที่มีปริมาณดินเหนียวปนต่ำมาก จนไม่สามารถยึดเกาะเม็ดทรายไว้ด้วยกัน ในสภาพธรรมชาติ ถึงเม็ดดินจับเกาะกันแน่นอย่างไรก็ตามน้ำจะสามารถซึมผ่านได้อย่างรวดเร็ว ในสภาวะแห้งและบดอัดแน่นดินลมหอบจะมีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักได้มากกว่า 1000 กิโลปาสคาล มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านประมาณ $1x10^{-5}$ ถึง $1x10^{-7}$เซนติเมตรต่อวินาที และมีค่าการหดตัวประมาณ 1% ในสถานะเปียก หรือ มีการเปลี่ยนแปลงความชื่นในดินเพิ่มขึ้น เพียง 5% - 8% ดินลมหอบนี้ จะรับน้ำหนักได้น้อยกว่า 50 กิโลปาสคาล ตัวและมีค่าการหดตัวเพิ่มขึ้นถึง 8% - 10% เมื่อเกิดการแห้งตัว [3] เนื่องจากปัญหาที่ดินลมหอบ เป็นดินยุบตัวและพังง่ายนี้ ดินนี้จึงเป็นดินที่มีปัญหาทางวิศวกรรมโยธา

อย่างไรก็ตาม ในการก่อสร้างต่างๆ เช่น งานดินถมคันทางรถไฟ, งานทาง, งานบ่อฝังกลบ หรือแม้แต่งานฐานราก ก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงดินประเภทนี้ได้ เทคนิคหนึ่งที่ได้รับการนิยมอย่างมากสำหรับการปรับปรุงดินให้มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมดีขึ้น ได้แก่ การผสมดินกับซีเมนต์ปูนขาว และ เถ้าลอย [4-5]

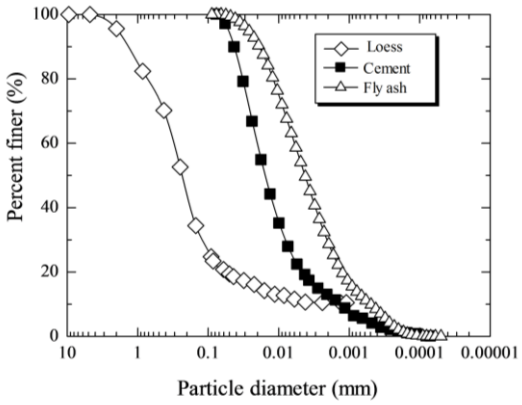
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาอิทธิพลของเถ้าลอยชนิดแคลเซียมสูงต่อการพัฒนากำลังของดินลมหอบที่ถูกปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอย ประโยชน์ที่ได้จากวิจัยนี้จะทำให้สามารถเลือกใช้ปริมาณซีเมนต์ ปริมาณเถ้าลอย และปริมาณน้ำ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม และเป็นแนวทางในการออกแบบ การควบคุมงานก่อสร้างงานดินถมและงานทางต่อไป

2. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ดินลมหอบเป็นดินตัวอย่างที่เก็บจากบ่อยืม มีปริมาณของ ทราย (sand) ดินตะกอนปนดินเหนียว เท่ากับ 70.78% และ 29.22% ตามลำดับ ดินลมหอบสามารถจำแนกประเภทของดินเป็นดินทรายปนดินตะกอน (sity sand, SM)โดยตัวอย่างมีค่าถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.63 เป็นดินที่สภาพเป็น non-plasticity รูปถ่ายดินลมหอบแสดงในรูปที่ 1 กราฟการกระจายขนาดของอนุภาคของดินลมหอบแสดงในรูปที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของดินลมหอบแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ดินลมหอบ (Loess)



รูปที่ 2 การกระจายขนาดของอนุภาคของดินลมหอบ ปูนซีเมนต์และเถ้าลอย

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการวิจัยคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.15 เถ้าลอยที่ใช้ในการวิจัยเป็นเถ้าลอยชนิด c (class c) ซึ่งมีส่วนประกอบของ CaO สูงมาก ประมาณ 33%

มีประมาณของ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 รวมกันประมาณ 55% มากกว่า 50% จึงอยู่เกณฑ์ใช้งานเป็น pozzolanic materials ได้ [6] เถ้าลอยมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.02 รูปถ่ายของปูนซีเมนต์และเถ้าลอย แสดงในรูปที่ 3 กราฟการกระจายขนาดของอนุภาคของปูนซีเมนต์และเถ้าลอยแสดงในรูปที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์และเถ้าลอยแสดงในตารางที่ 1



(a) Cement (b) Fly ash

รูปที่ 3 ปูนซีเมนต์ (cement) และเถ้าลอย (fly ash)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของดินลมหอบ ปูนซีเมนต์และเถ้าลอย

Chemical composition	Cement (%)	Fly Ash (%)	Loess (%)
SiO_2	20.90	26.10	80.42
Al_2O_3	4.76	18.26	13.04
CaO	65.41	33.0	0.21
MgO	1.25	5.54	0.35
Fe_2O_3	3.35	10.84	3.66

3.การทดสอบ

3.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินตัวอย่าง มีดังต่อไปนี้

1) ความถ่วงจำเพาะของดิน (specific gravity) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 854

2) วิเคราะห์ขนาดของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรง (sieve analysis) ทดสอบโดยการร่อน ผ่านตะแกรงแบบล้างตามมาตรฐาน ASTM D 422

3) ขีดจำกัดเหลว (liquid limit) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4318

4) พิกัดพลาสติก (plastic limit) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4318

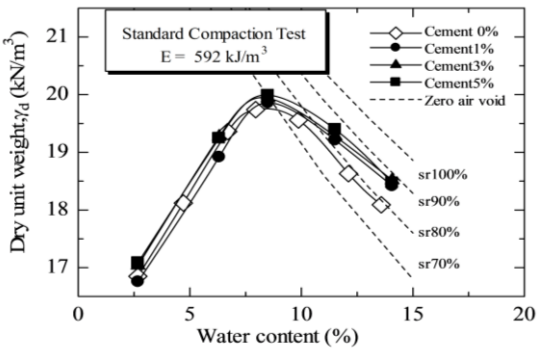
5) การทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐาน (standard compaction test) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 698

3.2 การทดสอบคุณสมบัติด้านการรับกำลัง

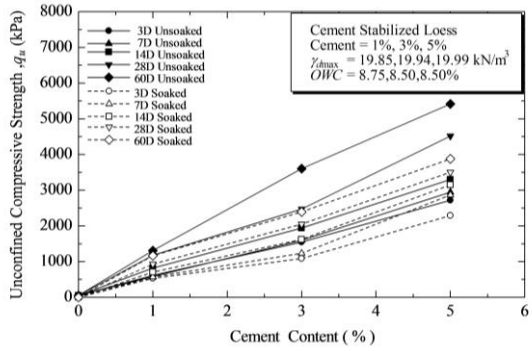
การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (unconfined compressive strength) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2166 ทดสอบกับตัวอย่างที่บดอัดในโมลมาตรฐาน 4 นิ้ว ด้วยพลังการบดอัดแบบมาตรฐาน (standard compaction) ทำการตัดแต่งก้อนตัวอย่างให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร โดยเตรียมตัวอย่างที่ปริมานน้ำที่เหมาะสม (OWC) และปริมาณน้ำในด้านเปียก (1.05OWC และ 1.1OWC) ก่อนทำการทดสอบจะทำการแช่ดินตัวอย่างในน้ำ 2 ชั่วโมง แล้วผึ่งให้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ก่อนนำมาทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง compression machine โดยใช้อัตราการทดสอบ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ของความสูงของดินตัวอย่างต่อนาที

4.การศึกษา

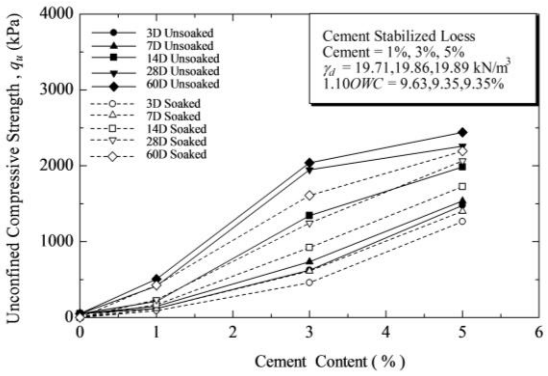
รูปที่ 4 แสดงกราฟการบดอัดของดินลมหอบผสมปูนซีเมนต์ที่ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 1, 3 และ 5 % จากรูปพบว่า หน่วยน้ำหนักแห้งของดินตัวอย่างที่แปรผันปริมาณซีเมนต์ 0,1,3 และ 5% มีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 8.30 ,8.75 ,8.50และ 8.50% และหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดมีค่าเท่ากับ 19.76,19.85,19.94 และ 19.99kN/m^3 และระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำที่หน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดมีค่าประมาณ 70%



รูปที่ 4 กราฟการบดอัดดินลมหอบผสมซีเมนต์ที่ปริมาณต่างๆ



(a) OWC

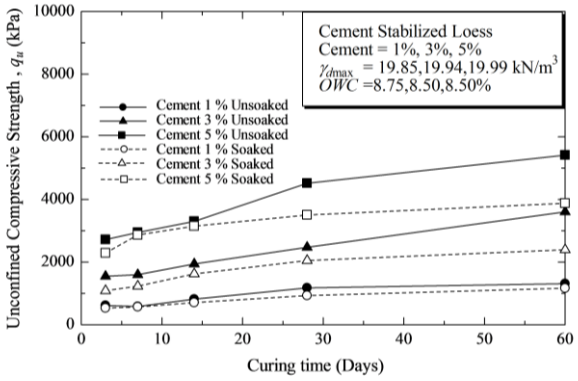


(b) 1.10OWC

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและปริมาณซีเมนต์ของตัวอย่างแช่น้ำและไม่แช่น้ำ ที่ปริมาณความชื้น (a) OWC และ (b) 1.10 OWC

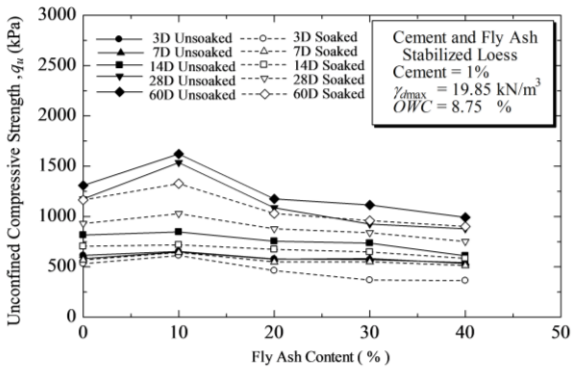
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและปริมาณซีเมนต์ ที่ปริมาณน้ำ OWC, 1.05OWC และ 1.10 OWC ทดสอบในสภาวะแช่น้ำและไม่แช่น้ำ ทดสอบกับตัวอย่างที่อายุบ่ม 3, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ จากรูปพบว่า ค่ากำลังอัดแกนเดียวมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยค่ากำลังอัดของดินบดอัด (ไม่ผสมซีเมนต์) ในกรณีไม่แช่น้ำ มีค่าประมาณ 50 kPa แต่อย่างไรก็ตามเมื่อตัวอย่างอยู่ในสภาวะแช่น้ำตัวอย่างจะเกิดการยุบตัวทันที

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุบ่ม ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ 1, 3 และ 5% ที่ปริมาณน้ำ OWC ทดสอบในสภาวะแช่น้ำและไม่แช่น้ำ จากรูปพบว่า ค่ากำลังอักแกนเดียวมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่มขึ้น โดยทุกๆตัวอย่างค่ากำลังอัดของดินตัวอย่างที่ไม่แช่น้ำมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่แช่น้ำทุกๆกรณี

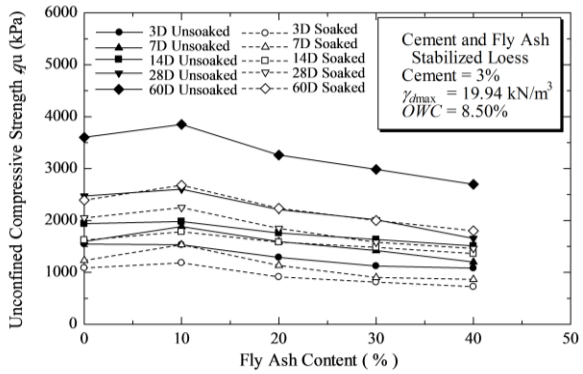


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุบ่มของตัวอย่างแช่น้ำและไม่แช่น้ำ ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC)

รูปที่ 7 และ รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดแกนเดียวและปริมาณเถ้าลอย ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ 3 และ 1**%** ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม *OWC* ทดสอบในสภาวะแช่น้ำและไม่แช่น้ำ ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ จากรูปพบว่า ที่ปริมาณซีเมนต์ต่ำๆ (ที่ปริมาณซีเมนต์ 1% (ดูรูปที่7)) ค่ากำลังอัดแกนเดียวของตัวอย่างอายุบ่มที่ 3, 7, 14 วัน ของตัวอย่างแบบแช่น้ำและไม่แช่น้ำ มีค่าใกล้เคียงกันไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณเถ้าลอย ในขณะที่ปริมาณซีเมนต์ 3 % (ดูรูปที่ 8) การพัฒนากำลังอัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่มขึ้น โดยที่ค่ากำลังอัดแกนเดียวจะมีค่ามากที่สุดที่ปริมาณเถ้าลอยเท่ากับ 10% หลังจากนั้นค่ากำลังอัดแกนเดียวจะมีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น

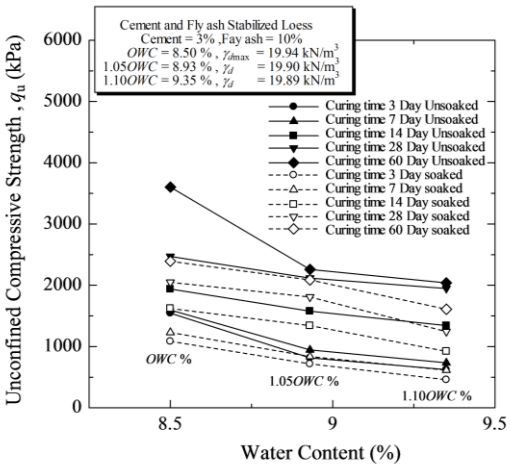


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและปริมาณเถ้าลอย ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ 1% ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC)



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและปริมาณเถ้าลอย ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ 3 % ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC)

จากรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดแกนเดียวต่อปริมาณน้ำในการบดอัด ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ 3% แทนที่ด้วยปริมาณเถ้าลอย 10% ที่ปริมาณน้ำ *OWC*, 1.05*OWC* และ 1.10*OWC* ทดสอบที่อายุบ่ม 3, 7, 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ ของตัวอย่างทั้งแบบไม่แช่น้ำและแบบแช่น้ำ จากรูปพบว่าค่าเมื่อพิจารณาปริมาณเถ้าลอยที่ 10 % (ดูรูปที่ 7 และรูปที่ 8) ค่ากำลังอัดแกนเดียวจะมีค่าสูงกว่าดินบดอัด (ไม่ผสมซีเมนต์) ดังนั้นเมื่อนำดินตัวอย่างที่ใช้เถ้าลอยไปแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณ 10 % มาพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและปริมาณน้ำ จะพบว่า ทุกๆตัวอย่างดินซีเมนต์ที่บดอัดในปริมาณน้ำที่เหมาะสม (OWC) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.50 % ค่ากำลังอัดแกนเดียวจะมีค่าสูงที่สุด จากนั้นจะมีค่าลดลงตามปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดแกนเดียวและปริมาณน้ำ ผสมซีเมนต์ 1% และแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยปริมาณ 10%ทดสอบที่อายุบ่ม 3, 7, 14, 28 และ 60 วัน ทั้งแบบไม่แช่น้ำและแบบแช่น้ำ

5. สรุปผลการศึกษา

1. ค่ากำลังอัดแกนเดียวจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ค่ากำลังอัดแกนเดียวของตัวอย่างไม่แช่น้ำจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างแช่น้ำ

2. กำลังอัดแกนเดียวของทุกอัตราส่วน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่มขึ้น การพัฒนากำลังของตัวอย่างในช่วง 3-7 วัน ในตัวอย่างที่ผสมซีเมนต์ปริมาณต่ำๆ มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ปริมาณซีเมนต์สูง

3. ปริมาณเถ้าลอยที่ใช้แทนที่ซีเมนต์ในปริมาณ 10 % จะให้ค่ากำลังอัดแกนเดียวสูงสุด

4. ทุกๆตัวอย่าง การบดอัดดินลมหอบผสมซีเมนต์และเถ้าลอยที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสม (OWC) จะให้ค่ากำลังอัดแกนเดียวสูงที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน งบประมาณรายจ่าย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Zhang F, Wang G, Kamai T, et al, “Undrained shear behavior of loess saturated with different concentrations of sodium chloride solution. ” Engineering Geology, Volume 155, Pages 69-79, March 2013

[2] Li P, Qian H, Wu J , “Environment: Accelerate research on land creation. ” Nature, 5;510(7503):29-31, Jun 2014

[3] Phien-wej, N. Pientong, T. & Balasubramaniam, A.S, “Collapse and strength characteristics of loess in Thailand.” Engineering Geology ,Volume 32, Issues 1–2, Pages 59-72, February 1992

[4] Huawen Xiao, Wei Wang, Siang Huat Goh, “Effectiveness study for fly ash cement improved marine clay.” Construction and Building Materials, Volume 157, Pages 1053-1064, December 2017

[5] Zhang CL, Jiang GL, Su LJ, et al. (2017) “Effect of cement on the stabilization of loess. ” Journal of Mountain Science, Volume 14, Issue 11, pp 2325–2336, November 2017

[6] ASTM C593-06 (2011), “Standard Specification for Fly Ash and Other Pozzolans for Use With Lime for Soil Stabilization.” ASTM International, West Conshohocken.

กำลังของดินชั้นทางหมุนเวียนแบบเต็มความลึกผสมซีเมนต์

Strength of Cement stabilized Full depth recycling

จำรัส ชัยมณี, อนุกูล อ่างบุญตา* และ อภิชิต คำภาหล้า

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น
*ผู้ติดต่อ: E-mail: minanukul@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 085-3967081

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษากำลังอัดของดินชั้นทางหมุนเวียนแบบเต็มความลึกผสมซีเมนต์ โดยจำลองการกัดชั้นทางในระดับความลึก 20, 25 และ 30 เซนติเมตร ของโครงสร้างทางที่ผิวทางหนา 0 เซนติเมตร ด้วยการแปรผันอัตราส่วนของตัวอย่างหินคลุก (Crushed rock, CR), ลูกรัง (Lateritic soil, LS) ปริมาณซีเมนต์ ปริมาณน้ำ และอายุบ่ม ผลจากการศึกษาพบว่า ทุกตัวอย่างค่ากำลังอัดแกนเดียวสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำในการบดอัด ของทุกๆ ตัวอย่าง มีค่ากำลังสูงสุดที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสม (OWC) ตัวอย่างอัตราส่วน CR100:LS0 มีค่ากำลังสูงสุด รองลงมา ได้แก่ CR80:LS20 และ CR67:LS33 ตามลำดับ ผลการทดสอบกำลังและการสึกหรอ พบว่าทุกตัวอย่างที่ผสมปูนซีเมนต์ มากกว่า 3% มีค่ากำลังเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน ACI 230

คำหลัก: หินคลุก, ลูกรัง, กำลังอัดแกนเดียว, ปูนซีเมนต์

Abstract

This research investigated the compressive strength of full depth recycling stabilization with cement. The samples of studies varying crushed rock (CR), and lateritic soil (LS) for the simulation of pavement cutting of 20, 25, and 30 centimeters for **0** centimeters of asphaltic concrete thickness. The results shown the increasing of unconfined compressive strength of soil-cement samples with increased cement content. The water content in compacted of each sample was the highest optimum water content (OWC). The maximum strength of sample CR100: LS0 higher than the sample CR80: LS20 and CR67: LS33, respectively. Base in the results of strength and abrasion test, it is found that the all samples with cement content greater than 3% were in accordance with the standards of ACI 230.

Keywords: Crushed rock, Lateritic soil, Unconfined compressive strength, Cement

1. บทนำ

เทคนิคการปรับปรุงดินด้วยซีเมนต์สามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ วิธี Central Plant Recycling เป็นการนำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมกลับไปผสมใหม่โดยใช้โรงงานผสม และวิธี In-place Recycling เป็นการรื้อหรือกัดชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมมาผสมใหม่โดยใช้เครื่องจักรพิเศษแล้วปูกลับใหม่ โดยกลไกที่ควบคุมคุณสมบัติของดินเม็ดหยาบผสมซีเมนต์ได้แก่ ขนาดคละ, ความหนาแน่น และความแข็งแรงของวัสดุ

หลายงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงชั้นทางเดิมที่มีอยู่แล้วด้วยซีเมนต์แบบในที่ ผลจากการศึกษาที่ผ่านมา [1] อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของดินซีเมนต์ในขณะที่บดอัดดินนั้นอนุภาคของปูนซีเมนต์ที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะผสมกับอนุภาคของดินหลังจากนั้นจะทำตัวอย่างดินไปบ่มภายใต้การบ่มระยะเวลาอันสั้น อนุภาคของปูนซีเมนต์ที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ทำให้เกิดซีเมนต์เจลแทรกเข้าไปตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินและภายใต้การบ่มระยะยาวจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นอย่างสมบูรณ์ทำให้ซีเมนต์เจลแทรกซึมกระจายทั่วในดินซีเมนต์ซึ่งทำให้กำลังของดินซีเมนต์สูงขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น [2,3] ได้ทำการสรุปถึงคุณสมบัติทางด้านการต้านทานแรงอัดของดิน

ซีเมนต์มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นเป็นลักษณะเส้นตรงตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมโดยการเพิ่มขึ้นของกำลังต้านทานแรงอัดของดินจะแตกต่างไปตามชนิดของดินที่ใช้ผสมทั้งนี้การต้านทานกำลังอัดของดินซีเมนต์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มและอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังในการต้านทานแรงอัดของดินซีเมนต์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากที่กล่าวมาข้างต้นความสามารถในการกัดที่แตกต่างกันสัดส่วนของขนาดคละจะเปลี่ยนไปตามขนาดของเครื่องจักรทำให้คุณสมบัติของแต่ละตัวอย่างแตกต่างกันออกไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษากำลังอัดของตัวอย่างดินชั้นทางเดินหมุนเวียนโดยแปรผันสัดส่วนของหินคลุก (crushed rock, CR), ลูกรัง (lateriticsoil,LS), ปริมาณซีเมนต์, ปริมาณน้ำและอายุบ่ม

2. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ดินตัวอย่างเป็นดินชั้นทางเดิมหมุนเวียน ได้แก่ หินคลุก (CR) และลูกรัง (LS) มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.70 และ 2.68 ตามลำดับ เป็นดินที่สภาพเป็น non-plasticity โดยการแบ่งประเภทของตัวอย่างจะแบ่งตามความลึกในการกัดชั้นทางที่ 20, 25 และ 30 เซนติเมตร ของโครงสร้างทางที่ผิวทางหนา 0 เซนติเมตร รูปถ่ายของหินคลุกและลูกรัง แสดงในรูปที่ 1 กราฟการกระจายขนาดของอนุภาคของตัวอย่างที่อัตราส่วนผสมต่างๆ แสดงในรูปที่ 2 ตารางคุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการวิจัยนี้คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15 โดยขนาดของอนุภาคของปูนซีเมนต์ แสดงในรูปที่ 2

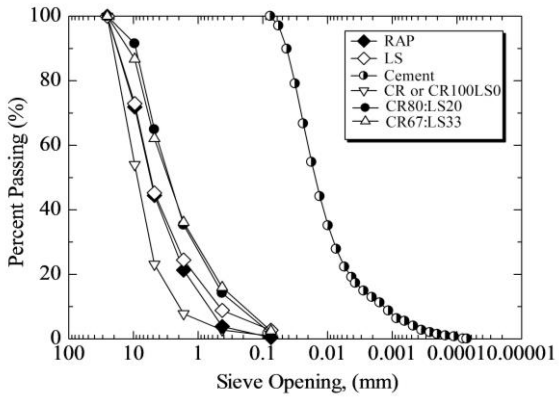


(a) Crushed rock (b) Lateritic soil

รูปที่ 1 หินคลุก (crushed rock) และ ลูกรัง (lateritic soil)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างวัสดุชั้นทางหมุนเวียน

Sample	Gs	PI	Soil Classification	
			AASHTO	USCS
RAP	2.34	N-P	A-1-a(0)	(GW)
LS	2.68	N-P	A-1-a(0)	(GW)
CRor CR:100	2.70	N-P	A-1-a(0)	(GW)
CR80:LS20	2.65	N-P	A-1-a(0)	(GW)
CR67:LS33	2.63	N-P	A-1-a(0)	(GW)



รูปที่ 2 การกระจายขนาดของอนุภาคของตัวอย่างชั้นทางเดิมหมุนเวียนที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

3. วิธีการทดสอบ

การทดสอบในการวิจัยประกอบไปด้วย

1) ความถ่วงจำเพาะของดิน (specific gravity) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 854

2) วิเคราะห์ขนาดของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรง (sieve analysis) ทดสอบโดยการร่อน ผ่านตะแกรงแบบล้างตามมาตรฐาน ASTM D 422

3) ขีดจำกัดเหลว (liquid limit) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4318

4) พิกัดพลาสติก (plastic limit) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4318

5) การทดสอบการบดอัดแบบสูงมาตรฐาน (modified compaction test) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1557-00

6) การทดสอบหาความต้านทานสึกกร่อนของหินโดยเครื่องทดสอบลอสแองเจลีส (Abrasion Test by

Los Angeles Machine) ทดสอบตามมารฐาน ASTM C 131

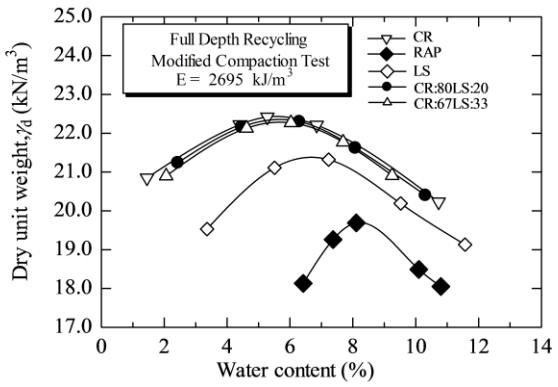
7) การทดสอบคุณสมบัติด้านการรับกำลังอัดแกนเดียว (unconfined compressive strength) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2166 ทดสอบกับตัวอย่างที่บดอัดในโมลมาตรฐานขนาด 4 นิ้ว ที่หน่วยน้ำหนักดินแห้งเท่ากับหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุด ที่ปริมานน้ำที่เหมาะสม (OWC) และ ปริมาณน้ำในด้านเปียก (OWC+1%, OWC+2% และOWC+3%) เมื่อบ่มตัวอย่างได้ตามกำหนด นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำ 2 ชั่วโมง แล้วผึ่งให้แห้ง นำมาทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง compression Machine โดยใช้อัตราการทดสอบ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ของความสูงของดินตัวอย่างต่อนาที ซึ่งขั้นตอนวิธีการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบกำลังอัด

Sample	Test	Water (%)	Cement (%)	Curing (day)
CR100LS:0 CR80:LS20 CR67:LS33	UCS	OWC,OWC+1%, OWC+2, OWC+3%	0, 3, 6 , 9	1, 3, 7, 14, 28, 60

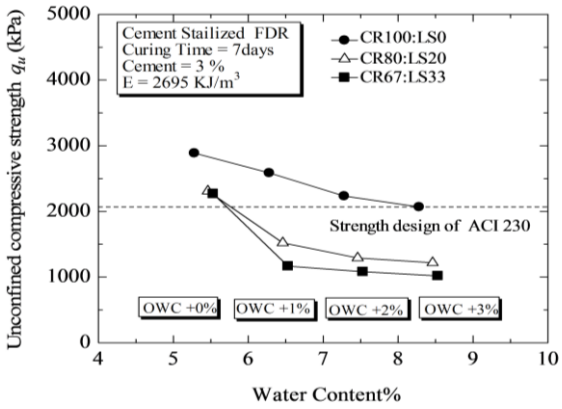
4.การศึกษา

รูปที่ 3 แสดงกราฟการบดอัดของดินตัวอย่างชั้นทางเดิมหมุนเวียน ภายใต้พลังงานการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน จากรูปพบว่า หน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดของตัวอย่าง CR:100LS:0 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ CR:80LS:20 และ CR:67LS:33 ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำที่เหมาะสมของสัดส่วนที่แปรผันปริมาณ CR และ LS มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

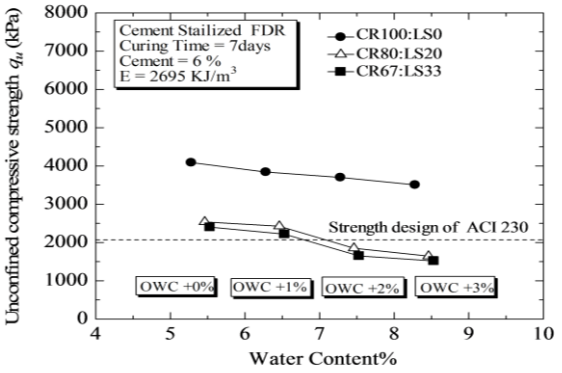


รูปที่ 3 กราฟการบดอัดดินชั้นทางเดิมหมุนเวียน

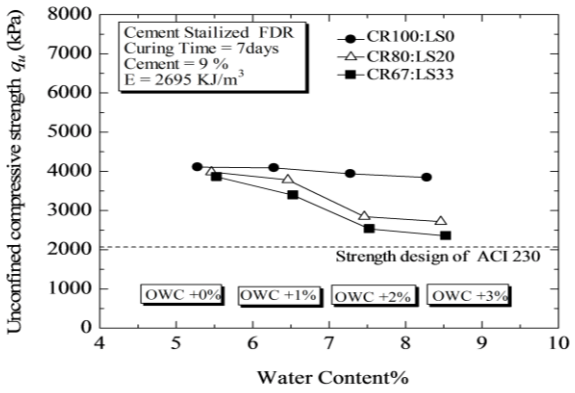
รูปที่ 4 และ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวและปริมาณน้ำของตัวอย่างชั้นทางเดินหมุนเวียนแบบเต็มความลึก แปรผันปริมาณซีเมนต์ 3, 6 และ 9% ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน ตามลำดับ จากรูปพบว่า ค่ากำลังอัดแกนเดียวของทุกๆตัวมีค่าสูงที่สุดที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสม (OWC+0%) จากนั้นค่ากำลังอัดแกนเดียวจะมีค่าลดลงตามปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่าง CR:80LS20 และ CR:67LS:33 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ 3 % บดอัดปริมาณน้ำในด้านปียกที่ OWC+1%, OWC+2% และ OWC+3% ค่ากำลังอัดแกนเดียวมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ACI 230



(a) Cement = 3%

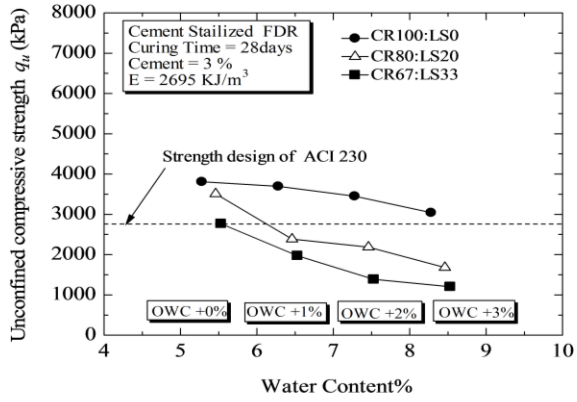


(b) Cement = 6%

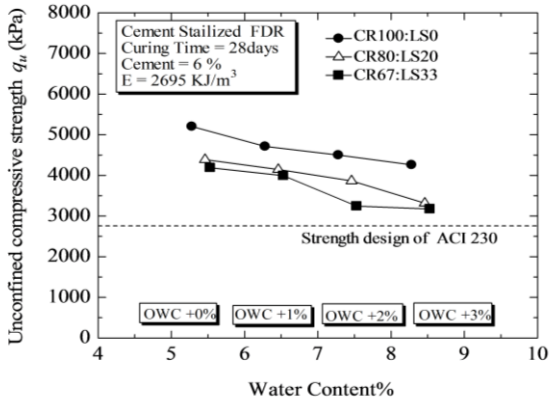


(c) Cement = 9%

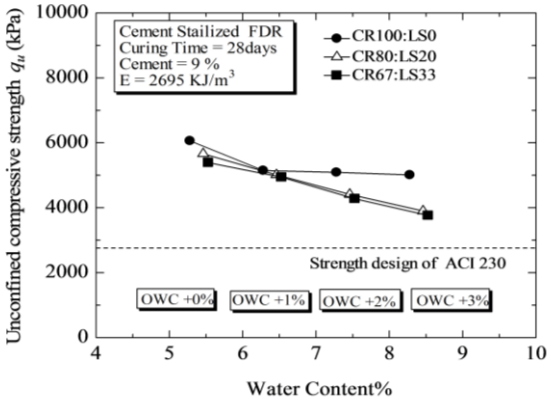
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวและปริมาณน้ำที่ปริมาณซีเมนต์ (a) 3% ,(b) 6% และ (c) 9% อายุบ่ม 7 วัน



(a) Cement = 3%



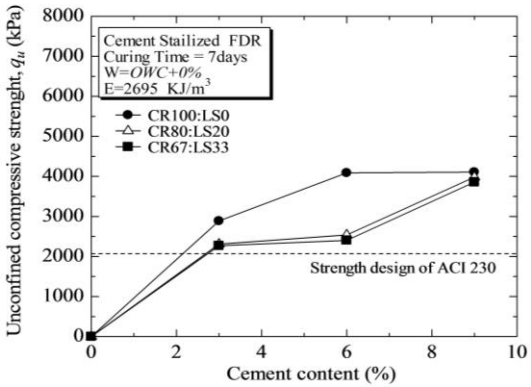
(b) Cement = 6%



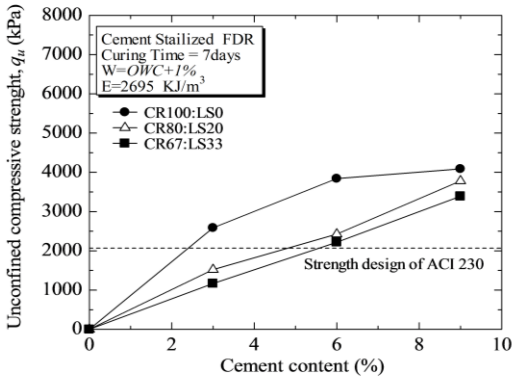
(c) Cement = 9%

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวและปริมาณน้ำที่ปริมาณซีเมนต์ (a) 3% ,(b) 6% และ (c) 9% อายุบ่ม 28 วัน

รูปที่ 6 และ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวและปริมาณซีเมนต์ของตัวอย่างชั้นทางเดิมหมุนเวียนแบบเต็มความลึก บดอัดในปริมาณน้ำ OWC+0%, และ OWC+1% ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน ตามลำดับ จากรูปพบว่า ค่ากำลังอัดเดียวของทุกๆ ตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่าง CR:100LS0 ทุกๆปริมาณซีเมนต์ กำลังอัดแกนเดียวจะมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ACI 230 ในขณะตัวอย่าง CR:80LS20 และ CR:67LS:33 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ 3 % บดอัดปริมาณน้ำในด้านปียกที่ OWC+1%, OWC+2% และ OWC+3% ค่ากำลังอัดแกนเดียวมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ACI 230

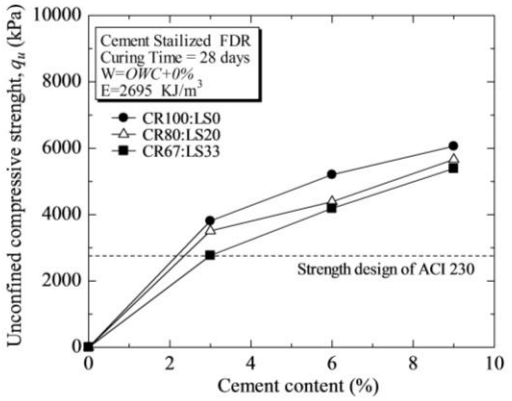


(a) OWC+0%

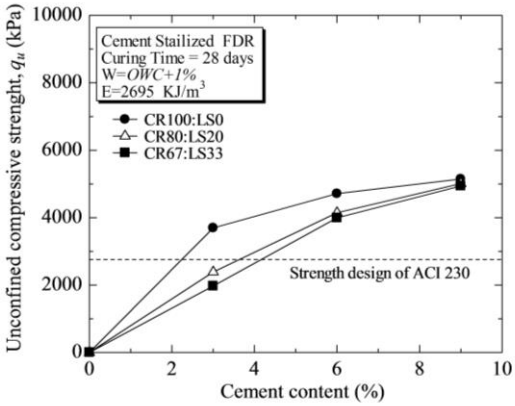


(b) OWC+1%

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวและปริมาณซีเมนต์ที่ปริมาณต่างๆ อายุบ่ม 7 วัน



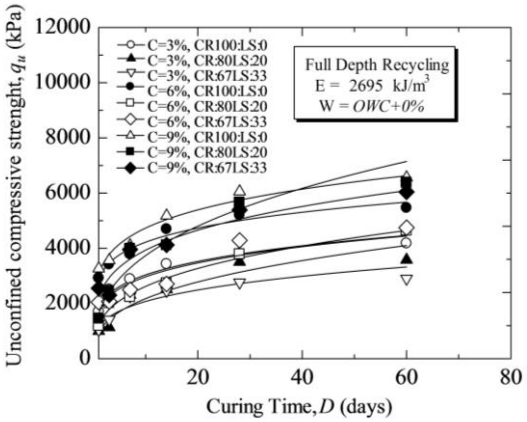
(a) OWC+0%



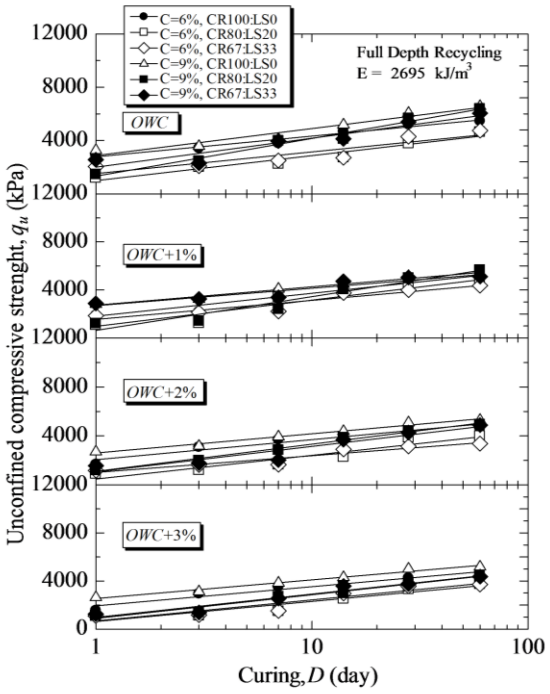
(b) OWC+1%

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวและปริมาณซีเมนต์ที่ปริมาณต่างๆ อายุบ่ม 28 วัน

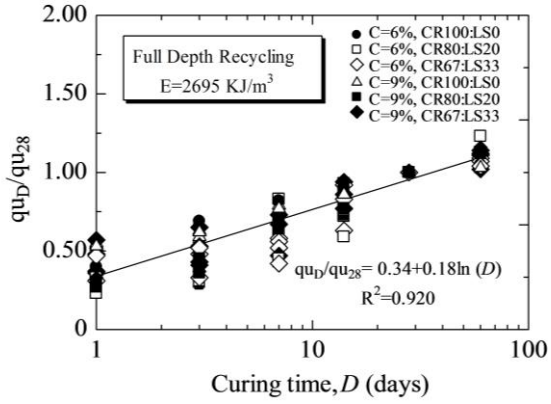
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวและอายุบ่มของตัวอย่างชั้นทางเดินหมุนเวียนแบบเต็มความลึก บดอัดในปริมาณน้ำ OWC+0% จากรูปพบว่า ค่ากำลังอัดแกนเดียวของทุกๆตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่ม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของน้ำที่ OWC+0% และ OWC+1% (ดูรูปที่ 4 และ รูปที่ 5) ที่ปริมาณซีเมนต์เท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่ากำลังอัดแกนเดียวต่ำกว่าค่ากำลังตามมาตรฐาน ACI 230 ดังนั้นปริมาณซีเมนต์เท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ จะไม่ถูกนำมาพิจารณา และที่ปริมาณซีเมนต์เท่ากับ 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาพิจารณาในความสัมพันธ์กึ่งเซมิลอการิทึม (ดูรูปที่ 8) จะพบว่า ทุกๆตัวอย่างมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น และเมื่อความสร้างความสัมพันธ์ด้วย qu_D / qu_{28} และอายุบ่ม ของตัวอย่างชั้นทางเดินหมุนเวียนแบบเต็มความลึก จะพบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเอกภาพ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินชั้นทางเดิมหมุนเวียนผสมซีเมนต์และอายุบ่ม แปรผันปริมาณน้ำที่ (OWC+1%)



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินชั้นทางเดิมหมุนเวียนผสมซีเมนต์และอายุบ่ม แปรผันปริมาณน้ำและปริมาณซีเมนต์



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดแกนเดียวและอายุบ่ม ของของดินชั้นทางเดิมหมุนเวียนแบบเต็มความลึกผสมซีเมนต์ และการ Normalization กำลังที่อายุบ่มใดๆ ด้วยกำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วัน

5. สรุปผลการศึกษา

1) การลดลงของปริมาณหินคลุก (CR) ตามอัตราส่วน CR100:LS0 , CR80:LS20 และ CR67:LS33 ทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวลดลงตามลำดับในทุกส่วนผสม

2) ตัวอย่างที่ผสมปริมาณซีเมนต์มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่ากำลังอัดแกนเดียวเป็นไปมาตรฐานดินซีเมนต์

3) ปริมาณน้ำที่ให้ค่ากำลังอัดแกนเดียวสูงสุดของทุกๆตัวอย่างจะมีค่าเท่ากับ OWC+0%

จากผลทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (q_u) เมื่อสร้างความสัมพันธ์กึ่งเซมิลอการิทึมกับอายุบ่ม พบว่า ทุกๆ ตัวอย่างมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น สามารถ Normalization กำลังที่อายุบ่มใดๆ ด้วยกำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วัน

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน งบประมาณรายจ่าย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Horpibulsuk, S. and Miura, N. (2006). Strength development in cement stabilized low plasticity and coarse grained soils: laboratory and field study. Soil and foundations. Vol.46, No.3, Japanese Geotechnical Society. 351-366

[2] Mitchell. J.K. and E.L. Jack, S.A. (1966). The fabric of soil-cement and its formation. Proceeding 14th National Conference on Clay and Clay Minerals.

[3] Bell, F.G. (1976) .The influence of the mineral content of clay on their stabilization with cement. Association of Engineering Geologists. 267 – 278.

[4] American Concrete Institute, ACI.(1990). State oftheArt Report on Soil Cement. ACI230. 1R-90, ACI Materials journal, 87(4), P 23.

[5] Department of Highways. (1990). Soil Cement Base. Standard No. DH-S 204/1990, Bangkok, Thailand.

[6] Department of Highways. (2000). Pavement Recycling. Standard No. DH-S 213/2000, Bangkok, Thailand.

[7] Department of Highways. (2013). Cement Modified Crushed Rock Base, Standard No. DH-S 203/2013, Bangkok, Thailand.

การศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีต โดยการทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีต และแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและเครื่องยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค

Comparative study of the Compressive Strength of Concretes by Destructive testing with Compression Machine and Nondestructive testing with Rebound Hammer and Ultrasonic Pulse Velocity tester

จีรศักดิ์ สุพรมวัน ,ศักดิ์สิทธิ์ พันทวี,ชาญชัย เงาะปก,จันทโชติ คงวิมลสวัสดิ์ และ วีรพงษ์ แก้วสุข*

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
*ผู้ติดต่อ: E-mail : konderndin_idealize@hotmail.com, 098-4146469

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของคอนกรีตที่โดยการทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีต และแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและเครื่องยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค ออกแบบค่ากำลังอัดประลัยสูงสุดที่ 240 กก./ตร.ซม., และ 280 กก./ตร.ซม. ใช้หินขนาดโตสุด 3/4 นิ้ว เป็นส่วนผสมคอนกรีตร้อยละ 100, 50 และร้อยละ 0 ของปริมาณหินทั้งหมดที่คำนวณได้ หล่อแท่งตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. หลังจากถอดแบบก้อนตัวอย่างจะถูกนำไปบ่มในน้ำจนครบอายุทดสอบที่ 7 และ 28 วัน

ผลการทดสอบพบว่ากำลังอัดที่ทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตในแนวดิ่งทิศทางลงและในแนวราบของคอนกรีตมีหินเป็นส่วนผสมร้อยละ 100 และ 0 (ST24, ST28) มีค่ากำลังอัดประมาณร้อยละ 70 และ 55 และมีค่ากำลังอัดร้อยละ 60 และ 50 ของการทดสอบด้วยเครื่องกดคอนกรีต นอกจากนี้ยังพบว่าความเร็วของคลื่นอัลตร้าโซนิคและกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตมีค่าลดลงตามปริมาณการลดหินเป็นส่วนผสมคอนกรีตเช่นกัน

คำหลัก: กำลังอัด, ค้อนยิงกระแทกคอนกรีต, ความเร็วคลื่นอัลตร้าโซนิค

Abstract

The objective of this research is to compare the compressive strength of concrete by destructive testing with compression testing machine, and nondestructive testing with rebound hammer and ultrasonic pulse velocity (UPV) tester. The concrete is designed to have 240, and 280 ksc compressive strength. The 3/4 inch maximum size of coarse aggregate is used for the concrete mixture at 100, 50, and 0%.The specimens are cast in 15x15x15 cm cube. After remolding, they will be stored in water and test at 7 and 28 days of curing.

The results founded that the compressive strength obtained from rebound hammer in vertical and horizontal directions of the concretes containing 100% and 0% (ST24, ST28) coarse aggregate were approximately 70 and 55% and 60 to 50% of that obtained from compression testing machine, respectively. In addition, it was also found that the UPV and the compressive strength of concretes obtained from the rebound hammer decreased with decreasing of coarse aggregate content.

Keywords: Compressive strength, Rebound hammer, UPV

1.บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุหลักที่ใช้งานก่อสร้าง เพราะเป็นวัสดุที่สามารถหล่อขึ้นรูปได้ตามต้องการ ดังนั้นคอนกรีตจึงมีบทบาทสำคัญของงาน คอนกรีตถูกออกแบบให้รับกำลังอัด จึงต้องมีการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อให้ได้กำลังอัดตามต้องการ และเมื่อหล่อคอนกรีตโครงสร้างแล้วเสร็จต้องมีการทดสอบการรับกำลังอัด เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีต ว่าสามารถรับกำลังอัดได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยกระบวนการตรวจสอบการรับกำลังอัดคอนกรีตคือการกดแท่งคอนกรีตที่เก็บเป็นตัวอย่างไว้ ผลที่ได้ก็มิใช่ค่าการรับกำลังอัดจริงของโครงสร้างคอนกรีต บางครั้งจึงมีการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีต แบบไม่ทำลายด้วยการใช้ค้อนยิงกระแทกคอนกรีต (Schmidt Hammer) และการยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Pulse)

คอนกรีตประกอบไปด้วยมอร์ต้าร์และมวลรวมหยาบ การทดสอบแบบไม่ทำลายดังกล่าว เมื่อทดสอบโดนตำแหน่งเฉพาะเนื้อของมอร์ต้าร์ผลกำลังที่ได้อาจคลาดเคลื่อน ดั้งนั้นกลุ่มวิจัยจึงมีความคิดที่จะทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของคอนกรีตและมอร์ต้าร์ โดยวิธีแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีต (Compression Machine) และแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีต(Schmidt Hammer Test) และเครื่องทดสอบอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Pulse) ทำการเปรียบเทียบกำลังอัดคอนกรีตและมอร์ต้าร์ ที่อายุ 7 และ 28 วัน

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตด้วยวิธีค้อนยิงกระแทกคอนกรีต เป็นการทดสอบเพื่อประเมินค่ากำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างแบบไม่ทำลาย (Non-destructive test) ตามมาตรฐาน มยผ.1502-51[1] และมาตรฐาน ASTM C805[2] โดยประเมินค่ากำลังอัดของคอนกรีต โดยอาศัยหลักการวัดค่าดัชนีสะท้อนกลับ (Rebound Number) ที่เกิดจากการกดแกนทดสอบ (Plunger) และกระบอกทดสอบ (Housing) ให้ตั้งฉากกับผิวคอนกรีต แรงกระแทกจากสปริงภายในจะทำให้แกนทดสอบเกิดการสะท้อนกลับมีค่า ดัชนีตั้งแต่ 10 ถึง 100 ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับพลังงานของผิวคอนกรีต ผิวคอนกรีตที่มีความแข็งมากกว่า จะมีค่าดัชนีสะท้อนกลับสูงกว่า สำหรับการทดสอบโครงสร้างโดยที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างในระดับที่มากเกินไป กำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างโดยวิธีการไม่ทำลาย (Non-destructive test) ส่วนใหญ่เป็นการทดสอบโดยอาศัยการตีความจากผลการวัดค่าต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติต่างๆ ขององค์ประกอบของโครงสร้างคอนกรีตหรือมีความเกี่ยวข้องกับกลไกของการเสื่อมสภาพแบบต่างๆ ซึ่งการทดสอบแบบไม่ทำลายนั้นอาศัยการตีความทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการทดสอบคอนกรีตด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค อาศัยการวัดความเร็วการทดสอบคอนกรีตด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค อาศัยการวัดความเร็วของคลื่นกลที่เคลื่อนที่ในคอนกรีต หลักการในการทำงานของเครื่องทดสอบโดยคลื่นอัลตร้าโซนิคคือการส่งคลื่นอัลตร้าโซนิคเข้าไปในเนื้อคอนกรีตและจับเวลาที่คลื่นใช้ในการเคลื่อนที่จากตัวส่งสัญญาณไปยังตัวรับสัญญาณ โดยมีระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณคงที่ ค่าความเร็วของคลื่นอัลตร้าโซนิคที่เคลื่อนที่ในคอนกรีตนั้น สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างตัวรับกับตัวส่งสัญญาณและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตร้าโซนิคในคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคอนกรีต และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น

งานวิจัยของวิบูลย์[3] เป็นการเปรียบเทียบการประเมินกำลังอัดของคอนกรีตโดยคลื่นอัลตร้าโซนิค, ชมิดท์แฮมเมอร์และการทำสอบแบบทำลาย และนำผลทดลอบที่ได้ไปสร้างสมการ เพื่อประเมินกำลังคอนกรีตให้มีความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้งาน

งานวิจัยของชาครีย์ [4] ศึกษาเปรียบเทียบค่าการรับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตระหว่างเครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีตกับเครื่องยิงคอนกรีต พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ช่วงระหว่าง 150-240 กก./ตร.ซม. ได้ค่ากำลังอัดใกล้เคียงกับเครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต ส่วนค่ากำลังอัดที่สูงกว่า 240 กก./ตร.ซม. ผลที่ได้จากเครื่องยิงคอนกรีตมีแนวโน้มต่ำกว่าค่าที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต และพบว่าลักษณะกราฟของการถดถอยมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง

จากรูปที่ 1 และ 2 เป็นการทดสอบผลกำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างพื้นและเสาตอม่อของอาคารก่อสร้างใหม่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา ทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตเพื่อนำไปประเมิน

เปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการกดตัวอย่างคอนกรีต



รูปที่ 1 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างพื้นแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตของอาคารก่อสร้างใหม่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 2 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างเสาแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตของอาคารก่อสร้างใหม่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา

2 วัตถุประสงค์

ศึกษาการรับกำลังอัดของคอนกรีตและมอร์ต้าร์ทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีต และแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค ทำการเปรียบเทียบผลการรับกำลังอัดของคอนกรีตและมอร์ต้าร์จากเครื่องกดคอนกรีตและการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค

3. ขอบเขตและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตของงานวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (ตราช้าง)

2) น้ำเป็นน้ำประปาจากจังหวัดนครราชสีมา

3) ทรายจากจังหวัดนครราชสีมา มีค่าโมดูลัสความละเอียด 2.4

4) ใช้หินขนาดโตสุดขนาด ¾ นิ้ว มีหน่วยน้ำหนัก 1,680 กก./ลบ.ม. ปริมาณช่องว่างร้อยละ 39

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

1) ทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

2) ออกแบบค่ากำลังอัดประลัยที่ 240 และ 280 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วันของคอนกรีตทรงกระบอก กำหนดปริมาณหินผสมในเนื้อคอนกรีตคือ ปริมาณหินร้อยละ 100, 50 และ ร้อยละ 0 ของปริมาณหินที่ได้จากการคำนวน ทำการหล่อแท่งตัวอย่างขนาด 15x15x15 ซม. หลังถอดแบบบ่มด้วยน้ำและนำไปทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค และทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีตที่อายุของแท่งตัวอย่าง 7 วัน และ 28 วัน

3) สัญลักษณ์ของตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ขึ้นต้นด้วยอักษร ST คือกำลังและตามด้วยตัวเลขค่ากำลังอัด เช่น 24 คือค่ากำลังอัดที่ออกแบบ 240 กก./ตร.ซม. ตัวอักษร G คือหินที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อคอนกรีต และตัวเลข 10, 5, และ 0 คือปริมาณที่ใช้ผสมในคอนกรีตร้อยละ 100, 50, และ ร้อยละ 0

จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิคในแท่งตัวอย่างคอนกรีตและทดสอบด้วยค้อนกระแทกคอนกรีต จากนั้นทำการกดแท่งตัวอย่างคอนกรีตเพื่อหาค่ากำลังอัดและเปรียบเทียบผลการรับแรงอัด



รูปที่ 3 การทดสอบคลื่นอัลตร้าโซนิคในห้องปฏิบัติการ



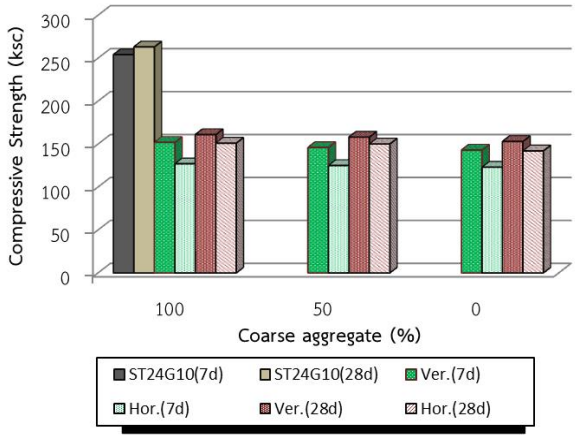
รูปที่ 4 การทดสอบโดยค้อนยิงกระแทกในห้องปฏิบัติการ

4. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

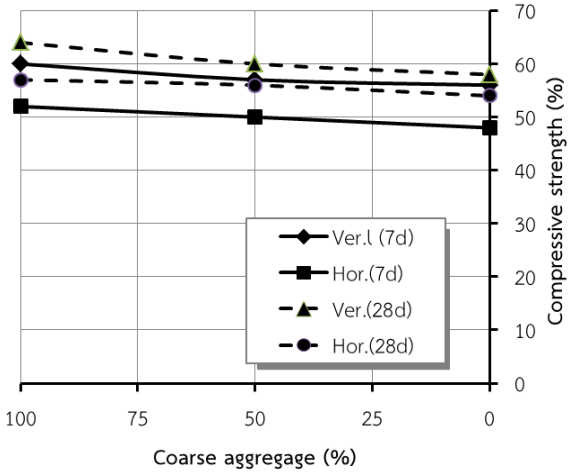
ผลจากการศึกษาการรับกำลังอัดของคอนกรีตโดยทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิคและค้อนยิงกระแทกคอนกรีต และทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีต

จากรูปที่ 5 อายุของแท่งตัวอย่าง 7 วัน คอนกรีต ST24G10 การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 152 และ 127 กก./ตร.ซม. คอนกรีต ST24G5 ทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลัง 146 และ 125 กก./ตร.ซม. ส่วนคอนกรีต ST24G0 ทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลัง 143 และ 123 กก./ตร.ซม. และทดสอบแบบทำลายสามารถรับกำลังได้ 254 กก./ตร.ซม.

ที่อายุ 28 วัน คอนกรีต ST24G10 การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 161 และ 151 กก./ตร.ซม. คอนกรีต ST24G5 ทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 158 และ 150 กก./ตร.ซม. ส่วนคอนกรีตST24G0 ทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 153 และ 142 กก./ตร.ซม. และทดสอบแบบทำลายสามารถรับกำลังอัดได้ 263 กก./ตร.ซม.



รูปที่ 5 ค่ากำลังอัดของคอนกรีต ST24 ทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและเครื่องกดคอนกรีต



รูปที่ 6 ร้อยละความสัมพันธ์ของกำลังอัดที่ทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตกับร้อยละของหินที่ผสมในคอนกรีต ST24

จากรูปที่ 6 แสดงผลร้อยละของกำลังอัด ของคอนกรีต ST24 กับปริมาณการใช้หินเป็นส่วนผสมในคอนกรีตร้อยละ 100, 50 และร้อยละ 0 ทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีต ที่อายุ 7 วัน มีค่ากำอัดร้อยละ 60,57 และ 56 ของการทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และร้อยละ 52, 50 และ 48 ของการทดสอบ

ในแนวราบ เทียบกับค่ากำลังอัดที่ทดสอบด้วยเครื่องกดคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดร้อยละ 64, 60 และ 58 ของการทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และเท่ากับร้อยละ 57, 56 และ 54 ของการทดสอบในแนวราบ เทียบกับค่ากำลังอัดที่ทดสอบด้วยเครื่องกดคอนกรีตเช่นกัน

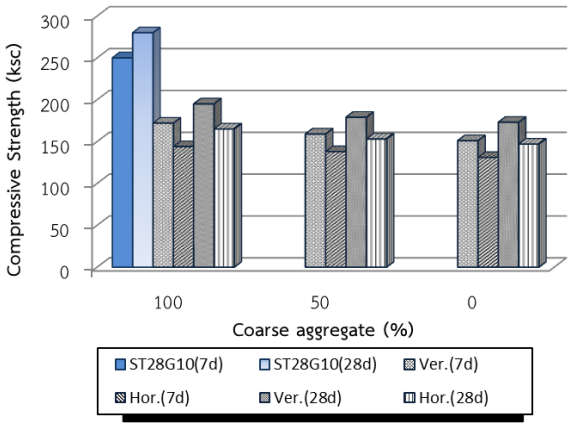
Example	Ultrasonic pulse velocity (UPV) (m/sec)			Age of Test (days)
	Percent of coarse aggregate			
	100%	50%	0%	
ST24	4860	4550	3957	7
	4878	4772	4065	28

ตารางที่ 1 แสดงผลการยิงคลื่นอัลตร้าโซนิคของคอนกรีต ST24

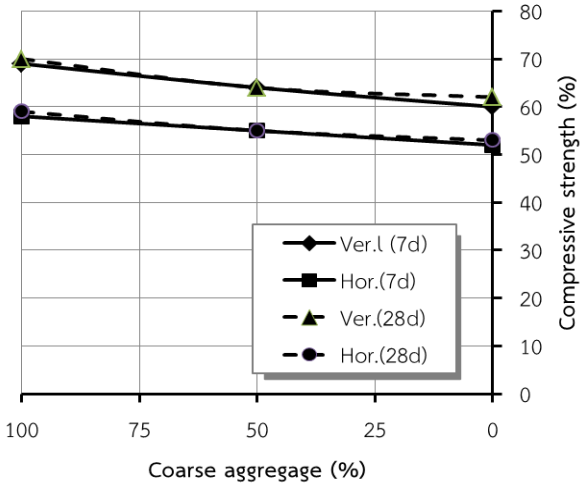
จากตารางที่ 1 ผลการยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค ค่าความเร็วคลื่นมีค่าลดลงตามปริมาณการลดหินที่ผสมในคอนกรีต โดยคอนกรีตที่มีหินเป็นส่วนผสมร้อยละ 0 มีค่าความเร็วคลื่นต่ำสุด เพราะไม่มีหินเป็นส่วนผสมความต่อเนื่องของเนื้อคอนกรีตลดลง ส่งผลให้การเดินทางของความเร็วคลื่นช้าลงทั้งสองช่วงอายุการทดสอบ

จากรูปที่ 7 ที่อายุของแท่งตัวอย่าง 7 วัน คอนกรีต ST28G10 การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 172 และ 144 กก./ตร.ซม. คอนกรีต ST28G5 ทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 159 และ 138 กก./ตร.ซม. ส่วนคอนกรีต ST28G0 การทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบมีค่ากำลังอัด 151 และ 131 กก./ตร.ซม. และทดสอบแบบทำลาย สามารถรับกำลังอัดได้ 250 กก./ตร.ซม.

ที่อายุ 28 วัน คอนกรีต ST28G10 การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 195 และ 165 กก./ตร.ซม. คอนกรีต ST28G5 ทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 179 และ 153 กก./ตร.ซม. ส่วนคอนกรีต ST28G0 ทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และในแนวราบ มีค่ากำลังอัด 173 และ 147 กก./ตร.ซม. และทดสอบแบบทำลายสามารถรับกำลังอัดได้ 280 กก./ตร.ซม.



รูปที่ 7 ค่ากำลังอัดของคอนกรีต ST28 ทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและเครื่องกดคอนกรีต



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ร้อยละของกำลังอัดที่ทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตกับร้อยละของหินที่ใช้ผสมของคอนกรีต ST24

จากรูปที่ 8 แสดงผลร้อยละของกำลังอัด ของคอนกรีต ST28 กับปริมาณการใช้หินเป็นส่วนผสมคอนกรีตร้อยละ 100, 50 และร้อยละ 0 ทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีต ที่อายุ 7 วัน มีค่ากำอัดร้อยละ 69,64 และ 60 ของการทดสอบในแนวดิ่งทิศทางลง และมีค่ากำลังอัดร้อยละ 58, 55 และ 52 ของการทดสอบในแนวราบ เทียบกับค่ากำลังอัดที่ทดสอบด้วยเครื่องกดคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดร้อยละ 70, 64 และ 62 ของการทดสอบแนวในดิ่งทิศทางลง และมีค่ากำลังอัดร้อยละ 59, 55 และ 53 ของการทดสอบในแนวราบ เทียบกับค่ากำลังอัดที่ทดสอบด้วยเครื่องกดคอนกรีตเช่นกัน

Example	Ultrasonic pulse velocity (UPV) (m/sec)			Age of Test (days)
	Percent of coarse aggregate			
	100%	50%	0%	
ST28	4683	4230	3569	7
	5067	4550	3989	28

ตารางที่ 2 แสดงผลการยิงคลื่นอัลตร้าโซนิคของคอนกรีต ST28

จากตารางที่ 2 ผลการยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค ค่าความเร็วคลื่นมีค่าลดลงตามปริมาณการลดหินที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตเช่นกัน โดยคอนกรีตที่มีหินเป็นส่วนผสมร้อยละ 0 มีค่าความเร็วคลื่นต่ำสุด ทั้งสองช่วงอายุการทดสอบ เช่นกันกับคอนกรีต ST24

5. สรุปผล

จากการศึกษาผลการทดสอบกำลังอัดที่ทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตในแนวดิ่งทิศทางลงและในแนวราบของคอนกรีตที่มีหินเป็นส่วนผสมร้อยละ 100, 50 และ 0 มีค่ากำลังอัดร้อยละ 70, 59 และ 55 และร้อยละ 60, 53 และ 50 ของการทดสอบด้วยเครื่องกดคอนกรีต การทดสอบความเร็วของคลื่นอัลตร้าโซนิคและกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตมีค่าลดลงตามปริมาณการลดลงของหินในส่วนผสมคอนกรีตเช่นกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ พันทวี, ผศ.ดร.รัฐพล สมนา ที่ช่วยแนะนำรูปแบบการนำเสนอบทความ ช่วยทบทวนรูปแบบของบทความ ตลอดข้อมูลต่างๆ ของการศึกษา ขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาที่ได้ช่วยดำเนินการเก็บตัวอย่างพร้อมช่วยทดสอบ ขอขอบคุณนายอภิรักษ์ มาตรนอก นายอัครเดช ศิริพันธุ์ เจ้าหน้าที่ประจำหน่วยทดสอบสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการทดสอบโครงสร้างคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีต

7.เอกสารอ้างอิง

[1] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551). มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย (มยผ.1502-51 และ มยผ.1504-51)

[2] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C805-02 Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete

[3] วิบูลย์ วุฒิญาณ, สมชาย สำลีรางค์กูล และสุพจน์ ศรีนิล (2548).การเปรียบเทียบการประเมินกำลังคอนกรีตโดยคลื่นอัลตราโซนิค,ชมิดท์แฮมเมอร์และการทำสอบแบบทำลาย, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, 2548, จังหวัดชลบุรี, หน้า STR198-202

[4] ชาครีย์ คดีเวียง และพัฒนชัย บัวเนียม (2543).การเปรียบเทียบค่าการรับกาลังอัดของแท่งคอนกรีตระหว่างเครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีตกับครื่องยิงคอนกรีต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543

พันธุ์ เจ้าหน้าที่ประจำหน่วยทดสอบ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการทดสอบโครงสร้างคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีต

การปรับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพรุนโดยใช้มวลรวมขนาดเล็ก

Mechanical Property Modification of Porous Concrete Using Small Size Aggregate

แสงสุรีย์ พังแดง*

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
ที่อยู่ 214 หมู่ 12 ถนน นิตโย ตำบล หนองญาติ อำเภอ เมือง จังหวัด นครพนม รหัสไปรษณีย์ 48000
*ผู้ติดต่อ: kunoath@gmail.com, 042-503558

บทคัดย่อ

คอนกรีตพรุนโดยทั่วไปใช้มวลรวมขนาดเดียว โดยขนาดของมวลรวมที่ใช้จะส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกล การมีขนาดของมวลรวมขนาดเดียวในการเตรียมคอนกรีตพรุนจะไม่สามารถออกแบบคุณสมบัติทางกลให้เป็นไปตามที่ต้องการได้หลากหลาย บทความนี้จึงได้นำเสนอวิธีการปรับคุณสมบัติของคอนกรีตพรุนด้วยวิธีอย่างง่ายโดยการแทนที่มวลรวมหลักที่ใช้ในการเตรียมคอนกรีตพรุนด้วยมวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่า โดยในการทดสอบได้ใช้มวลรวมหลักค้างตะแกรงเบอ์ ½ นิ้ว (ขนาด 12.7-19.05 มิลลิเมตร) แทนที่ด้วยมวลรวมที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 (ขนาด 4.75-9.53 มิลลิเมตร) ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 และ 30 พบว่าปริมาณการแทนที่ด้วยหินเล็กที่เพิ่มขึ้นสามารถปรับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพรุนได้อย่างมีระบบ คือ กำลังรับแรงอัดและความต้านทานการสึกกร่อนที่ผิวหน้ามีค่าสูงขึ้น และมีปริมาณโพรงและสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำที่ลดลง โดยความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกลและการปริมาณการแทนที่สามารถจัดให้อยู่ในรูปแบบของสมการที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมขนาด ½ นิ้ว เป็นมวลรวมหลักให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามที่กำหนดได้

คำหลัก คอนกรีตพรุน ขนาดมวลรวม กำลังอัด ความต้านทานการสึกกร่อน

Abstract

Porous concrete normally prepared using single size aggregate that major effect to mechanical property. Mix design of single size porous concrete cannot provide required specific property. This paper reports the fundamental method of mechanical property modification of single size porous concrete using smaller aggregate substitution. A ½ inch crushed stone was used as base aggregate and replaced by weight of no. 4 sieve retained crushed stone in percentage of 0, 10, 20 and 30 respectively. The result presented the replacement of smaller crushed stone significantly affected to mechanical property. The increment of compressive strength and surface abrasion resistance, the reduction of porosity and water permeability coefficient was presented when the replacement was increased. The relation of mechanical property and the replacement was presented in form of mathematic equation with further using in ½ inch aggregate porous concrete mix design.

Keywords: *porous concrete, aggregate size, compressive strength, abrasion resistance*

1. บทนำ

ด้วยคุณสมบัติพิเศษเฉพาะของคอนกรีตพรุนที่มีความสามารถในการไหลของน้ำผ่านเนื้อคอนกรีตได้ดี เนื่องจากมีความพรุนตัวสูง [1] และยังมีความแข็งแรงสามารถรับกำลังอัดได้ดีอีกด้วย [2] คอนกรีตพรุนจึงสามารถนำมาใช้ในงานวัสดุก่อสร้างและสถาปัตยกรรมได้อย่างหลากหลาย เช่น คอนกรีตพรุนปูพื้นถนน คอนกรีตพรุนดาดคลอง แผ่นปูพื้นคอนกรีตพรุน [3] เป็นต้น ซึ่งนอกจากสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานแล้ว ด้วยลักษณะพิเศษนี้ ยังมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นคอนกรีตพรุนที่มีความสามารถขั้นสูงขึ้นได้ เช่น การดักจับมลพิษ [4] การกรองน้ำ [5] การดักจับโลหะหนัก [6] เป็นต้น คอนกรีตพรุนจึงเป็นวัสดุที่สามารถใช้งานได้หลากหลายและมีความสำคัญกับงานวัสดุก่อสร้างอย่างมาก

ความพรุนตัวหรือปริมาณโพรงที่สูงของคอนกรีตพรุน โดยทั่วไปอยู่ที่ร้อยละ 10-40 [1] ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพรุนได้แก่ กำลังรับแรงอัด หน่วยน้ำหนัก การสึกกร่อน และการการซึมผ่านน้ำ [1] โดยทั่วไปคอนกรีตพรุนจะใช้ขนาดมวลรวมขนาดเดียว ซึ่งปริมาณโพรงจะขึ้นอยู่กับขนาดมวลรวมที่ใช้ [7] และอัตราส่วนปริมาณเนื้อซีเมนต์เพสต์ต่อมวลรวม [2] คอนกรีตพรุนที่ดีจะต้องมีการซึมผ่านน้ำที่ดีและมีความแข็งแรงซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ผกผันกัน ดังนั้นการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตพรุนจึงต้องพิจารณาคุณสมบัติทางกลทั้งหมดให้สอดคล้องกับการนำไปใช้งาน เช่น คอนกรีตพรุนพื้นถนน จะต้องมีการการระบายน้ำที่ดีและมีความแข็งแรงและต้านทานการสึกกร่อนที่ดี การปรับแก้ส่วนผสมให้มีคุณสมบัติทางกลตามที่ต้องการจึงมีความสำคัญ

บทความนี้จึงได้นำเสนอการปรับแก้ปริมาณโพรงของคอนกรีตพรุนด้วยวิธีการใช้มวลรวมขนาดเล็กเข้าไปแทนที่มวลรวมหลัก และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้สามารถออกแบบส่วนผสมคอนกรีตพรุนให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน เช่น การเพิ่มการต้านทานการสึกกร่อนที่ผิวสำหรับการนำไปใช้เป็นวัสดุผิวทาง เป็นต้น

2. การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

2.1 วัสดุที่ใช้

วัสดุที่ใช้ในการเตรียมคอนกรีตพรุนได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำประปา และหินภูเขาคัดขนาด 2 ขนาด ได้แก่ มวลรวมหลักได้แก่ หินผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 นิ้ว ค้างตะแกรงเบอร์ 1/2 นิ้ว มีขนาด 12.7-19.05 มม. และมวลรวมแทนที่ได้แก่ หินผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8 ค้างตะแกรงเบอร์ 4 มีขนาด 4.75-9.53 มม. ที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง



(ก) มวลรวมหลัก (ข) มวลรวมแทนที่

รูปที่ 1 มวลรวมคัดขนาดที่ใช้ในส่วนผสม

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสม (ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร)

ส่วนผสม	การแทนที่ (ร้อยละ)	ปูนซีเมนต์ (กก.)	น้ำ (กก.)	มวลรวมหลัก (กก.)	มวลรวมแทนที่ (กก.)
C0	0	330	90	1,500	0
C10	10	330	90	1,350	150
C20	20	330	90	1,200	300
C30	30	330	90	1,050	450

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

สัดส่วนผสมที่ใช้ในการผสมตัวอย่างคอนกรีตพรุนแสดงดังตารางที่ 1 โดยให้ตัวอย่างที่ใช้มวลรวมหลักอย่างเดียวเป็นตัวอย่างควบคุม และแทนที่มวลรวมหลักด้วยมวลรวมแทนที่ในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ วิธีการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตเริ่มจากการผสมปูนซีเมนต์และน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำมวลรวมเข้ามาผสมจนเข้ากันและเทเข้าแบบหล่อสำหรับแบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 20 ซม. ถูกแบ่งการเทเป็น 3 ชั้นกระทุ้งด้วย

แท่งกระทุ้งมาตรฐานชั้นละ 25 ครั้ง จากนั้นนำไปเขย่าบนโต๊ะสั่นเป็นเวลา 10 วินาที และสำหรับแบบหล่อรูปแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 20x20 หนา 5.08 ซม. จะเทชั้นเดียวแล้วนำไปสั่นเป็นเวลา 10 วินาทีเช่นกัน หลังจากนั้นห่อด้วยพลาสติกฟิล์มเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ เมื่อครบ 48 ชั่วโมง จึงแกะแบบ นำตัวอย่างแช่ในน้ำอิ่มตัวด้วยปูนขาวจนถึงอายุการทดสอบ

2.3 การทดสอบ

เมื่อบ่มตัวอย่างจนครบอายุการทดสอบที่ 28 วัน ตัวอย่างจะถูกทำให้แห้งด้วยอากาศเป็นเวลา 12 ชั่วโมง คุณสมบัติของคอนกรีตพรุนประกอบไปด้วยการทดสอบต่างๆดังนี้

(1) กำลังรับแรงอัด ใช้ตัวอย่างทรงกระบอก ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C39 [8]

(2) หน่วยน้ำหนักแห้งและปริมาณโพรง ใช้ตัวอย่างทรงกระบอก ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1754 [9]

(3) การซึมผ่านน้ำ ใช้ตัวอย่างทรงกระบอก ทดสอบตามงานวิจัยของ Zaetung (2016) [10]

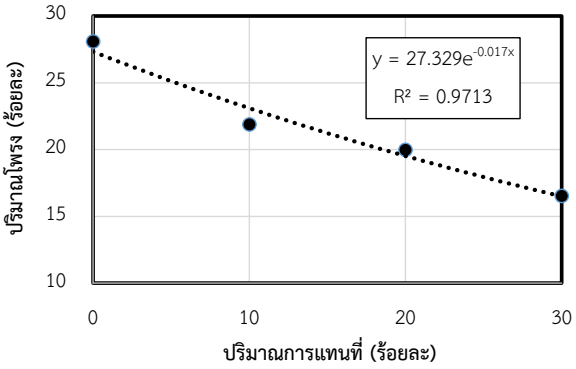
(4) การสึกกร่อนที่ผิวหน้า ใช้ตัวอย่างแผ่นสี่เหลี่ยม ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C944 [11]

3. ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

การแทนที่มวลรวมขนาดเล็กในวัสดุคอนกรีตพรุนส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลดังนี้

3.1 ปริมาณโพรง

ปริมาณโพรงของคอนกรีตพรุนที่มีการแทนที่มวลรวมหลักด้วยมวลรวมขนาดเล็กแสดงดังรูปที่ 2 พบว่าการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณโพรงมีค่าลดลงอย่างชัดเจนตั้งแต่ร้อยละ 28.1, 21.9, 20.0 และ 16.5 เมื่อปริมาณการแทนที่เท่ากับ 0, 10, 20 และ 30 ตามลำดับ สมการความสัมพันธ์ของปริมาณการแทนที่และปริมาณโพรงอยู่ในรูปแบบสมการเอ็กโพเนนเชียล

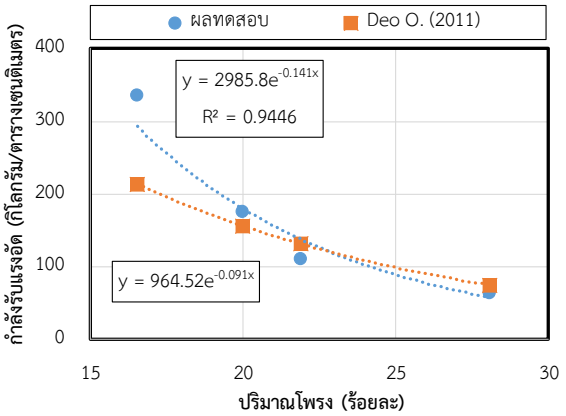


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของการแทนที่มวลรวมหลักด้วยมวลรวมแทนที่ที่มีต่อปริมาณโพรง

มวลรวมขนาดเล็กสามารถเข้าไปแทรกตัวอยู่ภายในช่องว่างของมวลรวมขนาดใหญ่ได้ดี เมื่อมวลรวมขนาดเล็กมีปริมาณเพิ่มขึ้น ช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตพรุนจึงมีค่าลดลง นอกจากนี้ขนาดของมวลรวมยังมีผลต่อปริมาณโพรงโดยตรง คือการใช้มวลรวมขนาดเล็กในวัสดุคอนกรีตพรุนจะมีค่าช่องว่างหรือโพรงน้อยกว่าการใช้มวลรวมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น [12]

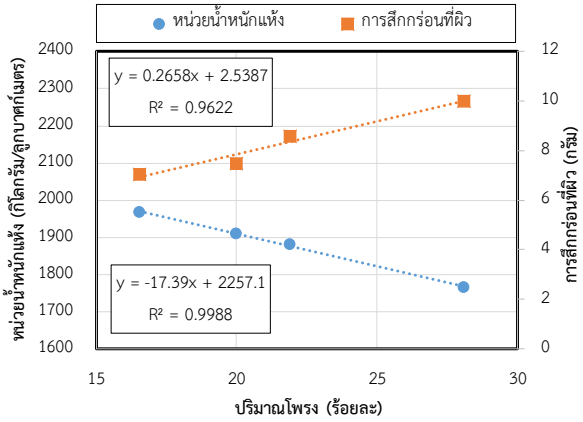
3.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณโพรงต่อคุณสมบัติทางกล

ปริมาณโพรงที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพรุนอย่างชัดเจน โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นของโพรงในคอนกรีตพรุนทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลงดังแสดงในรูปที่ 3 การลดลงของกำลังรับแรงอัดอยู่ในรูปความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียลสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [13] ซึ่งแสดงการลดลงของกำลังรับแรงอัดเมื่อโพรงมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้อัตราส่วนซีเมนต์เพสต์ต่อมวลรวมที่สูงขึ้น แต่งานวิจัยนี้มีการปรับค่าปริมาณโพรงด้วยการใช้มวลรวมขนาดเล็กแทนที่มวลรวมหลัก ถึงอย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดและปริมาณโพรงยังมีแนวโน้มและมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าสามารถปรับปรุงค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนได้ด้วยการใช้มวลรวมขนาดเล็กแทนที่มวลรวมหลัก ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีค่าใช้จ่ายที่ลดลง เนื่องจากหินมีราคาต่ำกว่าปูนซีเมนต์



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของปริมาณโพรงที่มีต่อกำลังรับแรงอัด

ช่องว่างที่เพิ่มขึ้นในเนื้อคอนกรีตพรุนทำให้หน่วยน้ำหนักของวัสดุมีค่าลดลงดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งความสัมพันธ์ของหน่วยน้ำหนักกับปริมาณโพรงในคอนกรีตพรุนมีความสัมพันธ์เชิงเส้น การลดลงของหน่วยน้ำหนักเกิดจากการเพิ่มขึ้นของช่องว่างในเนื้อวัสดุ และพบว่ามีความสัมพันธ์กับกำลังรับแรงอัดที่ลดลงโดยตรง

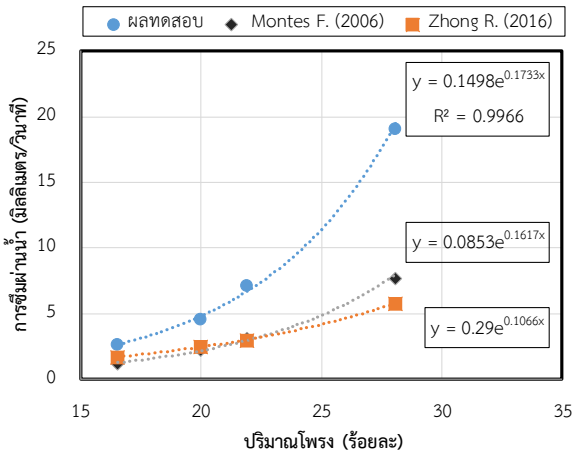


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของปริมาณโพรงที่มีต่อหน่วยน้ำหนักแห้งและการสึกกร่อนที่ผิว

เมื่อพิจารณาการสึกกร่อนที่ผิวของคอนกรีตพรุน พบว่า การเพิ่มขึ้นของมวลรวมขนาดเล็ก (ปริมาณโพรงลดลง) ทำให้คอนกรีตพรุนสามารถต้านทานการสึกกร่อนที่ผิวหน้ามากยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4 โดยทั่วไปคอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้นจะทำให้การต้านทานการสึกกร่อนที่ผิวได้ดียิ่งขึ้นด้วย [14] แต่สำหรับคอนกรีตพรุนที่มีช่องว่างมากกว่าคอนกรีตทั่วไป การสึกกร่อนที่ผิวหน้าจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของมวลรวมและซีเมนต์เพสต์ที่สัมผัสกับใบขัดที่ใช้ทดสอบโดยตรง งานวิจัยนี้ใช้มวลรวมหินปูน (lime stone) ที่มีความแข็งแรงกว่าซีเมนต์เพสต์ ดังนั้นการสึกร่อนจะเกิดจากการหลุดร่อนของมวลรวม เนื่องจากการเสียหายของซีเมนต์เพสต์ที่ยึดมวลรวม การใช้มวลรวมขนาดเล็กทำให้สามารถกระจายแรงจากใบขัดและเกิดการหลุดร่อนของมวลรวมขนาดเล็กที่มีน้ำหนักน้อย ค่าการสึกกร่อนที่ผิวหน้าจึงมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ที่เพิ่มขึ้น การใช้มวลรวมขนาดเล็กเสริมในช่องว่างจึงส่งผลด้านบวกต่อการนำวัสดุคอนกรีตพรุนไปใช้งานทางด้านสัมผัสผิวหน้าโดยตรง ได้แก่ ถนน พื้นทางเดิน เป็นต้น

ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างคือการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตพรุน การใช้มวลรวมขนาดเล็กทำให้การซึมผ่านน้ำลดลงดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าการซึมผ่านน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณโพรงในรูปแบบสมการเอ็กโพเนนเชียล สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [12, 15] แต่ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงการซึมผ่านน้ำที่มีค่าสูงกว่าเนื่องจากการใช้มวลรวมขนาดเดียวจะทำให้โพรงมีความต่อเนื่องกัน การไหลผ่านของน้ำในช่องว่างจึงเกิดขึ้นได้ดีกว่า [7, 16] แต่การซึมผ่านน้ำจะมีค่าเข้าใกล้เคียงกันเมื่อปริมาณโพรงลดต่ำลง แสดงว่าปริมาณโพรงมากจะมีค่าการซึมผ่านของน้ำที่สูง แต่จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของโพรงในเนื้อคอนกรีตพรุน

นอกจากนี้จะเห็นว่าปริมาณมวลรวมขนาดเล็กที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะมีพื้นที่ผิวมวลรวมที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่งานวิจัยนี้ได้ใช้ปริมาณซีเมนต์เพสต์คงที่ จะทำให้ส่วนผสมที่มีการแทนที่มวลรวมขนาดเล็กเพิ่มขึ้นนั้นมีชั้นซีเมนต์เพสต์ที่เชื่อมมวลรวมมีค่าความหนาลดลง แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณากำลังรับแรงอัดพบว่ามีค่าที่สูงเพียงพอต่อการใช้งาน แสดงว่าการใช้ปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่คงที่ไม่ส่งผลด้านลบต่อคุกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนที่มีมวลรวมขนาดเล็กแทนที่ แต่ส่งผลดีต่อปริมาณโพรงที่มีค่าสูงกว่าการใช้ซีเมนต์เพสต์ในปริมาณสูง



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของปริมาณโพรงที่มีต่อการซึมผ่านน้ำ

4. สรุปผล

การแทนที่มวลรวมหลักด้วยมวลรวมขนาดเล็กในวัสดุคอนกรีตพรุนสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกลได้อย่างชัดเจน การเพิ่มขึ้นของมวลรวมขนาดเล็กที่ร้อยละ 0-30 ส่งผลให้ปริมาณโพรงและการซึมผ่านของน้ำลดลงและอยู่ในช่วงใช้งานได้ แต่ทำให้หน่วยน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มวลรวมขนาดเล็กยังสามารถช่วยกระจายแรงขัดสีทำให้การสึกกร่อนที่ผิวหน้าลดลง ความสัมพันธ์ของปริมาณการแทนที่กับคุณสมบัติทางกลอยู่ในรูปแบบของสมการที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตพรุนให้เหมาะสมกับการไปใช้งานจริง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการนักวิจัยหน้าใหม่ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม ประจำปี 2560 สัญญาเลขที่ NF60-2560 และขอบคุณนักศึกษาวิชาโครงการวิศวกรรมโยธา ปีการศึกษา 2559 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนมในความช่วยเหลือการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Chandrappa, A. K., and Biligiri, K. P. (2016). Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research findings and future prospects: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, Vol. 111, pp. 262-274.

[2] Chindaprasirt, P., Hatanaka, S., Chareerat, T., Mishima, N., and Yuasa, Y. (2008). Cement paste characteristics and porous concrete properties. *Construction and Building Materials*, Vol. 22, pp. 894-901.

[3] Tennis, P. D., Leming, M. L., and Akers, D. J. (2004) *Pervious Concrete Pavements*, Portland Cement Association, Maryland, USA.

[4] Faraldos, M., Kropp, R., Anderson, M. A., and Sobolev, K. (2016) . Photocatalytic hydrophobic concrete coatings to combat air pollution. *Catalysis Today*, Vol. 259, pp. 228-236.

[5] Kim, G. M., Jang, J. G., Khalid, H. R., and Lee, H. K. (2017) . Water purification characteristics of pervious concrete fabricated with CSA cement and bottom ash aggregates. *Construction and Building Materials*, Vol. 136, pp. 1-8.

[6] Svatovskaya, L. , Shershneva, M. , Baydarashvily, M., Sychova, A., Sychov, M., and Gravit, M. (2015). Geoecoprotective Properties of Cement and Concrete Against Heavy Metal Ions. *Procedia Engineering*, Vol. 117, pp. 345-349.

[7] Ćosić, K. , Korat, L. , Ducman, V. , and Netinger, I. (2015). Influence of aggregate type and size on properties of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 78, pp. 69-76.

[8] C39, A. (2002). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. *Annual Book of ASTM Standard*, Vol. Vol.04.01.

[9] C1754, A. (2012) Standard Test Method for Density and Void Content of Hardened Pervious Concrete, In *ASTM International*, pp 76-81,

Annual book of ASTM standard, West Conshohocken, PA.

[10] Zaetang, Y., Sata, V., Wongsa, A., and Chindaprasirt, P. (2016). Properties of pervious concrete containing recycled concrete block aggregate and recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, Vol. 111, pp. 15-21.

[11] C944, A. (2012) Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method, In *ASTM International*, Annual book of ASTM standard, West Conshohocken, PA.

[12] Zhong, R., Xu, M., Vieira Netto, R., and Wille, K. (2016). Influence of pore tortuosity on hydraulic conductivity of pervious concrete: Characterization and modeling. *Construction and Building Materials*, Vol. 125, pp. 1158-1168.

[13] Deo, O., and Neithalath, N. (2011). Compressive response of pervious concretes proportioned for desired porosities. *Construction and Building Materials*, Vol. 25, pp. 4181-4189.

[14] Pyo, S., Abate, S. Y., and Kim, H. K. (2018). Abrasion resistance of ultra high performance concrete incorporating coarser aggregate. *Construction and Building Materials*, Vol. 165, pp. 11-16.

[15] Martin, W. D., Kaye, N. B., and Putman, B. J. (2014). Impact of vertical porosity distribution on the permeability of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 59, pp. 78-84.

[16] Grubeša, I. N., Barišić, I., Ducman, V., and Korat, L. (2018). Draining capability of single-sized pervious concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 169, pp. 252-260.

คุณสมบัติการไหลในทางน้ำเปิดที่มีสิ่งกีดขวางและขยะปน

Flow Characteristics in Open Channel with Obstructions and Garbages

หริส ประสารฉ่ำ*, สุจิรา ศรีจันทร, จักรี ต้นกันยา และ ชัชพล คัดทะมาร

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: haris.pr@rmuti.ac.th, 081-872-4255

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณสมบัติการไหลของน้ำผ่านสิ่งกีดขวางที่มีขยะปนในทางน้ำเปิด ซึ่งมีสมมติฐานจากการไหลระบายในทางน้ำเปิดที่อาจมีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสิ่งกีดขวางและปริมาณขยะ โดยเป็นการนำหลักการจากทฤษฎีพื้นฐานการไหลมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์อัตราการไหลและสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning n สำหรับวิธีการศึกษาได้ทำการทดลองในเครื่องทดลองการไหลในทางน้ำเปิดยาว 12 เมตร ติดตั้งแบบจำลองสิ่งกีดขวางการไหลรูปทรงแท่งสี่เหลี่ยมจัตุรัส แบบจำลองขยะที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย โฟม ลูกโป่ง และถุงพลาสติก ในปริมาณร้อยละ 25 50 และ 100 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราการไหลมีความผันแปรตามปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น แบบจำลองขยะประเภทถุงพลาสติกและลูกโป่งมีผลทำให้ค่า Manning n เพิ่มขึ้น ในขณะที่แบบจำลองขยะประเภทโฟมส่งผลต่อค่า Manning n เพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ในการทดลองที่ใช้อัตราการไหลสูงอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงระหว่างอัตราการไหลที่ไม่มีสิ่งกีดขวางและมีสิ่งกีดขวางจะเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการไหลระบายเพิ่มขึ้น วิธีการและผลที่ได้จากการศึกษานี้จึงคาดว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางสำหรับจัดการปริมาณขยะตามแนวลำน้ำธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลระบายในช่วงฤดูน้ำหลาก

คำหลัก: การไหลในทางน้ำเปิด สิ่งกีดขวางการไหล ประสิทธิภาพการไหลระบาย Manning's n ขยะ

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the flow characteristics of water through obstacles mixed with garbages in open channel. The hypothesis of this study is that the flow efficiency of channel drainage may decrease due to the rise of obstructions and the quantity of garbage. It is based on the principles of flow theory, application of flow analysis and roughness coefficient of Manning's n. The method was performed in a 12 meter long open-channel tilting flume fitted with a square obstruction models. The garbages model used in the study consisted of foam, balloon and plastic bags by quantity of 25, 50, and 100 percent, respectively. The results indicated that the flow rate varied with increasing quantity of garbage. The plastic bag and balloon model resulted in Manning's n increase, while foam model affected slightly. In addition, in the high flow rate experiment, the ratio between the flow without-garbages and with-garbages were increased, which results in increased drainage efficiency. The methods and results of this study are expected to be applied as a guideline for natural garbage management in order to improve the drainage efficiency during the raining season.

Keywords: Open channel flow, flow obstruction, drainage efficiency, Manning's n, garbage

1. บทนำ

ในช่วงฤดูน้ำหลาก คลองหรือทางน้ำที่ไหลผ่านชุมชนขนาดใหญ่ มีอุปสรรคของการไหลระบายน้ำเนื่องจากมีสิ่งกีดขวางที่เกิดจากสิ่งก่อสร้างของมนุษย์ [1] เช่น เสาของอาคารที่สร้างอยู่ริมทางน้ำหรือตอม่อสะพาน ในขณะเดียวกันขยะที่ถูกทิ้งลงในทางน้ำหรือการไหลของขยะจากท่อระบายน้ำ เช่น โฟม หรือพลาสติกที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น กลายเป็นอุปสรรคสำหรับการไหลระบายน้ำ และส่งผลทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ การประเมินความสามารถในการไหลระบายของน้ำในทางน้ำเปิดโดยทั่วไปสามารถใช้สมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity equation) และสมการของ Manning ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างความเร็วการไหล (Velocity) พื้นที่หน้าตัด (Cross section) รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius) และความลาดเอียงของท้องน้ำ (Slope) [2] ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของสิ่งกีดขวาง เช่น เสาและปริมาณขยะ อาจทำให้พื้นหน้าตัดของทางน้ำ หรือค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (Manning's n) [3] มีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลทำให้ลักษณะการไหลหรืออัตราการไหลเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้จึงได้มีแนวคิดที่จะประเมินลักษณะการไหลของน้ำในทางน้ำเปิดที่ไหลผ่านสิ่งกีดขวาง ได้แก่ เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส และการเพิ่มปริมาณขยะจำลองที่สามารถวัดพื้นที่ได้ ได้แก่ โฟมรูปทรงลูกบาศก์ ถุงพลาสติก และลูกโป่ง [4] เพื่อประเมินค่าอัตราการไหลและค่า Manning's n โดยอาศัยการทดลองในห้องปฏิบัติการทางชลศาสตร์ [5] ด้วยเครื่องมือการทดสอบการไหลในทางน้ำเปิด (Tilting flume) วิธีการและผลที่ได้จากการศึกษานี้คาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลและหลักการพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์การไหลในทางน้ำเปิด การปรับใช้ค่า Manning's n ในกรณีที่มีสิ่งกีดขวางการไหล และสามารถนำไปประยุกต์ในการบริหารจัดการสิ่งก่อสร้างบริเวณริมฝั่งทางน้ำ รวมถึงการจัดการขยะไม่ให้ไหลเข้าสู่ทางน้ำ เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลเหล่านี้เนื่องจากคาดว่าจะเป็นอุปสรรคในการไหลระบายในทางน้ำ

2. วิธีการวิจัย

2.1 สมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

การศึกษาลักษณะการไหลของน้ำผ่านสิ่งกีดขวางที่มีขยะปนในทางน้ำเปิด ได้ใช้สมการการไหลต่อเนื่องและสมการของ Manning ดังแสดงในสมการ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$Q = Av \quad (1)$$

$$Q=\frac{1}{n}AR^{2/3}S^{1/2} \quad (2)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล (lpm) A คือ พื้นที่หน้าตัดการไหล (m^2) v คือ ความเร็วการไหล (m/s) n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning R คือ รัศมีชลศาสตร์ (m) และ S คือ ความลาดเอียงของท้องน้ำ

ในกรณีที่มีสิ่งกีดขวางการไหล (เสาและขยะ) คาดว่าจะทำให้อัตราการไหลเปลี่ยนแปลง (Q') และส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning มีการเปลี่ยนแปลง (n') เช่นเดียวกัน มีความสัมพันธ์กันดังแสดงในสมการที่ (3) และ (4)

$$Q' = Av' \quad (3)$$

$$Q'=\frac{1}{n'}AR^{2/3}S^{1/2} \quad (4)$$

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1 ชุดทดลองการไหลในรางน้ำเปิด

มีขนาด 0.30x0.45x12 m ปรับความลาดเอียงได้ -1% ถึง +3% ติดกระจกด้านข้างหนา 6 mm ถังน้ำสำรองมีความจุรวมประมาณ 6 m^3 และมีจอวัดอัตราการไหลแบบตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 1

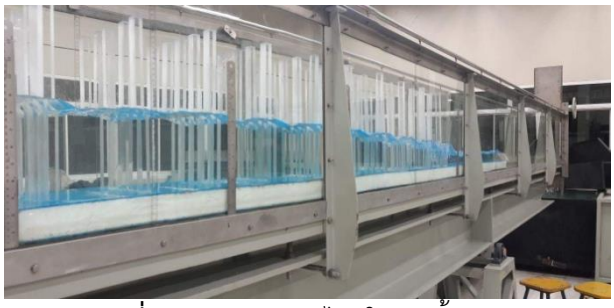
2.2.2 ชุดแบบจำลองสิ่งกีดขวาง

เป็นลักษณะเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสจำนวน 50 ต้น ขนาด 20x20 mm ทำจากวัสดุอะคลิลิก ติดตั้งบนฐานพลาสติกขนาด 1.20x0.30x0.05 m จำนวน 2 ชุดวางติดกัน การจัดเรียงตัวดังแสดงในรูปที่ 2 โดยจุดสีดำแสดงถึงจุดที่มีสิ่งกีดขวาง และช่องสีขาวแสดงถึงจุดที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง

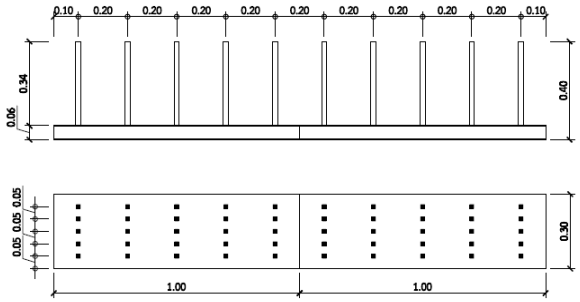
2.2.3 ชุดแบบจำลองขยะ

แบบจำลองขยะประกอบด้วย 1) โฟมทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 cm 2) ลูกโป่งขนาด 5 in 3) ถุงพลาสติกขนาด 7x11 in ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแบบจำลองขยะทั้ง 3 ประเภทนี้จะมีการเพิ่มปริมาณ

สำหรับการทดลองแต่ละครั้งเพื่อวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบอัตราการไหลและปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 1 ชุดทดลองการไหลในรางน้ำเปิด



รูปที่ 2 มิติและขนาดแบบจำลองสิ่งกีดขวาง



(a) (b)



(c)

รูปที่ 3 ชุดแบบจำลองขยะ (a) โฟม (b) ลูกโป่ง (c) ถุงพลาสติก

2.3 วิธีการทดลอง

การทดลองหาลักษณะการไหลของน้ำผ่านสิ่งกีดขวางในทางน้ำเปิดและขยะปน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ติดตั้งชุดทดลองสิ่งกีดขวาง (รูปที่ 4(a)) และปรับค่าความลาดเอียงท้องราง 0.1%

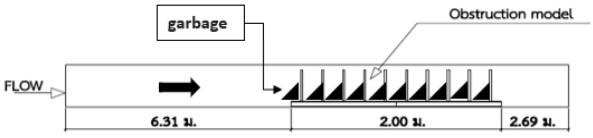
2) ปล่อยน้ำเข้าเครื่องทดลอง ปรับค่าความลึกการไหล (y) เริ่มต้นที่ 4 cm (กำหนดจุดอ่านความลึก 5 จุด) รอจนกระทั่งการไหลคงที่และอ่านค่าอัตราการไหลเมื่อไม่มีขยะปน (Q)

3) ใส่ขยะจำลองโดยเริ่มต้นจากก้อนโฟมลงในช่องว่างระหว่างเสาทั้งหมดโดยกำหนดพื้นที่ 25% ของช่องว่าง ดังแสดงในรูปที่ 4(b) อ่านค่าอัตราการไหลเมื่อการไหลคงที่ ซึ่งจะได้อัตราการไหลเมื่อมีสิ่งกีดขวางและขยะปน (Q') สำหรับพื้นที่ขยะ 25%

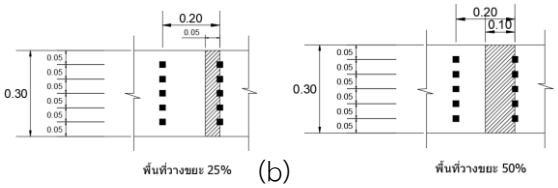
4) ปรับค่าความลึกการไหลเพิ่มขึ้นและควบคุมให้ได้เท่ากับ 8 cm และ 12 cm ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้นและดำเนินการเช่นเดียวกับขั้นตอนในข้อ 1-3 ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ Q และ Q' สำหรับความลึก 8 cm และ 12 cm สำหรับพื้นที่ขยะ 25% ตามลำดับ

5) เพิ่มปริมาณขยะเป็น 50% และ 100% ตามลำดับ (รูปที่ 4(c)-(d)) ทำการทดลองตามลำดับจากข้อ 1-3 ซึ่งจะทำให้ได้ผลการทดลองสำหรับพื้นที่ขยะ 50% และ 100%

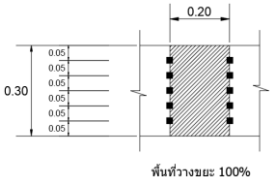
6) เปลี่ยนประเภทของขยะเป็นลูกโป่งและถุงพลาสติก และทำการทดลองเช่นเดียวกันกับขั้นตอนในข้อ 1-5



(a)



(b) (c)



(d)

รูปที่ 4 ปริมาณพื้นที่ขยะ (a) 25% (b) 50% (c) 100%

3. ผลการศึกษา

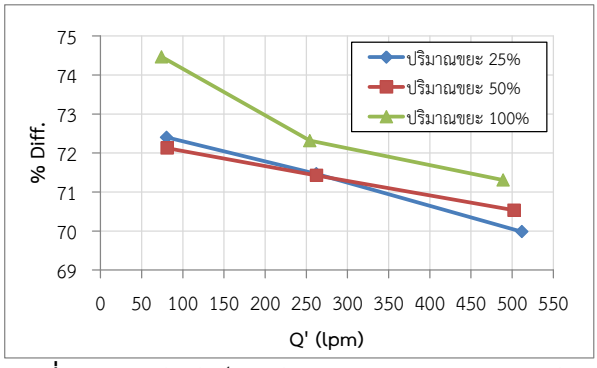
3.1 อัตราการไหลเมื่อมีสิ่งกีดขวางและขยะปน

การประเมินค่าอัตราการไหลสำหรับทางน้ำที่มีสิ่งกีดขวางและขยะปนในการศึกษานี้ได้จากชุดทดลองการไหลในรางน้ำเปิดโดยตรง โดยค่าที่อ่านได้จะเป็นหน่วยลิตรต่อนาที (lpm) ในขณะที่ทำการทดลองพบว่ากรณีขยะโฟมจะมีลักษณะที่ลอยอยู่เหนือน้ำเป็นส่วนใหญ่และมีพื้นที่ขยะใกล้เคียงกับรูปที่ 4 ซึ่งจะแตกต่างจากลูกโป่งและพลาสติกที่ส่วนใหญ่จะจมอยู่ใต้น้ำและลอยเหนือผิวน้ำบางส่วน ดังนั้นในการแสดงผลการศึกษาในส่วนแรกจะแสดงอัตราการไหลของน้ำที่มีขยะโฟมโดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาณพื้นที่ขยะที่ลอยบนผิวน้ำ 25% 50% และ 100% ส่วนที่สอง ณ ปริมาณ 25% ของโฟมจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับลูกโป่งและถุงพลาสติก

อัตราการไหลของน้ำที่มีขยะโฟมเมื่อมีปริมาณขยะ 25% 50% และ 100% รวมถึงร้อยละของความแตกต่างระหว่าง Q และ Q' ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองตัวแปรสามารถแสดงได้ในรูปที่ 5 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะ 100% ทำให้อัตราการไหลลดลงต่ำที่สุด ในขณะที่ปริมาณขยะ 25% และ 50% มีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าร้อยละความแตกต่างอยู่ระหว่าง 25.5%-30.0%

ตารางที่ 1 อัตราการไหลกรณีที่มีขยะโฟม

ปริมาณ (%)	อัตราการไหล (lpm)	ระดับน้ำ (cm)		
		4.0	8.0	12.0
25%	Q	290.6	919.0	1,705.0
	Q'	80.2	262.2	511.8
	% แตกต่าง	72.4	71.5	70.0
50%	Q	290.6	919.0	1,705.0
	Q'	81.0	262.6	502.4
	% แตกต่าง	72.1	71.4	70.5
100%	Q	290.6	919.0	1,705.0
	Q'	74.2	254.4	489.2
	% แตกต่าง	74.5	72.3	71.3



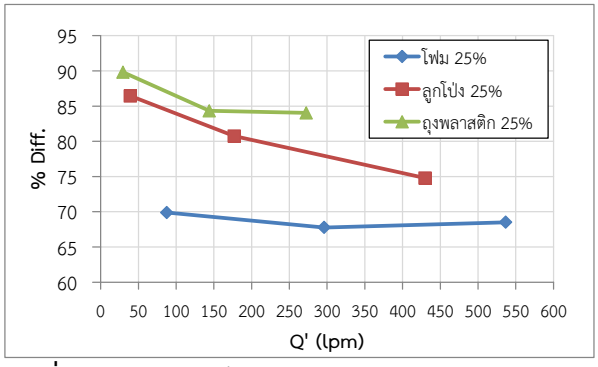
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Q' และ % ความแตกต่างกรณีที่มีขยะโฟม

ในส่วนของการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลระหว่างขยะจำลองทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ โฟม ลูกโป่ง และถุงพลาสติก โดยใช้ปริมาณขยะ 25% เป็นเกณฑ์หลัก ได้แสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 6 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าขยะประเภทถุงพลาสติกทำให้อัตราการไหลลดลงต่ำที่สุด ซึ่งแสดงค่าความแตกต่างอยู่ระหว่าง 10.2-15.9% เมื่อเทียบกับ Q ปกติ โดยที่ลูกโป่งและโฟมแสดงค่าความแตกต่างเป็นลำดับถัดมาและแสดงค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่า 13.5-25.2% และ 17-25.9% ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้ถุงพลาสติกมีอัตราการไหลต่ำสุดนั้นมาจากการที่ถุงพลาสติกมีการจมลง

ตลอดความลึกของระดับน้ำและกีดขวางระหว่างช่องว่างของเสา ข้อสังเกตุอีกด้านหนึ่งคือเมื่อเพิ่มอัตราการไหลระหว่างการทดลอง (ระดับน้ำเพิ่มขึ้น) ร้อยละความแตกต่างระหว่าง Q และ Q' จะลดลง หรืออธิบายได้ว่าความสามารถในการไหลระบายจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นและอิทธิพลของสิ่งกีดขวางจะลดลง

ตารางที่ 2 อัตราการไหลกรณีที่มีขยะโฟม ลูกโป่ง และถุงพลาสติก ที่ปริมาณขยะ 25%

ชนิด	อัตราการไหล (lpm)	ระดับน้ำ (cm)		
		4.0	8.0	12.0
โฟม	Q	290.6	919.0	1,705.0
	Q'	87.5	296.2	536.8
	% แตกต่าง	69.9	67.8	68.5
ลูกโป่ง	Q	290.6	919.0	1,705.0
	Q'	39.4	177.0	430.0
	% แตกต่าง	86.4	80.7	74.8
ถุงพลาสติก	Q	290.6	919.0	1,705.0
	Q'	29.6	144.0	272.3
	% แตกต่าง	89.8	84.3	84.0



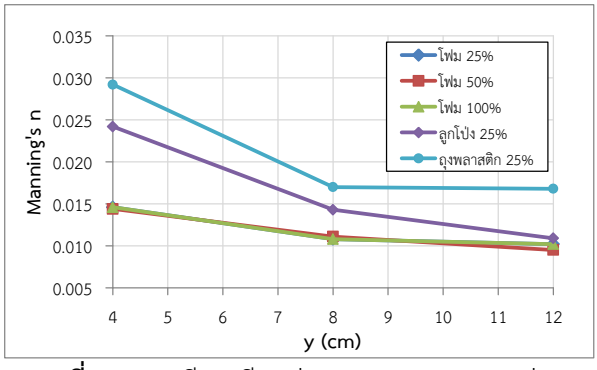
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Q' และ % ความแตกต่าง กรณีที่มีขยะโฟม ลูกโป่งและถุงพลาสติก

3.2 ค่า Manning's n เมื่อมีสิ่งกีดขวางและขยะปน

การเปรียบเทียบค่า Manning's n (n) เป็นการนำผลการคำนวณจากสมการที่ (4) โดยการแทนค่า Q' ที่ได้จากการทดลองของขยะโฟม 25% 50% และ 100% รวมถึง Q' ของขยะลูกโป่งและถุงพลาสติก จุดประสงค์เพื่อต้องการเปรียบเทียบค่า n ของขยะแต่ละประเภทที่มีปริมาณและอัตราการไหล (ควบคุมระดับน้ำ) เท่ากัน โดยพบว่าเมื่อพิจารณาปริมาณขยะ 25% ค่า n ถุงพลาสติกมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือลูกโป่ง ซึ่งแสดงค่า n ระหว่าง 0.0168-0.0292 และ 0.0109-0.0242 ตามลำดับ ในขณะที่โฟมแสดงค่า n น้อยที่สุดถึงแม้ว่าจะมีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นเป็น 50% และ 100% ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 7

ตารางที่ 3 ค่า Manning's n

ชนิดขยะ	ระดับน้ำ (cm)		
	4.0	8.0	12.0
โฟม 25%	0.0146	0.0108	0.0102
โฟม 50%	0.0144	0.0111	0.0095
โฟม 100%	0.0146	0.0108	0.0102
ลูกโป่ง 25%	0.0242	0.0143	0.0109
ถุงพลาสติก 25%	0.0292	0.0170	0.0168



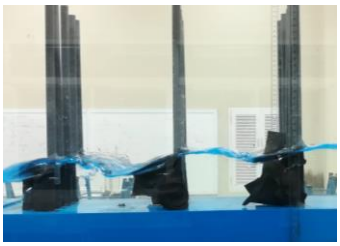
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่า Manning's n ระหว่างขยะโฟม ลูกโป่ง และถุงพลาสติก (slope 0.1%)

สำหรับสาเหตุที่ทำให้ขยะประเภทถุงพลาสติกและลูกโป่งแสดงค่า n สูงนั้น คาดว่าเกิดจากลักษณะการจมของขยะทั้งสองประเภทมีพื้นที่การจมลงสู่ใต้น้ำตลอดความลึกของระดับน้ำที่ทำการทดลองและติดตามความลึกของแบบจำลองเสา ดังแสดงในรูปที่ 8 ทำให้มีการเกิดขวางการไหลและลดอัตราการไหล ในขณะที่ขยะโฟมจะลอยตัวอยู่เหนือผิวน้ำเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในหัวข้อ 3.1 (ตารางที่ 2 และรูปที่ 6) และเมื่อ

เปรียบเทียบค่า n ของขยะโฟมที่มีปริมาณแตกต่างกันนั้น (25% 50% และ 100%) พบว่าค่า n มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วงอัตราการไหลต่ำ (ระดับน้ำ 4 cm) ซึ่งแสดงค่าระหว่าง 0.0144-0.0146 โดยมีจุดสังเกตคือเมื่ออัตราการไหลสูงขึ้นค่า n จะลดต่ำลง ผลการคำนวณค่า Manning's n เมื่อคำนวณด้วยสมการที่ (4) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Manning's กับระดับความสูงของน้ำได้แสดงไว้ในรูปที่ 7



(a) (b)



(c)

รูปที่ 8 ลักษณะการลอยและจมของขยะทั้ง 3 ประเภท (a) โฟม (b) ลูกโป่ง (c) ถุงพลาสติก

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาลักษณะการไหลของน้ำผ่านสิ่งกีดขวางที่มีขยะปนในทางน้ำเปิดโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิดร่วมกับการประเมินอัตราการไหลจากแบบจำลองทางกายภาพและชุดทดลองการไหลในรางน้ำเปิด ซึ่งเป็นการประเมินผลลัพธ์ใน 2 ส่วนคือ อัตราการไหลและค่า Manning's n ที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณและประเภทของขยะ โดยพบว่าเมื่อปริมาณขยะเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้อัตราการไหลลดลง ในขณะที่ขยะประเภทถุงพลาสติกและลูกโป่งส่งผลทำให้อัตราการไหลลดต่ำลงมากกว่าโฟม สำหรับการประเมินค่า Manning's n เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขยะทั้ง 3 ชนิดที่ปริมาณขยะเท่ากันนั้น พบว่าขยะประเภทถุงพลาสติกได้แสดงค่า n สูงที่สุด ลำดับถัดมาคือ ลูกโป่งและโฟม ตามลำดับ ซึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะการจมของขยะติดแบบจำลองเสาตลอดความลึกของการไหล ส่งผลทำให้เป็นอุปสรรคต่อการไหลหรือมีความฝืดเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ได้เน้นการวิเคราะห์ไปที่ชนิดและปริมาณของขยะจำลองที่สามารถจัดหาและควบคุมได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ รวมถึงการใช้ค่าอัตราการไหลที่อ่านจากเครื่องทดสอบและคำนวณค่าความเร็วการไหลเป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ขยะที่ลอยในทางน้ำมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ผักตบชวา วัชพืช กิ่งไม้ ใบไม้ สิ่งปฏิกูลต่าง ๆ เป็นต้น โดยขยะแต่ละประเภทจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความเร็วการไหลที่แตกต่างกันระหว่างความลึกบริเวณผิวน้ำจนถึงท้องน้ำ ในขณะที่ปัจจัยทางกายภาพของโครงสร้างริมน้ำ เช่น หน้าตัดเสารูปทรงอื่น ๆ เช่น วงกลม การจัดเรียงตัว เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต เนื่องจากการไหลผ่านวัตถุจะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนในบริเวณด้านท้ายน้ำส่งผลให้เกิดการสูญเสียแรงดัน (Head loss) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการไหลระบายน้ำ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมชลศาสตร์และชุดทดลองการไหลในรางน้ำเปิด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Sethaputra, S., Prasanchum, H., (2005). The effect of canal invasion on drainage capacity, paper presented in *The 8th National Conference on Civil Engineering*, (pp. WRE97-WRE101). Khon Kaen, Thailand.

[2] Brain M. S., Hung, T. S. (2002). Hydraulic resistance of flow in channels with cylindrical roughness, *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(5), May 2002, pp. 500-506.

[3] Li, Y., Wang, Y., Anim, D. O., Tang, C., Du, W., Ni, L., Yu, Z., Acharya, K. (2014). Flow characteristics in different densities of submerged flexible vegetation from open-

channel flume study of artificial plants. *Geomorphology*, 204, January 2014, pp. 314-324.

[4] ภาณุสิทธิ์ ดวงศรี, สุวิภา กุศลจูง, เสรี จันทรโยธา และ อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์ (2560), การไหลของคลองระบายน้ำที่มีขยะปน, *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา

[5] Ghare, A. D., Badar, A. M. (2014). Experimental studies on the use of mobile cylinders for measurement of flow through rectangular channel. *International Journal of Civil Engineering*, 12(4), January 2014, pp. 504-512.

การทดสอบคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชั่นหน้าตัดฉาก ที่มีจุดรองรับแบบง่ายภายใต้แรงดัด

Tests on Simply Supported Pultruded Fiber-Reinforced Plastic Angle Beams under Flexure

เมธี ลอยศักดิ์[1], วรวิทย์ ด้วงนิล และ จักษดา ธำรงวุฒ*

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
เลขที่ 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: jaksada.th@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอผลการทดสอบคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชันหน้าตัดฉากที่มีจุดรองรับแบบง่าย โดยศึกษาพฤติกรรมการโก่งเดาะของคาน PFRP หน้าตัดฉากภายใต้แรงดัด จากนั้นน้ำหนักโก่งเดาะที่ทดสอบได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลคำนวณที่ได้จากสมการออกแบบคานของ AISC-LRFD เพื่อศึกษาความเหมาะสมของสมการ คานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชันหน้าตัดฉากที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดความกว้างเท่ากับ 76.2 mm และความหนาเท่ากับ 6.35 mm ตัวอย่างทดสอบจำนวน 16 ตัวอย่างมีอัตราส่วนระยะห่างระหว่างจุดรองรับต่อความกว้างของหน้าตัด (*L/b*) อยู่ระหว่าง 13 ถึง 59 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักโก่งเดาะและระยะการแอ่นตัว ตลอดจนลักษณะการวิบัติของคานจะถูกนำเสนอ โดยผลการทดสอบพบว่าน้ำหนักโก่งเดาะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วน *L/b* ของหน้าตัดมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากเปรียบเทียบน้ำหนักโก่งเดาะที่ทดสอบได้และค่าที่ได้จากการคำนวณสมการออกแบบของวิธี AISC-LRFD พบว่า สมการดังกล่าวไม่สามารถทำนายน้ำหนักโก่งเดาะของคาน PFRP หน้าตัดฉากได้ และควรทำการพัฒนาสมการดังกล่าวต่อไป

คำหลัก: พลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูด, หน้าตัดฉาก, จุดรองรับแบบง่าย, พัลทรูดชัน

Abstract

This paper provides the experimental results of beam tests of simply supported pultruded fiber-reinforced plastic (PFRP) angle sections. The buckling behaviors of PFRP angle section beams under flexure are examined. After that, the experimental buckling loads are compared to critical buckling loads calculated by using AISC-LRFD design equation in order to check the adequacy of the equation. The PFRP angle section beams used in the experimental program had dimensions of 76.2 mm wide with wall thicknesses of 6.35 mm. A total of 16 specimens with span-to-width ratios (*L/b*) ranging from 13 to 59 were tested. From the tests, it is found that the load-deformation relationships and failure modes of angle beams were reported. The experimental results indicated that the critical buckling load decreases as the *L/b* ratio increases. Furthermore, the comparison between the critical buckling loads obtained from experimental study and prediction using methods provided in AISC-LRFD design equation for PFRP angle profile beams showed an unsatisfactory correlation of the critical buckling loads, and more development is needed.

Keywords: Pultruded Fiber-Reinforced Plastic (PFRP), Angle Section, Simply Supported, Pultrusion

1. บทนำ

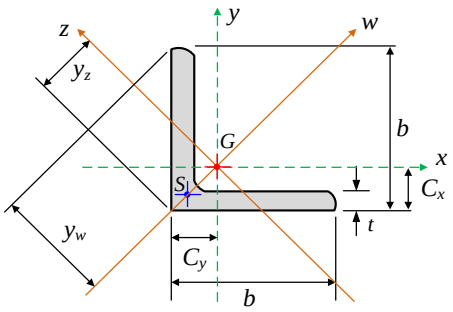
พลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชัน (PFRP) เป็นวัสดุประกอบที่มีส่วนผสมของเส้นใยแก้วที่มีความสามารถรับแรงดึงสูง เส้นใยแก้วจะถูกผสมผสานเข้ากับวัสดุเชื่อมประสานจำพวกเรซิน เช่น พลาสติกที่ถูกทำให้แข็งตัวได้ด้วยความร้อน ได้แก่ โพลีเอสเตอร์ (polyester) และไวนิลเอสเตอร์ (vinylester) เป็นต้น นอกจากนี้วัสดุพลาสติกเสริมเส้นใยยังมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับวัสดุเปราะที่มีพฤติกรรมแบบ Linear elastic to failure โดยมีค่าโมดูลัสต่าง ๆ ค่อนข้างต่ำ และมีอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นต่อโมดูลัสแรงเฉือน (E/G) สูง [1-2] ดังนั้นการเสียรูป (deformation) ของโครงสร้าง จึงเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่ควบคุมการออกแบบ [3] วัสดุ PFRP มีคุณสมบัติทางกายภาพที่โดดเด่นหลายประการเชิงวิศวกรรมโครงสร้าง ได้แก่ อัตราส่วนของกำลังของวัสดุต่อน้ำหนักค่อนข้างสูง น้ำหนักเบา มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนจากสภาวะแวดล้อมและสารเคมีได้ดี [4] ชิ้นส่วนหน้าตัดโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP ถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างในต่างประเทศแล้วไม่ต่ำกว่า 30 ปี โดยเฉพาะในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตาม สาเหตุที่วิศวกรผู้ออกแบบยังไม่นำวัสดุ PFRP มาทดแทนเหล็กรูปพรรณในงานเชิงอุตสาหกรรมก่อสร้างมากนัก เนื่องจากเหตุผลหลายประการ [5] เช่น ขาดแคลนข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติเชิงกลต่าง ๆ และเข้าใจพฤติกรรมทางกลของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำจากวัสดุ PFRP ตลอดจนขาดแคลนวิธีการออกแบบ กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน

หนึ่งในชิ้นส่วนหน้าตัดโครงสร้างที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมโครงสร้าง ได้แก่ หน้าตัดฉาก (angle section) โดยนำมาประยุกต์ใช้ในชิ้นส่วนของโครงสร้าง ตัวอย่างเช่น คานซอยหรือตง โครงสร้างค้ำยัน และชิ้นส่วนในระบบโครงข้อหมุน เป็นต้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาและทดสอบคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชันหน้าตัดรูปต่าง ๆ ภายใต้การดัด อาทิเช่น หน้าตัด WF หน้าตัด I และหน้าตัด C เป็นต้น [6-12] อย่างไรก็ตามยังไม่พบการทดสอบพฤติกรรมทางโครงสร้างสำหรับคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชันที่มีหน้าตัดฉาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะศึกษาตรวจสอบคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชันหน้าตัดฉากที่มีจุดรองรับแบบง่ายโดยเน้นพฤติกรรมการรับแรงดัดที่ยังไม่มีผู้ศึกษามากนัก

2. ตัวอย่างและการทดสอบคาน PFRP

2.1 ตัวอย่างคาน PFRP

ตัวอย่างคานที่ใช้เป็นคานพลาสติกเสริมเส้นใยแก้วผลิตโดยวิธี Pultrusion หรือเรียกว่า Pultruded fiber-reinforced plastic (PFRP) ส่วนประกอบหลักของชิ้นส่วนวัสดุเป็นเส้นใยแก้วชนิด E-glass และเรซินชนิดโพลีเอสเตอร์ ตัวอย่างคานมีลักษณะหน้าตัดฉากขนาด 76x6.4 mm โดยมีความกว้างปีกเท่ากับ 76 mm ความหนาปีกเท่ากับ 6.4 mm และมีความยาวมาตรฐาน 6 m ตารางที่ 1 แสดงมิติและพิกัดของหน้าตัดฉาก ตลอดจนคุณสมบัติของหน้าตัด (geometric properties) ตัวอย่างทดสอบจำนวน 16 ตัวอย่างมีอัตราส่วนระยะห่างระหว่างจุดรองรับต่อความกว้างของหน้าตัด (L/b) อยู่ในช่วงระหว่าง 13-59 โดยสัญลักษณ์ของชื่อตัวอย่างทดสอบ L76-S-YY ถูกตั้งขึ้นโดยใช้หลักการดังต่อไปนี้ L76 หมายถึง ตัวอย่างทดสอบหน้าตัดฉากที่มีความกว้างเท่ากับ 76 mm, S หมายถึง ลักษณะของจุดรองรับแบบง่าย (simply supported) และสุดท้าย YY หมายถึงความยาวของตัวอย่างทดสอบมีหน่วยเป็นเมตร รูปที่ 1 แสดงลักษณะหน้าตัดฉากของคาน PFRP



รูปที่ 1 หน้าตัดฉากของคาน PFRP

2.2. การทดสอบแรงดัดคาน PFRP

รูปที่ 2 แสดงการติดตั้งตัวอย่างทดสอบเข้ากับจุดรองรับแบบง่าย บริเวณกึ่งกลางคานยาวคานติดตั้งชุดให้แรงกระทำโดยใช้แผ่นเหล็กเจาะรูขนาดใกล้เคียงกับหน้าตัดฉากของคานที่ใช้ทดสอบ ขอบด้านล่างของแผ่นเหล็กถูกบากเป็นร่องในแนวนอนเพื่อให้สามารถปรับตำแหน่งของแรงกระทำที่ต้องการ โดยงานวิจัยนี้เป็นการให้แรงกระทำผ่านจุดศูนย์กลางแรงเฉือน (shear center) ดังนั้นหน่วยแรงภายในที่เกิดขึ้นของคานจึงเน้นค่าโมเมนต์เป็นหลัก (pure moment)สำหรับการแอ่นตัวแนวดิ่งและการแอ่นตัวด้านข้างของคานถูกวัดโดย Linear Variable Differential Transducers (LVDT) จำนวน 2 ตัว ติดตั้งที่กึ่งกลางความยาวคานบริเวณปีกแนวนอนและปีกแนวตั้งแนวหน้าตัด ตามลำดับ เมื่อติดตั้งตัวอย่างทดสอบแล้วคานจะถูกตรวจสอบความตรงในแนวราบโดยใช้ระดับน้ำเพื่อเตรียมความพร้อม จากนั้นทำการทดสอบโดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้า ๆ โดยตุ้มน้ำหนัก ตลอดการทดสอบ Data Acquisition Unit ถูกใช้ในการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จนตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติ



รูปที่ 2 การติดตั้งตัวอย่างเข้ากับจุดรองรับแบบง่าย

ตารางที่ 1 รายละเอียดของคาน PFRP หน้าตัดฉาก

Specimens	$b \times t$ (mm × mm)	L (m)	L/b	y_w (mm)	y_z (mm)	$I_x = I_y$ (mm^4)	I_z (mm^4)	I_w (mm^4)
L76-S-1.0	76.2× 6.35	1.0	13.1	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465
L76-S-1.5	76.2× 6.35	1.5	19.7	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465
L76-S-2.0	76.2× 6.35	2.0	26.2	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465
L76-S-2.5	76.2× 6.35	2.5	32.8	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465
L76-S-3.0	76.2× 6.35	3.0	39.4	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465
L76-S-3.5	76.2× 6.35	3.5	45.9	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465
L76-S-4.0	76.2× 6.35	4.0	52.5	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465
L76-S-4.5	76.2× 6.35	4.5	59.1	53.7	30.3	517,890	200,315	835,465

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

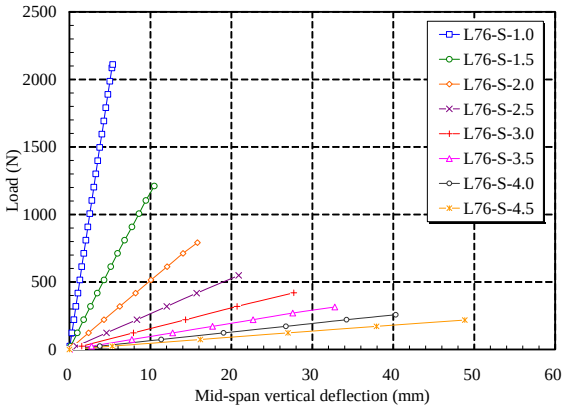
3.1 พฤติกรรมและลักษณะการวิบัติ

การศึกษานี้นิยามให้ค่าน้ำหนักโก่งเดาะ (buckling load) เป็นค่าน้ำหนักสุดท้ายที่ทดสอบได้ก่อนตัวอย่างคานจะเกิดการโก่งเดาะ รูปที่ 3 แสดงแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะการแอ่นตัวแนวดิ่ง และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะการแอ่นตัวทางด้านข้างภายใต้แรงดัด จากรูปพบว่า พฤติกรรมรับแรงกระทำของตัวอย่างทดสอบในแนวดิ่งมีลักษณะเป็นเชิงเส้นจนถึงค่าประมาณ 90-95% ของน้ำหนักโก่งเดาะ จากนั้นพฤติกรรมของตัวอย่างทดสอบจะเปลี่ยนแปลงเป็นแบบไร้เชิงเส้นจนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติดังแสดงในรูปที่ 3(a)

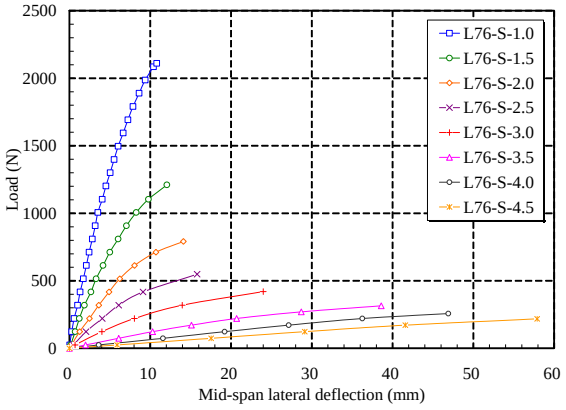
ในส่วนของพฤติกรรมรับแรงทางด้านข้าง ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะการแอ่นตัวทางด้านข้างมีลักษณะเป็นแบบ Geometrically Nonlinear ตั้งแต่เริ่มต้นทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติดังแสดงในรูปที่ 3(b) และมีลักษณะใกล้เคียงกับคานหน้าตัดรูปรางน้ำที่ทดสอบโดย Thumrongvut and Seangatith [13] นอกจากนี้ คานที่มีอัตราส่วนระยะห่างระหว่างจุดรองรับต่อความกว้างของหน้าตัด (L/b) สูงจะมีความชันของเส้นกราฟน้อยกว่า

คานที่มีอัตราส่วนระยะห่างระหว่างจุดรองรับต่อความกว้างของหน้าตัดต่ำ เนื่องจากทางกายภาพคานสั้นมีความแกร่ง (stiffness) สูงกว่าคานยาว

ลักษณะการวิบัติโดยรวมของคาน PFRP หน้าตัดฉากภายใต้แรงดัดเป็นแบบการโก่งเดาะทางด้านข้างจากการบิด (lateral-torsional buckling) ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางด้านข้างและการบิดไปพร้อมกัน ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างทดสอบขึ้นกับความยาวของตัวอย่าง โดยตัวอย่างคานที่มีความยาวมากกว่ามีแนวโน้มของการโก่งเดาะทางด้านข้างจากการบิดเด่นชัดกว่าตัวอย่างคานที่มีความยาวสั้น นอกจากนี้จากการทดสอบคานทั้ง 16 ตัวอย่างไม่พบการวิบัติของวัสดุ (material failure) เกิดขึ้น



(a) การแอ่นตัวแนวดิ่ง



(b) การแอ่นตัวทางด้านข้าง

รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะการแอ่นตัวภายใต้แรงดัด



รูปที่ 4 ลักษณะการวิบัติของคาน PFRP

3.2 น้ำหนักโก่งเดาะและสมการ AISC-LRFD

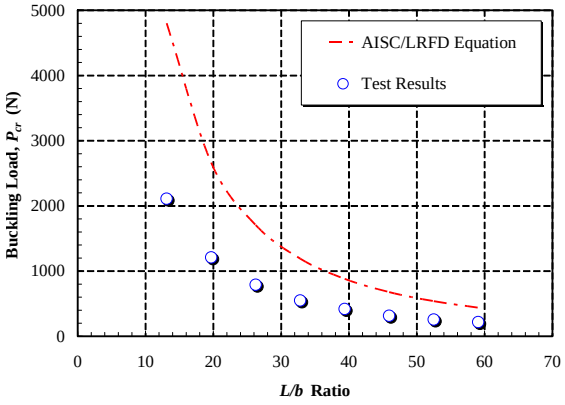
สำหรับการออกแบบชิ้นส่วนหน้าตัดฉากภายใต้แรงดัด AISC [14] ได้นำเสนอมาตรฐาน Load and Resistance Factor Design (LRFD) สำหรับออกแบบหน้าตัดฉาก (single-angle member) เมื่อพิจารณาหน้าตัดฉากถูกกระทำภายใต้แรงดัดบนแกนหลัก (principal axis) สามารถหาน้ำหนักโก่งเดาะหรือน้ำหนักวิกฤต (buckling load) ของหน้าตัดฉากได้จากสมการปฏิสัมพันธ์ (interaction equation) ดังนี้

$$P_{\text{LRFD}} = \frac{4\sqrt{2}\phi_b}{L}\left[\frac{1}{\frac{1}{M_{nw}}+\frac{1}{M_{nz}}}\right] \qquad (1)$$

โดยที่ M_{uw} คือ โมเมนต์ดัดประลัยรอบแกน w (major axis) มีค่าเท่ากับ $M_u/\sqrt{2}$ และ M_{uz} คือ โมเมนต์ดัดประลัยรอบแกน z (minor axis) มีค่าเท่ากับ $M_u/\sqrt{2}$

รูปที่ 5 นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างของน้ำหนักโก่งเดาะที่ได้จากการทดสอบและสมการออกแบบของ AISC-LRFD และอัตราส่วน L/b จากรูปพบว่า เมื่ออัตราส่วน L/b มีค่าเพิ่มขึ้น น้ำหนักโก่งเดาะที่ได้จากการทดสอบมีค่าลดลง เนื่องจากคานที่มีอัตราส่วน L/b สูงมีความแกร่ง (stiffness) น้อยกว่าคานที่มีอัตราส่วน L/b ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักโก่งเดาะที่ได้จากการทดสอบและสมการออกแบบของ AISC-LRFD พบว่า ภายใต้อัตราส่วน L/b ระหว่าง 13-59 ของคานที่ทดสอบอัตราส่วนของน้ำหนักโก่งเดาะที่ได้จากการทดสอบและ

สมการออกแบบของ AISC-LRFD มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.44-0.50 แสดงเห็นให้ว่าสมการออกแบบของ AISC-LRFD ทำนายน้ำหนักโก่งเดาะสูงกว่าผลการทดสอบประมาณ 50-56% ดังนั้น สมการดังกล่าวควรถูกปรับแก้เพื่อความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในวัสดุ PFRP หน้าตัดฉากภายใต้แรงดัดต่อไป



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักโก่งเดาะและอัตราส่วน *L/b*

4. สรุปผล

1) พฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกของตัวอย่างทดสอบในแนวดิ่งมีลักษณะเป็นเชิงเส้นจนถึงค่าประมาณ 90-95% ของน้ำหนักโก่งเดาะ จากนั้นพฤติกรรมของตัวอย่างทดสอบจะเปลี่ยนแปลงเป็นแบบไร้เชิงเส้นจนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติ ส่วนพฤติกรรมรับแรงทางด้านข้าง ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะการแอ่นตัวทางด้านข้างมีลักษณะเป็นแบบ Geometrically Nonlinear ตั้งแต่เริ่มต้นทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติ

2) ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเป็นแบบการโก่งเดาะทางด้านข้างจากการบิด (lateral-torsional buckling) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางด้านข้างและการบิดในเวลาเดียวกัน โดยน้ำหนักโก่งเดาะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วน L/b มีค่าเพิ่มขึ้น

3) สมการออกแบบของ AISC-LRFD ไม่เหมาะสมสำหรับทำนายน้ำหนักโก่งเดาะของคาน PFRP หน้าตัดฉาก ดังนั้นสำหรับการประยุกต์ใช้ในวัสดุ PFRP หน้าตัดฉากภายใต้แรงดัดควรมีการพัฒนาออกแบบโดยใช้พื้นฐานจากมาตรฐาน AISC-LRFD ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสมการออกแบบคานพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชันหน้าตัดฉากภายใต้แรงดัด”

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Bank, L.C. (1989). Flexural and shear moduli of full-section fiber reinforced plastic (FRP) pultruded beams. *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 17(1), pp. 40-45.

[2] Seangatith, S. (2002). Mechanical behaviors of GFRP box beams with low span-to-depth ratios subjected to three-point loading. *The Eighth National Convention on Civil Engineering*, pp. MAT 121-125.

[3] Roberts, T.M. and Al-Ubaidi, H. (2002). Flexural and torsional properties of pultruded fiber reinforced plastics I-profiles. Journal of Composites for Construction, Vol. 6(1), pp. 28-34.

[4] Thumrongvut, J. and Seangatith, S. (2012). Experimental evaluation on fixed end supported PFRP channel beams and LRFD approach. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 105-107, pp. 1671-1676.

[5] Thumrongvut, J. and Seangatith, S. (2011). Experimental study on lateral-torsional buckling of PFRP cantilevered channel beams. *Procedia Engineering*, Vol. 14, pp. 2438-2445.

[6] Barbero, E.J. and Raftoyiannis, I.G. (1994). Lateral and distortional buckling of pultruded I-beams. *Composite Structures*, Vol. 27(3), pp. 261-268.

[7] Brooks, R.J. and Turvey, G.J. (1995). Lateral buckling of pultruded GRP I-section cantilevers. *Composite Structures*, Vol. 32(1-4), pp. 203-215.

[8] Davalos, J.F., Qiao, P.Z. and Salim, H.A. (1997). Flexure-torsional buckling of pultruded fiber

reinforced plastic compositelbeams: experimental and analytical evaluations. *Composite Structures*, Vol. 38(1-4), pp. 241-250.

[9] Nagaraj, V. and Gangarao, V.S. (1997). Static behavior of pultruded GFRP beams. *Journal of Composites for Construction*, Vol. 1, pp. 120-129.

[10] Ascione, L., Giordano, A. and Spadea, S. (2011). Lateral buckling of pultruded FRP beams. *Composites: Part B*, Vol. 42, pp. 819-824.

[11] Thumrongvut, J. and Seangatith, S. (2011). Responses of PFRP cantilevered channel beams under tip point loads. *Key Engineering Materials*, Vol. 471-472, pp. 578-583.

[12] Pekbey, Y. and Ghanbari, E. (2014). Flexural-torsional buckling of FRP thin-walled composite with various sections. *Science and Engineering of Composite Materials*, Vol. 21(4), pp. 537-549.

[13] Thumrongvut, J. and Seangatith, S. (2011). On the structural responses of simply supported PFRP channel beams under three-point loading. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, Vol. 11(4), pp. 13-17.

[14] American Institute of Steel Construction. (2000). *Specification for Load and Resistance Factor Design of Single-Angle Members*. American Institute of Steel Construction, Inc. Chicago, IL.

การตอบสนองทางโครงสร้างของเสาท่อเหล็กหน้าตัดกลมกรอกคอนกรีตกำลังสูงภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

Structural Response of High-Strength Concrete-Filled Circular Steel Tube Columns under Axial Compressive Load

กมลรัตน์ ฤทธิ์รักษา, จักษดา ธำรงวุฒ*, ศตคุณ เดชพันธ์ และ ธนากร ภูเงินขำ

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
เลขที่ 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: jaksada.th@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาพฤติกรรมรับแรงกดอัด กำลัง และลักษณะการวิบัติของเสาท่อเหล็กหน้าตัดกลมกรอกคอนกรีตกำลังสูง โดยศึกษาผลกระทบของลักษณะแรงกระทำต่อเสาท่อเหล็กหน้าตัดกลมกรอกคอนกรีตกำลังสูงภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน เสาที่ใช้ทดสอบมีหน้าตัดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 150 mm และสูง 300 mm ท่อเหล็กมีขนาดความหนาเท่ากับ 3.0 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm ตัวอย่างจำนวน 20 ตัวอย่างถูกกระทำโดยแรงกดอัดในแนวแกน 3 ลักษณะได้แก่ แรงกระทำต่อหน้าตัดทั้งหมด แรงกระทำต่อคอนกรีต และแรงกระทำต่อท่อเหล็ก จากการทดสอบพบว่าเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูงมีความเหนียวและรับกำลังได้ดีกว่าเสาคอนกรีตอ้างอิงขึ้นอยู่กับความหนาของท่อเหล็ก โดยพฤติกรรมการรับแรงของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูงในช่วงแรกมีลักษณะแบบเชิงเส้นตรงถึงประมาณ 60-80% ของกำลังรับแรงสูงสุด จากนั้นตัวอย่างทดสอบจะเข้าสู่พฤติกรรมแบบไร้เชิงเส้นและมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่สูงก่อนการวิบัติ นอกจากนี้ Composite action แบบสมบูรณ์จะเกิดขึ้นกับการให้แรงกระทำต่อหน้าตัดทั้งหมดและแรงกระทำต่อคอนกรีตโดยตรง

คำหลัก: เสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต เสาหน้าตัดกลม ท่อเหล็กรูปพรรณ คอนกรีตกำลังสูง ลักษณะการให้แรงกระทำ

Abstract

This research is a part of development project on concrete-filled tube (CFT) columns. The objectives of this research are to study compressive behavior, strength and modes of failure of high-strength concrete-filled circular tube columns. The effects of load application on high-strength concrete-filled steel tube (HSCFT) columns under axial compression are observed. The column cross-sections were circular tube with a 150 mm diameter and a height of 300 mm. The thickness of the steel tubes were 3.0 mm, 4.5 mm and 6.0 mm. A total of 20 specimens were tested to investigate the effects of three conditions to apply a load to the columns. The load was applied concentrically to the entire section, to the concrete section and to the steel tube section. From the test, it is found that the ductility and maximum strength of the high-strength concrete-filled tube columns are increased significantly compared to the reference columns. The results of these test showed that the response curves of the high-strength concrete-filled tube columns have a linear elastic behavior up to approximately 60-80% of their maximum compressive load. Then, the compressive behavior of the columns is nonlinear. In addition, full composite action is achieved when the load is applied to the entire section and to the concrete section of the columns.

Keywords: Concrete-filled tube columns, Circular columns, Steel tube, High-strength concrete, Load application

1. บทนำ

ปัญหาการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ผ่านมามักใช้ระยะเวลาก่อสร้างค่อนข้างมาก ส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายสำหรับต้นทุนการดำเนินงานสูง โดยเฉพาะในส่วนขั้นตอนการผูกเหล็ก ติดตั้งแบบหล่อและค้ำยัน รวมทั้งถอดแบบหล่อคอนกรีต [1] ขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวมักต้องใช้แรงงานที่มีทักษะค่อนข้างมาก ไม่เช่นนั้นจะเกิดปัญหาตามมา เช่น แบบแตกหรือแบบรั่ว เป็นต้น จากปัญหาในการก่อสร้างอาคารดังกล่าว จึงเกิดการพัฒนาระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูป (prefabrication) มาช่วยเสริมในบางส่วนของโครงสร้าง [2] เช่น คาน พื้น และผนังสำเร็จรูป เป็นต้น และการใช้แบบหล่อสำเร็จรูปเป็นแบบหล่อเสาให้กับโครงสร้างและให้รับแรงกระทำร่วมกับโครงสร้างโดยไม่มีการถอดแบบหล่อดังกล่าวออก เช่น การใช้ท่อเหล็ก [3-6] เป็นแบบหล่อถาวรของเสา เป็นต้น ปัจจุบันเสาเชิงประกอบ เช่น เสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column, CFSTcolumn) ถูกนำมาใช้ในงานโครงสร้างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก โดยเสาดังกล่าวมีข้อดีที่สำคัญ ได้แก่ ช่วยให้การก่อสร้างมีความรวดเร็ว โครงสร้างมีความสวยงาม โดยใช้ท่อเหล็กเป็นแบบหล่อถาวรให้โครงสร้าง และท่อเหล็กดังกล่าวยังร่วมกับแกนคอนกรีตหรือแกนคอนกรีตเสริมเหล็กในการรับแรงกระทำโดยอาศัย Composite Action เป็นผลทำให้เสาดังกล่าวมีกำลังรับแรงกดอัดและความเหนียวสูงกว่าเสาเหล็กรูปพรรณและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากนั้น Composite Action ช่วยทำให้เสาดังกล่าวมีความสามารถในการดูดซึมพลังงานได้มากก่อนที่จะเกิดการวิบัติ และเหมาะสำหรับโครงสร้างที่อยู่ในพื้นที่ที่มีแผ่นดินไหว [7]

อย่างไรก็ตาม เสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตส่วนมากผลิตจากคอนกรีตปกติที่มีกำลังรับแรงอัดประลัยประมาณ 15-35 MPa ส่งผลให้เสาที่รับน้ำหนักบรรทุกมีขนาดใหญ่และทำให้พื้นที่ใช้สอยของอาคารลดลง ฐานรากต้องมีขนาดใหญ่เพื่อสามารถรับน้ำหนักตัวอาคารได้ ดังนั้นจึงมีการผลิตคอนกรีตกำลังสูง (high-strength concrete, HSC) ขึ้นเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง ด้วยประสิทธิภาพและความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ของคอนกรีตกำลังสูงทำให้ผู้ออกแบบได้รับประโยชน์หลายด้าน เช่น คอนกรีตกำลังสูงมีความเหมาะสมอย่างมากสำหรับโครงสร้างเสา สามารถลดขนาดหน้าตัดเสาลงได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับเสาคอนกรีตกำลังปกติ โดยเสาที่ออกแบบได้มีขนาดเล็กลงแต่สามารถรับน้ำหนักได้เท่าเดิม และช่วยเพิ่มเนื้อที่ในการใช้สอยอาคาร เนื่องจากการลดลงของขนาดเสาและระยะห่างระหว่างเสาที่เพิ่มขึ้น [8] สำหรับการใช้คอนกรีตกำลังสูงในงานด้านอื่น ๆ ส่วนมากเน้นพฤติกรรมด้านความทนทาน เช่น งานโครงสร้างในทะเล (offshore structure) เนื่องจากคอนกรีตกำลังสูงมีค่าซึมผ่านน้ำต่ำ จึงช่วยลดปัญหาการกัดกร่อนได้ดีกว่าคอนกรีตกำลังปกติ ส่งผลให้โครงสร้างมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น [9]

จากข้อดีของคอนกรีตกำลังสูงที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุคอนกรีตกำลังสูงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับท่อเหล็ก โดยการเสริมท่อเหล็กเพื่อเพิ่มความแกร่งในการรับน้ำหนัก น่าจะเป็นทางเลือกในการก่อสร้างเสาอีกทางเลือกหนึ่งแทนเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังปกติ โดยแรงงานในท้องถิ่นสามารถนำองค์ความรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อต่อยอดภูมิปัญญาการก่อสร้างแบบเดิมได้ ดังนั้นจากความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาผลของการใช้คอนกรีตกำลังสูงต่อพฤติกรรมการรับแรงความเหนียว และลักษณะการวิบัติ โดยเน้นศึกษาผลกระทบของลักษณะแรงกระทำที่แตกต่างกันของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูงภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

2. ตัวอย่างทดสอบและการทดสอบ

2.1 คุณสมบัติของวัสดุ

คอนกรีตกำลังสูงที่ใช้เป็นคอนกรีตผสมเสร็จ (ready mixed concrete) มีกำลังรับแรงอัดประลัย (f'_c) ที่อายุบ่ม 28 วัน เท่ากับ 54 MPa (ประมาณ 540 kg/cm^2) ท่อเหล็กที่ใช้เป็นท่อเหล็กหน้าตัดกลมกลวงที่ผลิตโดยการม้วนแผ่นเหล็กโครงสร้างแบบรีดเย็น (cold-formed) นำมาเชื่อมรอยต่อในแนวแกนเข้าด้วยกันด้วย

การเชื่อมไฟฟ้า โดยเป็นท่อเหล็กตามมาตรฐานเหล็กโครงสร้างของ มอก. ที่มีความหนา 3.0 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm โดยท่อเหล็กที่มีความหนา 4.5 mm มีค่าอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความหนาของท่อเหล็ก (D/t) ผ่านเกณฑ์ของมาตรฐาน วสท. 1008-38 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ของข้อกำหนดของ AISC-LRFD ท่อเหล็กที่มีความหนา 3.0 mm มีค่า D/t ไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งสองข้างต้น และท่อเหล็กที่มีความหนา 6.0 mm มีค่า D/t ผ่านเกณฑ์ทั้งสองข้างต้น และอัตราส่วนของปริมาณท่อเหล็กต่อพื้นที่หน้าตัดเสามากกว่า 4% ตามข้อกำหนดของ AISC-LRFD การทดสอบสมบัติของวัสดุในงานวิจัยถูกทดสอบตามมาตรฐานของ ASTM คือ การทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C39 และการทดสอบกำลังรับแรงดึงของท่อเหล็กตามมาตรฐาน ASTM E8 ค่าคุณสมบัติทางกลเฉลี่ยของคอนกรีตและท่อเหล็กได้ถูกนำเสนออยู่ในตารางที่ 1

2.2. ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบทั้งหมดเป็นเสาสั้นมีหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm โดยมีความสูง (L) 300 mm ทำให้มีอัตราส่วน L/D เท่ากับ 2.0 (ถูกจำกัดโดยความสูงและประสิทธิภาพของเครื่องมือทดสอบ) และมีอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความหนาท่อเหล็ก (D/t) เท่ากับ 50, 33.3 และ 20 สำหรับเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูงที่มีความหนาของท่อเหล็ก 3.0 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm ตามลำดับ นอกจากนี้ เสาตัวอย่างไม่มีระบบที่ใช้ในการถ่ายแรงเฉือนระหว่างแกนคอนกรีตและท่อเหล็ก ตัวอย่างทดสอบ มีจำนวนทั้งสิ้น 20 ตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นเสาคอนกรีตกำลังสูงอ้างอิงจำนวน 2 ตัวอย่าง และเสากลุ่มที่ 2 ถึง 4 เป็นเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูง (HSCFT column) โดยตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีจำนวนกลุ่มละ 6 ตัวอย่าง และชื่อตัวอย่างทดสอบได้ถูกนำเสนอในตารางที่ 1 สัญลักษณ์ของชื่อตัวอย่างทดสอบในตารางที่ 1 ถูกกำหนดในรูป WW-XX-YY-Z โดยใช้หลักการดังต่อไปนี้ WW หมายถึง ประเภทของเสาหน้าตัดกลม (circular column) ที่ใช้ทดสอบ ซึ่งมี 2 รูปแบบได้แก่ CC และ CS เป็นสัญลักษณ์แทน เสาคอนกรีตกำลังสูงอ้างอิง และเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูง ตามลำดับ XX หมายถึง กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต (f'_C) ในหน่วย MPa และ YY แทนความหนา (t) ของท่อเหล็กในหน่วย mm และสุดท้าย Z หมายถึง ลักษณะการให้แรงกดอัดในแนวแกนกระทำต่อเสามี 3 รูปแบบ ได้แก่ E, C และ S เป็นสัญลักษณ์แทน แรงกดอัดกระทำต่อหน้าตัดทั้งหมด (แกนคอนกรีตร่วมกับท่อเหล็ก) แรงกดอัดกระทำต่อแกนคอนกรีต และแรงกดอัดกระทำต่อท่อเหล็ก ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างทดสอบและสมบัติทางกลของวัสดุ

Specimen	Thickness (mm)	Load application	D/t	L/D	Concrete Properties		Steel Tube Properties		Number of tests
					A_C (mm^2)	f'_c (MPa)	A_{st} (mm^2)	f_{st} (MPa)	
CC-54-0	-	Entire	-	2.0	17672	56.8	-	-	2
CS-54-3.0-E	3.0	Entire	50.0	2.0	19,607	56.8	1,529	370.2	2
CS-54-4.5-E	4.5	Entire	33.3	2.0	19,483	56.8	2,272	347.5	2
CS-54-6.0-E	6.0	Entire	25.0	2.0	18,942	56.8	3,001	366.7	2
CS-54-3.0-C	3.0	Concrete	50.0	2.0	19,607	56.8	1,529	370.2	2
CS-54-4.5-C	4.5	Concrete	33.3	2.0	19,483	56.8	2,272	347.5	2
CS-54-6.0-C	6.0	Concrete	25.0	2.0	18,942	56.8	3,001	366.7	2
CS-54-3.0-S	3.0	Steel Tube	50.0	2.0	19,607	56.8	1,529	370.2	2
CS-54-4.5-S	4.5	Steel Tube	33.3	2.0	19,483	56.8	2,272	347.5	2
CS-54-6.0-S	6.0	Steel Tube	25.0	2.0	18,942	56.8	3,001	366.7	2

2.3 การทดสอบแรงกดอัดในแนวแกน

รูปที่ 1 แสดงการติดตั้งเสาตัวอย่างทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบ Compression Testing Machines ขนาด 5000 kN โดยแรงกดอัดในแนวแกนกระทำที่ปลายของเสาผ่าน Steel bearing plate หนา 50 mm ลงสู่ตัวอย่างทดสอบตามลักษณะการให้แรงกดอัดกระทำต่อเสา



รูปที่ 1 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบเสา

การหดตัวในแนวแกนของเสาถูกวัดโดย Linear Variable Differential Transducer (LVDT) จำนวน 2 ตัว ติดตั้งที่ปลายด้านบนบริเวณหัวกดของเครื่องทดสอบ เมื่อติดตั้งตัวอย่างทดสอบแล้ว เสาตัวอย่างจะถูก Pre-loading 50 kN และ Unloading เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างหัวกดและตัวอย่างทดสอบ จากนั้นทำการทดสอบโดยการเพิ่มแรงกระทำอย่างช้า ๆ โดยใช้ Data Acquisition Unit เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องจนตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติอย่างสมบูรณ์หรือหยุดการทดสอบที่ระยะการหดตัว 50 mm

3. ผลการทดสอบ

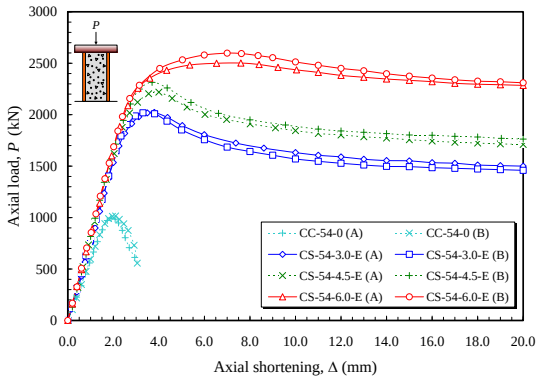
3.1 พฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติ

รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดในแนวแกน และการหดตัวในแนวแกนของเสาที่ได้จากการทดสอบ โดยจัดกลุ่มตามลักษณะการให้แรงกระทำต่อเสา ในการศึกษานี้ได้นิยามให้ค่าแรงกดอัดในแนวแกนสูงสุด (maximum load) ที่เกิดขึ้นในเสาหรือค่าแรง ณ จุดที่ผนังท่อเหล็กเกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่ (local buckling) ที่สามารถสังเกตเห็นได้เป็นค่า “กำลังรับแรงสูงสุด” หรือ P_u ของเสา

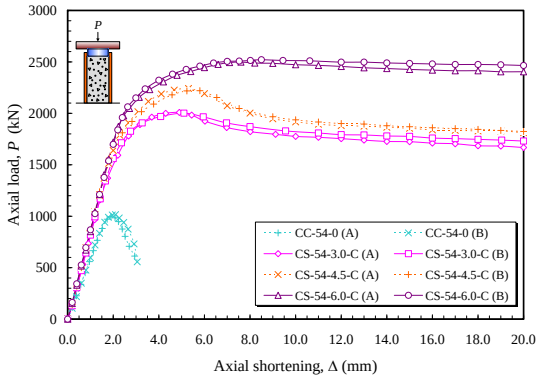
จากรูปที่ 2(a) แสดงพฤติกรรมการรับแรงกดอัดของ HSCFT column ที่ให้แรงกระทำต่อหน้าตัดทั้งหมด พบว่า ในช่วงแรกความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดและการหดตัวของเสาคอนกรีตอ้างอิงและ HSCFT column มีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจาก HSCFT column มีคอนกรีตและท่อเหล็กเป็นวัสดุหลักในการรับแรง ส่งผลให้ HSCFT column มีความแกร่งสูงกว่าเสาคอนกรีตอ้างอิงในทางตรงกันข้าม เมื่อให้แรงกดอัดกระทำต่อแกนคอนกรีตโดยตรงดังแสดงในรูปที่ 2(b) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดและการหดตัวของเสาคอนกรีตอ้างอิงและ HSCFT column จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันในช่วงแรก เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีค่า Poisson’s ratio ที่ต่ำ ในช่วงแรกคอนกรีตจึงมีการขยายตัวทางด้านข้างที่น้อยมากและเป็นวัสดุหลักในการรับแรงกดอัด รูปที่ 2(c) แสดงพฤติกรรมการรับแรงกดอัดของ HSCFT column ที่ให้แรงกระทำต่อท่อเหล็กพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดและการหดตัวของ HSCFT column แตกต่างจากการให้แรงกระทำใน 2 รูปแบบแรก สาเหตุเนื่องจากแรงกดอัดทั้งหมดจะถูกรองรับโดยผนังของท่อเหล็ก ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยน้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดของแกนคอนกรีตประมาณ 6-12 เท่า ส่งผลให้เสามีความต้านทานต่อแรงกระทำที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ HSCFT column ในรูปที่ 2(a) และรูปที่ 2(b)

พฤติกรรมของตัวอย่างเสาทุกต้น (ยกเว้นเสาคอนกรีตอ้างอิง) เป็นแบบเชิงเส้นตรง (linear) จนถึงจุดที่เสารับแรงกดอัดประมาณ 60-80 % ของกำลังรับแรงสูงสุด (P_u) จากนั้นในช่วงที่สอง เมื่อเสาถูกแรงกระทำเพิ่มขึ้นอีก คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวขนาดเล็ก (micro-cracking) ในเนื้อคอนกรีตมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลทำให้แกนคอนกรีตเกิดการขยายตัวทางด้านข้างมากขึ้น เนื่องจาก Poisson’s effect ดังนั้น ความชันของกราฟความสัมพันธ์จึงเริ่มมีค่าลดลงและพฤติกรรมของ HSCFT column จะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงเป็นแบบไร้เชิงเส้นตรง (nonlinear) มากขึ้น จนถึงจุดวิบัติของเสา โดยพฤติกรรมในช่วงที่สองถูกแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้ แบบที่ 1 เสารองรับแรงกระทำได้สูงสุดถึงค่าหนึ่งแล้ว เสามีความแกร่งประมาณศูนย์หรือ Elastic-

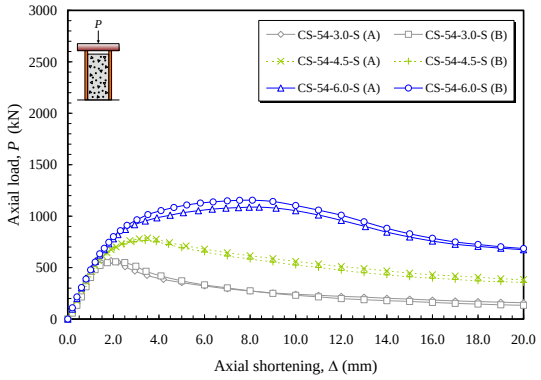
Perfectly Plastic (EPP) ซึ่งเกิดขึ้นในตัวอย่างเสา CS-54-6.0-C ซึ่งเป็นเสาที่มีผนังท่อเหล็กหนา 6.0 mm และให้แรงกระทำต่อแกนคอนกรีตโดยตรง และแบบที่ 2 เสารองรับแรงกระทำได้สูงสุดถึงค่าหนึ่งแล้ว เสามีความแกร่งลดลงหรือ Strain-Softening (SS) ซึ่งเกิดขึ้นในตัวอย่าง HSCFT column ทั้งหมดที่ไม่ได้กล่าวไว้ในแบบที่ 1



(a) แรงกระทำต่อหน้าตัดทั้งหมด



(b) แรงกระทำต่อแกนคอนกรีต



(c) แรงกระทำต่อเหล็ก

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดและการหดตัวภายใต้แรงกดอัดในแนวแกน

ลักษณะการวิบัติของ HSCFT column ที่ให้แรงกระทำต่อหน้าตัดทั้งหมดและแกนคอนกรีต จะเกิดการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไป HSCFT column เกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะเฉพาะที่ของผนังท่อเหล็กที่ปลายด้านบนและล่างที่ตำแหน่งประมาณ 30 ถึง 50 mm จากปลายทั้งสองด้านของเสาดังแสดงในรูปที่ 3(a) และรูปที่ 3(b) การวิบัติลักษณะนี้แตกต่างจากการวิบัติของ HSCFT column ที่ให้แรงกระทำต่อท่อเหล็กโดยตรง โดยเกิดโก่งเดาะเฉพาะที่บริเวณผนังของท่อเหล็กที่บริเวณผิวสัมผัสกับหัวกดของเครื่องทดสอบ ดังที่แสดงในรูปที่ 3(c)



(a) (b) (c)

รูปที่ 3 ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสา (a) แรงกดอัดกระทำต่อแกนคอนกรีตและท่อเหล็ก (b) แรงกดอัดกระทำต่อแกนคอนกรีต และ (c) แรงกดอัดกระทำต่อท่อเหล็ก

ตารางที่ 2 กำลังรับแรงสูงสุดและลักษณะการวิบัติ

Specimen	Thickness (mm)	Load application	P_1* (kN)	P_2* (kN)	P_u (kN)	$P_u / P_{u,\text{ref}}$	Post-failure behavior
CC-54-0	-	Entire	995.2	1,015.8	1,005.5	1.00	Crushing
CS-54-3.0-E	3.0	Entire	2,022.5	2,018.1	2,020.3	2.01	SS
CS-54-4.5-E	4.5	Entire	2,219.2	2,314.5	2,266.9	2.25	SS
CS-54-6.0-E	6.0	Entire	2,501.8	2,598.0	2,549.9	2.54	SS
CS-54-3.0-C	3.0	Concrete	2,008.9	2,001.5	2,005.2	1.99	SS
CS-54-4.5-C	4.5	Concrete	2,242.1	2,220.4	2,231.3	2.22	SS
CS-54-6.0-C	6.0	Concrete	2,498.5	2,512.1	2,505.3	2.49	EPP
CS-54-3.0-S	3.0	Steel Tube	568.5	555.8	562.2	0.56	SS
CS-54-4.5-S	4.5	Steel Tube	788.1	762.6	775.4	0.77	SS
CS-54-6.0-S	6.0	Steel Tube	1,087.9	1,155.0	1,121.5	1.12	SS

* P_1 และ P_2 คือ กำลังรับแรงสูงสุดของตัวอย่างทดสอบ A และ B ตามลำดับ

3.2 กำลังรับแรงกดอัดสูงสุด

ตารางที่ 2 แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของ HSCFT column พบว่า เมื่อพิจารณาลักษณะการให้แรงกระทำต่อเสาในรูปแบบเดียวกัน HSCFT column ที่ใช้ท่อเหล็กที่มีผนังบางกว่า (3.0 mm) มีอัตราส่วนของแรงกดอัดสูงสุดต่อแรงกดอัดสูงสุดของเสาคอนกรีตอ้างอิง ($P_u / P_{u,\text{ref}}$) อยู่ในช่วง 0.56 ถึง 2.01 ซึ่งต่ำกว่า HSCFT column ที่ใช้ท่อเหล็กหนากว่า (6.0 mm) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.12 ถึง 2.54 เมื่อพิจารณาท่อเหล็กที่มีความหนาที่เท่ากัน อัตราส่วน $P_u / P_{u,\text{ref}}$ ของ HSCFT column ที่ให้แรงกระทำต่อหน้าตัดทั้งหมดและกระทำต่อแกนคอนกรีตมีค่าใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ตาม สำหรับ HSCFT column ที่ให้แรงกระทำต่อท่อเหล็กจะมีอัตราส่วน $P_u / P_{u,\text{ref}}$ ที่ต่ำกว่าลักษณะการให้แรงกระทำใน 2 รูปแบบข้างต้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.77 สาเหตุเนื่องจากตัวอย่างเกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่บริเวณผนังของท่อเหล็กดังแสดงในรูปที่ 3(c)

4. สรุปผล

1) เสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูงมีพฤติกรรมโครงสร้างแบบเชิงเส้นตรงจนถึงจุดที่เสารับแรงกดอัดประมาณ 60-80 % ของกำลังรับแรงสูงสุด และเปลี่ยนแบบไร้เชิงเส้นในช่วงที่สอง โดยแบ่งพฤติกรรมของ HSCFT column เป็น 2 แบบ ได้แก่ Elastic-Perfectly Plastic (EPP) และ Strain-Softening (SS) ขึ้นอยู่กับความหนาของท่อเหล็กและลักษณะการให้แรงกระทำต่อเสา

2) HSCFT column มีลักษณะวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไป เสาทั้งหมดเกิดการวิบัติจริงที่ค่าการหดตัวเกินกว่า 30 mm โดยท่อเหล็กสามารถช่วยเสริมกำลังและความเหนียวในแนวแกนให้กับเสาคอนกรีตกำลังสูงได้ค่อนข้างสูงและมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่สูงก่อนเกิดการวิบัติ

3) สำหรับการใช้งานจริง พฤติกรรมของเสาแบบ Elastic-Perfectly Plastic (EPP) เป็นพฤติกรรมที่ควรออกแบบให้เกิดขึ้น ท่อเหล็กควรมีความหนาที่เพียงพอตลอดจนมีรอยเชื่อมต่อของผนังท่อที่สมบูรณ์เพื่อช่วยให้สามารถรองรับหน่วยแรงเนื่องจากการขยายตัวด้านข้างของแกนคอนกรีตได้อย่างต่อเนื่อง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การประเมินพฤติกรรมทางโครงสร้างและการประยุกต์ใช้เสาท่อเหล็กหน้าตัดกลมกรอกคอนกรีตกำลังสูงสำหรับงานโครงสร้างพื้นฐาน”

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Elliott, K.S. (2002). *Precast Concrete Structures*.Butterworth-Heinemann,Oxford, United Kingdom.

[2] Yee, A.A. (2001). Social and environmental benefits of precast concrete technology. *PCI Journal*, Vol. 5-6, pp. 14-20.

[3] Zhang, W. and Shahrooz, B. M. (1999). Comparison between ACI and AISC for concrete-filled tubular columns. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 125(11), pp. 1213-1223.

[4] Roufegarinejad, A., Uy, B. and Bradford, M.A. (2004). Behaviour and design of concrete filled steel columns utilizing stainless steel cross sections under combined actions. *18th Australasian conference on the mechanics of structures and materials*, pp. 159-165.

[5] Seangatith, S. and Thumrongvut, J. (2009). Experimental investigation on square steel tubed RC columns under axial compression. *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 16(3), pp. 205-220.

[6] Wang, W.H., Han, L.H., Li, W. and Jia, T.H. (2014). Behavior of concrete-filled steel tubular stub columns and beams using dune sand as part of fine aggregate. *Construction and Building Materials*, Vol. 51, pp. 352-363.

[7] Ji, X., Kang, H., Chen, X. and Qian, J. (2013). Seismic behavior and strength capacity of steel tube-reinforced concrete composite columns. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 43(4), pp. 487-505.

[8] Smith, J.G. and Rad, F.N., (1989). Economic advantages of high-strength concrete in columns. *Concrete International*, Vol. 11(4), pp. 37-43.

[9] Sata, V., Jaturapitakkul, C. and Kiattikomol, K. (2004). Utilization of palm oil fuel ash in high-strength concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 16(6) , pp. 623-628.

พฤติกรรมแบบสถิตยศาสตร์ของเสาท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากรอกคอนกรีตกำลังสูงและสมการออกแบบเสาเชิงประกอบ

Static Behavior of High-Strength Concrete-Filled Steel Rectangular Tube Columns and Composite Column Design Equations

ธารางกูร ก้อนคำ, จักษดา ธำรงวุฒิ*, เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์, ชยกฤต เพชรช่วย และ จีรศักดิ์ สุพรมวัน

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
เลขที่ 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: jaksada.th@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลของคอนกรีตกำลังสูงที่มีต่อพฤติกรรมและกำลังรับแรงของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูง โดยการตรวจสอบการตอบสนองของระหว่างแรงกระทำและการหดตัวในแนวแกน ลักษณะการวิบัติ และกำลังรับแรงสูงสุด ตัวอย่างทดสอบทั้งหมดมีความสูงเท่ากับ 750 mm และมีกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 54 MPa ตัวแปรหลักในงานวิจัยได้แก่ ความหนาของท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (3.0 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm) และขนาดหน้าตัดของท่อเหล็ก (150x50 mm, 150x75 mm and 150x100 mm) จากการทดสอบพบว่า พฤติกรรมของแรงกระทำและการหดตัวในแนวแกนมีลักษณะแบบเชิงเส้นถึงประมาณ 80-90% ของกำลังสูงสุดของเสา จากนั้นตัวอย่างจะมีพฤติกรรมแบบไม่เชิงเส้นและมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างมากก่อนการวิบัติ นอกจากนี้ยังพบว่า กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดและความเหนียวของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก (เสาอ้างอิง) โดยขึ้นอยู่กับความหนาและขนาดหน้าตัดของท่อเหล็ก สุดท้าย จากการเปรียบเทียบกำลังรับแรงสูงสุดของเสาที่ได้จากการทดสอบและกำลังรับแรงสูงสุดของเสาที่ได้จากสมการออกแบบเสาเชิงประกอบของ ACI พบว่า สมการออกแบบของ ACI สามารถใช้คำนวณกำลังรับแรงสูงสุดของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูงภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนได้

คำหลัก: เสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต, คอนกรีตกำลังสูง, ท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า, แรงกดอัดในแนวแกน

Abstract

This research presents the effect of the high-strength concrete on the behaviour and strength of high-strength concrete-filled steel tube (HSCFT) columns. The load-axial shortening responses, failure modes and ultimate loads of various cross-sections are investigated. All of the specimens are 750 mm in height, and have compressive strength of 54 MPa. The primary test parameters are wall thicknesses of the rectangular tube (3.0 mm, 4.5 mm and 6.0 mm) and three different of rectangular cross-section (150x50 mm, 150x75 mm and 150x100 mm). From the tests, it is found that the load-axial shortening response of the columns have a linear behavior up to approximately 80-90% of their ultimate loads. Then, the behavior of the HSCFT columns is nonlinear with a very large deformation before failure. It is also shown that the ultimate load and ductility of the HSCFT columns are increased significantly compared to the RC columns, depending mainly on the wall thickness and cross-section of the hollow steel tube. Finally, by comparing the maximum compressive load of the test results with those obtained from the ACI composite design equation, the comparison results show that calculation formula in ACI code can be applied to compute the axial capacity of HSCFT columns under axial compression.

Keywords: Concrete-Filled Tube (CFT), High-Strength Concrete, Rectangular Tube, Axial Compression

1. บทนำ

ในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารในประเทศไทยมักถูกก่อสร้างโดยเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นระบบแบบหล่อในที่ การก่อสร้างลักษณะนี้จะดำเนินตามลำดับขั้นตอน ซึ่งเป็นระบบก่อสร้างที่ใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก ทำให้ต้นทุนมีราคาสูง [1] โดยเฉพาะระหว่างขั้นตอนการติดตั้งไม้แบบ เทคอนกรีต ผูกเหล็กและถอดแบบหล่อคอนกรีต การก่อสร้างดังกล่าวต้องมีการจัดเตรียมไม้แบบเพื่อทำแบบหล่อ และติดตั้งค้ำยันจึงจำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือในการทำงานจำนวนมาก ซึ่งไม่เหมาะสำหรับเศรษฐกิจในปัจจุบัน นอกจากนี้ผลกระทบจากการใช้ไม้แบบเป็นแบบหล่อคอนกรีตก่อให้เกิดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งเป็นผลเสียต่อสภาวะแวดล้อม และทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก จากปัญหาของระบบก่อสร้างที่กล่าวมา จึงเกิดการพัฒนารูปแบบการก่อสร้างต่าง ๆ ขึ้นมา โดยเฉพาะการนำระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูป (prefabrication) มาช่วยในบางส่วนของโครงสร้าง ตัวอย่างเช่น คานสำเร็จรูป [2-3] เป็นต้น และการใช้แบบหล่อสำเร็จรูปเป็นแบบหล่อให้กับโครงสร้าง และให้รับแรงกระทำร่วมกับโครงสร้าง เช่น การใช้ท่อเหล็ก [4-8] เป็นแบบหล่อสำเร็จรูปถาวรของเสา เป็นต้น

ระบบก่อสร้างเสาแบบกึ่งสำเร็จรูปประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้งานโครงสร้างอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ได้แก่ เสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต (concrete-filled steel tube column, CFT column) ข้อดีของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตหรือเสาเชิงประกอบนี้ ช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้างและปัญหาการใช้ไม้แบบโดยการใช้ท่อเหล็กเป็นแบบหล่อถาวรให้กับโครงสร้างและรับแรงกระทำร่วมกับโครงสร้างโดยไม่มีการถอดแบบหล่อดังกล่าวออก นอกจากนี้การพัฒนาความก้าวหน้าทางวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน จึงผลิตคอนกรีตกำลังสูง (high-strength concrete, HSC) ขึ้นใช้ในการงานก่อสร้างซึ่งกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ด้วยประสิทธิภาพและความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ของคอนกรีตกำลังสูงทำให้ผู้ออกแบบ และผู้รับเหมาได้รับประโยชน์ในแง่ต่าง ๆ หลายด้าน เช่น สามารถลดขนาดของหน้าตัดเสาลงได้เป็นอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตกำลังปกติ โดยเสาที่ออกแบบได้มีขนาดเสาที่ลดลงแต่ความสามารถการรับน้ำหนักได้เท่าเดิม และยังช่วยเพิ่มเนื้อที่ใช้สอยอาคาร เนื่องจากการลดลงของขนาดของเสา และระยะห่างระหว่างเสาที่เพิ่มขึ้น [9] จากข้อดีของคอนกรีตกำลังสูงที่กล่าวมา การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุคอนกรีตกำลังสูงมาประยุกต์ใช้กับท่อเหล็กโดยการเสริมท่อเหล็กเพื่อเพิ่มความแกร่งในการรับน้ำหนักน่าจะเป็นทางเลือกในการก่อสร้างอาคารอีกทางเลือกหนึ่งแทนเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังปกติโดยแรงงานในท้องถิ่นสามารถนำองค์ความรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อต่อยอดภูมิปัญญาการก่อสร้างแบบเดิมได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรม และกำลังรับแรงอัดในแนวแกนของตัวอย่างท่อกรอกคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากรอกคอนกรีตกำลังสูง เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมกำลังอีกรูปแบบหนึ่งให้กับเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต

2. ตัวอย่างและการทดสอบ

2.1 คุณสมบัติของวัสดุ

คอนกรีตกำลังสูงเป็นคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 กำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วันเท่ากับ 54 MPa (540 kg/cm^2) ท่อเหล็กที่ใช้ศึกษานี้เป็นท่อเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (steel rectangular tube) ตามมาตรฐาน มอก. ที่มีความหนา 3.0 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยได้กระทำตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Material (ASTM) คือการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C39 และการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็ก ตามมาตรฐาน ASTM E8 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างทดสอบและสมบัติทางกลของวัสดุ

[1] Specimen	[2] [3] f_c' (MPa)	[4] [5] t (mm)	[6] H (mm)	[7] [8] B (mm)	[9] [10] L (mm)	[11] H/B	[12] H/t	[13] Concrete [16] A_c (mm^2)	[17] f_c
[20] RC-54-0-1.5	[21] 54	[22] -	[23] 150	[24] 100	[25] 750	[26] 1.5	[27] -	[28] 14,548	[29] 54
[33] RS-54-3.0-1.5	[34] 54	[35] 3.0	[36] 150	[37] 100	[38] 750	[39] 1.5	[40] 50	[41] 13,467	[42] 54
[46] RC-54-0-2.0	[47] 54	[48] -	[49] 150	[50] 75	[51] 750	[52] 2.0	[53] -	[54] 10,798	[55] 54
[59] RS-54-3.0-2.0	[60] 54	[61] 3.0	[62] 150	[63] 75	[64] 750	[65] 2.0	[66] 50	[67] 9,959	[68] 54
[72] RS-54-4.5-2.0	[73] 54	[74] 4.5	[75] 150	[76] 75	[77] 750	[78] 2.0	[79] 33.3	[80] 9,358	[81] 54
[85] RS-54-6.0-2.0	[86] 54	[87] 6.0	[88] 150	[89] 75	[90] 750	[91] 2.0	[92] 25	[93] 8,787	[94] 54
[98] RC-54-0-3.0	[99] 54	[100] -	[101] 150	[102] 50	[103] 750	[104] 3.0	[105] -	[106] 7,048	[107] 54
[111] RS-54-3.0-3.0	[112] 54	[113] 3.0	[114] 150	[115] 50	[116] 750	[117] 3.0	[118] 50	[119] 6,209	[120] 54

2.2 ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบทั้งหมดมีความสูง 750 mm และมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 150x100 mm, 150x75 mm และ 150x50 mm ส่งผลให้มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้น (*H/B*) เท่ากับ 1.5, 2.0 และ 3.0 ตามลำดับ อัตราส่วนความสูงต่อด้านยาว (*L/H*) เท่ากับ 5.0 และอัตราส่วนด้านยาวต่อความหนา (*H/t*) เท่ากับ 50.0, 33.3 และ 25.0 สำหรับท่อเหล็กที่มีความหนา 3.0 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm ตามลำดับ ตัวอย่างทั้งหมดมีจำนวน 16 ตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มแบ่งตามขนาดหน้าตัดของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต โดยมีเสาคอนกรีตกำลังสูงอ้างอิง (HSC column) และเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูง (HSCFT column) ชื่อตัวอย่างทดสอบได้ถูกนำเสนอใน ตารางที่ 1 ถูกกำหนดในรูป WW-XX-YY-ZZ โดยใช้หลักการดังต่อไปนี้ WW หมายถึง ประเภทของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular column) ที่ใช้ทดสอบซึ่งมี 2 รูปแบบ ได้แก่ RC และ RS เป็นสัญลักษณ์แทน เสาคอนกรีตกำลังสูงอ้างอิง และเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูง ตามลำดับ XX หมายถึง กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกำลังสูง (f_c') ในหน่วย MPa และ YY แทนความหนา(t) ของท่อเหล็กในหน่วย mm และสุดท้าย ZZ หมายถึง อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้น (*H/B*)

2.3 การทดสอบแรงกดอัดในแนวแกน

รูปที่ 1 แสดงการติดตั้งตัวอย่างเสาเข้ากับเครื่อง UTM ขนาด 2000 kN โดยแรงกดอัดในแนวแกนกระทำที่ปลายของเสาผ่าน Steel Bearing Plate หนา 50 mm ลงสู่ตัวอย่างตามลักษณะการให้แรงกดอัดกระทำต่อเสา และขอเพิ่มเติมว่า แรงกระทำในแนวแกนดังกล่าวจะกระทำผ่านแกนคอนกรีตและท่อเหล็กไปพร้อมกัน การหดตัวในแนวแกนของเสาถูกวัดโดย Linear Variable Differential Transducers (LVDTs) จำนวน 2 ตัว ติดตั้งที่ปลายด้านบนบริเวณหัวกดของเครื่อง UTM เมื่อติดตั้งตัวอย่างทดสอบเข้าที่แล้ว เสาตัวอย่างจะถูก Pre-loading 50 kN และ Unloading เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างหัวกดและตัวอย่าง จากนั้นทำการทดสอบโดยเพิ่มแรงกระทำอย่างช้า ๆ โดยใช้ Yokogawa MW 100 Data Acquisition Unit เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จน

ตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติอย่างสมบูรณ์หรือหยุดการทดสอบที่ระยะการหดตัวที่ 50 mm



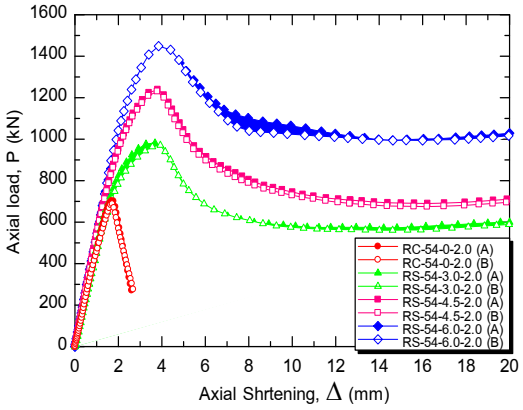
รูปที่ 1 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบเสา

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

3.1 พฤติกรรมและลักษณะการวิบัติ

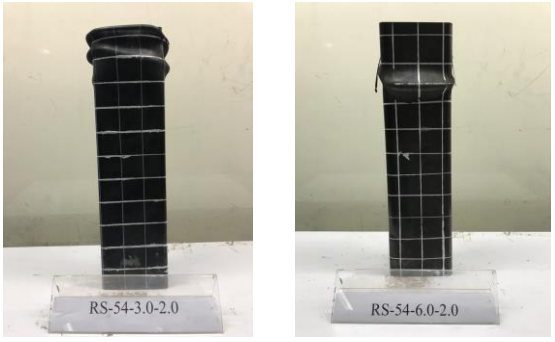
รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดและการหดตัวในแนวแกนของเสาที่ได้จากการทดสอบ โดยแบ่งกลุ่มตามกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตและจำกัดการแสดงค่าการหดตัวเท่ากับ 20 mm และได้นิยามให้ค่าแรงกดอัดในแนวแกนสูงสุด (maximum load) ที่เกิดขึ้นในเสาโดยปราศจากการโก่งเดาะของผนังท่อเหล็กเป็น “กำลังรับแรงสูงสุด” หรือ P_u ของเสา

พฤติกรรมการรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาที่ให้แรงกระทำตลอดหน้าตัดของเสาพบว่า ในช่วงแรกความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดอัดและการหดตัวของเสาคอนกรีตอ้างอิง (RC) และเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต (RS) มีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากเสา RS มีคอนกรีตและท่อเหล็กเป็นวัสดุหลักในการรับแรง ส่งผลให้เสา RS มีความแกร่งกว่าเสา RC โดยพฤติกรรมของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีต เป็นแบบเชิงจนถึงจุดที่เสารับแรงกดอัดประมาณ 80-90% ของกำลังรับแรงสูงสุด จากนั้นในช่วงที่สองเมื่อเสาถูกแรงกระทำเพิ่มขึ้นอีก คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวขนาดเล็กในเนื้อคอนกรีตมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้แกนคอนกรีตเกิดการหดตัวในแนวแกนและขยายตัวทางด้านข้างมากขึ้น ทำให้ความชันของกราฟเริ่มมีค่าลดลง จากนั้นพฤติกรรมของเสา RS จะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปแบบไร้เชิงเส้นมากขึ้นจนถึงจุดวิบัติของเสา



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดและการหดตัวของเสา *H/B* เท่ากับ 2.0

รูปที่ 3 แสดงลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสาที่ได้จากการทดสอบ จากการสังเกตลักษณะการวิบัติพบว่าเสา RS ทุกตัวอย่างเกิดการวิบัติอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยเสาเกิดการวิบัติที่ค่าการหดตัวเกินกว่า 50 mm เมื่อพิจารณาความหนาของท่อเหล็ก (3.0 mm, 4.5 mm และ 6.0 mm) พบว่า กำลังรับแรงอัดและการหดตัวในแนวแกนจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของท่อเหล็ก ซึ่งแสดงว่าเสา RS เป็าเสาที่มีกำลังและความเหนียวในแนวแกนที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเสา RC โดยการวิบัติของเสา RC เกิดการอัดแตกของคอนกรีต (crushing) และการโก่งเดาะหรือการดุ้งของเหล็กเสริมหลักที่กำลังรับแรงสูงสุดของเสา ขณะที่ตัวอย่าง RS เกิดการวิบัติโดนการโก่งเดาะเฉพาะที่ของผนังท่อเหล็กที่กึ่งกลางหรือบริเวณปลายด้านบนและด้านล่าง



รูปที่ 3 ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างเสา RS

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเสา RC และเสา RS ภาตใต้แรงกดอัดในแนวแกน

[124] Specimen	[125] H/B	[126] H/t	[127] P_A [128] (kN)	[129] P_B [130] (kN)	[131] P_{test} [132] (kN)	[133] $P_{test}/P_{test,ref}$	[134] Mode of failure
[135] RC-54-0-1.5	[136] 1.5	[137] -	[138] 976.6	[139] 880.0	[140] 928.3	[141] 1.00	[142] Crushing
[143] RS-54-3.0-1.5	[144] 1.5	[145] 50	[146] 1,249.2	[147] 1,261.2	[148] 1,255.2	[149] 1.35	[150] Strain-Softening
[151] RC-54-0-2.0	[152] 2.0	[153] -	[154] 702.0	[155] 687.3	[156] 694.7	[157] 1.00	[158] Crushing
[159] RS-54-3.0-2.0	[160] 2.0	[161] 50	[162] 981.7	[163] 970.7	[164] 976.2.0	[165] 1.40	[166] Strain-Softening
[167] RS-54-4.5-2.0	[168] 2.0	[169] 33.3	[170] 1,239.2	[171] 1,230.6	[172] 1,234.9	[173] 1.78	[174] Strain-Softening
[175] RS-54-6.0-2.0	[176] 2.0	[177] 25	[178] 1,412.1	[179] 1,448.6	[180] 1,430.3	[181] 2.06	[182] Strain-Softening
[183] RC-54-0-3.0	[184] 3.0	[185] -	[186] 543.9	[187] 540.2	[188] 542.1	[189] 1.00	[190] Crushing
[191] RS-54-3.0-3.0	[192] 3.0	[193] 50	[194] 772.0	[195] 801.4	[196] 786.7	[197] 1.45	[198] Strain-Softening

P_A และ P_B คือ แรงกดอัดสูงสุดที่ได้จากการทดสอบตัวอย่าง A และ B ตามลำดับ

P_{test} คือ แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยนได้จากการทดสอบตัวอย่าง A และ B

3.2 กำลังรับแรงกดอัดสูงสุด

ตารางที่ 2 แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงสูงสุดของเสา RS ภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนเ จากตารางพบว่า เมื่อพิจารณากำลังรับแรงอัดประลัยของเสาที่ *H/B* เท่ากัน เสา RS ที่ใช้ท่อเหล็กที่มีความหนาบางกว่า (3.0 mm และ 4.5 mm) มีอัตราส่วนของแรงกดอัดสูงสุดต่อแรงกดอัดสูงสุดของเสา RC อ้างอิง $(P_{test}/P_{test,ref})$ อยู่ในช่วง 1.40 ถึง 1.78 ซึ่งต่ำกว่าเสา RS ที่ใช้ผนังท่อเหล็กที่หนากว่า (6.0 mm) ที่มีค่าเท่ากับ 2.06 การเปรียบเทียบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ผนังท่อเหล็กที่หนาจะเพิ่มความสามารถในการรับแรงในแนวแกนได้สูงกว่าการเลือกใช้ผนังท่อเหล็กบาง

3.3 การเปรียบเทียบกำลังของเสากับสมการ ACI

สมมติให้เสา RS มี Full interaction เกิดขึ้นระหว่างแกนคอนกรีตและท่อเหล็กภายใต้แรงกระทำ กำลังรับแรงสูงสุดของเสาเชิงประกอบตามมาตรฐานของ ACI 318 [12] หาได้จากสมการ

$$P_u = P_c + P_{st} \quad (1)$$

$$P_u = 0.85 f_c' A_c + f_y A_{st} \quad (2)$$

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงกดอัดสูงสุดที่ทดสอบได้ (P_{test}) และกำลังรับแรงสูงสุดของเสา RS ที่คำนวณได้จากสมการออกแบบเสาเชิงประกอบ (P_u) จากตารางพบว่า อัตราส่วน P_{test}/P_u ของเสา RS อัตราส่วน P_{test}/P_u มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.01-1.06 ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าจากการเปรียบเทียบกำลังรับแรงสูงสุดของเสาที่ได้จากการทดสอบและกำลังรับแรงสูงสุดของเสาที่ได้จากสมการออกแบบเสาเชิงประกอบของ ACI พบว่า สมการออกแบบของ ACI สามารถใช้คำนวณกำลังรับแรงสูงสุดของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตกำลังสูงภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนได้ถูกต้องเพียงพอ

ตารางที่ 3 แรงกดอัดสูงสุดจากการทดสอบและสมการออกแบบ ACI

[199] Specimen	[200] P_{test}	[201] P_u	[202] P_{test} / P_u
[203] RC-54-0-1.5	[204] 928.3	[205] 914.8	[206] 1.01
[207] RS-54-3.0-1.5	[208] 1,255.2	[209] 1,204.0	[210] 1.04
[211] RC-54-0-2.0	[212] 694.7	[213] 742.7	[214] 0.94
[215] RS-54-3.0-2.0	[216] 976.2	[217] 953.5	[218] 1.02
[219] RS-54-4.5-2.0	[220] 1,234.9	[221] 1,164.0	[222] 1.06
[223] RS-54-6.0-2.0	[224] 1,430.3	[225] 1,377.2	[226] 1.04
[227] RC-54-0-3.0	[228] 532.1	[229] 570.6	[230] 0.95
[231] RS-54-3.0-3.0	[232] 786.7	[233] 781.4	[234] 1.01

4. สรุปผล

1) พฤติกรรมของแรงกระทำและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแนวแกนของเสา RS มีลักษณะแบบเชิงเส้นถึงประมาณ 80-90% ของกำลังรับแรงสูงสุดของเสา จากนั้นตัวอย่างจะมีพฤติกรรมแบบไร้เชิงเส้นและมีความเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างมากก่อนการวิบัติ พฤติกรรมแบบไร้เชิงเส้นมีลักษณะแบบ Strain-Softening โดยที่เสาสามารถรับแรงกระทำได้สูงสุดแล้ว เสาจะมีความแกร่งลดลง

2) เสา RS เกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะเฉพาะที่ของผนังท่อเหล็กที่ปลายด้านบนหรือด้านล่างหรือบริเวณกึ่งกลางของเสา และเป็นเสาที่มีความเหนียวในแนวแกนที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับเสา RC อ้างอิง

3) จากการเปรียบเทียบระหว่างแรงกดอัดที่ได้จากการทดสอบและสมการออกแบบ ACI พบว่าเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตมีค่าอัตราส่วน P_{test} / P_u ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.01-1.06 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1.00 แสดงว่าสมการออกแบบ ACI สามารถทำนายกำลังรับแรงกดอัดของเสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตได้อย่างถูกต้องเพียงพอ

4) สำหรับการใช้งานจริงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น เสาท่อเหล็กกรอกคอนกรีตควรถูกเสริมด้วยเหล็กที่มีปริมาณเหล็กไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดในมาตรฐานการออกแบบเพื่อให้มีกำลังโอบรัดแกนคอนกรีตที่เพียงพอ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัท โอเคเค เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Elliott, K. S. (2002). *Precast Concrete Structures*. Butterworth-Heinemann, United Kingdom.

[2] จักษดา ธำรงวุฒิ, สิทธิชัย แสงอาทิตย์ และ กรรณคำลือ. (2556). การทดสอบพฤติกรรมทางโครงสร้างของรอยต่อของคานคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำเร็จรูป. *วารสารวิชาการ มทร.อีสาน*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 15-30.

[3] จักษดา ธำรงวุฒิ สิทธิชัย แสงอาทิตย์ และ กรรณคำลือ. (2557). ผลของการเสริมกำลังดัดด้วยลวดแบบไม่อัดแรงที่มีต่อคานคอนกรีตอัดแรงบางส่วนสำเร็จรูป. *วารสารวิชาการ มทร.อีสาน*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 16-33.

[4] Schneider, S. P. (1998). Axially loaded concrete-filled steel tubes. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 124(10), pp. 1125-1138.

[5] Fam, A., Qie, F.S. and Riakalla, S. (2004). Concrete-filled steel tubes subjected to axial compression and lateral cyclic loads. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 130(4), pp. 631-640.

[6] Ishizawa, T., Nakano, T. and Iura, M. (2006). Experimental study on partially concrete-filled steel tubular columns. *Steel and Composite Structures*, Vol. 6(1), pp. 55-69.

[7] Seangatith, S. and Thumrongvut, J. (2009). Experimental investigation on square steel tubed RC columns under axial compression.

Suranaree Journal of Science and Technology, Vol. 16(3), pp. 205-220.

[8] Wang, W.H., Han, L.H., Li, W. and Jia, T.H. (2014). Behavior of concrete-filled steel tubular stub columns and beams using dune sand as part of fine aggregate. *Construction and Building Materials*, Vol. 51, pp. 352-363.

[9] Cusson, D and Paultre, P. (1994). High-strength concrete columns confined by rectangular ties. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 120(3), pp. 783-804.

[10]ACI Committee 318. (2005). *Building Code Requirement for Structural Concrete and Commentary*. Farmington Hills: ACI Committee 318R-05.

ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของไม้ไผ่ยักษ์ (Dendrocalamus Giganteus(TDG))

Written form, the full article will be presented at the Symposium of Engineering. Science, Technology and Architecture at the 9th Annual 2561

ชลีพรณ์ ธรรมพรรัมย์[1*], วรานนท์ คงสง[1] และ วรสัณฑ์ บูรณากาญน์[2]

[1] การตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม, คณะวิศวกรรม มหาวิทยาลัยรามคำแหง หัวหมาก กรุงเทพ 10240
[2] คณะสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พระยาไท, วังใหม่, ปทุมวัน, กรุงเทพ 10330
ชลีพรณ์ ธรรมพรรัมย์: E-mail :chaleeporn12@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ (086)340-1636

บทคัดย่อ

เนื่องจากไม้ไผ่เป็นพืชที่มีความหลากหลายทางสายพันธุ์ และไม่มีมาตรฐานมายอมรับเช่นไม้ การนำไม้ไผ่มาใช้ในงานก่อสร้างนั้นจำเป็นต้อง ควบคุมทางด้านคุณภาพ ด้วยการพิสูจน์ว่าไม้ไผ่สามารถนำมาใช้ได้ตามมาตรฐาน โดยในงานวิจัยนี้ต้องการที่จะพัฒนามาตรฐานที่ใช้ในงานไม้ เช่น ASTM D143-09 [1] และ มาตรฐาน มยผ. 122-51 [2]ที่ใช้ในงานไม้ในประเทศไทยในการพิจารณาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ และทำการวิเคราะห์ถึง ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของไม้ไผ่ยักษ์ โดยในบทความฉบับนี้ ไม้ไผ่ยักษ์จากจังหวัดน่านที่มีอายุตั้งแต่ 1 ถึง 4 ปี ถูกทำมาใช้ในการทดลองหาคุณสมบัติเชิงกล และ ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเนื้อไม้ ไม้ไผ่ยักษ์ จะถูกเอามาทดสอบปัจจัยในเรื่องต่อไปนี้ อายุ (Age) สถานที่จัดเก็บที่ความสูงระดับน้ำทะเลที่แตกต่างกัน (location) ส่วนที่จัดเก็บ (Part Location)โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ลำปล้อง (Internode) และ ข้อปล้อง (Node) และความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของไม้ไผ่ยักษ์พบว่าไม้ไผ่อายุ 3-4 ปีมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดมีความชื้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 16.02-16.79 สามารถรับแรงอัดได้ที่ 29.74-43.79 MPa. แรงดึง 159.38-257.68 MPa. และแรงดัด 2.21-3.47 MPa. และส่วนลำปล้องมีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่าส่วนที่เป็นข้อปล้อง

คำหลัก: ไม้ไผ่ยักษ์, ลำปล้อง, ข้อปล้อง, แรงดึง, แรงดัด, แรงอัด

Abstract

Because bamboo has genetic diversity and does not have a standard such as the wood. To use the bamboos as a construction material must monitoring the quality by proved it with the standard .In this research were adopted a standard that used for wood, such as ASTM D143-09 [1] and MYP1211-51 standard for Thai wood [2] to considered the mechanical properties of TDG bamboo and analysis the factors that affect the strength of TDG bamboo. This paper used Thai Dendrocalamus Giganteus (TDG) bamboo from Nan province age 1-4 years investigated the mechanical properties and the factors. TDG factors investigated; Age, Location (Sea- level), Location (Node/Internode) and Moisture content (MC). The results showed that TDG bamboo at age 3-4 years old are the best on mechanical properties; with average moisture 16.02-16.79 % can resistant to compression 29.74-43.79 MPa, tensile 159.38-257.68 MPa and bending test 2.21-3.47 MPa. Internode area get the best results on mechanical properties than Node area.

Keywords: Thai Dendrocalamus Giganteus Bamboo (TDG), Internode, Node, Tensile strength, bending strength, compressive strengt

1. บทนำ

ไม้ไผ่ยักษ์ถือว่าเป็นไม้ไผ่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย โดยขนาดโตเต็มวัยมีเส้นรอบวงอยู่ที่ 80 - 90 cm มีความสูงอยู่ที่ 30 ถึง 45 เมตร และความหนาของเนื้อไม้อยู่ที่ 10-30 mm โดยมีน้ำหนักต่อลำ 200-300 กิโลกรัม/ขนาดลำยาว 35-45 เมตร โดยเนื้อไม้ไผ่ด้านนอกจะมีความเรียบ สามารถเจริญเติบโตได้ทุกที่ในประเทศไทย แต่ส่วนใหญ่ไม้ไผ่สายพันธุ์นี้เจริญเติบโตเป็นจำนวนมากในบริเวณภาคเหนือ ไม้ไผ่ในประเทศไทยถือว่าเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตค่อนข้างสูงเนื่องจากในประเทศไทยสามารถปลูกไม้ไผ่ได้ทุกที่ทั่วประเทศ ประกอบกับไม้ไผ่นั้นถือว่าเป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว [3,4] ไม้ไผ่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างเป็นเวลาช้านานในประเทศไทย แต่ไม่ได้รับการพัฒนาต่อยอดเข้าสู่กระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากขาดการศึกษาค้นคว้า และ วิจัย ในการพัฒนาเรื่อง มาตรฐาน และ คุณสมบัติเชิงกลในเชิงวิศวกรรม คุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่นั้นมีความหลากหลาย และความแตกต่างค่อนข้างสูง เนื่องจากไม้ไผ่มีความหลากหลายทางสายพันธุ์ โดยมีประมาณ 1200 สายพันธุ์จากทั่วโลก จึงทำให้คุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่มีความแตกต่างอยู่กับปัจจัยต่างๆเช่น สถานที่เพาะปลูก อายุ ความชื้นในเนื้อไม้ และอื่นๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ไม้ไผ่ที่อยู่ในเขตร้อนจะมีคุณสมบัติเชิงกลที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ไผ่จากทวีปอื่นๆส่วนใหญ่แล้วนั้นการนำไม้ไผ่มาใช้งานจะอยู่ในช่วงระหว่างอายุ 3-4 ปี [5,6,7] ซึ่งบทความฉบับนี้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาไม้ไผ่ เพื่องานแปรรูปในอนาคต และ การนำมาใช้ในเชิงวิศกรรมก่อสร้าง การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์ และ ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของไผ่ยักษ์ จึงเป็นเรื่องหลักในการศึกษา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์ในประเทศไทย และ ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์ แรงอัด แรงดัด และ แรงดึง

3. ขอบเขต

ไม้ไผ่ยักษ์ที่นำมาใช้ทดสอบ นำมาจากจังหวัดน่าน ตำบลท่าวังผา โดยไม้ไผ่มีอายุตั้งแต่ 1-4 การจัดเก็บไม้ไผ่ตัดจากบริเวณท่อนโค่นวัดขึ้นมา ประมาณ 2.50 เมตร

4. อุปกรณ์ และวิธีวิจัย (Material and Method)

ในการศึกษานี้ไม้ไผ่ยักษ์ (TDG) มีอายุตั้งแต่ 1-4 ปี ถูกนำมาแช่น้ำ 7 วันโดยให้ทุกลำจมอยู่ใต้น้ำผสมกับ borax และ นำมาทำให้แห้งด้วยวิธี ตากแดดประมาณ 6 ชั่วโมง ช่วงเวลา 10.00 - 4.00 ร่วมกับการนำมาผึ่งให้แห้งในห้องที่มีหลังคาคลุม 1 อาทิตย์ หลังจากนั้น ผึ่งให้แห้งในที่ร่มมีหลังคาคลุม และทำเป็นชั้นลอย ให้อากาศผ่านให้ทั่วถึงทุกลำ ประมาณ 3 เดือน เรียกวิธีนี้ว่าการทำให้แห้งด้วยลม (Air Dry) จนไม้ไผ่เป็นสีเหลือง และนำมาทดสอบด้วยเครื่อง Universal Test Machine (UTM) โดยการกำหนดตัวแปรในการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 ปัจจัยด้านอายุ (Age)

ไม้ไผ่อายุ 1-4 ปี จำนวน แต่ละช่วงอายุใช้ในการทดสอบ แรงอัด แรงดัด แรงดึง ช่วงอายุละ 6 ชิ้นตัวอย่างทดสอบ

4.2 ปัจจัยด้านสถานที่จัดเก็บ (location (A)

ไม้ไผ่ที่จัดเก็บในการทดสอบในงานวิจัยนี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามความแตกต่างของความสูงระดับน้ำทะเล ดังนี้ 1. ที่ระดับความสูง 500-800 เมตร และที่ระดับความสูง มากกว่า 1000 เมตร

4.2 ปัจจัยด้านส่วนการจัดเก็บ (Part IN/N)

ไม้ไผ่แต่ละช่วงอายุ จาก 1-4 ปี ที่ทำการทดสอบการรับแรงอัด แรงดัด และ แรงดึง จัดเก็บเป็น 2 ส่วน ลำปล้อง (Internode) ข้อปล้อง (Node)

5. การทดสอบ และ มาตรฐานการทดสอบ

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ อ้างอิงจากมาตรฐานงานไม้ จาก ASTM D143-09 และ มาตรฐาน มยผ. 1211-51 โดยมีรายละเอียด ของขนาดทดสอบและจำนวนที่ใช้ในการทดสอบ ดังแสดงใน ตาราง 1

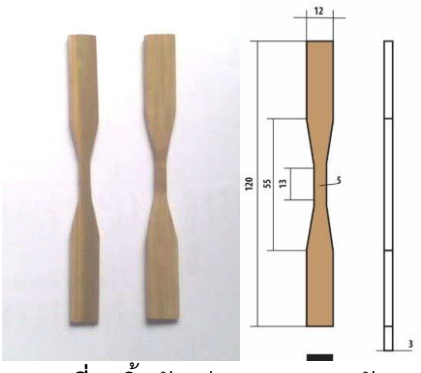
ตารางที่ 1 ขนาด ของชิ้นตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D143-09

ทอสอบ	จำนวน	ขนาด mm	หนา mm	ความเร็วในการทดสอบ mm/min
แรงดึง	36	120 ×12	3	5
แรงอัด	36	80 ×10	10	5
แรงดัด	36	100 ×10	3	5

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ดังต่อไปนี้

5.1 การทดสอบการรับแรงดึง

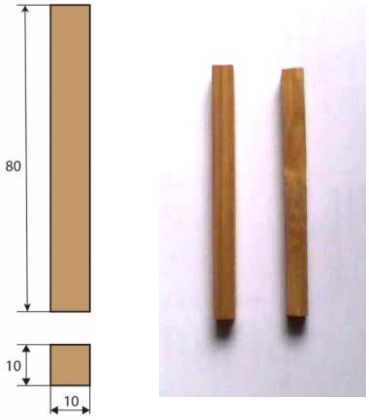
การตรียมชิ้นทดสอบการตัดไม้ไผ่ที่จะนำมาทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D143-09 (Standard test for small clear specimens of timber) และ มาตรฐาน มยผ.1225.51[8] โดยชิ้นทดสอบถูกนำมาเป็นรูป กระดูกหมา (Dog bone) ด้วยขนาดความยาว 120 มิลลิเมตร กว้าง 12 มิลลิเมตร ดังแสดงใน รูปที่ 1 จำนวนไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบ 36 ชิ้น แต่ละช่วงอายุถูกแบ่งเป็นกลุ่มละ 6 ชิ้น โดยแบ่งเป็นส่วน Internode 3 ชิ้น และ Node 3 ชิ้น ยกเว้นไม้ไผ่อายุ 2 ปีการเตรียมชิ้นทดสอบเป็น 2 ชุด



รูปที่ 1 ชิ้นตัวอย่างทดสอบการรับแรงดึง

5.2 การทดสอบการรับแรงอัด (Compression Test)

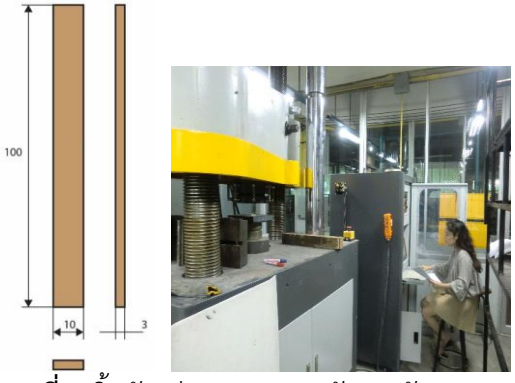
การตรียมชิ้นทดสอบการตัดไม้ไผ่ที่จะนำมาทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D143-09 (Standard test for small clear specimens of timber) และ มยผ. 1222.51 [8] โดยการตัดไม้ไผ่เป็นรูปเสาสี่เหลียมขนาดเล็กด้วยขนาดความยาว 80 มิลลิเมตร กว้าง 10 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร โดยการตัดไม้ไผ่ สองส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้อปล้อง (Node) ในงานวิจัยกำหนดค่ารหัสสำหรับการตรวจสอบเป็น N และ ส่วนที่เป็นลำปล้อง (Internode) ในงานวิจัยกำหนดค่ารหัสสำหรับการตรวจสอบเป็น IN ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชิ้นตัวอย่างทดสอบการรับแรงอัด

5.3 การทดสอบการรับแรงดัด (Bending Test)

การเตรียมชิ้นทดสอบการตัดไม้ไผ่ที่จะนำมาทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D143-09 (Standard test for small clear specimens of timber) และ มาตรฐานมยผ.1222.51[9] โดยตัดไม้ไผ่เป็นรูปเสาสี่ เหลียมขนาดเล็กด้วยขนาดความยาว 100 มิลลิเมตร กว้าง 10 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร ดังแสดงใน รูปที่ 3



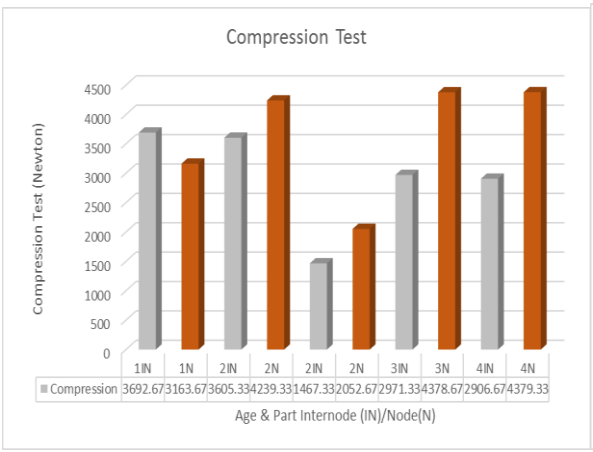
รูปที่ 3 ชิ้นตัวอย่างทดสอบการรับแรงดัด

โดยการทดสอบ แรงอัด แรงดึง และ ดัด ด้วยเครื่องมือ Universal test Machine (UTM) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม ดังแสดงใน รูปที่ 3

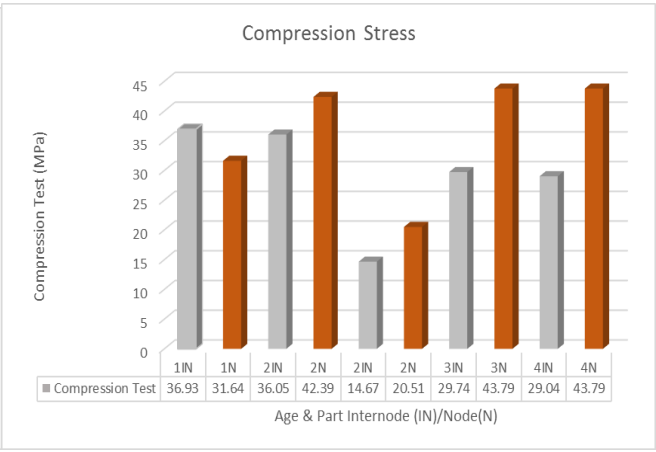
6. ผลการทดลอง และการอธิปรายผลการทดลอง

6.1วิเคราะห์การรับแรงอัด (Compression Test)

วิเคราะห์การรับแรงอัดของไม้ไผ่ของไม้ไผ่โดยใช้มาตรฐาน ASTM D143-09 พบว่าไม้ไผ่ยักษ์อายุ 1-4 ปี ที่ความชื้นร้อยละ 16.20 -18.16 การรับกำลังอัดเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 1467.33 – 1379.33 นิวตัน ดังแสดงใน รูปที่ 4 หน่วยแรง (Stress) 14.67-43.79 MPa ผลการทดสอบดังแสดงใน รูปที่ 5 จากการทดสอบพบว่าไม้ไผ่ยักษ์อายุ 3 ปี และ 4 ปี รับกำลังต้านแรงอัดได้ดีที่สุด โดยส่วนที่เป็นลำปล้อง (IN) สามารถรับน้ำหนักแรงอัดเฉลี่ย 2971.33 ,2906.67 นิวตัน และส่วนที่เป็นข้อปล้อง (N) สามารถรับแรงอัดเฉลี่ย 4378.67 , 4379.33 นิวตัน ที่หน่วยแรง (Stress) 43.79 , 43.79 MPa

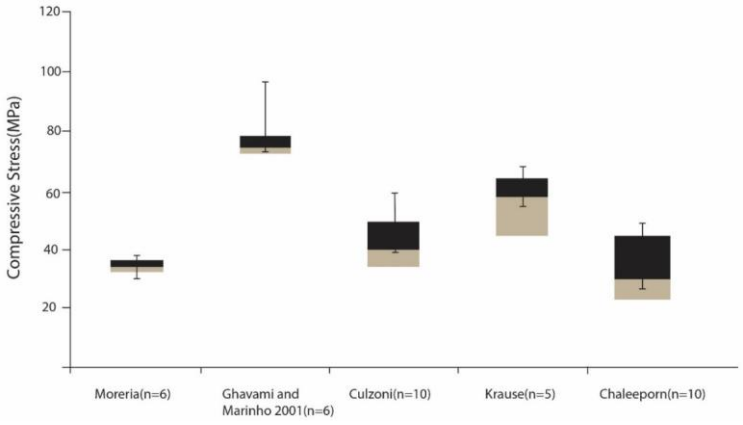


รูปที่ 4 ผลการทดสอบการรับแรงอัดของไม้ไผ่ยักษ์



รูปที่ 5 ผลการทดสอบการรับแรงอัดของไม้ไผ่ยักษ์

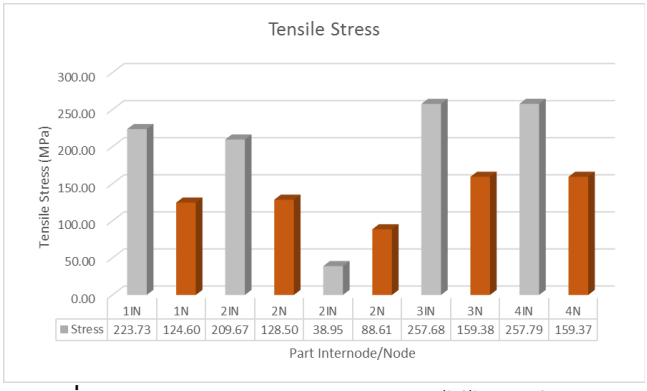
จากผลการทดสอบ การรับแรงอัดของไม้ไผ่ยักษ์ในประเทศไทย เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ในต่างประเทศ รูปที่ 6 พบว่าการรับแรงอัดมีของไม้ไผ่ยักษ์ในประเทศไทย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในค่ากลาง เนื่องจากการทดสอบการรับแรงอัดของงานวิจัยนี้ ขนาดชิ้นตัวอย่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมตามขนาดมาตรฐานงานไม้ ส่วนงานวิจัยอื่นเน้นไปที่การทดสอบลำไผ่ทั้งลำ จากผลการทดสอบพบว่าไม้ไผ่ยักษ์ในประเทศไทย สามารถรับกำลังอัดสูงสุดประมาณ 39.93-43.79 ซึ่งถือว่าสามารถรับกำลังอัดได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดที่ใช้ทดสอบ ผลทดสอบจากงานวิจัยอื่น [10] ทดสอบไม้ไผ่ยักษ์ทั้งลำ ตัด 1 ข้อ ผลการทดสอบแรงอัด 78.00 MPa [11,12] ทดสอบไม้ไผ่ยักษ์ทั้งลำ 2 ข้อ สามารถรับแรงอัดได้ 40.3,34.0 MPa



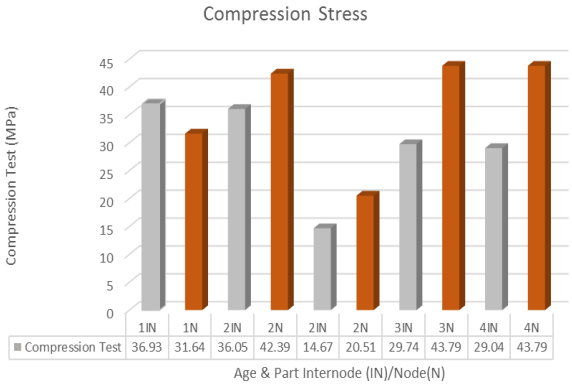
รูปที่ 6 เปรียบเทียบการรับแรงอัดของไม้ไผ่ยักษ์ในประเทศไทยกับ ต่างประเทศ

6.2 วิเคราะห์การรับแรงดึง (Tensile Test)

พบว่าค่าเฉลี่ยแรงดึงไม้ไผ่ยักษ์ ตั้งแต่อายุ 1- 4 ปี ที่ความชื้นร้อยละ 15.07-17.83 มีค่าเฉลี่ยการรับกำลังดึง อยู่ระหว่าง 584.30 - 3869.50 นิวตัน โดยช่วงอายุ 3 ปี ที่ค่าความชื้นร้อยละ 15.03 ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 1000 เมตร สามารถรับแรงดึงได้สูงสุด ที่บริเวณ ลำปล้อง (IN) 3869.50 นิวตัน และ ส่วนที่เป็นข้อปล้อง (N) 2388.86 นิวตัน ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 7 และ รูปที่ 8 ไม้ไผ่ในส่วนลำปล้องค่าหน่วยแรง (Stress) 257.68 MPa และ ค่าหน่วยแรง (Stress) ที่ข้อปล้อง 157.38 MPa

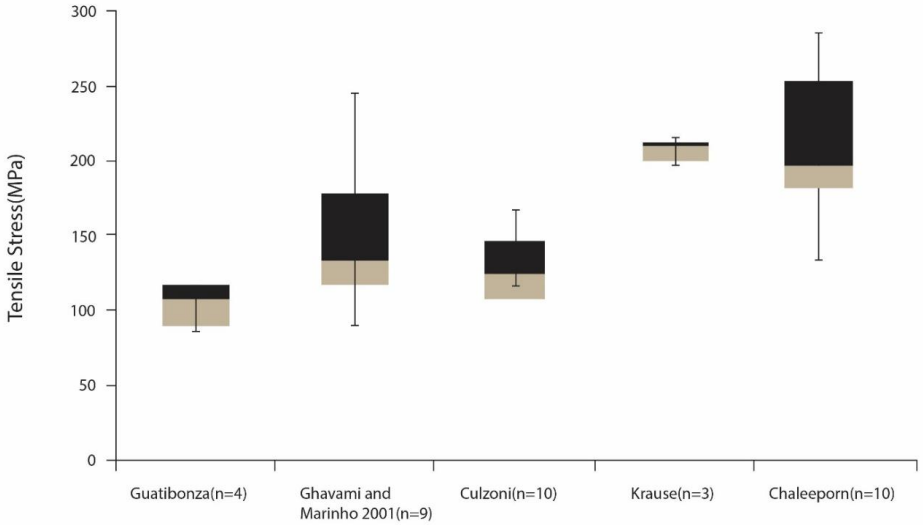


รูปที่ 7 ผลการทดสอบการรับแรงดึงของไม้ไผ่ยักษ์



รูปที่ 8 ผลการทดสอบหน่วยแรง (Stress) ของไม้ไผ่ยักษ์

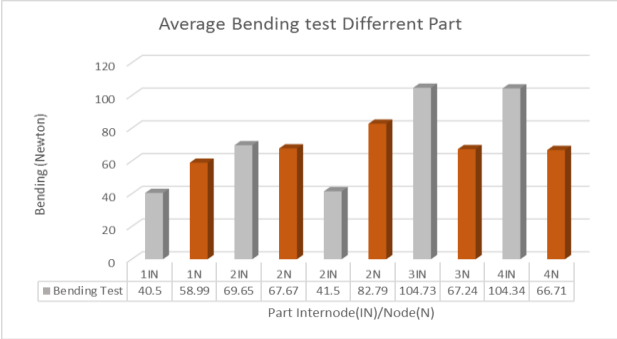
เปรียบเทียบ ผลการทดสอบในการรับแรงดึงของไม้ไผ่ยักษ์กับงานวิจัยในต่างประเทศ พบว่าไม้ไผ่ยักษ์ในประเทศไทยสามารถรับแรงดึงได้สูงที่สุด เนื่องจากขนาดที่ใช้ในการทดสอบของงานวิจัยนี้ใช้ขนาด ตาม ASTM 143 D ที่ตัดเป็นกระดูกหมา (Dog Bone) มีขนาดยาว 120 กว้าง 12 mm ไม้ไผ่ยักษ์สามารถรับแรงดึงสูงสุด 257.68 MPa เมื่อเปรียบเทียบกับขนาด ที่งานวิจัยอื่นๆ เช่น [14,10,11,13] สามารถรับแรงดึงสูงสุด 100.6, 149.4, 192.4, 205.2 ไม้ไผ่ยักษ์สามารถรับแรงดึงสูงสุดสัมพันธ์กับความหนาของเนื้อไม้ ไผ่ยักษ์ไทยหนาที่สุดเมื่อเทียบกับ กับชิ้นทดสอบอื่น ๆ โดยความหนาของไม้ไผ่ยักษ์ไทย จะอยู่ประมาณ 15-16.5 mm และงานวิจัย [14,10,11,13] ความหนาเนื้อไม้ 14.7,9.00,9.20,9.64 mm ผลการทดสอบการรับแรงดึงจาก รูปที่ 9



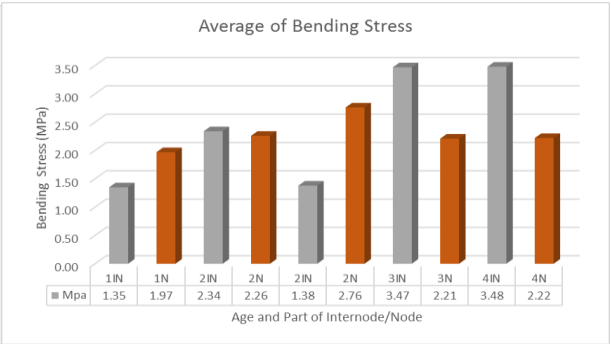
รูปที่ 9 ผลการทดสอบหน่วยแรง (Stress) ของไม้ไผ่ยักษ์

6.3 วิเคราะห์การรับแรงดัด (Bending Test)

ผลทดสอบพบว่า ไม้ไผ่อายุ 3-4 ปี รับแรงดัดได้ดีที่สุด บริเวณลำปล้องที่ความชื้น 166.79-16.88 รับแรงดัดสูงสุดเฉลี่ย 104.34-104.73 นิวตัน ดังแสดงใน รูปที่ 10 และหน่วยแรง (Stress) บริเวณข้อปล้องความชื้นเฉลี่ย 16.02-16.03 รับแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด 66.71-67.21 ผลการทดลอง จาก รูปที่ 11

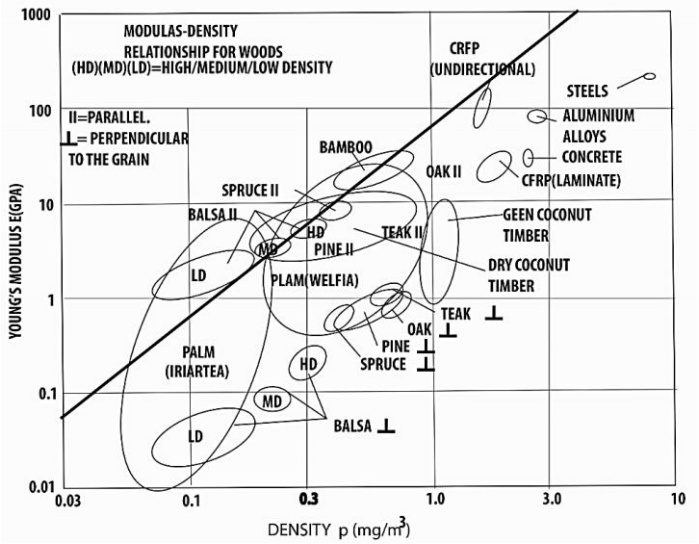


รูปที่ 10 ผลการทดสอบการรับแรงดัดของไม้ไผ่ยักษ์



รูปที่ 11 ผลการทดสอบหน่วยแรง (Stress) ของไม้ไผ่ยักษ์

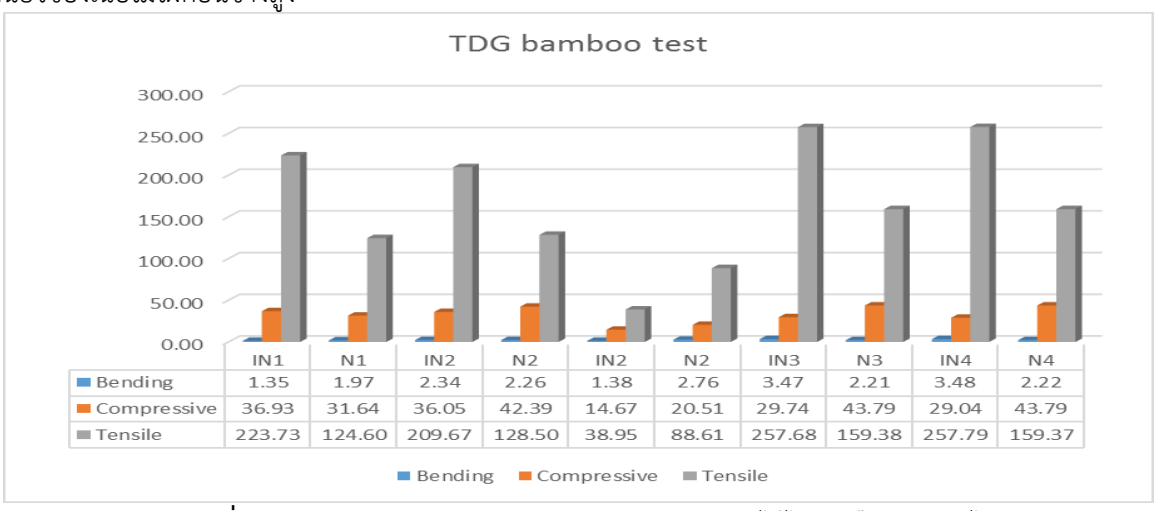
ผลการทดสอบไม้ไผ่ยักษ์ อายุ 1-4 ปี ที่ความชื้นระหว่างร้อยละ 16.03 -17.23 สามารถรับแรงดัดได้ตั้งแต่ 40.5 - 104.73 นิวตัน จากงานวิจัยในเรื่องโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) และความหนาแน่น (Density(ρ)) ในเรื่องประโยชน์ของไม้ไผ่ในการพัฒนาไม้ไผ่เป็นวัสดุก่อสร้างเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างอื่นๆ จากมหาวิทยาลัย Cambridge ดังแสดงใน รูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่าวัสดุก่อสร้างที่อยู่ในระหว่าง เส้น จากสมการ $c = E^{1/2}/\rho$ ถือว่าเป็นวัสดุก่อสร้างที่ความยืดหยุ่นที่ดี จาก รูปที่ 11 ไม้ไผ่อยู่ในเส้นตัดจากสมการ ถือว่าเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง



รูปที่ 12 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ของไม้ไผ่เปรียบกับวัสดุก่อสร้างอื่น

6.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์

ไม้ไผ่ยักษ์ที่ได้รับการทดสอบที่อายุ 3 และ 4 ปี มีคุณสมบัติเชิงกล ดีที่สุดทั้งในเรื่อง การรับแรงอัด แรงดัด และแรงดึง นั้นย่อมแสดงว่าช่วงอายุ ทั้งสองสามารถใช้ทดแทนกันได้ จากรูปที่ 11 การเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์ อายุ 1-4 ปี การวิบัติส่วนใหญ่ของไม้ไผ่ยักษ์ จะเป็นรอยที่ชิ้นทดสอบแต่ไม่หักหรือฉีกขาดออกจากกัน แสดงถึงความเหนียวของเนื้อไม้ไผ่ค่อนข้างสูง

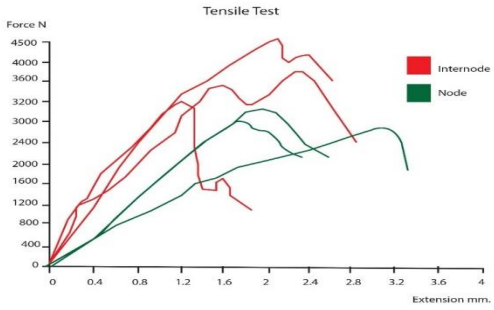


	IN1	N1	IN2	N2	IN2	N2	IN3	N3	IN4	N4
Bending	1.35	1.97	2.34	2.26	1.38	2.76	3.47	2.21	3.48	2.22
Compressive	36.93	31.64	36.05	42.39	14.67	20.51	29.74	43.79	29.04	43.79
Tensile	223.73	124.60	209.67	128.50	38.95	88.61	257.68	159.38	257.79	159.37

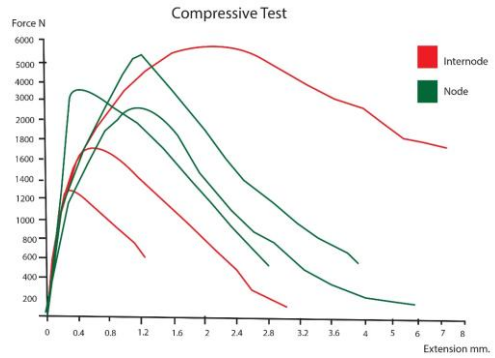
รูปที่ 12 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลอายุ 1-4 ปีของไม้ไผ่ยักษ์ในประเทศไทย

6.5 คุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์ อายุ 3 ปี

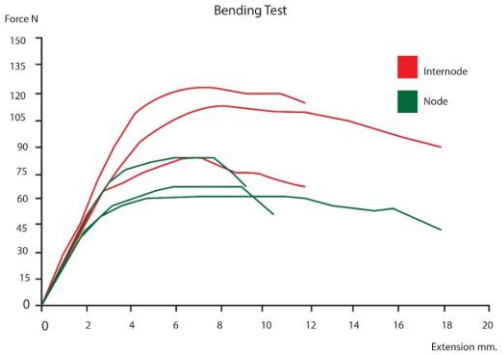
เลือกไม้ไผ่ยักษ์ช่วงอายุ 3 ปี มาทำการเปรียบเทียบ คุณสมบัติเชิงกล เนื่องจากอายุ 3 ปีถือว่าเป็นช่วงที่เหมาะที่จะนำมาใช้ใน อุตสาหกรรมการแปรรูปในอนาคต เพราะว่าเป็นระยะการเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด จากผลการทดสอบเป็นการเปรียบเทียบ บริเวณการจัดเก็บในส่วนข้อปล้อง (N) และ ลำปล้อง (IN) ผลการทดสอบจากรูปที่ 12-14 แสดงให้เห็นว่าบริเวณการจัดเก็บในส่วน ลำปล้อง (Internode) สามารถต้านแรง อัด ดัด ดึง ได้ดีกว่าส่วน ข้อปล้อง (Node) ซึ่งสอดคล้องกับ ไมโครสโคปของเนื้อไผ่ บริเวณลำปล้องมีเนื้อเยื่อไผ่ ที่เรียงกันอยู่อย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ดังแสดงใน รูปที่ 15 ข



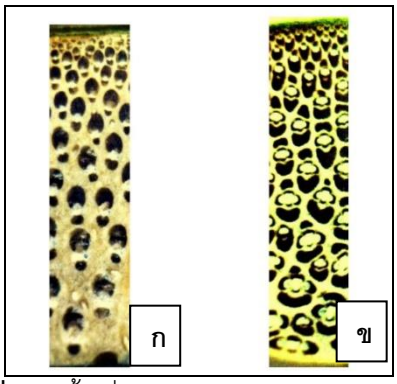
รูปที่ 12 การรับแรงดึงของไม้ไผ่ยักษ์ อายุ 3 ปี



รูปที่ 13 การรับอัดของไม้ไผ่ยักษ์ อายุ 3 ปี



รูปที่ 14 การรับกำลังดัดของไม้ไผยักษ์อายุ 3ปี



รูปที่ 15 เนื้อเยื่อไม้ไผ่ ก. ข้อปล้อง ข. ลำปล้อง

6.6 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรง

จากผลการทดสอบ ไม้ไผ่ยักษ์พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของไม้ไผ่ยักษ์ ที่สำคัญ คือ ความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ที่มีผลมาจากปัจจัย ดังต่อไปนี้ อายุ สถานที่จัดเก็บ และ ส่วนที่จัดเก็บ โดยผลการการทดสอบ มีความหลากหลายของปัจจัยต่างๆ การวิเคราะห์ผลข้อมูลเชิงสถิติ ด้วยวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ จากผลการทดลองใน ตาราง ที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์

Code	High	Moisture Content	Age	compressive	tensile	bending
	Meter	%	Year	MPa	MPa	MPa
1 IN	> 1000	17.23	1	36.93	223.73	1.35
1 N	> 1000	17.20	1	31.64	124.60	1.97
2 IN	500-800	16.97	2	36.05	209.67	2.34
2 N	500-800	16.60	2	42.39	128.50	2.26
2 IN	> 1000	16.17	2	14.67	38.95	1.38
2 N	> 1000	16.27	2	20.51	88.61	2.76
3 IN	> 1000	16.79	3	29.74	257.68	3.47
3 N	> 1000	16.02	3	43.79	159.38	2.21
4 IN	500-800	16.80	4	29.04	257.79	3.48
4 N	500-800	16.03	4	43.79	159.37	2.22

6.7 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

การวิเคราะห์ดังแสดงใน ตาราง 3 ที่ นัยสำคัญ 0.05 ผลการทดลองพบว่า อายุ (Age) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด โดยผลจากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.39235 ปัจจัยรองลงมา คือ บริเวณการจัดเก็บ ซึ่งในบทความนี้กำหนดเป็น 2 ส่วน คือ ข้อปล้อง (Node) และลำปล้อง(Internode) โดยผลจากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.281085 ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างของไม้ไผ่จากการศึกษาพบว่าเนื้อเยื่อของไม้ไผ่บริเวณ ลำปล้องมีการจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น และเป็นระเบียบ และ ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงน้อยที่สุด สถานที่เพาะปลูกที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล ผลทดสอบพบว่าไม่มีนัยสำคัญ โดยมีผลจากการคำนวณเท่ากับ 0.0362376

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

	อายุ	สถานที่จัดเก็บ (A)	ส่วนที่จัดเก็บ (IN/N)	ความชื้น
อายุ	1			
สถานที่จัดเก็บ (A)	-0.48038	1		
ส่วนที่จัดเก็บ (IN/N)	-1.5E-17	0	1	
ความชื้น	-0.39235	0.0362376	-0.281085	1

ที่นัยสำคัญ = 0.05

7. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาปัจจัยต่างๆที่ผลต่อความแข็งแรงของเนื้อไม้ไผ่ยักษ์ การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล จากผลการทดสอบ สรุปได้ดัง รูปที่ 15 ปัจจัยทีมีผลต่อความแข็งแรงของไม้ไผ่ ด้วยการวิเคราะห์จากผลทดสอบสามารถชี้ให้เห็นว่าปัจจัยหลักที่มีผลทางตรงกับผลทดสอบ คือ ในเรื่องความชื้นในเนื้อไม้ และ ความหนาแน่นของเส้นใยไม้ไผ่ในเนื้อไม้ไผ่ โดยความชื้นในเนื้อไผ่เป็นผลมาจาก ปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

7.1 ปัจจัยด้านอายุ

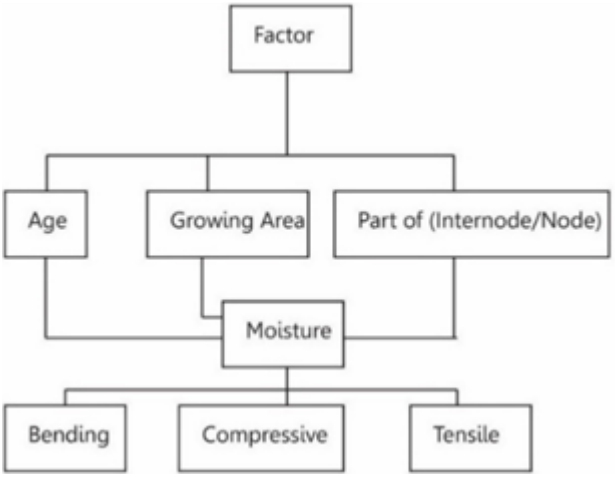
จากการทดสอบไม้ไผ่ยักษ์อายุ 1-4 ปี พบจากผลการทดสอบอายุที่เหมาะสมในการนำเอามาแปรรูปเป็นคาน ไม้ไผ่อายุ 3-4 ปีมีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้แปรรูป จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ยักษ์ และการสังเกตุการเจริญเติบโตของไม้ไผ่ ในเรื่องขนาดของไม้ไผ่ สรุปความสำคัญได้ว่า ช่วงอายุที่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการก่อสร้าง อยู่ที่ 3-5 ปี แต่ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบ ไม้ ไผ่ 1-4 ปี การเลือกไผ่อายุ 3 ปี มาใช้ในการตรวจสอบเพิ่มเติมเนื่องจากสามารถทำให้วงจรในการผลิตไม้ไผ่สั้น และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้จำนวนมาก อีกทั้งจากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไผ่ในช่วงอายุนี้ สามารถรับแรงอัด แรงดัด และ แรงดึงได้ดี จากการทดสอบพบว่าอายุของลำไผ่เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก ไม้ไผ่ที่มีอายุน้อยจะมีความชื้นในเนื้อไม้ไผ่สูงกว่าไม้ไผ่ที่มีอายุมาก อายุของไม้ไผ่ยิ่งมากค่าความร้อนในเนื้อไม้ยิ่งสูง และจะทำให้ความแข็งแรงในเนื้อไม้ไผ่ค่อยๆลดลง และยากต่อการนำเอามาใช้งาน ไม้ไผ่เมื่ออายุ 10ปี ขึ้นไปถ้าไม่นำมาใช้งานจะเกิดการยืนต้นตาย

7.2 ปัจจัยจากส่วนที่จัดเก็บ (IN/N)

เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับสองเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของไม้ไผ่ มีการเชื่อมต่อระหว่างลำและ ปล้อง การนำเอาไม้ไผ่มาใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเชิงกลในส่วนนี้ เพราะจากผลทดลองพบว่า การรับกำลังของทั้งสองส่วนไม่เท่ากัน โดยไม้ไผ่ในส่วนลำปล้อง (Internode) สามารถรับกำลังได้ดี กว่าส่วนข้อปล้อง (Node) การจัดเก็บไม้ไผ่จาก โค่นถึงยอดก็มีความสำคัญ เช่นกัน ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เพียงท่อนโค่นวัดขึ้นมา 2.5 เมตร เนื่องจาก ท่อนโค่นมีลักษณะทางกายภาพดีทีสุด มีเนื้อหนาที่สุด จากการศึกษาพบว่าจากโค่นต้นถึง ปลายคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ไม่เท่ากัน

7.3 ปัจจัยสถานที่เพาะปลูก (Growing Area)

จากการศึกษา และสอบถามชาวสวนไผ่เพื่อเปรียบเทียบการนำเอาพันธุ์ไผ่ยักษ์ที่ปลูกในภาคเหนือและไผ่ยักษ์ที่ปลูกในภาคอีสาน ในระยะเวลาเดียวกัน ไม้ไผ่ในภาคเหนือ จะโตเร็วกว่าภาคอีสานประมาณ 2 ปี ถ้าต้องการให้มีขนาดลำเท่ากัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เพียงไผ่ในภาคเหนือในการทดสอบจากผลทดลอง และการนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้ว ถือว่าไม่มีนัยยะสำคัญ แต่ก็มีผลในเรื่องลักษณะทางกายภาพ ดินที่ใช้ในการเพาะปลูก การดูแล



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่

8. กิตติกรรมประกาศ

จากผลการทดสอบในบทความฉบับนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย ประเภททุนบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2560

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ASTM D143-09. (2009). *Standard test method for small clear specimens of timber.* West Conshohocken ,PA,USA: ASTM international .

[2] มยผ. 1221-51 *มาตรฐานงานไม้*: สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการ และ ผังเมือง พ.ศ 2551, URL:http://services.dpt.go.th/csb/Picture/MRT/layout.pdf

[3] Harries KA, Sharma B, & Richard MJ. (2012). Structural use of full culm bamboo: the path to standardization. *Int Arch Eng Constr* , 66-75.

[4] Dunkelberg , & Klaus. (1985). *IL-31: Bamboo as a building material.* Institut fur Leicht Flachentragwerke (IL): Universitat Stuttgart .

[5] Gatoo A, Sharma B, & Bock M. (2014). Structural use of full clum bamboo; the path to standardization and Building code. *Proc Inst Civil Engineer,* 189-96.

[6] Ghavami K. (2005). Bamboo as reinforcement in structural concrete element. *Cement & Concrete Composites,* 637-49.

[7] Janssen JJA. (1981). *Bamboo in Building structures, PhD thesis.* Holland: Eindhoven University of technology.

[8] มยผ.1225.5, มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านแรงดึงของไม้, สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ 2551, URL:http://services.dpt.go.th/csb/Picture/MRT/layout.pdf

[9] มยผ.1221.51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้, สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการ และ ผังเมือง พ. 2551, URL:http://services.dpt.go.th/csb/Picture/MRT/layout.pdf

[10] มยผ. 1224.51. (2551).มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านแรงดัดของไม้, สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการ และ ผังเมือง พ. 2551, URL:http://services.dpt.go.th/csb/Picture/MRT/layout.pdf

[11] Ghavami, K., and Marinho. (2001). *Determinição das propriedades mecanicas dos bambus das especies: moso, matake, Guadua angustifolia, guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus, para utilização na engenharia (in Portuguese).* Rio de Janeiro: PUC-Rio.

[12] Moreira, L.E. (1991). *Desenvolvimento de estruturas treliçadas espaciais de bamboo* (in Portuguese). Doctoral Dissertation, Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro.

[13] Culzoni, R.A.M. (1985). *Caracteristicas dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto(in Portuguese).* Master's Thesis, Pontifícia Universidade Católica.

[14] Krause, J. (2009). *Desenvolvimento de elementos especiais de bambu para treliças espaciais (in Portuguese).* Master's Thesis, Pontifícia Universidade Católica.

[15] Guatobonza. (2009). *Determinação experimental da tenacidade do bamboo do modo I (KIC) e modo II (KIIC)(in Portuguese).* Pontifícia Universidade: Master's Thesis

การประเมินน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT

Estimating Runoff in Prachinburi basin using by SWAT model.

อิศเรศ กะการดี*

สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180
*ผู้ติดต่อ: E-mail: isared@vru.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 086-871-9067

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปราจีนบุรี ซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดสระแก้ว พื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 9,650 ตารางกิโลเมตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาพน้ำท่าที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูล DEM ข้อมูลดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลสภาพอากาศ เพื่อมาประมวลผลด้วยแบบจำลอง SWAT แบบรายวันและสรุปผลเป็นรายเดือน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำท่ารายเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มีความสอดคล้องกับข้อมูลน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด KGT.9 โดยผลการปรับเทียบแบบจำลองในช่วงปี ค.ศ. 2000-2007 และผลการทวนสอบแบบจำลองในช่วงปี ค.ศ. 2008-2014 ค่า Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) เท่ากับ 0.76 และ 0.71 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ สามารถใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า เพื่อจัดการลุ่มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: ลุ่มน้ำปราจีนบุรี, น้ำท่า, แบบจำลอง SWAT

Abstract

This study is an application of the SWAT model for the estimation of runoff in Prachinburi basin are covered, Prachin Buri and Srakaew Province. The Area basin is about 9,650 square kilometers. The purpose of this study was to evaluate the rainfall-runoff relationship using DEM data, soil data, land use and climate data. In processing by SWAT model for the daily and monthly summary. The results showed that the monthly runoff from the SWAT model was consistent with the observed data from the KGT.9 gage station. Model calibration results from 2000-2007 and model validation results from 2008-2014 are Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) was 0.74 and 0.78, respectively. Can be used as an analytical tool to effectively manage the watershed.

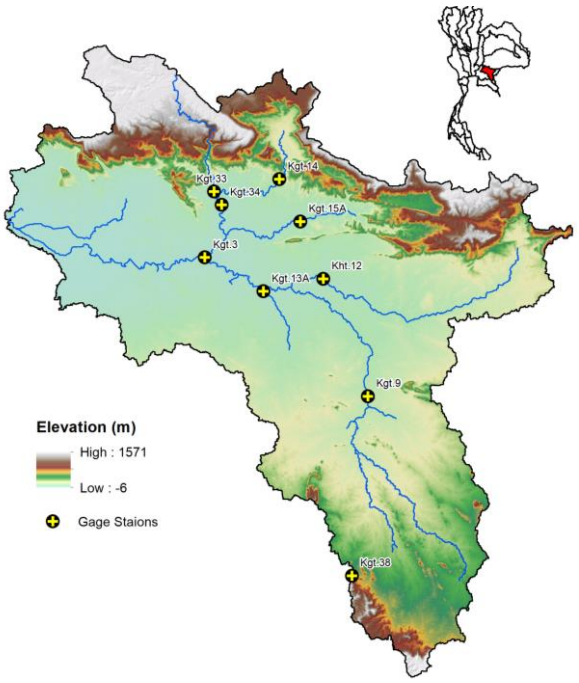
Keywords: Prachin Buri basin, Runoff, SWAT model.

1. บทนำ

ในงานศึกษาด้านอุทกวิทยาเป็นส่วนหนึ่งของงานทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาและวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากในปัจจุบันความต้องการใช้น้ำในทุกภาคส่วนมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านอุปโภคบริโภคและทางการเกษตรกรรม ด้วยเหตุนี้การวางแผนเพื่อบริหารจัดการน้ำจึงมีความสำคัญ จำเป็นต้องรู้ปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละที่ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งแต่ละลุ่มน้ำจะมีการประเมินปริมาณน้ำในรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำนั้น ๆ การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการประเมินปริมาณน้ำก็เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์วัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาพน้ำท่าที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน โดยผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางพัฒนาสำหรับการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อการพัฒนาประเทศในอนาคตต่อไป

2. พื้นที่ศึกษา

ลักษณะลุ่มน้ำปราจีนบุรีวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13° 02’ เหนือถึงเส้นรุ้งที่ 14° 28’ เหนือและอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 101° 10’ ตะวันออกถึงเส้นแวงที่ 102° 33’ ตะวันออก มีอาณาเขตด้านทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำมูล ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำบางปะกง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโตนเลสาป มีแม่น้ำสายหลัก คือ แม่น้ำปราจีนบุรี ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำบางปะกง เกิดจากการไหลมาบรรจบกันของแม่น้ำ 2 สาย คือ แม่น้ำหนุมาน และแม่น้ำพระปรง แม่น้ำปราจีนบุรีจะไหลไปบรรจบกับแม่น้ำนครนายกที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา กลายเป็นแม่น้ำบางปะกง แล้วไหลลงอ่าวไทย [1] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา (ลุ่มน้ำปราจีนบุรี)

3. เครื่องมือและวิธีการ

3.1 แบบจำลอง SWAT

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็น แบบจำลองทางอุทกวิทยา ที่เป็นสาธารณสิทธิ์ จัดทำขึ้นโดย Agricultural Research Service ที่ Grassland Soil and Water Research Laboratory สหรัฐอเมริกา สามารถดาวน์โหลดฟรีที่เวปไซต์ http://swat.tamu.edu/ ซึ่งทำงานร่วมกับข้อมูลระบบ GIS ได้โดยเป็นแบบจำลองประเภท Continuous-time basin-scale hydrologic model [2] มีความสามารถในการจำลองพื้นที่มีความซับซ้อนทางด้านอุทกวิทยาขนาดใหญ่ และประมวลผลเป็นช่วงเวลาต่อเนื่องทั้งรายวัน รายเดือน และรายปี เป็นที่ยอมรับและนำไปประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง

3.2 ข้อมูลที่ใช้

1) DEM (Digital Elevation Model) คือ แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขชนิด Raster file สามารถแสดงความสูงและความชัน มีค่าระดับความสูงหน่วยเป็นเมตร สามารถดาวน์โหลดฟรีจากเวปไซต์ http://www.srtm.csi.cgiar.org [3] pixel size ขนาด

90 เมตร มีระบบที่ใช้ในการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์คือ WGS_1984_UTM_Zone 47 N และ Datum D_GCS_1984 เป็นตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก

2) Soil grid คือข้อมูลแผนที่ดินชนิด Raster file จากกรมพัฒนาที่ดิน ครอบคลุมพื้นที่ศึกษากำหนด Pixel size 90 เมตร ซึ่งมีทั้งหมด 69 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2

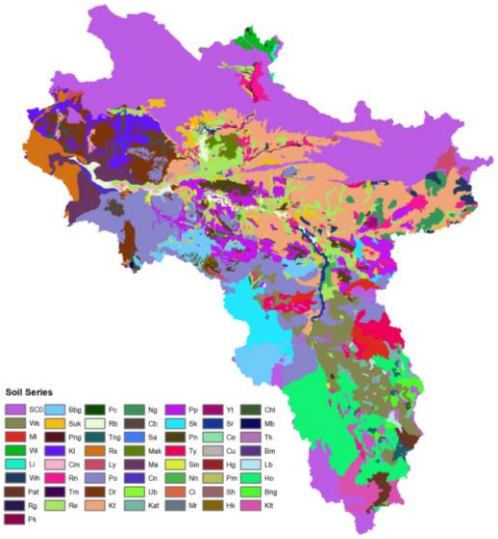
3) LandUse grid คือข้อมูลแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิด Raster file จากกรมพัฒนาที่ดิน กำหนด Pixel size 90 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดำเนินการกำหนดรหัสตามฐานข้อมูล SWAT

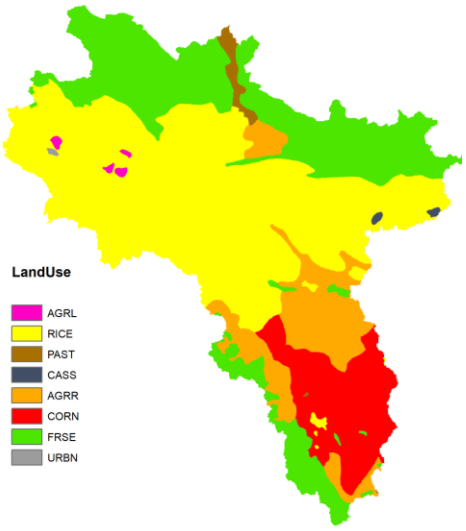
ลำดับ	Landuse SWAT	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปอร์เซนต์
1	AGRL	29.06	0.307
2	RICE	4,634.31	48.951
3	PAST	93.73	0.99
4	CASS	16.57	0.175
5	AGRR	1,077.75	11.384
6	CORN	1,026.63	10.844
7	FRSE	2,583.80	27.292
8	URBN	5.40	0.057
	รวม	9,467.25	100

4) Climate data คือข้อมูลที่มีการเก็บเชิงสถิติชนิดรายวันในรูปแบบ Table (ตาราง) โดยรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน ตั้งแต่ช่วงเวลาที่เริ่มมีการบันทึกข้อมูลถึงปัจจุบัน ประกอบด้วย ปริมาณฝน จำนวนวันที่ฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความเข้มของแสงอาทิตย์ เป็นต้น

5) Observed data คือข้อมูลน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดที่มีการบันทึกเป็นสถิติและมีความต่อเนื่องกันชนิดรายวัน จากกรมชลประทาน โดยจะนำมาใช้ตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้สถานี KGT.9 เนื่องจากข้อมูลค่อนข้างสมบูรณ์และมีความต่อเนื่อง



รูปที่ 2 แผนที่ชุดดิน



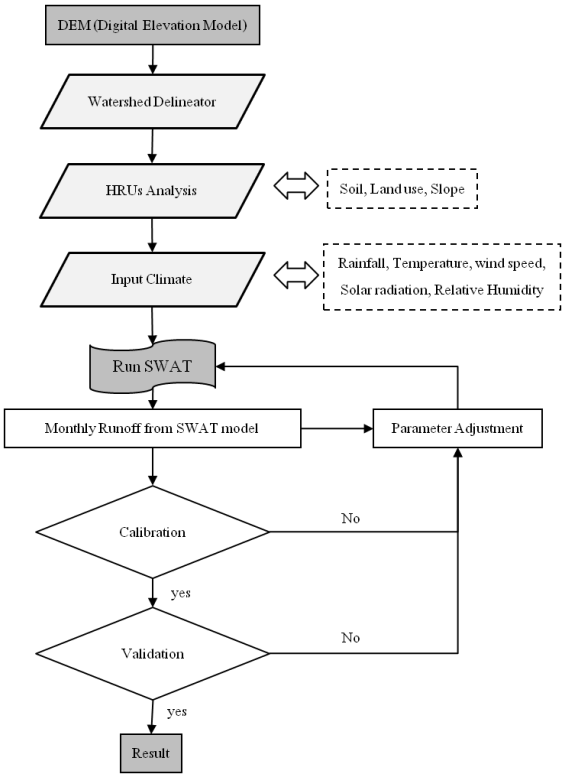
รูปที่ 3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.3 วิธีการศึกษา

ในส่วนขั้นตอนการศึกษาประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การเก็บรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล 2) กำหนดขอบเขตและรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำและประมวลผลด้วยแบบจำลอง 3) การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การเก็บรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล ในขั้นตอนนี้ถือว่ามีความสำคัญมาก เพราะการดำเนินงานด้วยแบบจำลอง SWAT จะมีความแม่นยำตามความถูกต้องของข้อมูลที่นำเข้าไป ซึ่งข้อมูลที่นำเข้าแบบจำลอง 2 ประเภทคือ ข้อมูลประเภท Grid file ประกอบด้วย DEM แผนที่ดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งควรกำหนดความละเอียดของ Pixel size ให้เท่ากันทั้งหมด และข้อมูลประเภทตาราง ซึ่งได้แก่ ข้อมูลฝนและข้อมูลสภาพอากาศ ควรวิเคราะห์ความสำพันธ์และความต่อเนื่องของข้อมูลของแต่ละสถานี ที่ใช้เป็นตัวแทนโดยควรครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ก่อนนำมาใช้จำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้อง และลดข้อบกพร่องของข้อมูล

2) กำหนดขอบเขตและรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำและประมวลผลด้วยแบบจำลอง เมื่อเตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว จึงทำการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed Delineator) โดยทำการนำเข้าข้อมูล DEM และทำการกำหนดจุดออกของลุ่มน้ำ จากนั้นนำเข้าข้อมูลดินและการใช้ที่ดิน เพื่อทำการวิเคราะห์หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU Analysis) และนำเข้าข้อมูลตาราง (Write Input Table) แก้ไขเพิ่มเติมฐานข้อมูล (Edit SWAT Input) และเริ่มการประมวลผลแบบจำลอง SWAT (SWAT Simulation) โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะในส่วนของความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า เท่านั้น โดยสั่งแบบจำลองประมวลผลเป็นรายวัน แล้วนำผลออกมาเพื่อนำมาสรุปเป็นรายเดือน



รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการประเมินน้ำท่าจำเป็นต้องศึกษาวงจรอุทกวิทยา (Hydrologic Cycle) ของแบบจำลองทางด้านอุทกวิทยา ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนสมการสมดุลของน้ำ [4] ดังนี้

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t}(R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

เมื่อ SW_t คือปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (mm),

SW_0 คือปริมาณน้ำในดินเริ่มต้น (mm),

t คือเวลา (Days),

R_{day} คือ ปริมาณฝนในวันที่ i (mm),

Q_{surf} คือปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i (mm),

E_a คือปริมาณการคายระเหยในวันที่ i (mm),

W_{seep} คือปริมาณน้ำไหลซึมชั้นใต้ดินในวันที่ i (mm),

Q_{gw} คือปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i (mm).

การประเมินน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) และค่าอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดในแบบจำลอง SWAT สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธี SCS Curve Number [5]

และ วิธี Green & Ampt infiltration ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้วิธี SCS Curve Number เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \quad (2)$$

เมื่อ Q คือปริมานน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (m^3/s),

R คือปริมาณน้ำฝนรายวัน (mm)

S คือ Retention parameter

โดยตัวแปร S จะมีความสัมพันธ์กับค่า Curve number (CN) ดังสมการสมการ

$$S = 25.4\left(\frac{1000}{CN} - 10\right) \quad (3)$$

เมื่อ CN คือ ค่า Curve number

3) การปรับเทียบและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ดำเนินการโดยใช้หลักสถิติเปรียบเทียบผลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากตรวจวัดจริง ซึ่งความแม่นยำของแบบจำลองนั้น จะพิจารณาความสอดคล้องกันของข้อมูลโดยการพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบกันและการคำนวณค่าความผิดพลาด (Error) ระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตที่เกิดขึ้นจริง โดยใช้เกณฑ์การประเมินเชิงประสิทธิภาพ (Efficiency Criteria) เช่น สัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2), Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) [6]

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}\left(Q_{sim} - \overline{Q}_{obs}\right)\left(Q_{obs} - \overline{Q}_{obs}\right)\right]^2}{\left(\sum_{i=1}^{N}\left(Q_{sim} - \overline{Q}_{obs}\right)^2\right)\left(\sum_{i=1}^{N}\left(Q_{obs} - \overline{Q}_{obs}\right)^2\right)} \quad (4)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(Q_{obs} - Q_{sim}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(Q_{obs} - \overline{Q}_{obs}\right)^2} \quad (5)$$

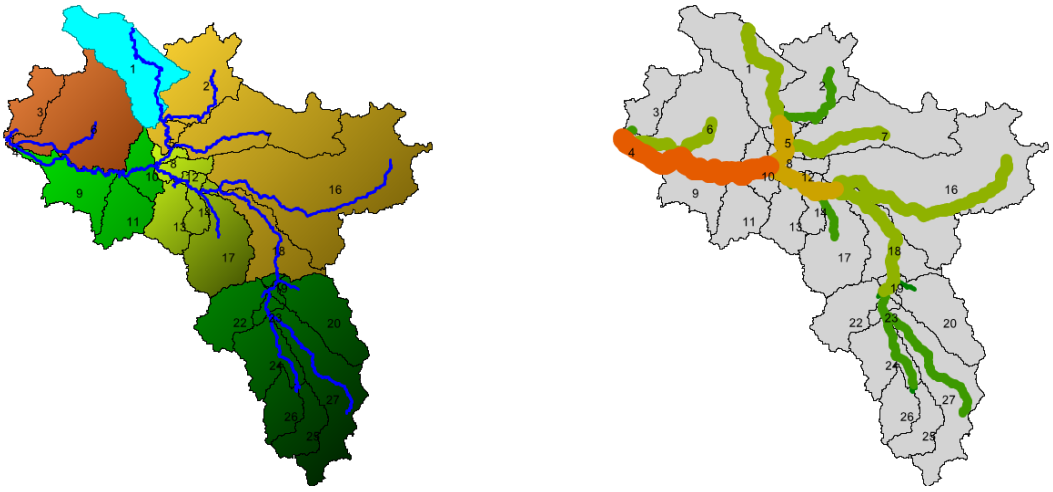
เมื่อ Q_{obs} คือค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

Q_{sim} คือค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง

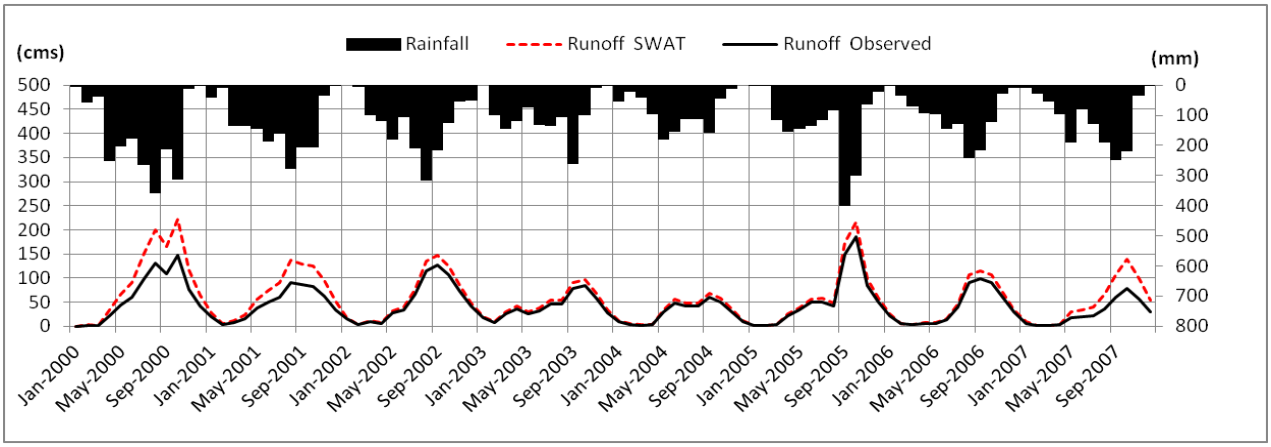
$\overline{Q}_{obs}$ คือค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงเฉลี่ย

4. ผลและวิจารณ์

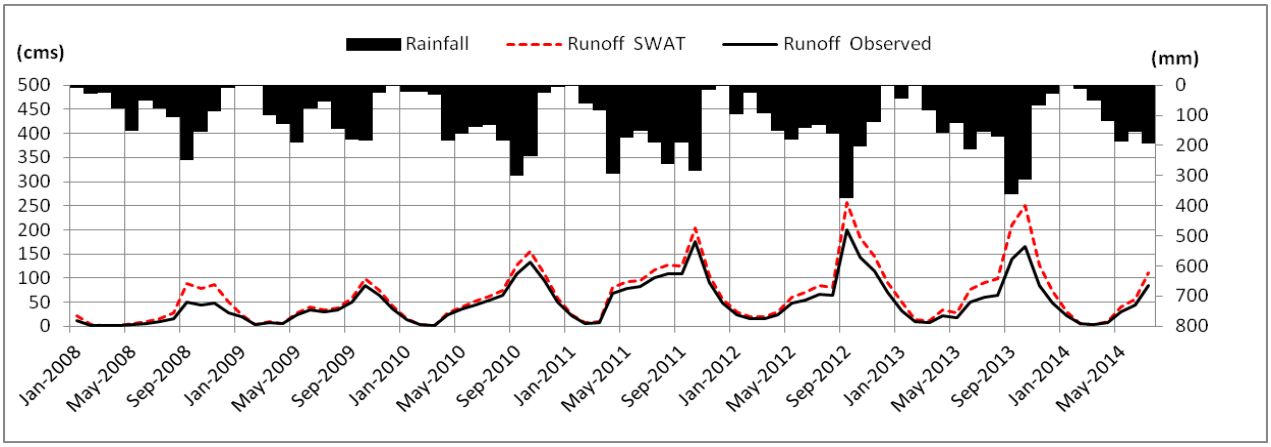
จากผลการศึกษา พบว่าแบบจำลองสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 9,467.25 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งลุ่มน้ำย่อยออกเป็น 27 ลุ่มน้ำย่อย มีปริมาณน้ำท่าทั้งลุ่มน้ำประมาณ 393.4 ล้านลูกบาศก์เมตร ลักษณะการระบายน้ำแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแต่ละพื้นที่มีลำดับการไหลตามลำดับลงสู่จุดออกสุดท้ายที่ลุ่มน้ำย่อยหมายเลข 4 ดังแสดงในภาพที่ 5 จากการปรับเทียบแบบจำลอง (SWAT model Calibration) โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำ KGT.9 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยหมายเลข 19 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง พบว่าค่าพารามิเตอร์หลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งได้นำไปใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง ได้แก่ SOL_AWC, SOL_K, และ CN2 ซึ่งหลังจากปรับค่าพารามิเตอร์โดยภาพรวมพบว่า ประมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองหลังจากปรับเทียบค่าพารามิเตอร์แล้วมีความใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการตรวจวัด โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.75 และค่า NSE เท่ากับ 0.76 ซึ่งผลอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี เนื่องจากข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติสอดคล้องกัน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ผลการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำของแบบจำลอง SWAT



รูปที่ 6 ผลการปรับเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลอง SWAT ตั้งแต่ปี 2000-2007



รูปที่ 7 ผลการทวนสอบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลอง SWAT ตั้งแต่ปี 2008-2014

การทวนสอบแบบจำลอง (SWAT model Validation) พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7 และค่า NSE เท่ากับ 0.71 ซึ่งผลทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี และมีความสอดคล้องกับประมาณน้ำฝน ดังแสดงในรูปที่ 7

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

แบบจำลอง SWAT สามารถประเมินน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นที่น่าพอใจจากการประเมินผลเป็นรายวันและสรุปผลเป็นรายเดือน ผลลัพธ์ที่ได้แบบจำลองสามารถกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำและลักษณะทางอุทกวิทยาได้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริง ซึ่งหลังจากปรับการพารามิเตอร์และนำข้อมูลตรวจวัดจริงในภาคสนามมาเปรียบเทียบส่งผลให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้จำลองสถานการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำต่างๆ เพื่อวางแผนในการบริหารจัดการน้ำในอนาคต

ในการศึกษาโอกาสต่อไปหากต้องการให้ผลลัพธ์ที่ได้แบบจำลองความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น สามารถทำได้โดยหาข้อมูลต่างๆ ที่ใช้นำเข้าแบบจำลองจากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องมากขึ้น รวมทั้งการออกสำรวจภาคสนามเพิ่มเติมเพื่อเก็บรายละเอียดของข้อมูลทั้งเชิงสถิติและเชิงทางกายภาพ เพื่อนำมาปรับใช้ก็อาจจะช่วยให้มีฐานข้อมูลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้วิเคราะมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งจะต้องดำเนินการศึกษาอย่างต่อเนื่องต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการศึกษา ได้แก่ กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรน้ำ และกรมอุตุนิยมวิทยา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), (2555) โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง: ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

[2] Arnold, J.G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah, and J. R. Williams. 1998. Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. Journal of The American Water Resources Association. Vol 34 No.1.

[3] The CGIAR Consortium for Spatial Information (CSI-CGIAR), Applying GeoSpatail Science for Sustainable Furetue Technologist Senior Web Applications Developmet Specialist URL: http://www.srtm.csi.cgiar.org.

[4] Gassman PW, Reyes MR, Green CH Arnold JG. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. American Society of Agricultural and Biological Engineers.2007; 50(4): 1211-1250.

[5] Engel, B., D. Storm, M. White, J. Arnold, and M. Arabi.2007. A hydrologic/water quality model application protocol.J.American Water Resource. Assoc. 43(5): 1223-1236.

[6] Nash, J.E. and J.V.Sutcliffe (1970), River Flow Forecasting Through Conceptual Models, Part 1: A Discussion of Principles, Journal of Hydrology 10(3): 282-290.

การประเมินเสถียรภาพและการออกแบบการค้ำยันของลาดบริเวณทางระบายน้ำล้นเขื่อนโปร่งขุนเพชร จ.ชัยภูมิ

Slope Stability Assessment and Stabilization Design along the Spillway of Prongkhunphet Dam, Chaiyaphum Province

นนทเศรษฐ์ ศรีเกิน* และ กฤติกา ตระกูลงาม

ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
E-mail: nontasate@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 080-5011250

บทคัดย่อ

พื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ลาดบริเวณทางระบายน้ำล้นของเขื่อนโปร่งขุนเพชร จ.ชัยภูมิ มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการประเมินเสถียรภาพ เพื่อทราบถึงความจำเป็นในการปรับปรุงในกรณีที่อาจเกิดการพังทลายของทางระบายน้ำ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ จึงเป็นการประเมินเสถียรภาพของลาด และออกแบบการปรับปรุงเสถียรภาพในบริเวณดังกล่าว โดยนำเกณฑ์การวิบัติของโฮ้ค-บราวน์ ซึ่งได้ถูกพัฒนาสำหรับมวลหินที่มีแนวแตก มาประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดด้วยวิธีสมดุลจำกัด โดยวิธีการดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เก็บข้อมูลเบื้องต้นในภาคสนาม จำแนกหน่วยของวัสดุทางวิศวกรรมธรณี เก็บตัวอย่างสำหรับนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ และจัดทำภาพตัดขวางเชิงมโนภาพทางธรณีวิศวกรรม จากนั้นทำการประเมินเสถียรภาพของลาด พร้อมทั้งออกแบบค้ำยันเพื่อปรับปรุงเสถียรภาพ ผลของการศึกษานี้ ได้แผนที่เสถียรภาพของลาด ในมาตราส่วน 1:2,000 ซึ่งแสดงค่าความปลอดภัยตั้งแต่ 0–16.775 และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.68 รวมทั้งจัดทำแผนที่การค้ำยันในเบื้องต้น โดยผู้ศึกษาเสนอให้ทำการปูแผ่นใยวัสดุสังเคราะห์และติดตั้งกล่องเกเบี้ยนสำหรับลาดที่อยู่ต่ำกว่าเส้นระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ พร้อมทั้งปลูกหญ้าแฝกและขุดร่องระบายน้ำสำหรับลาดที่อยู่สูงกว่าเส้นระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ

คำหลัก: การประเมินเสถียรภาพของลาด,เกณฑ์การวิบัติของโฮ้ค-บราวน์, ดัชนีความแข็งแรงทางธรณีวิทยา, วิธีสมดุลจำกัด

Abstract

The study area of this research which is the slope located along the spillway of Prongkhunphet Reservoir, Chaiyaphum province, needs an assessment of the stability to recognize the necessity for improvement in case failure of the spillway should occur. Therefore, slope stability assessment and design of stability improvement are the purposes of this research. In this study, the Hoek-Brown failure criterion, which was developed for jointed rocks, was applied for analyzing the slope stability using the limit equilibrium method. The methodology of this study begins with collecting associated data, collecting field data, classifying engineering geology units, collecting samples for laboratory test, and creating geological engineering conceptual cross-sections. This is followed by, analyzing the slope stability and designing the stabilization method. The result of this study is a slope stability map in the scale of 1:2,000, which shows the factor of safety ranging from 0-16.775 with an average value of 3.68. In addition, a slope stabilization map is created from the author's recommendation. The stabilization includes using geotextile fabric and installing gabion boxes for slopes below the maximum water level, while planting vetiver grass and constructing drainage paths for the slopes above the maximum water level of the reservoir.

Keywords: Slope stability assessment, Hoek-Brown failure criterion, Geological Strength Index (GSI), Limit equilibrium method.

1. บทนำ

เสถียรภาพของลาดเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบและก่อสร้างโครงการต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ลาด ดังเช่น การสร้างเขื่อน การตัดถนนบนไหล่เขา หรือแม้กระทั่งการขุดเปิดเหมืองใต้ดิน เพื่อสามารถป้องกันการวิบัติซึ่งส่งผลทำให้เกิดความเสียหาย ตามมา การประเมินเสถียรภาพของลาดจึงเป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อทำให้ทราบถึงค่าความปลอดภัย (Factor of safety) และในกรณีที่ความปลอดภัยที่ได้จากการประเมินมีค่าต่ำ ลาดนั้น ๆ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเสถียรภาพให้ดียิ่งขึ้น เพื่อไม่ก่อให้เกิดการพังทลายในอนาคต

โครงการอ่างเก็บน้ำโปร่งขุนเพชร จังหวัดชัยภูมิ เป็นโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลางที่ปิดกั้นลำน้ำเชียงทา โดยมีกรมชลประทานเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งในพื้นที่บริเวณสองฝั่งของทางระบายน้ำล้น โครงการอ่างเก็บน้ำโปร่งขุนเพชร จังหวัดชัยภูมิ เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดซึ่งประกอบด้วย ดินชั้นบน (Top soil) หินผุ (Weathered rocks) และหินที่มีแนวแตก (Jointed rocks) ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการพังทลายของลาดขึ้น

ดังนั้นในการประเมินเสถียรภาพ และออกแบบการค้ำยันลาดในกรณีที่มีเสถียรภาพต่ำ จึงมีความจำเป็นเพื่อให้ลาดทั้งสองฝั่งบริเวณทางระบายน้ำล้นของเขื่อนโปร่งขุนเพชร มีเสถียรภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีอายุการใช้งานยืนยาวขึ้น

2. วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเสถียรภาพและออกแบบการค้ำยันลาดที่มีเสถียรภาพต่ำบริเวณทางระบายน้ำล้น ของเขื่อนโปร่งขุนเพชร จังหวัดชัยภูมิ

3. กรอบแนวคิด

เนื่องมาจากสภาพของลาดในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยดิน หินผุ และหินที่มีแนวแตก จึงทำให้มีโอกาสเกิดการวิบัติแบบระนาบโค้ง (Circular failure) ทั้งนี้ การวิเคราะห์เสถียรภาพของการวิบัติแบบระนาบโค้งที่สะดวกรวดเร็วที่สุด คือการใช้วิธีสมดุลจำกัด (Limit equilibrium) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบัน ยังไม่มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถวิเคราะห์เสถียรภาพของมวลหินที่มีแนวแตกด้วยวิธีสมดุลจำกัด ดังนั้น การประยุกต์ใช้เกณฑ์การวิบัติของโฮ้ค-บราวน์ (Hoek-Brown failure criterion) จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้

หลักแนวคิดที่สำคัญ คือ การแปลงพารามิเตอร์กำลังเฉือนของหินเนื้อสมบูรณ์ (Intact rock) ให้เป็นพารามิเตอร์กำลังเฉือนของมวลหินที่มีแนวแตก (Jointed rock mass) โดยใช้เกณฑ์การวิบัติของโฮ้ค-บราวน์ จากนั้น จึงนำคุณสมบัติทางวิศวกรรมธรณีดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยวิธีสมดุลจำกัดในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไปได้

4. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษามีดังต่อไปนี้

4.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

การศึกษาในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการอ่างเก็บน้ำโปร่งขุนเพชร ได้แก่ ข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิต (Geometry) เช่น ความกว้าง, ความยาว, ความสูง และ มุมเอียงเทของลาด รวมไปถึงระดับกักเก็บน้ำสูงสุด และ ข้อมูลจากหลุมเจาะสำรวจในพื้นที่ศึกษา

4.2 ดำเนินงานภาคสนาม

4.2.1 เก็บข้อมูลในสนาม

ขั้นตอนนี้ ประกอบด้วยการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการประเมินเสถียรภาพของลาดในสนาม โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้แก่ ชนิดหิน (Rock type), สี (Color), ระดับความผุพัง (Degree of weathering), ลักษณะเนื้อเม็ด (Texture), ขนาดเม็ดตะกอน (Grain size), ความกลมมน (Roundness) และ แร่ประกอบ (Composition) เป็นต้น พร้อมทั้งเก็บข้อมูลรอยความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ได้แก่ รอยเลื่อน (Fault), รอยแตก (Fracture) และ แนวแตก (Joint) โดยทำการเก็บข้อมูลการวางตัว (Orientation), ระยะห่าง (Spacing), ความถี่ (Frequency), ความกว้างของช่องเปิด (Aperture) และความหยาบ (Roughness)

4.2.2 แบ่งหน่วยของวัสดุทางวิศวกรรมธรณี

ขั้นตอนนี้ ประกอบด้วยการจำแนกหน่วยดิน และหิน ที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือ คล้ายคลึงกัน ทั้งด้านศิลาวิทยา (Lithology), โครงสร้าง (Structure) และคุณสมบัติทางวิศวกรรม (Engineering properties) เพื่อจัดกลุ่มของหน่วยดินหรือหินสำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพ

4.2.3 ประเมินดัชนีความแข็งแรงธรณีวิทยา

ข้อมูลที่เก็บจากสนาม ได้ถูกนำมาประเมินเพื่อหาดัชนีความแข็งแรงทางธรณีวิทยา (Geological Strength Index, GSI) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณด้วยเกณฑ์การวิบัติของโฮ้ค-บราวน์ โดยประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัว ได้แก่

1) ค่าคงที่ของวัสดุ (Material constant, m_i) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของหินเนื้อสมบูรณ์ (Intact rock) สำหรับหินแต่ละประเภทที่ถูกกำหนดขึ้นโดย Hoek and Brown (1997) และได้ถูกพัฒนาในภายหลังโดย Marinos and Hoek (2000)

2) ค่าดัชนีความแข็งแรงทางธรณีวิทยา (Geological Strength Index, GSI) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเกณฑ์การวิบัติของโฮ้ค-บราวน์ซึ่งบ่งชี้ถึงพฤติกรรมของมวลหินที่มีแนวแตก

3) ค่าปัจจัยการรบกวน (Disturbance factor, D) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการถูกรบกวนของมวลหินจากการขุดเจาะหรือระเบิดในรูปแบบต่าง ๆ

4.2.4 เก็บตัวอย่างหิน

ทำการเก็บตัวอย่างหินที่เป็นตัวแทนในแต่ละหน่วยที่ได้จำแนกไว้ เพื่อนำไปทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินเนื้อสมบูรณ์ (Intact rock)

4.3 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างหินที่เก็บมา ได้ถูกนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการดังนี้

1) ทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนัก (Unit weight, γ)

2) ทดสอบแรงอัดสามแกน (Triaxial Compression Test) (ASTM D2664) ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อค่าหาพารามิเตอร์ความทนทานต่อแรงเฉือนของวัสดุซึ่งได้แก่ค่า แรงยึดเหนี่ยว (Cohesion) และ มุมเสียดทานภายใน (Friction angle)

3) ทดสอบความแข็งแรงจากการกระแทก (Impact hardness) ซึ่งใช้สำหรับการทดสอบหินที่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างที่มีขนาดเหมาะสำหรับการทดสอบกำลังอัดสามแกน

4.4 หาค่ากำลังอัดแกนเดียวของหินเนื้อสมบูรณ์

หินที่ผ่านการทดสอบกำลังอัดสามแกนจำเป็นต้องนำมาแปลงเพื่อบ่งชี้ ค่ากำลังอัดแกนเดียว (Uniaxial compressive strength, σ_{ci}) โดยใช้สมการ (Sjöberg, 1997)

$$\sigma_{ci} = \frac{2c \cdot \cos\phi}{1-\sin\phi} \quad (1)$$

โดยที่ c คือ ค่าแรงยึดเหนี่ยว, MPa

ϕ คือ มุมเสียดทานภายใน, องศา (°)

4.5 หาค่าแรงยึดเหนี่ยวและมุมเสียดทานภายในของมวลหิน

ขั้นตอนนี้ เป็นการใช้สมการของโฮ้ค-บราวน์ ที่ได้รับการปรับปรุงโดย Hoek et al. (2002) ซึ่งออกแบบมาสำหรับใช้กับมวลหินที่มีแนวแตกโดยเฉพาะ เพื่อหาค่าแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion, c) และ มุมเสียดทานภายใน (Friction angle, ϕ) ของมวลหิน โดยเริ่มจากการหาค่า m_b, s และ a ตามสมการที่ (2), (3) และ (4)

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \quad (2)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad (3)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right) \quad (4)$$

เมื่อ m_i คือ ค่าคงที่ของวัสดุ

GSI คือ ดัชนีความแข็งแรงทางธรณีวิทยา

D คือ ค่าปัจจัยการรบกวน

จากนั้น จึงนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว และค่ากำลังอัดแกนเดียว (σ_{ci}) ของหินเนื้อสมบูรณ์ (Intact rock) ไปใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ σ'_{cm} ดังสมการที่ (5)

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \cdot \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b/4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)} \quad (5)$$

โดยที่ σ_{ci} คือ ค่ากำลังอัดแกนเดียว, MPa

m_b คือ ค่า m_i ที่ถูกนำมาประเมินใหม่

s คือ ค่าที่ปรับใช้กับมวลหิน

a คือ ค่าที่ปรับใช้กับมวลหิน

ซึ่งค่าของพารามิเตอร์ σ'_{cm} ที่ได้จากการแก้สมการจะเป็นค่ากำลังอัดแกนเดียวของมวลหิน จากนั้นทำการหาค่าของ $\sigma'_{3\max}$ โดยใช้ค่าดังกล่าว และ ค่าของหน่วยน้ำหนักของหินจาก

$$\frac{\sigma'_{3\max}}{\sigma'_{cm}} = 0.72 \cdot \left(\frac{(\sigma'_{cm})}{\gamma H} \right)^{-0.91} \quad (6)$$

โดยที่ σ'_{cm} คือ ค่ากำลังอัดแกนเดียวของมวลหิน, MPa

γ คือ ค่าหน่วยน้ำหนักของหิน, MN/m^3

H คือ ความสูงของลาด, m

จากนั้น จึงทำการหาค่า σ'_{3n} ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการหาค่าแรงยึดเหนี่ยว และมุมเสียดทานภายใน จากค่าของ $\sigma'_{3\max}$ ที่ได้จาก

$$\sigma'_{3n} = \sigma'_{3\max} / \sigma_{ci} \quad (7)$$

โดยที่ $\sigma'_{3\max}$ คือ ค่าขีดจำกัดบนของความเค้นจากด้านข้าง, MPa

พารามิเตอร์ที่คำนวณได้ทั้งหมดนี้ สามารถนำมาใช้ในการหาค่าแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion) และ มุมเสียดทานภายใน (Friction angle) ของมวลหิน ดังสมการที่ (8) และ (9) ตามลำดับ

$$c' = \frac{\sigma_{ci}\left[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}\right](s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a)\sqrt{1 + \left(6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}\right)/((1+a)(2+a))}} \quad (8)$$

$$\phi' = \sin^{-1}\left[\frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}} \right] \quad (9)$$

โดยที่ σ'_{3n} คือ ค่าพารามิเตอร์จากสมการที่ (7)

4.5 จัดทำภาพตัดขวางเชิงมโนภาพทางธรณีวิศวกรรม

ขั้นตอนนี้เป็นการจัดทำภาพตัดขวาง (cross-section) ในมาตราส่วน 1:400 ตามระยะทางสองฝั่งของทางระบายน้ำล้น โดยเลือกทำภาพตัดขวางในบริเวณที่สามารถเป็นตัวแทนของลาดที่มีพฤติกรรมการวิบัติเช่นเดียวกัน ซึ่งภาพตัดขวางดังกล่าว มีการกำหนดลักษณะทางเรขาคณิต (Geometry) ของลาดตามจริง พร้อมทั้งคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่สอดคล้องกับสภาพจริงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนต่อไป

4.6 ประเมินเสถียรภาพของลาด

ลาดในภาพตัดขวางทุกแนวที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมา จะถูกนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพ ด้วยโปรแกรม KU Slope Version 2.1 ตามขั้นตอนต่อไปนี้

4.6.1 นำเข้าข้อมูล

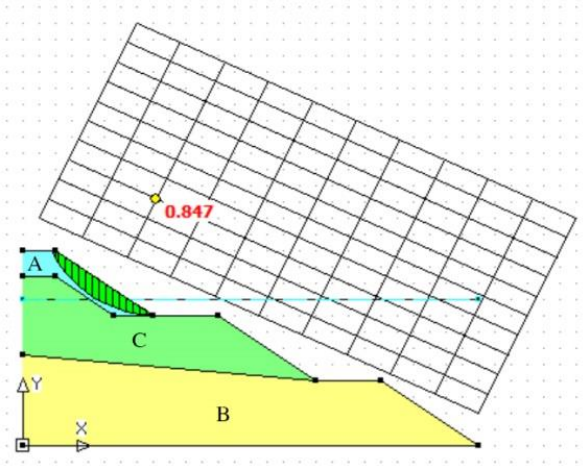
ขั้นตอนที่สำคัญของการใช้โปรแกรม KU Slope คือ เลือกทฤษฎี Circular failure และเลือกวิธีการวิเคราะห์แบบ Janbu simplified เนื่องจากลาดในพื้นที่ศึกษาเป็นมวลหินที่มีแนวแตก และ มีผิวหน้าการวิบัติแบบไม่เป็นเส้นโค้ง ทำให้วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพื้นที่ศึกษา จากนั้นเลือกโมเดลของการวิบัติ (Strength Model) รูปแบบ Mohr-Coulomb Material

สภาวะการซึมน้ำ (Seepage Condition) ในพื้นที่ศึกษามีสองกรณี คือ บริเวณที่ไม่มีการซึมน้ำ (No Seepage) ซึ่งเป็นลาดซึ่งอยู่ด้านหลังประตูระบายน้ำ และบริเวณที่มีการซึมน้ำ ซึ่งเป็นลาดซึ่งอยู่ด้านหน้าประตูระบายน้ำ โดยในกรณีที่สองนี้ มีการกำหนดเส้นผิวน้ำ (Phreatic Line) ด้วยระดับกักเก็บน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ พร้อมทั้งป้อนค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ (1 t/m^3)

ไม่มีการกำหนดผลกระทบจากแผ่นดินไหว (Seismic), ผลกระทบจากน้ำหนักภายนอก (External Load) หรือ ผลกระทบเนื่องจากรอยแตกที่พื้นผิว (Tension Crack) เนื่องจากไม่พบลักษณะดังกล่าวในพื้นที่ศึกษา

4.6.2 ตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพ

ทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดเพื่อหาค่าความปลอดภัย (Factor of Safety, FS) ที่น้อยที่สุด ด้วยวิธีการค้นหาแบบกริด (Grid Search) (**รูปที่ 1**) และใช้วิธีการค้นหาโดยระบุจุดศูนย์กลางและรัศมี (Specific Search) สำหรับขั้น (Berm) ที่ไม่พบการวิบัติด้วยการวิเคราะห์แบบกริด



รูปที่ 1 การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดเพื่อหาค่าความปลอดภัยที่น้อยที่สุด ด้วยวิธีการค้นหาแบบกริด

4.6.3 วิเคราะห์เสถียรภาพหลังการปรับปรุง

ภายหลังจากการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดเปลือยแล้ว จึงทำการพิจารณาวัสดุเสริมแรง (Anchor or Geofabric) สำหรับลาดที่มีเสถียรภาพต่ำ โดยการกำหนดวัสดุดังต่อไปนี้

1) แผ่นใยวัสดุสังเคราะห์ (Geotextile) และกล่องเกเบี้ยน (Gabion box)

2) หญ้าแฝก (Vetiver grass) ซึ่งช่วยเพิ่มค่าแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion) 6.0 KPa (Eab et al., 2015)

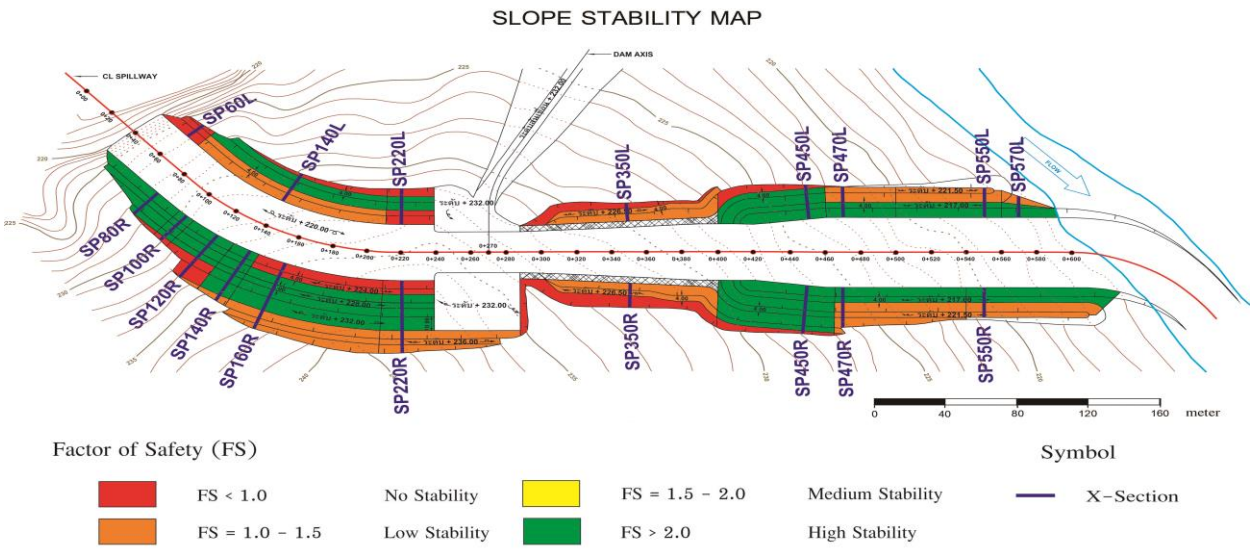
จากนั้นทำการวิเคราะห์เสถียรภาพอีกครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้นจนถึงเกณฑ์ที่กำหนด

4.7 ออกแบบค้ำยันในเบื้องต้น

ลาดซึ่งมีค่าความปลอดภัยน้อยกว่า 1.5 นับว่ามีเสถียรภาพที่ยังไม่สามารถยอมรับได้ (Kolli and Khair, 2000; Malaysian Public Works Department, 2010; State of Queensland, 2015) และจำเป็นต้องมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการค้ำยันเบื้องต้น ได้แก่ คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน และ หินสภาพจริงของลาด ความสะดวกในการติดตั้งค้ำยัน รวมไปถึงผลลัพธ์ของเสถียรภาพที่เพิ่มขึ้น

5. ผลการศึกษา

การสำรวจภาคสนามทำให้สามารถแบ่งหน่วยวัสดุทางวิศวกรรมธรณีในพื้นที่ศึกษาได้เป็น 6 หน่วย และ การวิเคราะห์ข้อมูลทำให้สามารถแบ่งภาพตัดขวางสำหรับวิเคราะห์เสถียรภาพได้จำนวนทั้งสิ้น 18 Section ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety, FS) ที่ได้จากการ



รูปที่ 2 แผนที่เสถียรภาพของลาด ในพื้นที่ศึกษา

วิเคราะห์ ได้นำมาจัดทำเป็นแผนที่เสถียรภาพของลาดดัง **รูปที่ 2** พบว่ามีความปลอดภัยมีค่าตั้งแต่ 0–16.775 และมีค่าเฉลี่ยที่ 3.68 แผนที่นี้ได้ถูกจัดทำขึ้นในมาตราส่วน 1:2,000 โดยทำการจำแนกเสถียรภาพเป็น 4 ระดับ ซึ่งยึดค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ (FS = 1.5) เป็นเกณฑ์ขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินงานคือการจัดทำแผนที่การค้ำยัน (Slope stabilization map) ในมาตราส่วน 1:2,000 โดยผู้ทำการศึกษาได้เสนอวิธีการปรับปรุงเสถียรภาพของลาด ดังต่อไปนี้

1) บริเวณลาดขั้นบันได (Berm) ที่อยู่ต่ำกว่าระดับกักเก็บน้ำสูงสุด ให้ติดตั้งแผ่นใยวัสดุสังเคราะห์ (Geotextile) และ กล่องเกเบี้ยน (Gabion box) ซึ่งมีความหนา 50 เซนติเมตร

2) บริเวณลาดขั้นบันได (Berm) ที่อยู่สูงกว่าระดับกักเก็บน้ำสูงสุด ให้ทำการปลูกหญ้าแฝก (Vetiver grass) และ ติดตั้งทางระบายน้ำในแนวนอน (Horizontal drains) ที่บริเวณฐาน (Toe) ของลาด

3) สำหรับลาดซึ่งมีค่าความปลอดภัยสูงกว่า 1.5 ให้คงสภาพเดิมไว้

ทั้งนี้ หากทำการปรับปรุงเสถียรภาพโดยการค้ำยัน ตามที่ได้เสนอข้างต้นแล้ว เสถียรภาพของลาดจะมีค่าความปลอดภัยสูงกว่า 1.5 ในทุกบริเวณ

6. สรุปและอภิปรายผล

เสถียรภาพของลาดที่มีสภาพเป็นมวลหินที่มีแนวแตกจำนวนมากหรือเป็นหินผุที่มีพฤติกรรมคล้ายดิน สามารถวิเคราะห์ได้สองวิธีคือวิธีทางจลนศาสตร์ (Kinematic) ซึ่งจะวิเคราะห์การร่วง หล่น หรือไถลของหินเป็นก้อน หรือวิธีสมดุลจำกัด ซึ่งจะวิเคราะห์การวิบัติของหินเป็นมวล ในกรณีของลาดในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีสองฝั่งและมีระยะถึง 600 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ผิวที่ต้องวิเคราะห์ในปริมาณมาก ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงเน้นการพิจารณาเสถียรภาพในภาพรวม โดยกำหนดให้รูปแบบการวิบัติเป็นแบบระนาบโค้ง และวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีการสมดุลจำกัด เพราะฉะนั้นค่าความปลอดภัยที่วิเคราะห์ได้ในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่รวมถึง การร่วง หล่น หรือไถลของหินแบบเป็นก้อน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Eab K.H., Likitlersuang, S and Takahashi A. (2015). Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilization, Soils and Foundations, vol. 55(5), October 2015, pp. 1270-1281.

[2] Hoek E. and Brown E.T. (1997). Practical Estimates of Rock Mass Strength, International Journal Rock Mechanics Mining Science, vol. 34(8), December 1997, pp. 1165-1186.

[3] Hoek E., Carranza-Torres C.T. and Corkum B. (2002). Hoek-Brown Failure Criterion— 2002 Edition, paper presented in Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium 2002, Toronto, Canada.

[4] Kolli S.P.B. and Khair A.W. (2000). Analyses of valley fill stability and spoil handling techniques in mountainous areas, In Panagiotou & Michalakopoutos edition, Mine Planning and Equipment Selection, ISBN: 90-5809-178-3, Balkema, Rotterdam.

[5] Malaysian Public Works Department. (2010). Guidelines For Slope Design, Kuala Lumpur: Slope Engineering Branch, Public Works Department Malaysia.

[6] Marinos P. and Hoek E. (2000). GSI: A Geological Friendly Tool for Rock Mass Strength Estimation, paper presented in Proceedings of the GeoEng, The International Conference on Geotechnical and Geological Engineering 2000, Melbourne, Australia.

[7] Sjöberg J. (1997). Estimating Rock Mass Strength Using the Hoek-Brown Failure Criterion and Rock Mass Classification, A Review and Application to the Aznalcollar Open Pit [Internal Report BM 1997-02], Lulea University of Technology.

[8] State of Queensland. (2015). Geotechnical Design Standard – Minimum Requirements, Queensland: Department of Transport and Main Roads.

สัมพันธ์ของปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคา ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน

The relationship of construction quantity in the structural and architectural sections roofing by using multiple linear regression

วรรธนะ ประภาภรณ์-

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: wantana.pa@rmuti.ac.th, 0836777796

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุก่อสร้างโดยใช้เครื่องมือแบบจำลองความถดถอยเชิงซ้อน (Linear Regression Model) ในการอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างหมวดงานหลังคา จำนวน 50 หน่วย จากการศึกษาผู้วิจัยพบว่า ปริมาณวัสดุหลังคาเหล็กรูปพรรณมีความสัมพันธ์ต่อพื้นที่ก่อสร้าง (Construction area) แบบเส้นตรง (Linear) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณวัสดุหลังคาซึ่งสามารถแบ่งชิ้นส่วนได้ 6 ตัวแปร ได้แก่ 1) อะเส 2) จันทัน 3) แป 4) อกไก่ 5) ดั้ง และ 6) น้ำหนักรวมเหล็กรูปพรรณ ความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุในการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กกลุ่ม อาคารพาณิชย์และอาคารพักอาศัยรวม ที่กำหนดตัวแปรอิสระ (Independent variable) (X_1) และ ตัวแปรตาม (dependent variable) (Y) อธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระสามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงของปริมาณงานก่อสร้างจากแบบจำลองได้กว่าร้อยละ 50

คำหลัก: ความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุ, วัสดุก่อสร้าง, โครงสร้างหลังคา, แบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน

Abstract

The research was study about construction material quantity by using the Linear Regression Model to explain the relation of construction quantity of the roof structure 40 units. As a result, the quantity of steel sheet material is related to the construction area. Linear can describe the relationship of the quantity of roofing material that can be divided into 6 parts: 1) ceiling joist 2) common rafter 3) roof battens 4) ridge and 5) hanger and 6) total weight of steel. The material relationships for reinforced concrete buildings in of the case commercial buildings and residential buildings. The dependent variable (X) independent variable (Y) able to describe the variation in construction volume from the model by 50%.

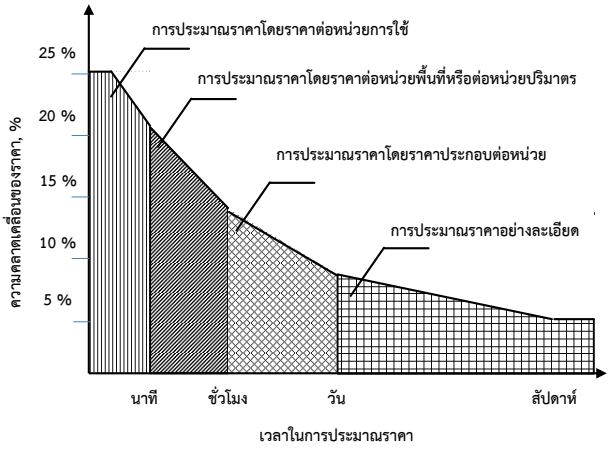
Keywords: Material relationship, construction materials, Roof structure, Linear Regression Model

1. บทนำ

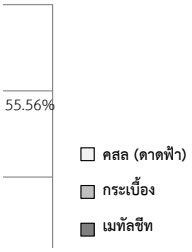
การจัดทำราคาเป็นกลไกที่สำคัญในการควบคุมต้นทุนโครงการในช่วงก่อนเริ่มดำเนินโครงการ ซึ่งความคลาดเคลื่อนของการถอดปริมาณแปรผันกับระยะเวลาที่ใช้ในการประมาณ [1] แสดงในรูปที่ 1 ความคลาดเคลื่อนของราคา และเวลาที่ใช้ในการประมาณราคา ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องของการจัดทำบัญชีปริมาณงานก่อสร้าง (Bill of quantity : BOQ) จึงเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิผลในการจัดทำบัญชีปริมาณงานก่อสร้างในด้านความแม่นยำของการประมาณ และ การลดระยะเวลาของการประมาณ งานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคา สำหรับกลุ่มอาคารตัวอย่างได้แก่ อาคารพาณิชย์ จำนวน 20 หน่วย และ อาคารพักอาศัยรวมจำนวน 20 หน่วย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแนวทางการพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำการประมาณปริมาณวัสดุก่อสร้างนั้นมีความพัฒนาการในรูปแบบและวิธีการต่างๆ เช่น Nikhil K Gilson [2] ได้ทำการศึกษาถึงวิธีการของแบบจำลองร่วมกับงานด้านการประมาณราคาโดยพบว่ามีการประยุกต์ใช้ Multiple Regression Analysis (MLR), Neural Networks (ANN), Time Series Analysis (TSA), Case Based Reasoning (CBR) and Genetic algorithms (GA) ในงานด้านประมาณราคา และทดสอบถึงความแม่นยำของแบบจำลองต่างๆ จากนั้น Nivea Thomas [3] และ วรศักดิ์ ทวีกิจการ [4] ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของต้นทุนโดยใช้ SPSS ในการทำนายต้นทุนและระยะเวลาโครงการ จากตัวอย่างจำนวน 51 ตัวอย่าง และ สมชาติ มั่นประเสริฐ [5] ได้ริเริ่มแนวทางการสร้างแบบจำลองเพื่อประมาณราคา งานวิจัยนี้จึงได้นำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์โดยอาศัยแบบจำลองความถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความเป็นเหตุเป็นผลและได้รับการยอมรับ Gwang-Hee Kim [6] ในการทำนายความสัมพันธ์ของปริมาณวัสดุก่อสร้างสำหรับการเป็นแนวทางการตรวจสอบความถูกต้องของการถอดปริมาณ

งานวิจัยนี้จึงได้เลือกกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาคารพาณิชย์และอาคารพักอาศัยรวม ซึ่งเป็นอาคารที่มีความเกี่ยวข้องกับผู้คนจำนวนมากต่อหนึ่งหน่วยอาศัย มีความแพร่หลาย และนิยมทั่วไป แสดงสัดส่วนประเภทวัสดุมุงในรูปที่ 2 ร้อยละของสัดส่วนแบ่งตามประเภทวัสดุมุงของกลุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 1 ความคลาดเคลื่อนของราคา และเวลาที่ใช้ในการประมาณราคา



รูปที่ 2 ร้อยละของสัดส่วนแบ่งตามประเภทวัสดุมุง ของกลุ่มตัวอย่าง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดปริมาณงานก่อสร้าง

โดยทั่วไปการแบ่งกลุ่มงานในงานด้านวิศวกรรมโยธานั้นสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะหลักๆ ได้แก่ 1) การแบ่งตามชนิดวัสดุ (Master format) และ 2) การแบ่งตามระบบอาคาร (Uniformat) [7, 8] ซึ่งแสดงในความสัมพันธ์การแบ่งหมวดวัสดุตามชนิดวัสดุและระบบอาคารใน Relationship of UNIFORMAT to Master Format™ โดยงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการให้เป็นไปตามแนวทางการจัดการข้อมูลงานก่อสร้างสำหรับประเมินและควบคุมราคางานก่อสร้าง และการถอดปริมาณวัสดุตามแนวทางวัดปริมาณงานก่อสร้างส่วน งานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม [9] ตามหลักเกณฑ์การถอดปริมาณของกรมบัญชีกลาง [10] และ แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม (วสท.) [11]

2.2 แบบจำลองโดยการวิเคราะห์ความถดถอย

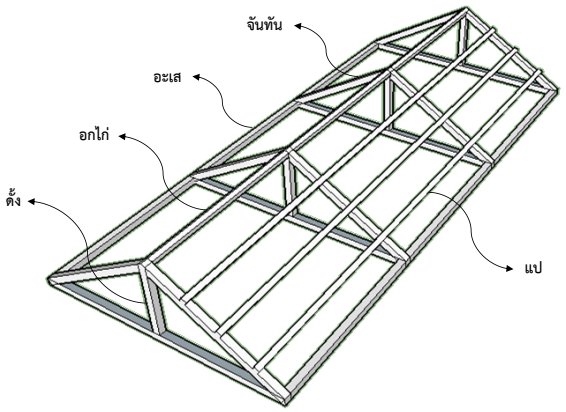
การวิเคราะห์ความถดถอยนั้นดำเนินการตามหลักการของการวิเคราะห์ความถดถอยแบบพหุคูณของตัวแปรตาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยค่าความสัมพันธ์ เมื่อค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนอง (Coefficient of Determination : R^2) มีความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ (R^2) [12] เพื่อใช้วัดความสัมพันธ์ ระหว่างค่าพยากรณ์ y และ y_1 ถึงความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นหรือไม่ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ มีค่าระหว่าง 0 – 1 โดยสหสัมพันธ์ส่วนย่อย เป็นสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวแปรกับตัวแปรตาม

ซึ่งเป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นอิทธิพลของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรตาม

3. การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินงานโดยการถอดปริมาณโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณจำนวน 50 หน่วย ซึ่งได้รับการขออนุญาตก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว และ มีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากจังหวัดต่างๆในประเทศไทย สำหรับกลุ่มตัวอย่างอาคารพาณิชย์นั้น ประกอบด้วย ลักษณะหลังคาเมทัลชีทหลังคากระเบื้อง และ พื้น คสล (ดาดฟ้า) คิดเป็นร้อยละ 68.00, 24.00 และ 8.00 ตามลำดับ และ กลุ่มตัวอย่างอาคารพักอาศัยรวม ประกอบด้วย ลักษณะหลังคาเมทัลชีท และ หลังคากระเบื้อง คิดเป็นร้อยละ 44.44 และ 55.56 ตามลำดับ งานวิจัยนี้ได้กำหนดตัวแปรอิสระ (Independent Variable) จำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ 1) พื้นที่ก่อสร้างอาคารเฉลี่ยต่อชั้น และ ตัวแปรตาม (dependent variable) จำนวน 6 ตัวแปร (Y) ส่วนประกอบหลังคา ได้แก่ 1) อะเส คือส่วนที่วางตามแนวราบค้ำยันระหว่างเสาถึงเสาวางขนานกับพื้นและเพื่อรับตัวดั้ง 2. ดั้ง เป็นส่วนที่ตั้งเหนืออเสอยู่กลางระหว่างเสา 2) จันทัน เป็นส่วนที่เชื่อมต่อจากบนดั้งเอียงลงมาหัวเสาเพื่อรับแรงต่อจากแป 3). อกไก่ เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างมุมจันทันจากมุมหนึ่งไปยังอีกมุมหนึ่ง 4). แป เป็นส่วนบนสุดของโครงหลังคา เอาไว้รองรับวัสดุมุงหลังคา เช่น กระเบื้อง สังกะสี ระยะของการวางแปรนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุมุงหลังคา 5). อกไก่ เป็นส่วนยึดโครงสร้าง ระหว่าง ดั้งในแนวระนาบ 6). น้ำหนักโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณรวม โดยการถอดปริมาณนั้นให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์การถอดปริมาณของกรมบัญชีกลาง และ หลักเกณฑ์การเผื่อปริมาณตามแนวทางการวัดปริมาณของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย แสดงในรูปที่ 3 ส่วนประกอบหลังคา

$$Y = B_o + B_1X_1 \quad \text{..... (1)}$$



รูปที่ 3 ส่วนประกอบหลังคา

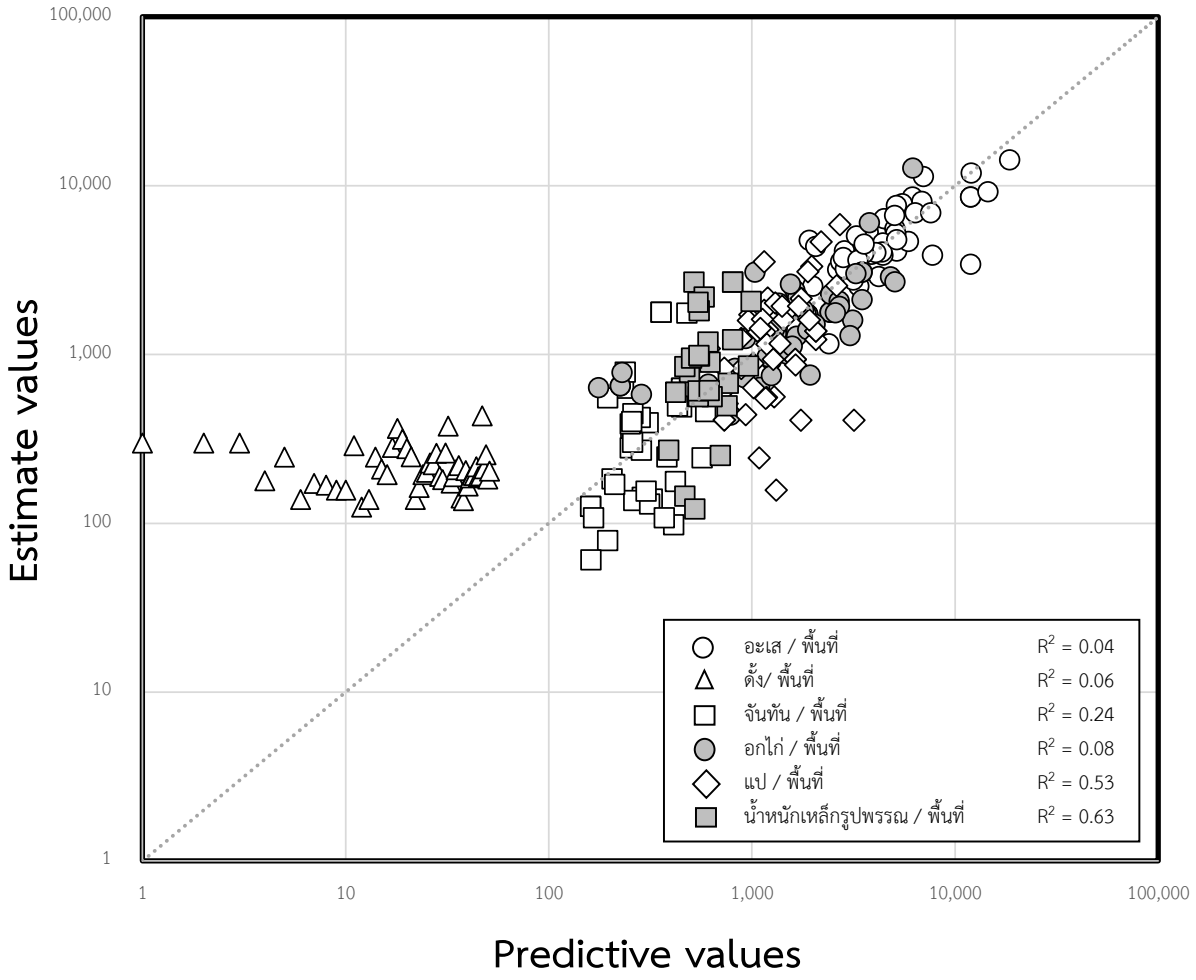
นอกจากนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณเนื้องานโครงสร้างหลังคาของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดความสัมพันธ์จำนวน 5 ความสัมพันธ์ตามสมการที่ 1 ประกอบด้วย 1). อะเส (ม) ต่อ พื้นที่ (ตร.ม.) 2). ดั้ง (ม) ต่อ พื้นที่ (ตร.ม.) 3). จันทัน (ม) ต่อ พื้นที่ (ตร.ม.) 4). (ม) ต่อ พื้นที่ (ตร.ม.) 5). แป (ม) ต่อ พื้นที่ (ตร.ม.) 6). น้ำหนักเหล็กรูปพรรณ (กิโลกรัม) ต่อ พื้นที่ (ตร.ม.) และทำการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงซ้อน แสดงในตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคา

4. ผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบการถอดปริมาณวัสดุจริง และ การทำนายปริมาณจากแบบจำลองความถดถอยเชิงซ้อนของกลุ่มตัวอย่างพบว่าแบบจำลองปริมาณแต่ละประเภทมีค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนอง (R^2) อยู่ระหว่าง 0.15 - 1.52 E ^{12} และค่า Significant F น้อยกว่า 0.05 แสดงถึงการยอมรับสมมุติฐานของความสัมพันธ์ว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งอธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระ อันได้แก่ 1). พื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยต่อชั้นของอาคาร สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงของปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคาในภาพรวมได้ แสดงในตารางที่ 1). ความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคา และรูปที่ 4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าจากการถอดปริมาณ และ ค่าจากแบบจำลอง

ตารางที่ 1 : ความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุก่อสร้าง ส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมหมวดงานหลังคา

ความสัมพันธ์	*ตัวแปร*	*สัญลักษณ์*	*หน่วย*	R^2	*สมการ*	*Sig F*
อะเส / พื้นที่	อะเส	Y	ม.	0.04	$Y= 309.3 + 0.714\ X_1$	0.15
	พื้นที่	X	ตร.ม.			
ดั้ง/ พื้นที่	ดั้ง	Y	ม.	0.06	$Y= 91.65 + 0.30\ X_1$	0.05
	พื้นที่	X	ตร.ม.			
จันทัน / พื้นที่	จันทัน	Y	ม.	0.24	$Y= 341.0 + 2.49\ X_1$	0.0002
	พื้นที่	X	ตร.ม.			
อกไก่ / พื้นที่	อกไก่	Y	ม.	0.08	$Y= 76.33+ 0.54\ X_1$	0.03
	พื้นที่	X	ตร.ม.			
แป / พื้นที่	แป	Y	ม.	0.53	$Y= -721.14 + 6.06\ X_1$	$6.46\ E^{10}$
	พื้นที่	X	ตร.ม.			
น้ำหนักเหล็กรูปพรรณ / พื้นที่	น้ำหนักเหล็กรูปพรรณ	Y	กิโลกรัม	0.63	$Y= -259.75 + 12.77\ X_1$	$1.52\ E^{12}$
	พื้นที่	X	ตร.ม.			



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าจากการถอดปริมาณ และ ค่าจากแบบจำลอง

5. บทสรุป

ความสัมพันธ์ปริมาณวัสดุในการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กกลุ่ม อาคารพาณิชย์และอาคารพักอาศัยรวม ที่กำหนดตัวแปรอิสระ (Independent variable) (X_1) และ ตัวแปรตาม (Dependent variable) (Y) จำนวน 6 ตัวแปร เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลองความถดถอยเชิงซ้อน แสดงถึงการมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งอธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระ อันได้แก่ 1. พื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยต่อชั้นของอาคาร สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงของปริมาณงานก่อสร้างจากแบบจำลองได้กว่าร้อยละ 50 ในตัวแปร ของน้ำหนักรวมเหล็กรูปพรรณ อีกทั้งแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณวัสดุก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีสัดส่วนความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear)

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการพยากรณ์ปริมาณ งานเหล็กรูปพรรณโดยพิจารณาจากชิ้นส่วนโครงสร้าง โดยหน่วยการวัดเป็นมิติความยาว : เมตร ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการพยากรณ์ปริมาณโครงหลังคาด้วยตัวแปรอิสระ พื้นที่เฉลี่ยต่อชั้นได้ แต่สามารถพยากรณ์ปริมาณโครงหลังคาโดยน้ำหนักรวม : กิโลกรัม ด้วยตัวแปรอิสระ พื้นที่เฉลี่ยต่อชั้นได้กว่าร้อยละ 60 จากข้อค้นพบในงานวิจัยนี้ผู้ปฏิบัติด้านงานถอดปริมาณวัสดุอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถประยุกต์ใช้ผลจากการศึกษาในการตรวจสอบบัญชีปริมาณงานก่อสร้าง ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบความแม่นยำของการถอดปริมาณเกิดประสิทธิผลยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น ในการสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] AACE International Recommended Practice No. 18R-97. (2005) COST ESTIMATE CLASSIFICATION SYSTEM – AS APPLIED INENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION FOR THE PROCESS INDUSTRIES, the association for the advancement of cost engineering.

[2] Nikhil K Gilson, Alester Joseph Vanreyk. (2014) . Review of Cost Estimation Models, International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), ISSN (Online) : 2347-3878

[3] Nivea Thomas, and Dr. Anu V. Thomas. (2016) . Regression Modelling for Prediction of Construction Cost and Duration, Applied Mechanics and Materials Submitted : 1662-7482, Vol. 857, pp 195-199.

[4] วรศักดิ์ ทวีกิจการ. (2533). การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความถดถอยในการประมาณราคางานอาคาร. บัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] สมชาติ มั่นประเสริฐ. (2541). A Study on Building Construction Cost Estimate Using Work Quantity Model Approach. บัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] Gwang-Hee Kim, Jae-Min Shin, Sangyong Kim, Yoonseok Shin. (2013). Comparison of School Building Construction Costs Estimation Methods Using Regression Analysis, Neural Network, and Support Vector Machine. Journal of Building Construction and Planning Research, 1, pp.1-7.

[7] Construction Specifications Institute (CSI) and Construction Specifications Canada (CSC). MasterFormat . (2016) เข้าถึงเมื่อ 5 มีนาคม 2561 เข้าถึงได้จาก https://www.edmca.com/media/35207/masterformat-2016.pdf

[8] U.S. Department of Commerce Technology Administration National Institute of Standard and Technology. (1999). UNIFORMAT II Elemental classification for building specifications, Cost Estimating, and Cost

analysis. เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2561 เข้าถึงได้จาก https://arc-solutions.org/wp-content/uploads/2012/03/Charette-Marshall-1999-UNIFORMAT-II-Elemental-Classification..pdf
[9] สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2542). แนวทางการบริหารโครงการและควบคุมงานก่อสร้าง, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ : บริษัท โกลบอล กราฟฟิค จำกัด
[10] คณะกรรมการกำกับหลักเกณฑ์และตรวจสอบราคากลางงานก่อสร้าง. (2559) .หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร. เข้าถึงเมื่อ 5 มิถุนายน 2561 เข้าถึงได้จาก www.gprocurement.go.th
[11] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. (2554). แนวทางวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม, ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2. กรุงเทพ : บริษัท โกลบอล กราฟฟิค จำกัด
[12] รศ. ดร. กัลยา วินิชย์บัญชา. (2552). การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Excel, กรุงเทพฯ : คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Stress Distribution Monitoring of Ballasted Railroad Track on Soft Soils Subjected to Moderate Axle Loads and Rail Speeds

Nath Trilaksanawilai and Pongpipat Anantanasakul *

Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering,
Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand
*Corresponding author; E-mail address: pongpipat.ana@mahidol.ac.th

Abstract

The majority of railroad tracks in the Central Plain of Thailand are located on formations of soft saturated clays. Tracks without significant ground improvement or base have been observed to deteriorate at relatively high rates even as they support only trains with moderate axle loads and rail speeds. The common observed problems are ballast intrusion, mud pumping, and differential track settlement caused by excessive track stresses. Maintenance of these tracks is regularly required, and the overall cost is considered expensive. A study has been commissioned by the stakeholders to address this issue and gain better understanding of the performance of meter-gauge railroad tracks with an emphasis on the local traffic and subgrade soil conditions. Part of this study is to observe the stress distribution of existing rail tracks prone to having such foundation problems. This paper elaborates the details of field monitoring program of an experimental ballasted track under real service conditions. Pressure sensors are installed at different depths to study the distribution of real-time traffic stresses induced in the track substructure. Predictions of widely-used empirical models for stresses are compared to the field monitoring results. The applicability of these models in the analysis of the performance of Thailand's conventional meter-gauge railroad tracks is preliminarily evaluated.

Keywords: Railway track substructure, Ballasted railroad, Meter-gauge track

1. Introduction

Ballasted railroad tracks serve as one of the key modes of infrastructure system for rail transportation in Thailand. Past research studies have indicated that the unit cost of rail transportation is, in general, considerably lower than that of road transportation. For Thailand, in particular, such a difference is up to two to five times. In addition, since trains can also be run on electricity, alternative energy sources such as wind, solar, natural gas, or nuclear power can be employed. This lessens the dependency of rail transportation on the fluctuation of global oil price. The Government of Thailand has realized the potential and benefit of rail transportation in enhancing the country's competitiveness and the people's quality of life. As such, several key initiatives have been introduced over the past few years. These include upgrading the existing rail tracks to support heavier and more frequent traffics, replacing the existing single tracks in the main lines with double tracks, procuring modern and more energy-efficient locomotives, freight and passenger cars, and the introduction of a high-speed train system. This has led to a significant increase in the capability of domestic rail transportation.

A system of high-performance rail tracks is therefore necessary to maintain the efficiency of the train management and operation. Railway tracks must be properly designed to suit the level of wheel load and accumulated usage without rapid deterioration and thus frequent maintenance. One of the key design considerations is to obtain sound and safe track substructure that can be appropriately used with the aforementioned requirements.

The conventional ballasted track consists of 1) track superstructure 2) substructure and 3) roadbed (Fig. 1). Rails, rail pads, fasteners, and ties constitute the track superstructure while the substructure is composed of ballast underlain by a subballast layer. The roadbed often consists of subgrade that is either compacted fill or cut and natural foundation soil or rock. Past research studies [1-7] have indicated that excessive magnitudes of track stresses from repetitive traffic loads can induce track degradation, differential track settlement, track irregularities, and even derailment. All these adverse conditions result in significantly lower performance and serviceability of the tracks. To cope with such issues, rail operators need to regularly maintain tracks with poor conditions. The overall cost for such maintenance is considerable.

Fig. 2 and 3 show the typical failure modes of soft subgrade soil underneath a railway track. These two failure types are primarily caused by excessive repetitive loads due to train traffics. The former is the development of progressive shear failure where overstressed soil is squeezed outward and upward. In the case of cohesive subgrade, progressive failure is associated with strength reduction accompanying remolding of the soil structure and by continual buildup of pore water pressures under cyclic loads. The heave of material at the track side is matched by a corresponding depression beneath the track, thus resulting in track irregularities.

The latter mode of failure is excessive plastic deformation. Such permanent deformation is a result of shear or deviator stress under repetitive loads that result in plastic shear strains. Moreover, accumulated pore water pressures and consolidation of soft subgrade soil lead to increase in track permanent deformations. The higher concentration of stresses below the rails generally results in ballast pockets as shown in Fig. 3. These prevent flow of water through the ballast and subballast layers and lead to an increase in the moisture content of subgrade soil. This further results in reduction of the stiffness or modulus, thus leading to more permanent deformations. Excessive subgrade plastic deformation is one of principal modes of track degradation, reducing track safety and ride quality.Thus,understanding of the characteristics of plastic deformation and failure mechanisms for fine-grained soils under repeated loading is essential for proper design and maintenance planning of railroad tracks [6].

It is, therefore, imperative for engineers to understand the mechanical behavior of railway substructure, particularly, how the traffic-induced stresses are distributed in the track. The availability of such information will allow for determination of proper thicknesses of the ballast and subballast layers so as to prevent the two modes of failure of the underlying subgrade soil.

This paper presents an experimental program to investigate the characteristics of

stress distribution in the substructure of ballasted railroad track. Pressure sensors are installed at different depths to study the distribution of real-time traffic stresses. Preliminary field test results are presented herewith. Predictions of widely-used empirical models for track stresses are compared to the field monitoring results, and the applicability of these models in the analysis of the performance of Thailand's conventional meter-gauge railroad tracks is preliminarily assessed.

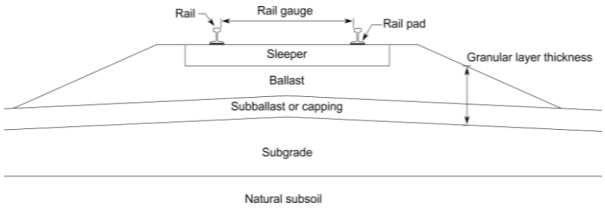


Fig. 1 The Railway Track Substructure Consisting of Ballast, Subballast or Capping, Subgrade, and Natural Subsoil

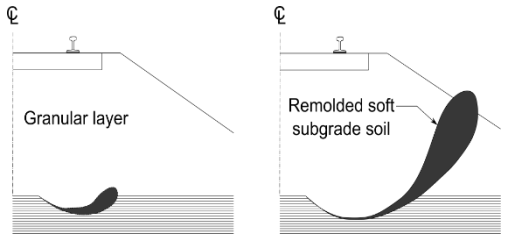


Fig. 2 Progressive Shear Failure of Subgrade Soil

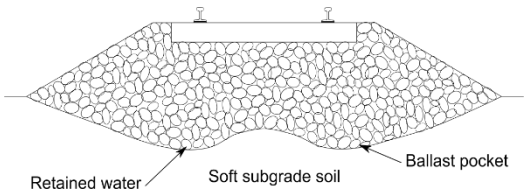


Fig. 3 Excessive Plastic Deformation of Subgrade Soil

2. Field Study

In order to gain more insight into the load-distribution characteristics of railroad track substructure, field experiments were performed on a testing track close to Chachoengsao Junction railway station in Chachoengsao. Wheel loads and stresses induced by train traffics were monitored under real service conditions. The total length of the experimental track was 162 m. The track characteristics at three sections were studied. The details for the field experiments are provided herein.

2.1. Details of experimental track section

The testing track was located close to Chachoengsao Junction railway station that is part of the SRT Eastern Line in the Central Plain of Thailand. Its location is presented in Fig. 4.

Exploratory borings were carried out within the experimental track at the two boundaries. Two boreholes 15.5 meter deep were drilled by wash boring, and intact samples were collected from each borehole using thin-walled tubes. The grain-size analysis, liquid and plastic limit tests, specific gravity tests, one-dimensional consolidation tests, unconfined compression tests, unconsolidated-undrained (UU) triaxial tests and consolidated-undrained (CU) triaxial tests were performed. The soil properties are summarized in form of boring log as shown in Fig. 5. The subsurface exploration program indicates that the experimental track is founded on formations of soft saturated marine clay.



Fig. 4 Location of Experimental Track Section as Part of SRT Eastern Line

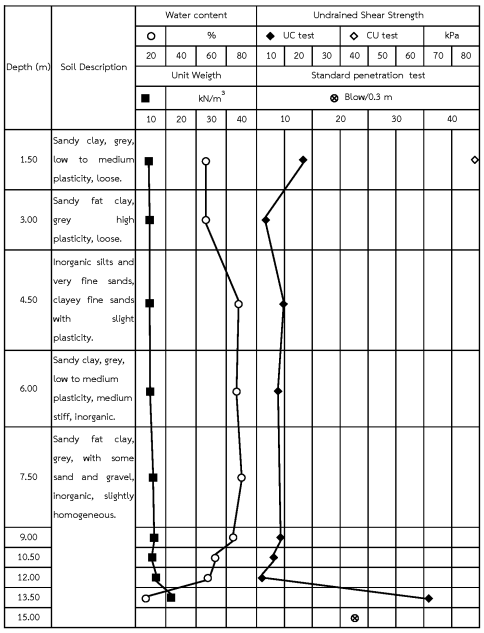


Fig. 5 Representative Boring Log for Foundation Soils

2.2. Substructure conditions

The substructure of the track consisted of a layer of ballast with an average thickness of 300 mm. It is underlain by a sub-ballast layer also 300-mm in thickness. These upper two layers are supported by a uniform deposit of soft marine clay without significant ground improvement or base.

2.3. Track instrumentation

In past research [1, 4, 7-10] , rapid-response hydraulic earth pressure cells which were of semiconductor type were used to measure the stresses developed in railway tracks under repeated wheel loads. They were installed by excavating the track substructure down and then backfilling at the required position.

For this research study, the vertical stresses were also monitored under real service conditions by rapid-response pressure plates (Geokon Model 3515 Granular Materials Pressure cells) . The pressure plates were suitable to measure compressive stresses up to 600 kPa. Three rapid-response pressure plates were installed to study the distribution of real-time traffic stresses that were induced in the track substructure at three different depths for each of the first two experimental sections (No. 1 and No. 3). At the other section (No. 3), however, only two pressure plates were installed.

In-house calibration was performed in a large-scale ballast box as shown in Fig. 7 so as to obtain constants that were used to convert field voltage inputs to track stresses in engineering units. The set-up in form of placement of ballast and subballast materials inside the calibration box was arranged to best simulate the real track conditions. The calibration factors so obtained for the eight pressure plates are listed in Table 1.

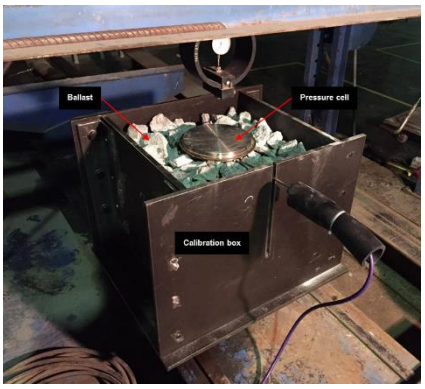


Fig. 6 Large-scale Ballast Box to Determine Calibration Factors for Employed Pressure Plates

In the field, the pressure plates were installed at the interfaces between sleeper and ballast, ballast and subballast, and subballast and subgrade as shown in Fig. 7. To install these pressure plates, the ballast and sub-ballast layers were excavated as shown in Fig. 8. The first plate was placed on the subgrade surface and sub-ballast materials were then backfilled and compacted. The second plate was located

at the top of the sub-ballast and ballast particles were then backfilled. The third plate was placed on top of ballast and under the tie. All pressure plates were covered by stainless steel plates on both sides to allow for more uniform contact of the track stresses on the pressure plates, thus increasing the accuracy of such measurement.

Table 1 Calibration factors of eight rapid-response pressure plates.

Pressure plate No.	Calibration factors (kPa/ voltage unit)
98	120.05
99	120.62
100	120.54
101	120.04
102	120.03
103	120.51
104	120.60
494	119.95

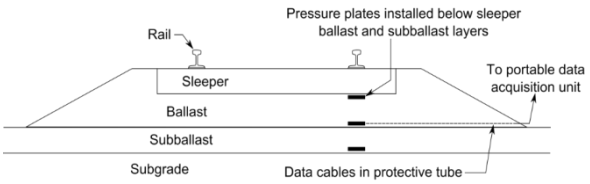


Fig. 7 Details of Installation of Rapid-Response Pressure Plates in Each Experimental Section

The signal cables of the pressure plates were routed through flexible protective conduits under the track and along the ballast shoulder. The ends of these cables were fitted with weatherproof six-pinned military-type connectors. When un-connected, these signal cables were kept in terminal boxes located at the toe of ballast embankment. When measurements of dynamic track stresses were made, these cables were connected to the portable data acquisition unit as shown in Fig. 9. Electrical excitations were then provided to the pressure plates through the data acquisition unit.



Fig. 8 Installation of Rapid-Response Pressure Plates in Track Substructure



Fig. 9 Portable Data Acquisition Unit

Vertical dynamic wheel loads were also monitored. At each experimental section, four biaxial-type strain gauges (two on each side) were attached to the rail at the neutral axis. These gauges were installed and integrated into the data acquisition system using a full-bridge type of circuitry. The actual wheel loads were determined from calibrated readings of the strain gauges attached to the rail. To calibrate, known vertical loads were incrementally applied to the rail head and the corresponding strain-gauge readings were recorded and analyzed. Fig. *10* illustrates the custom-made steel calibration frame that was employed to apply known

vertical loads to the rail during the on-site calibration process.



Fig. 10 Calibration Frame to Determine Dynamic Wheel Loads from Strain-gauge readings

2.4. Data Collection

Analog signal inputs from the pressure plates were obtained using the portable data acquisition unit (Fig. 9). The unit consisted of a National Instrument cDAQ-9188 analog-to-digital (AD) signal converter and an electrical switch box for wiring purpose. The signal cables were connected to this box which transferred the input signals to the AD converter. Input signals from the pressure plates were collected at a frequency of 2,000 Hz. A 12 volt battery provided direct-current electrical excitations to the sensors and the data acquisition unit. Input signals from the pressure plates were amplified and filtered as necessary to reduce signal noises. National Instrument Signal Express (SE) data acquisition program was used to record and process the input signals from the pressure cells in real time. The AD converter, switch box, and associated wiring were housed in a custom-made aluminum case as shown in Fig. 9.

Strain gauge readings were obtained at a frequency of 50 Hz using KYOWA UCAM-550A data logger. The same battery also provided excitation to the data logger and to the strain gauges so connected.

3. Results

A typical example of stress monitoring results is shown in Fig. 11. These reported track stresses in the vertical direction are a result of the passage of a 120-ton locomotive travelling at 19.9 km/h and with a static wheel load of 10 ton. The stresses were measured directly beneath the rail using the installed pressure plates. The dynamic wheel loads were determined from the readings of strain gauges so attached. It can be observed that the maximum vertical stresses in the track substructure founded on soft soils vary between 50 to 200 kPa. The stresses decrease significantly with increasing depth. For this example, the values decrease from 205 kPa at the tie-ballast interface to 75 kPa at a depth of 280 mm and to 30 kPa at 580 mm (subgrade surface).

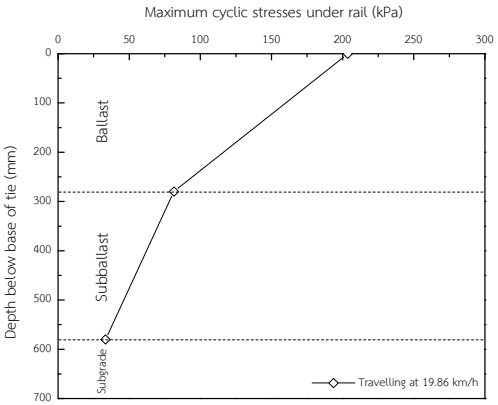


Fig. 11 Variation of Vertical Maximum Stresses in Track Substructure

The experimental data are compared to the results of two widely used empirical formulas to predict the vertical track stresses in practice. One is the equation that was first introduced by Talbot [12] and later

recommended to be used by the American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association (AREMA) . The maximum vertical pressure σ_z (kPa) below the base of tie for any particular ballast depth is defined as

$$\sigma_z = p_a \left(\frac{1}{5.9z^{1.25}} \right) \qquad (1)$$

where p_a = average uniform pressure between the tie and the ballast (kPa)

z = ballast depth (m)

The other is the Japanese National Railway (JNR) equation [13]:

$$\sigma_z = \frac{50 p_a}{10+z^{1.35}} \qquad (2)$$

where p_a is as previously defined and z is the depth of ballast in centimeter.

The experimental data are plotted with the predictions of Talbot and JNR equations in Fig. 12. It can be observed that both formulas over-predict the experimental data rather significantly, particularly, at depths less than 200 mm. The experimental results, however, are in good agreement with the predictions of JNR equation at z greater than 200 mm. At these depths, the Talbot formula still over-predicts the measured vertical stresses by a significant amount.

One practical implication of this finding is that the use of Talbot' s equation in design of the track substructure would result in unrealistically large thicknesses of the ballast and subballast layers, provided that such a design is to prevent excessive stressing of the subgrade surface which may lead to the two modes of subgrade soil failure (Figs 1 and 2). As the JNR equation provides more accurate results of track stresses for the typical ballast depths of 300-500 mm, it appears the use of JNR equation to determine the proper thickness of the track substructure under the local traffic conditions to prevent soil failure is more economic and thus preferable.

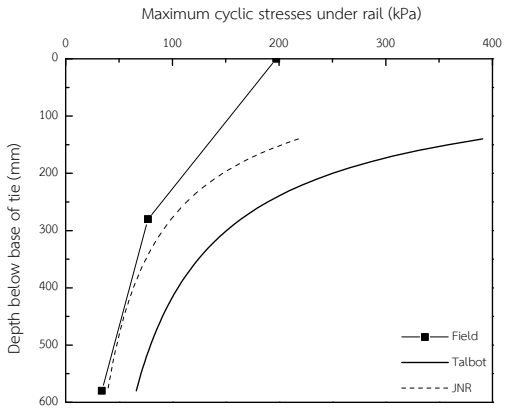


Fig. 12 Comparison between Experimental Stress Data and Predictions of Talbot and JNR Formulas

4. Conclusions

A field monitoring program was carried out to study the distribution characteristics of vertical stresses of ballasted railroad track under real-service conditions. Rapid-response pressure plates were installed at various track depths to measure the induced track stresses. Some preliminary observations were made from the experimental results. It was observed that the maximum vertical stresses in the track substructure founded on soft soils varied between 50 to 200 kPa. The stresses decreased significantly with increasing depth. For this

example, the values decreased from 205 kPa at the tie-ballast interface to 75 kPa at a depth of 280 mm and to 30 kPa at 580 mm (subgrade surface).

It was also observed that the widely used Talbot and JNR formulas over-predicted the experimental data rather significantly, particularly, at depths less than 200 mm. The experimental results, however, were in good agreement with the predictions of JNR equation at z greater than 200 mm. At these depths, the Talbot formula still over-predicted the measured vertical stresses by a significant amount.

5. Acknowledgement

This research was funded by the National Research Council of Thailand (NRCT) through grant FDA-CO-2558-126-TH. The State Railway of Thailand provided manpower during the installation of the experimental track and the field experiments that followed. These financial and in-kind supports are gratefully acknowledged.

6. References

[1] Anantanasakul, P., Indraratna, B., Nimbalkar, S., and Neville, T. (2012), Field monitoring of performance of ballasted rail track with geosynthetic reinforcement. *11th Australia – New Zealand Conference on Geomechanics: Ground Engineering in a Chang World*, Melbourne, Australia, 15-18 July 2012, pp. 241-246.

[2] Dareeju, B., Gallage, C., Dhanasekar, M., and Ishikawa, T. (2015), Cyclic plastic deformation characteristics on subgrade under moving train wheel load. *The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotecnical Engineering*, Fukuoka, Japan, 9-13 November 2015, pp. 1619-1622.

[3] Indraratna, B., Ionescu, D., and Christie, H. D. (1998). Shear behavior of railway ballast based on large-scale triaxial tests. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 124(5), pp. 439-449.

[4] Indraratna, B., Nimbalkar S., Anantanasakul, P., Rujikiatkamjorn, C., and Neville, T. (2013), Performance monitoring of rail tracks stabilized by geosynthetics and shock mats: case studies at Bulli and Singleton in Australia. *Proceedings of GeoCongress 2013: Stabilty and Performance of Slopes and Embankments III*, San Diego, California, USA, 3-7 March 2013, pp. 19-33.

[5] Li, D. and Selig, E.T. (1994), Resilient modulus for fine-grained subgrade soils. *Journal of Geotechnical Engineering*, 120(6), pp. 939-957.

[235] Li, D. and Selig, E.T. (1996), Cumulative plastic deformation for fine-grained subgrade soils. *Journal of Geotechnical Engineering*, 122(12), pp. 1006-1013.

[6] Nimbalkar, S., and Indraratna, B. (2016), Field assessment of ballasted railroads using geosynthetics and shock mats. *The 3rd International Conference on Transportation Geotechincs*, Guimaraes, Portugal, 4-7 September 2016, Volume 143, 1485-1494.

[7] Indraratna, B., Biabani M. M., and Nimbalkar, S.(2014)Behavior of geocell-reinforced subballast subjected to cyclic loading in plane-strain condition. *Journal of Geotechnical Engineering, pp. 04014081-1-04014081-16.*

[8] Indraratna, B., Nimbalkar S., and Christie, D., Rujikiatkamjorn, C., and Vinod, J. (2010). Field assessment of the performance of a ballast rail track with and without geosyntetics. *Journal of Geotechnical Engineering*, 136(7), pp.907-917.

[9] Indraratna, B., and Nimbalkar S. (2015). Behavior of geocell-reinforced sub-ballast under cyclic loading. *XV Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Amsterdam, Netherlands, pp. 109-119.

[10] Selig, E. T. and Li, D. (1994), Track modulus: Its meaning and factors influencing it, *Transportation Research Record, TRB*, 1470, pp.47-54.

[11] Doyle N.F. (1980). *Railway Track Design: A Review of Current Practice,* ISBN 0-642-05014-7, BHP Melbourne Research Laboratories.

[12] Bathurst L.A. and Kerr A.D. (1999). An Improved Analysis For The Determination Of Required Ballast depth, Senior Project Engineer, National Railroad Passenger Corp., Philadelphia, PA.

การศึกษาการลดค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินตะกอนทรายด้วยดินเหนียว

The Reduction of Silty Sand Permeability Coefficient with Clay

โกศวัต ช่างจัตุรัส, ธนากร ภูเงินขำ ชาญชัย เงาะปก และ กิ่งสมร ทิพย์โยธา

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: kosawatdee@hotmail.com[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาอัตราการผสมดินเหนียวในดินตะกอนทราย โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดอัตราการซึมผ่านของน้ำในดิน ซึ่งการศึกษาได้ทดลองนำดินเหนียวมาผสมดินตะกอนทราย โดยแปรผันอัตราส่วนผสม แล้วจึงนำมาบดอัดดินแบบมาตรฐาน ภายใต้การควบคุมความชื้นที่เหมาะสม และทดสอบตามวิธีการหาค่าการซึมผ่านของน้ำในดินแบบเฮดคงที่ เพื่อหาสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ซึ่งการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจะมีค่าลดลงตามปริมาณสัดส่วนดินเหนียวที่เพิ่มขึ้น โดยจากผลการทดลองยังพบอีกว่าเมื่อมีปริมาณดินเหนียวในส่วนผสมมากกว่า 60 % ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในดินจะมีค่าต่ำกว่า $1x10^{-6}$ เซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นข้อกำหนดของชั้นดินที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

คำหลัก: การซึมผ่านของน้ำในดิน , ดินเหนียว , ดินตะกอนทราย

Abstract

This paper was studied in a mixture ratio of clay in silty sand. The objective is to reduce permeability of soil. This study has tried to mix clay to the silty sand by varying the mixing ratio, then standard compaction with water at optimum moisture content and test permeability of soil in constant head for determine the coefficient of permeability. The study found that coefficient can be decreased by increasing the proportion of clay. The result showed that when the amount of clay in the mix more than 60% , coefficient of permeability is lower than $1x10^{-6}$ centimeter per second which is specs of Impervious soil layer

Keywords: Permeability , Clay , Silty Sand

1. บทนำ

จากการศึกษาพื้นที่และคุณสมบัติของดินเบื้องต้นภายในเขตวิจัยรักษาพันธุกรรมพืช ศูนย์หนองระเวียง จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีชั้นดินเหนียวแข็งมาก สีน้ำตาลปนเหลืองอยู่ที่ช่วงความลึกตั้งแต่ 6 เมตรลงไป แต่ชั้นผิวดินเป็นดินตะกอนทรายสีแดง หรือดินลมหอบ ซึ่งมีลักษณะด้อยในด้านการเก็บกักน้ำ คือไม่สามารถกักเก็บน้ำบริเวณผิวดินไว้ใช้เพื่องานเกษตรกรรม จึงถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในพื้นที่ศูนย์ฝึกหนองระเวียง ซึ่งมีพันธกิจทางด้านงานวิจัยการปลูกพืชและเกษตรกรรมเป็นหลัก เมื่อผิวดินไม่สามารถกักเก็บน้ำได้ การเกษตรกรรมก็ต้องอาศัยระบบน้ำประปาเพียงด้านเดียว การสร้างระบบประปาให้ทั่วพื้นที่ศูนย์ฝึก เป็นการเปลืองค่าใช้จ่ายในการสร้างและบำรุงรักษาอย่างมาก

จากแนวคิดข้างต้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาป้องกันการซึมผ่านของน้ำในดินลมหอบ โดยการวิจัยในอดีตมุ่งเน้นการพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของน้ำในดินไปควบคู่กับกำลังของดิน โดยการนำดินมาผสมซีเมนต์ ซึ่งมีผลผลิต คือ ดินซีเมนต์ แต่งานทดลองนี้มุ่งเน้นนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้ในส่วนงานที่ลดและป้องกันการซึมน้ำลงในดินเพียงประการเดียว ซึ่งงานดังกล่าวได้แก่ บ่อน้ำขุดขนาดเล็กบนผิวดิน สามารถพบได้หลายแห่งตามไร่นา ในพื้นที่ชนบทของประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์ในการกักเก็บน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมการเกษตร งานวิจัยมีแนวคิดหลักคือนำดินเหนียวภายในเขตวิจัยรักษาพันธุกรรมพืช ศูนย์หนองระเวียง ช่วงความลึก 6 – 8 เมตร มาผสมกับดินตะกอนทรายส่วนผิวดิน โดยแปรผันสัดส่วนผสม แล้วจึงนำมาบดอัดแบบมาตราฐาน จากนั้นจึงนำตัวอย่างมาทดสอบการหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ โดยมีสมมุติฐานว่าดินตะกอนทราย มีช่องว่างมาก การผสมเพิ่มดินเหนียวเข้าไปนั้น เม็ดดินเหนียวซึ่งมีขนาดเล็กจะเข้าไปแทรกตัวในช่องว่างดังกล่าว เมื่อดินเหนียวสัมผัสกับความชื้นจะขยายตัวอุดช่องว่างดังกล่าว ซึ่งกั้นไม่ให้น้ำสามารถไหลผ่านช่องว่างของเม็ดดินลมหอบได้

งานวิจัยนี้อาจถือได้ว่าเป็นการนำวัสดุที่มีในพื้นที่มาพัฒนาให้เกิดประโยชน์ สำหรับผู้ที่ต้องการใช้ดินเหนียวมาใช้ป้องกันการซึมผ่านของน้ำในดินลมหอบต่อไป

2. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 ดินที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่างดินทั้งหมดถูกเก็บตัวอย่างแบบถูกรบกวนจากเขตวิจัยรักษาพันธุกรรมพืช ศูนย์หนองระเวียง จังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ ดินตะกอนทราย เก็บตัวอย่างบริเวณผิวดินที่ความลึก 0.5 – 2 เมตร และดินดินเหนียว เก็บตัวอย่างช่วงความลึก 6 – 8 เมตร ซึ่งคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน และขนาดคละของดิน แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

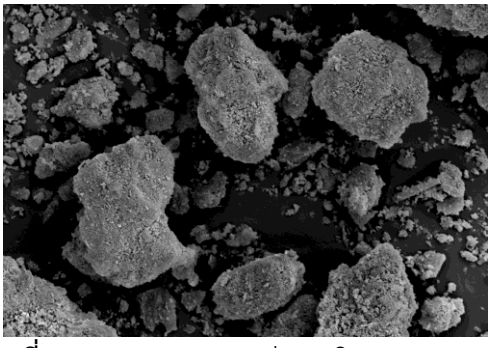
Soil Properties	ดินตะกอนทราย	ดินเหนียว
Soil Classification (USCS) [1]	SM	CL
Specific Gravity [2]	2.61	2.63
Liquid Limit (%) [3]	NP	44.3
Plastic Limit (%) [4]	NP	18.6
Plasticity Index (%)	NP	25.7
Optimum Moisture Content(%) ; [5]	12.42	16.73
Maximum Dry Density (kN/m^3)	17.95	18.34

ตารางที่ 2 ขนาดคละของดิน

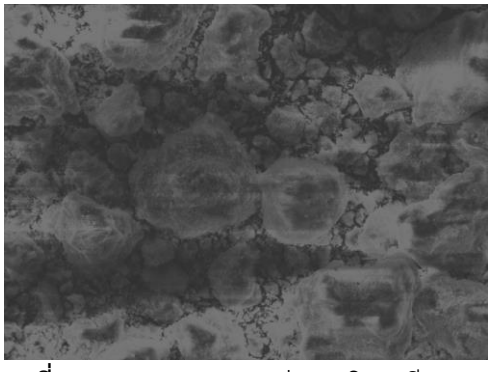
Percent Passing (%)	ดินตะกอนทราย	ดินเหนียว
#4	100	100
#10	84	100
#20	71	100
#40	60	97
#60	41	91
#100	27	84
#200	18	73

ภาพกำลังขยายขนาดของเม็ดดินทดสอบด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ที่กำลังขยาย 1000 เท่าพบว่า ดินตะกอนทรายมีลักษณะของเม็ดดินมีพื้นที่ผิวขรุขระ กระจัด กระจายและมีรูพรุนสูง ดังแสดง

ในรูปที่ 1 ส่วนดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่น เรียงตัวกันแน่น ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งหากดินทั้งสองผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม จะสามารถลดช่องว่างในดิน



รูปที่ 1 ภาพขยาย 1000 เท่าของดินตะกอนทราย



รูปที่ 2 ภาพขยาย 1000 เท่าของดินเหนียว

3. วิธีการศึกษา

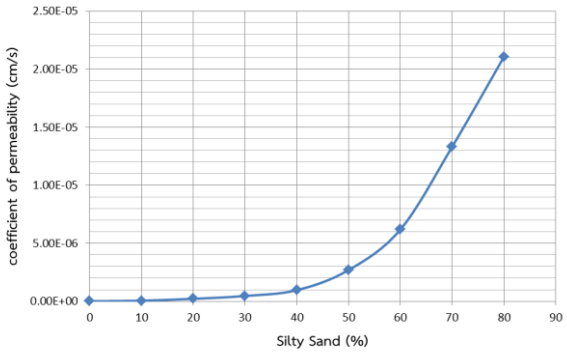
ตัวอย่างดินทั้งสองถูกทำให้แห้ง ด้วยการตากผึ่งแดดให้แห้งด้วยอากาศ แล้วนำทุบย่อยให้ละเอียด และมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้นนำตัวอย่างมาผสมกันตาม ส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 3 แล้วบดอัดด้วยแบบมาตราฐาน (ASTM D698) [5] ความชื้นเหมาะสมของตัวอย่างดินตะกอนทราย จากนั้นนำตัวอย่างพร้อมโมลบดอัดแบบมาตราฐาน เข้าทดสอบการค่าการซึมน้ำของดิน โดยใช้วิธีความดันแปรผัน (ASTM D 2434-68) [6]

ตารางที่ 3 ส่วนผสมตัวอย่าง

ชุดตัวอย่าง	ดินตะกอนทราย (%)	ดินเหนียว (%)	จำนวนตัวอย่าง
SS80	80	20	3
SS70	70	30	3
SS60	60	40	3
SS50	50	50	3
SS40	40	60	3
SS30	30	70	3
SS20	20	80	3
SS10	10	90	3
SS0	0	100	3

4. ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง การหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านแบบเฮดแปรผัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสัดส่วนตะกอนทรายที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 3 โดยเมื่อตัวอย่างดินมีส่วนผสมของดินตะกอนทรายในช่วง 0% ถึง 40% ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Coefficient of Permeability , k) จะมีค่าอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำ แต่จะมีอัตราการเพิ่มสูงมากเมื่อส่วนผสมของตะกอนทรายมีค่าอยู่ระหว่าง 50% ถึง 80 %



รูปที่ 3 สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของตัวอย่างดิน

จากกราฟพบว่า ตัวอย่างที่มีสัดส่วนดินตะกอนทราย ต่ำกว่า 40% จะมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านต่ำกว่า 1×10^{-6} cm/s จัดเป็นชั้นดินที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ (Impervious) ส่วนตัวอย่างตัวอย่างที่มีสัดส่วนดินตะกอนทรายมากกว่า 40% จัดเป็นชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้บางส่วน (Semi-pervious) [7] [8]

เมื่อพิจารณาขนาดคละของเม็ดดินและภาพถ่าย SEM ของดินทั้งสองชนิด พบว่าตัวอย่างดินเหนียวมีขนาดเม็ด

ดินที่เล็กกว่าดินตะกอนทราย จึงสามารถแทรกตัวเข้า ไปในช่องว่างของดินตะกอนทรายและลักษณะเม็ดของดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่นจึงปิดช่องว่างของเม็ดดินตะกอนทรายได้ดีขึ้น ประกอบกับตัวอย่างได้รับ การบดอัดที่ความชื้นเหมาะสมจึงทำให้ตัวอย่างดินแน่นขึ้น และเนื่องจากน้ำจะไหลผ่านดินได้ตามรอยต่อและช่องว่างของเม็ดดิน ดังนั้นหากช่องว่างมีขนาดลดลงอัตรา การซึมผ่านของน้ำในดินย่อมมีค่าลดลงแน่นอน

5. สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองนำดินเหนียวมาผสมในดินตะกอนทราย ซึ่งได้รับการปรับปรุงคุณภาพโดยการบดอัด แบบมาตราฐาน แล้วนำจึงมาทดสอบหาอัตราการซึมผ่านของน้ำ (Permeability) พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อทำให้ชั้นดินดังกล่าวเป็นชั้นดินที่น้ำไม่สามารถซึม ผ่านได้ คือ ดินตะกอนทราย 40% และดินเหนียว 60% ซึ่งดินทั้งสองเป็นดินภายในเขตวิจัยรักษาพันธุกรรมพืช ศูนย์หนองระเวียง จังหวัดนครราชสีมา

บทความนี้นำไปประยุกต์ใช้กับงานในสนาม เช่น การนำไปปรับปรุงดินของอ่างเก็บน้ำ เพื่อลดการสูญเสียน้ำในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งการนำไปใช้งานในภาคสนามจะต้องทำการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามก่อน เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างชั้นดินกันซึมที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการจะนำผลการทดสอบนี้ไปใช้งานก็จะต้องคำนึงถึงผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านการหดตัวและการสูญเสียน้ำในมวลดินเมื่อน้ำถูกดินเหนียวดูดซับไป และความมีเสถียรภาพของลาดดินด้วยเพื่อให้ชั้นกันซึมมีประสิทธิภาพที่ดี

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิศวกรรมโยธา และเขตวิจัยรักษาพันธุกรรมพืช ศูนย์หนองระเวียง มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลอีสานจังหวัดนครราชสีมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ASTM D2487 – 17. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

[2] ASTM D854 – 14.Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer

[3] ASTM D423-66, (1972). Method of Test for Liquid Limit of Soils

[4] ASTM D424-54, (1971). Standard Method of Test for Plastic Limit

[5] ASTM D 698-12, Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort.

[6] ASTM D2434 - 68(2000)
Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)

[7] Trishana B, (2017). Soil Management India. URL:http://www.soilmanagementindia.com/soil/permeability-of-soils/permeability-of-soils-factors-and-determination/13482

[8] ชินะวัฒน์ มุกตพันธุ์, (2540) เอกสารประกอบการสอน ปฐพีกลศาสตร์; ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

แบบจำลองโครงถักปฏิสัมพันธ์สำหรับการทำนายกำลังเฉือนของข้อต่อเสา-คานภายนอกคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหว

Modified Interactive Strut-and-Tie Model for Predicting the Shear Strengths of RC Exterior Beam–Column Connections under Seismic Loading

เอกวิทย์ อาจศรี ปนัสย์ชัย เชษฐ์โชติศักดิ์* และ จารึก ถีระวงษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น
*E-mail panatchai.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแบบจำลองโครงถักปฏิสัมพันธ์สำหรับการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของข้อต่อเสา-คานภายนอกคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหว แบบจำลองได้พัฒนาขึ้นโดยมีพื้นฐานจากเกณฑ์การวิบัติของคอนกรีตรับน้ำหนักสองแกนโดย Kupfer และ Gerstle ซึ่งประกอบไปด้วยปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำลังของค้ำยันคอนกรีต และกำลังของเหล็กเสริมเอกในคาน นอกจากนี้ผลกระทบของเหล็กปลอกในแนวราบ และเหล็กแกนเสาได้นำมาพิจารณาด้วย ฐานข้อมูลผลการทดสอบข้อต่อเสา-คานภายใต้แรงสลับทิศ จำนวนทั้งสิ้น 230 ตัวอย่างทดสอบได้นำมาใช้ปรับเทียบ และ ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ทั้งนี้ ผลการทำนายกำลังเฉือนของข้อต่อที่ได้จากบทความนี้ ได้นำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองล่าสุดจากงานวิจัยในอดีตด้วย และพบว่า แบบจำลองนี้ให้ผลการทำนายที่แม่นยำ และมีความสม่ำเสมอมากกว่าแบบจำลองอื่น

คำหลัก: ข้อต่อเสา-คาน, กำลังเฉือน, แบบจำลองโครงถัก, แผ่นดินไหว

Abstract

The modified interactive strut-and-tie model (MISTM) used to predict the nominal shear strengths of RC exterior beam-column joints subjected to earthquake loading was derived based on the modified Kupfer and Gerstle's biaxial failure criterion of concrete, and is presented in this paper. The MISTM includes the interaction between the load-carrying capacity of strut and tension tie, and the amount of horizontal stirrups and vertical intermediate bars are considered. To validate and calibrate the MISTM, a total of 230 exterior beam-column joint test results under cyclic loading collected from the literature was employed. Finally, the predictions obtained by this study were also compared with those by five state-of-the-art model available from literature, and were found to be more accurate and consistent.

Keywords: Beam-column joint, Shear strength, Strut-and-tie, Earthquake

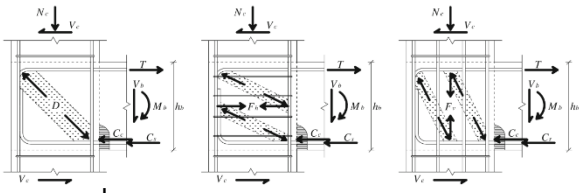
1. บทนำ

ในการออกแบบอาคารรับน้ำหนักในแนวดิ่งเพียงอย่างเดียว ข้อต่อเสา-คานในโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นไม่จำเป็นจะต้องนำมาพิจารณา ในทางกลับกันสำหรับการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ข้อต่อเสา-คานนั้นถือเป็นบริเวณที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการถ่ายน้ำหนักระหว่างเสาและคาน การวิบัติของข้อต่อภายใต้แรงแผ่นดินไหวในอดีต ได้แสดงให้เป็นที่ประจักษ์ถึงความเสียหายอย่างรุนแรง และสามารถนำไปสู่การวิบัติของอาคารทั้งหลังได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อต่อเสา-คานภายนอกที่มักจะมีกำลังต้านทานแรงเฉือนต่ำกว่าข้อต่อภายใน ตั้งแต่ปี 1960 เป็นต้นมา ได้มี

งานวิจัยเกี่ยวกับข้อต่อเสา-คานคอนกรีตเสริมเหล็กหลากหลายฉบับ เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกำลัง และพฤติกรรมของข้อต่อให้ดียิ่งขึ้น ทั้งการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Park และ Paulay [1], Ehsani และคณะ[2], Hwang และคณะ [3], Tsonos [4], Kaung และ Wong [5], Joyklad และคณะ [6]; Li และคณะ [7] และ แบบจำลองสำหรับการทำนายกำลัง (Kim และคณะ [8], Wang และคณะ [9], Tran และคณะ [10], Kassem [11], Hwang และคณะ[12] งานวิจัยเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญ และความน่าสนใจมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในบทความล่าสุดของ Paratea และKumar [13] ได้รวบรวมแบบจำลองการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของข้อต่อเป็นจำนวนทั้งสิ้น 12 แบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลผลการทดสอบกว่า 200 ตัวอย่างทดสอบจากงานวิจัยในอดีต เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งพบว่า แบบจำลองส่วนใหญ่ให้ผลการทำนายกำลังที่ผันผวนมาก และมีหลายแบบจำลองให้ผลไปในเชิงไม่ปลอดภัย ดังนั้นจากบทความดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสำหรับการทำนายกำลังที่ถูกต้องแม่นยำยังคงเป็นที่ต้องการอยู่ บทความนี้นำเสนอ แบบจำลองโครงถักปฏิสัมพันธ์ ซึ่งใช้สำหรับการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของข้อต่อเสา-คานภายนอกคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหว และนำผลการทำนายของแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบ ซึ่งรวบรวมจากงานวิจัยในอดีตจำนวนทั้งสิ้น 230 ตัวอย่างทดสอบ และนอกจากนี้ ยังได้เปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นด้วย

2. แบบจำลองโครงถักปฏิสัมพันธ์สำหรับการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของข้อต่อเสา-คานภายนอก

กลไกการต้านทานแรงเฉือนในแนวราบข้อข้อต่อคาน-เสาภายนอก สามารถใช้แบบจำลองโครงถัก (strut-and-tie) มาอธิบายดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยค้ำยันคอนกรีต (strut) และ เหล็กเสริมในคาน (tie) รวมถึงผลกระทบของเหล็กปลอกในแนวราบ และเหล็กแกนเสา



รูปที่ 1 กลไกการต้านทางแรงเฉือนของข้อต่อ (ปรับปรุงจาก Hwang และLee, 1999)

ทั้งนี้กำลังต้านทานแรงเฉือนของข้อต่อ V_n นั้นหาได้จากผลรวมของกำลังต้านทานแรงเฉือนของค้ำยันคอนกรีต V_{nc} และกำลังจากเหล็กเสริมในข้อต่อดังนี้

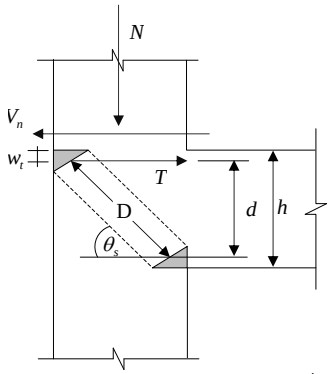
$$V_n = V_{nc} + \frac{k_v A_v f_{yv}}{\tan\theta_s} + k_h A_h f_{yh} \qquad (1)$$

โดยที่ A_v และ A_h รวมถึง f_{yh} และ f_{yv} คือ พื้นที่หน้าตัดและกำลังดึงที่จุดคราก ของเหล็กปลอกในแนวราบ และเหล็กเสริมยืนในเสา ตามลำดับ ส่วน k_h และ k_v คือ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงสัดส่วนการต้านทานแรงเฉือนของเหล็กปลอก และเหล็กยืนในเสา ตามลำดับ ซึ่งจะหาได้จากการปรับเทียบกับผลการทดสอบซึ่งจะกล่าวในภายหลัง และ θ_s คือมุมเอียงของค้ำยันคอนกรีต สำหรับ V_{nc} หาได้จากการพิจารณากำลังของค้ำยันคอนกรีตที่ไม่เสริมเหล็กปลอก ดังรูปที่ 2 โดยใช้ดัดแปลงเกณฑ์การวิบัติของ Kupfer และ Gerstle [14] คือ

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{\text{tn}}} + \frac{\sigma_2}{1.25\nu f_c'} = 1 \qquad (2)$$

เมื่อ σ_1 คือหน่วยดึงแรงหลัก σ_2 คือ หน่วยแรงอัดหลัก และ σ_{tn} คือ กำลังต้านทานแรงดึงจากคอนกรีตและเหล็กเสริมเอก และ f_c' คือ กำลังคอนกรีต ส่วน ν ตัวคูณประสิทธิผลซึ่งใช้อธิบายถึงปรากฏการณ์การถดถอยของกำลังของคอนกรีต (softening effect) จาก Zhang และ Hsu [15] ดังนี้

$$\nu = \frac{3.35}{\sqrt{f_c'}} \le 0.52 \qquad (3)$$



รูปที่ 2 การส่งถ่ายแรงในข้อต่อคาน-เสาที่ไม่เสริมเหล็กปลอก

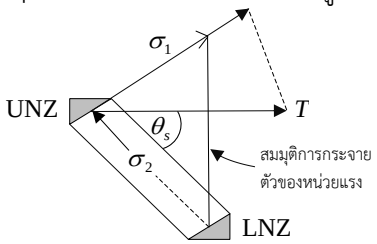
จากสมการสมดุล สามารถเขียนสมการกำลังต้านทานแรงเฉือนของข้อต่อคาน-เสา V_{nc} ในรูปกำลังรับแรงอัดของค้ำยันคอนกรีตได้ดังนี้

$$D = \frac{V_{nc}}{\cos\theta_s} \tag{4}$$

และอยู่ในรูปกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมเอกได้ดังนี้

$$T = V_{tie} \tag{5}$$

เมื่อพิจารณาจุดต่อที่เกิดการถ่ายแรงด้านบนของข้อต่อคาน-เสา (upper nodal zone, UNZ) พบว่าเป็นบริเวณที่รับแรงดึง และแรงอัดพร้อมกัน ซึ่งสามารถใช้เกณฑ์การวิบัติของ Kupfer และGerstle [14] ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 จำลองหน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นตามแนวค้ำยันคอนกรีต

หน่วยแรงหลักเนื่องจากแรงดึงเฉลี่ยที่เกิดขึ้น σ_1 มีทิศทางตั้งฉากกับค้ำยันคอนกรีต สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\sigma_1 = \frac{k_1 T \sin\theta_s}{A_{tang}} \tag{6}$$

เมื่อ A_{tang} คือ พื้นที่ผิวสัมผัสของค้ำยันในแนวทแยง, k_1 คือ ตัวแปรที่อธิบายถึงการกระจายที่ไม่สม่ำเสมอของหน่วยแรงดึง แทนสมการที่ (5) ใน สมการที่ (6) จะได้

$$\sigma_1 = \frac{k_1 V_{tie} \sin\theta_s}{A_{tang}} \tag{7}$$

และหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นบริเวณจุดต่อด้านบน σ_2 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\sigma_2 = \frac{D}{A_{str}} = \frac{V_{str}}{A_{str}\cos\theta_s} \tag{8}$$

โดยที่ A_{str} คือ พื้นที่ประสิทธิผลของค้ำยันในแนวทแยง ซึ่งหาได้จาก

$$A_{str} = a_s \cdot b_j \tag{9}$$

เมื่อ b_j คือ ความกว้างประสิทธิผลของแกนข้อต่อ ซึ่งใช้ตาม มาตรฐานประเทศนิวซีแลนด์ NZS3101 และ

$$a_s = \left(0.25 + 0.85\frac{N_c}{f_c \cdot A_c}\right) h_c \tag{10}$$

โดยที่ h_c และ A_c คือ ความลึกและ พื้นที่หน้าตัดเสาตามลำดับ สำหรับกำลังต้านทางแรงดึงได้จากคอนกรีตร่วมกับกำลังต้านทานแรงดึงจากเหล็กเสริมสามารถ เขียนสมการได้ดังนี้

$$\sigma_{tn} = \frac{k_2\left(A_{sb} f_{yb} + F_{ct}\right)\sin\theta_s}{A_{tang}} \tag{11}$$

และกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต หาได้จาก

$$F_{ct} = f_{ct} A_{ct} \tag{12}$$

โดยที่ f_{ct} และ A_{ct} คือ กำลังรับแรงดึง และพื้นที่รับแรงดึงประสิทธิผลของคอนกรีตตามลำดับ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

$$f_{ct} = 0.5\sqrt{f'_c} \tag{13}$$

$$A_{ct} = w_t\, b \tag{14}$$

เมื่อ w_t คือ ความกว้างประสิทธิผลของคอนกรีตรับแรงดึง มีค่าเท่ากับ $2(h-d)$ จากนั้นนำสมการที่ (7), (8) และ (11) แทนลงในสมการที่ (2) จะได้กำลังต้านทานแรงเฉือนของข้อต่อคาน-เสา คอนกรีตที่ไม่เสริมเหล็กปลอก V_{nc} ได้ดังนี้

$$V_{nc} = \left(\frac{1}{V_{tie}} + \frac{1}{1.25V_{str}}\right)^{-1} \tag{15}$$

$$V_{tie} = \alpha\left(A_{sb} f_{yb} + F_{ct}\right) \tag{16}$$

$$V_{str} = \nu\, f'_c A_{str}\cos\theta_s \tag{17}$$

โดยที่ V_{tie} คือ กำลังต้านทานแรงเฉือนจากชิ้นส่วนที่รับแรงดึง, V_{str} คือ กำลังต้านทางแรงเฉือนจากค้ำยัน

คอนกรีตรับแรงอัด และ $\alpha = k_2 / k_1$ ซึ่งหาจากกระบวนการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในหัวข้อต่อไป

3. การปรับเทียบ และการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในบทความนี้ ได้ใช้ข้อมูลผลการทดสอบข้อต่อเสา-คานคอนกรีตเสริมเหล็กภายนอกจำนวนทั้งสิ้น 230 ตัวอย่างผลการทดสอบ มาทำการ การปรับเทียบ (calibration) และการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้จะใช้ค่าเฉลี่ย (AVG) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (COV) ของอัตราส่วนระหว่างกำลังจากผลการทดสอบต่อกำลังจากการทำนายเป็นดัชนีชี้วัดความถูกต้อง หากค่า AVG มีค่ามากกว่าหนึ่งหมายถึง ผลการทำนายมีค่าน้อยกว่าผลการทดสอบ ซึ่งบ่งบอกถึงการทำนายอย่างปลอดภัย และหาก COV มีค่าน้อย แสดงถึงการทำนายที่มีความผันผวนน้อย หรือมีความสม่ำเสมอมาก จากการคำนวณโดยใช้สมการที่ (1) และใช้กระบวนการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดอย่างไร้เชิงเส้น (non-linear optimization) โดยวิธี Simplex โดยมีวัตถุประสงค์ คือ หาค่า COV มีค่าน้อยที่สุด และเงื่อนไขคือ AVG = 1 ซึ่งจากการคำนวณจะได้ค่า α = 1.421 k_h =0.164 และ k_v =0.165 โดยที่AVG = 1.00 และ COV= 14.05%

4. เปรียบเทียบผลการทำนายกับแบบจำลองอื่น

เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองที่นำเสนอ ในหัวข้อนี้จะนำผลการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของข้อต่อเสา-คานมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น ซึ่งได้แก่ Kim และคณะ [8], Wang และคณะ [9], Tran และคณะ [10], Kassem [11] Hwang และคณะ [12] และ เอกวิทย์และคณะ [x] ผลการทำนายและค่าเชิงสถิติแสดงดังรูปที่ 4 และตารางที่ 1

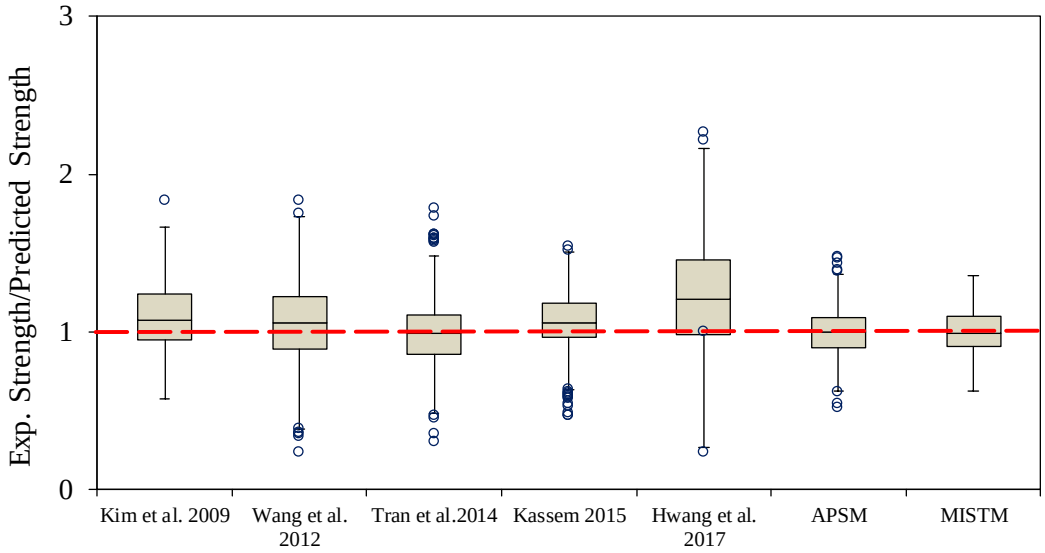
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการทำนาย

แบบจำลอง	AVG	%COV
Kim และคณะ [8]	1.08	19.81
Wang และคณะ [9]	1.06	26.69
Tran และคณะ [10]	0.99	24.79
Kassem [11]	1.07	18.77
Hwang และคณะ [12]	1.21	30.21
เอกวิทย์และคณะ [x]	1.00	16.57
งานวิจัยนี้	1.00	14.05

พบว่าแบบจำลองของ Hwang และคณะ [12] ให้ผลการทำนายที่มีความไม่แน่นอนสูงที่สุด ซึ่งดูได้จาก COV มีค่าถึง 30% ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Paratea และKumar [13] ในขณะที่ แบบจำลองของ Wang และคณะ [9], Tran และคณะ [10] ดูจะให้ผลการทำนายที่ค่อนข้างสอดค้องกับผลการทดสอบมากกว่า กล่าวคือมีค่า %COV มีค่า 26.69% และ 24.79% ตามลำดับ ส่วน Kim และคณะ [8] และ Kassem [11] มีความสม่ำเสมอมากกว่าแบบจำลองที่กล่าวมา อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่นำเสนอนี้ ให้ผลการทำนายกำลังต้านท้านแรงเฉือนของข้อต่อเสา-คานภายนอกได้แม่นยำ และมีความสม่ำเสมอมากที่สุด (AVG= 1.00 และ %COV = 14.05)

5. สรุปผลการศึกษา

บทความนี้นำเสนอการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของข้อต่อเสา-คานคอนกรีตเสริมเหล็กภายนอกภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหว กระบวนการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้นำมาใช้เพื่อ ปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ร่วมกับ ผลการทดสอบข้อต่อเสา-คานภายใต้แรงสลับทิศจำนวนทั้งสิ้น 230 ตัวอย่างทดสอบ จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่นำเสนอนี้ ให้ผลการทำนายโดยมีค่าเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอัตราส่วนผลการทดสอบต่อผลการทำนาย เท่ากับ 1.00 และ 14.05% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องและมีความสม่ำเสมอกว่าแบบจำลองของ Kim และคณะ [8], Wang และคณะ [9], Tran และคณะ [10], Kassem [11]รวมถึง Hwang และคณะ [12] ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบผลการทำนายกำลังของข้อต่อเสา-คานภายนอกคอนกรีตเสริมเหล็ก

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Park, R. and Pauley, T. (1974). Behaviour of reinforced concrete external beam-bolumn joints under cyclic loading. Proceedings, Fifth World Conference on Earthquake Engineering (5WCEE), Rome, June 1973, pp. 772-781.

[2] Ehsani, M.R., Moussa, A.E. and Vallenilla, C.R. (1987). Comparison of Inelastic Behavior of Reinforced Ordinary- and High-Strength Concrete Frames. ACI Structural Journal, V.84, No. 2, pp. 161-169.

[3] Hwang, S. J. Lee, H. J., Liao, T. F., Wang, K. C. and Tsai, H. H. (2005). Role of Hoops on Shear Strength of Reinforced Concrete Beam-Column Joints. ACI Structural Journal, V. 102, No. 3, pp. 445-453

[4] Tsonos, A. G. (2007). Cyclic load behavior of reinforced concrete beam-column subassemblages of modern structures. ACI Structural Journal, V. 104, No. 4, pp. 468-478.

[5] Kaung, J. S. and Wong, H. F. (2011). Effectiveness of horizontal stirrups in joint core for exterior beam-column joints with nonseismic design. Journal of Procedia Engineering, V. 14, pp. 3301–3307.

[6] Joyklad, P., Pimanmas, A. and Dhakal, R.P. (2012). Cyclic performance of beam–column joints with extended column fixed at base. Part I: experimental investigation. Mag. Concrete Res., V. 64 No.9, pp. 807–807.

[7] Li J., Feng D.C., Gao, X.L. and Zhang, Y.S. (2015). Stochastic nonlinear behavior of reinforced concrete frames. i: experimental investigation. Journal of Structural Engineering ASCE, V. 142(3).

[8] Kim, J., LaFave, J.M. and Song, J. (2009). Joint Shear Behavior of Reinforced Concrete Beam-Column Connections. Mag. Concrete Res., V. 61(2), pp. 119-132.

[9] Wang, G.L., Dai, J.G. and Teng , J.G. (2012). Shear strength model for RC beam–column joints under seismic loading. Engineering Structures, V. 40, pp. 350–360.

[10] Tran, M.T., Hadi, M.N.S., Pham, M.T. (2014). A new empirical model for shear strength of reinforced concrete beam–column connections. Mag. Con. Res., V. 66(10), pp. 514-530.

[11] Kassem, W. (2015) . Strut-and-tie modelling for the analysis and design of RC beam-column joints. Materials and Structures, V. 49(8), pp.430–438.

[12] Hwang, S. J., Tsai, R. J., Lam, W. K., and Moehle, J. P. (2017). Simplification of Softened Strut-and-Tie Model for Strength Prediction of Discontinuity Regions ACI Structural Journal, V. 114, No. 5, pp. 1239-1248.

[13] Paratea, K. and Kumar, R. (2016) . Investigation of shear strength models for exterior RC beam-column joint. Journal of Structural Engineering and Mechanics,V. 58, No.3, pp.475–514.

[14] Kupfer, H., and Gerstle, K. (1973). Behavior of concrete under biaxial stresses. Eng Mech. Div ASCE Vol. 99: pp.853-866.

[15] Zhang, L. X. and Hsu, T. T. C. (1998) Behavior and analysis of 1 0 0 MPa concrete membrane elements. J Struct Eng ASCE Vol. 124(1): pp. 24-34.

การทดสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโครงถักสำหรับการทำนายกำลังเฉือนของแป้นหูช้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

Experimental Validation of Strut-and-Tie Models for Shear Strengths Prediction of RC Corbels

เชิดชู สินไชย, กิติพงศ์ จิรวรรณกูล, จารึก ถีระวงษ์ และ ปนัสย์ชัย เชษฐ์โชติศักดิ์*

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000

*E-mail panatchai.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการทดสอบแป้นหูช้างจำนวน 6 ตัวอย่างทดสอบ เพื่อยืนยันถึงความถูกต้องของแบบจำลองโครงถัก ตัวอย่างทดสอบได้ถูกสร้างขึ้น และถูกทดสอบจนวิบัติโดยมีตัวแปรสำคัญคือ ขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทาน 3 ขนาด ในขณะที่มีระยะช่วงการเฉือนต่อความลึก เท่ากับ 0.46 และกำลังอัดของคอนกรีตเท่ากับ 29.1 MPa เป็นตัวแปรควบคุม ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่า ขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทานมีผลน้อยหรือ แทบจะไม่มีผลต่อกำลังต้านแรงเฉือนของแป้นหูช้างเลย และ ยังยืนยันด้วยว่า กำลังต้านแรงเฉือน ไม่ได้ถูกควบคุมด้วยขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทาน และสุดท้าย แบบจำลองโครงถักจากงานวิจัยในอดีตได้นำมาทำนายกำลังต้านแรงเฉือนของตัวอย่างทดสอบทั้งหมด และพบว่าแบบจำลองโครงถักของ ACI 318-14 ให้ผลการทำนายที่ปลอดภัยมาก

คำหลัก: แป้นหูช้าง, กำลังเฉือน, คอนกรีตเสริมเหล็ก, แบบจำลองโครงถัก

Abstract

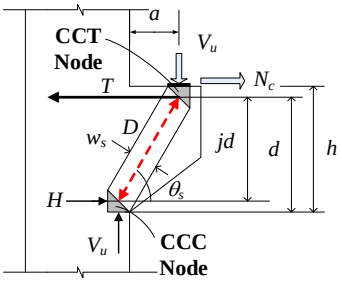
The experimental results conducted on six RC corbels to validate the strut-and-tie models is presented in this paper. The specimens having three sizes of bearing plates as the main variable, and the control parameters including a shear span-to-depth ratio of 0.46, and a concrete strength of 29.1 MPa., were fabricated and monotonically loaded to failure. The experimental results indicate that the size of bearing plates had no or little effect on the shear strength of RC corbels, and also confirm that the shear strength of RC corbels is not governed by the size of bearing plates. Finally, the strut-and-tie models (STMs) available in literature were selected and used to predict the shear strength of all specimens, it was found that the STM followed ACI 318-14 provided overly conservative prediction.

Keywords: Corbels, Shear strength, Reinforced concrete, Strut-and-tie

1. บทนำ

แป้นหูช้างเป็นองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่นิยมใช้ในการก่อสร้างอาคาร สะพาน หรือโครงสร้างสาธารณูปโภคอื่นๆ ที่มีชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จเป็นองค์ประกอบ ด้วยลักษณะทางกายภาพที่คล้ายกับคานยื่นออกจากเสา หรือผนัง ซึ่งมีระยะยื่นที่สั้นมากเมื่อเทียบกับความลึก ทำให้แป้นหูช้างมีโอกาสเกิดการวิบัติด้วยแรงเฉือนมากว่าแรงดัด ดังนั้นจึงมีการศึกษาพฤติกรรมทางด้านการเฉือนของแป้นหูช้างกันอย่างแพร่หลาย เช่น Kriz และ Raths [1] Mattock และคณะ [2] Foster และคณะ [3] Lu และคณะ [4] Wilson และคณะ [5] Hwang และคณะ [6] Russo และคณะ [7] ปรินทร์ [8] และ Chetchotisak และคณะ [9] ในปัจจุบัน การออกแบบแป้นหูช้างคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน ACI 318-14 [10] ได้แบ่งออกเป็น สองวิธีคือ 1) วิธีแรงเฉือน-ความเสียดทาน และ 2) วิธีแบบจำลองโครงถัก (strut-and-tie, STM) ในส่วนของวิธีแรกนั้น เป็นวิธีที่วิศวกรนิยมใช้กันมาอย่างแพร่หลายสำหรับแป้นหูช้างที่มี

อัตราส่วนระยะช่วงการเฉือนต่อความลึกน้อยกว่า 1 ในขณะที่วิธีที่สองซึ่งได้รับการบรรจุลงในมาตรฐาน ACI ตั้งแต่ปี 2002 เป็นต้นมานั้น ได้พิจารณาให้แป้นหูช้างเป็นส่วนขององค์อาคารในบริเวณไร้ความต่อเนื่อง (discontinuous region, D-Region) กล่าวคือ มีพฤติกรรมที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎีการดัดเชิงเส้นของคานที่ว่า ระนาบรูปตัดของโครงสร้างยังคงเป็นระนาบ (plane sections remain plane) ทั้งก่อนและหลังการรับน้ำหนัก รวมถึงความเครียดบนหน้าตัดมีการกระจายอย่างเป็นเชิงเส้น หลักการของวิธีแบบจำลองโครงถักคือสมมุติให้ส่วนของคอนกรีตที่รับแรงอัดนั้นแทนที่ด้วยชิ้นส่วนค้ำยัน (strut) ในขณะที่บริเวณที่รับแรงดึงแทนที่โดยเหล็กเสริม (tie) และชิ้นส่วนโครงสร้างทั้งสองเชื่อมต่อกันที่จุดต่อ (nodal zone) ดังรูปที่ 1 นอกจากนี้โครงถักจะต้องอยู่ในสภาวะสมดุล และมีความเหนียวเพียงพอที่จะถ่ายแรงจากจุดรับน้ำหนักบรรทุกไปยังฐานรองรับได้



รูปที่ 1 กลไกการต้านทางแรงเฉือนของข้อต่อ

จากผลการศึกษาของ Hwang และคณะ [6] Russo และคณะ [7] และ ปรินทร์ [8] พบว่า วิธีแรงเฉือน-ความเสียดทานนั้นให้ผลการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของแป้นหูช้างค่อนข้างผันผวนมาก ในขณะที่แบบจำลองโครงถักให้ผลที่ถูกต้องกว่า อย่างไรก็ตามงานวิจัยในอดีตยังมีความเห็นไม่ตรงกันอยู่บางประการอันได้แก่การกำหนดขนาดของชิ้นส่วนค้ำยันคอนกรีตซึ่งเป็นตัวควบคุมกำลังต้านทานแรงเฉือนขององค์อาคารโดยรวม [6-9] กล่าวคือ Foster และคณะ [3] ได้กำหนดขนาดของชิ้นส่วนค้ำยันคอนกรีตโดยใช้ขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทาน ในขณะที่งานวิจัยในเอกสารอ้างอิง [6-9] กำหนดขนาดของชิ้นส่วนค้ำยันคอนกรีตจากความลึกของส่วนรับแรงอัดตามทฤษฎีการดัดเชิงเส้นของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้นจึงเกิดเป็นสมมุติฐานของงานวิจัยนี้ว่า การกำหนดขนาดของชิ้นส่วนค้ำยันคอนกรีตในแบบจำลองโครงถักอย่างไรจึงถูกต้อง

บทความนี้ทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของแป้นหูช้างเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโครงถักสำหรับการทำนายกำลังรับแรงเฉือนของแป้นหูช้าง โดยมีตัวอย่างทดสอบจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่างซึ่งถูกสร้างขึ้นและถูกทดสอบจนวิบัติ โดยที่ตัวแปรสำคัญคือ ขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทาน 3 ขนาด และมีตัวแปรควบคุมคือระยะช่วงการเฉือนต่อความลึก เท่ากับ 0.46 และกำลังอัดคอนกรีตเท่ากับ 29.1 MPa

2. แบบจำลองโครงถัก

กลไกลการถ่ายน้ำหนักของแป้นหูช้างสามารถแทนที่ด้วยแบบจำลองโครงถักดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนค้ำยัน เหล็กยึด และจุดต่อ การคำนวณออกแบบองค์อาคารในอณาบริเวณไร้ความต่อเนื่องรวมถึงแป้นหูช้างด้วยแบบจำลองโครงถักตาม ACI 318-14 นั้นจะต้องพิจารณากำลังต้านทานของทุกๆ ชิ้นส่วนในโครงถัก อย่างไรก็ตาม Hwang และคณะ [6] และ Russo และคณะ [7] ได้เสนอว่า กำลังต้านทานแรงเฉือนขององค์อาคารในอณาบริเวณไร้ความต่อเนื่องจะถูกควบคุมโดยกำลังของชิ้นส่วนค้ำยันซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$V_n = \nu f_c' A_{str} \sin\theta_s \qquad (1)$$

โดยที่ ν คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของกำลังอัดคอนกรีตของชิ้นส่วนค้ำยัน f_c' คือ กำลังคอนกรีต A_{str} คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนค้ำยันคอนกรีต และ θ_s คือ มุมเอียงของชิ้นส่วนค้ำยันคอนกรีต

3. การวิธีทดลอง

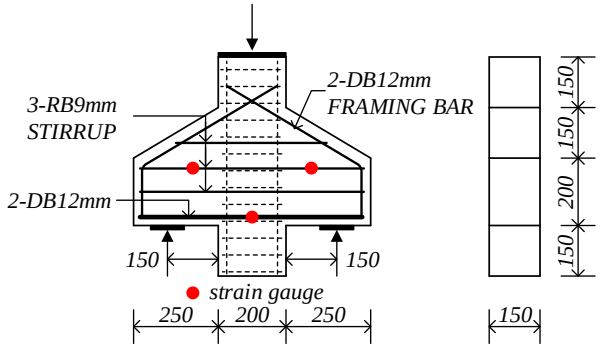
3.1 ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบแป้นหูช้างจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2 และ ตารางที่ 1 โดยที่ทุกๆ ตัวอย่างมีระยะช่วงการเฉือนต่อความลึกเท่ากับ 0.46 เหล็กเสริมต้านทานโมเมนต์ดัดเป็นเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 mm (DB 12) ชั้นคุณภาพ SD 40 (f_y = 550 MPa) ส่วนเหล็กปลอกเป็นเหล็กเส้นกลมขนาด 9 mm (RB 9) ชั้นคุณภาพ SR 24 (f_y = 350 MPa)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่าง	ขนาดของแผ่นเหล็กรองรับแรงแบกทาน	ปริมาณเหล็กปลอก
CU7575	75x75x25 mm	-
CH7575	75x75x25 mm	3-RB9 mm
CU75150	75x150x25 mm	-
CH75150	75x150x25 mm	3-RB9 mm
CU120150	120x150x25 mm	-
CH120150	120x150x25 mm	3-RB9 mm

ทั้งนี้ตัวอย่างทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มแรก ไม่เสริมเหล็กปลอก และกลุ่มที่ 2 เสริมเหล็กปลอกในแนวราบ โดยที่แต่ละกลุ่มจะใช้แผ่นเหล็กรองรับแรงแบกทาน 3 ขนาด คือ 75x75x25 mm 75x150x25 mm และ 120x150x25 mm



รูปที่ 2 แบบรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบแป้นหูช้าง

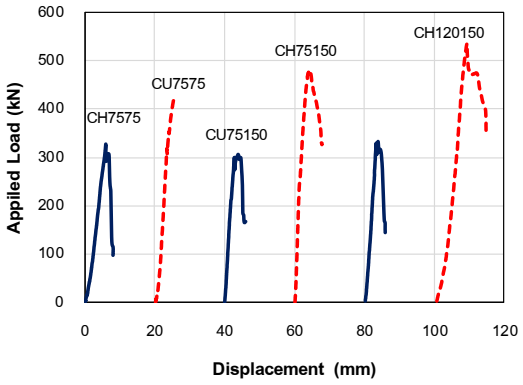
3.2 วิธีการทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบทั้งหมดได้นำมาทดสอบกำลังรับน้ำหนักจนถึงวิบัติ ณ อาคารปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้เครื่องทดสอบเชิงกลของวัสดุ (universal testing machine, UTM) ซึ่งมีความสามารถในการให้น้ำหนักถึง 200 ตัน นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดพฤติกรรมทางกลศาสตร์ของชิ้นงานอันได้แก่ เกจวัดความเครียด (strain gauge) ซึ่งถูกติดตั้งในเหล็กเสริมตามตำแหน่งในรูปที่ 2 และ เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง (linear variable differential transducer, LVDT) ติดตั้งที่ตำแหน่งด้านล่างของชิ้นงาน

4. ผลการศึกษา

4.1 พฤติกรรมโดยรวมของตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักบรรทุกและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของตัวอย่างทดสอบโดยทั่วไป พบว่า ทุกๆตัวอย่างมีพฤติกรรมคล้ายกัน กล่าวคือ น้ำหนักบรรทุกและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งมีความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างจะเป็นเชิงเส้นก่อนการวิบัติ โดยมีค่าการเคลื่อนที่สูงสุด ขณะเกิดการวิบัติราว 5 ถึง 10 mm และหลังจากเกิดการวิบัติแล้ว น้ำหนักบรรทุกมีค่าลดลงอย่างทันทีทันใด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นการวิบัติแบบเปราะ

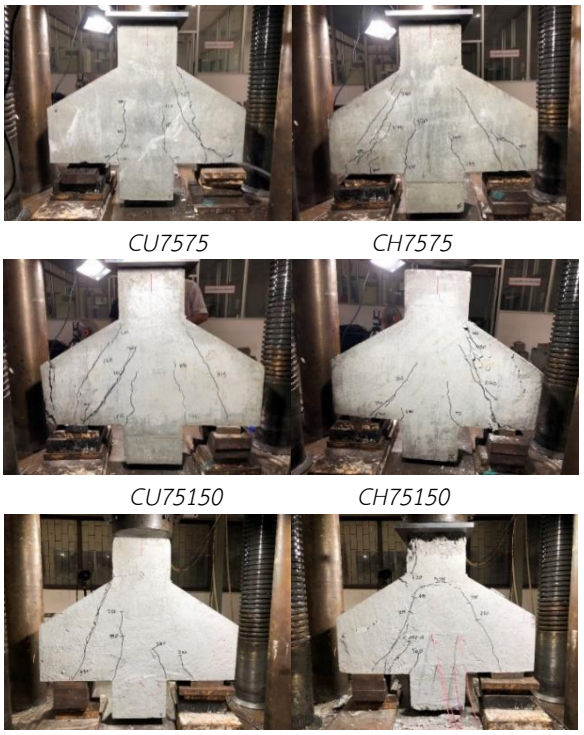


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการเคลื่อนตัวที่ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวอย่างทดสอบ

4.2 รูปแบบการวิบัติ

จากการสังเกตในระหว่างการทดสอบ จะพบว่ารอยร้าวแรกของตัวอย่างทดสอบจะปรากฏขึ้นที่น้ำหนักบรรทุกราวๆ 150 ถึง 200 kN หรือประมาณ ร้อยละ 30 ถึง 40 ของกำลังรับน้ำหนักสูงสุด และปรากฏขึ้นบริเวณขอบเสาก่อน ลำดับต่อไป รอยร้าวในแนวทแยงจึงเกิดขึ้นตามมา รูปแบบการวิบัติที่พบในการทดสอบนี้ ได้นำมาแสดงในรูปที่ 4 และสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ 1) การวิบัติแบบปริแยกในแนวทแยง (diagonal splitting failure) และ 2) การวิบัติแบบแรงเฉือนร่วมกับแรงอัด (shear compression failure) การวิบัติแบบแรกนั้นพบในตัวอย่างทดสอบที่ไม่ได้เสริมเหล็กปลอก (CU7575 CU75150 และ CU120150) ซึ่งจะมีรอยปริแยกชัดและลึกในแนวเอียง โดยเริ่มจากกึ่งกลางแนวค้ำยันแล้วขยายออกไปหาบริเวณเสา และแผ่นรองรับแรงแบกทาน ในขณะที่แบบหลังพบในตัวอย่างที่เสริมเหล็กปลอก (CH7575 CH75150 และ CH120150) โดยจะพบว่ามี

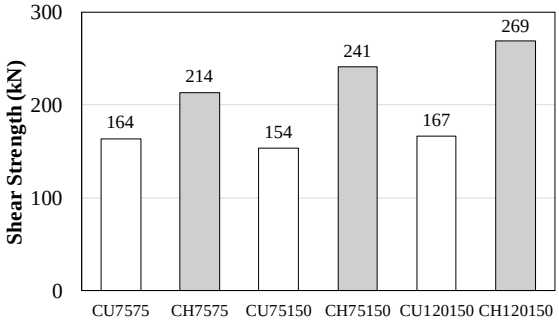
รอยร้าวในแนวทแยงที่บริเวณแนวค้ำยันคอนกรีตเช่นเดียวกัน แต่รอยร้าวไม่ลึกเท่า และอาจมีมากกว่า 1 รอย มีลักษณะเป็นการถูกอัดแตกทั้งส่วนบนและส่วนล่าง ทั้งนี้รูปแบบที่พบดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดสอบแป้นหูช้างของ Foster และคณะ [3] และ Wilson และคณะ [5] และผลการทดสอบคานลึกของ Quintero-Febres [11] และ สุมิตร [12]



รูปที่ 4 รูปแบบการแตกร้าวขณะวิบัติของตัวอย่างทดสอบ

4.3 กำลังต้านทานแรงเฉือน

เนื่องจากการวิบัติแบบเปราะดังที่กล่าวมาแล้วในขั้นต้น และการทดสอบในครั้งนี้เป็นการทดสอบแบบสมมาตร ดังนั้นกำลังต้านทานแรงเฉือนของตัวอย่างทดสอบจึงมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแต่ละตัวอย่าง ซึ่งได้นำมาแสดงในรูปที่ 5 พบว่าตัวอย่างทดสอบที่ไม่เสริมเหล็กปลอกแต่ละตัวอย่าง มีกำลังรับแรงเฉือนไม่แตกต่างกันนัก กล่าวคือราว 150 ถึง 160 kN ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ขนาดของแผ่นเหล็กรองรับแรงแบกทานมีผลน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีผลต่อกำลังต้านทานแรงเฉือนของแป้นหูช้างที่ไม่เสริมเหล็กปลอกเลย ในขณะที่ตัวอย่างทดสอบที่เสริมเหล็กปลอกมีกำลังรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามขนาดของแผ่นเหล็กรองรับแรงแบกทาน



รูปที่ 5 กำลังต้านทานแรงเฉือนของตัวอย่างทดสอบ

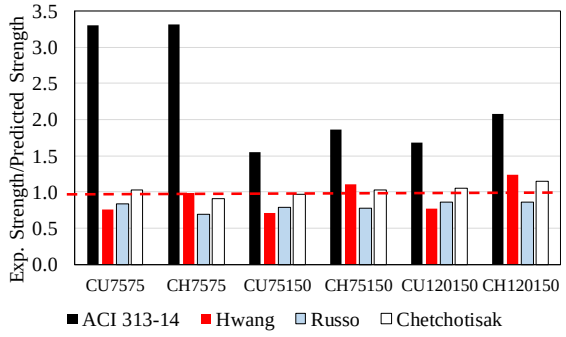
อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบตัวอย่าง CH7575 กับ ตัวอย่าง CH75150 และตัวอย่าง CH7575 กับตัวอย่าง CH120150 แต่ละคู่ที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้น มีขนาดของพื้นที่รับแรงแบกทานต่างกันถึง 2 และ 3.2 เท่า ตามลำดับ แต่กำลังรับน้ำหนักกลับเปลี่ยนแปลงเพียง 13% และ 26% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ขนาดของแผ่นเหล็กรองรับแรงแบกทานนั้นไม่ได้เป็นตัวควบคุมกำลังของแป้นหูช้างดังที่กล่าวในวิธีการคำนวณด้วยแบบจำลองโครงถักตาม ACI 318-14 และนอกจากนี้ ยังพบว่า การเสริมเหล็กปลอกในแนวราบ สามารถเพิ่มกำลังรับต้านทานแรงเฉือนได้ราวร้อยละ 30-60

4.4 เปรียบเทียบกำลังต้านทานแรงเฉือนจากผลการทดสอบกับการคำนวณด้วยแบบจำลองโครงถัก

กำลังต้านทานแรงเฉือนของตัวอย่างทดสอบแป้นหูช้างที่ได้จากงานวิจัยนี้ ได้นำมาเปรียบกับกำลังรับแรงเฉือนซึ่งคำนวณด้วยแบบจำลองโครงถักจากงานวิจัยในอดีตได้แก่ ACI 318-14 แบบจำลองโครงถักของ Hwang และคณะ [6] Russo และคณะ [7] และ Chetchotisak และคณะ [9] ซึ่งแสดงรายละเอียดในภาคผนวก เนื่องจากแบบจำลองที่เลือกมานี้ เป็นแบบจำลองที่มีรูปแบบเรียบง่ายเหมาะสำหรับการคำนวณออกแบบในทางปฏิบัติ

กำลังของแป้นหูช้างที่ได้จากการทดสอบและกำลังที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองโครงถักที่กล่าวมาในขั้นต้น ได้นำมาเปรียบเทียบกันในรูปแบบของอัตราส่วนกำลังจากการทดสอบและกำลังจากการคำนวณด้วยแบบจำลองโครงถักแสดงในรูปที่ 6 พบว่าการคำนวณด้วยแบบจำลองโครงถักของ ACI 318-14 นั้นในผลไปในเชิงที่ปลอดภัยมากโดยมีอัตราส่วนกำลังสูงสุดราว 3.3 ในขณะ

ที่แบบจำลองอื่นๆนั้นให้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบมากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองโครงถักของ Russo และคณะ [7] และ Hwang และคณะ [6] ให้ผลการคำนวณที่ต่ำกว่าผลการทดสอบในหลายตัวอย่าง ซึ่งบ่งบอกถึงความผันผวนและความไม่ปลอดภัยในการคำนวณ ในทางตรงกันข้าม แบบจำลองโครงถักของ Chetchotisak และคณะ [9] ให้ผลการคำนวณที่แม่นยำกว่า มีความสม่ำเสมอในการทำนายมากกว่าและโดยเฉพาะอย่างยิ่งให้ผลการคำนวณที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับผลการทดสอบในทุกๆ ตัวอย่างเนื่องจากได้รวมผลของกำลังดึงของเหล็กเสริมเข้าไปด้วย



รูปที่ 6 การทำนายกำลังต้านทานแรงเฉือนของตัวอย่างทดสอบ

สำหรับการคำนวณกำลังต้านทานแรงเฉือนของแป้นหูช้างด้วยแบบจำลองโครงถักตาม ACI 318-14 ค่อนข้างให้ผลเชิงอนุรักษ์ (ปลอดภัยมาก) เนื่องจากการกำหนดขนาดของคอนกรีตค้ำยันได้พิจารณาขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทานไปด้วย ในขณะที่แบบจำลองโครงถักอื่นๆ [6-7, 9] นั้นได้พิจารณาขนาดของค้ำยันคอนกรีตจากบริเวณรับแรงอัดของแป้นหูช้าง (จุดต่อ CCC) กล่าวคือ $A_{str} = bkd$ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการกำหนดขนาดของค้ำยันคอนกรีตจากบริเวณรับแรงอัดของแป้นหูช้างนั้น ให้ผลที่ถูกต้องกว่าการกำหนดตาม ACI 318-14 นอกจากนี้ ผลการเปรียบเทียบนี้ ยังได้ยืนยันว่าขนาดของแผ่นเหล็กรองรับแรงแบกทานนั้นไม่ได้เป็นตัวควบคุมกำลังต้านทานการเฉือนของแป้นหูช้าง แต่กลับเป็นบริเวณส่วนรับแรงอัดของแป้นหูช้าง ซึ่งสอดคล้องกับ Choi และคณะ [13] ที่กล่าวไว้ว่าการวิบัติด้วยแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นเป็นผลมาจากการวิบัติของบริเวณรับแรงอัดในคาน

5. สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดสอบแป้นหูช้างจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง ซึ่งมีตัวแปรสำคัญคือขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทานและมีตัวแปรควบคุมคือระยะช่วงการเฉือนต่อความลึกเท่ากับ 0.46 และ กำลังอัดคอนกรีตเท่ากับ 29.1 MPa สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 ขนาดของแผ่นเหล็กรองรับแรงแบกทานมีผลน้อย หรือแทบจะไม่มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักของตัวอย่างแป้นหูช้าง และไม่ได้เป็นตัวควบคุมกำลังรับน้ำหนักของแป้นหูช้าง

5.2 การคำนวณกำลังต้านทานแรงเฉือนของแป้นหูช้างด้วยแบบจำลองโครงถักตาม ACI 318-14 ให้ผลที่ค่อนข้างไปในเชิงอนุรักษ์เกินไป เนื่องจากการกำหนดขนาดของคอนกรีตค้ำยันได้พิจารณาขนาดของแผ่นรองรับแรงแบกทานไปด้วย

5.3 ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ยืนยันได้ว่า บริเวณส่วนรับแรงอัด (จุดต่อ CCC) เป็นตัวควบคุมกำลังต้านทานแรงเฉือนของแป้นหูช้าง

5.4 แบบจำลองโครงถักของ Chetchotisak และคณะ [9] ให้ผลการคำนวณที่แม่นยำ และมีความสม่ำเสมอในการทำนายมากกว่าแบบจำลองโครงถักอื่นๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kriz, L. B., and Raths, C. H. (1965). Connections in Precast Concrete Structures—Strength of Corbels. *PCI Journal*, 10(1), pp. 16-61.

[2] Mattock, A. H.; Chen, K. C. and Soongswang, K. (1976). The Behavior of Reinforced Concrete Corbels. *PCI Journal*, 21(2), pp. 52-77.

[3] Foster, S. J., Powell, R. E., and Selim, H. S. (1996). Performance of high-strength concrete corbels. *ACI Structural Journal*, 93(5), pp. 555–563.

[4] Lu, W. Y., Lin, I. J. and Hwang, S. J. (2009). Shear strength of reinforced concrete corbels.

Magazine of Concrete Research, 61(10) , pp. 807–813.

[5] Wilson, H.R., Yousefpour, H., Brown, M.D. and Bayrak, O. (2018) . Investigation of Corbels Designed According to Strut-and-Tie and Empirical Methods. *ACI Structural Journal*, 115(3), pp. 813-824.

[6] Hwang, S. J., Lu, W. Y. and Lee, H. J. (2000). Shear Strength Prediction for Reinforced Concrete Corbels. *ACI Structural Journal*, 97(4), pp. 543-552.

[7] Russo, G., Venir, R., Pauletta, M. and Somma, G. (2006) . Reinforced concrete corbels-shear strength model and design formula. *ACI Structural Journal*, 103(1), pp. 3–10.

[8] ปรินทร์ รู้หลัก. (2559). กลไกการถ่ายน้ำหนักและผลของความถดถอยของกำลังอัดของคอนกรีตในแบบจำลองโครงถักสำหรับการทำนายกำลังต้านทานแรงเฉือนของแป้นหูช้างคอนกรีตเสริมเหล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[9] Chetchotisak, P., Rulak, P., and Teerawong, J. (2018). Modified interactive strut-and-tie model for shear strength prediction of RC corbels. *Engineering and Applied Science Research*, (Accepted)

[10] ACI Committee 318. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary (318R-14)* . American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

[11] Quintero-Febres, C. G., Parra-Montesinos, G. and Wight, J. K. (2006) . Strength of Struts in Deep Concrete Members Designed Using Strut-and-Tie Method. *ACI Structural Journal*, 103(4), pp. 577-586.

[12] สุมิตร คุโณภาส. (2551). อิทธิพลของอัตราส่วนเหล็กเสริมแนวนอนต่อแนวตั้งต่อพฤติกรรมของคานลึกคอนกรีตเสริมเหล็กออกแบบ โดยวิธีองค์อาคารรับแรงอัดและแรงดึง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[13] Choi, K. K., Park, H. G. and Wight, J. K. (2007) . Unified Shear Strength Model for Reinforced Concrete Beams—Part I: Development. *ACI Structural Journal*, 104(2), pp. 142-152.

คุณภาพทรายแม่น้ำเลย
Loei River Sand Quality

กิตติกร ศรีลานนท์*

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถ.เลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000
*ผู้ติดต่อ: SRILANONT13DEC@GMAIL.COM, 087-902-2321

บทคัดย่อ

คอนกรีตเป็นหนึ่งในวัสดุก่อสร้างที่ถูกเลือกนำมาใช้ในงานก่อสร้างเป็นจำนวนมาก ทรายเป็นหนึ่งในส่วนผสมสำคัญของคอนกรีต การที่จะได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและราคาประหยัดจำเป็นอย่างมากที่จะต้องเลือกส่วนผสมตั้งต้นที่มีคุณภาพมาใช้ในกระบวนการผลิต ดังนั้นการเลือกแหล่งวัตถุดิบในท้องถิ่นเพื่อลดต้นทุนค่าก่อสร้าง ค่าขนส่ง และการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบเพื่อเทียบเคียงกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดจึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

แม่น้ำเลยเป็นแม่น้ำสายสำคัญของจังหวัดเลย มีจุดกำเนิดในเขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง ไหลผ่านอำเภอวังสะพุง อำเภอเมือง และไหลลงแม่น้ำโขงที่อำเภอเชียงคาน มีทรายจำนวนมากที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในแม่น้ำเลย กระบวนการตรวจสอบคุณภาพทรายแม่น้ำเลยเพื่อพิจารณานำมาใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต โดยมีกระบวนการวิจัยพิจารณาหาค่าดัชนีที่บ่งบอกคุณภาพทรายแม่น้ำเลยดังนี้ ค่าโมดูลัสความละเอียด ค่าขนาดคละ ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการปนเปื้อนของอินทรียวัตถุ และค่าการตกตะกอน โดยการสุ่มตัวอย่างทรายทั้งหมด 30 จุดตลอดความยาวแม่น้ำเลย ได้ผลการวิจัยค่าเฉลี่ยดัชนีต่างๆ ดังนี้ ค่าโมดูลัสความละเอียด 2.54 ค่าขนาดคละเป็นแบบขนาดเม็ดคละกันดีและมีขนาดใกล้เคียงกัน ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.69 ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 3.47 % ค่าการปนเปื้อนของอินทรียวัตถุเท่ากับ 3.19 และค่าการตกตะกอนเท่ากับ 4.91% ซึ่งสรุปผลการวิจัยพบว่าทรายแม่น้ำเลยในพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีต บางพื้นที่ต้องปรับปรุงคุณสมบัติก่อนการนำมาใช้งาน

คำหลัก: ทรายแม่น้ำเลย คุณภาพทราย มวลรวมละเอียด

Abstract

One of the most important among the construction materials is the concrete and it is widely used in many areas. Sand is the main component of the concrete, we have to choose the best of main components to create the better and also have the saving price concrete. The way to select the local materials to reduce the costs, transportation costs, and quality control of the materials to compare with the standards is one of the topics that everyone should pay more attention.

Loei river is one of the most important river in Loei province. it is originated in Phu Luang Wildlife Sanctury, Phu Luang District. Loei river flow through Wangsapung district ,Mueng District and enter to Mae Khong river at Chiang Khan district. Most of natural sand in Loei river is occurring in this river. There are many processes of checking the sand quality in Loei River to be used as the fine aggregate of concrete works. The research process was based on the following indicators: fineness modulus, gradation, specific gravity, absorption, organic impurity and sedimentation in sand by randomize the 30 points of sand throughout Loei river. The result of this study show as the numbering average as the below; fineness modulus is 2.54; gradation is well graded and uniform graded; specific gravity is 2.69; absorption is 3.47 percent; organic impurity is 3.19; and sedimentation is 4.91 percent.

That summarizes the findings found that Loei river sand in most areas are suitable to be used as concrete fine aggregate. Some areas need to Improve the properties before implemented.

Keywords: Loei river sand, sand quality, concrete fine aggregate.

1. บทนำ

การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างในท้องถิ่นจะช่วยลดต้นทุนค่าก่อสร้าง ค่าขนส่ง และลดการใช้พลังงานด้านอื่นๆ เป็นอย่างมาก คอนกรีตเป็นหนึ่งในวัสดุก่อสร้างที่ถูกเลือกนำมาใช้ในงานก่อสร้างเป็นจำนวนมาก ด้วยคุณสมบัติเฉพาะของคอนกรีตที่ตอบโจทย์งานก่อสร้างในหลายประเด็นทั้งมิติการกำหนดรูปทรง และความแข็งแรงในการใช้งาน ซึ่งทรายเป็นหนึ่งในส่วนผสมสำคัญของคอนกรีต การที่จะได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและราคาประหยัดจำเป็นอย่างมากที่จะต้องเลือกส่วนผสมตั้งต้นที่มีคุณภาพมาเป็นต้นทุนที่ดีในกระบวนการผลิตคอนกรีต ดังนั้นการเลือกแหล่งวัตถุดิบในท้องถิ่น และการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบจึงเป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญอย่างยิ่ง

แม่น้ำเลยเป็นแม่น้ำสายสำคัญของจังหวัดเลย มีความยาว 231 กิโลเมตร มีจุดกำเนิดจากภูก๊อกซากในเขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง ไหลผ่านอำเภอวังสะพุง อำเภอเมือง และไหลลงแม่น้ำโขงที่อำเภอเชียงคาน มีทรายจำนวนมากที่เกิดจากการไหลและการกัดเซาะตามธรรมชาติของแม่น้ำเลย จึงเป็นแหล่งวัตถุดิบที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการศึกษาคุณภาพทรายท้องถิ่น เพื่อการพิจารณานำทรายแม่น้ำเลยมาใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีกระบวนการวิจัยเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการนำทรายแม่น้ำเลยมาใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อหาค่าดัชนีที่บ่งบอกคุณภาพทรายแม่น้ำเลยในการพิจารณานำมาเป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต ได้แก่

1. ค่าโมดูลัสความละเอียด (fineness modulus)
2. ค่าขนาดคละ (gradation)
3. ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)
4. ค่าการดูดซึมน้ำ (absorption)
5. ค่าการปนเปื้อนของอินทรียวัตถุ (organic impurity)
6. ค่าการตกตะกอน (sedimentation)

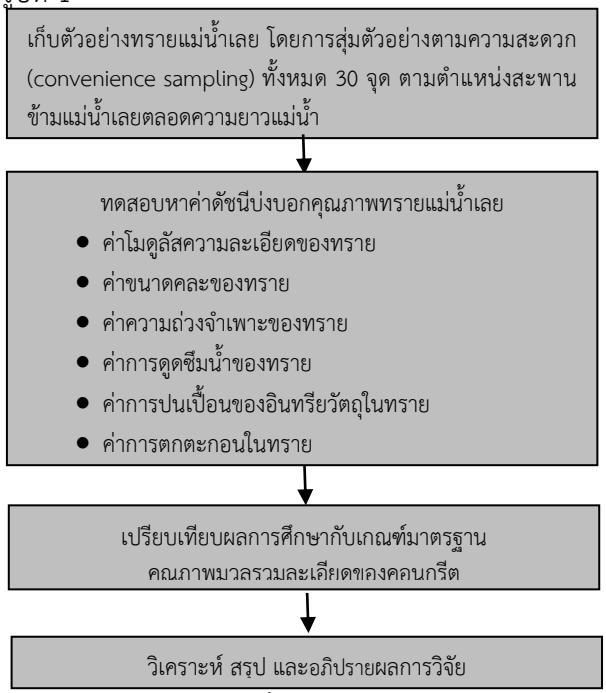
ซึ่งผลการศึกษาค่าดัชนีต่างๆ และบทสรุปความเหมาะสมของคุณภาพทรายแม่น้ำเลยในการนำมาใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต ได้นำเสนอไว้ในส่วนของผลการทดลองและสรุปผลการทดลองต่อไป

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณสมบัติของทรายแม่น้ำเลยเพื่อหาค่าดัชนีที่สามารถบ่งบอกคุณภาพทรายแม่น้ำเลย ในการพิจารณานำมาใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต

3. วิธีการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ แสดงขั้นตอนการทดลองตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัยคุณภาพทรายแม่น้ำเลย

โดยตำแหน่งการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 จุดตลอดความยาวแม่น้ำเลยมีรายละเอียด ดังนี้

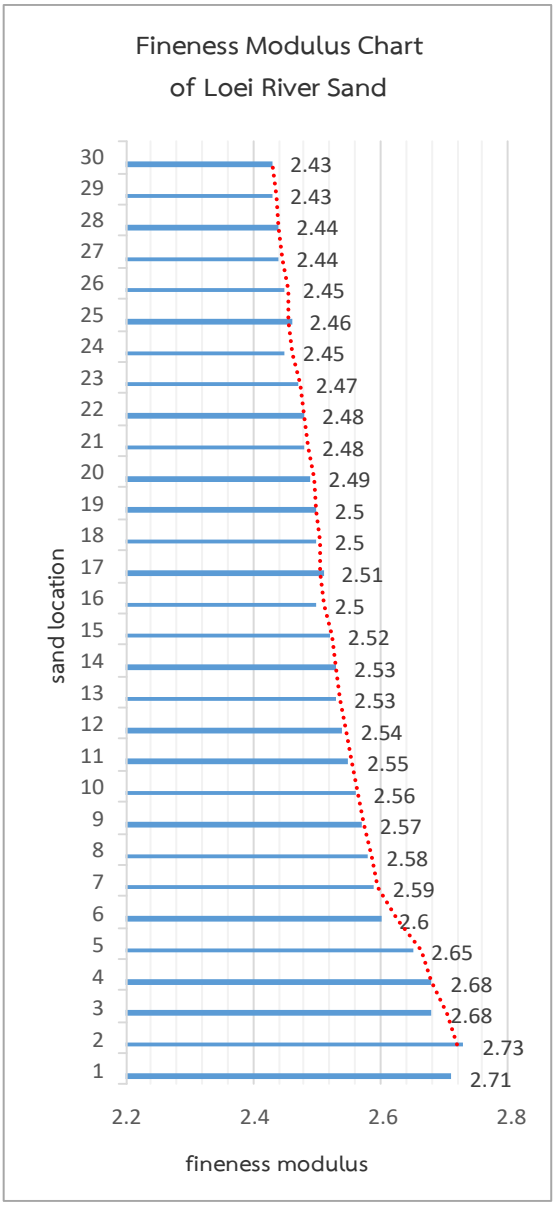
จุดที่ 1. บ้านโนนสูง ต.เลยวังไส อ.ภูหลวง จ.เลย
จุดที่ 2. วัดป่าวังเสือแดง ต.เลยวังไส อ.ภูหลวง จ.เลย
จุดที่ 3. อ่างเก็บน้ำน้ำเลย ต.แก่งศรีภูมิ อ.ภูหลวง จ.เลย
จุดที่ 4. บ้านนาดินดำ ต.แก่งศรีภูมิ อ.ภูหลวง จ.เลย
จุดที่ 5. บ้านหนองเอี่ยน ต.หนองคัน อ.ภูหลวง จ.เลย
จุดที่ 6. วัดม่วงไข่ ต.ภูหอ อ.ภูหลวง จ.เลย
จุดที่ 7. ศาลเจ้าปู่ตาแสง ต.ทรายขาว อ.วังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 8. บ้านทรายขาว ต.ทรายขาว อ.วังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 9. บ้านนาแก ต.ผาบิ้ง อ.วังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 10. บ้านกกเกลี้ยง ต.ผาบิ้ง อ.วังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 11. บ้านบุ่งผักก้าม ต.ศรีสงคราม อ.วังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 12. สะพานข้ามแม่น้ำเลย ต.วังสะพุง อ.วังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 13. บ้านนาหลัก ต.วังสะพุง อำเภอวังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 14. บ้านลุ่ม ต.ผาน้อย อำเภอวังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 15. บ้านป่าเป้า ต.ปากปวน อำเภอวังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 16. บ้านบุ่งตาข่าย ต.ปากปวน อ.วังสะพุง จ.เลย
จุดที่ 17. บ้านห้วยโตก ต.นาโป่ง อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 18. บ้านขอนแดง ต.นาอาน อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 19. บ้านติดต่อ ต.นาอาน อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 20. โรงแรมเลยพลาเลซ ต.กุดป่อง อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 21. ตลาดสดเทศบาลเมืองเลย อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 22. บ้านภูบ่อบิด ต.กุดป่อง อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 23. บ้านนาบอน ต.ชัยพฤกษ์ อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 24. บ้านก้างปลา ต.ชัยพฤกษ์ อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 25. บ้านโพนค่าย ต.นาอ้อ อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 26. บ้านท่าวังแคน ต.ศรีสองรัก อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 27. บ้านปากหมาก ต.ศรีสองรัก อ.เมือง จ.เลย
จุดที่ 28. บ้านธาตุ ต.ธาตุ อ.เชียงคาน จ.เลย
จุดที่ 29. บ้านผามุม ต.หาดทรายขาว อ.เชียงคาน จ.เลย
จุดที่ 30. บ้านกลาง ต.ปากตม อ.เชียงคาน จ.เลย

4. ผลการทดลอง

ผลการศึกษาคุณภาพของทรายแม่น้ำเลยตามค่าดัชนีต่างๆ เพื่อบ่งบอกคุณภาพทรายแม่น้ำเลย และนำผลการศึกษาไปพิจารณาเพื่อใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีต ได้ผลการศึกษาดังนี้ ค่าโมดูลัสความละเอียดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.54 ค่าขนาดคละเป็นแบบขนาดเม็ดคละกันดีและมีขนาดใกล้เคียงกัน ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69 ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.47% ค่าการปนเปื้อนของอินทรียวัตถุมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 และค่าการตกตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91% ซึ่งรายละเอียดของค่าดัชนีต่างๆ ได้แสดงไว้ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียด

ค่าโมดูลัสความละเอียด (fineness modulus) คือตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของมวลรวม ใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงความละเอียดของมวลรวม



รูปที่ 2 กราฟแสดงพิกัดความละเอียดของทรายแม่น้ำเลย

การทดสอบเพื่อหาค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายแม่น้ำเลย ดำเนินการทดสอบโดยการร่อนทรายผ่านตะแกรง No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 แล้วทำการคำนวณหา %ค้างสะสมของตะแกรงแต่ละเบอร์ และคำนวณค่าโมดูลัสความละเอียดจากการรวมค่า %ค้างสะสมของตะแกรงแต่ละเบอร์ทั้งหมดแล้วหารด้วย 100 จากตัวอย่างทั้งหมด 30 จุดตลอดลำน้ำค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายแม่น้ำเลยมีค่าระหว่าง 2.43 – 2.73 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.54 ซึ่งจัดเป็นชนิดทรายหยาบ ดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายที่ใช้เป็นส่วนผสมละเอียดในงานคอนกรีตตามมาตรฐานต่างๆ กำหนดดังนี้ มาตรฐาน ASTM C33 กำหนดค่าระหว่าง 2.20 – 3.20 มาตรฐาน AASHTO T27 กำหนดค่าระหว่าง 2.30 – 3.10 มาตรฐานกรมชลประทานสำหรับแหล่งทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กำหนดค่าระหว่าง 1.50 – 3.10 มาตรฐานกรมทางหลวงชนบท กำหนดค่าระหว่าง 2.30 – 3.10 มาตรฐานกรมทางหลวง กำหนดค่าระหว่าง 2.20 – 3.20 ซึ่งมีความแตกต่างกันตามประเภทของงานของแต่ละมาตรฐาน จากข้อมูลข้างต้นพบว่าทรายแม่น้ำเลยทั้งหมด 30 จุดตลอดลำน้ำ มีค่าโมดูลัสความละเอียดเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด สามารถใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีตได้

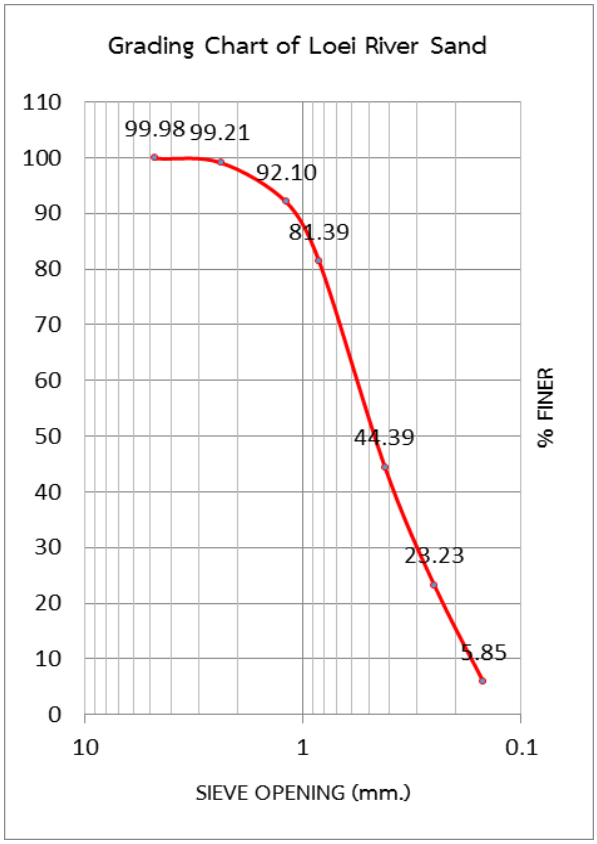
4.2 ผลการทดสอบขนาดคละของทราย

ขนาดคละ (gradation) ที่เหมาะสมของมวลรวมในปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตช่วยให้คอนกรีตราคาถูก เนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดี ทำงานง่าย อัตราการแยกตัวน้อย ตามมาตรฐาน ASTM C 136 กำหนดขนาดตะแกรงสำหรับการทดสอบขนาดคละของทราย (gradation of fine aggregates) ที่ตะแกรงมาตรฐานอเมริกัน (U.S. Sieves) No.4, 8, 16, 30, 50, 100 และสัดส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดสำหรับงานคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C 33 ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบขนาดคละของมวลรวมละเอียดสำหรับงานคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 33

ขนาดตะแกรง	น้ำหนักร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	
	ASTM C33	ทรายแม่น้ำเลย
No.4	0 - 5	0.02
No.8	0 - 20	0.79
No.16*	15 - 50	7.90
No.30	40 - 75	41.50
No.50	70 - 90	76.77
No.100	90 - 98	94.15

จากตารางที่ 1 เมื่อนำค่าน้ำหนักร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงของทรายแม่น้ำเลยเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงของทรายตามมาตรฐาน ASTM C 33 พบว่าทรายแม่น้ำเลยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีตได้ มีเพียงขนาดทรายในช่วงตะแกรง No.16 (1.19 mm.) ค่าน้ำหนักร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C 33

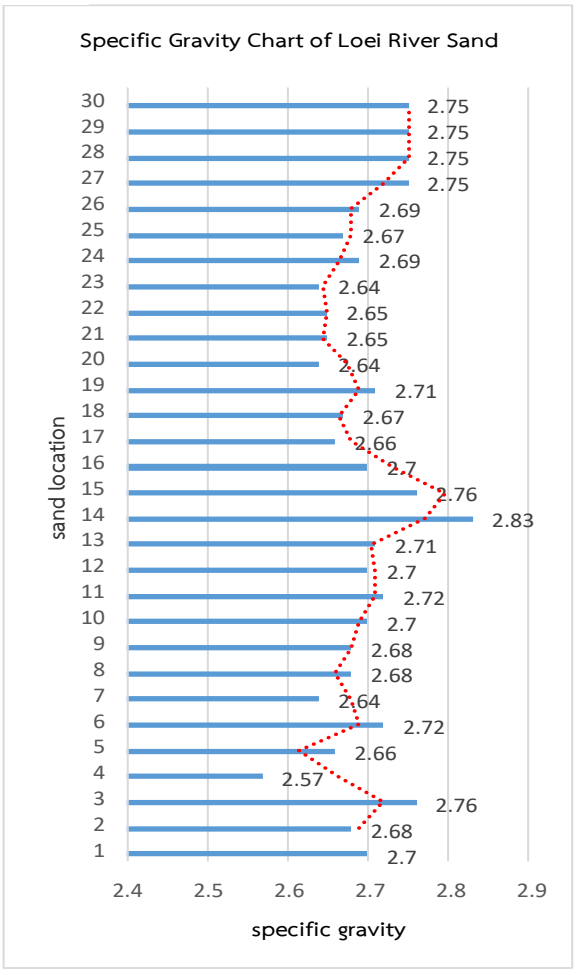


รูปที่ 3 กราฟแสดงการกระจายตัวของอนุภาคทรายแม่น้ำเลย

และจากรูปที่ 3 กราฟแสดงการกระจายตัวของอนุภาคทรายแม่น้ำเลย (particles size distribution curve) พบว่ามีค่า Cc (coefficient of concavity) เท่ากับ 0.38 ค่า Cu (coefficient of uniformity) เท่ากับ 3.22 และจากลักษณะของกราฟแสดงให้เห็นว่าทรายแม่น้ำเลยมีค่าขนาดคละเป็นแบบขนาดเม็ดคละกันดีและมีขนาดใกล้เคียงกัน (well graded and uniform graded)

4.3 ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะของทราย

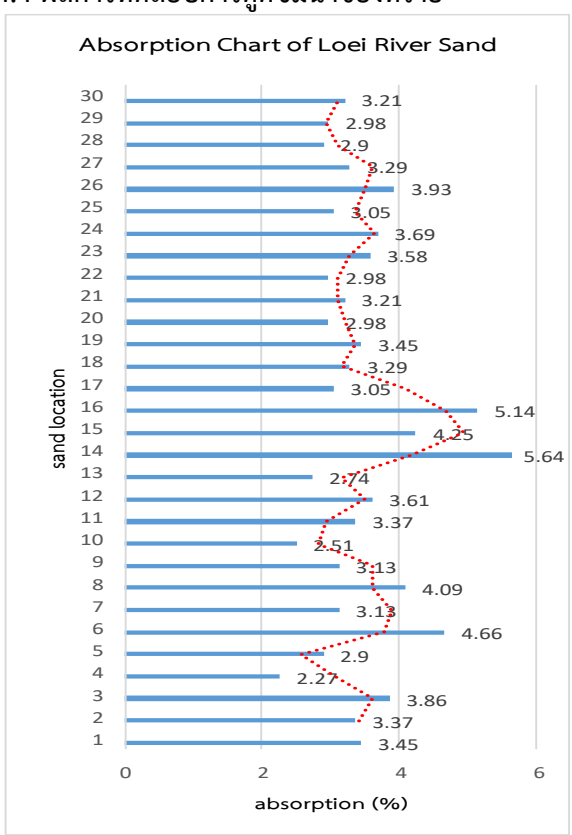
ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม (specific gravity) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาตรเนื้อแท้ของมวลรวมต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาปฏิภาคส่วนผสมมวลรวมในคอนกรีต



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของทรายแม่น้ำเลย

การทดสอบความถ่วงจำเพาะของทรายแม่น้ำเลยเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 128 (standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate) จากการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของทรายแม่น้ำเลยมีค่าความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (bulk specific gravity: saturated surface dry basis) ตลอดลำน้ำมีค่าระหว่าง 2.57 - 2.83 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69 ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมละเอียดที่เหมาะสมในงานคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 2.40 – 2.90 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทรายแม่น้ำเลยมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับงานคอนกรีต

4.4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของทราย



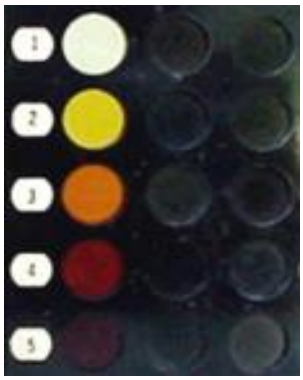
รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าการดูดซึมน้ำของทรายแม่น้ำเลย

การดูดซึมน้ำ (absorption) คือโครงสร้างภายในก้อนวัสดุผสมละเอียด ซึ่งประกอบด้วยเนื้อของแข็งและช่องว่าง ซึ่งช่องว่างเหล่านี้จะดูดความชื้นเข้าไปเก็บไว้ การผสมคอนกรีตจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้ด้วย เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในส่วนผสมให้ได้ความข้น

เหลวคงที่ อันจะทำให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของทรายแม่น้ำเลยโดยการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 128 (standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate) พบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำมีค่าระหว่าง 2.27 % – 5.64 % และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.47 % ดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมน้ำมวลรวมละเอียดของ ACI Education Bulletin E1-99 (American Concrete Institute) กำหนดที่ 0 – 8 % แสดงให้เห็นว่าทรายแม่น้ำเลยมีค่าการดูดซึมน้ำของทรายอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีต

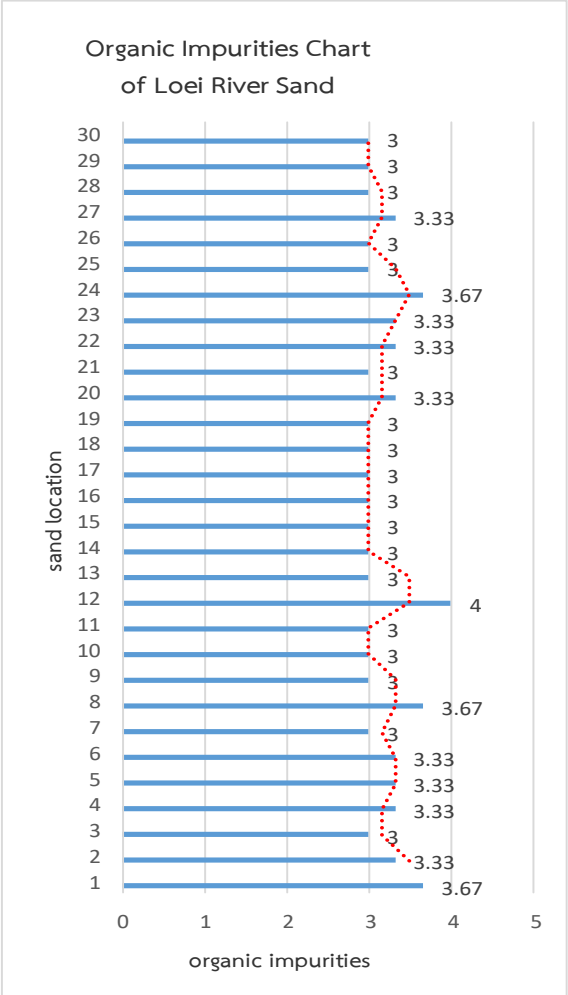
4.5 ผลการทดสอบการปนเปื้อนของอินทรียวัตถุ

ค่าอินทรียวัตถุในทราย (organic impurity) เป็นดัชนีที่บอกความสะอาด ความสกปรก การปนเปื้อนของทราย กระบวนการทดสอบอ้างอิงตามการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปนในวัสดุละเอียดผสมคอนกรีต ของสำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน ทดสอบโดยการแช่ทรายในสารละลายที่เป็นส่วนผสมระหว่างน้ำกลั่น 97% กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) 3% โดยน้ำหนัก



รูปที่ 6 แถบสีมาตรฐานวัดค่าอินทรียวัตถุในทราย

บรรจุทรายที่ระดับขวด 130 มิลลิลิตร แล้วเติมส่วนผสมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปจนถึงระดับขวดที่ 200 มิลลิลิตร เขย่าขวดอย่างแรงแล้วทิ้งไว้ 24 ชม.ทำการวัดความเข้มสีของสารละลายเหนือทรายในขวดเทียบกับแถบสีมาตรฐานซึ่งมี 5 สีจากอ่อนไปหาเข้ม ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าอินทรียวัตถุในทรายแม่น้ำเลย

ซึ่งค่าความไม่บริสุทธิ์เนื่องจากสารอินทรีย์ ตามมาตรฐานกรมชลประทานสำหรับแหล่งทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กำหนดความเข้มของสีจะต้องไม่เกินสีมาตรฐานเบอร์ 3 ผลการทดสอบการปนเปื้อนของอินทรีวัตถุในทรายแม่น้ำเลย จากการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 30 จุด จุดละ 3 ตัวอย่าง รวม 90 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าการปนเปื้อนของอินทรีวัตถุมีค่าระหว่าง 3.00 – 4.00 และมีค่าเฉลี่ยตลอดลำน้ำเท่ากับ 3.19 ซึ่งมีจำนวน 17 ตำแหน่ง ที่ค่าความเข้มของสีไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และอีก 13 ตำแหน่ง ที่ค่าความเข้มของสีมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 7 จึงมีความเป็นไปได้ในการนำทรายแม่น้ำเลยมาเป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีตในบางตำแหน่งของแม่น้ำเลย แต่บางตำแหน่งควรมีการทำความสะอาดทรายก่อนการนำมาใช้งาน

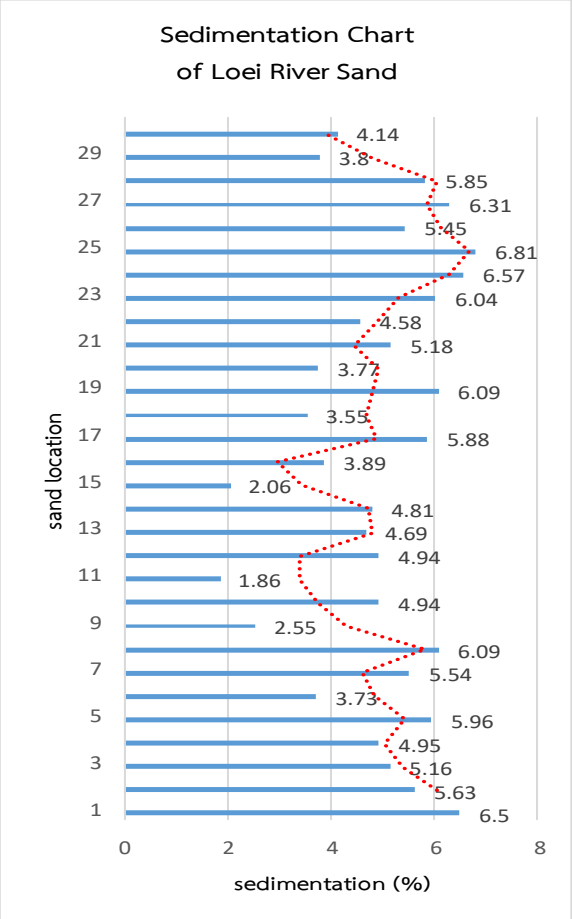
เพื่อให้ค่าความสะอาดของทรายเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

4.6 ผลการทดสอบการตกตะกอนในทราย

การทดสอบการตกตะกอน (sedimentation) เป็นวิธีที่สะดวกเพื่อประมาณค่าปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า75 ไมโครเมตรที่ปนเปื้อนในมวลรวมละเอียด ได้แก่ ฝุ่น (dust) ดินเหนียว (clay) และตะกอน (silt) ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีค่าการยืดหดตัวสูง (shrinkage) และค่ากำลัง (strength) ค่าความคงทน (durability) ลดต่ำลง

การทดสอบดำเนินการโดยใส่ทรายแห้งในขวดแก้วความจุประมาณ 1 ลิตร แล้วเติมน้ำลงไปจนได้ระดับประมาณ 2 เท่าของระดับทราย เขย่าขวดแรงๆ ประมาณ 1 นาที แล้วปล่อยให้ทรายตกตะกอน ฝุ่น ดินเหนียว ตะกอน ซึ่งมีน้ำหนักเบาจะตกตะกอนทีหลัง แล้วทำการวัดความหนาของตะกอนเหนือทรายที่นำมาทดสอบ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของวัสดุเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร ปริมาณตะกอนเหนือทรายไม่ควรเกิน 5 % สำหรับงานคอนกรีตทั่วไป และ 3 % สำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความทนทาน

จากการทดสอบการทดสอบการตกตะกอนในทรายในทรายแม่น้ำเลยมีค่าระหว่าง 1.86% – 6.81% และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91% ซึ่งมีจำนวน 15 ตำแหน่งที่ค่าปริมาณตะกอนไม่เกินค่าที่กำหนดสำหรับงานคอนกรีตทั่วไป และอีก 15 ตำแหน่ง ที่ค่าปริมาณตะกอนเกินค่าที่กำหนดสำหรับงานคอนกรีตทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 8 จึงมีความเป็นไปได้ในการนำทรายแม่น้ำเลยมาเป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีตในบางตำแหน่งของแม่น้ำเลย แต่บางตำแหน่งควรมีการทำความสะอาดทรายก่อนการนำมาใช้งานเพื่อให้ค่าความสะอาดของทรายเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด



รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าการตกตะกอนในทรายแม่น้ำเลย

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาคุณภาพทรายแม่น้ำเลยเพื่อประกอบการพิจารณานำมาใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีต พบค่าดัชนีที่บ่งบอกคุณภาพทรายแม่น้ำเลยดังนี้

ค่าโมดูลัสความละเอียด (fineness modulus) ของทรายแม่น้ำเลยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.54 ซึ่งจัดเป็นชนิดทรายหยาบ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานทรายที่ใช้เป็นส่วนผสมละเอียดในงานคอนกรีตทั้งมาตรฐาน ASTM C33 มาตรฐาน AASHTO T27 มาตรฐานกรมชลประทาน มาตรฐานกรมทางหลวงชนบท และมาตรฐานกรมทางหลวง ซึ่งกำหนดค่าค่าโมดูลัสความละเอียดที่ช่วงระหว่าง 2.20 – 3.20 พบว่าทรายแม่น้ำเลยมีค่าโมดูลัสความละเอียดอยู่ในช่วงที่สามารถใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีตได้

ขนาดคละ (gradation) ตามมาตรฐาน ASTM C 33 ได้กำหนดสัดส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดสำหรับงานคอนกรีต ที่ค่าน้ำหนักร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง No.4 No.8 No.16 No.30 No.50 และNo.100 เมื่อนำค่าน้ำหนักร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงของทรายแม่น้ำเลยมาเปรียบเทียบ พบว่าทรายแม่น้ำเลยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดในงานคอนกรีตได้ และเมื่อพิจารณาค่า Cc ค่า Cu และกราฟการกระจายตัวของอนุภาคทรายแม่น้ำเลย (particles size distribution curve) พบว่าทรายแม่น้ำเลยมีค่าขนาดคละเป็นแบบขนาดเม็ดคละกันดีและมีขนาดใกล้เคียงกัน (well graded and uniform graded)

ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของทรายแม่น้ำเลยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69 ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมละเอียดที่เหมาะสมในงานคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 2.40 – 2.90 แสดงว่าทรายแม่น้ำเลยมีค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมที่เหมาะสมกับงานคอนกรีต

ค่าการดูดซึมน้ำ (absorption) จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของทรายแม่น้ำเลย พบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 3.47 % เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมน้ำมวลรวมละเอียดของ ACI Education Bulletin E1-99 ซึ่งกำหนดที่ 0 – 8 % แสดงว่าทรายแม่น้ำเลยมีค่าการดูดซึมน้ำของทรายอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีต

ค่าอินทรียวัตถุในทราย (organic impurity) ตามมาตรฐานกรมชลประทานสำหรับแหล่งทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กำหนดความเข้มของสีจะต้องไม่เกินสีมาตรฐานเบอร์ 3 จากการทดสอบการปนเปื้อนของอินทรีวัตถุในทรายแม่น้ำเลย มีค่าการปนเปื้อนของอินทรีวัตถุเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 ซึ่งมีสีเข้มมากกว่าสีมาตรฐานเล็กน้อย จึงมีความเป็นไปได้ในการนำทรายแม่น้ำเลยในบางพื้นที่มาใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีต แต่ในบางพื้นที่ควรมีการทำความสะอาดทรายก่อนการนำมาใช้งานเพื่อให้ค่าความสะอาดของทรายเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

ค่าการตกตะกอน (sedimentation) ความหนาของตะกอนเหนือทรายตามมาตรฐาน ASTM C 117 ปริมาณตะกอนเหนือทรายไม่ควรเกิน 5 % สำหรับงานคอนกรีตทั่วไป และ 3 % สำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความทนทาน จากการทดสอบการทดสอบการตกตะกอนในทรายในทรายแม่น้ำเลยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91% ดังนั้นทรายแม่น้ำเลยจึงมีคุณภาพเหมาะสมเพียงพอที่จะใช้เป็นส่วนผสมละเอียดในงานคอนกรีตทั่วไป แต่สำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความทนทานต้องมีการทำความสะอาดทรายก่อนการนำมาใช้งาน เพื่อให้ค่าความสะอาดของทรายเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

ผลการศึกษาค่าดัชนีต่างๆของทรายแม่น้ำเลยโดยรวมบ่งบอกว่าทรายแม่น้ำเลยมีคุณภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีตได้ เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีตที่กำหนด แต่จะยังมีคุณสมบัติบางประการที่จะต้องพิจารณาเพิ่มเติม โดยเฉพาะประเด็นความสะอาดของทราย ค่าอินทรียวัตถุในทราย ค่าการตกตะกอนในทรายที่ต้องพิจารณาทำความสะอาดด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อนการนำมาใช้เป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีต

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยขั้นต่อไปคือการนำทรายแม่นำเลยมาเป็นมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีตและมอร์ต้า เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตและมอร์ต้า ที่ผลิตโดยใช้ทรายแม่น้ำเลยเป็นมวลรวมละเอียด เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานงานคอนกรีตและงานมอร์ต้า เพื่อพิสูจน์คุณภาพทรายแม่น้ำเลยในการนำมาใช้งานจริง รวมถึงศึกษาแนวทางการพิจารณานำทรายแม่น้ำเลยมาใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อให้เกิดการนำวัสดุในท้องถิ่นมาใช้งานอย่างแท้จริง ซึ่งจะนำไปสู่การลดต้นทุนค่าก่อสร้าง ค่าขนส่ง และลดการใช้พลังงานด้านอื่นๆ รวมถึงการสร้างรายได้ การสร้างแหล่งงานในท้องถิ่นต่อไปด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนการทำงานวิจัยและการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมชลประทาน (2559). รายการรายละเอียดทรายหยาบ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://rio15.rid.go.th/engineering/images/WorkTW/spece/EditSPECIFICATIONS.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 09/12/2560.

[2] กรมทางหลวงชนบท (2545). มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://research.drr.go.th/sites/research.drr.go.th/files/mthch.101-2545_0.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/12/2560.

[3] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550). มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรียเจือปนในมวลรวมละเอียด, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://services.dpt.go.th/dpt_rsbldg/modules/standard/data_standard/Std_ts_method/1203.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/12/2560.

[4] พงศ์พัน วรสุนทโรสถ และวรพงศ์ วรสุนทโรสถ (2545). **วัสดุก่อสร้าง**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[5] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมโยธา. Gradation of Aggregates by Sieve Analysis, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://civil.eng.cmu.ac.th/courses/materials-testing/c2, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/12/2560.

[6] American Association of State Highway and Transportation Officials. Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates FOP for AASHTO T 27, URL : http://www.waqtc.org/library/documents/aggregate/16_T27_T11.pdf, access on 12/12/2017.

[7] American Concrete Institute (1999). ACI Education Bulletin E1-99, URL : https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/tecnologia_hormigon/fE1-99.pdf, access on 05/12/2017.

[8] American Society of Testing Materials (2014). ASTM C 33 : Standard Specification for Concrete Aggregates, URL : http://www.c-s-h.ir/wp-content/uploads/2014/12/C-331.pdf, access on 13/12/2017.

[9] American Society of Testing Materials (2014). ASTM C 117 : Standard Test Method for Materials Finer than 75-μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing1, URL : http://www.c-s-h.ir/wp-content/ uploads/2014/12/C-117.pdf, access on 15/12/2017.

[10]American Society of Testing Materials (2014). ASTM C 128 : Standard Test Method for RelativeDensity (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate, URL : http://www.c-s-h.ir/wp-content/uploads/2014/12/C-128.pdf, access on 11/12/2017.

[11] American Society of Testing Materials (2014). ASTM C 136 : Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, URL : http://www.c-s-h.ir/wp-content/uploads/2014/12/C-136.pdf, access on 13/12/2017.

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบตรวจข้อสอบปรนัยด้วยวิธีการสหสัมพันธ์

Improvement of Multi-Choice Detector using Pearson Correlation Coefficient.

วิทยา ศรีกุล[1,*], สุภัทรา เกิดเมฆ[1], สุทธิราช ศรีธาวิวัฒน์[1], ธรรมกร ครองไตรภพ[1] และ ประจวบ อินระวงศ์[2]

[1] สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ. สุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
* Witaya@rmuti.ac.th, 0623528222

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงวิธีการตรวจคำตอบของข้อสอบแบบปรนัย ซึ่งมีความเร็วในการตรวจ โดยงานวิจัยนี้ลดปัญหาความผิดพลาดในการตรวจ เพราะการทำข้อสอบแบบดังกล่าวพบปัญหาในการทำเครื่องหมายกากบาท เพราะว่า แต่ละบุคคลมีการทำเครื่องหมายกากบาทที่แตกต่างกัน และ การยกเลิกเครื่องหมายกากบาท ทำให้เกิดปัญหาในการตรวจ ดังนั้นจึงนำเอากระบวนการวิเคราะห์การทำเครื่องหมายกากบาท โดยการหาค่าความเหมือนจากวิธีการสหสัมพันธ์ ซึ่งได้ทดสอบกับเครื่องหมายในรูปแบบต่างๆ ได้ผลความแม่นยำร้อยละ 98.37

คำหลัก: ข้อสอบแบบปรนัย, เครื่องหมายกากบาท, สหสัมพันธ์

Abstract

This paper presents a method of multiple-choice answer sheet checker. The multiple-choice exams are the fast evaluating method of the examination. This research aims to reduce the error of inspection. Due to this type of examination has problems of cross labels, because cross labels made by each person are different and in case the marks are cancelled. These are causes of error problem. Therefore, the cross-mark analysis process was implemented using similarity analysis by Pearson correlation coefficient technique. The method was tested with various markers. The test results showed that the method had accuracies of 98.37 %.

Keywords: Multiple choice, Cross mark, Correlation

1. บทนำ

การประเมินผลผู้เรียน คือ การทดสอบ การประเมินผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนโดยการสอบ การวัดผลการศึกษา ซึ่งใช้ข้อสอบทำหน้าที่เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของบุคคล ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน คือ สถาบันการศึกษาของรัฐ ซึ่งกำหนดให้มีการสอบเพื่อวัดผลและประเมินผลและ ข้อสอบปรนัยแบบกากบาท โดยเมื่อผู้สอบเลือกคำตอบที่ต้องการได้แล้วก็จะกากบาทคำตอบลงในกระดาษคำตอบ ข้อสอบซึ่งเป็นที่นิยมในการใช้สอบเพื่อวัดผลประเมินผลของสถาบันการศึกษาต่าง ๆ รวมถึงมหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน เนื่องจากการเลือกคำตอบโดยการกากบาทนั้น สามารถทำได้รวดเร็ว สำหรับการตรวจข้อสอบปรนัยแบบกากบาทจะกระทำการตรวจโดยอาจารย์ผู้สอนหรือเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบงานตรวจข้อสอบ

ปัจจุบันวิธีการตรวจข้อสอบมีวิวัฒนาการมาจากการใช้คนในการตรวจข้อสอบ โดยการตรวจข้อสอบที่มีจำนวนมาก ต้องใช้ผู้ตรวจหลายคนและใช้เวลาเป็นจำนวนมากรวมถึงยังมีปัญหาในการตรวจนับคะแนน เช่น นับคะแนนผิด ซึ่งเป็นปัญหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ตรวจ (Human Error of Gross Errors) เครื่องตรวจข้อสอบออกแบบมาเพื่อช่วยในการตรวจข้อสอบ ตัวอย่าง เครื่องตรวจข้อสอบ Binary MCTA เป็นเครื่องตรวจข้อสอบข้อเขียนแบบปรนัยแบบระบาย ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งดินสอและปากกาในการระบายกระดาษคำตอบ ต่อมาเป็นเครื่องปริ้นเตอร์ ที่สามารถตรวจข้อสอบได้ ตัวอย่าง ปริ้นเตอร์เลเซอร์มัลติฟังก์ชั่น Samsung SL-

M4580FX เครื่องนี้สามารถตรวจกระดาษคำตอบแบบระบายได้ทั้งดินสอและปากกาและสามารถตรวจกระดาษคำตอบแบบกากบาทได้ และยังมีเครื่องตรวจข้อสอบอีกหลายรุ่น ที่สามารถตรวจข้อสอบแทนอาจารย์ผู้สอนได้ ซึ่งช่วยให้การตรวจข้อสอบใช้เวลาน้อยลง ลดปัญหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ตรวจ ทำให้เครื่องตรวจข้อสอบมีความจำเป็นในการใช้งาน แต่ราคาของเครื่องนั้นค่อนข้างสูง

จากการศึกษาปัญหาที่กล่าวมา สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ได้เล็งเห็นปัญหาของราคาเครื่องตรวจข้อสอบที่แพง และ สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ซึ่งเครื่องถ่ายเอกสารสามารถสแกนรูปภาพกระดาษคำตอบเพื่อนำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยได้คิดค้นพัฒนาโปรแกรมตรวจข้อสอบขึ้นมา ตัวอย่างเช่น “โปรแกรมตรวจข้อสอบปรนัยด้วยการประมวลผลแบบขนาน” [1] ข้อด้อย คือ ไม่สามารถตรวจกระดาษคำตอบแบบกากบาทได้ ตัวอย่างต่อมาคือ “ระบบตรวจข้อสอบแบบปรนัยบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์” [2] ข้อด้อย คือ ใช้หลักการหาจุดตัดเส้นตรงสองเส้น แต่กากบาทที่เกิดจากผู้สอบนั้นไม่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรงสองเส้นตัดกันเสมอไป จึงทำให้การตรวจมีความถูกต้องเพียง 90.47 เปอร์เซ็นต์ บางงานวิจัยได้ใช้เครื่อง OMR ซึ่งยังมีราคาสูงอยู่ในปัจจุบัน [5] และตัวอย่างต่อมาคือ “โปรแกรมตรวจข้อสอบปรนัยโดยใช้วิธีประมวลผลภาพด้วยสแกนเนอร์” [3] มีจุดอ่อนคือ ใช้การนับจุดที่เป็นเครื่องหมายกากบาท และกำหนดจำนวนจุดให้อยู่ในช่วงที่กำหนด แต่การขีดฆ่าเครื่องหมายหรือการลบที่ไม่สะอาด ทำให้โปรแกรมตรวจข้อสอบผิด โดยมีประสิทธิภาพการตรวจข้อสอบได้ถูกต้อง 97 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างที่กล่าวมา ทำให้การตรวจข้อสอบมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ในโปรแกรมระบุความเป็นเอกลักษณ์ของกากบาทโดยผู้ทำข้อสอบไม่ได้ ผู้จัดทำได้เล็งเห็นปัญหาของโปรแกรมที่สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ได้พัฒนามาก่อนหน้านี้ จึงได้หาอัลกอริทึมที่สามารถระบุความเป็นเอกลักษณ์ของเครื่องหมายกากบาทที่ทำโดยผู้สอบได้ โดยได้ใช้หลักการสหสัมพันธ์ (Correlation) นำมาเป็นอัลกอริทึมในการพัฒนาโปรแกรม

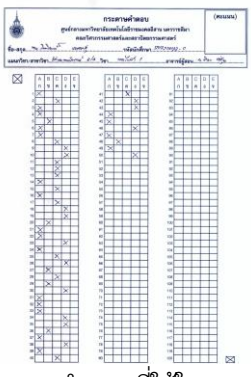
อัลกอริทึม Correlation [4] ภาษาไทยคือ สหสัมพันธ์ Correlation เป็นการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปร 2 ตัวแปร ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และถ้ามีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์นั้นจะมีขนาดเท่าไหร่ โดยที่ ค่าความสัมพันธ์นั้น จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งได้มาจากการนำค่าของตัวแปร 2 ตัว ทำการคำนวณค่าตามสมการของ Correlation จากนั้นนำค่าคูณด้วย 100 ก็จะได้เป็นเปอร์เซ็นต์ออกมาว่าตัวแปร 2 ตัว นี้ มีความสัมพันธ์กันหรือมีความเหมือนกันกี่เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตัวแปรที่กล่าวมานี้ก็คือเครื่องหมายกากบาทที่ผู้สอบกาลงในกระดาษคำตอบ วิธีนี้จะทำให้โปรแกรมสามารถระบุเอกลักษณ์ของเครื่องหมายได้กากบาทได้

ด้วยเหตุผลที่ Correlation สามารถระบุเอกลักษณ์ของเครื่องหมายกากบาทได้ ผู้จัดทำจึงได้พัฒนา ระบบตรวจข้อสอบปรนัยแบบประมวลผลภาพโดยใช้หลักการตัดสินใจแบบสหสัมพันธ์ เพื่อช่วยตรวจข้อสอบและแก้ปัญหาการตรวจข้อสอบของอาจารย์ผู้สอน ลดเวลาในการตรวจข้อสอบของอาจารย์ผู้สอน อีกทั้งยังช่วยประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องตรวจข้อสอบและที่สำคัญสุด ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์เกี่ยวกับโปรแกรมตรวจข้อสอบ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ไทยให้เติบโตขึ้นไปอย่างมีคุณภาพ

2. การวิเคราะห์เครื่องหมายคำตอบ

2.1 การเตรียมภาพ

กระดาษคำตอบที่ใช้จะต้องเป็นกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระดาษคำตอบที่ใช้ในการประมวลผล

2.2. การแปลงภาพเครื่องหมาย และ สหสัมพันธ์

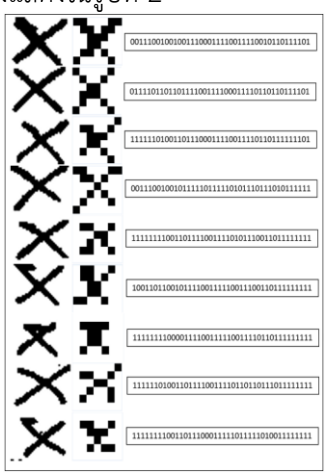
กระบวนการนี้เริ่มจากนำภาพเครื่องหมายที่อยู่ในช่องทำเครื่องหมายของกระดาษคำตอบที่แสดงในรูปที่ 2 มาทำการลดขนาดของภาพเป็นภาพขนาด 7×6 จากนั้น

แปลความหมายภาพ 7×6 เป็นเลขฐานสอง โดยกำหนดให้พิกเซลสีขาวคือ 0 สีดำคือ 1 จะได้ข้อมูลเลขฐานสองขนาด 42 บิต โดยการเลือกค่าตัวเลขขนาดเครื่องหมาย ที่ 7×6 จุด อันเนื่องมาจากต้องการลดเวลาของการคำนวณ หรือ การประมวลผลโดยรวม โดยค่าตัวเลขที่ได้มาจากการทดลองปรับลดขนาดจากขนาดภาพปกติ 36×28 เป็นค่า 7×6 โดยทำการทดลองจนได้ค่าที่เหมาะสมจากการตรวจเครื่องหมายทั้งหมด 500 ข้อ ได้ค่าที่เหมาะสมทั้งความเร็ว และ ความถูกต้องคือ 7×6 ดังตารางที่ 1 ซึ่งได้ผลดีทั้งด้านความเร็วในการประมวลผลและความถูกต้อง

ตารางที่ 1 ค่าเหมาะสมสำหรับการลดขนาดภาพ

ขนาด จุด×จุด	ความเร็ว (sec)	ความถูกต้อง %
36x28	45.91	98.7
18x14	12.57	98.8
12x9	6.18	98.8
9x7	4.1	98.8
7x6	2.75	98.7
6x5	2.17	97.2

ทำการเก็บตัวอย่างเครื่องหมายกากบาทแบบต่าง ๆ ไว้ใน text file เพื่อเป็นข้อมูลแม่แบบในการทำสหสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องหมายที่ถูกแปลงเป็นข้อมูล

หาสหสัมพันธ์โดยใช้สมการสหสัมพันธ์ของเพียร์สันเปรียบเทียบข้อมูลเลขฐานสองใน text file ที่เก็บไว้เป็นแม่แบบกับเครื่องหมายที่ทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของเครื่องหมายว่าความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเครื่องหมายกากบาท หรือ เครื่องหมายมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเครื่องหมายยกเลิกโดยสามารถหาความสัมพันธ์ได้จากสมการที่ 1

$$Correlation(x,y) = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2\sum(y-\bar{y})^2}} \quad (1)$$

เมื่อ x คือ ข้อมูลแม่แบบ

y คือ ข้อมูลเครื่องหมายที่ทำการเทียบ

2.3 เครื่องมือและภาพในการทดลอง

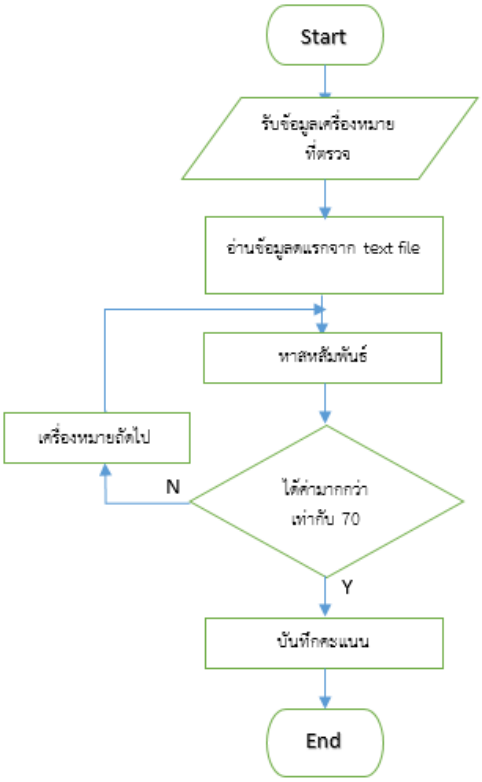
ในระบบมีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการทำงานอย่าง คอมพิวเตอร์ ภาพจากแสกนเนอร์ และ โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพมีการกำหนดพารามิเตอร์ ต่างๆ ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
ชนิดข้อมูล	ภาพนิ่งขนาด 2458x3491 จุด
รูปแบบไฟล์	.jpg
หน่วยประมวลผล	Intel Celeron e3300 2.5GHz
จำนวนภาพทดลอง	240 ภาพ
หน่วยความจำ	2 G Byte 800MHz
ระบบปฏิบัติการ	Windows 7
โปรแกรมประมวลผล	C# Visual studio 2017

2.4 วิธีการทดลอง

นำภาพกระดาษคำตอบที่ได้จากเครื่องแสกนเนอร์ป้อนเข้าสู่ระบบโดยกระดาษคำตอบแต่ละแผ่นทำเครื่องหมายจำนวน 50 ข้อ นำรูปภาพจากข้อมูลการทำข้อสอบของนักศึกษาในวิชาที่เรียน ในรายวิชาวงจรไฟฟ้าห้อง CPE58231, CPE59231 และ CPE59241 จำนวนนักศึกษาทั้งหมด 76 คน หาค่าความเหมือนการทำเครื่องหมาย ดังรูปที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบกับเฉลยและได้ผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นคะแนน



รูปที่ 3 กระบวนการตรวจเช็คเครื่องหมายกากบาท

3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองได้ผลความเที่ยงตรงเป็นร้อยละ 98 มีผลการทดลองตรวจข้อสอบปรากฏผลแสดง ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลความเที่ยงตรงในการตรวจข้อสอบ

ชั้นปี	จำนวน	ตรวจถูกต้อง (ข้อ)	ตรวจสอบผิดพลาด (ข้อ)
58231	25	1,240	10
59231	24	1,174	26
59241	27	1,324	26

4. สรุปผล

โปรแกรมตรวจข้อสอบปรนัยด้วยวิธีประมวลผลภาพด้วยสแกนเนอร์แบบเลื่อนกระดาษอัตโนมัติโดยใช้หลักการตัดสินใจแบบสหสัมพันธ์นี้ สามารถตรวจข้อสอบเครื่องหมายกากบาทโดยไม่มีข้อจำกัด โดยสามารถทำเครื่องหมายกากบาทได้อย่างอิสระ แต่จะส่งผลให้ มีข้อผิดพลาดอยู่บ้างเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่เป็นข้อผิดพลาดที่ไม่สามารถควบคุมได้ ตัวอย่าง การลบเครื่องหมายไม่สะอาด การยกเลิกขีดฆ่าที่ไม่ชัดเจน ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ จึงทำให้ระบบมีความถูกต้องเที่ยงตรงเป็น ร้อยละ 98.37

5. เอกสารอ้างอิง

[1] เอกพงษ์ กาวงค์อิน, เสฏฐวุฒ จันทร์ยอด และ อรรถพงษ์ วงศ์สอน (2557). โปรแกรมตรวจข้อสอบปรนัยด้วยการประมวลผลแบบขนาน, ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[2] พุทธินันท์ พัดกระจ่าง และ นุชนาฎ สัตยากวี (2555). ระบบตรวจข้อสอบแบบปรนัยบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์, ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

[3] ธงไชย สิทธิเขตกรณ์ และ วสาวิตรี อินนอก (2559). โปรแกรมตรวจข้อสอบปรนัยโดยใช้วิธีประมวลผลภาพด้วยสแกนเนอร์,ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[4] Sheldon M Ross (2007). Introduction to probability models (9th ed.), Elsevier Science & Technology Books.

[5] Bhavana B. Nerkar (2015). Optical Markup Recognition for Exam System, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering,* Vol. 5, pp. 147-153.

ชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปรับอากาศผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต

Temperature controller for Air conditioner via internet

พีระพงษ์ แนวโนนทัน, นายวิฑูรย์ พานอิ่มมะเริง, ประจวบ อินระวงศ์, วุฒิชัย สง่างาม*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-252659
* ผู้ติดต่อ: E-mail: wutichai@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต ด้วยบอร์ดคอนโทรลเลอร์ ESP8266 โดยมีหลักการทำงานคือ ตัวบอร์ดคอนโทรลเลอร์จะรับค่าการเพิ่มลดอุณหภูมิผ่านอินเตอร์เนต แล้วส่งค่าการเพิ่มลดอุณหภูมิไปยังตัวควบคุมของเครื่องปรับอากาศผ่านโมดูลส่งสัญญาณแสงแบบอินฟาเรด ซึ่งสามารถปรับค่าอุณหภูมิของเครื่องอากาศได้ตั้งแต่ 23 ถึง 28 องศาเซลเซียล จากการทดสอบส่งค่าอุณหภูมิจากอินเตอร์เนตไปยังตัวควบคุมของเครื่องปรับอากาศ ใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 3 วินาที

คำหลัก: บอร์ด ESP8266, เครื่องปรับอากาศ, อินเตอร์เนต

Abstract

This papers presents air conditioner control via Internet using microprocessor board, ESP8266. The principle is that the controller will receive temperature, increasing or decreasing, through Internet. The temperatures are then sent to air conditioner controller using infrared transmitter module. The temperature can be adjusted from 23 to 28 degrees Celsius. The test carried out by sending the temperature from the Internet to air conditioner controller. It found that average time was 3 seconds.

Keywords: ESP8266, Air conditioner, Internet

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อทำความเย็นก่อให้เกิดความรู้สึกสบายแก่ผู้อยู่อาศัยในสำนักงานหรือบ้านพัก มีความต้องการมากขึ้นเรื่อยๆ

เครื่องปรับอากาศโดยทั่วที่ใช้ตามสำนักงานหรือบ้านพักอาศัย จะเป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้า ซึ่งจะต้องมีการควบคุมเพื่อให้สามารถเปิดปิดการทำงานและปรับเปลี่ยนอุณหภูมิได้ตามต้องการ อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมที่ใช้งานแพร่หลายก็คือตัวควบคุมไร้สายหรือเรียกสั้นๆว่า รีโมทคอนโทรล ที่อาศัยการส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานผ่านคลื่นแสงอินฟาเรด (infrared) ไปยังกล่องควบคุม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบตัวบอร์ดESP8266 ให้สื่อสารและรับรหัสชุดคำสั่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต โดยรหัสชุดคำสั่งดังกล่าวจะถูกส่งผ่านไปยังตัวส่งสัญญาณแบบอินฟราเรดที่เชื่อมต่อกับบอร์ด ทำให้ข้อมูลถูกส่งไปยังกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศ เพื่อทำการควบคุมการเปิดปิดหรือเพิ่มลดอุณหภูมิตามความต้องการของผู้ใช้งาน

2. อุปกรณ์และการสื่อสาร

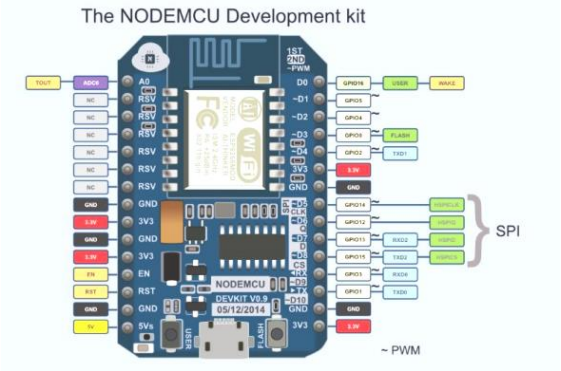
2.1 บอร์ดสื่อสาร ESP8266

บอร์ดสื่อสาร ESP8266 [1] เป็นบอร์ดที่มีชิฟไอซีไวไฟ มาตรฐาน 802.11 ใช้สื่อสารกับระบบอินเตอร์เนต และสามารถเขียนโปรแกรมลงบนบอร์ด ด้วยโปรแกรม NodeMCU สำหรับใช้สำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ดังแสดงในรูปที่ 1

2.2 ตัวตรวจจับวัดอุณหภูมิ

วงจรตรวจจับวัดอุณหภูมิที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับวัดอุณหภูมิ รุ่น DHT 22 [2,3] ทำการวัดอุณหภูมิ ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับวัดอุณหภูมิเชื่อมต่อด้วยสัญญาณเพียงเส้นเดียวแบบสองทิศทางใช้

แรงดันไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ขาเชื่อมต่อ 3 ขา ได้แก่ VCC GND และ SDA ในการอ่านข้อมูลค่าอุณหภูมิแต่ละครั้งจะอ่านข้อมูล 16 บิต



รูปที่ 1 บอร์ดสื่อสาร ESP8266 [1]

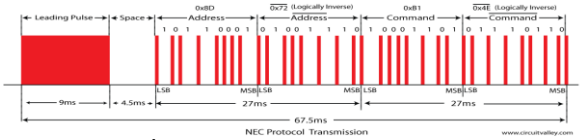


รูปที่ 2 อุปกรณ์ตรวจจับวัดอุณหภูมิ DHT22, [2]

2.3 อินฟราเรดและการสื่อสาร

การสื่อสารด้วยแสงอินฟาเรด [4] เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายในระยะใกล้ ที่มีระยะทางไม่เกิน 10 เมตร มีรูปแบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลโดยใช้คลื่นแสงอินฟาเรด และมีลักษณะการสื่อสารคล้ายกับการสื่อสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ กล่าวคือการสื่อสารด้วยแสงอินฟาเรดจะต้องหันตัวรับและตัวส่งให้ตรงกันและไม่มีสิ่งกีดขวางเส้นสายตาหรือขวางแสงอินฟาเรด

รูปแบบของการสื่อสารคลื่นแสงอินฟาเรดจะประกอบด้วย ส่วนที่หนึ่งจะเป็นหัวของข้อมูล และส่วนที่สองจะเป็นชุดคำสั่งของข้อมูล อาทิเช่น แอดเดรส โหมดอุณหภูมิ เป็นต้น ส่วนสุดด้วยเป็นส่วนที่จบชุดคำสั่ง ลักษณะของสัญญาณรูปคลื่นดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปแบบของรหัสข้อมูลการควบคุมเครื่องปรับอากาศ

2.4 ฐานข้อมูล

ในงานวิจัยนี้จะใช้ฐานข้อมูลประเภท MySQL เป็นโปรแกรมสำหรับจัดการฐานข้อมูล ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลโอเพนทซอร์ท (Open Source) ที่นิยมนำมาใช้งาน โดย MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบเชิงสัมพันธ์ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบของตารางแทนการเก็บข้อมูลทั้งหมดลงในไฟล์เพียงไฟล์เดียว ทำให้ทำงานได้รวดเร็วและมีความยืดหยุ่น นอกจากนั้นแต่ละตารางที่เก็บข้อมูลสามารถเชื่อมโยงเข้าหากันทำให้สามารถรวมหรือจัดกลุ่มข้อมูลได้ตามต้องการ โครงสร้างฐานข้อมูลในเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลจะมีคุณลักษณะเรียงลำดับดังแสดงในตารางที่ 1

3. การออกแบบ

ในการออกแบบแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ

1. การวัดและส่งค่าข้อมูลอุณหภูมิจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิ รุ่น DHT 22 ผ่านบอร์ด ESP8266 โดยขาที่เชื่อมต่อมี 3 ขา ได้แก่ ขา VCC ต่อเข้ากับไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ของบอร์ด ESP8266 ขา SDA ต่อเข้ากับอินพุตดิจิทัล 2 ของบอร์ด ESP8266 ขา GND ต่อเข้ากับขา GND ส่งผ่านข้อมูลไปเก็บยังฐานข้อมูลเพื่อแสดงผลที่เวบไซต์ โดยมีโครงสร้างฐานข้อมูลในเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลจะมีคุณลักษณะเรียงลำดับดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ความหมาย
ID	int	ลำดับที่
temp	double	ค่าอุณหภูมิ
data	timestamp	วันที่และเวลา

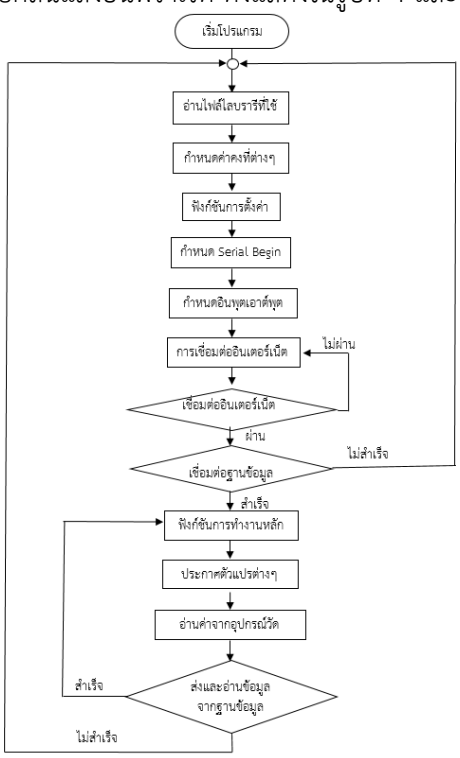
2. การเก็บชุดรหัสคำสั่ง ที่ได้จากตัวรีโมทคอนโทรลของเครื่องปรับอากาศ เป็นรหัสปิดเปิด รหัสการลดอุณหภูมิ รหัสการเพิ่มอุณหภูมิ โดยรหัสคำสั่งดังกล่าวมีขนาด 32 บิต ซึ่งจะเก็บไว้ที่หน่วยความจำของบอร์ด ESP8266

ตารางที่ 2

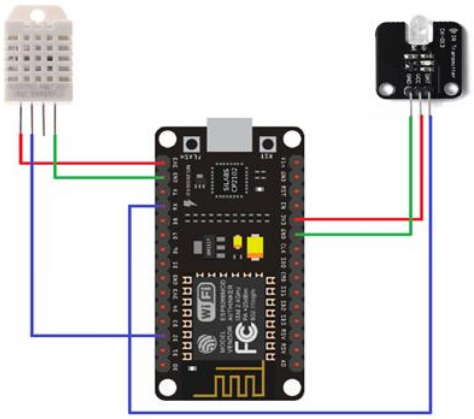
8950, 4500, 650, 1650, 650, 500, 650, 1650, 650, 500, 650, 550, 650, 500, 650, 500, 650, 550, 650, 1650, 600, 550, 650, 500, 650, 1650, 700, 450, 650, 550, 650, 500, 700, 450, 650, 1650, 650, 550, 650, 1650, 650, 1650, 650, 500, 650, 500, 700, 1600, 700, 500, 650, 500, 650, 500, 650, 550, 650, 500, 650, 500, 650, 1650, 700, 1650, 600, 1700, 600, 500, 650, 550, 650, 1650, 650, 500, 650, 500, 700, 500, 650, 500, 650, 500, 700, 500, 650, 500, 650, 500, 650, 550, 650, 1650, 600, 1700, 650, 1650

จากตารางที่ 2 เป็นตัวอย่างชุดรหัสคำสั่งในการปิดเปิด เครื่องปรับอากาศ ที่ได้จากการกดปุ่มบนตัวรีโมทคอนโทรล

3. การรับค่าข้อมูลคำสั่งจากอินเตอร์เนตเพื่อส่งไปควบคุมอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศผ่านบอร์ด ESP8266 ด้วยคลื่นแสงอินฟราเรด ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 โครงสร้างการส่งค่าข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

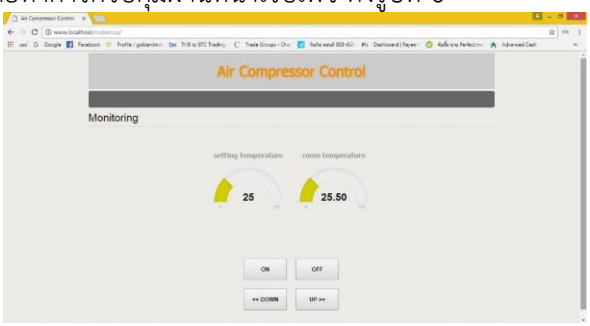


รูปที่ 5 การต่ออุปกรณ์ร่วมกับบอร์ด ESP8266

จากรูปที่ 5 แสดงการต่อวงจรตรวจวัดอุณหภูมิและชุดส่งสัญญาณคลื่นแสงอินฟราเรดเพื่อควบคุมเครื่องปรับ อากาศผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยใช้หลอดอินฟราเรดที่มีความถี่ในการส่งสัญญาณขนาด 38 กิโลเฮร์ท

4. การทดสอบ

ในการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและสั่งงานเครื่องปรับ อากาศ จะใช้ห้องเรียนสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาคาร18 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่มีเครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อไซโจเดนกิ ขนาด 34000 บีทียู โดยทำการควบคุมผ่านหน้าเวบเพจ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงหน้าเวบเพจการวัดและควบคุม

ตารางที่ 3

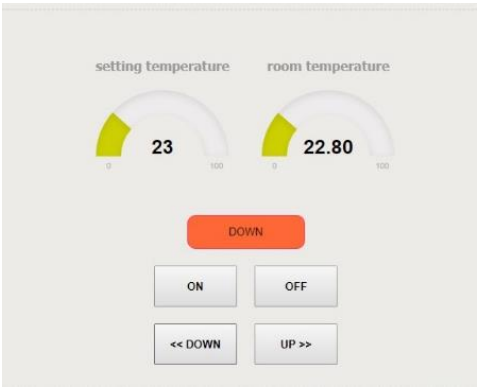
ผลการวัดค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
ค่าจาก AZ-8868	ค่าจาก DHT 22 (แสดงผลที่หน้าเวบเพจ)	ค่าความผิดพลาด
24.5	25.2	2.86
26.7	27.1	1.50
27.5	28.2	2.54
28.2	29.0	2.84
30.2	30.8	1.99
31.4	32.1	2.23

ในการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การทดสอบการสั่งการเพื่อเปิดหรือปิดการทำงานเครื่องปรับอากาศ โดยทำการกดปุ่ม ON หรือ OFF ที่หน้าเวบเพจ ซึ่งผลที่ได้หลังจากกดปุ่มเครื่องปรับอากาศทำงานตามคำสั่งถูกต้อง หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 3 วินาที

2. การทดสอบการวัดอุณหภูมิและการสั่งการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิห้อง การทดสอบความแม่นยำและทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงของตัววัดอุณหภูมิ DHT22 จะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด รุ่น AZ-8868 เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้อ้างอิงการวัดค่าอุณหภูมิ ซึ่งผลที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

การทดสอบเพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิห้อง โดยการกดปุ่ม DOWN หรือ UP ที่หน้าเวบเพจ ซึ่งผลที่ได้หลังจากกดปุ่ม เครื่องปรับอากาศทำงานตามคำสั่งถูกต้อง แต่ต้องใช้เวลาในการปรับอุณหภูมิให้ได้คำสั่ง ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงการการปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ

5. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการสั่งการเพื่อปิดเปิดและปรับเปลี่ยนอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต โดยใช้บอร์ด ESP8266 พบว่า สามารถรับคำสั่งเพื่อปิดเปิดเครื่องปรับอากาศได้ ภายในเวลา 3 วินาที และสามารถส่งค่าอุณหภูมิห้องไปแสดงที่หน้าเวบเพจ พร้อมทั้งสามารถรับคำสั่งเพื่อปรับเปลี่ยนอุหภูมิห้องตามความต้องการ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] โมดูล WiFi ESP8266, ค้นหาข้อมูลจาก : www.arduinoall.com, [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อวันที่, 23 กุมภาพันธ์ 2561

[2] กระดาษทราย สันตะวงศ์ ชินวัฒน์ เอกกลาง ประจวบ อินระวงศ์ และวุฒิชัย สง่างาม (2561), การตรวจสอบการเกิดอัคคีภัยจากพฤติกรรมการใช้กระแสไฟฟ้า, การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 10

[3] รูปสัญญาณอินฟราเรด, ค้นหาข้อมูลจาก : www.cpre.kmutnb.ac.th, [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อวันที่, 30 กุมภาพันธ์ 2561

การประยุกต์ใช้โปรแกรม OpenDSS และโปรแกรม MATLAB สำหรับการวิเคราะห์ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า

OpenDSS Program and MATLAB Program Application for Distribution System Analysis

นพณัฐ จิตกรียาน, ยุทธณา คงจีน และ กฤติเดช บัวใหญ่*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา
*E-mail: kittavit.bu@rmuti.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 044-252659

บทคัดย่อ

ในบทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้โปรแกรม OpenDSS สำหรับการวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า โปรแกรม OpenDSS นี้เป็นฟรีโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้ารวมถึงมีแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก สำหรับบทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ OpenDSS ร่วมกับ MATLAB M file เพื่อวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 13 บัส โดยมีจุดประสงค์เพื่อแสดงถึงการพัฒนาเครื่องมือเบื้องต้นสำหรับวิจัยเกี่ยวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในตอนท้ายจะได้กล่าวถึงขีดความสามารถที่จะนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในงานวิเคราะห์และวางแผนในอนาคตต่อไป

คำหลัก: OpenDS, การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า, การเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม OpenDSS กับ Matlab

Abstract

This paper presents the applied an OpenDSS program for distribution network (DN) analysis. OpenDSS is a free powerful software platform to simulate distribution network including the models for distributed generation. As result, in this paper the OpenDSS was interfaced with the MATLAB program for DN analytical simulation of the Standard IEEE 13-Node system is presented; this with the aim of evaluating the performance of the developed tool. All the developments were made using OpenDSS software and the MATLAB M file. Finally, the different possibilities with the developed tool and the future developments are presented.

Keywords: OpenDSS, Power System Analysis, Interface between OpenDSS and Matlab

1. บทนำ

ในปัจจุบันโปรแกรมซอฟแวร์สำหรับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทต่อการวิเคราะห์และวางแผนระบบไฟฟ้าอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เนื่องด้วยแนวโน้มการใช้พลังงานในแต่ละปีมีแนวโน้มสูงขึ้นและรูปแบบการส่งจ่ายเองก็มีความซับซ้อนทั้งในด้านการผลิตเช่น โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซล่าร์ฟาร์ม และโรงไฟฟ้าพลังงานกังหันลม รวมถึงในปัจจุบันโหลดชนิดใหม่ต่างๆที่เข้ามาติดตั้งในระบบเช่น โหลดรถไฟฟ้า โหลดสถานีประจุไฟฟ้า ล้วนแต่ส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าทั้งสิ้นถ้าหากไม่ได้รับการออกแบบและวางแผนการจัดการที่เหมาะสม

โปรแกรม OpenDSS ปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถครอบคลุมการวิเคราะห์ระบบการผลิต ระบบการส่งจ่าย และระบบจำหน่ายในทุกด้าน มีความยืดหยุ่นสูงในการพัฒนาและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า ในอีกด้านหนึ่ง OpenDSS เป็นโปรแกรมรันอิสระที่มีการเชื่อมโยงภายนอก ซึ่งสามารถทำได้โดยการเรียกใช้งานพอร์ต COM ที่มีอยู่ในซอฟต์แวร์ทั่วไป เช่น Matlab และ Python อีกทั้งยังสามารถสร้างการ

เชื่อมโยงแบบพลวัต(Dynamic Link Library, DLL) ซึ่งสามารถแก้ไขได้ตามความต้องการทางการศึกษา รวมถึงปัญหาการคำนวณของระบบสามเฟสไม่สมดุล สามารถแก้ไขได้ด้วยประโยชน์จากฟังก์ชั่นที่มีประสิทธิภาพและหลากหลาย ด้วยเหตุนี้ OpenDSS จึงมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง [1]

ในบทความนี้นำเสนอหลักการเบื้องต้นในการใช้โปรแกรม OpenDSS สำหรับการเชื่อมต่อกับ M file ในโปรแกรม MATLAB ในส่วนของการเรียกใช้งานพอร์ตเชื่อมต่อ COM เพื่อวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 13 บัส [2] โดยมีจุดประสงค์เพื่อแสดงถึงการพัฒนาเครื่องมือเบื้องต้นสำหรับวิจัยเกี่ยวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าขั้นสูงและมีความซับซ้อนในอนาคต

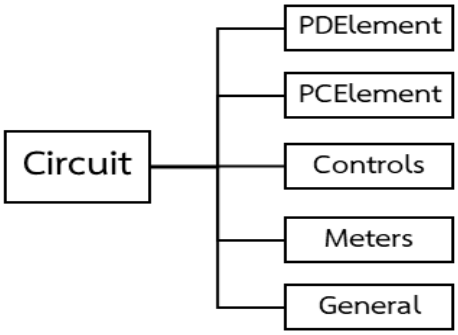
2. การประยุกต์ใช้งานโปรแกรม OpenDSS

ซอฟต์แวร์ OpenDSS เป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์และจำลองระบบไฟฟ้าที่ครอบคลุมสำหรับระบบจำหน่าย ซึ่งมีรูปแบบองค์ประกอบมากมาย เช่น รีเลย์ ตัวเก็บประจุ ระบบจัดเก็บข้อมูลพลังงาน เป็นต้น นอกจากนี้ OpenDSS ยังมีโหมดการคำนวณที่หลากหลาย เช่น [3-4]

- Snapshot Mode คำนวณการไหลของพลังงานในวิธีการทำซ้ำ
- Direct Mode คำนวณกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง
- Daily Mode จำลองการทำงานตลอดทั้งวัน
- Yearly Mode จำลองการทำงานตลอดทั้งปี
- Dynamics Mode จำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง
- Fault Study Mode วิเคราะห์ข้อบกพร่องของระบบ
- Harmonics Mode วิเคราะห์ฮาร์โมนิกส์

ในการทำงานของโปรแกรม OpenDSS จะเป็นการวิเคราะห์ระบบในโดเมนความถี่ (Frequency Domain) [3-4] โดยในองค์ประกอบพื้นฐานของวงจรที่จัดเตรียมโดยสถาบันวิจัยพลังงานไฟฟ้า (EPRI) สามารถแยกออกได้เป็น 5 องค์ประกอบใหญ่ๆได้แสดงดังรูปที่ 1 ดังนี้ [4]

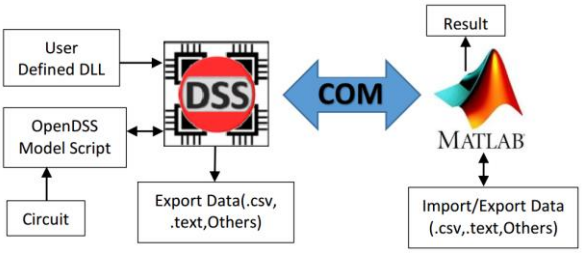
1. องค์ประกอบการส่งจ่ายพลังงาน (PD Element)
2. องค์ประกอบการแปลงพลังงาน (PC Element)
3. การควบคุม (Controls)
4. มาตรวัด (Meters)
5. ทั่วไป (General)



รูปที่ 1 องค์ประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าภายในโปรแกรม OpenDSS

2.1 การเชื่อมต่อระหว่าง OpenDSS กับ Matlab เบื้องต้น

การวิเคราะห์ปัญหาในระบบไฟฟ้าที่มีความซับซ้อนนั้น วัตถุประสงค์ส่วนหนึ่งคือการแก้ไขปัญหาในด้านความเสถียรภาพของระบบ ซึ่งในปัจจุบันซอฟแวร์สำหรับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าในด้านต่างๆนั้น มีการจัดทำโมดูลหรือส่วนที่สามารถเชื่อมต่อกับซอฟแวร์ค่ายอื่นๆได้เกือบทั้งสิ้น ด้วยเหตุผลที่ต้องการเพิ่มความยืดหยุ่นและการนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับวิศวกรเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ

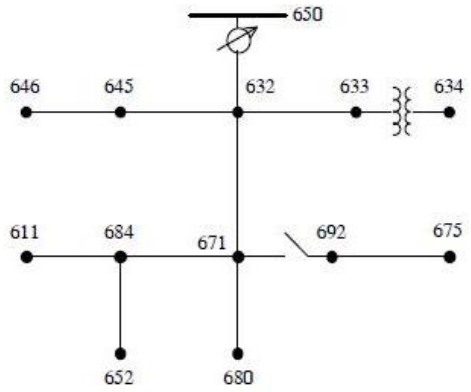


รูปที่ 2 การเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม OpenDSS และ Matlab ในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า

ในการเชื่อมต่อโปรแกรมดังรูปที่ 2 OpenDSS จะเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลโมเดล (Model Script) จากการกำหนดองค์ประกอบต่างๆของวงจร (Circuit) และส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ต Component Object Model(COM) [5] ไปยังโปรแกรม Matlab เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาและยังสามารถปรับปรุงแก้ไขในด้านต่างๆเพื่อให้ความเสถียรภาพของระบบเป็นไปได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

3. ขั้นตอนการทดสอบการเชื่อมต่อโปรแกรม

ในการทดสอบนี้จะใช้ระบบ IEEE 13 บัส เป็นตัวจำลองในการแสดงผลทดสอบการเชื่อมต่อของโปรแกรม โดยในขั้นแรกจะเป็นการอธิบายถึง Script ภายในโปรแกรม OpenDSS เพื่อที่จะใช้ในการจำลองโมเดลการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า และแสดงการเชื่อมต่อเบื้องต้นระหว่างโปรแกรม OpenDSS กับ MATLAB M file เพื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาของระบบ



รูปที่ 3 ระบบทดสอบ IEEE 13 bus ที่ใช้ในการจำลองโมเดลภายในโปรแกรม OpenDSS [2]

3.1 Script ใน OpenDSS

ในส่วนของการเขียน Script ใน OpenDSS นี้จะเปรียบเสมือนเป็นการจำลองโมเดล เพื่อที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาโดยตรง โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองโมเดลการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ในส่วนของโหลดและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกรวมเป็น Admittance (Y) อยู่ในรูปแบบของ เมทริกซ์ (Matrix) [4]

```
Clear
Set DefaultBaseFrequency=60
new circuit.IEEE13Nodeckt
~ basekv=115 pu=1.0001 phases=3 bus1=SourceBus
~ Angle=30
~ MVAsc3=20000 MVASC1=21000

New Transformer.Sub   Phases=3   Windings=2   XHL=(8 1000 /)
~ wdg=1 bus=SourceBus conn=delta kv=115   kva=5000 %r=(.5 1000 /)
~ wdg=2 bus=650       conn=wye   kv=4.16  kva=5000 %r=(.5 1000 /)
New Transformer.XFM1  Phases=3   Windings=2   XHL=2
~ wdg=1 bus=633       conn=Wye   kv=4.16  kva=500  %r=.55  XHT=1
~ wdg=2 bus=634       conn=Wye   kv=0.480 kva=500  %r=.55  XLT=1

New Line.650632  Phases=3 Bus1=RG60.1.2.3  Bus2=632.1.2.3
                          LineCode=mtx601  Length=2000 units=ft
New linecode.mtx601 nphases=3 BaseFreq=60
~ rmatrix = (0.3465 | 0.1560 0.3375 | 0.1580 0.1535 0.3414 )
~ xmatrix = (1.0179 | 0.5017 1.0478 | 0.4236 0.3849 1.0348 )
~ units=mi

New Load.671 Bus1=671.1.2.3  Phases=3 Conn=Delta Model=1
                             kV=4.16  kW=1155    kvar=660

New Capacitor.Cap1 Bus1=675 phases=3 kVAR=600 kV=4.16

Set Voltagebases=[115, 4.16, .48]
calcv
Solve
BusCoords IEEE13Node_BusXY.csv
```

รูปที่ 4 Script ระบบทดสอบ IEEE 13 bus ที่ใช้ในการจำลองโมเดลภายในโปรแกรม OpenDSS [2]

การเขียน Script ส่วนประกอบต่างๆที่ใช้ในการจำลองโมเดลภายในโปรแกรม OpenDSS เป็นการนำข้อมูลจากระบบทดสอบ IEEE 13 บัส มาใช้ในการจำลอง ในกรณีรูปที่ 4 เป็นการยกตัวอย่างมาเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบของระบบ คือ

- การกำหนดความถี่ (Base Frequency)
- การสร้างวงจร (New Circuit.Name)
- ค่าฐานที่บัสอ้างอิง (Base kv/pu./Phases/Other)
- หม้อแปลงที่แหล่งจ่าย (Sup) และระหว่างบัส
- สายส่งจ่าย (Lines/Line Codes)
- โหลด (Loads)
- ตัวเก็บประจุ (Capacitors)

3.2 การเขียน MATLAB M file เชื่อมต่อระหว่าง OpenDSS เบื้องต้น

ในการเขียน MATLAB M file ดังรูปที่ 5 จะเป็นการ สั่งควบคุมการทำงาน OpenDSSStartup และสั่ง Compile ไฟล์จากข้อมูลของโปรแกรม OpenDSS ที่ได้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อรองรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมทั้งสอง อีกทั้งยังประกอบไปด้วย การเขียนคำสั่งควบคุมการแสดงผล Summary บน Command Window

```
function [Start,Obj,Text] = DSSStartup
Obj = actxserver('OpenDSSEngine.DSS');
Start = Obj.Start(0);
Text = Obj.Text;

clc
clear all
[DSSStartOK, DSSObj, DSSText] = DSSStartup;
DSSStartOK;
DSSText.command='Compile(C:OpenDSSforMatlab\Matlab\IEEE13Bus.dss)';
DSSCircuit=DSSObj.ActiveCircuit;
DSSSolution=DSSCircuit.Solution;
Regulators = DSSCircuit.RegControls;
iReg = Regulators.First;
DSSText.Command = 'Summary';            %show solution summary
disp(['Result='  DSSText.Result]);
```

รูปที่ 5 การเขียน M file เพื่อใช้เชื่อมต่อโปรแกรม

4. ตัวอย่างเบื้องต้นของผลการทดสอบเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมทั้งสอง

ในส่วนของผลการทดสอบเบื้องต้นนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ในการเขียนบทความจึงไม่สามารถนำผลการทดลองต่างๆมาแสดงในบทความ การนำเสนอจะเป็นเพียงการแสดงผลในส่วนของ Circuit Summary บน Command Window เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมทั้งสอง

```
- Circuit Summary -
Year = 0
Hour = 0
Max pu. voltage = 1.056
Min pu. voltage = 0.96083
Total Active Power:   3.56721 MW
Total Reactive Power: 1.73659 Mvar
Total Active Losses:   0.112409 MW, (3.151 %)
Total Reactive Losses: 0.327912 Mvar
Frequency = 60 Hz
Mode = Snap
Control Mode = STATIC
Load Model = PowerFlow
>>
```

รูปที่ 6 การแสดงผล Summary จาก MATLAB M file

ในการแสดงผล Command Window ดังรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลจากการทำงานของโมเดล ซึ่งประกอบไปด้วย แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด-สูงสุด(ในระบบเปอร์ยูนิต) กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าต้านกลับ กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสีย กำลังไฟฟ้าต้านกลับสูญเสีย ความถี่ของระบบ โหมดของการคำนวณ โหมดของการควบคุม และโมเดลโหลด

ในปัจจุบันโปรแกรม OpenDSS เนื่องด้วยความสามารถในการวิเคราะห์ระบบจัดจำหน่ายไฟฟ้า จึงมีการใช้งานในด้านการวิเคราะห์ต่างๆอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ในระบบจัดจำหน่ายแบบสามเฟสไม่สมดุล[6] การวิเคราะห์ความผิดพลาดของระบบจัดจำหน่าย[7] การวิเคราะห์แหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจัดจำหน่าย[8] การวิเคราะห์ระบบจัดจำหน่ายในภาวะของโหลดในขนาดและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน[9] การวิเคราะห์ผลกระทบของการเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจัดจำหน่าย[3] เป็นต้น ซึ่งการนำโปรแกรม OpenDSS มาใช้งานข้างต้นแสดงให้เห็นถึงขีดความสามารถต่างๆที่จะนำโปรแกรมมาใช้ในการพัฒนาหรือวิเคราะห์ในทางวิศวกรรมต่อไป

5. แนวทางการพัฒนาในอนาคต

การใช้งานโปรแกรม OpenDSS สำหรับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องมีการออกแบบระบบไฟฟ้า กำหนดตัวแปร และการเขียนภาษาตามโครงสร้างของตัวโปรแกรม ในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าผ่าน OpenDSS ค่อนข้างมีความยืดหยุ่นในแง่ของการวิเคราะห์หาคำตอบของปัญหา ซึ่งในตัวโปรแกรมสามารถทำได้ แต่ก็มีความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม เนื่องจากไม่สามารถรันทีละสเต็ปได้ เป็นผลทำให้การเข้าถึงจุดผิดพลาดในการเขียนทำได้ไม่ดีพอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้โปรแกรมอื่นๆที่สามารถเขียนได้ง่ายกว่าเช่น การเขียน M file ใน Matlab เข้ามามีส่วนช่วยในการประมวลผลเพื่อให้ผลลัพธ์เป็นไปตามที่ต้องการ และเข้าถึงจุดผิดพลาดได้ดีที่สุด

6. บทสรุป

จากตัวอย่างเบื้องต้นในการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม OpenDSS กับ MATLAB M file แสดงให้เห็นถึงขีดความสามารถที่จะนำโปรแกรมทั้งสองมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างโมเดลจำลองการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าและเชื่อมต่อไปยังโปรแกรมอื่นๆ เพื่อวิเคราะห์ถึงเสถียรภาพการทำงาน อีกทั้งยังรวมไปถึงการใช้ความสามารถที่จะนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในงานวิเคราะห์และวางแผนในอนาคตต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่สนับสนุนการทำวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Yang Hong, Gengfeng Li, Chenlin Gu, Fangdi Zeng, Shiyu Liu (2016). Researches on the Optimization Model and Strategies against Low Voltage in Power Distribution Network.

[2] IEEE-PES Power & Energy Society (2000-2010). IEEE-PES. Distribution Test Feeders.

[3] Song NIE, Xiao-peng FU, Peng LI (2012). Analysis of the Impact of DG on Distribution Network Reconfiguration Using OpenDSS.

[4] Roger C. Dugan, Davis Montenegro (2018). Reference Guide the Open Distribution System Simulator™ (OpenDSS), Electric Power Research Institute.

[5] Vaidyanath Ramachandran, Dr. Sarika Khushalani Solanki, Ph.D. Chair, Solanki (2011). Modeling of Utility Distribution Feeder in OpenDSS and Steady State Impact analysis of Distributed Generation. Master of Science in Electrical Engineering, West Virginia University.

[6] Gabriel Fraga Torrezan, Mário Oleskovicz, e André Luís da Silva Pessoa (2018). Analysis of Voltage Unbalance in a Distribution System via OpenDSS Software, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, SP.

[7] Jose Cordova, M. Omar Faruque (2015). Fault Location Identification in Smart Distribution Networks with Distributed Generation, Department of Electrical & Computer Engineering Center for Advanced Power Systems (CAPS) Florida State University (FSU) , Tallahassee, FL, USA.

[8] Adarsh Nagarajan, Raja Ayyanar (2014) . Dynamic Analysis of Distribution Systems with High Penetration of PV Generators using Differential Algebraic Equations in OpenDSS, Department of Electrical Engineering Arizona State University.

[9] D. Montenegro, J. Gonzalez, R. Dugan (2017). Multi-rate Control Mode for Maintaining Fidelity in Quasi-Static-Time-Simulations, Power Delivery and Utilization EPRI Knoxville, U. S. A

แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับตรวจจับอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์

Smartphone Application for Drowsiness Detection during Driving

เกตุกาญจน์ ไชยขันธ์*, พรภัสสร อ่อนเกิด, ปัณณทัต เก่งสาคร และ อติชาติ สาลีพิมพ์

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*ผู้ติดต่อ: kedkarnc@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 086-812-9127, เบอร์โทรสาร 0-4423-3073

บทคัดย่อ

อาการง่วงนอนในขณะขับรถยนต์เป็นอีกหนึ่งสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน การกระพริบตาที่ผิดปกติจึงเป็นอาการที่สำคัญในการบ่งบอกถึงอาการง่วงนอนของผู้ขับรถ แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับตรวจจับอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนสำหรับการตรวจสอบอาการง่วงนอนของผู้ขับรถยนต์และพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แอพพลิเคชันนี้มีส่วนประกอบหลักในการทำงานสองส่วนคือ ส่วนตรวจจับใบหน้า และส่วนตรวจจับการกระพริบตา โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ สำหรับส่วนตรวจจับใบหน้าใช้วิธีการของ ฮาร์ไลค์ฟีเจอร์ และทำการจำแนกใบหน้าโดยใช้วิธีการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง ในส่วนของการตรวจจับการกระพริบตานั้นใช้วิธีหาตำแหน่งของดวงตาโดยฮัฟทรานส์ฟอร์ม โดยจะทำการตรวจจับการกระพริบตา เมื่อมีการตรวจจับว่ามีการกระพริบตาที่ผิดปกติ ระบบจะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียง ซึ่งจะดึงดูดความสนใจของผู้ขับรถ การทดสอบทำโดยการติดตั้งสมาร์ทโฟนในหลากหลายมุมในรถยนต์ และมุมของการติดตั้งสมาร์ทโฟนที่เหมาะสมคือ 60, 75 และ 90 องศา ซึ่งได้ผลการทดลองที่มีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 93.99

คำหลัก: การตรวจจับอาการง่วงนอน, การตรวจจับดวงตา, การจำแนกใบหน้า, ฮัฟทรานส์ฟอร์ม

Abstract

Drowsy driving is the major cause of traffic accident. Eyes blinking are considered as important evidence of driver drowsiness. We developed smartphone application for drowsiness detection on Android**.** In this application, a portable smartphone for monitoring a driver's drowsiness is used. The proposed system consists of two main parts that detect face and eyes blinking based on image processing. In face detection part we used Harr-like feature and Adaboost cascade classifier to classified driver's face. For eyes blinking detection part, this system detected and classified the eyes blinking. The abnormal blinking detection is used to trigger and audio/visual alarm system which draws the driver's attention back. In our experimental results, the system was bench tested on several angles of camera position, the suitable angles are 60, 75 and 90 degree. This system was detected and classified successfully for above subjects. The average accuracy for this system is around 93.99%.

Keywords: Drowsiness Detection, Eyes Detection, Face Detection, Hough Transform

1. บทนำ

ปัจจุบันอุบัติเหตุจากการขับรถยนต์มีจำนวนมากขึ้นทุกวัน [1] สาเหตุหลักประการหนึ่งเกิดจากความง่วงนอนและเกิดอาการหลับในของผู้ขับรถ ดังนั้นการมีเทคโนโลยีเพื่อช่วยในการตรวจจับอาการง่วงนอนและแจ้งเตือนผู้ขับรถยนต์ให้ทราบขณะขับรถยนต์ จึงมีส่วนช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้ ความง่วงมีผลต่อสมรรถภาพในการขับรถยนต์ ซึ่งทำให้ประสาทสัมผัสทุกอย่างช้าลง ส่งผลทำให้การตัดสินใจผิดพลาด ดังนั้นเมื่ออยู่ในสภาวะคับขันจึงอาจทำให้ตัดสินใจเหยียบเบรก หรือหักรถหลบหลีกได้ช้ากว่าปกติ การที่จะตรวจว่าผู้ขับง่วงนั้นเป็นเรื่องที่กระทำได้ค่อนข้างยาก จึงต้องอาศัยการทดสอบในห้องปฏิบัติการนอนหลับ หรือจะต้องใช้เครื่องมือวัดพิเศษเกี่ยวกับการวัดคลื่นสมองเท่านั้น [2] ซึ่งไม่สะดวกในการนำมาใช้งานกับผู้ที่กำลังขับรถยนต์

ดังนั้นผู้จัดทำจึงมีแนวความคิดในการพัฒนาระบบตรวจจับการอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์บนสมาร์ทโฟน หลักการทำงานของโปรแกรมจะใช้การประมวลผลภาพ ซึ่งจะนำข้อมูลภาพดิจิตอลจากกล้องที่ติดมากับสมาร์ทโฟนมาทำการประมวลผลภาพ ด้วยการตรวจจับและติดตามลักษณะต่าง ๆ ของดวงตา เมื่อเจอดวงตาและบริเวณเปลือกตาที่มีการเคลื่อนที่ผิดปกติและลักษณะรูปทรงของดวงตาที่บ่งบอกว่าผิดปกติ แสดงว่าเริ่มมีอาการง่วง และถ้าตรวจจับต่อเนื่องไปแล้วถ้ายังพบว่าลักษณะของดวงตายังมีการเคลื่อนที่ผิดปกติและลักษณะรูปทรงที่ผิดปกติอยู่ ก็จะทำการแจ้งเตือนผู้ขับรถที่กำลังมีอาการง่วงอยู่นั้นด้วยเสียง จนกว่าลักษณะของดวงตาเข้าสู่ภาวะลืมตาตามปกติ

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจจับอาการง่วงนอนของผู้ขับรถยนต์ได้มีนักวิจัยที่ใช้วิธีตรวจจับอาการง่วงนอนที่แตกต่างกันไป เช่น การนำซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) มาใช้ในการจำแนกสถานะของการกระพริบตาและการหาว [3] หรือบางงานวิจัยมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการจำแนก [4] ซึ่งผลในการจำแนกมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งยังมีการนำเอชเอ็มเอ็ม (Hidden Markov Model: HMM) [5] มาจำแนกอาการง่วงนอนโดยใช้ลักษณะสำคัญของ Haar-like Feature โดยพิจารณาจากการกระพริบตาและการหาวเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีการใช้อุปกรณ์หรือเซนเซอร์ในการวัดและวิเคราะห์คลื่นความถี่และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Variability: HRV) โดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในการจำแนก [6] แต่วิธีนี้อาจไม่สะดวกเนื่องจากผู้ขับรถยนต์จำเป็นต้องสวมใส่อุปกรณ์ที่แขนอยู่ตลอดเวลา

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการตรวจจับอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์ประกอบด้วย การตรวจจับใบหน้าและดวงตาด้วยวิธีของ Viola-Jones และการค้นหาวงกลมโดยวิธีฮัฟทรานส์ฟอร์ม

2.1 การตรวจจับใบหน้าและดวงตาด้วยวิธีของ Viola-Jones

วิธีการตรวจจับใบหน้าและดวงตาของ Viola-Jones [7] เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในด้านความแม่นยำและเวลาในการประมวลผล นิยมใช้ตรวจจับและค้นหาใบหน้าในรูปภาพแบบเวลาจริง (Real-time Face Detector) วิธีนี้ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการแปลงภาพอินพุท (Input Image) ไปเป็นภาพอินทิกรัล (Integral Image) ขั้นตอนที่สองจะเป็นการใช้ Haar-like Features ในการจำลองรูปแบบและดึงลักษณะสำคัญของใบหน้า ขั้นตอนที่สามใช้หลักการเรียนรู้รูปแบบด้วยวิธี Adaboost เพื่อกำจัด Features ที่ไม่สำคัญออกไป และขั้นตอนสุดท้ายใช้การรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง (Cascade Classifier) ในการจำแนก

ภาพอินทิกรัลคือการคำนวณผลรวมความเข้มสีของพิกเซลใด ๆ ที่อยู่เหนือมุมด้านซ้ายของพิกเซลปัจจุบันสามารถทำได้โดยการคำนวณตามสมการที่ (1)

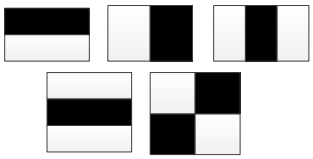
$$ii(x,y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} i(x',y') \qquad (1)$$

เมื่อ $ii(x,y)$ คือ ค่าของภาพอินทิกรัลที่ตำแหน่ง (x,y)

$i(x',y')$ คือ ค่าความเข้มสีในตำแหน่ง (x,y) ของภาพต้นฉบับ

การจำลองรูปแบบ Haar-like Feature จะเป็นการนำตัวกรอง (Filter) ที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมหลากหลายแบบ และแบ่งเป็นส่วน ๆ คือสีขาวและสีดำ ดังแสดงในรูปที่ 1 ตัวกรองเหล่านี้จะทำการคอนโวลูชัน

(Convolution) และทำการคำนวณหาค่าความต่างระหว่างพื้นที่ส่วนสีดำและสีขาว โดยอาจเรียกว่าตัวจำแนกแบบอ่อน (Weak Classifier) ดังแสดงในสมการที่ (2)



รูปที่ 1 ตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haar-like

$$f(x) = \text{Sum}_{(\text{Black area})} - \text{Sum}_{(\text{White area})} \quad (2)$$

เมื่อ $\text{Sum}_{(\text{Black area})}$ คือ ผลรวมของภาพอินทิกรัล นบริเวณพื้นที่สีดำ

$\text{Sum}_{(\text{White area})}$ คือ ผลรวมของภาพอินทิกรัล ในบริเวณพื้นที่สีขาว

x คือ ภาพอินทิกรัล

Adaboost เป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องที่ช่วยในการหา Features ที่เหมาะสมที่สุดจาก Features ที่มีจำนวนมาก โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละรอบของการคำนวณเพื่อสร้างตัวจำแนกแบบแข็งแรง (Strong Classfier) Adaboost สร้างตัวจำแนกแบบแข็งแรงโดยใช้ค่าของตัวจำแนกแบบอ่อนที่นำมารวมกันแบบลิเนียร์ (Linear) ดังแสดงในสมการที่ (3)

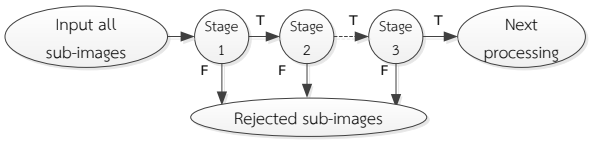
$$F(x) = \alpha_1 f_1(x) + \alpha_2 f_2(x) + \alpha_3 3(x) + \cdots. \quad (3)$$

เมื่อ $F(x)$ คือ ตัวจำแนกแบบแข็งแรง

α คือ ค่าน้ำหนักของตัวจำแนกแบบอ่อน

$f_i(x)$ คือ ตัวจำแนกแบบอ่อน

การรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียงเป็นวิธีการจำแนกรูปร่างที่ต้องการโดยนำมาทำซ้ำหลาย ๆ รอบ (Stage) โดยแต่ละรอบจะตัดพื้นที่ที่เป็นภาพที่ไม่ต้องการออกไปทุกรอบ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการก็จะได้รูปร่างที่ต้องการค้นหา โดยขบวนการนี้จะต้องกระทำกับภาพอินทิกรัล รูปที่ 2 แสดงการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง



รูปที่ 2 การรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง

2.3. การค้นหาวงกลมโดยวิธีฮัฟทรานส์ฟอร์ม (Hough Circle Transform)

สำหรับขั้นตอนการค้นหาวงกลมในภาพโดยใช้วิธีฮัฟทรานส์ฟอร์ม [8] เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจหาวัตถุที่มีวงกลมในภาพ การค้นหารูปร่างวงกลมในภาพจะต้องคำนวณหาบริเวณของวงกลมที่ปรากฏในภาพโดยใช้สมการที่ 4 ดังนี้

$$Xc = r + x\cos\theta$$
$$Yc = r + y\sin\theta \quad (4)$$

เมื่อ Xc, Yc คือ พิกัดจุดศูนย์กลางของวงกลม

x, y คือ จุดใด ๆ ที่ประกอบเป็นเส้นรอบวง

r คือ รัศมีวงกลม

ขั้นตอนในการค้นหาวงกลมในภาพมีดังนี้

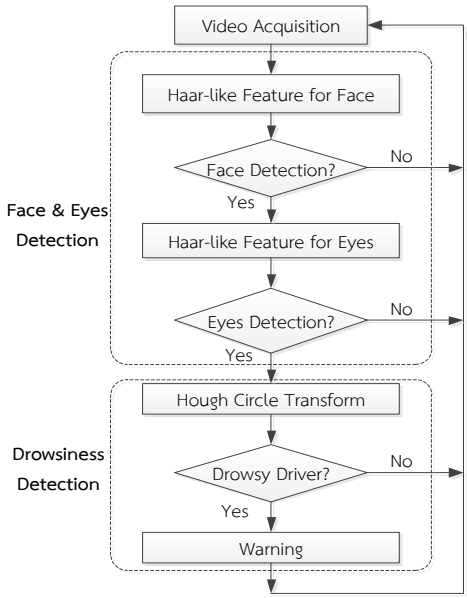
1) สร้าง แอคคิวมูเลเตอร์อาร์เรย์ (Accumulator Array) Arr_Voate[Xc,Yc,r] เพื่อใช้ในการเก็บผลคะแนนจากค่าที่คำนวณได้ในสมการที่ (4)

2) หาขอบภาพโดยใช้วิธีแคนนี (Canny Edge Detector) และแทนค่าพิกัดเฉพาะเส้นที่เป็นขอบภาพทำการคำนวณและโหวตค่าที่ได้จากสมการที่ (4) ที่ตำแหน่ง Xc, Yc, r ในแอคคิวมูเลเตอร์อาร์เรย์ Arr_Vote[Xc, Yc, r]

3) พิกัด Xc, Yc, r พิกัดใดมีคะแนนโหวตมากที่สุดถือว่าพิกัดนั้นเป็นคำตอบของพิกัดจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลม ในกรณีมีวงกลมหลายวงในภาพ สามารถหาได้จากการระบุพิกัด Xc, Yc, r ที่มีคะแนนโหวตรองลงมา

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับกรอบแนวคิดของระบบแสดงดังรูปที่ 3 นั้นมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้ คือ การใช้วิธีของ Viola-Jones ในการจำแนกใบหน้าและดวงตา หลังจากนั้นจะเป็นการตรวจจับอาการง่วงนอนของผู้ขับรถยนต์ที่มีการหลับตาเกินกว่าช่วงเวลาที่กำหนด โดยวิธีฮัฟทรานส์ฟอร์ม



รูปที่ 3 กรอบแนวคิดของระบบ

3.1 การตรวจจับใบหน้าและดวงตา

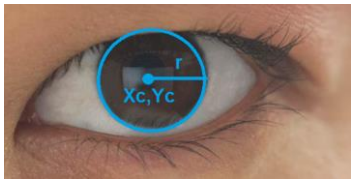
การตรวจจับใบหน้าและดวงตาจะใช้วิธีการของ Viola-Jones ในการดึงลักษณะสำคัญของใบหน้าด้วย Haar-like Feature แล้วใช้วิธีการจำแนกบริเวณใบหน้าด้วย Adaboost และการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง จากรูปที่ 4 แสดงถึงตัวอย่างในการค้นหาใบหน้าและดวงตาโดยใช้การจำลองรูปแบบ Haar-like Feature



รูปที่ 4 ตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haar-like Feature

3.2 ตรวจสอบอาการง่วงนอนโดยฮัฟทรานส์ฟอร์ม

สำหรับการตรวจสอบอาการง่วงนอนโดยฮัฟทรานส์ฟอร์มนั้น หลังจากได้ภาพขอบของบริเวณดวงตามาแล้ว จะทำการตรวจหานัยน์ตาดำ ซึ่งนัยน์ตาดำของมนุษย์นั้นจะมีรูปร่างเป็นวงกลม ดังรูปที่ 5 แต่ถ้าหากผู้ขับรถยนต์มีการหลับตาเกิน 2 วินาที ระบบจะตรวจสอบไม่พบนัยน์ตาดำ และจะทำการแจ้งเตือนผู้ขับรถยนต์ด้วยเสียง เมื่อผู้ขับรถยนต์ลืมตาและระบบตรวจสอบเจอนัยน์ตาดำอีกครั้ง ระบบก็จะยกเลิกการแจ้งเตือน



รูปที่ 5 ตรวจจับเจอนัยน์ตาดำด้วยฮัฟทรานส์ฟอร์ม

4. ผลการทดลอง

ในการทดสอบการทำงานของแอพพลิเคชันตรวจจับอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์ผ่านสมาร์ทโฟน พัฒนาด้วยไลบรารีโอเพนซีวี (OpenCV) บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยจำลองสถานการณ์ขณะขับรถยนต์และจำลองการติดตั้งอุปกรณ์ในรถยนต์ โดยแสดงส่วนการแสดงผลเมื่อแอพพลิเคชันทำงาน เช่น ทดสอบการตรวจจับใบหน้าและการกระพริบตา ทดสอบติดตั้งโทรศัพท์ที่มุมองศาต่างกัน และทดสอบในสภาพแสงที่ต่างกันภายในรถยนต์

4.1 ทดสอบการตรวจจับใบหน้าและการกระพริบตา

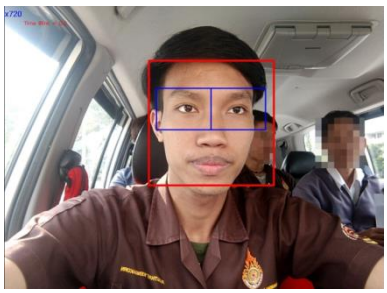
สำหรับแอพพลิเคชันนี้ได้ทำการทดสอบกับบุคคลจำนวน 5 คน โดยทดสอบการตรวจจับดวงตาทั้งเพศชายและเพศหญิงที่มีขนาดของดวงตาที่แตกต่างกัน เช่น บุคคลที่มีดวงตาใหญ่และบุคคลที่มีดวงตาเล็ก และนอกจากนั้นยังได้ทำการทดสอบการตรวจจับดวงตาเฉพาะคนขับรถยนต์และไม่ตรวจจับดวงตาของผู้โดยสารคนอื่น รูปที่ 6 แสดงการทดสอบการตรวจจับดวงตาของบุคคลทั้ง 5 คน



รูปที่ 6 ภาพตัวอย่างการทดสอบกับบุคคล 5 คน

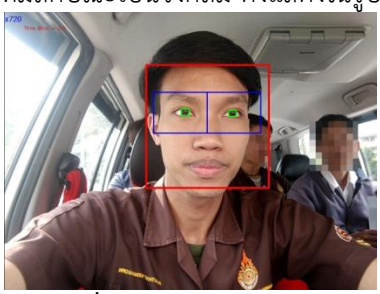
จากรูปที่ 7 แอพพลิเคชันจะแสดงกรอบสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่เมื่อมีการตรวจพบใบหน้าในภาพ การตรวจจับใบหน้านี้จะตรวจจับเฉพาะใบหน้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่ง

เป็นใบหน้าของผู้ขับรถยนต์ที่อยู่ใกล้กล้องที่สุด ส่วนใบหน้าของผู้โดยสารคนอื่น ๆ จะไม่ตรวจจับ สำหรับกรอบสี่เหลี่ยมขนาดเล็กแสดงขอบเขตของบริเวณดวงตาโดยประมาณเพื่อลดเวลาในการตรวจหาบริเวณดวงตาจริง ๆ ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 7 ตรวจพบใบหน้าและตีกรอบบริเวณใบหน้า

เมื่อตรวจเจอบริเวณใบหน้าและตีกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อประมาณการบริเวณดวงตาแล้ว แอพพลิเคชันจะทำการค้นหาบริเวณดวงตาที่แท้จริง ซึ่งหลังจากเจอบริเวณดวงตาแล้วก็จะใช้วิธีฮัฟทรานส์ฟอร์มเพื่อทำการค้นหานัยน์ตาดำที่มีลักษณะเป็นวงกลม ดังแสดงในรูปที่ 8

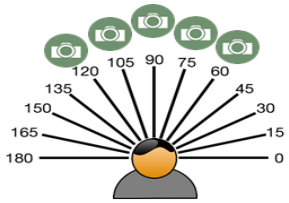


รูปที่ 8 ตรวจพบนัยน์ตาดำ

หากแอพพลิเคชันตรวจไม่พบนัยน์ตาดำเป็นเวลาเกินกว่า 2 วินาที จะมีเสียงแจ้งเตือนเพื่อดึงดูดความสนใจให้ผู้ขับรถกลับมามีสติในการขับรถต่อไป

4.2 ทดสอบการติดตั้งโทรศัพท์มือถือที่มุมองศาต่างกัน

การทดสอบจะทำการติดตั้งโทรศัพท์มือถือโดยมีระยะห่างจากใบหน้าผู้ทดสอบเป็นระยะประมาณ 60 – 70 เซนติเมตร ในตำแหน่งที่มีองศาแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตำแหน่งของโทรศัพท์ที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับการทดสอบองศาในการติดตั้งมีวัตถุประสงค์คือในแต่ละมุมการติดตั้งจะเห็นนัยน์ตาดำชัดเจนหรือไม่ เนื่องจากแอพพลิชันจะใช้วิธีการตรวจจับนัยน์ตาดำเป็นหลัก การทดสอบจะทำการติดตั้งโทรศัพท์มือถือยึดกับกระจกหน้ารถยนต์โดยมีระยะห่างระหว่างใบหน้าผู้ทดสอบกับกล้องหน้าโทรศัพท์เป็นระยะประมาณ 60 – 70 เซนติเมตร ทำการทดสอบทั้งหมด 5 องศา โดยมีมุมองศาแตกต่างกันไปคือ 60, 75, 90, 105 และ 120 องศา จากตารางที่ 1 นั้นแสดงผลการทดสอบและพบว่ามุมองศาที่เหมาะสมและมีความแม่นยำสูงในการตรวจจับอาการง่วงนอนคือ 60 , 75 และ 90 องศา เนื่องจากมุมดังกล่าวกล้องวิดีโอของสมาร์ทโฟนสามารถจับภาพนัยน์ตาดำได้อย่างชัดเจนที่สุด โดยได้ความแม่นยำเป็นร้อยละ 92.90, 94.02 และ 95.05 ตามลำดับ หากคิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยรวมแล้วจะเป็นร้อยละ 94.00

ตารางที่ 1 ค่าความแม่นยำในองศาที่แตกต่างกัน

องศา	ระยะห่างของกล้อง (ซม.)	ความแม่นยำ (ค่าเฉลี่ย)
60°	60-70	92.90 %
75°	60-70	94.02 %
90°	60-70	95.05 %

4.2 ทดสอบในสภาพแสงที่ต่างกัน

การทดสอบจะทำการทดสอบในสภาพแสงต่าง ๆ โดยมีการวัดหน่วยความสว่างหรือความเข้มแสงเป็น Lux ได้แก่ 3-10, 11-50, 51-80, 81-300 และ 301-500 Lux จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าหากมีแสงสว่างในรถยนต์ไม่เพียงพอหรือแสงสว่างจ้ามากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพการตรวจจับการง่วงนอนของแอพพลิชันมีค่าค่อนข้างต่ำ และค่าความสว่างที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพคือค่าความสว่างระหว่าง 81-300 Lux

ตารางที่ 2 ค่าความแม่นยำในสภาพแสงที่ต่างกัน

ค่าความสว่าง (Lux)	ความแม่นยำ (ค่าเฉลี่ย)
3 – 10	60.84 %
11 – 50	75.06 %
51 – 80	86.67 %
81 - 300	96.35 %
301 - 500	82.90 %

5. สรุปผลการทดลอง

แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับตรวจจับอาการง่วงนอนขณะขับรถยนต์โดยใช้การประมวลผลภาพร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง จากการทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แอพพลิเคชันสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแอพพลิเคชันจะทำการแจ้งเตือนเมื่อไม่สามารถตรวจเจอนัยน์ตาดำนานเกิน 2 วินาที สำหรับการทดสอบการติดตั้งโทรศัพท์มือถือในระยะองศาที่ต่างกันพบว่า มุมองศา 90 องศาเป็นมุมที่เหมาะสมและได้ความแม่นยำเฉลี่ยถึงร้อยละ 95.05 และการทดสอบในสภาพแสงที่ต่างกันพบว่าภายในรถยนต์ที่มีแสงสว่างที่เหมาะสมระหว่าง 81 – 300 Lux แอพพลิเคชันมีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 96.35

สำหรับปัญหาที่เจอในระหว่างการทดสอบ พบว่าการประมวลผลภาพต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอและเหมาะสมหากแสงสว่างมีค่าน้อยไปหรือมีความจ้าของแสงมากเกินไปซึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอก อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าและดวงตาของผู้ขับรถยนต์ได้ ดังนั้นผู้จัดทำจึงมีแนวทางการพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับแสงสว่างให้เหมาะสม โดยมีการปรับลดหรือเพิ่มแสงสว่างของภาพ โดยอาจใช้วิธีการปรับค่าความสว่างของภาพอัตโนมัติ (Histogram Equalization) หรือนำวิธีการอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.thairsc.com/, เข้าดูเมื่อวันที่ 27/07/2561.

[2] เครื่องตรวจจับความง่วงด้วยคลื่นสมอง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=45616&Key=news11, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/06/2561.

[3] Liang Y., Reyes M. L. and Lee J. D. (2007). Real-time Detection of Driver Cognitive Distraction using Support Vector Machines, IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, vol. 8, June 2007, pp. 340 – 350.

[4] Coetzer R. C. and Hancke G. P. (2011). Eye Detection for a Real-time Vehicle Driver Fatigue Monitoring System, paper presented in *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2011*, Baden-Baden, Germany.

[5] Oliver N. and Pentland A. P. (2002). Graphical Models for Driver Behavior Recognition in a SmartCar, paper presented in *IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000*, Dearborn, MI, USA.

[6] Sahayadhas A., Sundaraj K. and Murugappan M. (2012). Detecting Driver Drowsiness Based on Sensors: A Review, *Sensors*, vol. 12, December 2012, pp. 16937 – 16953.

[7] Viola P., Jones M. (2004). Robust Real-time Face Detection, *International Journal of Computer Vision*, vol. 57, May 2004, pp. 137 – 154.

[8] Rhody H., Chester F. Carlson Center for Imaging Science, Rochester Institute of Technology (2005). Hough Circle Transform, URL: https://www.cis.rit.edu/class/simg782/lectures/lecture_10/lec782_05_10.pdf, access on 16/06/2018.

การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบแถบความถี่สูงชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์จำกัดด้วย FPGA

High Bandwidth Finite Impulse Response Filter Design and Implementation using FPGA

กฤษณะพงศ์ พันธ์ศรี เอกพล ขันสาลี

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
ผู้ติดต่อ: mrkpuntsri@gmail.com, 043-336371

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบวงจรกรองความถี่ด้วย อุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ (Field programmable gate array: FPGA) เพื่อสร้างวงจรกรองความถี่ชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์จำกัด (Finite impulse response: FIR)โดยมีวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกรองและจำลองการทำงานด้วย Matlab/Simulink บทความนี้จะพิจารณาการออกแบบวงจรกรองความถี่ 3 แบบ คือวงจรกรองต่ำผ่าน (Low-pass filter: LPF) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High-pass filter: HPF) และวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band-pass filter: BPF) พิจารณาที่ช่วงความถี่ตัด (Cutoff frequency) ที่ 5 MHz โดยการใช้โครงสร้างของการออกแบบที่มีอัตราขยายของฟังก์ชั่นลำดับที่ 24 (24 Oders) สำหรับการทดสอบการทำงานใช้บอร์ด FPGA จากผลการทดลองผลการสร้างวงจรจริงด้วย FPGA มีความสอดคล้องกันกับผลการจำลองการทำงานบนโปรแกรม Matlab กันเป็นอย่างดี และผลการทดลองจริงของอัตราการลดทอนมีผลลัพธ์ตรงตามที่ออกแบบไว้

คำหลัก: วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน, วงจรกรองความถี่สูงผ่าน, วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน, วงจรกรองความถี่ชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์จำกัด

Abstract

This paper presents the design of filter circuits with field programmable gate array (FPGA). The filter is designed to support finite impulse response (FIR) with the method of filter coefficients and simulated with Simulink on Matlab program. This article will consider three types of filter design frequency filter, low-pass filter, high-pass filter and band-pass filter. The filter is designed to have 5 MHz of the cutoff frequency. The structure of the design with gain of function 24 orders is used. The proposed filter circuit is implemented on the FPGA, where the implemented and the simulation results provide a similarly filter gain. Additionally, the attenuation of the implemented filter circuit is also closed to the designed results.

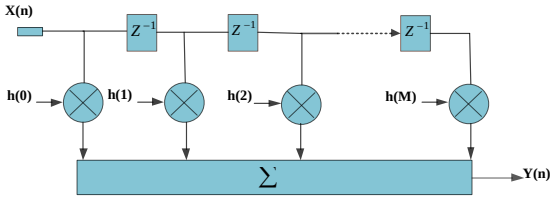
Keywords: Low-pass filter, High-pass filter, Band-pass filter, Finite impulse respons

1. บทนำ

วิทยุคลื่นสั้น (Short wave) คือ คลื่นความถี่วิทยุที่มีความถี่ระหว่าง 3-30 MHz ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีใกล้เคียงกันกับการแพร่กระจายคลื่นวิทยุชนิดการมอดูเลตทางแอมปลิจูด (Amplitude modulation : AM) การมอดูเลตทางแอมปลิจูดคือการเปลี่ยนแอมปลิจูดของคลื่นพาห์ให้เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณข้อมูล แต่ความถี่ของคลื่นพาห์ยังคงเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง [1] และวิทยุคลื่นสั้นทำการส่งสัญญาณโดยใช้ชั้นบรรยากาศของโลกเป็นตัวสะท้อนกลับลงมายังพื้นดินมาหาเครื่องรับทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ไกลมาก โดยระยะทางในการส่งสัญญาณจะขึ้นอยู่กับกำลังส่งของสถานี วิทยุคลื่นสั้นมีประโยชน์อย่างมากในการนำมาใช้งานในช่วงเวลาฉุกเฉิน เช่น ช่วงเวลาที่เกิดภัยวิบัติ เป็นต้น แต่คุณภาพเสียงไม่ดีนักทำให้วิทยุคลื่นสั้นจึงไม่เป็นที่นิยม [2] ดังนั้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพสัญญาณวิทยุคลื่นสั้นที่รับได้ให้มี

คุณภาพดีขึ้น วงจรกรองความถี่ (Filter) ได้ถูกพัฒนาขึ้นในบทความนี้ โดยมีความถี่ใช้งานใช่วงความถี่ 5 MHz

วงจรกรองความถี่เป็นวงจรพื้นฐานของระบบเครื่องมือวัด ระบบโทรคมนาคม และในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ซึ่งวงจรกรองความถี่จะทำหน้าที่ในการยอมให้ความถี่ที่กำหนดผ่านไปได้และลดทอนสัญญาณความถี่ที่นอกเหนือจากที่กำหนด ในการประยุกต์ใช้งานวงจรสามารถนำไปประยุกต์ได้หลายด้าน ซึ่งบางวงจรกรองความถี่สามารถกรองความถี่ได้หลายความถี่รวมในวงจรเดียว วงจรกรองความถี่นิยมใช้งานอยู่ 2 แบบ คือ วงจรกรองความถี่แบบอนาล็อก (Analog filter) และวงจรกรองความถี่แบบดิจิตอล (Digital filter) แบ่งตามคุณลักษณะของผลตอบสนองความถี่ ได้ 4 ชนิด คือ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass filter: LPF) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High-pass filter: HPF) วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band-pass filter: BPF) และวงจรกรองแถบความถี่หยุดผ่าน (Band-stop filter: BSF) การสร้างวงจรกรองความถี่ดิจิตอลด้วยอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ (Field programmable gate array: FPGA) นั้น เนื่องจาก FPGA เป็นชิพอเนกประสงค์ที่สามารถโปรแกรมให้มีหน้าที่การตามที่ต้องการ และโปรแกรมใหม่ได้ตลอดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงวงจร

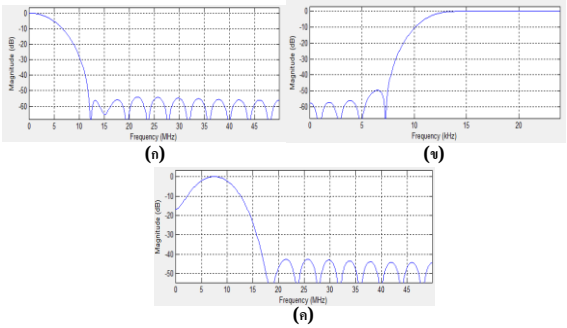


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมเบื่องต้นของวงจรกรองดิจิตอลแบบ FIR

สำหรับบทความนี้จะทำการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบFIR ที่มีคุณลักษณะของผลตอบสนองความถี่ 3 แบบตามที่กล่าวมาข้างต้น โดยที่วงจรกรองความถี่ที่ออกแบบนี้จะทดสอบการทำงานด้วยบอร์ด FPGA ตระกูล Xilinx Virtex-6 ML605 โดยใช้ Matlab/Simulink ในคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของวงจรกรอง และ ISE Design Suite ออกแบบวงจรกรองเพื่อโปรแกรมลงบน FPGA

2. วงจรกรองความถี่แบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำกัด

วงจรกรองดิจิตอลเป็นวงจรกรองที่ทำงานโดยการประมวลผลสัญญาณเชิงคณิตศาสตร์ โดยที่จะประมวลผลในโดเมนเวลาเพื่อแปลงผลตอบสนองทางความถี่ และปรับเปลี่ยนทั้งขนาดและเฟสของสัญญาณอินพุต (Input) ที่เข้ามา วงจรกรองสัญญาณแบบอนาล็อกทำงานบนสัญญาณที่มีความต่อเนื่อง ส่วนวงจรกรองสัญญาณแบบดิจิตอลจะมีกระบวนการลำดับของสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องกัน วงจรกรองความถี่แบบดิจิตอลจะแบ่งตามผลตอบสนองอิมพัลส์ของระบบ มี 2 แบบ คือ ผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด (Finite impulse response: FIR) ที่มีลักษณะเด่นคือมีผลตอบสนองทางเฟสแบบเชิงเส้น (linear phase) มีความเสถียรภาพสูง สามารถออกแบบได้ง่ายไม่ยุ่งยาก และผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนไม่จำกัด (Infinite impulse response: IIR) จะมีจำนวนแท็ป (Taps) หรือโครงสร้างน้อยกว่าแบบ FIR แต่ในช่วงความถี่สูงวงจรกรองแบบ IIR จะออกแบบได้ยากและอาจมีสัญญาณรบกวนภายในช่องสัญญาณ [3] การคำนวณหาค่าเอาต์พุต (Output) วงจรกรองความถี่แบบ FIR สามารถกำหนดลักษณะของวงจรกรองดิจิตอลโดยการเขียนบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมจากรูปที่ 1 นี้เรียกว่าโครงสร้างตัวกรอง



รูปที่ 2 การตอบสนองเชิงขนาดของตัวกรอง: (ก) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (ข) วงจรกรองความถี่สูงผ่านและ (ค) วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน

สัญญาณทางกายภาพ จากบล็อกไดอะแกรม FIR filter [4] สามารถเขียนสมการได้ดังนี้ (1)

$$y(n) = h_0 x(n) + h_1 x(n-1) + h_2 x(n-2) + \cdots + h_{M-1} x(n-M+1)$$
$$= \sum_{k=0}^{M-1} h(k) x(n-k) \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) เป็นสมการคอนโวลูชันที่นำมาใช้กับ FIR filter ที่มี คือจำนวนแท็ปและมีค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละแท็ป อินพุต และเอาต์พุต วิธีที่ใช้คำนวณหาผลของเอาต์พุตจากวงจรกรองและมีลำดับอินพุตที่มีค่าปรวนแปร โดยลำดับจากซ้ายไปขวาบนวงจรกรองจะคำนวณเอาต์พุตใหม่ตามโครงสร้างนี้ องค์ประกอบการหน่วงเวลาเรียกว่า Delay เพียงแสดงให้เห็นว่าค่าตัวอย่างอินพุตจะถูกเก็บไว้ชั่วคราวระหว่างการคำนวณเอาต์พุต [5-6]

3. ออกแบบวงจรกรองความถี่ดิจิตอล

การออกแบบวงจรกรองดิจิตอลมีขั้นตอนการออกแบบอยู่สองขั้นตอนหลัก คือ หาค่าสัมประสิทธิ์ด้วย Matlab จากนั้น นำค่าที่ได้ไปออกแบบด้วย FPGA ต่อไป ดังที่จะกล่าวตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 หาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกรองด้วยโปรแกรม Matlab

สำหรับการออกแบบวงจงกรองดิจิตอลจะใช้แอพพลิเคชั่น (Application) ที่มีชื่อว่า Filter design and analysis (FDA) ซึ่งเป็นเครื่องมือ (Tool) ของโปรแกรม Matlab โดยจะช่วยให้เราสามารถออกแบบวงจรกรอง FIR ได้โดยง่ายไม่ซับซ้อน และยังสามารถนำไปใช้งานใน Simulink ได้ทันที เพื่อใช้สำหรับการจำลองผลที่เราออกแบบ จะกำหนดการออกแบบวงจรกรองที่มีผลตอบสนองเป็น 3 แบบ คือ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรกรองความถี่สูงผ่าน และวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน เลือกออกแบบเป็นแบบ FIR ใช้การออกแบบตัวกรองด้วยวิธีหน้าต่าง (Window method) อัตราขยายของฟังก์ชั่นลำดับที่ 24 (Order) เป็นตัวกำหนดผลของคุณสมบัติของตัวกรองที่สร้างจริง

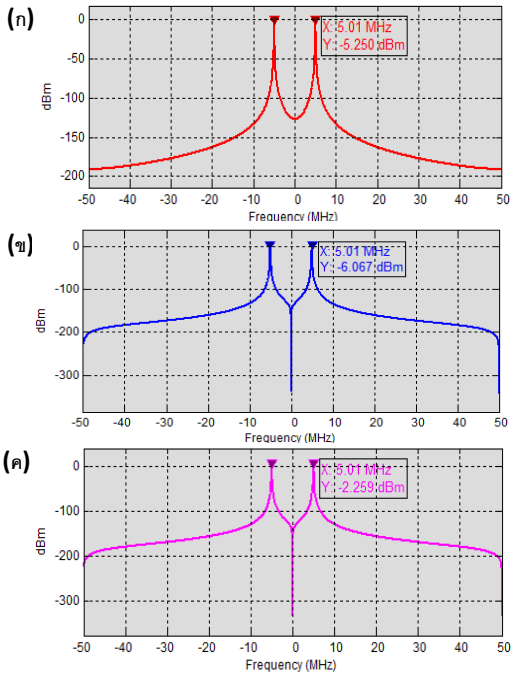
ความถี่ตัด (Cutoff Frequency) f_c = 5 MHz (วงจรกรองแถบความถี่ผ่านมีช่วงความถี่ผ่านระหว่าง 5-10 MHz) ความถี่สุ่ม (Sampling frequency)

f_s = 100 MHz มีการลดทอนสัญญาณที่ความถี่ตัด – 6 dB

3.2 จำลองการทำงานของตัวกรองด้วย Simulink

วงจรกรองแบบ FIR จะมีโครงสร้างภายในที่ประกอบไปด้วย วงจรหน่วงเวลา วงจรบวก และค่าสัมประสิทธิ์ และวงจรคูณ ซึ่งคุณสมบัติของ FIR จะถูกกำหนดด้วย ค่าของสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 1

จากผลการจำลองการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่ออกแบบพบว่าเมื่อป้อนอินพุตที่ความถี่ 5 MHz ผ่านตัวกรองวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรกรองความถี่สูงผ่าน จะพบว่ากำลังงานจากอินพุตที่ออกมา 0 dBm เมื่อผ่านวงจรกรองกำลังงานจะถูกลดทอนลง ทำให้เอาต์พุตออกมาอยู่ประมาณ -6 dBm และวงจรกรองแถบความถี่ผ่านในช่วงความถี่ 5 MHz มีเอาต์พุตประมาณ -3 dBm และช่วงความถี่ 10 MHz มีเอาต์พุตประมาณ –3 dBm แสดงว่าวงจรกรองทั้ง 3 แบบมีการลดทอนของสัญญาณลงไป 6 dB ดังแสดงในรูปที่ 3



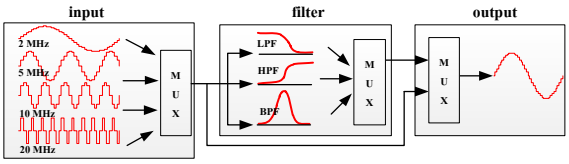
รูปที่ 3 ผลการจำลองที่ความถี่ 5 MHz: (ก) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (ข) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน และ (ค) วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่อป้อนอินพุตที่มากกว่าความถี่ตัด กำลังงานก็จะถูกลดทอนลง ตรงข้ามกันกับตัวกรองความถี่สูงผ่าน ถ้าหากอินพุตต่ำกว่าความถี่ตัดกำลัง

จะถูกลดทอนลง และตัวกรองแถบความถี่ผ่านเมื่ออินพุตมีความถี่นอกเหนือจากความถี่ตัดก็จะถูกลดทอนลงเช่นกัน

3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ FPGA

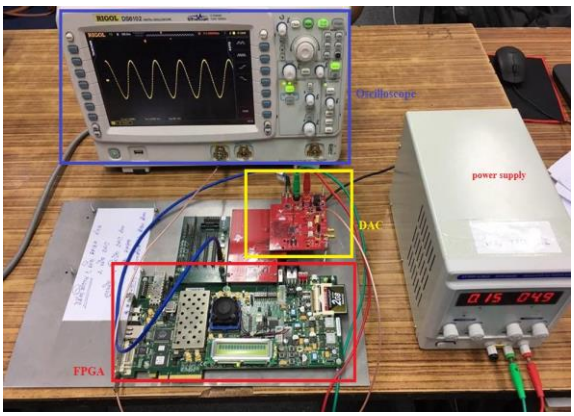
จากรูปที่ 4 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ อินพุต วงจรกรอง และเอาต์พุต จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานจะกำหนดให้อินพุตมีความถี่ทั้งหมด 4 ความถี่ สำหรับทดลองการทำงานของตัวกรอง คือ 2 MHz, 5 MHz, 10 MHz และ 20 MHz โดยการมัลติเพล็กซ์ (Multiplexer: MUX) เป็นการเลือกสัญญาณอินพุตที่ต่อไปยังวงจรกรองทั้งสามแบบพร้อมกันคือวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรกรองความถี่สูงผ่าน และวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน เอาต์พุตที่ได้จากวงจรกรองทั้ง 3 แบบจะถูกมัลติเพล็กซ์เพื่อเลือกเอาต์พุตที่ผ่านตัวกรองตัวใดตัวหนึ่งที่จะนำมาแสดงผล



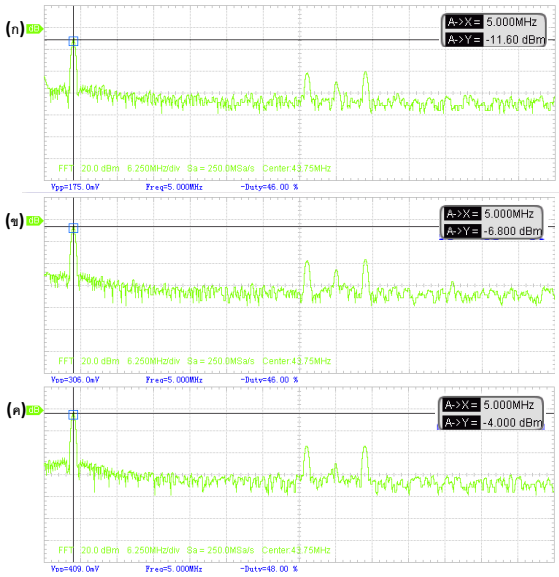
รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน FPGA

4. ผลการทดลอง

จากการออกแบบตัวกรองทั้ง 3 แบบ ที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 3.1-3.3 เป็นวงจรกรองความถี่ขนาด 18 บิต และหาค่าสัมประสิทธิ์จากโปรแกรม Matlab ที่มีอัตราขยายของฟังก์ชั่นลำดับที่ 24 เพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ลงบนแต่ละแท็ปของวงจรกรองความถี่บน FPGA ประมวลผลโดยใช้ Xilinx Virtex-6 ML605 สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้ จากรูปที่ 5 อุปกรณ์สำหรับทดสอบการทำงานจะประกอบไปด้วย บอร์ด FPGA สำหรับโปรแกรมวงจรกรองความถี่ที่เราออกแบบ บอร์ด DAC (Digital-to-analog converter) เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ได้จาก FPGA โดยสัญญาณอินพุตที่ออกจาก DAC จะมีกำลังงานอยู่ที่ -2.8 dBm และออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ใช้แสดงผลจากเอาต์พุตจากรูปที่ 6 จากการป้อนอินพุตที่มีความถี่ 5 MHz ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรกรองความถี่สูงผ่าน มีการลดทอนกำลังงานลงอยู่ที่ -8.8 dB และ -4 dB ตามลำดับ และกำลังงานอินพุตที่ผ่านวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน ในช่วงความถี่ 5 MHz และ 10 MHz อยู่ที่ -1.2 dB และ -4 dB ตามลำดับ ตารางที่ 1 แสดงกำลังงานจากเอาต์พุตเมื่อผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรกรองความถี่สูงผ่าน และวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน เปรียบเทียบระหว่างการจำลองของ Matlab/Simulink และการทดสอบบนบอร์ด FPGA



รูปที่ 5 บอร์ด FPGA ใช้ทดสอบวงจรกรองความถี่



รูปที่ 6 ความถี่ 5 MHz ผ่านวงจรกรอง 3 แบบ: (ก) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (ข) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน และ (ค) วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลระหว่าง Matlab และ FPGA

ความถี่อินพุต	อัตราการลดทอน (dB)					
	ผลจากการจำลองของ MATLAB			ผลจากการทดสอบบน FPGA		
	LPF	HPF	BPF	LPF	HPF	BPF
2 MHz	-0.787	-15.879	-11	-0.8	-12	-8.4
5 MHz	-5.25	-6.067	-2.259	-8.8	-4	-1.2
10 MHz	-27.382	-0.36	-2.143	-11.2	-2	-4
20 MHz	-64.531	-0.017	-47.297	-19.2	-1.2	-16.4

5 สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบวงจรกรองความถี่ดิจิตอลแบบ FIR เพื่อออกแบบและสร้างวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรกรองความถี่สูงผ่าน วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน โดยวงจรกรองความถี่ทั้ง 3 แบบจะรวมอยู่ในวงจรเดียว ด้วยการสร้างวงจรใช้งานจริงบน FPGA ที่ความถี่ตัด 5 MHz วงจรที่พัฒนาขึ้นมีค่าการลดทอนที่ความถี่ตัดเท่ากับ -8.8 dB -4 dB และ -1.2 dB สำหรับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรกรองความถี่สูงผ่านและวงจรกรองแถบความถี่ผ่านตามลำดับ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] -วินดอทคอม. การกระจายสัญญาณวิทยุคลื่นสั้น SW. สืบค้นจาก: http://www.one-2-win.com/radio_tech_02.htm [10 พฤศจิกายน 2559]

[2] jazzylemon. Shortwave radio. สืบค้นจาก: https://jazzylj.logspot.com/2012/06/shortwave-radio.html[10 พฤศจิกายน 2559]

[3] A. Paul, T. Z. Khan, P. Podder, M. M. Hasan and T. Ahmed, (2015). Reconfigurable architecture design of FIR and IIR in FPGA. *Proceeding of 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN).* Noida, 2015, pp. 958-963.

[4] M. Kadam, K. Sawarkar and S. Mande, (2015). Investigation of suitable DSP architecture for efficient FPGA implementation of FIR filter. *Proceeding of International Conference on Communication, Information & Computing Technology (ICCICT)*, Mumbai, pp. 1-4.

[5] Richard G. Lyons. (2010). Understanding Digital Signal Processing Third Edition. United States: Edwards Brothers.

[6] John G. Proakis, Dimitriourths G. Manolakis. (2007). Digital Signal Processing F Edition. United States: Pearson Prentice Hall.

[7] ชำนาญ ปัญญาใส, และวัชรากร หนูทอง. (2547). ภาษา VHDL สำหรับการออกแบบวงจรดิจิตอล. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

การพัฒนาสายอากาศ 2 ย่านความถี่ สำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบไมโม

The Development of Dual-Band Antenna for Applying MIMO Systems

ประสิทธิ์ ภูมิภาค[1,*] อภิญญา อินทร์นอก[1] วัชรพล นาคทอง[1] และอำนวย เรืองวารี[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000
*E-mail: prasit.pu@rmuti.ac.th
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
E-mail: amnoiy.r@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

สายอากาศช่องเปิดรูปตัวไอ สำหรับการประยุกต์ใช้งานย่านความถี่ 2.45 GHz และ 5.2 GHz ระบบไมโม โดยใช้เทคนิคการเซาะร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ตัวสายอากาศร่วมกับเทคนิคการเพิ่มสตับปรับจูนวงแหวนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นำสายอากาศต้นแบบมาจัดวางแบบ 1x4 ที่ระยะห่าง $\lambda/2$ เพื่อใช้ในการปรับจูนอิมพีแดนซ์ให้ได้ 50Ω โดยสายอากาศจำลองผลบนแผ่นวงจรพิมพ์ (FR4) ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) เท่ากับ 4.3 มีขนาด 200x40 มม.^{2} การศึกษาคุณสมบัติและพารามิเตอรของสายอากาศไดจากการจำลองแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติที่สำคัญต่างๆ และให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด จากการจำลองแบบที่นำเสนอสามารถใช้งานได้ครอบคลุมช่วงย่านความถี่ โดยมีค่าแบนด์วิดท์ความถี่ต่ำที่ 2.28-2.63 GHz และความถี่สูงที่ 4.90-5.54 GHz มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน (S_{21}) ต่ำกว่า -15 dB มีค่าอัตราการขยายเฉลี่ย 2.46 dBi และ 2.59 dBi ตามลำดับ และแบบรูปการแผ่พลังงานมีลักษณะรอบทิศทาง

คำหลัก: ช่องเปิดเซาะร่อง, การเพิ่มสตับ, สายอากาศช่องเปิดรูปตัวไอ

Abstract

The slot antenna I-shaped for Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) systems by applying frequency band of 2.45 GHz and 5.2 GHz used the rectangular slot etching technique at antenna along with the stub tuning rectangular ring. The prototype antenna arranges 1x4 at a distance of $\lambda/2$ to adjust the impedance 50 Ω. The prototype antenna was fabricated on FR4 printed circuit broad (PCB) with the dielectric value of 4.3 with size of 200x40 mm^2. The study of the antenna properties and parameters were accomplished by using computer program (simulations) for analyzing important characteristics and structural optimizations. From the simulation results, it was found that the antenna the proposed range can be used to cover the frequency range. It has bandwidth of low frequency at 2.28-2.63 GHz and high frequency at 4.90-5.54 GHz. The reflection coefficient (S_{21}) less than -15 dB. The average gain of 2.46 dBi and 2.59 dBi, respectively and radiation pattern of proposed antenna is Omni-directional.

Keywords: Slot etching, Adding Stub, I-Shaped slot antenna

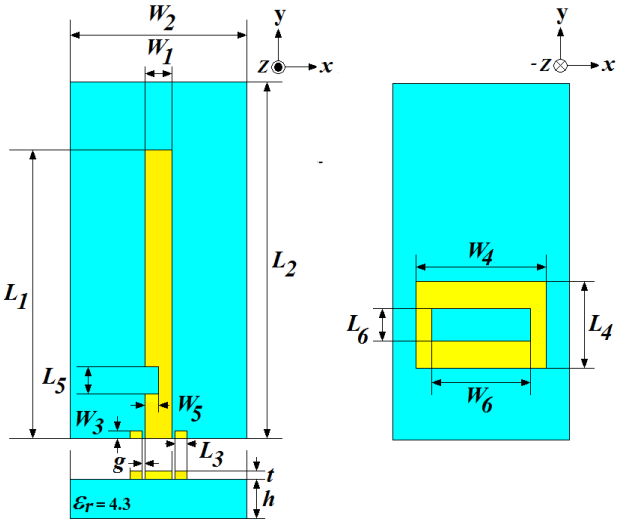
1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN: WLAN) จากมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g/n มีแนวโน้มของผู้ใช้งานเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้เกิดปัญหาในการรับส่งข้อมูลข่าวสารมีความล่าช้า การออกแบบสายอากาศในการรับส่งข้อมูลระบบสื่อสารไร้สายคือตัวแปรที่สำคัญมาก ทำให้มีนักวิจัยพยายามคิดค้นสายอากาศต้นแบบประเภทต่างๆ มาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น การสร้างสายอากาศ [1] ชนิดต่าง ๆ หลายชนิดไม่ว่าจะเป็นสายอากาศขั้วคู่ (Dipole Antennas) สายอากาศขั้วเดี่ยว (Monopole Antennas) หรือสายอากาศไมโครสตริป (Micro strip Antennas) ออกมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการใช้งานกับระบบสื่อสารแบบไร้สายที่ความถี่ต่างๆ ในหลายรูปแบบ และที่สำคัญคือสายอากาศสมัยใหม่ต้องมีขนาดกะทัดรัด โดยการนำสายอากาศมาปรับรูปร่างให้ต่างจากโครงสร้างพื้นฐานทั่วไป เช่น นำสายอากาศโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ทำงานได้เพียงย่านความถี่เดียว มาใช้เทคนิคการปรับลดขนาดระนาบกราวด์ การเพิ่มสตับปรับจูนหรือการเซาะร่องตัวสายอากาศ เจาะรูที่ตัวสายอากาศ ระนาบกราวด์ และเพิ่มท่อนำคลื่น เป็นต้น ซึ่งมีข้อดีคือช่วยให้อุปกรณ์สายอากาศสามารถทำงานมากกว่า 1 ย่านความถี่ และช่วยเพิ่มอัตราขยายให้กับสายอากาศ เพื่อใช้ในพื้นที่แนวยาวเช่น ถนน ทางเดิน ที่จอดรถทั่วไป เป็นต้น แต่ที่กล่าวมาก็มีข้อเสียคือ โครงสร้างสายอากาศจะมีรูปแบบที่ซับซ้อน ทำให้นำไปสร้างสายอากาศค่อนข้างยุ่งยาก หรือถ้าสร้างออกมาไม่ตรงกับแบบจริงก็อาจจะไม่รองรับช่วงความถี่ที่ต้องการก็เป็นได้ ซึ่งจากข้อดีและข้อเสียดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษาโครงสร้างสายอากาศโมโนโพลช่องเปิดแบบระนาบร่วม [2] ใช้เทคนิคการเพิ่มสตับปรับจูนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า [3] และการเซาะร่องรูปตัวไอที่ตัวสายอากาศ [4],[5],[6] เพื่อเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ให้กว้างขึ้น โดยการออกแบบโครงสร้างในงานวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นได้ของการใช้เทคนิค และนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบ WLAN และนำไปติดตั้งตามพื้นที่ต่างๆ ที่ต้องการ

2. การออกแบบและการจำลองแบบสายอากาศ

2.1 โครงสร้างของสายอากาศ

การออกแบบโครงสายอากาศแบบโมโนโพลรูปตัวไอ [2] โดยออกแบบเริ่มต้นที่ความถี่ 2.45 GHz มาสร้างเป็นสายอากาศขนาด 20 x 40 มม.^{2} เพื่อเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ให้กว้างขึ้น โดยการทำการปรับจูนระนาบกราวด์ที่ $0.156\lambda < Wg < 0.5\lambda$ ทำให้ช่วงความถี่ใช้งานที่ 2.45 GHz ตอบสนองได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 1(ก) ร่วมกับเทคนิคการเพิ่มสตับปรับจูนรูปวงแหวนสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ด้านหลังของสายอากาศ ดังรูปที่ 1(ข) โครงสร้างสายอากาศสร้างด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ FR4 แผ่นวงจรพิมพ์มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) เท่ากับ 4.3 ความหนาของวัสดุฐาน รอง (h) เท่ากับ 0.764 มม. และความหนาของแผ่นทองแดง (t) เท่ากับ 0.017 มม. แสดงดังรูปที่ 1 จากการจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุดแสดงดังตารางที่ 1



(ก) ด้านหน้า (ข) ด้านหลัง

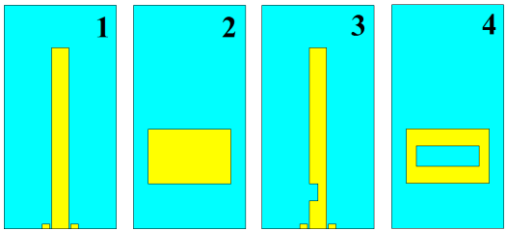
รูปที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศที่มีการปรับจูนต้นแบบ

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ

ขนาดความกว้าง		ขนาดความยาว	
ตัวแปร	ขนาด (มม.)	ตัวแปร	ขนาด (มม.)
W_1	3	L_1	31.70
W_2	20	L_2	40
W_3	3.2	L_3	1
W_4	14.4	L_4	8
W_5	1.5	L_5	3
W_6	12	L_6	4
g	0.35	t	0.017
-	-	h	0.764

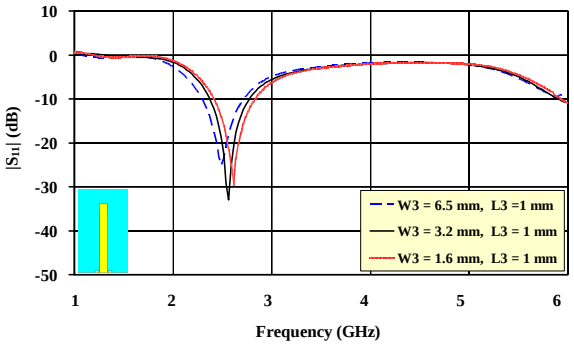
2.2 ผลการจำลองแบบของสายอากาศ

จากโครงสร้างสายอากาศรูปที่ 1 นำมาวิเคราะห์ผลด้วยค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S_{11}) โดยเริ่มจากโครงสร้างสายอากาศรูปตัวไอ ทำการปรับจูนระนาบกราวด์ ดังรูปที่ 2(1) และใช้สตับปรับจูนที่ด้านหลังของสายอากาศ ดังรูปที่ 2(2) ทำการเซาะร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ตัวสายอากาศรูปตัวไอ ดังรูปที่ 2(3) และสุดท้ายทำการเซาะร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เป็นสตับปรับจูนด้านหลัง ดังรูปที่ 2(4) พบว่าการปรับจูนสายอากาศต้นแบบมีผลต่อค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S_{11}) แสดงรูปในส่วนถัดไป



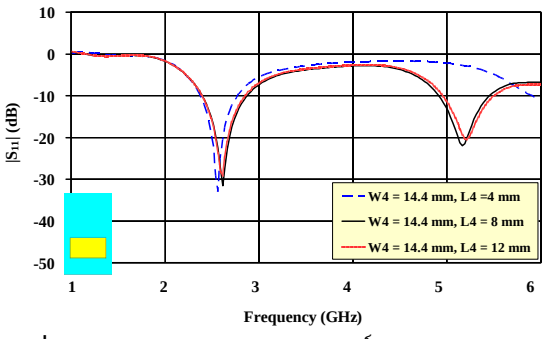
รูปที่ 2 รูปแบบสายอากาศปรับจูนทั้ง 4 ขั้นตอน

จากรูปที่ 2 (1) ทำการปรับจูนระนาบกราวด์ทั้ง 2 ด้าน พบว่าทำให้ได้ช่วงความถี่ใช้งาน 1 ย่าน ซึ่งมีการปรับค่าพารามิเตอร์ค่าความยาว L_3 มีค่าคงที่ไว้ที่ 1 มม. และค่าความกว้าง W_3 โดยเลือกปรับขนาดตั้งแต่ 1.6, 3.2 และ 6.5 มม. พบว่าค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับต่ำกว่า -10 dB มี 1 ช่วง คือ ความถี่ 2.45 GHz (2.38- 3.80 GHz) แสดงดังรูปที่ 3 โดยมีค่าพารามิเตอร์จากการปรับจูนคือ มีค่าความยาว L_3 เท่ากับ 1 มม. และค่าความกว้าง W_3 เท่ากับ 3.2 มม. แต่ช่วงความถี่ใช้งานยังไม่ตอบสนองตามมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g/n คือ ช่วงความถี่ 2.45 GHz และ 5.2 GHz ตามที่ต้องการ จึงทำการปรับจูนต่อในขั้นตอนต่อไป



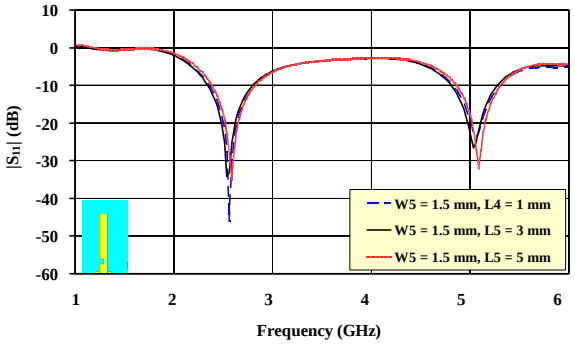
รูปที่ 3 ผลการจำลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ เมื่อปรับ W_3 และ L_3

ขั้นตอนต่อไปทำการใช้สตับปรับจูนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านหลังของตัวสายอากาศ [3] จากรูปที่ 2(2) พบว่าทำให้ได้ช่วงความถี่ใช้งาน 2 ย่าน ซึ่งมีการปรับค่าพารามิเตอร์ค่าความกว้าง W_4 มีค่าคงที่ไว้ที่ 14.4 มม. และค่าความยาว L_4 โดยเลือกปรับขนาดตั้งแต่ 4, 8 และ 12 มม. พบว่าค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับต่ำกว่า -10 dB มี 2 ช่วง คือ ความถี่ต่ำ (2.39 - 2.86 GHz) และค่าความถี่สูง (4.72 - 5.46 GHz) แสดงดังรูปที่ 4 โดยมีค่าพารามิเตอร์จากการปรับจูนคือ มีค่าความกว้าง W_4 เท่ากับ 14.4 มม. และค่าความยาว L_4 เท่ากับ 8 มม. แต่ช่วงความถี่ใช้งานยังไม่ตอบสนองตามระบบ IEEE 802.11 a/b/g/n คือ ช่วงความถี่ 2.45 GHz และ 5.2 GHz ตามที่ต้องการ จึงทำการปรับจูนต่อในขั้นตอนต่อไป



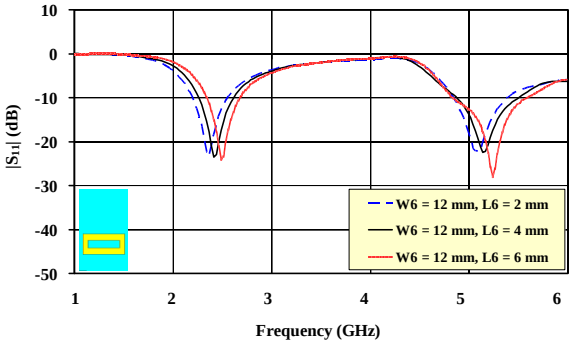
รูปที่ 4 ผลการจำลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ เมื่อปรับ W_4 และ L_4

ส่วนที่สาม จากรูปที่ 2(3) ทำการเซาะร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ตัวสายอากาศรูปตัวไอ พบว่าทำให้ได้ช่วงความถี่ใช้งาน 2 ย่าน ซึ่งมีการปรับค่าพารามิเตอร์ค่าความกว้าง W_5 มีค่าคงที่ไว้ที่ 1.5 มม. และค่าความยาว L_5 โดยเลือกปรับขนาดตั้งแต่ 1, 3 และ 5 มม. พบว่าค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับต่ำกว่า -10 dB มี 2 ช่วง คือ ความถี่ต่ำ (2.33 - 2.79 GHz) และค่าความถี่สูง (4.80 - 5.29 GHz) แสดงดังรูปที่ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์จากการปรับจูนคือ มีค่าความกว้าง W_5 เท่ากับ 1.5 มม. และค่าความยาว L_5 เท่ากับ 3 มม. แต่ช่วงความถี่ใช้งานยังไม่ตอบสนองตามมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g/n คือ ช่วงความถี่ 2.45 GHz และ 5.20 GHz จึงทำการปรับจูนต่อในขั้นตอนต่อไป



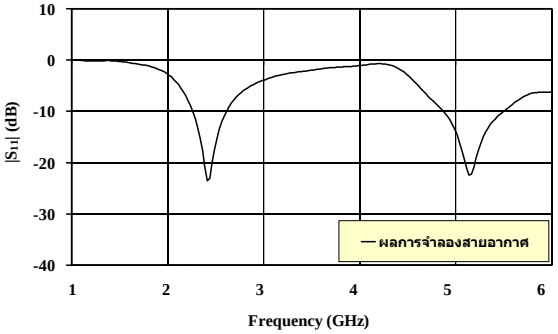
รูปที่ 5 ผลการจำลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ เมื่อปรับ W_5 และ L_5

ส่วนที่สุดท้าย จากรูปที่ 2(4) ทำการเซาะร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยใช้สตับปรับจูนเซาะร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านหลัง พบว่าทำให้ได้ช่วงความถี่ใช้งาน 2 ย่าน ซึ่งมีการปรับค่าพารามิเตอร์ค่าความกว้าง W_6 มีค่าคงที่ไว้ที่ 12 มม. และค่าความยาว L_6 โดยเลือกปรับขนาดตั้งแต่ 2, 4 และ 6 มม. พบว่าค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับต่ำกว่า -10 dB มี 2 ช่วง คือ ความถี่ต่ำ 14.25% (2.28 - 2.63 GHz) และค่าความถี่สูง 12.26% (4.90 - 5.54 GHz) แสดงดังรูปที่ 6 โดยมีค่าพารามิเตอร์จากการปรับจูนคือ มีค่าความกว้าง W_6 เท่ากับ 12 มม. และค่าความยาว L_6 เท่ากับ 4 มม. การปรับจูนครั้งนี้ได้ช่วงความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g/n คือ ช่วงความถี่ 2.45 GHz และ 5.20 GHz ตามที่ต้องการ

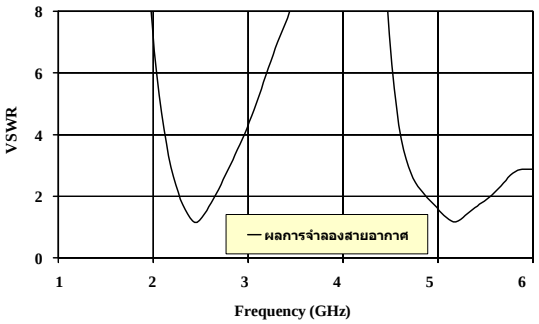


รูปที่ 6 ผลการจำลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ เมื่อปรับ W_6 และ L_6

จากการจำลองผลโครงสร้างสายอากาศพบว่าค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศต้นแบบมีช่วงความถี่ใช้งาน 2 ช่วงความถี่คือ ช่วงความถี่ต่ำ 2.45 GHz และช่วงความถี่สูง 5.20 GHz แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน (VSWR) มีผลสอดคล้องกัน แสดงดังรูปที่ 8 รวมถึงอัตราขยายในช่วงความถี่ต่ำ 2.45 GHz มีค่า 2.46 dBi และช่วงความถี่สูง 5.20 GHz มีค่า 2.59 dBi

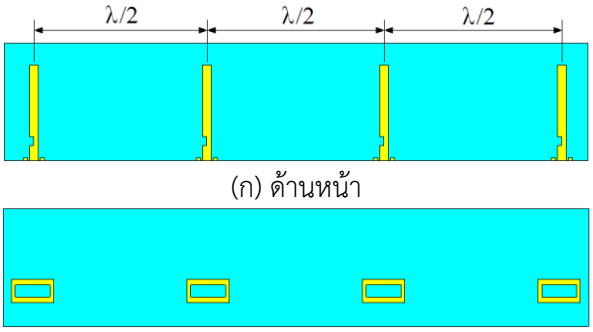


รูปที่ 7 ผลการจำลองค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศต้นแบบ



รูปที่ 8 ผลการจำลองแบบค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน (VSWR)

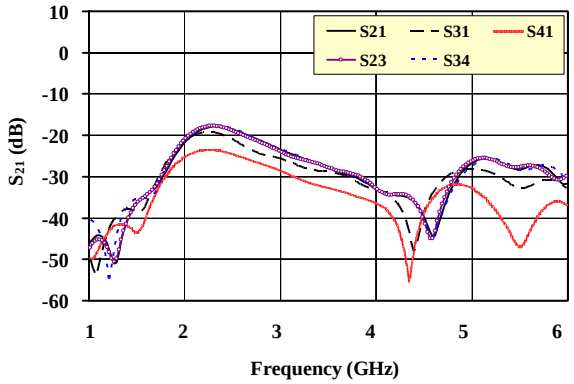
นำโครงสร้างสายอากาศต้นแบบมาปรับจูนให้ใช้งานในระบบไมโม [7] โดยใช้เทคนิคการจัดวางแบบ 1x4 โดยสายอากาศมีระยะห่างระหว่างสายอากาศ $\lambda/2 = 6\ cm.$ แสดงดังรูปที่ 9 มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน (S_{21}, S_{31}, S_{41}, S_{23}, S_{34}) ต่ำกว่า -15 dB ตามมาตรฐานที่ต้องการจริง ดังรูปที่ 10



(ก) ด้านหน้า

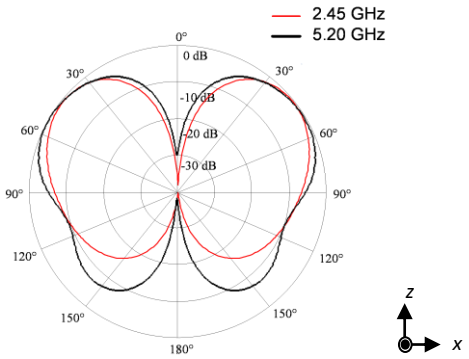
(ข) ด้านหลัง

รูปที่ 9 โครงสร้างของสายอากาศ

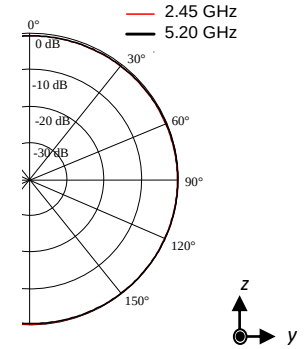


รูปที่ 10 ผลการจำลองค่า (S_{21}, S_{31}, S_{41}, S_{23}, S_{34})

ผลการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศต้นแบบที่ความถี่ใช้งานคือ 2.45 GHz และ 5.20 GHz พบว่าผลที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) มีลักษณะแบบสองทิศทาง ดังรูปที่ 11(a) และในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) มีลักษณะแบบรอบทิศทาง ดังรูปที่ 11(b)



(a) ระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane)



(b) ระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane)

รูปที่ 11 ผลการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานที่ความถี่ 2.45 GHz และ 5.20 GHz

3. สรุปผล

จากการออกแบบโครงสร้างสายอากาศโมโนโพลแบบระนาบร่วม เพื่อทำให้ตอบสนองต่อช่วงความถี่ 2.45 GHz และ 5.20 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยศึกษาร่วมกับการจำลองแบบใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ งานวิจัยได้ทำการออกแบบสายอากาศโมโนโพลรูปตัวไอ โดยออกแบบบนความถี่ 2.45 GHz ร่วมกับการใช้เทคนิคเพิ่มสตับวงแหวนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อให้ตอบสนองในช่วงความถี่ 5.20 GHz ผลการใช้เทคนิคดังกล่าวพบว่าค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ช่วงความถี่ใช้งานความถี่ต่ำ 2.45GHz (2.28-2.63 GHz) และค่าความถี่สูง 5.20 GHz (4.90-5.54 GHz) มีอัตราการขยาย 2.46 dBi และ 2.59 dBi ตามลำดับ นำโครงสร้างของสายอากาศมาจัดวางแบบ 1x4 ในระบบไมโม โดยระยะห่างของสายอากาศแต่ละต้นมีระยะห่าง $\lambda/2$ มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านต่ำกว่า -15 dB สายอากาศสามารถรองรับมาตรฐานการสื่อสารแบบไร้สาย IEEE 802.11 a/b/g/n

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรมจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] C.A. Balanis (1982). Antenna Theory, 2nd Edition, John Wiley & Son, New York

[2] K.Lakshmi Prasanna, B. Rama Rao, Dr.P.V. Sridevi “Design of CPW-Fed Monopole Antenna with L-shape and T-shape for WLAN/Wi-MAX Application” International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 12, December 2014.

[3] อำนวย เรืองวารี สาริน จันระมาด วัชรพล นาคทอง และปิยดนัย บุญไมตรี “การศึกษาการปรับโครงสร้างสายอากาศแบบโมโนโพลรูปปลั๊กไฟสำหรับการสื่อสารแบบไร้สาย” การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 (ECTI-CARD 2016), หัวหิน, ไทย, 27 - 29 ก.ค. 2559.

[4] M. W. Wang and B. P. Guo, “Multi-band CPW-fed planar monopole antenna with M-sheped strip for WLAN/ WiMAX,” Signal Processing, Communication and Computing (ICSPCC), pp.1 - 4, 2013.

[5] A. H. Haghparast and G. Dadashzadeh “A Dual Band Polygon Shaped CPW-Fed Planar Monopole Antenna with Circular Polarization and Isolation Enhancement for MIMO Applications,” 9th European Conference on Antennas and Propagation, 2015, pp.1 - 4, 13 - 17 April 2015.

[6] Z. A. Abd Aziz, M. K. Suaidi, A. Salleh, and H Nornikman“CPW-FED Compact Monopole Antenna for Dual-Band WLAN/WiMAX Applications,” International Conference on Computer, Communications and Control Technology, 2015, pp. 485 - 488, 21 - 23 April 2015.

[7] สุภาธิณี กรสิงห์ วัชรพล นาคทอง อภิญญา อินทร์นอก และอำนวย เรืองวารี “การศึกษาสายอากาศแถวลำดับ (4x1) แบบโมโนโพลรูปทรงแท่งสี่เหลี่ยมที่มีแผ่นสะท้อนบริเวณระนาบสร้างเงาสำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบไมโม” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (EENET-9), จันทบุรี, 2- 4 พ.ค. 2560

การเพิ่มประสิทธิภาพจำแนกข้อมูลสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยเทคนิคการเริ่มต้นใหม่

Improvement the Performance of Data Classification for Genetic Algorithm with Restarting Technique

กีระชาติ สุขสุทธิ์*, ชิติสรรค์ วิชิโต และ สนั่น จันทร์พรม

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: mikaiterng@gmail.com, 08-7961-9062

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการสร้างวิธีการชาญฉลาดโดยอาศัยหลักการทางการทำเหมืองข้อมูลเพื่อจำแนกภัยร้ายทางอินเทอร์เน็ต โดยวิธีการจำแนกที่ได้รับความนิยมคือการใช้อัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนร่วมกับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม แต่ปัญหาหลักของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม คือ บางครั้งผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้ไม่ใช่ชุดคำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากการสุ่มเลือกประชากรเริ่มต้นไม่ครอบคลุมชุดคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการปรับปรุงขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรมด้วยเทคนิคการเริ่มต้นใหม่ เพื่อสุ่มสร้างประชากรเริ่มต้นใหม่หากประชากรรุ่นใหม่ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมน้อยกว่าประชากรรุ่นเก่า โดยใช้ข้อมูลการบุกรุกเว็บไซต์ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากฟิชแทงค์ (Phishtank) เพื่อตรวจหาประเภทการบุกรุกเว็บไซต์ จากผลการทดลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้แม่นยำกว่าวิธีอื่น ๆ

คำหลัก: การทำเหมืองข้อมูล การจำแนกประเภทข้อมูล ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

Abstract

Currently we have the intelligence method based on data mining techniques to classify the internet phishing. The most one of data mining algorithm for classify the unseen data that is support vector machine with applying the optimization technique to find the optimal parameter. The genetic algorithm is the one of the algorithms to find the optimal parameter. But the problem of genetic algorithm is that sometime the genetic algorithm cannot find the best set of parameters because the random initial population process is not covering the best set of parameters. In this research we thus proposed the improvement of genetic algorithm with restarting technique for re-create the initial population, when the new generation show powerful less than the old population. We apply the proposed technique to classify the website phishing data were collected from Phishtank data archive. The results show that the proposed technique has been proven experimentally better than the other classification techniques.

Keywords: Data mining, Data classification, Genetic algorithm

1. บทนำ

ปัจจุบันการนำอินเทอร์เน็ตเข้ามาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ อาจจะมีภัยร้ายที่แฝงเข้ามาพร้อมกับการใช้งานอินเทอร์เน็ต เช่น มัลแวร์ ไวรัส หนอนโทรจัน หรือการแอบเก็บข้อมูลที่เป็นความลับส่วนบุคคลหรือรหัสผ่าน [1] เป็นต้น ซึ่งการแอบเก็บข้อมูลที่เป็นความลับส่วนบุคคลนั้น มักจะมาในรูปแบบของการส่งอีเมล์ที่ปลอมแปลงให้เหมือนกับอีเมล์ที่เป็นทางการของบริษัท ธนาคาร หรือหน่วยงานต่าง ๆ โดยเนื้อความในอีเมล์มักจะมีรูปแบบให้ปรับปรุงข้อมูลส่วนตัว หรือเปลี่ยนแปลงรหัสผ่านส่วนตัว โดยให้เข้าไปที่ลิงค์ตาม URL ที่ระบุ (URL ปลอมในการทำขึ้นมาเพื่อดักจับข้อมูลส่วนตัว หรือ

รหัสผ่าน) เมื่อผู้ใช้หรือเป้าหมายดำเนินการตามข้อแนะนำในอีเมล์ปลอมนั้น จะทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีสามารถเข้าถึงข้อมูลส่วนตัว หรือรหัสผ่านของผู้ใช้หรือเป้าหมายได้

โดยในปัจจุบันมีวิธีการชาญฉลาด (Intelligent Method) ในการเรียนรู้รูปแบบของภัยร้ายทางอินเทอร์เน็ตด้วยการประยุกต์นำเอาวิธีการทางเหมืองข้อมูลเข้ามาวิเคราะห์ และหารูปแบบทั่วไปของภัยร้ายทางอินเทอร์เน็ตโดยใช้ข้อมูลภัยร้ายทางอินเทอร์เน็ตที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วมาวิเคราะห์ เช่น การใช้อัลกอริทึมความน่าจะเป็นแบบเบย์ (Naïve Bayes) อัลกอริทึมจำนวนเพื่อนบ้านใกล้เคียง (k-Nearest Neighbor) อัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) อัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เป็นต้น

หลักการในการจำแนกประเภทข้อมูลของอัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียง [2] คือการใช้ความคล้ายคลึงกันมากที่สุดของเพื่อนบ้านจำนวน k ตัวรอบ ๆ จุดข้อมูลที่ต้องการจำแนกประเภท แล้วใช้ผลโหวตเสียงส่วนมากเพื่อจำแนกว่าข้อมูลนั้นควรจัดอยู่ในคลาสใด สำหรับอัลกอริทึมความน่าจะเป็นแบบเบย์ [3] จะใช้ความน่าจะเป็นในแต่ละคลาสเพื่อมาจำแนกประเภทข้อมูลที่ไม่ทราบคลาส ในส่วนของอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ [4] จะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยโดยใช้โครงสร้างคล้ายต้นไม้ ซึ่งโหนด (Node) ในต้นไม้หมายถึงแอททริบิวต์ที่ใช้ในการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยในแต่ละโหนด และโหนดใบ (Leaf Node) คือคลาสของข้อมูล สำหรับหลักการจำแนกประเภทข้อมูลของอัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน [5] คือการสร้างเส้นแบ่งที่เหมาะสม (Optimal Hyperplane) สำหรับจำแนกประเภทข้อมูลในแต่ละคลาสออกจากัน

นอกจากนี้อัลกอริทึมบางประเภทสามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับชุดข้อมูล ดังงานวิจัยของ Yin และคณะ [6] ซึ่งนำเทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่าย (Simple Genetic Algorithm) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม แต่ปัญหาหลักของการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่ายในการหาค่าที่เหมาะสมคือ บางครั้งค่าผลลัพธ์ที่ได้ไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนการสุ่มสร้างประชากรเริ่มต้น (เซตของค่าคำตอบที่เหมาะสม) ไม่ครอบคลุมเซตของประชากรที่เหมาะสมที่สุด

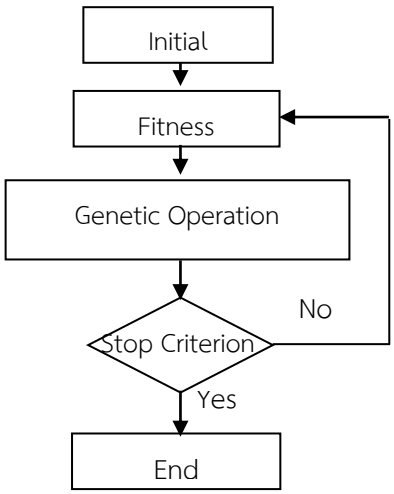
งานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการปรับปรุงขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยการใช้เทคนิคการเริ่มต้นใหม่ (Restarting Technique) เพื่อสุ่มสร้างประชากรเริ่มต้นใหม่เมื่อประชากรรุ่นใหม่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าประชากรรุ่นเก่า เรียกว่า “ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่ (Restarting Genetic Algorithm)” ซึ่งจะนำวิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม (C, Epsilon, Gamma) ในการจำแนกประเภทข้อมูลของอัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ ซึ่งประกอบไปด้วยหลักการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยอัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน มาตรวัดประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทข้อมูล

2.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม [7] มีพื้นฐานแนวคิดคือ ผู้ที่แข็งแกร่งกว่าย่อมมีโอกาสในการอยู่รอดมากกว่าผู้ที่อ่อนแอ และมีโอกาสที่จะถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่แข็งแกร่งเหล่านั้นไปยังรุ่นลูกหลานต่อไป ซึ่งขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยอาศัยการเลียนแบบวิวัฒนาการทางธรรมชาติ มีหลักการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม แสดงได้ดังรูปที่ 1



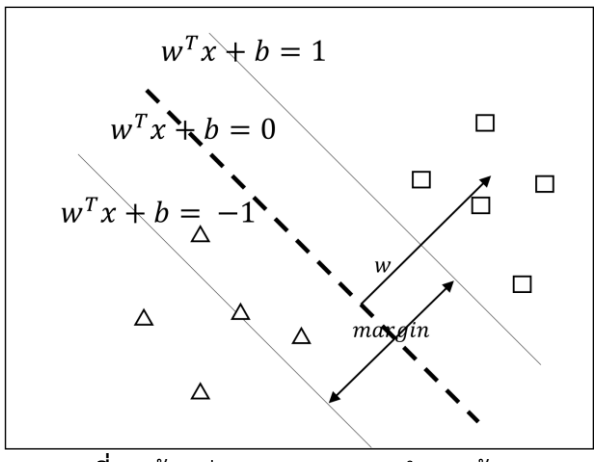
รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่าย

จากรูปที่ 1 สามารถอธิบายขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่ายได้ดังนี้ ขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นจะสุ่มสร้างประชากรจากกลุ่มข้อมูลที่มีอยู่ โดยจะ

สุ่มจำนวนประชากรให้ได้เท่ากับจำนวนประชากร (Population Size) ที่กำหนด หลังจากสุ่มประชากรเริ่มต้นแล้ว จะทำการคำนวณค่าความเหมาะสมของแต่ละประชากร เพื่อค้นหาประชากรที่มีความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อเป็นโครโมโซมตั้งต้นในการสืบทอดพันธุกรรม เมื่อได้โครโมโซมตั้งต้นแล้วจะดำเนินการทางขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งได้แก่ การคัดเลือก (Selection) การสลับสายพันธุ์ (Crossover) และทำการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยขั้นตอนการคัดเลือกจะทำการคัดเลือกโครโมโซมตั้งต้นที่มีความเหมาะสมสูงที่สุด ส่วนขั้นตอนการสลับสายพันธุ์จะทำการสลับสายพันธุ์ระหว่างโครโมโซมตั้งต้นเพื่อให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม หลังจากนั้นจะทำการกลายพันธุ์โครโมโซมเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงยีนภายในโครโมโซมที่มีอยู่เดิม หลังจากนั้นจะนำประชากรใหม่ที่ได้ไปแทนที่ประชากรรุ่นก่อนหน้า จนกระทั่งได้ประชากรที่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด

2.1 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine : SVM) [8] เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลในแต่ละคลาสที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากความสามารถในการจำแนกประเภทข้อมูลในแต่ละคลาสมีความแม่นยำสูง โดยหลักการสำคัญของอัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนคือการสร้างเส้นแบ่ง (Hyperplane) เพื่อแบ่งแยกประเภทข้อมูลออกจากกัน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เส้นแบ่ง (Hyperplane) จำแนกข้อมูล

จากรูปที่ 2 สามารถอธิบายการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยอัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนได้ดังนี้ เส้นแบ่งจะทำการแบ่งข้อมูลทั้งสองคลาสออกจากกันด้วยระยะห่างระหว่างข้อมูลทั้งสองคลาสมากที่สุด และมีเวกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก w (Weight Vector) เป็นตัวกำหนดทิศทางและความเอียงของไฮเปอร์เพลน ซึ่งเวกเตอร์ w จะตั้งฉากกับเส้นแบ่ง และข้อมูลจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ x ส่วน y จะเป็นตัวกำหนดว่าข้อมูลจุดนั้นจะเป็นคลาส 1 หรือคลาส -1 โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 1

$$w^T x + b \geq 1, when\ y_i = +1$$
$$w^T x + b \leq 1, when y_i = -1 \quad (1)$$

เมื่อ w คือเวกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก (Weight Vector)
b คือค่าไบแอส (Bias)

การหาค่าเวกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก สามารถหาได้จากความชันของเส้นแบ่งที่สร้างขึ้น นั่นคือ เวกเตอร์ถ่วงน้ำหนักคือเส้นที่ลากไปตั้งฉากกับเส้นแบ่ง และค่าไบแอสจะเป็นตัวกำหนดระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งกับจุดกำเนิด (Origin) เมื่อพิจารณาข้อมูล 2 มิติ โดยที่เส้นแบ่งเป็นเส้นตรง และกำหนดให้จุดทุกจุด $X = (X_1, X_2)^T$ จะได้สมการของเส้นแบ่ง ดังสมการที่ 2

$$h(x) = w^T x + b$$
$$h(x) = w_1 x_1 + w_2 x_2 + b = 0 \quad (2)$$
$$x_2 = -\frac{w_1}{w_2} x_1 - \frac{b}{w_2}$$

สำหรับพารามิเตอร์ที่นิยมปรับค่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับอัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ได้แก่ พารามิเตอร์ C, พารามิเตอร์ Epsilon และพารามิเตอร์ Gamma

พารามิเตอร์ C ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมค่าใช้จ่ายในการจำแนกข้อมูลผิดคลาสในชุดข้อมูลฝึกสอน หากค่าพารามิเตอร์ C มีค่าน้อยจะทำให้ความกว้างของขอบมีขนาดใหญ่ ทำให้โมเดลมีความยืดหยุ่นต่อข้อมูลในอนาคตสูง และหากค่าพารามิเตอร์ C มีค่ามากจะส่งผลให้ความ

กว้างของขอบมีขนาดเล็ก อาจจะทำให้เกิดปัญหา Over Fitting ได้

พารามิเตอร์ Epsilon ทำหน้าที่ควบคุมการเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูล โดยจะช่วยในการลู่เข้าหาค่าไฮเปอร์เพลนที่ดีที่สุดได้ดียิ่งขึ้น

พารามิเตอร์ Gamma เป็นพารามิเตอร์สำหรับ Kernel Radial Basis Function (RBF Kernel เป็น Kernel ที่ใช้จำแนกข้อมูลที่มีลักษณะไม่เชิงเส้น) โดยพารามิเตอร์ Gamma จะทำหน้าที่ควบคุมความโค้งของเส้นไฮเปอร์เพลน หากค่าพารามิเตอร์ Gamma มีค่าน้อย ส่งผลให้ความกว้างของขอบมีขนาดกว้างขึ้นทำให้มีความยืดหยุ่นในการจำแนกข้อมูลได้ แต่หากค่าพารามิเตอร์ Gamma มีค่าสูงจะส่งผลให้ความกว้างของขอบมีขนาดแคบทำให้อาจจะเกิดปัญหา Over Fitting ได้

2.3 มาตรวัดประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทข้อมูล

การประเมินประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทข้อมูล จะใช้มาตรวัดค่าความถูกต้อง (Accuracy) การคำนวณค่าความถูกต้องสามารถคำนวณได้จากเมตริกซ์วัดประสิทธิภาพดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เมตริกซ์วัดประสิทธิภาพ

		Prediction Data	
		Positive Class	Negative Class
Actual Data	Positive Class	TP	FN
	Negative Class	FP	TN

เมื่อ TP คือจำนวนข้อมูลที่โมเดลจำแนกเป็นคลาส Positive และคลาสจริงของข้อมูลคือคลาส Positive

TN คือจำนวนข้อมูลที่โมเดลจำแนกเป็นคลาส Negative และคลาสจริงของข้อมูลคือคลาส Negative

FN คือจำนวนข้อมูลที่โมเดลจำแนกเป็นคลาส Negative แต่คลาสจริงของข้อมูลคือคลาส Positive

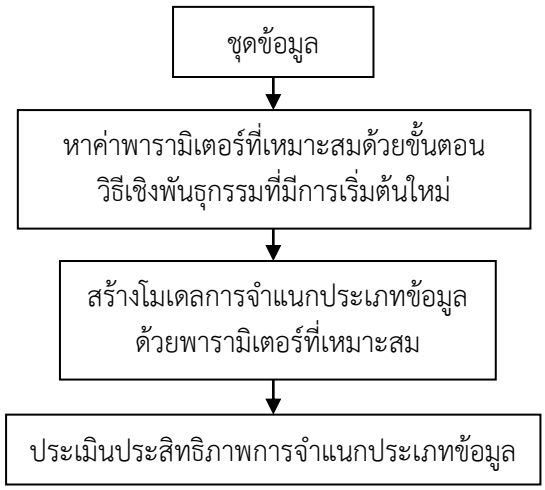
FP คือจำนวนข้อมูลที่โมเดลจำแนกเป็นคลาส Positive แต่คลาสจริงของข้อมูลคือคลาส Negative

ค่าความถูกต้องคือเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทข้อมูลโดยรวมของโมเดลจำแนกประเภทข้อมูล (ประเมินประสิทธิภาพการจำแนกจากการจำแนกประเภทข้อมูลในทุกคลาส) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$accuracy = \frac{(TP+TN)}{(TP+FP+FN+TN)} = \frac{(TP+TN)}{Total\ Data} \quad (3)$$

3. ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการ และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยการจำแนกประเภทข้อมูลผู้บุกรุกเว็ปไซต์ด้วยอัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนร่วมกับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่ แสดงดังรูปที่ 3

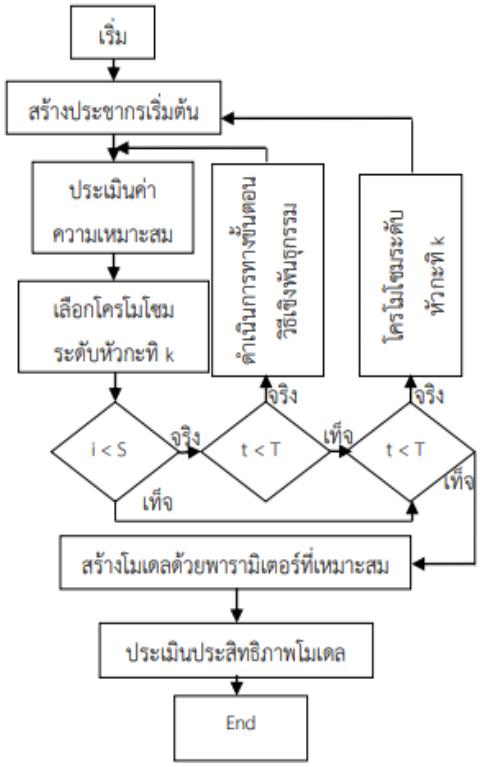


รูปที่ 3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

จากรูปที่ 3 สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังนี้ ใช้ชุดข้อมูลเรียนรู้เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่ หลังจากนั้นสร้างโมเดลจำแนกประเภทข้อมูลด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ทำการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยค่าความถูกต้องเป็นมาตรวัดประเมินประสิทธิภาพ

3.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่

สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่จะเป็นวิธีการตรวจสอบว่าโครโมโซมรุ่นใหม่ที่ได้จากการดำเนินการทางพันธุกรรมมีความเหมาะสมกว่าโครโมโซมรุ่นก่อนหน้าหรือไม่ โดยมีหลักการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่

จากรูปที่ 4 หลักการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่จะสุ่มสร้างประชากรเริ่มต้นตามจำนวนที่กำหนด หลังจากนั้นจะประเมินค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมด้วยการใช้ค่าความถูกต้องในการจำแนก เลือกโครโมโซมระดับหัวกะทิจำนวน k ตัว แล้วทำการดำเนินการทางสายพันธุ์จนกระทั่งได้ประชากรรุ่นใหม่ หากประชากรรุ่นใหม่มีค่าความเหมาะสมที่ด้อยกว่ารุ่นเก่าติดต่อกันจำนวน S รอบ นำประชากรระดับหัวกะทิจำนวน k ตัวไปสร้างเป็นประชากรเริ่มต้นใหม่ และดำเนินการซ้ำจนกระทั่งครบรอบที่กำหนด (T)

4 ผลการวิจัย

4.1 ชุดข้อมูล

สำหรับชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ จะใช้ข้อมูลการบุกรุกเว็บไซต์ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากฟิชแทงค์ (Phishtank) [9] โดยชุดข้อมูลประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวน 1,353 ข้อมูล มีจำนวนคุณลักษณะทั้งสิ้น 10 คุณลักษณะ แบ่งประเภทได้เป็น 3 ประเภทการบุกรุก ดังนี้ การบุกรุกประเภทฟิชชิ่ง (Phishing) พฤติกรรมที่อาจจะเป็นการบุกรุก (Suspicious) และการเข้าใช้งานในรูปแบบปกติ (Legitimate)

4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

สำหรับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่ จะต้องมีการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ที่สำคัญ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่

พารามิเตอร์	Min	Max
ความน่าจะเป็นการสลับสายพันธุ์	0.8	-
ความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์	0.01	-
จำนวนประชากร	100	100
จำนวนรอบการทำงาน	-	100
จำนวนประชากรระดับหัวกะทิ	10	10
C / Cost	10^{-4}	10^{-2}
Epsilon	10^{-2}	10
Gamma	10^{-3}	10
จำนวนรอบที่ด้อยกว่า	2	2

4.3 ผลการทดลอง

ในการประเมินประสิทธิภาพโมเดลการจำแนกประเภทข้อมูล จะใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการจำแนกประเภทข้อมูลทั้งสามคลาส โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเทคนิคที่นำเสนอกับการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่าย (GA-SVM) และวิธีการในการจำแนกประเภทวิธีการอื่น ๆ จากงานวิจัยของ Neda และคณะ [10] โดยใช้อัลกอริทึม JRip, C4.5 และ PART โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการจำแนกประเภทข้อมูลแต่ละอัลกอริทึม

อัลกอริทึม	ค่าความถูกต้อง (%)
PART	93.64
C4.5	93.22
JRip	92.39
GA-SVM	90.01
Proposed Technique	**96.01**

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาที่ค่าความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลการบุกรุกเว็บไซต์ พบว่าวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพ

การจำแนกประเภทข้อมูลมากกว่าวิธีการอื่น ๆ โดยมีค่าความถูกต้องที่ 96.01%

5. สรุปผลการวิจัย

การบุกรุกเว็บไซต์คือปัญหาสำคัญสำหรับการทำธุรกิจออนไลน์ เนื่องจากเป้าหมายของการบุกรุกคือการดักขโมยข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งาน ในปัจจุบันมีวิธีการทางเหมืองข้อมูลที่สามารถใช้ในการตรวจจับหารูปแบบของการโจมตีเว็บไซต์มากมาย เช่น การใช้อัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนในการหารูปแบบการโจมตี แต่อย่างไรก็ดีอัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมได้รับความนิยมในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม แต่เนื่องจากปัญหาหลักของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมคือไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้ในบางครั้ง เนื่องจากขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นเป็นวิธีการสุ่ม ดังนั้นหากการสุ่มค่าประชากรเริ่มต้นไม่ครอบคลุมกับชุดของคำตอบที่ดีที่สุดจะส่งผลให้ชุดของพารามิเตอร์ที่ได้รับไม่ใช่ชุดของพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

ในงานวิจัยนี้จึงเสนอเทคนิคที่เรียกว่า “ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่” เพื่อสร้างประชากรเริ่มต้นใหม่เมื่อประชากรรุ่นใหม่ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพด้อยกว่าประชากรรุ่นเก่า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถช่วยให้อัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนสามารถหาเส้นแบ่งได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ส่งผลให้จำแนกประเภทข้อมูลการบุกรุกเว็บไซต์ได้ดียิ่งขึ้น โดยวิธีการที่นำเสนอสามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอัลกอริทึมซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนด้วยการทำงานเพียงหนึ่งครั้ง ในขณะที่ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่ายมีโอกาสที่ชุดของพารามิเตอร์ที่ได้รับจะไม่ใช่ชุดของพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด และวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพสำหรับจำแนกประเภทการบุกรุกเว็บไซต์สูงกว่าวิธีการอื่น ๆ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Dhamija R., Tygar J. D. and Hearst M. (2006). Why phishing works. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp. 581-590.

[2] Denoeux T. (1995). A k-nearest neighbor classification rule based on Dempster-Shafer theory, *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, Vol. 25, No. 5, pp. 804-813.

[3] Leung K. M. (2007). Naive bayesian classifier, *Polytechnic University Department of Computer Science/Finance and Risk Engineering*.

[4] Friedl M. A., and Brodley C. E. (1997). Decision tree classification of land cover from remotely sensed data, *Remote sensing of environment*, Vol. 61, No. 3, pp. 399-409.

[5] Furey T. S., Cristianini N., Duffy N., Bednarski D. W., Schummer M., and Haussler D. (2000). Support vector machine classification and validation of cancer tissue samples using microarray expression data, *Bioinformatics*, Vol. 16, No. 10, pp. 906-914.

[6] Yin F., Mao H. and Hua L. (2011). A hybrid of back propagation neural network and genetic algorithm for optimization of injection molding process parameters, *Materials & Design*, Vol. 32, No. 6, pp. 3457-3464.

[7] Holland H. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems, *Ann Arbor: The University of Michigan Press, Michigan*.

[8] Cortes C., and Vapnik V. (1995). Support vector network, *Machine Learning*, Vol. 20, No. 3, pp. 273–297.

[9] UCI Data set. (January 2018), Forest Type Mapping Data Set [On-line]. *Available: https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Website+Phishing*.

[10] Abdelhamid N., Ayesh A., and Thabtah F. (2014). Phishing detection based Associative Classification data mining. *Expert Systems with Applications*, Vol. 41, No. 13, pp. 5948-5959.

การตรวจสอบความอ่อนไหวด้านเอาต์พุตของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดันอัตราขยายสูง

High-gain DC-DC Boost Power Converter Output Sensitivity Investigation

กิตติ ฤาชา, ศศิวิมล แก้วสระ, ณัฐพงษ์ บุญช่วย, มงคล ด่านบำรุงตระกูล และ พินิจ ศรีธร*

[1]หน่วยวิจัยเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: phinit.sr@rmuti.ac.th, โทร 044-252659, โทรสาร 044-252659

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการตรวจสอบความอ่อนไหวด้านเอาต์พุตของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดันอัตราขยายสูง มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง โดยดำเนินการในเชิงเปรียบเทียบกับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงรูปแบบทั่วไป มุ่งเน้นไปที่อัตราขยายเมื่อค่ารอบการทำงานตามหลักการพีดับเบิ้ลยูเอ็มเป็นค่าเดียวกัน และเมื่อกำหนดให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากัน การดำเนินงานใช้ทั้งการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมแมตแล็บ-ซิมิวลิงค์ และการทดสอบจริงที่ใช้เอฟพีจีเอสร้างตัวควบคุมหลัก ผลการดำเนินงานชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าหากค่ารอบการทำงานเท่ากันแล้ว วงจรรูปแบบใหม่จะมีอัตราส่วนขยายแรงดันสูงกว่าหลายเท่าตัว แต่พบว่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นหลายเท่านั้นมีความอ่อนไหวสูงกว่ามาก ถึงแม้จะมีระบบควบคุมที่เหมาะสม แต่ก็ยังตรวจพบว่ารูปแบบอัตราขยายสูงนี้ก็มีเสถียรภาพต่ำกว่ารูปแบบทั่วไป โดยเฉพาะเมื่อโหลดด้านเอาต์พุตสูงขึ้น

คำหลัก: แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง, อัตราขยายสูง ความอ่อนไหวต่อโหลด

Abstract

This article presents a feasibility study of high-gain boost DC-DC power converter applications, aiming at its output sensitivity. The study focuses on both its voltage gain and output stability when the converters operated with the same duty-cycle and with the same output voltage level, according to PWM technique. MatLab/Simulink simulation and experimental rig constructed using FPGA as the main controller were conducted in order to conclude this study. The satisfactory results confirm very clearly that with same duty-cycle, the high-gain circuit was able to step the output voltage up to many times higher than the traditional circuit provided. However a clear drawback has been found, the high-gain is more sensitive to load changes although a proper control system was applied to – obviously when dealing with higher load current.

Keywords: DC-DC power converter, High gain, Load sensitivity

1. บทนำ

การประยุกต์ใช้งานเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้งานกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ห่างไกลจากระบบไฟฟ้าหลัก [1] ซึ่งการใช้งานดังกล่าวนี้จำเป็นต้องอาศัยการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดแรงดันสูงขึ้นมากพอที่จะสามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบไฟฟ้าทั่วไป แต่เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ในระบบดังกล่าวนี้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันต่ำ การเพิ่มขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้สูงขึ้นไปอยู่ในระดับที่ต้องการก่อนที่จะแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับขนาดแรงดันมาตรฐาน จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะช่วยลดจำนวนเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับการใช้

งาน และช่วยลดต้นทุนของระบบโดยรวมได้ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้งานที่ไม่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงมาก

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดัน จึงถูกนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบดังกล่าว และเป็นที่นิยมในปัจจุบัน แต่ด้วยโครงสร้างของระบบที่ต้องการลดจำนวนเซลล์ลง วงจรแปลงผันนี้จึงต้องมีอัตราขยายแรงดันสูงกว่าปกติ ประมาณ 5-10 เท่า หากประยุกต์ใช้วงจรแปลงผันแบบทั่วไป จะต้องใช้หลายวงจรต่อเรียงกันเพื่อช่วยยกระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ค่าที่ต้องการ ซึ่งถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มักจะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจำนวนมาก และเป็นรูปแบบวงจรโดยรวมที่มีประสิทธิภาพต่ำ

แนวทางหนึ่งในการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว คือ การลดจำนวนวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่นำมาต่อเรียงกันดังกล่าวให้เหลือเพียง 1-2 วงจร ด้วยการประยุกต์ใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีอัตราการขยายแรงดันที่สูงขึ้นกว่าทั่วไป ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของวงจรดังกล่าวดัง [2] อย่างไรก็แล้วแต่ เพื่อให้การประยุกต์ใช้งานวงจรแปลงกำลังไฟฟ้าแบบอัตราขยายสูงนี้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงจำเป็นต้องศึกษารายละเอียด โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับเทคนิคการควบคุมที่เหมาะสม และเสถียรภาพของวงจร

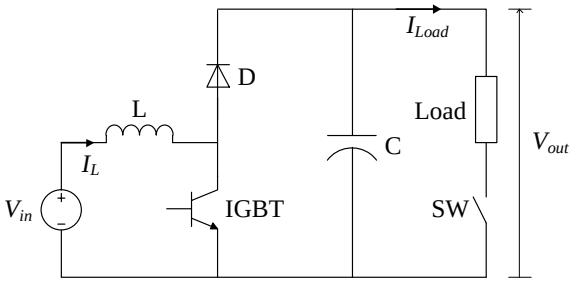
โดยบทความนี้จะนำเสนอวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดันรูปแบบที่มีอัตราขยายแรงดันสูง และการตรวจสอบเสถียรภาพด้านเอาต์พุตของวงจรดังกล่าวนี้ในลักษณะของการเปรียบเทียบกับวงจรรูปแบบทั่วไป ซึ่งจะเป็นแนวทางที่สามารถชี้นำให้กับการประยุกต์ใช้งานที่เหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้ดังต่อไปนี้

2. วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดัน

บทความนี้กล่าวถึงวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดัน หรือที่เรียกว่า “ดีซี-ดีซี บูสต์เพาเวอร์คอนเวอเตอร์” (DC-to-DC boost power converter) ที่แตกต่างกันสองรูปแบบ คือ วงจรรูปแบบทั่วไป และวงจรรูปแบบที่มีอัตราขยายแรงดันได้สูงกว่าแบบทั่วไป ซึ่งบทความนี้นำเสนอการตรวจสอบเสถียรภาพด้านเอาต์พุตในเชิงเปรียบเทียบของทั้งสองรูปแบบวงจรนี้ว่ามีความเหมาะสมแก่การใช้งานที่แตกต่างกันอย่างไร รายละเอียดพอสังเขปของทั้งสองวงจรเป็นดังที่แสดงไว้หัวข้อที่ 2.1 และ 2.2

2.1วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบทั่วไป

การปรับเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีการแปลงผันสวิตช์ชนิดใช้สวิตช์กำลังตัวเดียว เป็นดังที่แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีตัวเหนี่ยวนำ (L) เป็นตัวกลางในการสะสมพลังงานจากแหล่งจ่าย (V_{in}) ขณะมีกระแสตัวเหนี่ยวนำ (I_L) ไหล แล้วส่งผ่านไดโอด (D) ไปยังเอาต์พุตที่มีตัวเก็บประจุ (C) และโหลด (Load) ซึ่งไดโอดทำหน้าที่ไม่ให้เกิดการไหลของพลังงานจากเอาต์พุตกลับมาด้านอินพุต และตัวเก็บประจุทำหน้าที่สะสมพลังงานเพื่อเพิ่มขนาดของแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) และทำให้แรงดันนี้เรียบ



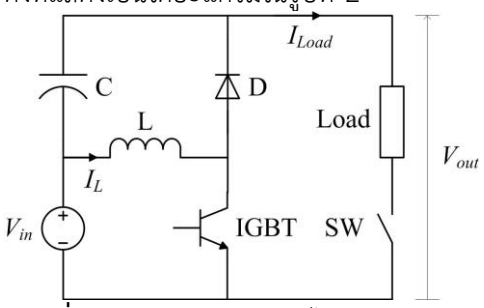
รูปที่ 1 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดัน (รูปแบบทั่วไป)

ในที่นี้ใช้ไอจีบีที (IGBT) เป็นสวิตช์กำลังสำหรับการแปลงผันตามหลักการพีดับเบิ้ลยูเอม (PWM) ที่สามารถกำหนดปริมาณการไหลของพลังงานผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ และทำให้แรงดันเอาต์พุตถูกปรับให้สอดคล้องกัน ในกรณีที่กำหนดค่ารอบการทำงานของไอจีบีทีให้คงที่ไว้ แล้วต่อสวิตช์ (SW) นำโหลดเข้าระบบ จะทำให้เกิดปัญหาแรงดันเอาต์พุตลดลง เนื่องจากพลังงานที่ตัวเก็บประจุรับเข้าจากตัวเหนี่ยวนำเท่าเดิม แต่คายพลังงานให้กับโหลดมากขึ้น หรือกระแสโหลด (I_{Load}) สูงขึ้น แต่กระแสตัวเหนี่ยวนำ (I_L) เท่าเดิม ทำให้พลังงานที่สะสมลดลง ความต่างศักย์ที่ขั้วลดลง

ในกรณีที่ใช้ระบบควบคุมช่วยปรับค่ารอบการทำงานให้อัตโนมัติ เมื่อมีโหลดมากขึ้นระบบป้อนกลับจะปรับค่ารอบการทำงานที่ให้สูงขึ้น ทำให้พลังงานที่ไหลเข้าตัวเก็บประจุมากขึ้นด้วย จึงทำให้แรงดันเอาต์พุตที่โหลดถูกควบคุมให้คงที่ไว้ได้เสมอ

2.2 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบอัตราขยายสูง

เมื่อต้องการทำให้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.1 สามารถปรับเพิ่มขนาดของแรงดันเอาต์พุตได้สูงกว่าปกติทั่วไป เราสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งของตัวเก็บประจุ จากเดิมต่อขนานกับโหลดมาเป็นอนุกรมกับแหล่งจ่ายที่รวมกันแล้วไปขนานกับโหลด ดังที่แสดงเป็นไดอะแกรมในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดัน (รูปแบบอัตราขยายสูง)

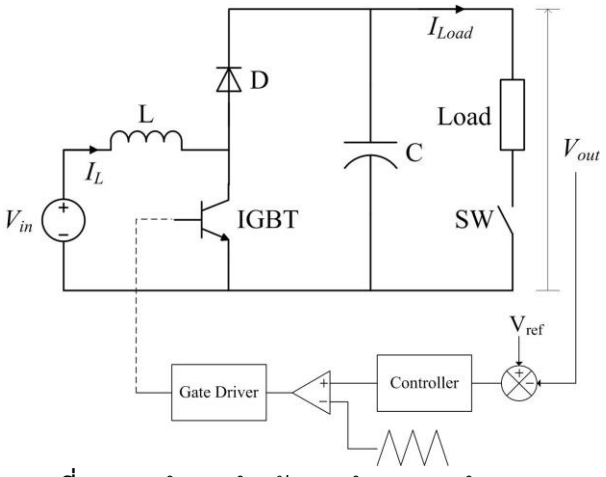
แรงดันเอาต์พุตที่โหลดได้รับ คือแรงดันที่เกิดจากตัวเก็บประจุสะสมพลังงานบวกกับแรงดันที่แหล่งจ่าย การทำงานของวงจรในรูปที่ 2 นี้คล้ายกับวงจรรูปแบบทั่วไป คือ เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันเอาต์พุตลดลง และขนาดของโหลดมีอิทธิพลต่อเสถียรภาพแรงดันด้านเอาต์พุตโดยตรง เมื่อพิจารณาถึงเสถียรภาพของแรงดันดังกล่าวแล้ว เราจะใช้ผลจากการจำลองการทำงานและการทดสอบมาตรวจสอบดังนี้

3. การจำลองการทำงาน

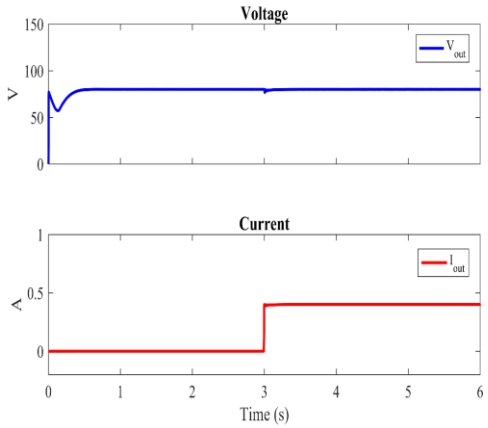
ใช้แบบจำลององค์ประกอบวงจรในโปรแกรมแมตแล็บ-ซิมิวลิงค์ (MatLab/Simulink) และกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เท่ากันสำหรับการจำลองการทำงานเปรียบเทียบวงจรแปลงผันทั้งสองรูปแบบ โดยเน้นไปที่อัตราขยายแรงดันของวงจรเมื่อรอบการทำงานของสวิตช์กำลังเท่ากัน ส่วนการเปรียบเทียบเมื่อแรงดันเอาต์พุตเท่ากันจะกล่าวถึงในการทดสอบจริง

3.1 การจำลองการทำงานของวงจรแบบทั่วไป

นอกเหนือจากรายละเอียดของวงจรที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.1 แล้ว การจำลองการทำงานนี้มีส่วนของระบบควบคุมเพิ่มเติมเข้าไปดังที่แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นแบบป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตเพื่อปรับรอบการทำงานของไอจีบีทีให้เหมาะสมที่จะทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ตามที่ต้องการ ถึงแม้ว่าโหลดจะเปลี่ยนไปก็ตาม ดังที่แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 แบบจำลองสำหรับการจำลองการทำงานของวงจรรูปแบบทั่วไป



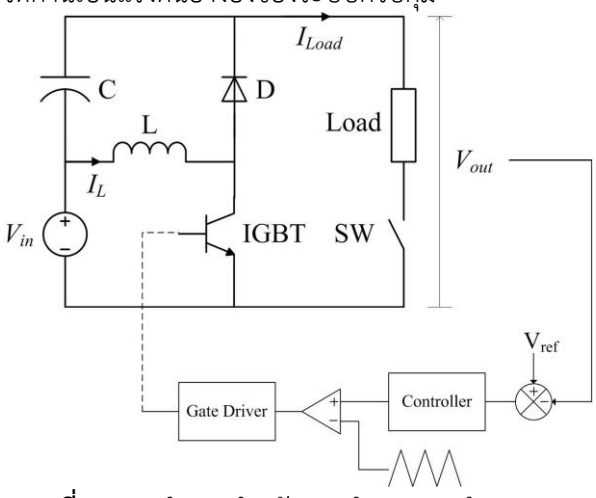
รูปที่ 4 ผลจากการจำลองการทำงานของวงจรรูปแบบทั่วไป

การจำลองการทำงานนี้ให้ความถี่สวิตช์ชิ่ง 6.4 kHz (ค่าปรับตั้งของเอฟพีจีเอบอร์ดในการทดสอบจริง) ตัวเหนี่ยว L = 10 mH ตัวเก็บประจุ C = 470 uF โหลดความต้านทาน 200 Ω (เท่ากับการทดสอบ) แรงดันอินพุต 40 V และเมื่อปรับค่ารอบการทำงานของไอจีบีทีเป็น 0.5 ได้แรงดันเอาต์พุต 82 V จึงเลือกตั้งค่าแรงดันนี้เป็นค่าอ้างอิง (V_{ref})

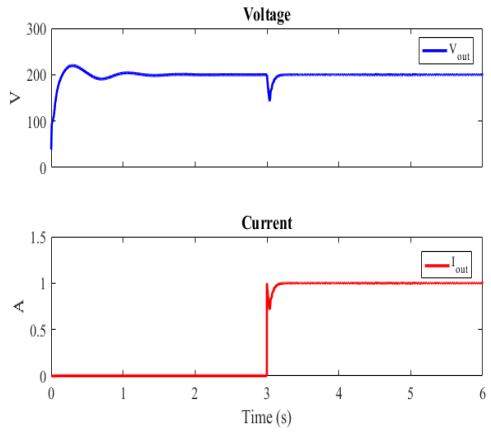
เมื่อสวิตช์ SW ต่อโหลดเข้าวงจร เกิดกระแสไหลประมาณ 0.4 A ทำให้แรงดันเอาต์พุตลดลงประมาณ 3 V ระบบควบคุมสามารถชดเชยได้ภายในเวลาอันสั้น เป็นการตอบสนองที่เห็นได้ว่าระบบดังกล่าวมีเสถียรภาพ

3.2 การจำลองการทำงานของวงจรแบบอัตราขยายสูง

วงจรแปลงผันแบบอัตราขยายสูงถูกควบคุมให้ทำงานในลักษณะเดียวกับวงจรรูปแบบทั่วไปที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ 3.1 ดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 5 โดยที่ความถี่สวิตช์ชิ่งและองค์ประกอบวงจรเป็นค่าเดียวกับวงจรในรูปที่ 3 ได้ผลจากการจำลองการทำงานตามที่แสดงในรูปที่ 6 เช่นเดียวกันในกรณีของวงจรทั่วไป เมื่อใช้แรงดันอินพุต 40 V และปรับค่ารอบการทำงานของไอจีบีทีเป็น 0.5 ทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 200 V ซึ่งเพิ่มขึ้น ประมาณ 5 เท่า เป็นไปตามที่คาดหวังไว้ จึงปรับให้ค่านี้เป็นแรงดันอ้างอิงของระบบควบคุม



รูปที่ 5 แบบจำลองสำหรับการจำลองการทำงานของวงจรรูปแบบอัตราขยายสูง



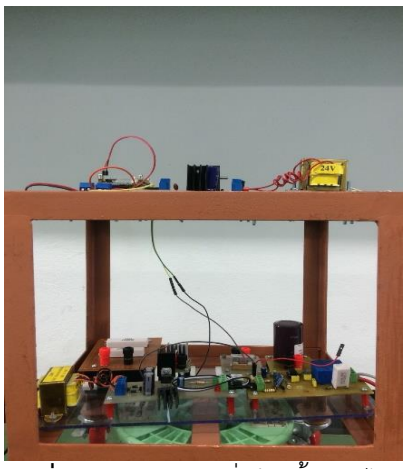
รูปที่ 6 ผลจากการจำลองการทำงานของวงจรรูปแบบอัตราขยายสูง

เมื่อต่อโหลดขนาด 200 Ω เข้าวงจรที่เวลา t = 3 s แรงดันเอาต์พุตลงลงอย่างเห็นได้ชัด ประมาณ 25 % ก่อนที่ระบบควบคุมจะชดเชย ปรับค่ารอบการทำงานให้แรงดันนี้กลับคืนมาที่ค่าอ้างอิงได้

จากผลการจำลองการทำงานดังกล่าวนี้ เห็นได้ว่าที่ค่ารอบการทำงานของการแปลงผันเท่ากัน วงจรแบบอัตราขยายสูงสามารถเพิ่มขนาดแรงดันได้สูงจริงตามคาดประมาณ 5 เท่า ขณะรูปแบบทั่วไปขยายได้ประมาณ 2 เท่า (ที่ค่ารอบการทำงานเท่ากันที่ 0.5) อย่างไรก็แล้วแต่เพื่อเป็นการตรวจสอบเสถียรภาพเบื้องต้นของแรงดันเอาต์พุตที่ได้นี้ เราจึงทำการทดสอบจริงดังต่อไปนี้

4. การทดสอบการทำงาน

เพื่อให้เห็นถึงการตรวจสอบที่สมบูรณ์ขึ้น การทดสอบการทำงานในที่นี้จึงเน้นไปที่การเปรียบเทียบเมื่อปรับให้แรงดันเอาต์พุตให้เท่ากัน โดยใช้วงจรการทดสอบที่สร้างขึ้นดังที่แสดงในรูปที่ 7 ซึ่งใช้บอร์ดเอฟพีจีเอ (FPGA) เป็นหัวใจหลักของระบบควบคุมที่ตัวควบคุมเป็นแบบมาตรฐานพีไอ (PI) ปรับตั้งค่าให้เหมาะสมตามวิธีการของ Ziegler-Nichols [3] โดยให้ค่าของตัวควบคุมเท่ากันทั้งสองกรณี และใช้ความถี่สวิตช์ชิ่ง 6.4 kHz ซึ่งเป็นค่าเดียวกับที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

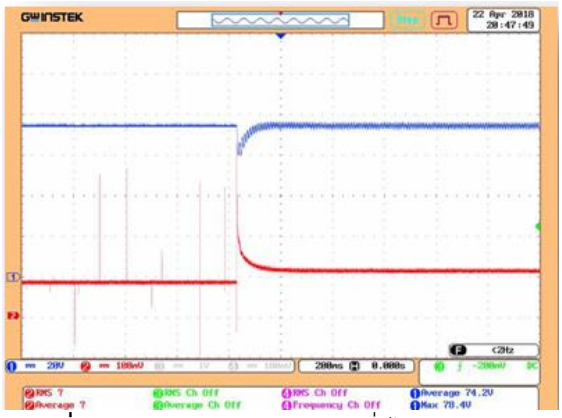


รูปที่ 7 วงจรทดสอบที่สร้างขึ้นตามไดอะแกรมวงจรในรูปที่ 3 และรูปที่ 5

4.1 การทดสอบการทำงานของวงจรแบบทั่วไป

ใช้แรงดันอินพุตขนาด 100 V และเลือกปรับตั้งค่าแรงดันเอาต์พุตอ้างอิงเป็น 190 V ซึ่งเป็นค่าจากการปรับรอบการทำงานของไอจีบีทีเป็น 0.5 ขณะที่วงจรไม่มีโหลด (น้อยกว่าค่าที่ได้จากการจำลองการทำงานที่ได้ 200 V) และได้ผลการทดสอบดังที่แสดงในรูปที่ 8 โดยที่กราฟเส้นบนเป็นสัญญาณแรงดันเอาต์พุต และเส้นล่างเป็นกระแสโหลด

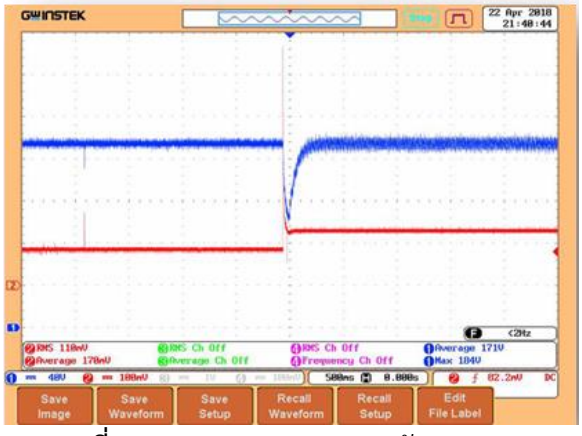
ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่าระบบควบคุมสามารถทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ที่ 190 V ได้อย่างแม่นยำ และถึงแม้ว่าจะมีโหลดความต้านขนาดประมาณ 860 Ω ที่ทำให้แรงดันนี้ลดลงเหลือประมาณ 180 V (ลดลงประมาณ 5.3 %) แต่ระบบควบคุมก็สามารถปรับรอบการทำงานของสวิตช์แล้วทำให้แรงดันกลับคืนมาที่ค่าอ้างอิงได้



รูปที่ 8 ผลการทดสอบวงจรแบบทั่วไป

4.2การทดสอบการทำงานของวงจรแบบอัตราขยายสูง

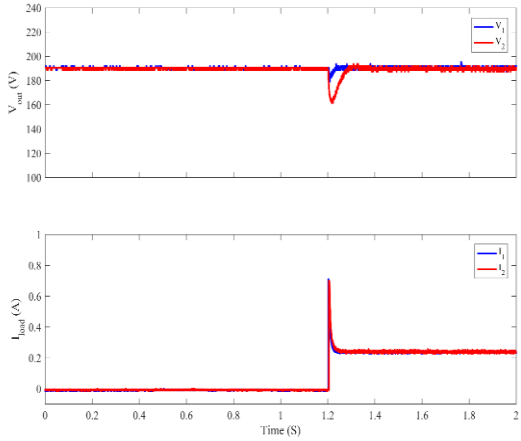
ในกรณีนี้ยังคงให้แรงดันอินพุตเท่ากับ 100 V แรงดันเอาต์พุตอ้างอิง 190 V และโหลดตัวเดียวกับกรณีวงจรแบบทั่วไป ซึ่งได้ผลการทดสอบดังที่แสดงในรูปที่ 9 ที่เห็นได้ชัดว่าทันทีที่มีโหลดแรงดันเอาต์พุตตกลงเหลือประมาณ 160 V (ลดลงประมาณ 15.8 %) ก่อนที่จะถูกชดเชยให้กลับคืนมาที่ค่าอ้างอิงได้ (กราฟเส้นบน)



รูปที่ 9 ผลการทดสอบวงจรแบบอัตราขยายสูง

5. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผล

เพื่อแสดงให้เห็นได้ว่าผลการทดสอบจากทั้งสองกรณีมีความแตกต่างกัน จึงนำข้อมูลจากการทดสอบดังกล่าวมาพล็อตเป็นกราฟแสดงผลเปรียบเทียบในมาตราส่วนเดียวกันดังที่แสดงในรูปที่ 10 โดยส่วนที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเกิดขึ้นขณะที่วงจรทั้งสองรูปแบบตอบสนองต่อโหลดที่เพิ่มขึ้นแบบทันทีทันใด ซึ่งในการเปรียบเทียบนี้ใช้โหลดค่าเท่ากัน แต่วงจรรูปแบบอัตราขยายสูงเกิดแรงดันตกมากกว่า (แบบทั่วไป 5.3 % แบบอัตราขยายสูง 15.8 %)



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบวงจรทั้งสองรูปแบบ

นอกจากนี้ หากพิจารณาละเอียดถึงในช่วงเวลาขณะมีโหลด (ขณะที่กระแสโหลด I_{laod} มากกว่าศูนย์) จะพบว่าเส้นกราฟแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรแบบอัตราขยายสูงนั้นมีการแกว่งเล็กน้อย ในขณะที่แรงดันเอาต์พุตจากวงจรแบบทั่วไปค่อนข้างเรียบ

6. สรุปผล

ถึงแม้ว่าวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบอัตราขยายสูงจะสามารถเพิ่มขนาดของแรงดันได้สูงกว่าแบบทั่วไปประมาณ 3 เท่า (เปรียบเทียบที่ค่ารอบการทำงาน 0.5 เท่ากัน) แต่ผลจากทั้งการจำลองการทำงานและการทดสอบจริงพบว่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแบบอัตราขยายสูงนี้อ่อนไหวต่อโหลดมากกว่าวงจรทั่วไป

เช่นเดียวกับกรณีที่เปรียบเทียบผลกระทบของโหลดต่อแรงดันเอาต์พุตของวงจรทั้งสอง โดยปรับให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากัน แล้วพบว่าเอาต์พุตของวงจรแปลงผันแบบอัตราขยายสูงเกิดการแกว่งขณะมีโหลด จึงสามารถกล่าวได้ว่าหากมีโหลดเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อเสถียรภาพแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันแบบอัตราขยายสูงนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Singh B., Shahani D.T., Verma A.K. (2014). Neural network controlled grid interfaced solar photovoltaic power generation, *IET Power Electron.,* Vol. 7, pp.614-626.

[2] Debnath D. and Chatterjee K. (2016). Solar photovoltaic-based stand-alone scheme incorporating a new boost inverter, *IET Power Electron.,* Vol. 9, pp.621-630.

[3] Basilio J.C. and Matos S.R. (2002). Design of PI and PID Controllers with Transient Performance Specification, *IEEE Transactions on Education,* Vol. 45, pp.364-370.

การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสมการสถานะ

DC-DC Power Converter Control Improvement Using State-Equation

ณัฐพร เที่ยงกระโทก, สุรศักดิ์ เศรษโฐ[1] ธนกฤต ศรีวิสุทธิชัย, มงคล ด่านบำรุงตระกูล และ พินิจ ศรีธร*

[1]หน่วยวิจัยเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: phinit.sr@rmuti.ac.th, โทร 044-252659, โทรสาร 044-252659

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงด้วยการใช้สมการสถานะในลูปกระแสแบบลูปเรียงซ้อน มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการหาแนวทางปฏิบัติที่เป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมดังกล่าวสำหรับปรับปรุงการตอบสนองของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าด้วยบอร์ดวงจรควบคุมราคาไม่แพง และที่ผู้ปฏิบัติสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีการดำเนินงานที่ใช้ทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทำงานและการใช้ชุดสาธิตทดสอบจริง โดยการดำเนินงานทั้งสองนี้ทำในลักษณะของการเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมที่เป็นแบบลูปเดียวและแบบสองลูปเรียงซ้อน และได้นำผลจากการดำเนินงานมาชี้ให้เห็นว่าการควบคุมแบบเรียงซ้อนทำให้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้านี้สามารถตอบสนองต่อโหลดได้ไวกว่าแบบลูปเดียวตามที่คาดหวัง ซึ่งช่วยลดผลกระทบที่เป็นแรงดันระลอกบนรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตได้ อย่างไรก็แล้วแต่ จากการทดสอบจริงที่เตรียมลูปสมการสถานะในบอร์ดควบคุมที่เลือกใช้ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

คำหลัก: วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง, การตอบสนองของระบบควบคุม, การลดแรงดันระลอก

Abstract

This article presents a technique to improve DC-DC power converter control performance by adding state-equation in current loop as the inner-most of the cascade system. The aim is to gain more know-how to use an inexpensive controller board in real applications, in order to improve the response of the converter. Both simulation and experimental rig were carried out for the comparison of a single-loop and a cascade control system applied to the converter. Results illustrate that faster responses have been seen when the cascade was applied; clearly almost all the ripple appear on output voltage waveforms was got rid of. However, from the test results, state-equation prepared using the inexpensive board is still not satisfactory although simulation results confirm precisely.

Keywords: DC-DC power converter, Control response, Ripple reduction.

1. บทนำ

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นอีกหนึ่งวงจรที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อต้องการเชื่อมโยงแหล่งพลังงานที่มีขนาดแรงดันแตกต่างกันให้รวมกันเป็นระบบที่มีเสถียรภาพสูงขึ้น หรือเพื่อเสริมศักยภาพของอุปกรณ์ควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่นในระบบไฟฟ้ากำลัง [1] และแม้แต่เพื่อการประยุกต์ใช้งานสำหรับการจัดการพลังงานให้เกิดประสิทธิภาพ [2] โดยทั่วไปวิธีการที่จะทำให้วงจรแปลงผันดังกล่าวนี้สามารถทำงานร่วมกับระบบอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย คือการปรับปรุงการตอบสนองของจรให้มีความไวสูงขึ้น สอดคล้องกับการประยุกต์ใช้งานได้อย่างเหมาะสม โดยทั่วไปหากวงจรนี้มีระบบควบคุมที่ใช้เพียงลูปแรงดันอาจจะไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ทัน และทำให้ระบบรวมมีประสิทธิภาพต่ำลงได้

การตอบสนองของวงจรเพื่อส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากอินพุตผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังเอาต์พุต มักถูกจะจำกัดหากควบคุมด้วยลูปแรงดันลูปเดียว เนื่องจากแรงดันไม่ใช่ตัวแปรตรงสำหรับกำหนดการไหลของกำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อเอาต์พุตของวงจร แต่เป็นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยว การปรับปรุงจึงมักจะเป็นการเพิ่มลูปกระแสเข้าไปในระบบควบคุม อย่างไรก็แล้วแต่ การเพิ่มลูปกระแสอาจจะไม่ได้ทำให้การตอบสนองของวงจรดีขึ้น หากตัวควบคุมไม่ได้ถูกออกแบบอย่างแม่นยำ

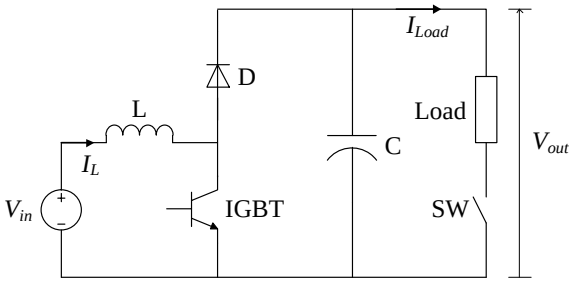
บทความนี้จึงนำเสนออีกหนึ่งวิธีในการออกแบบตัวควบคุมลูปกระแสเรียงซ้อน โดยไม่ต้องใช้แบบจำลองที่ต้องใช้วิธีการทำให้เป็นแบบเชิงเส้นด้วยวิธีการที่ซับซ้อน

แต่เป็นการตีความค่ารอบการทำงานของสวิตช์แปลงผันด้วยฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับสถานะของวงจรแปลงผัน(ขณะที่สวิตช์เปิดและปิด) เพื่อให้เกิดแนวทางในการประยุกต์ใช้งานได้จริงกับบอร์ดควบคุมราคาประหยัดดังรายละเอียดต่อไปนี้

2. วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดัน

โดยทั่วไปวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดันที่ใช้การแปลงผันสวิตช์กำลังตัวเดียว เป็นวงจรดังที่แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งใช้ตัวเหนี่ยวนำ (L) เป็นตัวกลางในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากอินพุตที่เป็นแหล่งจ่าย (V_{in}) ไปเอาต์พุต (V_{out}) ในที่นี้ใช้ไอจีบีที (IGBT) เป็นสวิตช์ เมื่อต่อวงจร จะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L) สะสมพลังงานไว้ที่ตัวเหนี่ยวนำ และเมื่อเปิดวงจร พลังงานที่สะสมไว้ที่ตัวเหนี่ยวนำจะถูกคายออกผ่านไดโอด (D) ไปยังเอาต์พุตที่ตัวเก็บประจุ (C) และโหลด (Load) ซึ่งไดโอดทำหน้าที่ไม่ให้เกิดการไหลย้อนกลับของพลังงาน และตัวเก็บประจุทำหน้าที่สะสมพลังงานเพื่อเพิ่มขนาดแรงดันเอาต์พุตให้สูงขึ้น และทำให้แรงดันด้านเอาต์พุตเรียบ

การควบคุมการแปลงผันสวิตช์นี้ใช้การปรับรอบการทำงานของไอจีบีทีที่สามารถกำหนดปริมาณการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ และทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ตามที่ต้องการได้ แม้โหลดจะเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม โดยใช้ระบบควบคุมช่วยปรับรอบการทำงานอัตโนมัติ เมื่อมีโหลดมากขึ้นระบบควบคุมจะปรับรอบการทำงานที่ให้สูงขึ้น ทำให้พลังงานที่ไหลเข้าตัวเก็บประจุและไปโหลดมากขึ้น จึงทำให้แรงดันเอาต์พุตที่โหลดถูกควบคุมให้คงที่ไว้ได้เสมอ

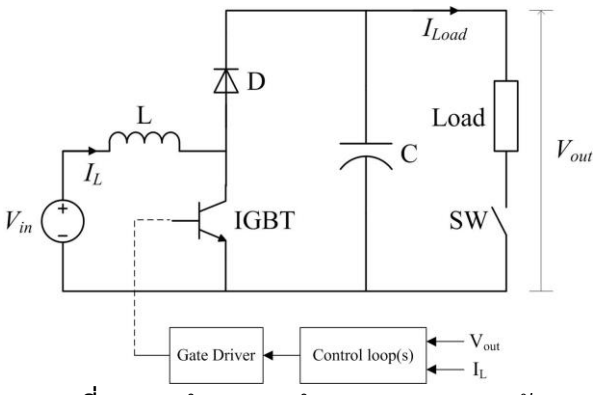


รูปที่ 3 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบเพิ่มแรงดัน (รูปแบบทั่วไป)

อย่างไรก็ตาม ความสามารถของวงจรในการตอบสนองต่อโหลดของวงจรนี้ มักจะขึ้นอยู่กับการควบคุมที่ทำให้ความเร็วในการตอบสนองเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้งาน บทความนี้จึงเสนอการเปรียบเทียบผลตอบสนองของวงจรที่มีการควบคุมต่างกัน

3. การจำลองการทำงาน

การจำลองการทำงานเพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองทำใน 3 กรณี คือ กรณีที่ระบบคุมใช้ลูปแรงดันลูปเดียว กรณีที่ระบบควบคุมใช้ลูปแรงดันและกระแสเรียงซ้อนที่ตัวควบคุมลูปกระแสเป็นแบบพีไอ และกรณีที่ระบบควบคุมใช้ลูปแรงดันและกระแสเรียงซ้อนแบบที่ตัวควบคุมลูปกระแสได้จากสมการสถานะ ใช้แบบจำลองที่มีในโปรแกรมแมตแล็บ-ซิมิวลิงค์ (MatLab/Simulink) ต่อตามไดอะแกรมที่แสดงในรูปที่ 2 และพารามิเตอร์ขององค์ประกอบเป็นดังที่แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 แบบจำลองการทำงานของวงจรแปลงผัน

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ขององค์ประกอบวงจรกำลัง

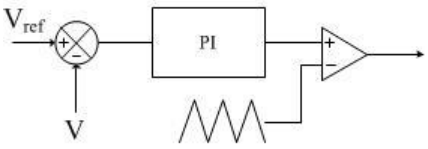
แบบจำลอง	พิกัด
แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (V_{in})	75 V
แรงดันเอาต์พุต (V_{out})	150 V
ไอจีบีที (IGBT)	*
ตัวเหนี่ยวนำ (L)	5 mH
ตัวเก็บประจุ (C)	560 uF
ไดโอด (D)	*
โหลดแบบความต้าน (resistive load)	100 Ω

* พิกัดตามที่ระบุเป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

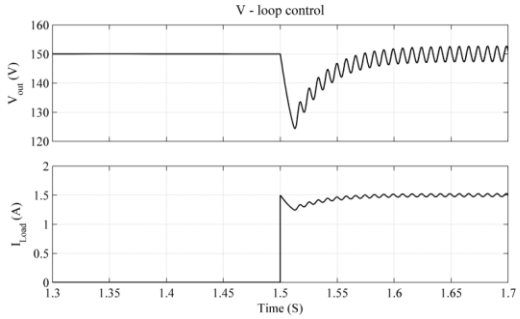
3.1 กรณีที่ระบบคุมเป็นแบบลูปแรงดันลูปเดียว

กรณีแรกนี้ใช้การป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตและชดเชยด้วยการปรับรอบการทำงานของไอจีบีทีดังไดอะแกรมในรูปที่ 3 และใช้วิธีการ Ziegler-Nichols [3] ในการปรับตั้งตัวควบคุมแบบพีไอ ค่ารอบการทำงานจากตัวควบคุมจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับรูปคลื่นสามเหลี่ยมความถี่สวิตช์ชิ่งที่ 6.4 kHz (ค่าเดียวกับการทดสอบ) เพื่อกำเนิดสัญญาณพัลส์คุมการทำงานของไอจีบีที และความกว้างของพัลส์นี้จะแปรตามขนาดของโหลด

ในที่นี้ให้แรงดันเอาต์พุตอ้างอิง (V_{ref}) เป็น 150 V หากคลาดเคลื่อน ตัวควบคุมจะส่งค่าระหว่าง 0.0 และ 1.0 มาปรับความกว้างของพัลส์ ผลการจำลองการทำงานนี้แสดงในรูปที่ 4 ซึ่งขณะไม่มีโหลด ระบบควบคุมรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตได้อย่างแม่นยำ เมื่อมีโหลดขนาด 1.5 A ที่เวลา t=1.5 s แรงดันเอาต์พุตลดลงทันทีเหลือประมาณ 125 V จนกระทั่งตัวควบคุมรับรู้และสั่งการชดเชย ทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นมาที่ค่าอ้างอิง ภายในเวลา 100 ms แต่ พบว่าเกิดแรงดันระลอกบนแรงดันเอาต์พุต อย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 3 การควบคุมแบบลูปแรงดันลูปเดียว



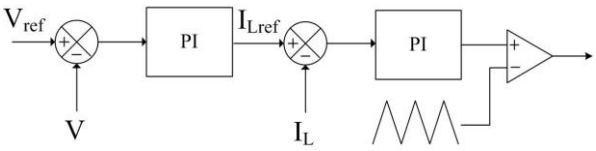
รูปที่ 4 แรงดันและกระแสเอาต์พุตกรณีควบคุมด้วยลูปแรงดันลูปเดียว (ผลการจำลองการทำงาน)

3.2 กรณีระบบคุมเป็นแบบลูปแรงดันและกระแส

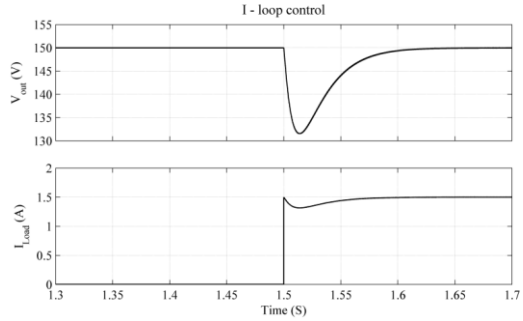
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระควบคุมที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ 3.1 จึงเพิ่มลูปกระแสเรียงซ้อนเข้าไปดังที่แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งกระแสในลูปในนี้เป็นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L) และรับเอาต์พุตของลูปนอกมาเป็นค่าอ้างอิง (I_{Lref})

ใช้แบบจำลองที่ได้จากวิธีการทำให้เป็นเชิงเส้นที่ใช้สัญญาณขนาดเล็กดังที่อธิบายใน [4] สำหรับออกแบบตัวควบคุมลูปกระแส โดยกำหนดให้ค่าของแฟคเตอร์หน่วงเป็นค่ามาตรฐาน 0.7 ส่วนตัวควบคุมในลูปแรงดันก็ใช้วิธีการเดียวกับที่กล่าวถึงในหัวข้อ 3.1 และจำลองการทำงานในลักษณะเดียวกัน ได้ผลดังที่แสดงในรูปที่ 6

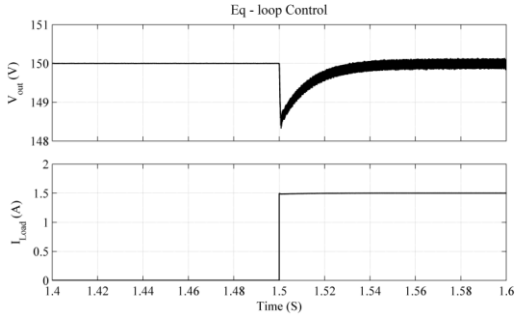
เมื่อต้องรับโหลดเท่ากับกรณีแรก แต่การตอบสนองดีขึ้น โดยเฉพาะความแม่นยำที่เห็นได้ว่าไม่มีแรงดันระลอกปรากฏบนแรงดันเอาต์พุตทั้งในขณะที่มีและไม่มีโหลด และแรงดันที่ตกก็น้อยกว่าขณะที่ควบคุมด้วยลูปแรงดันเพียงอย่างเดียว (133 V) แต่ความเร็วในการตอบสนองไม่แตกต่างกันมากนัก



รูปที่ 5 การควบคุมแบบสองลูปเรียงซ้อน



รูปที่ 6 แรงดันและกระแสเอาต์พุตกรณีควบคุมด้วยสองลูปเรียงซ้อน (ผลการจำลองการทำงาน)



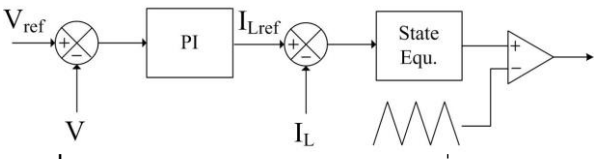
รูปที่ 8 แรงดันและกระแสเอาต์พุตกรณีควบคุมด้วยลูปเรียงซ้อนสมการสถานะ (ผลการจำลองการทำงาน)

3.3 กรณีระบบคุมเป็นแบบลูปแรงดันและลูปสมการสถานะเรียงซ้อน

ความแตกต่างของการควบคุมในกรณีนี้กับกรณีที่ผ่านมา คือการใช้ตัวควบคุมลูปในที่ได้จากสมการสถานะของวงจรแปลงผันดังที่กล่าวถึงใน [4] คือ

$$d_{(n+1)} = \frac{\left(\frac{L}{T_s}\right) er_{(n)} + v_{o(n)} - v_{i(n)}}{v_{o(n)}} \qquad (1)$$

โดยที่ $d_{(n+1)}$ คือรอบการทำงานของสวิตช์ที่บอร์ดควบคุมจะส่งออกไปสำหรับการทำงานครั้งหน้า $er_{(n)}$ คือ ความคลาดเคลื่อนปัจจุบัน $v_{o(n)}$ คือแรงดันเอาต์พุตปัจจุบัน $v_{i(n)}$ คือแรงดันอินพุตปัจจุบัน และ T_S คือคาบเวลาสวิตช์ซึ่งสำหรับการควบคุมในรูปที่ 7 ซึ่งได้ผลการจำลองการทำงานดังในรูปที่ 8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าวงจรแปลงผันมีการตอบสนองที่ดีขึ้น ทั้งความเร็วและความแม่นยำ มีแรงดันระลอกปรากฏน้อยมาก ซึ่งพบว่าขณะที่รับโหลด 1.5 A เท่ากับที่ผ่านมา แรงดันตกด้านเอาต์พุตเพียง 2 V หรือแรงดันโหลด 148 V นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่ามีความแม่นยำสูงตั้งแต่เริ่มที่เวลา t=0 s ที่ไม่พบการแกว่งของแรงดันเลย

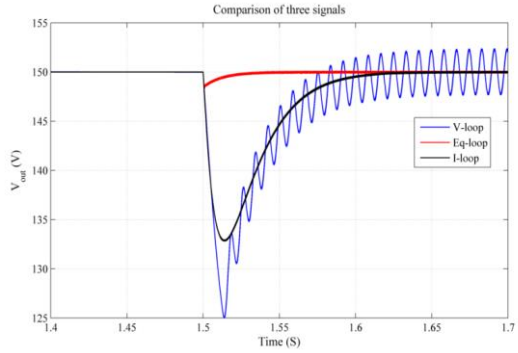


รูปที่ 7 การควบคุมแบบสองลูปเรียงซ้อนที่ใช้ตัวควบคุมสมการสถานะ

3.4 การเปรียบเทียบผลการจำลองการทำงาน

เพื่อให้เห็นถึงความต่างของการตอบสนองของระบบควบคุมที่ต่างกัน จึงนำผลการจำลองทั้งสามกรณีมาแสดงเป็นกราฟในเชิงเปรียบเทียบดังที่แสดงในรูปที่ 9 ซึ่งในช่วงแรกเริ่มจากเวลา t=1.4 s ถึง 1.5 s กราฟดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมทั้งสามกรณีสามารถทำให้แรงดันเอาต์พุตมีขนาดคงที่ที่ 150 V ได้เท่ากันอย่างแม่นยำ แต่การตอบสนองต่อโหลดขนาด 1.5 A ที่เวลา t=1.5 s นั้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเริ่มจากกราฟเส้นแรก ล่างสุด ที่มีแรงดันระลอกปรากฏให้เห็นได้ชัด นั้นเป็นผลจากการตอบสนองของระบบควบคุมแบบใช้ลูปแรงดันอย่างเดียว เกิดแรงดันตกมากที่สุด ซึ่งแรงดันที่โหลดเหลือเพียง 125 V (ลดลง 25 V) และใช้เวลา 100 ms ในการเข้าสู่ค่าคงตัวที่ค่า 150 V ได้

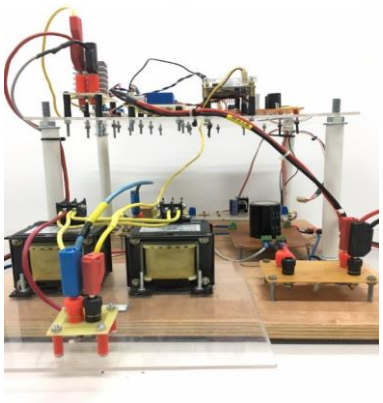
ส่วนกราฟเส้นที่สองเป็นผลที่เกิดจากระบบควบคุมที่ได้เพิ่มลูปกระแสเรียงซ้อนเข้าไป เป็นกราฟที่ปรากฏอยู่ในสัญญาณระลอกของเส้นแรก ที่มีแนวโน้มที่คล้ายกัน แต่เส้นที่สองนี้ไม่มีแรงดันระลอก และแรงดันตกก็น้อยกว่า เหลือค่าต่ำสุด 133 V (ลดลง 17 V) ในขณะที่กราฟเส้นที่สาม เส้นบนสุด ซึ่งเป็นผลตอบสนองของระบบควบคุมที่ใช้ตัวควบคุมจากสมการสถานะมีการตอบสนองที่ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน แรงดันลดลงเพียง 2 V ระบบควบคุมใช้เวลาในการตอบสนองเพียงประมาณ 30 ms เท่านั้น และไม่มีแรงดันระลอกปรากฏบนสัญญาณ



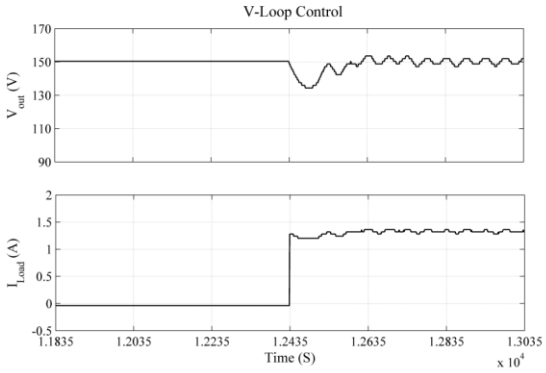
รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันที่ได้จากการควบคุมทั้งสามกรณี (ผลการจำลองการทำงาน)

4. การทดสอบ

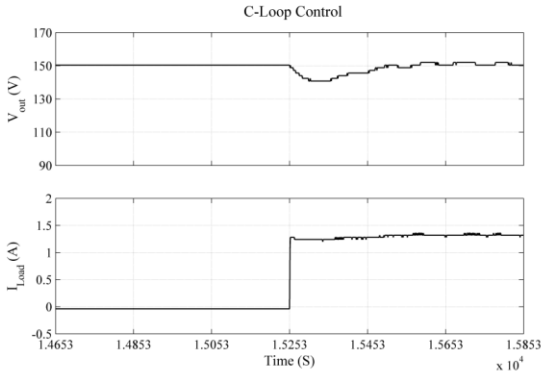
ประกอบชุดทดสอบดังที่แสดงในรูปที่ 10 โดยต่อวงจรตามไดอะแกรมในรูปที่ 2 และใช้ระบบควบคุมเหมือนในการจำลองการทำงานทั้ง 3 กรณี คือ กรณี 1 ใช้ลูปแรงดันลูปเดียวดังในรูปที่ 3 กรณีที่ 2 ใช้ลูปแรงดันและกระแสดังในรูปที่ 5 และกรณีที่ 3 ใช้ลูปแรงดันและกระแสแบบสมการสถานะตามสมการที่ (1) ดังในรูปที่ 7 ทั้งหมดใช้บอร์ดควบคุมเอฟพีจีเอราคาประหยัดรุ่น DEO-Nano ความถี่สวิตช์ชิ่งและพารามิเตอร์อื่นเท่ากับค่าที่ใช้ในการจำลองการทำงาน ต่างกันที่โหลดเป็นขนาด 1.36 A แล้วทดสอบด้วยการเริ่มให้ระบบควบคุมรักษาแรงดันเอาต์พุตไว้ที่ค่าอ้างอิง 150 V ก่อนจะต่อโหลดเข้าทันที ได้ผลการทดสอบที่แตกต่างกันดังในรูปที่ 11 รูปที่ 12 และรูปที่ 13 ตามลำดับ



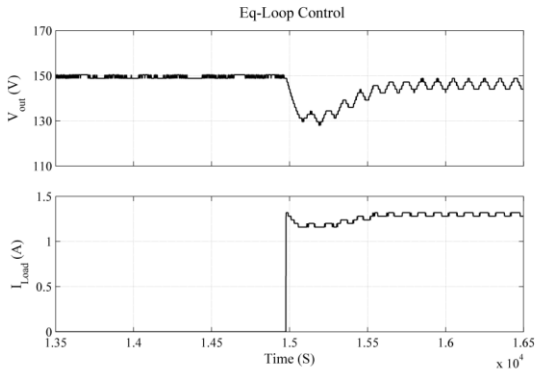
รูปที่ 10 ชุดทดสอบที่สร้างขึ้น



รูปที่ 11 แรงดันและกระแสเอาต์พุตกรณีควบคุมด้วยลูปแรงดันลูปเดียว (กรณีที่ 1)



รูปที่ 12 แรงดันและกระแสเอาต์พุตกรณีควบคุมด้วยลูปแรงดันและกระแส (กรณีที่ 2)



รูปที่ 13 แรงดันและกระแสเอาต์พุตกรณีควบคุมด้วยลูปแรงดันและกระแสแบบสมการสถานะ (กรณีที่ 3)

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบในรูปที่ 11 และรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีโหลดทันที กรณีที่ 1 เกิดแรงดันตก 17 V (เหลือ 133 V) เกิดแรงดันระลอกชัดเจน ขณะที่กรณีที่ 2 แรงดันตก 10 V (เหลือ 140 V) โดยที่

ความเร็วในการตอบสนองไม่ต่างกัน ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มลูปกระแสเข้าไปทำให้การตอบสนองดีขึ้น

อย่างไรก็แล้วแต่ จากผลจากการทดสอบในรูปที่ 13 แสดงให้เห็นว่าการใช้สมการสถานะในลูปกระแสได้ผลไม่เป็นดังคาดหวังตามผลการจำลองการทำงาน เมื่อรับโหลดเท่ากันเกิดแรงดันตกมากถึง 20 V (เหลือ 130 V) มีแรงดันระลอกที่สังเกตได้ และไม่แม่นยำ อาจจะเกิดจากบอร์ดควบคุมแบบเอฟพีจีเอที่มีความละเอียดไม่เพียงพอการประมวลผลตามสมการจึงคลาดเคลื่อนไปได้

5. สรุปผล

จากผลการจำลองการทำงานพบว่าแนวทางในการนำสมการสถานะมาใช้ในระบบควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงมีความเป็นไปได้ เห็นได้ชัดเจนว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าระบบควบคุมแบบลูปแรงดันอย่างเดียวและมีลูปกระแสทั่วไป ทั้งในความเร็วในการตอบสนองและความแม่นยำ

จากแรงดันระลอกที่ปรากฏบนแรงดันเอาต์พุตที่เกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อควบคุมด้วยลูปแรงดันอย่างเดียว แสดงถึงความแม่นยำต่ำสุดในการกำหนดรอบการทำงานของสวิตช์แปลงผัน แต่จากผลการทดสอบจริงของระบบใช้สมการสถานะในลูปกระแส พบว่าไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง โดยที่สมการสถานะไม่ได้ช่วยทำให้ระบบดังกล่าวนี้มีการตอบสนองที่ดีขึ้น อาจจะเกิดจากความละเอียดของบอร์ดเอฟพีจีเอที่ไม่เพียงพอในการคำนวณตามรูปแบบของสมการ ที่ความถี่ประมวลผลสูง 6.4 kHz (ใช้บอร์ดเอฟพีจีเอรุ่นราคาประหยัด)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Phinit S., Mark S., Liangzhong Y., and Ram P. (2008). Power System Stabilisation using STATCOM with Supercapacitors, *IEEE Industry Applications Society Annual Meeting 2008,* Alberta, Canada.

[2] Nikolaos J. and Christos M. (2017). Supercapacitor-Based Energy Recovery System With Improved Power Control and Energy Management for Elevator Applications, *IEEE Transactions on Power Electronics,* Vol. 32, pp.9389-9399.

[3] Basilio J.C. and Matos S.R. (2002). Design of PI and PID Controllers with Transient Performance Specification, *IEEE Transactions on Education,* Vol. 45, pp.364-370.

[4] Phinit S. (2010). A Technique for Duty-Cycle Prediction Using the Next Change-in Current and Error, *IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications (ISIEA 2010),* Penang, Malaysia.

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็ม

Mathematical Model of PWM based AC-DC Power Converter

ธนกฤต ศรีวิสุทธิชัย, ประสพโชค แสงโพดา, อารมย์ ผันกลาง, พินิจ ศรีธร และ มงคล ด่านบำรุงตระกูล*

หน่วยวิจัยเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตย์กรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
เลขที่ 744 ถนนสุรณารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: mongkol.da@rmuti.ac.th, โทร 044-252659

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มความเร็วและความแม่นยำของจำลองการทำงานของวงจรแปลงผันนี้ ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถจำลองการทำงานได้เร็วกว่าการใช้แบบจำลองทางไฟฟ้า และยังเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบควบคุม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เริ่มต้นจากการแปลงแบบจำลองทางไฟฟ้าไปเป็นแบบจำลองทางสวิตช์ที่ใช้สวิตช์ชิ่งฟังก์ชันนำเสนอ หลังจากนั้นใช้ตัวดำเนินการเฉลี่ยเพื่อแปลงเป็นแบบจำลองเฉลี่ยในระบบอ้างอิง a-b-c ก่อนการใช้ตัวแปลง Park เป็นแบบจำลองเฉลี่ยในระบบอ้างอิง d-q และได้ทดลองใช้แบบจำลองที่นำเสนอในโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทำงานเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางไฟฟ้า ผลลัพธ์ที่มีลักษณะสอดคล้องกันและแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ทำให้การจำลองการงานเร็วกว่าอย่างเห็นได้ชัด

คำหลัก: วงจรเรียงกระแสชนิดแบบพีเอ็มดับเบิ้ลยู, แบบจำลองเฉลี่ย, ระบบอ้างอิง d-q

Abstract

This paper presents a mathematical model of PWM based AC-DC power converter. The aims of this paper are to propose the mathematical model for quicker simulation with more precision instead of using electrical model and to be used as a controller design model. First, switching function was used to transform the electrical model of this converter to switching model. Then using average operator for further transform to average model in the a-b-c reference frame. Finally, using the Park's transformation to transform the a-b-c frame average model to be the proposed model that based on d-q reference frame. This model verification was carried out comparatively with electrical model implemented in program computer. The simulation results of both models were matched, with more faster when using the proposed model.

Keywords: PWM Boost Rectifier, Average Model, d-q Reference Frame.

1. บทนำ

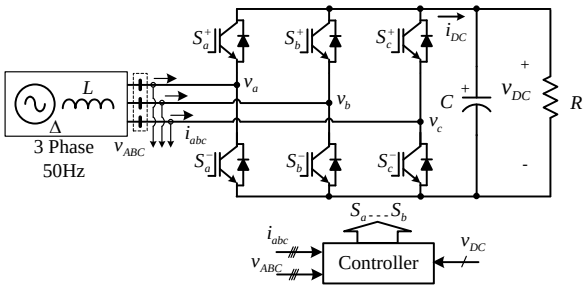
วงจรเรียงกระแสเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงผันจากไฟฟ้ากระแสสลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง วงจรเรียงกระแสดังกล่าวใช้ไดโอดเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลของกระแส แบ่งตามลักษณะของรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตได้ 2 แบบ ได้แก่ วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น และแบบเต็มคลื่น โครงสร้างของวงจรเรียงกระแสชนิดนี้จะไม่ซับซ้อนจึงได้รับความนิยมในการนำมาต่อใช้งาน แต่ข้อเสียของวงจรดังกล่าวคือ เมื่อแรงดันอินพุตลดลงจะทำให้แรงดันเอาต์พุตกระแสตรงลดลงตามไปด้วย และค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุดมีค่าเท่ากับค่ายอดของแรงดันอินพุต หากต้องการให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเพิ่มขึ้นจะต้องต่อร่วมกับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้า

กระแสตรงชนิดเพิ่มแรงดัน ทำให้ภาพรวมของวงจรมีความซับซ้อนมากขึ้น

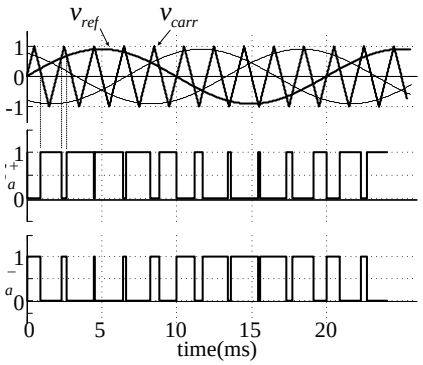
วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็มเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถสร้างแรงดันเอาต์พุตได้มากกว่าค่ายอดของแรงดันอินพุต และสามารถรักษาแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ได้ แต่เนื่องจากการใช้แบบจำลองทางไฟฟ้าของวงจรแปลงผันดังกล่าวที่ประกอบด้วยสวิตช์นั้นจะใช้เวลาในการจำลองค่อนข้างนาน และนอกจากนั้นแล้วแบบจำลองดังกล่าวยังไม่สามารถที่จะนำไปใช้ในการออกแบบระบบควบคุมได้ ดังนั้นในบทความนี้จึงได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็มเพื่อนำไปใช้ในการจำลองการทำงานและออกแบบระบบควบคุม [1-5] ได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองเฉลี่ยของวงจรอินเวอร์เตอร์และวงจรแปลงผันเอซีเป็นดีซี ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันเอซีเป็นดีซี ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

2. โครงสร้างและหลักการทำงาน

โครงสร้างของวงจรแปลงผันที่นำเสนอในบทความนี้แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย แรงดันอินพุตเป็นชนิด 3 เฟส ตัวเหนี่ยวนำ สวิตช์กำลัง ตัวเก็บประจุ โหลด และระบบควบคุม ในส่วนของสวิตช์กำลังมีลักษณะการต่อเป็นแบบ 3 กิ่ง ในแต่ละกิ่งจะมีสวิตช์จำนวน 2 ตัว สวิตช์แต่ละตัวจะทำงานไม่พร้อมกัน การกำหนดจังหวะการทำงานของสวิตช์ทั้ง 6 ตัว ใช้วิธีการ SinePWM ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 แบบจำลองทางไฟฟ้าของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็ม



รูปที่ 2 สัญญาณSinePWM

ขนาดของแรงดันเอาต์พุตกระแสตรงจะแปรผันตรงกับแรงดันอินพุต และแปรผกผันกับช่วงเวลาทำงาน ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$v_{DC} = \frac{v_i}{m_a} \tag{1}$$

เมื่อ v_i คือ ค่ายอดของแรงดันอินพุต

m_a คือ ค่าอัตราส่วนระหว่าง v_{ref} กับ v_{carr}

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็มเริ่มจากการแปลงแบบจำลองทางไฟฟ้าที่แสดงดังในรูปที่ 1 ไปเป็นแบบจำลองทางสวิตช์ได้ดังสมการที่ (2)

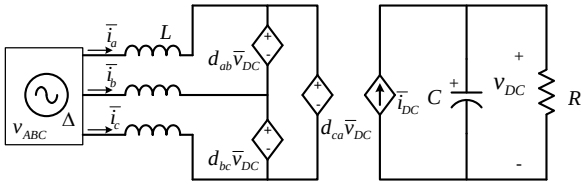
$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_{ab} \\ i_{bc} \\ i_{ca} \end{bmatrix} = \frac{1}{3L}\begin{bmatrix} v_{AB} \\ v_{BC} \\ v_{CA} \end{bmatrix} - \frac{1}{3L}\begin{bmatrix} S_{ab} \\ S_{bc} \\ S_{ca} \end{bmatrix}$$
$$\frac{dv_{DC}}{dt} = \frac{1}{C}\begin{bmatrix} S_{ab} & S_{bc} & S_{ca} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_{ab} \\ i_{bc} \\ i_{ca} \end{bmatrix} - \frac{v_{DC}}{RC} \tag{2}$$

ถัดจากนั้นทำการเปลี่ยนจากแบบจำลองสวิตช์ไปเป็นแบบจำลองเฉลี่ยโดยใช้ตัวดำเนินการเฉลี่ยดังแสดงในสมการที่ (3) แบบจำลองเฉลี่ยของวงจรแปลงกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็มในระบบอ้างอิง a-b-c แสดงดังในสมการที่ (4) และจากสมการดังกล่าวนำไปเขียนเป็นวงจรได้ดังในรูปที่ 3

$$d_{ab} = \bar{S}_{ab} = \frac{1}{T}\int_{t-T}^{t} S_{ab}(\tau)d\tau = d_a - d_b \qquad (3)$$

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix}\bar{i}_{ab}\\ \bar{i}_{bc}\\ \bar{i}_{ca}\end{bmatrix} = \frac{1}{3L}\begin{bmatrix}\bar{v}_{AB}\\ \bar{v}_{BC}\\ \bar{v}_{CA}\end{bmatrix} - \frac{1}{3L}\begin{bmatrix}d_{ab}\\ d_{bc}\\ d_{ca}\end{bmatrix}\bar{v}_{DC}$$

$$\frac{d\bar{v}_{DC}}{dt} = \frac{1}{C}\begin{bmatrix}d_{ab} & d_{bc} & d_{ca}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\bar{i}_{ab}\\ \bar{i}_{bc}\\ \bar{i}_{ca}\end{bmatrix} - \frac{\bar{v}_{DC}}{RC} \qquad (4)$$



รูปที่ 3 แบบจำลองเฉลี่ยในระบบอ้างอิง a-b-c ของวงจรแปลงผันที่นำเสนอ

และสุดท้ายทำการแปลงจากแบบจำลองเฉลี่ยในระบบอ้างอิง a-b-c ไปเป็นแบบจำลองเฉลี่ยในระบบอ้างอิง d-q โดยใช้ Park's transformation ดังแสดงในสมการที่ (5) แบบจำลองเฉลี่ยซึ่งก็คือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็มที่แสดงในระบบอ้างอิง d-q แสดงดังในสมการที่ (6) และจากสมการดังกล่าวเขียนเป็นวงจรไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 4

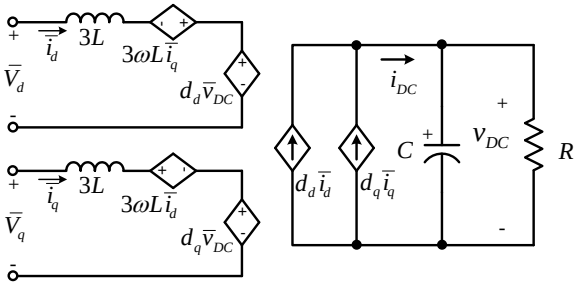
$$T_{dq0/abc} = \sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix}\cos(A) & \cos(B) & \cos(C)\\ -\sin(A) & -\sin(B) & -\sin(C)\\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2}\end{bmatrix} \qquad (5)$$

เมื่อ $A = \omega t$, $B = \omega t - 120$ และ $C = \omega t + 120$

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix}\bar{i}_d\\ \bar{i}_q\end{bmatrix} = \frac{1}{3L}\begin{bmatrix}\bar{v}_d\\ \bar{v}_q\end{bmatrix} - X\begin{bmatrix}\bar{i}_d\\ \bar{i}_q\end{bmatrix} - \frac{1}{3L}\begin{bmatrix}d_d\\ d_q\end{bmatrix}\bar{v}_{DC}$$

$$\frac{d\bar{v}_{DC}}{dt} = \frac{1}{C}\begin{bmatrix}d_d & d_q\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\bar{i}_d\\ \bar{i}_q\end{bmatrix} - \frac{\bar{v}_{DC}}{RC} \qquad (6)$$

เมื่อ $X = \begin{bmatrix}0 & -\omega\\ \omega & 0\end{bmatrix}$



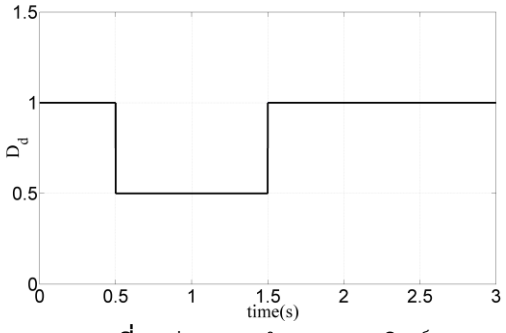
รูปที่ 4 แบบจำลองเฉลี่ยในระบบอ้างอิง d-q ของวงจรแปลงผันที่นำเสนอ

4. ผลการจำลอง

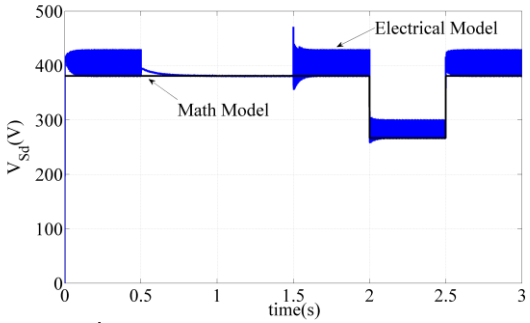
ในหัวข้อนี้นำเสนอผลการจำลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้แบบจำลองทางไฟฟ้ากับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองทางไฟฟ้าที่ใช้ในการจำลองการทำงานแสดงดังในรูปที่ 1 และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงดังในรูปที่ 4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแสดงดังในตารางที่ 1 ในการจำลองการทำงานได้กำหนดเงื่อนไขไว้ดังนี้ ที่ช่วงเวลา 0.5 ถึง 1.5 วินาที ทำการปรับลดค่าช่วงเวลาทำงานลงจาก 1 ไปเป็น 0.5pu ดังแสดงในรูปที่ 5 และที่เวลา 2 ถึง 2.5 วินาที ทำการปรับลดแรงดันอินพุตลง 0.3pu ดังแสดงในรูปที่ 6 รูปคลื่นแรงดัน และกระแสเอาต์พุตกระแสตรงที่ได้จากการจำลองโดยใช้แบบจำลองทางไฟฟ้า และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงดังในรูปที่ 7และรูปที่ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

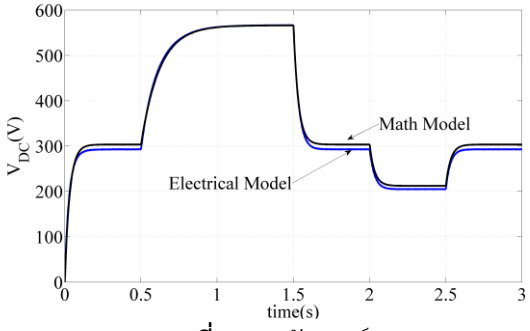
Vs	220 V
Cdc	1300 uF
Zs	6 Ohm 10 mH
Load	680 Ω



รูปที่ 5 ช่วงเวลาทำงานของสวิตช์

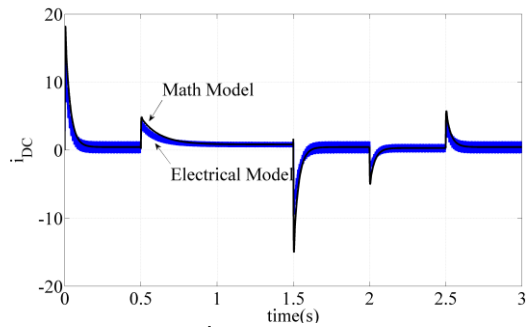


รูปที่ 6 แรงดันแหล่งจ่ายในระบบอ้างอิง d-q



รูปที่ 7 แรงดันเอาต์พุต

รูปที่ 7 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตกระแสตรง จากรูปดังกล่าวจะเห็นว่าเมื่อปรับลดช่วงเวลาทำงานลงจะทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเพิ่มขึ้น (ช่วงเวลา 0.5 -1.5 วินาที) และเมื่อแรงดันอินพุตมีค่าลดลงทำให้แรงดันเอาต์พุตกระแสตรงมีค่าลดลงด้วย (ช่วงเวลา 2-2.5 วินาที)



รูปที่ 8 กระแสเอาต์พุต

รูปที่ 8 แสดงรูปคลื่นกระแสเอาต์พุตกระแสตรง ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการจำลองที่ใช้แบบจำลองทางไฟฟ้าและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีลักษณะที่สอดคล้องกัน

5. สรุปผล

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบพีดับเบิ้ลยูเอ็ม เป็นวงจรที่สามารถสร้างแรงดันเอาต์พุตกระแสตรงได้มากกว่าค่ายอดของแรงดันอินพุต ซึ่งค่าแรงดันเอาต์พุตจะแปรผกผันกับค่าช่วงเวลาทำงาน ผลการจำลองที่ใช้แบบจำลองทางไฟฟ้า และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีลักษณะที่สอดคล้องกัน ซึ่งกล่าวได้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นมีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบควบคุมได้ นอกจากนั้นยังพบว่าการจำลองการทำงานที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าแบบจำลองทางไฟฟ้า

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Hiti S. and Boroyevich D. (1994). Control of front-end three-phase boost rectifier, *Proceeding of Applied Power Electronics Conference and Exposition APEC '94*, Orlando, FL, pp. 927-933,

[2] Yacoubi L., Fnaiech F., Dessaint L. A. and Al-Haddad K. (2001). Adaptive nonlinear control of a three-phase three-level neutral point clamped rectifier, *Proceeding of Industry Applications Conference, 2001. Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE*, Chicago, IL, USA, pp. 619-625.

[3] Pan C. T. and Liao Y. H. (2008). Modeling and Control of Circulating Currents for Parallel Three-Phase Boost Rectifiers With Different Load Sharing, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55(7), pp. 2776-2785,

[4] Wang R. and Liu J. (2009). Redefining a New-Formed Average Model for Three-Phase Boost Rectifiers/ Voltage Source Inverters, *Proceeding of Applied Power Electronics Conference and Exposition APEC 2009*, Washington, DC, pp. 1680-1686.

[5] Huber L., Kumar M. and Jovanović M. M. (2015) . Implementation and performance comparison of five DSP-based control methods for three-phase six-switch boost PFC rectifier, *Proceeding of Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC) 2015,* IEEE, Charlotte, NC, pp. 101-108.

การประเมินประสิทธิภาพวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ความถี่สวิตช์ชิ่งต่างกัน

DC-DC Boot Power Converter Performance Evaluation at Different Switching Frequency

ธนกฤต ศรีวิสุทธิชัย, ณัฐพร เที่ยงกระโทก, สุรศักดิ์ เศรษโฐ, พินิจ ศรีธร และ มงคล ด่านบำรุงตระกูล*

หน่วยวิจัยเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตย์กรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
เลขที่ 744 ถนนสุรณารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: mongkol.da@rmuti.ac.th, โทร 044-252659

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินประสิทธิภาพวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ความถี่ของการแปลงผันต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอข้อมูลกำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะนำกระแสและประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันนี้ขณะทำงานตามหลักการแปลงผันสวิตช์ที่ความถี่อยู่ในย่าน 0.5 ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับอัตโนมัติสำหรับรักษาแรงดันเอาต์พุตให้คงที่เพื่อทำให้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตให้คงที่ตลอดการเปรียบเทียบที่โหลดเดียวกัน โดยประกอบสร้างชุดทดสอบที่ใช้เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของวงจรในแต่ละความถี่ของการแปลงผันสวิตช์ดังกล่าว ผลการทดสอบโดยรวมแสดงให้เห็นว่าในช่วงความถี่ของการแปลงผันต่ำกว่า 1 กิโลเฮิรตซ์ วงจรแปลงผันจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าขณะทำงานที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์เล็กน้อย เมื่อเพิ่มความถี่สูงขึ้นประสิทธิภาพก็จะสูงขึ้นตาม แต่เมื่อความถี่สูงขึ้นเป็นประมาณ 5 ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ ประสิทธิภาพของวงจรจะเท่ากัน และยังชี้ให้เห็นว่า หากโหลดสูงขึ้นประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าชนิดนี้ก็จะสูงตาม

คำหลัก: ประสิทธิภาพวงจรแปลงผัน ความถี่การแปลงผัน กำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะนำกระแส

Abstract

This article presents the DC-DC boost power converter performance evaluation at different switching frequency, aiming to determine the PWM switching based power converter performance operating at 0.5-10 kHz switching frequency range, related to conduction loss. For comparison, output voltage is regulated in order to keep the output power remained constant at the same load for every switching frequency. From the results, it is clear that when the converter was operated at switching frequency lower than 1 kHz its performance seemed to be slightly higher than that of at 1 kHz; and when switching frequency was increased, the performance was also increased clearly. However, after that, when reaching a range of 5-10 kHz the power performance was seemed to be remained at the same value. The results also indicate that this converter performance will increase when the load is increased.

Keywords: Converter performance, Switching frequency, Conduction loss.

1. บทนำ

ปัจจุบันวงจรแปลงผันแรงดันส่วนใหญ่อาศัยหลักการแปลงผันสวิตช์ในลักษณะการปรับความกว้างของพัลส์ (PWM) และใช้ไอจีบีทีเป็นสวิตช์กำลังหลักในการแปลงผัน และเป็นที่ทราบดีว่ากระบวนการแปลงผันสวิตช์ หรือที่เรียกว่า หลักการสวิตช์ชิ่ง (Switching topology) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ซึ่งกำลังไฟฟ้าสูญเสียดังกล่าวมีอยู่ 2 ประเภทคือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดจากการทำงานทับซ้อนกันของสวิตช์ หรือปรากฏการณ์ที่สวิตช์บางตัวยังหยุดการทำงานได้ไม่เต็มที่ แต่มีสวิตช์อีกตัวทำงานและมีกระแสไหล เป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ที่เรียกว่า Switching loss และ

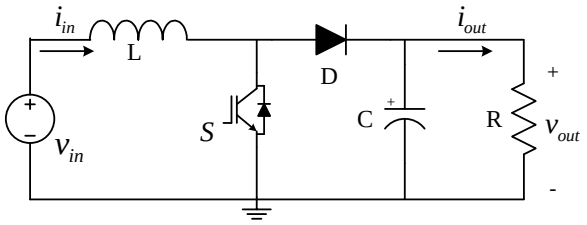
กำลังไฟฟ้าสูญเสียอีกประเภทหนึ่งเกิดขึ้นขณะที่สวิตช์ต่อวงจร (ON) และมีกระแสไหลผ่าน โดยที่ตัวสวิตช์เองมีค่าความต้านทานภายใน (Rin) จึงเกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากความร้อน (I^2R) ขึ้นได้ ดังมีรายละเอียดใน [1-5]

วงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีแบบเพิ่มแรงดัน เป็นอีกวงจรที่นิยมใช้หลักการแปลงผันสวิตช์ และเกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียดังกล่าว และเมื่อความถี่ของการแปลงผันหรือ Switching frequency (fs) เปลี่ยนไป ก็จะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียเปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกำลังไฟฟ้าสูญเสียดังกล่าว เมื่อพิจารณาตามค่าความถี่สวิตช์นั้นไม่เป็นเชิงเส้น จึงทำให้การประยุกต์ใช้งานไม่สามารถคาดเดาได้ว่าระบบ นั้น ๆจะเกิดประสิทธิภาพการทำงานอย่างไร

บทความนี้จึงนำเสนอการประเมินประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีแบบเพิ่มแรงดันที่ความถี่สวิตช์ชิ่งที่แตกต่างกัน โดยการทดสอบปรับระบบควบคุมการทำงานที่ความถี่สวิตช์ค่าต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.5 kHz - 10 kHz และควบคุมให้กำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตคงที่ แล้ววัดกำลังไฟฟ้าด้านอินพุตเพื่อระบุประสิทธิภาพ โดยให้มีการปรับการทำงานเป็นค่าต่าง ๆดังจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

2. โครงสร้างและหลักการทำงาน

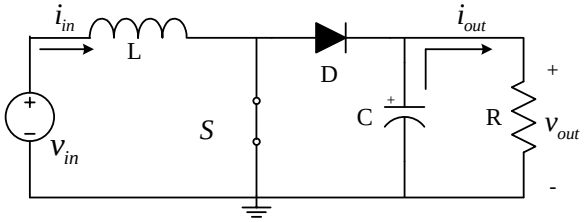
การแปลงผันด้วยวงจรบูสต์เพาเวอร์คอนเวอเตอร์นี้จะใช้ตัวเหนี่ยวนำ (L) เป็นตัวกลางในการนำส่งกำลังไฟฟ้าจากด้านอินพุตไปยังเอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ 1 โดยที่ปริมาณของกำลังไฟฟ้านี้จะถูกควบคุมด้วยช่วงเวลาการไหลของกระแส (i_{in}) ผ่านตัวเหนี่ยวนำ และการไหลของกระแสนี้ก็จะถูกควบคุมโดยตรงจากช่วงเวลาการทำงานของไอจีบีทีหนึ่งคาบเวลาที่แปรตามความถี่ของการสวิตช์ชิ่ง



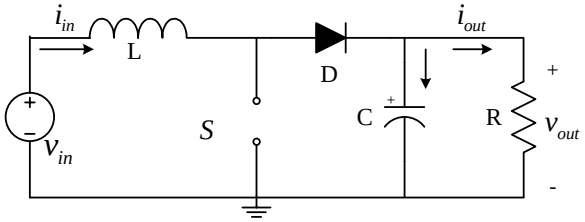
รูปที่ 1 วงจรบูสต์เพาเวอร์คอนเวอเตอร์

การทำงานของวงจรบูสต์เพาเวอร์คอนเวอเตอร์เป็นการทำให้แรงดันเอาต์พุต (v_{out}) มีขนาดสูงกว่าแรงดันอินพุต (v_{in}) โดยการใช้ตัวเก็บประจุ (C) เป็นที่รองรับและสะสมพลังงานที่ไหลมาจากด้านอินพุต เมื่อตัวเก็บประจุสะสมพลังงานมากขึ้นก็จะทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุสูงขึ้น แรงดันนี้คือ แรงดันเอาต์พุตที่นำไปใช้งาน ในวงจรใช้ไดโอด (D) เป็นองค์ประกอบที่ป้องกันไม่ให้พลังงานที่สะสมไว้ในตัวที่เก็บประจุถูกคายย้อนกลับมายังด้านอินพุต แต่จะยอมให้เกิดการคายพลังงานไปได้เฉพาะในทิศทางของกระแสโหลดในช่วงเวลาที่ไม่มีกำลังไฟฟ้าไหลมาจากอินพุต จึงกล่าวได้ว่าพลังงานจากตัวเก็บประจุนี้จะช่วยทำให้แรงดันเอาต์พุตเรียบใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และในสภาวะดังกล่าวนี้ตัวเหนี่ยวนำก็จะสะสมพลังงานดังแสดงในรูปที่ 2

ในสภาวะที่สวิตช์เปิดวงจร ตัวเหนี่ยวนำก็จะคายพลังงานออกมาเป็นกระแส ที่ไหลไปยังโหลดและไหลไปยังตัวเก็บประจุผ่านไดโอดดังที่แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นสภาวะที่ตัวเก็บประจุสะสมพลังงานและโหลดก็ได้รับพลังงานจากด้านอินพุต



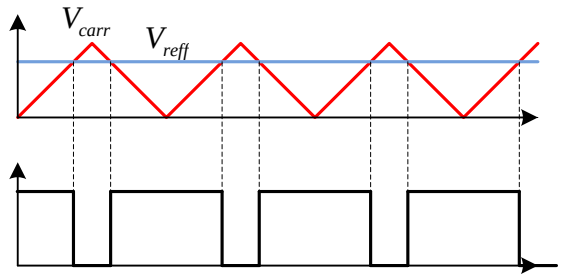
รูปที่ 2 วงจรบูสต์เพาเวอร์คอนเวอเตอร์ขณะที่ไอจีบีทีนำกระแส



รูปที่ 3 วงจรบูสต์เพาเวอร์คอนเวอเตอร์ขณะที่ไอจีบีทีไม่นำกระแส

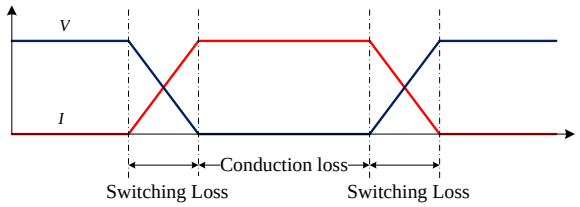
ในการกำหนดช่วงเวลาของการนำและหยุดนำกระแสของไอจีบีที ใช้วิธีการปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM) ซึ่งเกิดจากการนำสัญญาณสามเหลี่ยมมาเปรียบเทียบกับ

สัญญาณอ้างอิง โดยความกว้างของพัลส์นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณอ้างอิง เรียกว่า คาบเวลาการทำงาน (Duty Cycle) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปรับความกว้างสัญญาณพัลส์แบบ PWM

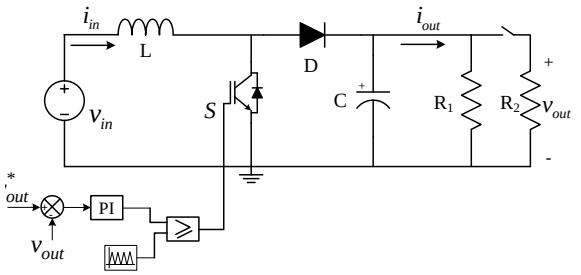
กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีมีด้วยกัน 2 ส่วน ได้แก่ กำลังไฟฟ้าฟ้าสูญเสียที่เกิดจากการสวิตช์ (Switching loss) การสูญเสียจากการสวิตช์เกิดขึ้นสองช่วงเวลาได้แก่ ช่วงเวลาขณะเริ่มนำกระแส (Turn-on loss : Wloss,on) และช่วงเวลาขณะเริ่มหยุดนำกระแส (Turn-off loss : Wloss,off) กำลังไฟฟ้าสูญเสียอีกส่วนหนึ่งได้แก่ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขณะที่สวิตช์นำกระแส ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่แปรตามกระแสกำลังสองและค่าความต้านทาน กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีแสดงดังในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซี

3. จำลองการทำงาน

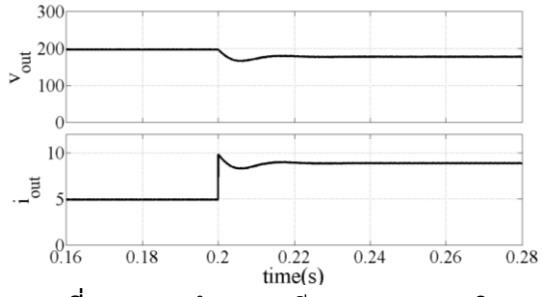
วงจรที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีแสดงดังในรูปที่ 6 และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแสดงดังในตารางที่ 1 ผลการจำลองแสดงดังในรูปที่ 7 และรูปที่ 8



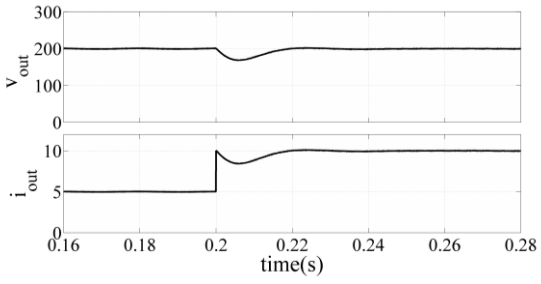
รูปที่ 6 วงจรที่ใช้ในจำลองการทำงานของการแปลงผันดีซีเป็นดีซี

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

Vin	100 V
C	470 uF
L	1 Ohm 5 mH
R_1	40 Ω
R_2	40 Ω



รูปที่ 7 ผลการจำลองกรณีควบคุมแบบลูปเปิด



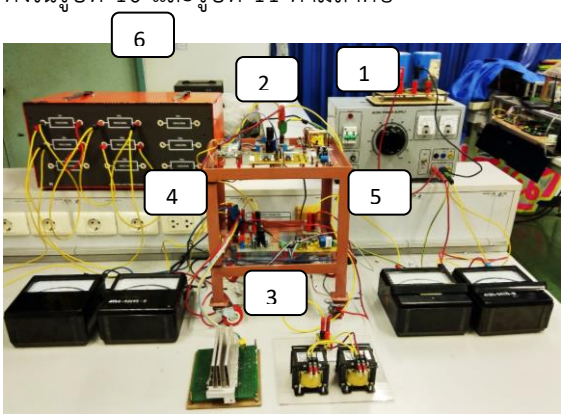
รูปที่ 8 ผลการจำลองกรณีควบคุมแบบลูปปิด

รูปที่ 7 แสดงผลการจำลองการทำงานกรณีควบคุมแบบลูปเปิด โดยในช่วงแรกทำการจ่ายโหลด R_1 มีกระแสไหลเท่ากับ 5 แอมป์ และที่เวลา 0.2 วินาที เพิ่มโหลด R_2 เป็นผลให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง ส่วนรูปที่ 8 แสดงผลการจำลองกรณีควบคุมแบบลูปปิด ขณะทำการเพิ่มโหลด ตัวควบคุมจะทำการปรับความกว้างของพัลส์เพื่อรักษาแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ ซึ่งในการทดสอบหา

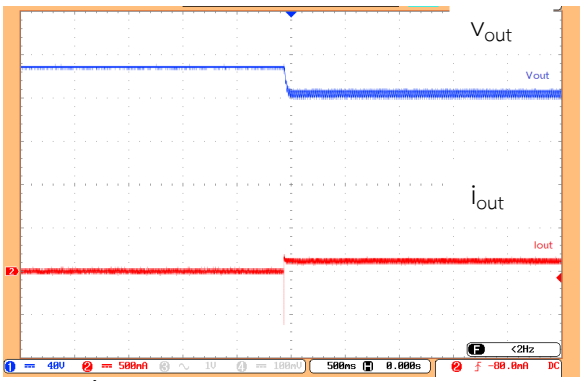
ประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันที่ความถี่สวิตช์ และค่าโหลดต่างๆ ตัวแปรหนึ่งที่ต้องควบคุม คือ จะต้องรักษาแรงดันเอาต์พุตให้คงที่เพื่อเป็นการควบคุมกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตให้คงที่

4. ผลการทดสอบ

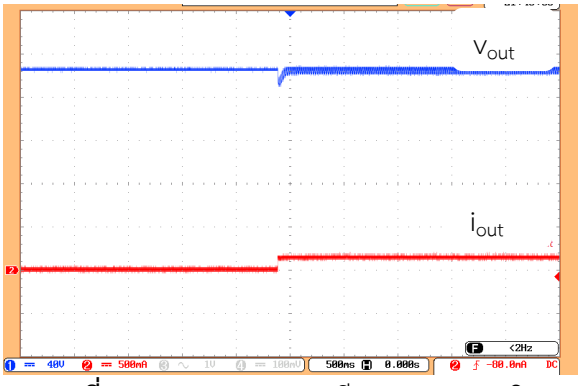
ชุดสาธิตสำหรับทดสอบหาประสิทธิภาพด้านกำลังไฟฟ้าของวงจรที่นำเสนอ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (1) สวิตช์ไอจีบีที (2) ตัวเหนี่ยวนำ (3) ตัวเก็บประจุ (4) ไดโอด (5) และโหลดตัวต้านทาน (6) ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งสอดคล้องกับวงจรที่ใช้ในการจำลองในรูปที่ 6 แรงดันอินพุตที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 100 โวลท์ และแรงดันเอาต์พุต 200 โวลท์ ผลการทดสอบแบบลูปเปิด และแบบลูปปิดแสดงดังในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 ตามลำดับ



รูปที่ 9 ชุดสาธิตวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีแบบเพิ่มแรงดัน

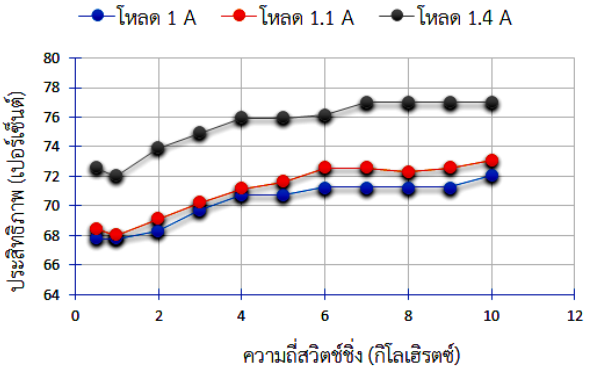


รูปที่ 10 ผลการทดสอบกรณีควบคุมแบบลูปเปิด



รูปที่ 11 ผลการทดสอบกรณีควบคุมแบบลูปปิด

ทำการประเมินประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซีที่ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับเพื่อรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ โดยทำการทดสอบที่กระแสโหลดในช่วง 1.0, 1.1 และ 1.4 แอมป์ และปรับความถี่สวิตช์ชิ่งจาก 0.5 kHz ถึง 10 kHz ผลการประเมินประสิทธิภาพดังแสดงในรูปที่ 12 และตารางที่ 2



รูปที่ 12 ผลการประเมินประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันดีซีเป็นดีซี

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพ

ความถี่ (kHz)	ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)		
	โหลด 1.0 A	โหลด 1.1 A	โหลด 1.4 A
0.5	67.81	68.49	72.57
1	67.81	68.06	72.00
2	68.28	69.14	73.92
3	69.72	70.26	74.92
4	70.71	71.18	75.95
5	70.71	71.64	75.95

ความถี่ (kHz)	ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)		
	โหลด 1.0 A	โหลด 1.1 A	โหลด 1.4 A
6	71.22	72.60	76.15
7	71.22	72.60	77.00
8	71.22	72.36	77.00
9	71.22	72.60	77.00
10	72	73.09	77.00

5. สรุป

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่นำเสนอในบทความนี้เป็นวงจรแปลงผันที่สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกระแสตรงได้สูงกว่าแรงดันอินพุต ใช้การควบคุมแบบลูปปิดเพื่อรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าคงที่ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในช่วงความถี่สวิตช์ต่ำกว่า 1 กิโลเฮิรตซ์ วงจรแปลงผันจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความถี่สวิตช์ 1 กิโลเฮิรตซ์เล็กน้อย และเมื่อเพิ่มความถี่สวิตช์สูงขึ้นประสิทธิภาพก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามในช่วงความถี่สวิตช์ประมาณ 5 ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ ประสิทธิภาพของวงจรจะมีค่าใกล้เคียงกัน ผลการทดสอบยังชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพแปรตามขนาดโหลด โหลดมีค่าเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพก็สูงขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Jaschke R. (2007). Conduction Losses in DC/ DC-Converters as buckboost/ boostbuck synchronous rectifier types, *Proceeding of Compatibility in Power Electronics*, Gdansk, Poland, 2007, pp. 1-10.

[2] Nymand M. and Andersen M. A. E. (2008). A new approach to high efficiency in isolated boost converters for high-power low-voltage fuel cell applications, *Proceeding of 13th International Power Electronics and Motion Control Conference*, Poznan, Poland, pp. 127-131.

[3] Divya Navamani J., Lavanya A., Vijayakumar K. and Navauga. (2013). Comparison of efficiencies of interleaved boost converter for reenergy storage system, *Proceeding of International Conference on Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE)*, Chennai, India, pp. 357-361.

[4] Rafiq M., Mohammed F. U. H., Yaqoob M. and Thiringer T. (2013). Analysis of power losses and efficiency up to 60 kW DC-DC converter for hybrid electric vehicle with different inductive core materials, *Proceeding of IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Taipei, Taiwan, pp. 1-5.

[5] Xue F., Yu R. and Huang A. Q. (2016). Loss analysis of a high efficiency GaN and Si device mixed isolated bidirectional DC-DC converter, *Proceeding of IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, Long Beach, California, USA , pp. 3677-3683.

การพัฒนาระบบให้คำแนะนำสำหรับอาการป่วยของแมวโดยใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจ

Suggestion system Development for the symptoms of the cat using Decision tree

ภูริวัฒ ธัญหมอ และ สุทธิกานต์ นุติธรรมนิตย์, วุฒิชัย ปวงมณี*

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
169 หมู่ 3 ตำบลหนองแก๋ว อำเภอหางดงจังหวัดเชียงใหม่ 50230
*ผู้ติดต่อ: wutichai@northcm.ac.th, 0-5381-9999, 0-5381-9998

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและออกแบบระบบการให้คำแนะนำอาการป่วยของแมว เพราะแมวจัดอยู่ในกลุ่มของสัตว์เลี้ยงที่ใกล้ชิดกับมนุษย์มากที่สุดอีกชนิดหนึ่ง เพื่อให้ผู้เลี้ยงสามารถใช้วิธีการสังเกตความผิดปกติหรือการแสดงอาการของแมวสำหรับนำไปรักษาได้อย่างทันท่วงที จึงเสนอการพัฒนาระบบให้คำแนะนำอาการป่วยของแมว โดยที่ผู้เลี้ยงสามารถทำการระบุอาการป่วยของแมวที่แสดงออกมาจากการสังเกต โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงข้อมูลให้ทราบถึงอาการบาดเจ็บหรืออาการป่วยของแมวและวิธีดูแลปฐมพยาบาลเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการดูแลปฐมพยาบาลหรือกรณีที่มีอาการรุนแรงมากต้องรีบส่งไปให้สัตวแพทย์ทำการรักษา เพราะบางอาการมีความเสี่ยงในการเป็นพาหะมายังผู้เลี้ยง โดยใช้วิธี Decision Tree ในการจำแนกประเภทข้อมูลอาการบาดเจ็บและอาการป่วยของแมว ผลการทดลองอาการป่วยของแมว 25 อาการและการหาประสิทธิภาพด้วยวิธี fold cross-validation ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกคิดเป็นร้อยละ 96

คำหลัก: การให้คำแนะนำ, การจำแนก, ต้นไม้ตัดสินใจ

Abstract

This article aimed to develop and design suggestion system to the symptoms of the cat because cats were classified in the group of pets that most closely with the human. In order for the pet owners could observe disorders or symptoms of cat for timely treatment. The proposed to develop the suggestion system of cat symptoms by the pet owners could identify symptoms of cat that expressed from the observation. The results will display information about injuries or symptom of cats and how to keep your cat first aid. To use as the information on first aid care or cases that had very severe symptoms need to hurry to a veterinarian for treatment. Because some of the symptoms were the risks of carrier to the pet owners by using Decision Tree in classifying injuries and symptom of cats. Experimental results of cat symptoms 25 performance and finding the efficiency by the cross-validation method. The value of accuracy of the classification calculated as 96%.

Keywords: suggestion, classification, decision tree

1. บทนำ

แมวจัดอยู่ในกลุ่มของสัตว์เลี้ยงที่ใกล้ชิดกับมนุษย์มากที่สุดอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ที่เริ่มเลี้ยงแมวจะไม่มีความเข้าใจถึงอาการผิดปกติของแมวเมื่อเกิดอาการเจ็บป่วย การแสดงท่าทางหรือมีอาการผิดปกติ จะขาดการสังเกตเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่เคยเลี้ยงมาก่อน ความเข้าใจพฤติกรรมของแมว สามารถสังเกตอาการที่สำคัญจากแมว [1-2] ซึ่งอาจจะไม่ทราบว่าอาการบาดเจ็บหรืออาการเจ็บป่วยของแมวมีอาการเช่นไรและแสดงออกแบบไหน อาทิเช่น การเกาผิวหนัง อาการบาดเจ็บ การหายใจที่ผิดปกติ โดยการแสดงออกทั้งหมดมีผลที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคต่างๆ [3] มีการวินิจฉัยเชื้อราก่อโรคที่พบได้บ่อยในแมว และ [4] 10 อาการที่พบได้บ่อยในแมวที่มีปัญหาโรคหัวใจ ซึ่งผู้ที่เลี้ยงแมวควรมีความรู้และเข้าใจถึงวิธี

รับมือกับอาการที่เกิดขึ้น ก่อนตัดสินใจนำแมวไปพบสัตวแพทย์

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ข้อมูลอาการป่วยและอาการบาดเจ็บของแมวแต่ละอาการ มีการแสดงออกหลายอาการและหลายสาเหตุด้วยกัน จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบให้คำแนะนำอาการป่วยหรืออาการบาดเจ็บของแมว โดยใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ในการเลือกตัวแปร (Attribute) ที่มีความสำคัญที่สามารถช่วยจำแนกข้อมูลออกมา เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิธีการดูแลที่เหมาะสมตลอดจนวิธีปฏิบัติกับอาการป่วยหรืออาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้เลี้ยงแมวปฏิบัติได้ถูกต้องก่อนนำไปรักษากับสัตวแพทย์ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อช่วยให้ผู้เลี้ยงแมวสามารถตัดสินใจในการปฐมพยาบาลแมวเบื้องต้น ก่อนนำไปรักษากับสัตวแพทย์ โดยใช้วิธี Decision Tree ในการจำแนกข้อมูลอาการบาดเจ็บและอาการเจ็บป่วยของแมว

3. ขอบเขตการศึกษา

สามารถวิเคราะห์อาการบาดเจ็บและอาการเจ็บป่วยของแมว 25 อาการ ประกอบด้วย พฤติกรรมทั่วไป อาการเซื่องซึม เสียงเปลี่ยนแปลง การบาดเจ็บเลือดออก ปัญหาที่ตา ปัญหาที่หู การเกาผิดหนังและขนร่วง ก้นบวมและอาการปวด ขาเจ็บและการเดินกะเผลก การสูญเสียการทรงตัว การชักเกร็งและชักกระตุก ความผิดปกติที่จมูกและอาการจาม อาการไอ หายใจติดขัดและหายใจไม่ออก กลิ่นปาก ปัญหาด้านการหายใจ

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล

เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Decision Tree [5] เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการช่วยตัดสินใจโดยการใช้โครงสร้างกราฟที่มีลักษณะคล้ายต้นไม้ ในการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ทั้งปัญหาแบบไบนารี (Binary Classes) และปัญหาแบบหลายคลาส (Multiple Classes) และสามารถนำไปใช้แสดงโครงสร้างข้อมูลในฐานข้อมูล (Database) เพื่อความรวดเร็วในการสืบค้นหรือการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการใช้ต้นไม้ตัดสินใจกับปัญหาด้านการจำแนกประเภท (Classification) เริ่มแรกพัฒนาขึ้นโดย J.R. Quinlan ในปี 1993 และเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย [6-9] เนื่องจากสามารถแปลความหมายและเข้าใจง่าย โดยเริ่มจากการเลือก แอตทริบิวต์ที่มีความสัมพันธ์กับคลาสมากที่สุดขึ้นมาเป็นโหนดบนสุดของต้นไม้ (Root Node) หลังจากนั้นก็จะหาแอตทริบิวต์ถัดไปเรื่อยๆ ในการหาความสัมพันธ์ของ แอตทริบิวต์จะใช้ตัววัด ที่เรียกว่า information Gain (IG) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$IG(parent,child)= Entropy(parent) - [p(c1) \times Entropy(c1) + p(c2) \times Entropy(c2)...] \quad (1)$$

โดยที่ Information Gain (IG) คือ ค่าที่ช่วยในการเลือกลักษณะประจำที่เหมาะสมในแต่ละโหนด

Entropy หรือ H(s) คือ ปริมาณที่บ่งบอกความไม่แน่นอน และ Entropy(c2)=-p(c1)log p(c1)

p(c1) คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่า (c1)

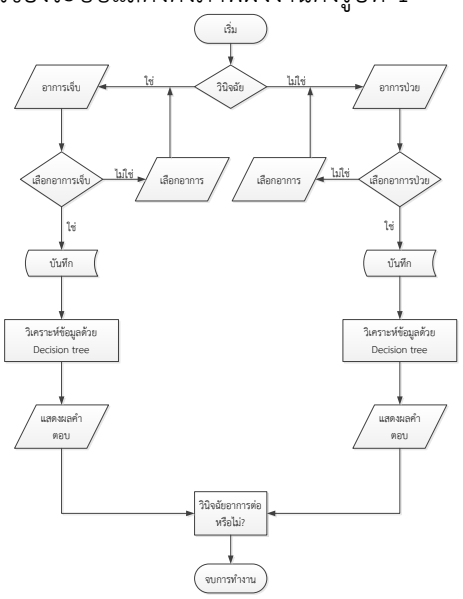
p(c2) คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่า (c2)

ซึ่ง Entropy(c2)=-p(c1)log p(c1) และ p(c1) คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่า c1 ซึ่งค่า Entropy จะใช้ในการวัดความแตกต่างของข้อมูล ถ้ามีความแตกต่างน้อยค่า Entropy จะมีค่าต่ำ แต่ถ้ามีความแต่งต่างกันมากค่า Entropy จะมีค่าสูง ดังนั้นถ้าข้อมูล Entropy ของโหนดลูก (Child) สามารถแบ่งแยกข้อมูลได้ดี จะมีค่า Entropy ต่ำและจะทำให้ค่า IG มีค่าสูงเมื่อกับโหนดบน (Parent) โดยขั้นตอนการสร้างโมเดลของ Decision Tree จะคำนวณค่า IG ของแต่ละแอตทริบิวต์เทียบกับคลาส เพื่อหาแอตทริบิวต์ที่มีค่า IG มากที่สุดเป็น Root

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานเพื่อพัฒนาระบบให้คำแนะนำอาการป่วยของแมวโดยใช้ทฤษฎีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยศึกษาอาการบาดเจ็บและอาการเจ็บป่วยของแมวจาก [1-2] ดังนั้นหากมีช่องทางในการหาข้อมูลและให้คำแนะนำอาการป่วยของแมวแก่ผู้เลี้ยงเพื่อให้เกิดความเข้าใจพฤติกรรมของแมว สามารถสังเกตอาการที่สำคัญ ซึ่งในการออกแบบประกอบด้วย 2 ส่วน

คือ ผู้ใช้งานทั่วไปและเจ้าหน้าที่ดูแลระบบ โดยการทำงานของระบบแสดงดังภาพผังงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผังงานระบบให้คำแนะนำอาการป่วยของแมวโดยใช้ทฤษฎีต้นไม้ตัดสินใจ

ในการสร้างโมเดลต้นไม้ตัดสินใจ จะคัดเลือกแอตทริบิวต์ที่มีความสัมพันธ์กับคลาสมากที่สุด ขึ้นมาเป็นโหนดบนสุดของต้นไม้ (Root Node) จากนั้นก็จะหาแอตทริบิวต์ถัดไปเรื่อยๆ การคำนวณหาค่า Information Gain (IG) สำหรับเลือกลักษณะประจำเซตของข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับอาการป่วยและอาการบาดเจ็บของแมว โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์และเลือกจากค่าที่มากที่สุด ดังข้อมูลตัวอย่างตารางที่ 1 การแสดงอาการแบบต่างๆ และสาเหตุต่าง ๆ ของอาการ

ลำดับ	แมวมีอาการหอบอย่างรุนแรงหรือไม่ มีคราบติดที่บริเวณปากของแมว	แมวมีตัวร้อนหรือไม่	แมวพึ่งคลอดลูกหรือไม่	แมวหายใจแผ่ว กล้ามเนื้อกระตุก หรือเหงือกมีสีแดงจัดหรือไม่?	แมวหายใจสั้น และแสดงอาการช็อค หรือบาดเจ็บ เรื่องซึม มีไข้	สาเหตุของอาการป่วย หรืออาการบาดเจ็บ
1	ใช่	ใช่	ไม่	ไม่	ไม่	อาจเป็นลมชักมีอุณหภูมิร่างกายสูงเกินไป ควรทำให้แมวตัวเย็นทันที
2	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่	ไม่	อาจมีแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำ
3	ไม่	ไม่	ไม่	ใช่	ไม่	อาจเป็นพิษจากคาร์บอนมอนนอกไซด์
4	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ใช่	อาจได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ โลหิตจางช่องอกผิดปกติ

ตารางที่ 1 ปัญหาและอาการด้านการหายใจของแมว

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังตารางที่ 1 สาเหตุของอาการป่วยหรืออาการบาดเจ็บ มีทั้งหมด 4 อาการ เมื่อพิจารณาแอตทริบิวต์แรกจะได้

1. อาการหอบอย่างรุนแรง

ใช่(2) --> อุณหภูมิ(1), แคลเซียม(1)

$$H(\text{ใช่}) = -\frac{1}{2}\log_2\left(\frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2}\log_2\left(\frac{1}{2}\right) = 1$$

ไม่ใช่(2) --> คาร์บอน(1), ออกซิเจน(1)

$$H(\text{ไม่ใช่}) = -\frac{1}{2}\log_2\left(\frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2}\log_2\left(\frac{1}{2}\right) = 1$$

IG (อาการหอบอย่างรุนแรง)

$$H(s) - \left(\frac{2}{4}\right)(1) - \left(\frac{2}{4}\right)(1) = 1$$

2. อาการแมวมีอาการตัวร้อน

ใช่(1) --> อุณหภูมิ(1)

H(ใช่) $= -\frac{1}{1}\log_2\left(\frac{1}{1}\right) = 0$

ไม่ใช่(3) --> แคลเซียม(1),คาร์บอน(1),ออกซิเจน(1)

H(ไม่ใช่) =

$$-\frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) = 1.5849$$

IG(อาการตัวร้อน) =

$$H(s) - \left(\frac{1}{4}\right)0 - \left(\frac{3}{4}\right)(1.5849) = 0.8113$$

3. อาการแมวเพิ่งคลอดลูก

ใช่(1) --> แคลเซียม(1)

H(ใช่) $= -\frac{1}{1}log_2\left(\frac{1}{1}\right) = 0$

ไม่ใช่(3) --> อุณหภูมิ(1), คาร์บอน(1), ออกซิเจน(1)

H(ไม่ใช่) $= -\frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right)$

$=1.5849$

IG(อาการแมวเพิ่งคลอดลูก) =

$$H(s) - \left(\frac{1}{4}\right)0 - \left(\frac{3}{4}\right)(1.5849) = 0.8113$$

4. อาการแมวหายใจแผ่ว กล้ามเนื้อกระดุก

ใช่(1) --> คาร์บอน(1)

H(ใช่) $= -\frac{1}{1}log_2\left(\frac{1}{1}\right) = 0$

ไม่ใช่(3) --> อุณหภูมิ(1),แคลเซียม(1),ออกซิเจน(1)

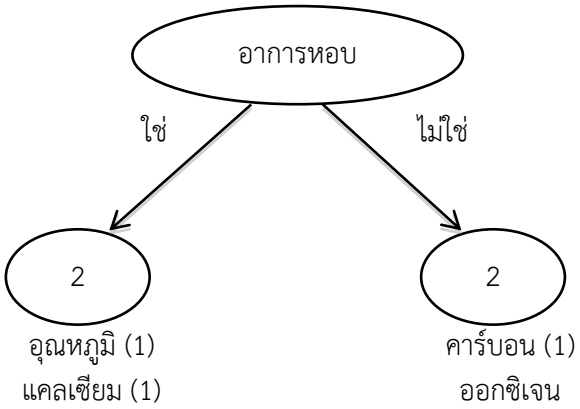
H(ไม่ใช่) =

$$-\frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{1}{3}log_2\left(\frac{1}{3}\right) = 1.5849$$

IG(อาการแมวหายใจแผ่ว กล้ามเนื้อกระดุก)=

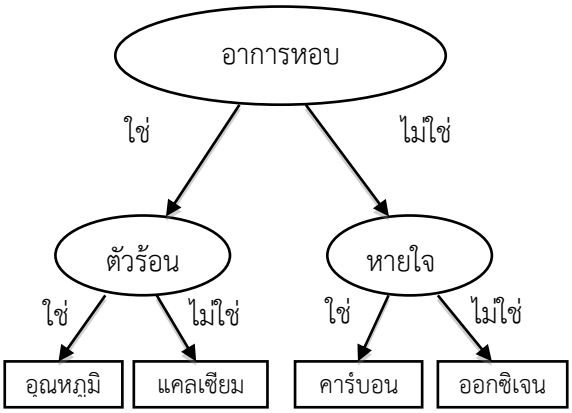
$$H(s) - \left(\frac{1}{4}\right)0 - \left(\frac{3}{4}\right)(1.5849) = 0.8113$$

ดังนั้นโหนดบนสุดที่ได้จากการคำนวณ เป็นอาการหอบรุนแรง เนื่องจากมีค่า IG สูงที่สุดเท่ากับ 1 และนำมาสร้างเป็นแผนภาพของต้นไม้ตัดสินใจได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพต้นไม้ตัดสินใจอาการหอบ

จากรูปที่ 2 หาค่า IG ด้วยขั้นตอนและวิธีแบบเดิม ซึ่งมีค่าเท่ากันทั้ง 2 โหนด คือ แมวมีอาการตัวร้อนและแมวเพิ่งคลอดลูก เท่ากับ 1 จึงสามารถเลือกโหนดใดก็ได้ โดยสามารถนำมาเขียนต่อจากโหนดด้านซ้าย ต่อจากอาการหอบ (ใช่) จากการคำนวณ เป็นอาการตัวร้อน นำมาสร้างเป็นแผนภาพของต้นไม้ตัดสินใจได้ดังรูปที่ 3



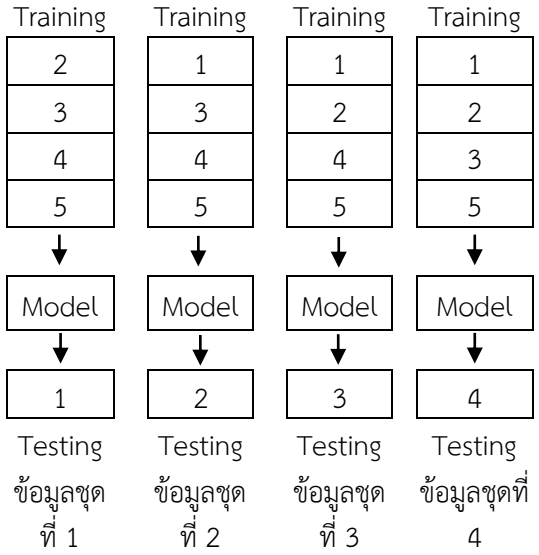
รูปที่ 3 แผนภาพต้นไม้ตัดสินใจอาการหอบ

จากรูปที่ 3 เมื่อคำนวณค่า IG ของแต่ละแอตทริบิวต์เทียบกับคลาสเพื่อหาแอตทริบิวต์ที่มีค่า IG มากที่สุดมาเป็น Root บนสุด คืออาการหายใจ (ไม่ใช่) และสามารถทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลตารางที่ 1

5. ผลการดำเนินงาน

5.1 ทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลใช้วิธี 4-fold cross-validation

โดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 4 แต่ละส่วนมีจำนวนข้อมูลเท่าๆ กัน หลังจากนั้นข้อมูลหนึ่งส่วนจะใช้เป็นตัวทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลโดยมีรายละเอียดของข้อมูลในการทดสอบจะใช้ข้อมูล ดังตารางที่ 1



รูปที่ 4 ตัวอย่างการแบ่งข้อมูล

จากข้อมูลตารางที่ 1 เป็นปัญหาด้านการหายใจ โดยจะวิเคราะห์อาการที่พบซึ่งเกี่ยวกับการหายใจ และนำไปสู่การวินิจฉัยสาเหตุของอาการ ซึ่งในตารางนี้จะยกตัวอย่างปัญหาด้านการหายใจมา 4 สาเหตุ เป็น 4 ชุดข้อมูล โดยการแบ่งข้อมูลการฝึกสอน (Training) เป็น 4 ส่วนที่มีจำนวนเท่าๆ กันจากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล 4 ครั้งดังนี้

ชุดที่ 1 ใช้ข้อมูลส่วนที่ 2, 3, 4 และ 5 สร้างโมเดลและใช้โมเดลทำนายข้อมูลส่วนที่ 1 เพื่อทำการทดสอบ

ชุดที่ 2 ใช้ข้อมูลส่วนที่ 1, 3, 4 และ 5 สร้างโมเดลและใช้โมเดลทำนายข้อมูลส่วนที่ 2 เพื่อทำการทดสอบ

ชุดที่ 3 ใช้ข้อมูลส่วนที่ 1, 2, 4 และ 5 สร้างโมเดลและใช้โมเดลทำนายข้อมูลส่วนที่ 3 เพื่อทำการทดสอบ

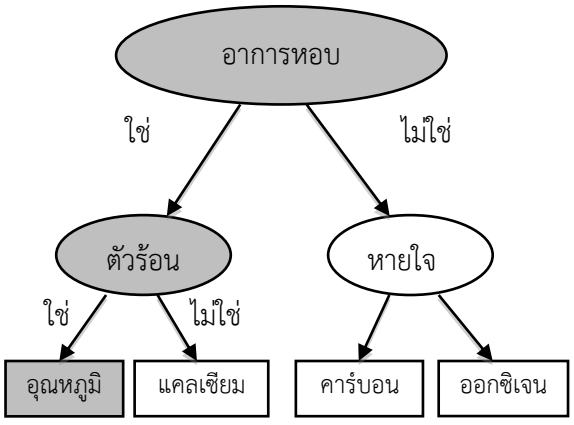
ชุดที่ 4 ใช้ข้อมูลส่วนที่ 1, 2, 3 และ 5 สร้างโมเดลและใช้โมเดลทำนายข้อมูลส่วนที่ 4 เพื่อทำการทดสอบ

เมื่อทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆ ละเท่าๆ กันแล้วการใช้วิธี Cross-validation Test ดังตารางที่ 2 ของปัญหาด้านการหายใจ

ตารางที่ 2 การทดสอบข้อมูลชุดที่ 1 ปัญหาด้านการหายใจ

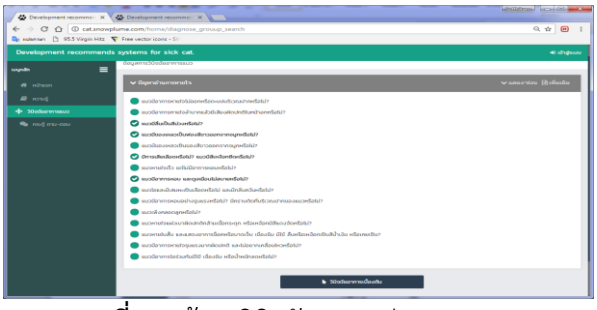
อาการที่พบ	คำตอบ
แมวมีอาการหอบอย่างรุนแรงหรือไม่	ใช่
แมวมีตัวร้อนหรือไม่	ใช่
แมวเพิ่งคลอดลูกหรือไม่	ไม่ใช่
แมวหายใจแผ่วปกติกล้ามเนื้อกระดุกหรือเหงือกมีสีแดงจัดหรือไม่	ไม่ใช่
แมวหายใจสั้น และแสดงอาการช็อค หรือบาดเจ็บ เซื่องซึม มีไข้	ไม่ใช่
สาเหตุของอาการป่วยหรืออาการบาดเจ็บ อาจเป็นลมชักมีอุณหภูมิร่างกายสูงเกินไปควรทำให้แมวตัวเย็นทันที	

จากข้อมูลตารางที่ 2 เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณในกระบวนการ Training data เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการ Testing data โดยสร้างเป็นแผนภาพของต้นไม้ตัดสินใจจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการทดสอบกระบวนการ Testing data ชุดข้อมูลที่ 1

ในการทดสอบระบบ การทำงานและการแสดงผลลัพธ์บนเว็บแอพพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอวินิจฉัยอาการป่วยของแมว



รูปที่ 5 แสดงผลการวินิจฉัยอาการ

6. สรุปและวิจารณ์ผล

ในการใช้กระบวนการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) นั้น สามารถทำให้ข้อมูลภายในระบบที่มีความซับซ้อนสูงนั้นลดความซับซ้อนลงไปได้ เช่น ในการตรวจสอบสาเหตุการเกิดอาการป่วยของแมวนั้น จากการตรวจสอบ 5 ปัจจัย แต่เมื่อใช้กระบวนการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) จะใช้การตรวจสอบเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้น โดยผลการทดลองอาการเจ็บป่วยของแมว 25 อาการและการหาประสิทธิภาพด้วยวิธี fold cross-validation ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกคิดเป็นร้อยละ 96 โดยพบว่ามี 1 อาการที่วินิจฉัยผิดพลาดเนื่องจากข้อมูลที่ใช้จากการแสดงอาการของแมวยังไม่ชัดเจน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ประกอบการคลินิกรักษ์หมากะแมว ที่เป็นแหล่งให้รวบรวมข้อมูลสำหรับการทดลองและทดสอบ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] บรูซ โฟเกิด (2546). แมวของฉันเป็นอะไร (What 's up with my CAT?). แปลโดย สิทธิพร ชื่นชุ่มจิตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เพ็ทแอนด์โฮมจำกัด.

[2] แนน ช้อยสุนิรชร (2551). แมวรอบรู้โรคและภัยใกล้ตัว, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เพ็ทแอนด์โฮม จำกัด.

[3] ณุวีร์ ประภัสระกูล ชีวิตา กาญจนเสริมและสว่าง เกษแดงสกลวุฒิ (2552). การวินิจฉัยเชื้อราก่อโรคที่พบได้บ่อยในแมว, *วารสารสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดสัตว์แห่งประเทศไทย*, 21, กรกฎาคม – กันยายน 2552, หน้า 18-26.

[4] สิริลักษณ์ สุรเชษฐพงษ์ (2558), 10 อาการที่พบได้บ่อยในแมวที่มีปัญหาโรคหัวใจ, *การประชุมวิชาการคณะสัตวแพทย์ศาสตร์ ครั้งที่ 14*, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ.

[5] เอกสิทธ์ พัชรวงศ์ศักดา (2557). การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคดาต้าไมน์นิ่ง เบื้องต้น, กรุงเทพฯ: บริษัท เอเซีย ดิจิตอลการพิมพ์ จำกัด.

[6] ดิษฐพล มั่นธรรม และลี่ลี อิงศรีสว่าง (2553). การประยุกต์ขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจกับการวินิจฉัยโรคระบบการหายใจ : กรณีศึกษาที่โรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา, *วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข*, 1, มกราคม-มีนาคม 2553, หน้า 73-81.

[7] ภัทราธร คุณากรธรรม รัญญา แพรวพิพัฒน์ พงศธรเพียบเพียร และอาทิตย์ อังกานนท์ (2559), การสร้างโมเดลเพื่อทำนายความสัมพันธ์ของการใช้ยากลุ่ม Bisphosphonatesในระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงความแรงของยากลุ่ม Statins ที่ได้รับ, *วาสารสมาคมเวชสารสนเทศไทย*, 2, กันยายน–พฤศจิกายน 2559, หน้า 112-121.

[8] รุ่งฤดี บุษดาจันทร์ และ ทศนัย ชุ่มวัฒนะ (2560), การทำนายความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนโรคความดันโลหิตสูงของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล, *วาสารสมาคมเวชสารสนเทศไทย*, 1, มีนาคม–พฤษภาคม 2560, หน้า 1-8.

[9] Mashael A. Al-Barrak and Muna Al-Razgan (2016), Predicting Students Final GPA Using Decision Trees: A Case Study, *International Journal of Information and Education Technology*, 6, July 2016.

ชุดสร้างค่าอุณหภูมิเสมือนอาร์ทีดี – พีที100

Virtual Resistance RTD – PT100

กิตติวุฒิ จีนนะบุตร* สิทธิชาติ ยศไธสง, พันธ์พงศ์ อภิชาตกุล, อิสรีย์ วงศ์ศรีใส

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถนนสุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: ckittiwut@gmail.com, 081 2822808, เบอร์โทรสาร 044 252659

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการออกแบบและประดิษฐ์ชุดสร้างค่าอุณหภูมิเสมือนอาร์.ที.ดี.–พีที100 (RTD - Pt 100) เพื่อให้มีค่าความต้านทานที่มีค่าเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ตั้งค่า นำมาใช้เป็นส่วนกำเนิดค่าอุณหภูมิชิ้นงานที่ต้องการวัดและควบคุมอุณหภูมิ ใช้เป็นสื่อช่วยการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการควบคุมกระบวนการ (Process Control)

ผลการทดสอบใช้งานชุดสร้างค่าอุณหภูมิเสมือนที่สร้างขึ้นมีค่าความต้านทานสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิระหว่าง -10 ถึง 120 °C โดยการปรับค่าอุณหภูมิเสมือนครั้งละ ±5 °C มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.22 % เมื่อเทียบกับชุดจำลองสร้างค่าอุณหภูมิเสมือนเชิงการค้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการควบคุมกระบวนการ ปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.15 % สูงกว่าชุดจำลองแสดงค่าอุณหภูมิเสมือนเชิงการค้าที่ใช้อ้างอิง 0.07 % และได้ทดสอบเปรียบเทียบกับวงจรเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้าผ่านวงจรปรับแต่งสัญญาณเปลี่ยนค่าแรงดันแปรตามอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า -1 ถึง 12 โวลต์ ได้ผลการเปรียบเทียบมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.056 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: RTD – Pt 100 อุณหภูมิเสมือน, วงจรปรับแต่งสัญญาณเปลี่ยนค่าแรงดันตามอุณหภูมิ

Abstract

This paper presents the Virtual Temperature Generate RTD – PT100. By produce the variable resistance that relative to the set point temperature desired. Use for set virtual temperature of sample piece for measure or control it, temperature, use for pedagogy in process control laboratory.

Results of testing the Virtual Temperature Generate RTD –PT100, that generated value of resistance vary for temperature range of -10 to 120 °C by adjusting the virtual temperature ±5 °C per step, it have average tolerance 0.22 % , compared to commercial virtual temperature set of process control laboratory it get average tolerance 0.15 %.That have tolerance 0.07 % more than commercial virtual temperature set, and by compared with measure output voltage of temperature to voltage signal condition (bridge and amplifier) using voltage from -1 to 12 volt, the Virtual Temperature Generate RTD – PT100 get average tolerance is 0.056 %.

Keywords: RTD – Pt 100 , Virtual Temperature, Temperature to voltages signal condition.

1. บทนำ

เนื่องด้วยชุดทดลองแบบจำลองอุณหภูมิเสมือนสำหรับทดลองการวัดและควบคุมอุณหภูมิของวัตถุที่ใช้ในห้องปฏิบัติการควบคุมกระบวนการของสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ใช้อยู่ มีเพียงชุดเดียวเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน โดยมีราคาไม่สูงมากเท่ากับที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง เมื่อเสียหายต้องรอซ่อมนาน

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้คิดออกแบบชุดสร้างความต้านทานเสมือนของตัววัดอุณหภูมิแบบอาร์ทีดี ชนิดพีที100 โดยใช้บอร์ด Arduino ช่วยเป็นตัวควบคุมการจำลองค่าความต้านทานให้แปรค่าเสมือนเป็นตัว RTD ที่รับ(วัด)ค่าอุณหภูมิและให้ค่าความต้านทานที่แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิออกมา ซึ่งบอร์ด Arduino มีราคาไม่สูงมาก นำมาประยุกต์ใช้งานง่าย ทำให้ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนและพัฒนาต่อยอดต่อไปได้ง่าย

ดังนั้นจึงได้ออกแบบสร้างชุดความต้านทานเสมือนตัววัดอุณหภูมิแบบอาร์ทีดี ชนิดพีที100 โดยการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับชุดจำลองอุณหภูมิทางการค้าที่ใช้อยู่เดิม เพื่อให้ได้ชุดสร้างความต้านทานเสมือนตัววัดอุณหภูมิแบบอาร์ทีดี ชนิดพีทีร้อยเพิ่มขึ้น

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิแบบอาร์ทีดี

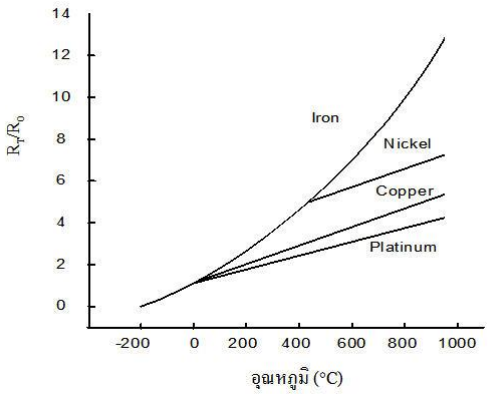
หลักการตัวตรวจวัดอุณหภูมิแบบอาร์ทีดี (RTD: Resistance Temperature Detectors) คือตัวตรวจวัดอุณหภูมิที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง อาร์ทีดี [1],[2] สร้างจากลวดโลหะที่มีสมบัติคือความต้านทานจะเพิ่มหรือลดตามการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิ ความต้านทานลวดของอาร์ทีดี จะกำหนด(ระบุ)เป็นค่าความต้านทานที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ลวดโลหะจะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและทนความร้อนสูง เช่น เซรามิก หรือแก้ว ถ้าหากทำด้วยพลาตินัมการเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่ออุณหภูมิจะเป็นเชิงเส้น มีย่านวัดอุณหภูมิกว้าง สามารถใช้ตรวจวัดอุณหภูมิในงานอุตสาหกรรมได้ดี ความไวของอาร์ทีดีกำหนดจากค่า α_0 ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานที่แปรตามอุณหภูมิ ถ้าเป็นพลาตินัมจะมีค่า α_0 ประมาณ 0.00385 โอห์ม/เซลเซียส

2.2 ชนิดของอาร์ทีดี [3],[4]

ก) ชนิดพลาตินัม เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด เขียนบอกไว้เป็น PT เช่น PT-10, PT-100, PT-500, PT-1000 มี Repeatability สูง แต่ Sensitivity ต่ำ ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับนิกเกิลซึ่งมี Repeatability ต่ำ แต่ Sensitivity สูง และราคาถูกกว่า ตัวเลขที่ต่อท้ายเช่น PT- 100 หมายถึง มีค่าความต้านทาน 100 โอห์มที่อุณหภูมิ 0 เซลเซียส เป็นต้น

ข) ชนิดทังสเตนมีค่าความต้านทานจำเพาะสัมพันธ์สูง มักจะใช้กับการวัดอุณหภูมิที่มีค่าสูง เพราะหากใช้ที่อุณหภูมิปกติจะมีความเปราะและยากต่อการใช้งาน

ค) ชนิดนิกเกิล ใช้กับย่านวัดอุณหภูมิสูง ๆ มีความเป็นเชิงเส้นต่ำ ทำให้เกิดค่าดริฟต์ กับเวลา นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นๆ ที่ใช้ทำอาร์ทีดีได้แก่ เหล็ก เป็นต้น

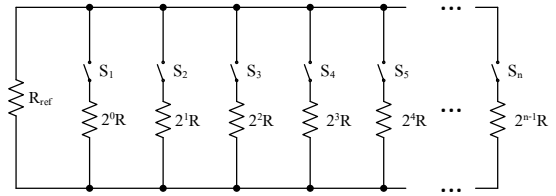


รูปที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิ

3. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 หลักการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน โดยใช้การขนานตัวต้านทาน

เริ่มจากการพิจารณาช่วงของอุณหภูมิที่ตองการจำลองค่าความต้านทานจากชุดสร้างอุณหภูมิเสมือนที่มีใช้อยู่เดิมแล้วประมาณค่าช่วงของความต้านทานที่จะต้องเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กัน โดยเลือกใช้การเปลี่ยนค่าความต้านทานจากการขนานค่าความต้านทานหรืออนุกรมกัน [8] เพื่อให้ได้ค่าเสมือนความต้านทานที่แปรตามอุณหภูมิ ซึ่งความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าผลรวมของส่วนกลับของค่าความต้านทานที่มีค่าต่ำที่สุดเสมอ



รูปที่ 2 วงจรขนาน

จากหลักการอนุกรมและขนานนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับค่าน้ำหนักความต้านทานแต่ละสาขาให้มีค่าแบบเลขฐานสอง ประกอบกับค่าความต้านที่เลือกนำมาใช้เริ่มจาก 200 โอห์ม เป็นค่าคงที่ที่ต่ออยู่กับวงจร โดยค่าความต้านทานที่ใช้งานจะมีช่วงค่าอยู่ระหว่าง 96 – 146 โอห์ม โดยใช้หลักการ 2^n ช่วยในการหาค่าความต้านทาน ซึ่งได้ดังนี้คือ 300 ,560,1000 ,1200 ,2400 เป็นต้น แต่ค่าความต้านทานที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีค่าไม่ตรงตามต้องการ ดังนั้นเมื่อประยุกต์ใช้หลักการ 2^n คำนวณหาค่าแล้วจะเลือกค่าที่มีขายมาต่อให้ได้ค่าความต้านทานที่มีค่าใกล้เคียงกับที่ได้ที่ควรจะเป็นไปได้คือ 300 ,600 ,1k ,2.2k ,4.7k ,10k ,24k ,47k ,82k และ180k โอห์ม และเป็นค่าที่เลือกมาใช้ขนานกันแล้วได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ PT100 ซึ่งคำนวณค่าโดยใช้สมการทั่วไปหาค่าความต้านทานรวมแบบขนานได้คือ

$$Rt = \frac{1}{\frac{1}{R1}+\frac{1}{R2}+\frac{1}{R3}+...+\frac{1}{Rn}}$$

ที่อุณหภูมิที่ -10 องศาเซลเซียส จะได้ค่าความต้านทาน 96.09โอห์ม ได้จากค่าความต้านทานที่ใช้ต่อขนานกันมีค่า 200 โอห์ม 300 โอห์ม 560 โอห์ม 4.7 กิโลโอห์ม 24 กิโลโอห์ม 47 กิโลโอห์ม 82 กิโลโอห์ม ส่วนที่ไม่ได้ใช้ได้แก่ 1 กิโลโอห์ม 2.2 กิโลโอห์ม 10 กิโลโอห์ม และ 180 กิโลโอห์ม โดยในการหาค่าความต้านทานมาใช้ขนานกันพิจารณาจากตารางการเปลี่ยนแปลงค่าแบบเลขฐานสองจำนวนสิบหลัก และเลือกเลขฐานสอง ที่ให้ค่าความต้านทานที่ต่อขนานกันมีค่าใกล้เคียงกับค่าความต้านทานมาตรฐานที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ ขั้นละ 5 เซลเซียส ดังตารางที่ 1 และการคำนวณสามารถหาได้จากสมการ *Rt* ด้านล่าง คือ

$$Rt = \frac{1}{\frac{1}{200}+\frac{1}{300}+\frac{1}{560}+\frac{0}{1k}+\frac{0}{2.2k}+\frac{1}{4.7k}+\frac{0}{10k}+\frac{1}{24k}+\frac{1}{47k}+\frac{1}{82k}+\frac{0}{180k}}$$

$=96.090$ โอห์ม

$$Rt = \frac{1}{\frac{1}{200}+\frac{1}{300}+\frac{0}{560}+\frac{1}{1k}+\frac{0}{2.2k}+\frac{1}{4.7k}+\frac{0}{10k}+\frac{1}{24k}+\frac{1}{47k}+\frac{1}{82k}+\frac{1}{180k}}$$

$=103.877$ โอห์ม

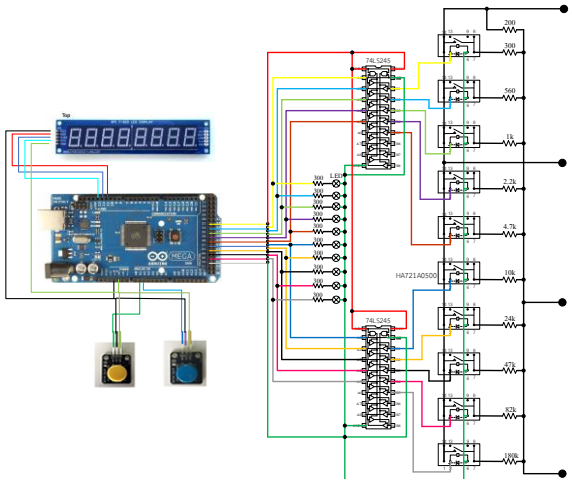
จากวิธีการคำนวณค่าความต้านทานแบบขนาน ได้ค่าความต้านทานรวม 103.877 โอห์มและจากค่าความต้านทานมาตรฐานที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่มีค่าความต้านทานรวม 103.90 โอห์ม คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนได้ 0.023 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 ควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแบบเลขฐานสองเทียบกับค่ามาตรฐาน

องศา	ค่ามาตรฐาน	ค่าความต้านทาน (โอห์ม)											ผลที่ได้
	PT100	200	300	560	1k	2.2k	4.7k	10k	24k	47k	82k	180k	
-10	96.09	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	96.090
0	100.00	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	99.994
10	103.90	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	103.877
20	107.79	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	107.143
30	111.67	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	111.637
40	115.54	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	115.496
50	119.40	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	119.403
60	123.24	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	123.210
70	127.07	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	127.123
80	130.89	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	130.998
90	134.70	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	134.754
100	138.50	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	138.117
110	142.29	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	142.342
120	146.06	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	146.089

3.2 รายละเอียดของงาน

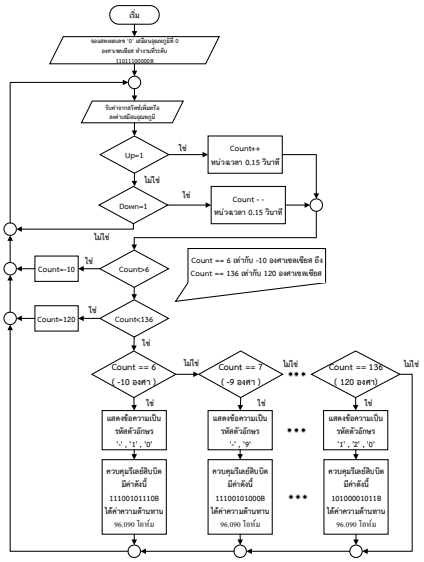
ชุดสร้างความต้านทานเสมือนฯ มีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลต่างๆ เพื่อควบคุมความการทำงานสวิตช์กดติดปล่อยดับ อุปกรณ์ใช้ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้า ใช้มือกดปุ่ม เมื่อทำการกดปุ่มลงไปหน้าสัมผัสจะต่อการทำงาน (NO) เมื่อปล่อยมือออกหน้าสัมผัสจะกลับคืนสถานะเดิม (NC) และส่งผลไปยังบอร์ด Arduino Mega 2560 R3 ประมวลผลควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ผ่านเอาต์พุตพอร์ตจำนวน **10** บิต ดังขาสัญญาณที่ 32 34 36 38 40 42 44 46 48 และ 50 ต่อกับวงจรขยายสัญญาณลอจิกด้วยไอซีเบอร์ 74LS245 ต่อเข้ากับคอยล์ของโซลิดสเตทรีเลย์**เบอร์ HE721A0500** ส่วน 7-Segment ทำหน้าที่รับคำสั่งจากภาคประมวลผลออกแสดงผลโดยตัวแสดงผลแบบ 7-Segment



รูปที่ 3 การต่ออุปกรณ์เข้ากับบอร์ด Arduino

3.3 โปรแกรมควบคุม

รูปที่ 4 เป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะเริ่มรับค่าจากสวิตช์ที่เปรียบเสมือนการปรับเพิ่มค่า – ลดค่าอุณหภูมิทีละหนึ่งองศา โดยมีการแสดงผลพร้อมกับการควบคุมรีเลย์ มีการเพิ่มค่าทีละหนึ่งองศาจนถึงอุณหภูมิ 120 เซลเซียส ค่าในตัวแปรในการแทนค่าของอุณหภูมิคือ Count กำหนดเป็นค่าจำนวนเต็มบวกเริ่มจาก 6 กำหนดให้มีค่าเท่ากับอุณหภูมิ -10 เซลเซียส ดังนั้นที่อุณหภูมิ 120 เซลเซียส Count จะมีค่าเท่ากับ 136 จึงมีการตรวจสอบค่าตัวแปรดังกล่าวให้มีค่าระหว่าง 6 ถึง 136 ในการควบคุมการแสดงผลจะส่งค่าในการแสดงผลเป็นรหัสตัวอักษรตามอุณหภูมิที่ต้องการ

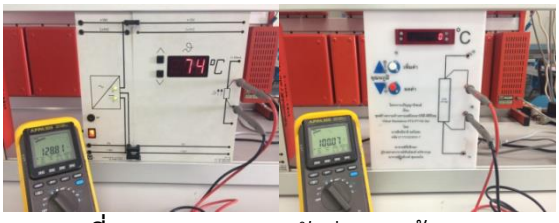


รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมแสดงโปรแกรมควบคุม

4. ผลการทดลอง

4.1 ทดสอบค่าความต้านทานที่ได้

ทดลองหาค่าความต้านทานของชุดจำลองอุณหภูมิและชุดสร้างความต้านทานเสมือนอาร์ทีดี – พีที 100 โดยการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ±15 โวลต์ เข้ากับชุดจำลองอุณหภูมิและชุดสร้างความต้านทานเสมือนอาร์ทีดี – พีที100 แล้วทำการวัดค่าความต้านทานที่เอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ 5 โดยใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลยี่ห้อ APPA รุ่น 305 จำนวน 3 เครื่อง ในการวัดค่าความต้านทานเพื่อนำค่าที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่าความต้านทานมาตรฐาน [5],[7] จะสามารถบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัตถุนั้นๆ ได้ ทำการทดลองโดยการกดปุ่มเสมือนเพิ่มหรือลดค่าอุณหภูมิครั้งละ ±10 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -10 ถึง 120 องศาเซลเซียส บันทึกค่าได้ดังตารางที่ 2

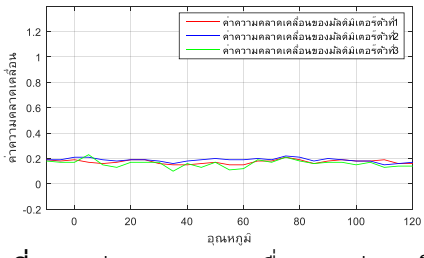


รูปที่ 5 การทดลองการวัดค่าความต้านทาน

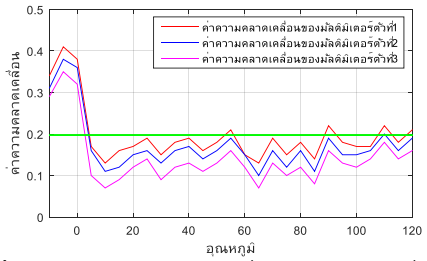
รูปที่ 5 ด้านซ้ายเป็นการทดลองของชุดจำลองอุณหภูมิ ส่วนรูปด้าน ขวาเป็นรูปการทดลองของชุดสร้างความต้านทานเสมือนอาร์ทีดี –พีที100

ตารางที่ 2 ค่าความต้านทานจากชุดสร้างความต้านทานเสมือนฯ

ชุดสร้างความต้านทานเสมือนอาร์ทีดี – พีทีร้อย							
องศา (°C)	ค่ามาตรฐาน PT100 (Ω)	APPA305 181-9(10) (Ω)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	APPA305 181-10(10) (Ω)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	APPA305 181-3(10) (Ω)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
-10	96.09	96.42	0.34	96.39	0.31	96.37	0.29
0	100.00	100.38	0.38	100.36	0.36	100.32	0.32
10	103.90	104.04	0.13	104.01	0.11	103.97	0.07
20	107.79	107.97	0.17	107.95	0.15	107.92	0.12
30	111.67	111.84	0.15	111.82	0.13	111.77	0.09
40	115.54	115.76	0.19	115.74	0.17	115.69	0.13
50	119.40	119.62	0.18	119.59	0.16	119.56	0.13
60	123.24	123.43	0.15	123.42	0.15	123.39	0.12
70	127.07	127.31	0.19	127.27	0.16	127.23	0.13
80	130.89	131.13	0.18	131.10	0.16	131.05	0.12
90	134.70	135.00	0.22	134.96	0.19	134.92	0.16
100	138.50	138.74	0.17	138.71	0.15	138.67	0.12
110	142.29	142.60	0.22	142.57	0.20	142.55	0.18
120	146.06	146.36	0.21	146.34	0.19	146.29	0.16
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)		0.20			0.17		0.14



รูปที่ 6 ผลค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างชุดในห้องปฏิบัติการระบบควบคุม



รูปที่ 7 ผลค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างชุดที่สร้าง

การทดลองการวัดค่าความต้านทานของชุดจำลองอุณหภูมิจะเห็นได้ว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนจากมัลติมิเตอร์เครื่องที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมัลติมิเตอร์เครื่องที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 เปอร์เซ็นต์ และมัลติมิเตอร์เครื่องที่ 3 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6

การทดลองการวัดค่าความต้านทานของชุดสร้างความต้านทานเสมือนอาร์ทีดี – พีที100 ค่าความคลาดเคลื่อนจากมัลติมิเตอร์เครื่องที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมัลติมิเตอร์เครื่องที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 เปอร์เซ็นต์ และมัลติมิเตอร์เครื่องที่ 3 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.22 เปอร์เซ็นต์ แสดงในรูปที่ 7 ผลการทดลองที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าชุดทดลองอุณหภูมิ เนื่องจากชุดสร้างความต้านทานเสมือนอาร์ทีดี – พีที100 มีการทำงานเพียง 10 บิตควบคุม ส่วนชุดทดลองอุณหภูมิมีการทำงาน 12 บิตควบคุม

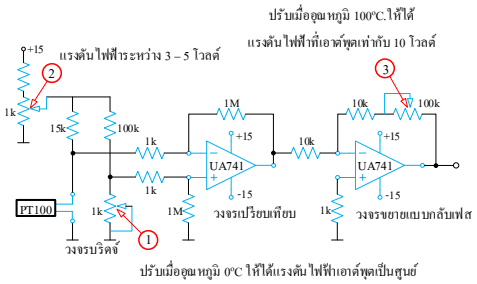
4.2 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณจากค่าความต้านทานด้วยวงจรบริดจ์ร่วมกับวงจรขยาย

การปรับตั้งวงจรแปลงสัญญาณจากค่าความต้านทานด้วยวงจรบริดจ์ร่วมกับวงจรขยายต่อเข้าชุดจำลองอุณหภูมิ มีดังนี้ (ดูรูปที่ 8)

ก) เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ค่าความต้านทาน 1 กิโลโอห์มที่จุด 2 ให้ได้แรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 3-5 โวลต์

ข) ปรับอุณหภูมิที่ชุดจำลองอุณหภูมิเป็น 0 องศาเซลเซียส และปรับค่าความต้านทาน 1 กิโลโอห์มที่จุด 1 ให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตเป็น 0 โวลต์

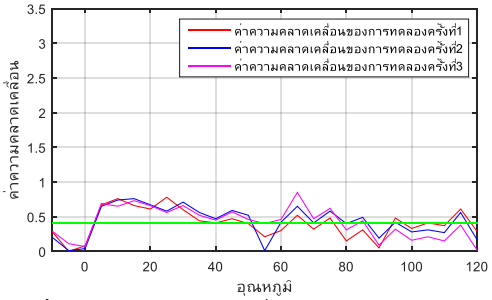
ค) ดำเนินการตั้งค่าอุณหภูมิที่ชุดจำลองไปที่ 100 เซลเซียสปรับค่าความต้านทาน 100 กิโลโอห์มที่จุด 3 ให้ได้แรงดันฟ้าที่เอาต์พุตเป็น 10 โวลต์ ทำซ้ำระหว่าง ข้อ ข) และ ค) เพื่อให้ได้ผลแรงดันไฟฟ้าสัมพันธ์กับอุณหภูมิ บันทึกผลได้ดังตารางที่ 3



รูปที่ 8 การต่อตัววัดอุณหภูมิ (PT100) กับวงจรบริดจ์ผ่านวงจรขยาย

ตารางที่ 3 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า

ปรับแรงดันที่ต่อกับชุดสร้างความต้านทานเสมือนอาร์ทีดี - พีทีร้อย									
องศา (°C)	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	ทีสร้างขึ้น 181-3(10)(V)	ของห้องปฏิบัติฯ 181-3(10)(V)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	ทีสร้างขึ้น 181-3(10)(V)	ของห้องปฏิบัติฯ 181-3(10)(V)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	ทีสร้างขึ้น 181-3(10)(V)	ของห้องปฏิบัติฯ 181-3(10)(V)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
-10	-1.076	-1.048	0.280	-1.073	-1.053	0.200	-1.075	-1.046	0.290
0	0.007	0.015	0.080	0.008	0.012	0.040	0.007	0.014	0.070
10	0.996	1.072	0.760	0.992	1.066	0.740	0.987	1.052	0.650
20	2.057	2.118	0.610	2.047	2.114	0.670	2.042	2.108	0.660
30	3.091	3.151	0.600	3.074	3.145	0.710	3.073	3.139	0.660
40	4.128	4.169	0.410	4.110	4.157	0.470	4.108	4.153	0.450
50	5.151	5.191	0.400	5.126	5.178	0.520	5.125	5.171	0.460
60	6.152	6.182	0.300	6.119	6.161	0.420	6.117	6.163	0.460
70	7.155	7.187	0.320	7.118	7.159	0.410	7.116	7.163	0.470
80	8.134	8.149	0.150	8.094	8.134	0.400	8.099	8.130	0.310
90	9.121	9.116	0.050	9.079	9.098	0.190	9.085	9.094	0.090
100	10.029	10.062	0.330	10.021	10.049	0.280	10.030	10.046	0.160
110	10.996	11.033	0.370	10.995	11.022	0.270	11.002	11.017	0.150
120	11.927	11.956	0.290	11.929	11.946	0.170	11.939	11.937	0.020
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)			0.407			0.432			0.419



รูปที่ 9 ผลความคลาดเคลื่อนแปลงอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 การทดสอบเปรียบเทียบระหว่างชุดสร้างค่าความต้านทานที่สร้างขึ้นกับชุดเดิมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการควบคุม ค่าความต้านทานชุดที่สร้างขึ้นแสดงในกราฟรูปที่ 7 ผลที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดที่มีในห้องปฏิบัติการระบบควบคุม แสดงในกราฟรูปที่ 6 ผลที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.15 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือชุดที่สร้างขึ้นมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าประมาณ 0.07 เปอร์เซ็นต์

5.2 การทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างชุดสร้างค่าความต้านทานที่สร้างขึ้นกับชุดที่มีอยู่เดิมในห้องปฏิบัติการควบคุม โดยวัดการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า ผ่านวงจรบริดจ์สมดุล และวงจรขยายสัญญาณด้วยออปแอมป์ ผลการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกัน มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตามตารางที่ 3 เป็น 1.235 เปอร์เซ็นต์

5.3 ข้อเสนอแนะ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยอาจลดได้ด้วยการพิจารณาเรื่องวัสดุที่ใช้ในวงจรที่เป็นจุดต่อเพื่อรับแรงดันให้เป็นชนิดเดียวกันจะช่วยให้แรงดันที่ได้มีค่าถูกต้องยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณอาจารย์กิตติวงศ์ สุธรรมโน และนศ. ห้องปฏิบัติการควบคุมกระบวนการของ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่ช่วยปรับแต่งทดสอบด้านวงจรฮาร์ดแวร์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์.(2543). **หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด.

[2] สมนึก บุญพาไสว.(2550). **การวัดและเครื่องมือวัด.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทสำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

[3] กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิของวัสดุต่างๆ,สืบค้นข้อมูลจาก: www.foodnetworksolution.com, [ออนไลน์],เข้าดูเมื่อวันที่ 4/08/2560.

[4] โครงสร้างของอาร์ทีดี, สืบค้นข้อมูลจาก:คลังความรู้ช่างเทคนิค: อาร์ทีดี,[ออนไลน์], **เข้าดูเมื่อวันที่** 4 /08/2560.

[5] กราฟค่าความต้านทานที่อุณหภูมิต่างๆของ RTD PT 100, สืบค้นข้อมูลจากwww.xn42c1bna1als 2dxb6a9ihv3l.com[ออนไลน์],เข้าดูเมื่อวันที่ 4/08/2560.

[6] บอร์ด Arduino Mega 2560 R3, สืบค้นข้อมูลจาก: www.ioxhop.com, [ออนไลน์], เข้าดูเมื่อวันที่ 15 /08/2560.

[7] ตารางค่าความต้านทานมาตรฐาน (PT100) , สืบค้นข้อมูลจาก: www.intech.co.nz, [ออนไลน์], เข้าดูเมื่อวันที่ 16/03/2561.

[8] Malarić Roman.(2011).*Instrumentation and Measurement in Electrical Engineering.* Florida USA: Brown Walker Press.

เรือบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำด้วยกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

Water Treatment Boat System by the Chaipattana Aerator with the Solar System

ทินกร ศรีหาท้าว, วรชิต ศรีอินทร์, ประยงค์ เสาร์แก้ว, จักรวัฒน์ บุตรบุญชู และ สุภาพร ปานิคม*

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*email: suphaphorn.pa@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอเรื่องการประยุกต์สร้างเรือบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำด้วยกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประยุกต์การบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำในการแก้ไขปัญหาน้ำเสียจากต้นแบบกังหันน้ำชัยพัฒนาซึ่งดำเนินรอยตามโครงการพระราชดำริ โดยการใช้การขับเคลื่อนกังหันน้ำชัยพัฒนาเป็นเครื่องกลเติมอากาศหรือการเติมออกซิเจนในน้ำสำหรับบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำ และมีการปรับปรุงเพิ่มเติมการประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิคร่วมกับมอเตอร์ขับเลี้ยวเพื่อตรวจจับทิศทางให้เรือบำบัดน้ำเสียสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างอัตโนมัติ จากการการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้เรือเคลื่อนที่ได้โดยรอบโดยไม่หยุดอยู่กับที่ และไม่ชนกับขอบ หรือสิ่งกีดขวางของแหล่งน้ำ ช่วยให้เพิ่มพื้นที่การบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำให้เกิดบริเวณที่กว้างขึ้น ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเรือบำบัดสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้แม้มีลักษณะของวัตถุแตกต่างกัน และตรวจจับวัตถุได้ดีในระยะ 1 ถึง 3 เมตร ค่ากำลังไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สามารถขับกังหันน้ำให้หมุนได้เพียงพอ และเรือสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างอัตโนมัติในระยะที่ตั้งไว้ได้

คำหลัก: เรือบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำ กังหันน้ำชัยพัฒนา เซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิค พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This project presents the water treatment boat system at the surface by The Aerator with the solar system. The objective is to apply the wastewater surface treatment system by using the Chaipattana Low Speed Surface Aerator of the Royal Project. The motor forward movement of the aerator produces some water flow to enrich the water with air or oxygen supplement in water surface. The ultrasonic sensor has detected the obstacle and then the direction of the motor helm has been controlled to avoid obstacle automatically by microcontroller. The boat will be moved around without stopping and collide with the edge or obstacle. It helps increase the treatment to a wider area. According to the energy saving, the solar cell keeps charging and transfer the energy to the motor of the aerator. Therefore, the boat will be moved freely from power plant system. The results show that the detection distance works well during 1-3 meters with sufficient power from the solar power. The boat can automatically avoid different of obstacle.

Keywords: Water treatment boat system, Chaipattana Aerator, Ultrasonic sensor, Solar system.

1. บทนำ

น้ำที่สะอาดเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ การวัดความสะอาดของน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สารอินทรีย์ สารลอยน้ำ จุลินทรีย์ เป็นต้น น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากจนกระทั่งมีลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปเรียกว่า น้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของน้ำให้ดีขึ้น โดยอาศัยวิธีการหลายแบบ ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเป็นอีกระบบหนึ่งที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งแบ่งกระบวนการบำบัดได้เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศ [1] ในกระบวนการใช้อากาศที่จะกล่าวถึงจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ เป็นระบบบำบัดน้ำที่

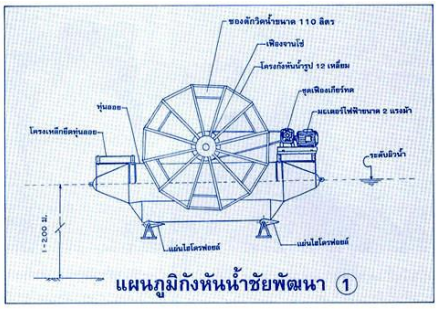
อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศที่ติดตั้งแบบทุ่นลอย เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ได้ร้อยละ 80-95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนที่มีเครื่องเติมอากาศทำหน้าเพิ่มออกซิเจนในน้ำและทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อ ช่วยให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง [2]

ใช่ช่วงปี 2530 ปัญหาน้ำเสียมีแนวโน้มทวีความรุนแรงขึ้น พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ 9 ทรงตระหนักถึงปัญหาและพระราชทานพระราชดำริการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ จนกระทั่งในช่วงปี พ.ศ. 2531 – 2534 ได้พระราชทานหลักการและรูปแบบของเครื่องกลเติมอากาศในชื่อ “กังหันน้ำชัยพัฒนา” มีทั้งหมด 9 รูปแบบ หนึ่งในนั้นคือเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำแบบหมุนช้า โมเดล RX-2 [3] โดยโมเดลนี้ได้มีการพัฒนาและวิจัยต่อเนื่องมาจนกระทั่งปัจจุบัน เช่น กังหันน้ำเติมอากาศใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [4] ซึ่งเป็นอิสระจากการวางระบบสายไฟไปยังฝั่งพื้นดิน

ทางผู้จัดทำได้นำแนวคิดในการแก้ปัญหาการบำบัดน้ำเสียตามโครงการพระราชดำริ นี้มาประยุกต์สร้างเป็นเรือบำบัดน้ำเสียที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยการใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเรือสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างอัตโนมัติช่วยให้เพิ่มพื้นที่การบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำให้เกิดบริเวณที่กว้างขึ้น

2 หลักการทำงานของกังหันน้ำชัยพัฒนา

กังหันน้ำชัยพัฒนา เป็นนวัตกรรมซึ่งจดสิทธิบัตรในพระปรมาภิไธยของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในปี 2536 โดยมีแนวคิดในการสร้างเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย (Chaipattana Low Speed Surface Aerator) ซึ่งมีตัวอย่างของแผนภูมิแสดงส่วนประกอบกังหันน้ำชัยพัฒนาเครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 1 โครงสร้างกังหันน้ำเป็นรูป 12 เหลี่ยม มีซองตักวิดน้ำติดตั้งโดยรอบจำนวน 6 ซอง เจาะรูที่ซองตักวิดน้ำเป็นรูพรุนเพื่อให้น้ำไหลกระจายเป็นฝอย ซองน้ำนี้จะถูกขับเคลื่อนให้หมุนโดยรอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบยึดแน่นอยู่บนโครงเหล็กยึดทุ่นลอย ในระหว่างซองน้ำถูกตักวิดขึ้นจะกระจายตัวไหลรอดตามรูพรุน ทำให้ผิวน้ำเกิดการสัมผัสกับอากาศมากขึ้นเป็นผลให้เกิดฟองอากาศซึ่งมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบนั้นจมลงไปกับน้ำ ซึ่งซองตักน้ำจะหมุนตามกังหันจมลึกลงไปในผิวน้ำระดับหนึ่งทำให้เกิดแรงอัดอากาศและออกซิเจนที่บริเวณผิวน้ำตามระดับความลึกของกังหัน นอกจากนั้นการหมุนกังหันยังทำให้เกิดการผลักดันน้ำหมุนเวียนเข้ามาใหม่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทอากาศระหว่างผิวน้ำเพิ่มขึ้นอีกด้วย



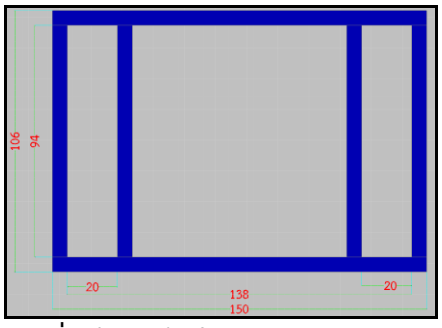
รูปที่ 1 แผนภูมิกังหันน้ำชัยพัฒนา [1]

3. การออกแบบโครงสร้างและการควบคุมทิศทาง

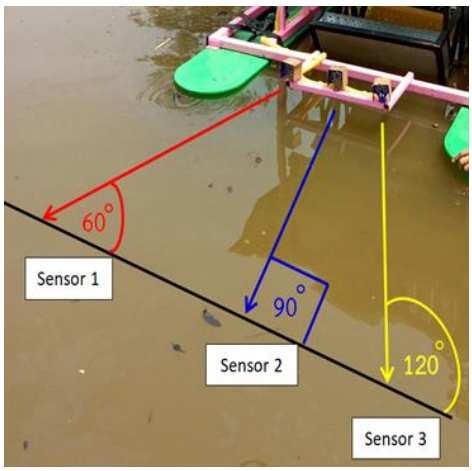
ในการสร้างเรือบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำด้วยกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการออกแบบปรับปรุงและพัฒนาโครงสร้างจากเครื่องต้นแบบเป็นโครงสร้างกังหันตักน้ำซึ่งมีตัวกล่องตักน้ำเจาะรูทั้ง 5 กล่อง และตัวกังหันน้ำที่สร้างขึ้น แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบและตัวกังหันน้ำที่สร้างขึ้น



รูปที่ 3 โครงสร้างในส่วนฐานยึดของเรือ



รูปที่ 4 ออกแบบฐานวางมอเตอร์กังหันน้ำและฐาน

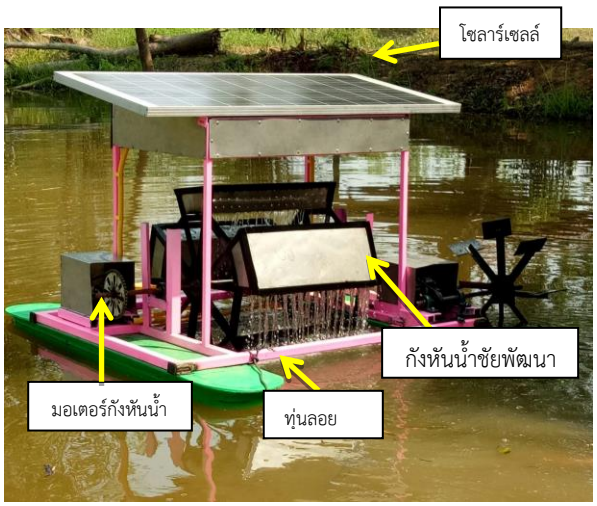
ส่วนฐานเรือมีขนาด 106×150 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 ซึ่งทำจากเหล็กกล่อง เพื่อยึดมอเตอร์กังหันน้ำเข้ากับส่วนโครงสร้างฐานเรือให้มีความสมดุล ส่วนหน้าของเรือทำการวางฐานยื่นออกมาเพื่อวางอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์จำนวน 3 ตัว ตามตำแหน่งมุมดังรูปที่ 4 ซึ่งแต่ละตัวห่างกัน 30 องศา ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ทั้งหมดบนโครงสร้างของเรือแสดงดังรูปที่ 5 (ก) และ (ข) และขนาดน้ำหนักของอุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งน้ำหนักโดยรวมของอุปกรณ์ตัวเรือบำบัดน้ำเสียมีค่าประมาณ 150 กิโลกรัม

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักของอุปกรณ์ตัวเรือบำบัดน้ำเสีย

อุปกรณ์	น้ำหนัก
แบตเตอรี่ 2 ลูก	26.22 กิโลกรัม
มอเตอร์ dc 2 ลูก	4.6 กิโลกรัม
แผงโซล่าเซลล์ 1 แผง	12.0 กิโลกรัม
อุปกรณ์ต่างๆ+สายไฟ	3.2 กิโลกรัม
โครงสร้างเรือ	60 กิโลกรัม
กังหันขับเคลื่อน+เพลา	35 กิโลกรัม
ใบพัดขับเลี้ยว+เพลา	8.6 กิโลกรัม
น้ำหนักโดยรวม	**149.62 กิโลกรัม**



(ก)



(ข)

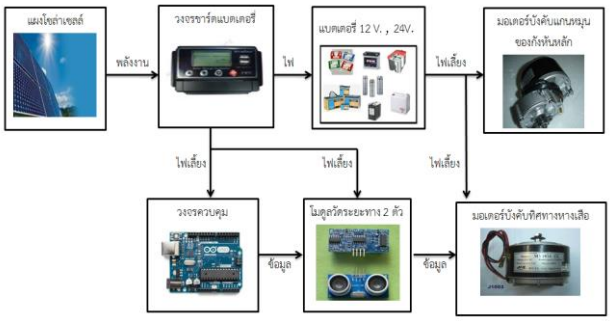
รูปที่ 5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนโครงสร้างของเรือ

4. หลักการทำงานและการควบคุมทิศทางของเรือ

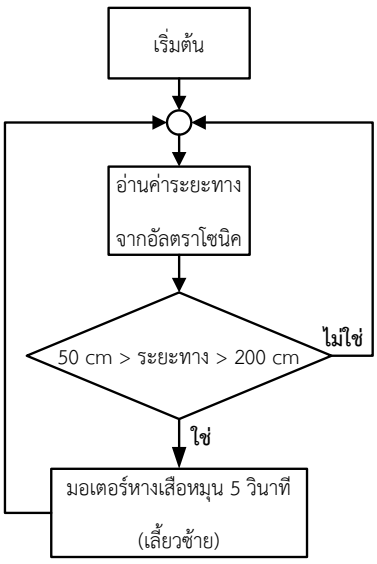
บล็อกไดอะแกรมการจ่ายพลังงานของระบบเรือบำบัดน้ำเสียทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 6 โดยแผงโซลาร์เซลล์จะรับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงาน

ไฟฟ้าผ่านวงจรควบคุมสำหรับการชาร์ตแบตเตอร์รี่เพื่อทำการชาร์จแบตเตอร์รี่ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ตัว รวมเป็น 24 โวลต์ แล้วจ่ายเป็นพลังงานให้กับมอเตอร์บังคับการหมุนของกังหันน้ำ และมอเตอร์บังคับทิศทางของหางเสือ

พลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่ออกจากวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอร์จะนำไปเป็นไฟเลี้ยงสำหรับบอร์ดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดรูโน่ และโมดูลอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์สำหรับวัดระยะทาง 3 ชุด ข้อมูลระยะทางจะถูกส่งให้กับไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับประมวลผลเพื่อสั่งการไปยังมอเตอร์ขับเลี้ยวที่อยู่กับหางเสือไปบังคับทิศทางของเรือเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางอย่างอัตโนมัติโดยมีโปรแกรมการทำงานที่ใช้ควบคุมเรือแสดงในโฟลชาร์ตดังรูปที่ 7 โดยค่าระยะทางที่ตั้งไว้ให้เรือหลบหลีกสิ่งกีดขวางจะอยู่ระหว่าง 50 ถึง 100 เซนติเมตร



รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมการจ่ายพลังงานของระบบ



รูปที่ 7 โฟลชาร์ตการควบคุมทิศทางของเรือเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางอย่างอัตโนมัติ

5 การทดสอบและผลการทดลอง

ทำการทดสอบการทำงานของเรือ โดยมีการทดสอบการทำงานของอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับระยะทาง ซึ่งตรวจจับลักษณะของวัตถุที่อยู่ในน้ำแบ่งออกเป็น 2 หมวด คือ ขอบสระ และไม้ แต่ละหมวดทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยระยะที่ตรวจจับได้ จากผลการทดลองในตารางที่ 2 จะเห็นว่าอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับที่ขอบสระได้ระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 14 เซนติเมตร และสามารถตรวจจับลักษะวัตถุที่เป็นไม้ได้ระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 13.4 เซนติเมตร ซึ่งมีระยะทางใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 ลักษณะของวัตถุที่ใช้ในการทดลองตรวจวัดระยะทาง

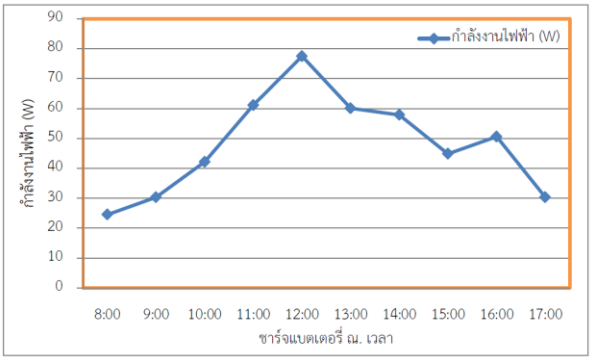
ลักษณะวัตถุที่ตรวจจับ	ครั้งที่	ระยะที่ตรวจจับได้ (เซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ย (เซนติเมตร)
ขอบสระ	1	13	14
	2	14	
	3	15	
	4	12	
	5	16	
ไม้	1	12	13.4
	2	13	
	3	16	
	4	14	
	5	12	

จากนั้นทำการทดสอบการวัดระยะทางการตรวจจับของอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์ทั้งสามตัว โดยทำการทดสอบที่ระยะทาง 1 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร แต่ละระยะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้งโดยมีผลการทดสอบระยะทางที่อัลตราโซนิคทั้งสามตัววัดได้ดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าจากระยะทดสอบทั้งสามระยะ ค่าที่ได้จากอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์มีระยะทางเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3 ระยะทางที่ใช้ในการทดสอบการตรวจจับของอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์

ระยะทดสอบ (เมตร)	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้ (เมตร)		
		อัลตราโซนิค ตัวที่ 1	อัลตราโซนิค ตัวที่ 2	อัลตราโซนิค ตัวที่ 3
1	1	0.96	0.96	0.97
	2	0.99	0.98	0.98
	3	0.97	0.95	0.97
	4	0.97	0.96	0.96
	5	0.98	0.97	0.99
ระยะทางเฉลี่ย		**0.974**	**0.964**	**0.974**
2	1	1.94	1.97	1.97
	2	1.95	1.98	1.98
	3	1.98	1.97	1.97
	4	1.99	1.99	1.99
	5	1.97	1.96	1.96
ระยะทางเฉลี่ย		**1.966**	**1.974**	**1.974**
3	1	2.99	2.99	2.99
	2	2.98	2.99	2.99
	3	3	2.98	2.98
	4	3.1	2.99	2.99
	5	2.98	3	3
ระยะทางเฉลี่ย		**3.010**	**2.990**	**2.990**

ทำการทดสอบการวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ก่อนเข้าชาร์จที่แบตเตอร์รี่ ตั้งแต่เวลา 8.00 – 17.00 น. ซึ่งค่าที่ได้แสดงดังรูปที่ 8 โดยคำนวณค่าเฉลี่ยกำลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ทดสอบจะได้ 47.96 วัตต์ ซึ่งค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ในช่วงเวลา 12.00 น. อย่างไรก็ตาม กำลังไฟฟ้าที่ได้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและปริมาณแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน หลังจากนั้นวัดความเร็วรอบของกังหันน้ำชัยพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงตามแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอร์รี่ ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งความเร็วรอบสูงสุดที่วัดได้คือ 68 rpm ที่แรงดันสูงสุดของแบตเตอร์รี่คือ 24 โวลต์



รูปที่ 8 ค่ากำลังไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ชาร์จเข้าแบตเตอร์รี่ ตั้งแต่เวลา 8.00 – 17.00 น.

ตารางที่ 4 การวัดกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับความเร็วรอบของกังหันน้ำชัยพัฒนา

แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังงานไฟฟ้า (W)	ความเร็วรอบ (rpm)
4.8	0.94	4.51	9.5
9.6	1.41	13.54	25
14.4	1.56	22.46	40
19.2	1.63	31.62	56
24	1.78	42.72	68

6. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการประยุกต์สร้างเรือบำบัดน้ำเสียที่ผิวน้ำด้วยกังหันน้ำชัยพัฒนาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างอัตโนมัติจากการประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิคร่วมกับมอเตอร์ขับเลี้ยว เรือบำบัดสามารถเคลื่อนที่โดยมีอิสระในแหล่งน้ำได้เนื่องจากอาศัยพลังงานจากโซลาร์เซลล์ซึ่งใช้งานได้ในช่วงเวลากลางวัน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเรือบำบัดสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้แม้มีลักษณะของวัตถุแตกต่างกัน และตรวจจับวัตถุได้ดีในระยะ 1 ถึง 3 เมตร ค่ากำลังไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สามารถขับกังหันน้ำให้หมุนได้เพียงพอ และเรือสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างอัตโนมัติในระยะที่ตั้งไว้ได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น และสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ผู้ให้การสนับสนุนในการทำงานวิจัยในทุกด้าน

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ (2548). ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/6_2548/OccHealth.htm, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/07/2561.

[2] สุรีย์ บุญญานุพงศ์ และณัษฐพงศ์ วรรณวิจิตร (2551). คู่มือการจัดการน้ำเสีย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.sri.cmu.ac.th/srilocal/water/page_04c.htm, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/07/2561.

[3] กรมชลประทาน (2539). วรสารเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีและวัสดุ (MTEC), ฉบับบที่ 3, หน้า 8.

[4] ทินกร มุสิกะและคณะ (2558). กังหันน้ำเติมอากาศแบบสามทุ่นใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8, กรุงเทพมหานคร.

การควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

Control Techniques for Buck Converter with PSO

อดิศร พลเสนา. กฤษณพงษ์ มังพรมราช

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ. สุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
*อดิศร พลเสนา : pol_adisorn@hotmail.com, 0897229470, 044252659

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการควบคุมแรงดันไฟฟ้าสำหรับวงจรแปลงผันแบบบัคก์โดยวิธีการหาค่าที่เหมาะด้วยวิธีการเคลื่อนที่แบบกลุ่มอนุภาคที่ใช้การควบคุมแบบพีไอเรียงต่อกัน วิธีการที่นำเสนอมีสมการฟังก์ชั่นเป้าหมายเพื่อให้ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาดมีค่าน้อยที่สุด งานวิจัยได้จำลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าวงจรแปลงผันแบบบัคก์ โดยผลการจำลองสถานการณ์การแสดงให้เห็นว่า ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่นำเสนอให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าตัวควบคุมที่ออกแบบด้วยวิธีการดั้งเดิมของซีเกลอร์-นิโคลส์

คำหลัก: กลุ่มอนุภาค การควบคุมแบบพีไอเรียงต่อกัน ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาด

Abstract

This research presents the voltage controller of buck converter using particle swarm optimization. The cascade PI controllers are used for this purpose. The aim of the proposed method is to achieve minimum mean-square error. This research is to analyze and simulate buck converter. The simulation shows that buck converter with particle swarm optimization had the best performance compared with designed using the Ziegler–Nichols conventional method.

Keywords: particle swarm , cascade PI controllers, mean-square error

1. บทนำ

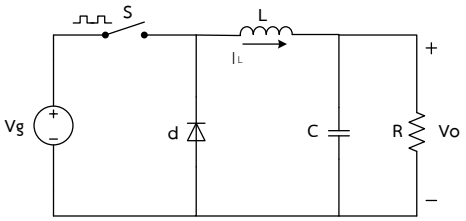
วงจรแปลงผันแบบบัคก์เป็นวงจรที่สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน แต่แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต โดยในปัจจุบันวงจรแปลงผันแบบบัคก์ที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำมาใช้เพื่อตอบสนองความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน เช่น ที่ชาร์จโทรศัพท์มือถือ ที่ชาร์จแบตเตอร์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานลม และวงจรสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในหลายรูปแบบ ซึ่งเป็นระบบแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นการควบคุมแรงดันไฟฟ้าสำหรับวงจรแปลงผันแบบบัคก์ที่มีเสถียรภาพดีจึงมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปใช้งานที่หลากหลาย

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการวิเคราะห์เสถียรภาพของวงจรบัค J. Mahdavi, A. Emadi, M.D. Bellar, and M. Ehsani (1997) [1] A. J. Forsyth and S. V. Mollov. (1998). [2] นำเสนอวิธีการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของวงจรแปลงผันแบบบัคก์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยปริภูมิสถานะ ซึ่งสามารถนำแบบจำลองมาใช้สำหรับออกแบบการควบคุมแรงดันของวงจรแปลงผันแบบบัคก์ได้ M. Mahdavian, M.BayatiPoudeh,and S. Eshtehardiha (2008) [3] ได้จำลองการควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์ โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบเชิงพันธุกรรมและการค้นหาแบบตาบูแทนวิธีการตัวควบคุมค่ากำลังสองน้อยที่สุด (Linear Quadratic Regulator,LQR) ซึ่งผลที่ได้จะช่วยลดค่าของแรงดันระรอกได้ดี Ramanjaneya Reddy , Narasimharaju B. , (2014) [4] ได้เสนอการจำลองการควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์ โดยใช้การควบคุมแบบวงปิด 2 วงเพื่อปรับปรุงสภาวะชั่วครู่เมื่อมีการเปลี่ยนที่ค่าโหลดความต้านทานและการเปลี่ยนแปลงแรงดันแหล่งจ่าย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถลดค่าผลตอบสนองสูงสุดที่สภาวะพลวัตได้ ส่วนบทความนี้ได้นำเสนอการจำลองการควบคุมวงจรแปลง

ผันแบบบัคก์ โดยควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตตามค่าของแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง การควบคุมที่นำเสนอในบทความนี้ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ 2 วงที่เรียงต่อกัน โดยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบฝูงอนุภาค(Particle Swarm Optimization, PSO) เพื่อหาค่าของตัวควบคุมพีไอเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองที่น้อยที่สุด และจำลองการควบคุมแบบพีไอด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมเพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนอง โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาเพียงค่าของวัฏจักรหน้าที่ (Duty Cycle,D) และค่าแรงดันเอาต์พุต เพื่อให้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งผลการจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอให้ผลตอบสนองของการควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่มีประสิทธิภาพดีกว่าอย่างชัดเจน

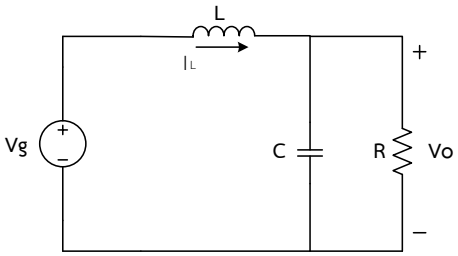
2. วงจรแปลงผันแบบบัคก์

หลักการเบื้องต้นของวงจรแปลงผันแบบบัคก์ จะมีสวิตช์ทำหน้าที่ตัดและต่อแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย(Vg) ให้แก่วงจรโดยใช้การเปิดปิดสวิตช์ที่ความถี่สูงเพื่อเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุต



รูปที่ 1 วงจรแปลงผันแบบบัคก์

การทำงานของวงจรแปลงผันแบบบัคก์นั้นแบ่งเป็น 2 ช่วงคือช่วงที่สวิตช์ปิดวงจร และช่วงที่สวิตช์เปิดวงจร เมื่อสวิตช์ปิดวงจรกระแสจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำผ่านไปยังโหลดตัวต้านทาน โดยกระแสจะไม่ไหลผ่านไดโอดเนื่องจากเกิดการไบอัสย้อนกลับ เมื่อสวิตช์เปิดวงจรไดโอดจะได้รับการไบอัสไปข้างหน้ากระแสจะสามารถไหลผ่านโหลดตัวต้านทานได้อย่างต่อเนื่อง ผลจากการกรองความถี่ต่ำผ่านของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุทำให้สามารถลดการกระเพื่อมที่แรงดันเอาต์พุต และเมื่อสวิตช์ปิดวงจรดังแสดงในรูปที่ 2 สมการฟังก์ชั่นถ่ายโอนของวงจรแสดงไว้ในสมการที่ (1) [6]



รูปที่ 2 วงจรแปลงผันแบบบัคก์ขณะสวิตช์ปิดวงจร

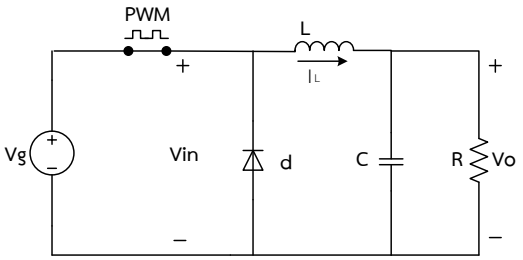
$$\frac{V_o}{V_g} = \frac{1}{LCs^2 + (L/R)s + 1} \qquad (1)$$

การเปิดปิดสวิตช์เพื่อให้ได้ค่าแรงดันเอาต์พุตตามต้องการจะใช้การกำเนิดสัญญาณพีดับบิวเอ็ม โดยแรงดันอินพุต(V_{in})ที่จ่ายเข้าสู่วงจรมีค่าแปรผันตรงกับค่าวัฏจักรหน้าที่ของสัญญาณพีดับบิวเอ็ม และแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (V_g) ตามสมการที่ (2)

$$V_{in} = DV_g \qquad (2)$$

เมื่อ D มีค่าอยู่ในช่วง (0,1]

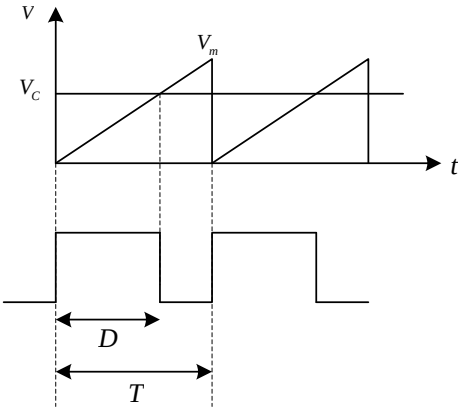
วงจรแปลงผันแบบบัคก์ที่ควบคุมการเปิดปิดวงจรด้วยสัญญาณพีดับบิวเอ็มสามารถแสดงดังรูปที่ 3 และมีสมการฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่คำนึงถึงค่าวัฏจักรหน้าที่และแรงดันเอาต์พุตเป็นไปตามสมการที่ (3) [6]



รูปที่ 3 วงจรแปลงผันแบบบัคก์ขณะเปิดปิดวงจรด้วยสัญญาณพีดับบิวเอ็ม

$$\frac{V_o}{D} = \frac{V_g}{LCs^2 + (L/R)s + 1} \qquad (3)$$

ค่าวัฏจักรหน้าที่ของสัญญาณพีดับบิวเอ็มนั้นได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยกับสัญญาณแบบเรียบโดยแสดงดังรูปที่ (4)



รูปที่ 4 การกำเนิดสัญญาณพีดับบิวเอ็ม

เมื่อสัญญาณฟันเลื่อยมีค่าสูงสุดเท่ากับ V_m และมีคาบเวลาเท่ากับ T ค่าวัฏจักรหน้าที่ขึ้นอยู่กับค่าของ V_m , V_C ,และ T ตามสมการที่ (4)

$$D = \frac{V_C T}{V_m} \quad (4)$$

3. การควบคุมแบบพีไอ

การควบคุมระบบแบบป้อนกลับแบบพีไอ(PI) อาศัยเทคนิคการควบคุม 2 แบบร่วมกัน ได้แก่ แบบที่ 1 การควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional control) โดยเป็นการนำสัญญาณควบคุมที่เกิดจากค่าผิดพลาดของผลตอบสนองคูณกับค่าคงที่แบบสัดส่วน(K_P) ที่สามารถตอบสนองต่อค่าสัญญาณความผิดพลาดอย่างทันที แบบที่ 2 การควบคุมแบบปริพันธ์ (Integral control) เป็นการควบคุมแบบที่ใช้การหาปริพันธ์ของความผิดพลาดคูณกับค่าคงที่แบบปริพันธ์ (K_I) เพื่อกำจัดค่าออฟเซตที่เกิดขึ้นเมื่อสัญญาณตอบสนองมีค่าคงที่ การควบคุมแบบพีไอสามารถทำได้โดยการใช้ตัวควบคุมทั้ง 2 แบบมารวมกัน ดังสมการที่ (5)

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)d(t) \quad (5)$$

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (6)$$

เมื่อ $u(t)$ คือ สัญญาณควบคุม

$r(t)$ คือ สัญญาณเอาต์พุตอ้างอิง

$y(t)$ คือ สัญญาณเอาต์พุต

4. การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีฝูงอนุภาค

การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีฝูงอนุภาค ถูกคิดค้นโดย อีเบอฮาท (Eberhart) และ เคนเนดี้ (Kennedy) ในปี 1995 ที่สังเกตการเคลื่อนที่การออกหาอาหารของฝูงนก โดยที่นกทุกตัวจะมีการติดต่อสื่อสารกันให้ทราบถึงตำแหน่งที่มีอาหารและทำการเคลื่อนที่ไปยังแหล่งอาหารที่ดีที่สุด โดยได้รับรู้ข้อมูลได้จากนกตัวอื่น เพื่อการค้นหาอาหารหรือคำตอบที่ดีที่สุด ต่อมาการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการฝูงอนุภาคได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย อนุภาค(Particle) คือ สมาชิกที่อยู่ในกลุ่ม เมื่อมีอนุภาคหลายตัวมารวมกันเป็นฝูง ซึ่งอนุภาคแต่ละตัวจะมีตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่ อนุภาคทุกตัวในฝูงจะมีการรับรู้ตำแหน่งปัจจุบันของมันในขอบเขตที่กำหนด

ขั้นตอนการทำงานของ PSO

1. กำหนดกลุ่มประชากรซึ่ง คือ จำนวนของอนุภาคเท่ากับจำนวน n ตัวหรือเรียกว่าฝูง (Swarm)

2. สุ่มตำแหน่งและความเร็วของอนุภาคเริ่มต้นตัวที่ i ที่ทำการวนซ้ำในการหาคำตอบที่ดีที่สุดครั้งที่ t เขียนแทนด้วย x_i^t โดยตำแหน่งดังกล่าวประกอบด้วย n มิติ คือ $x_i^t = \{x_{i1}^t, x_{i2}^t, x_{i3}^t \ldots, x_{in}^t\}$ โดยที่แต่ละตำแหน่งของ x_i^t สามารถแทนค่าเพื่อหาคำตอบของปัญหาได้ โดยค่าตำแหน่งต้องถูกจำกัดในขอบเขตที่กำหนด [Xmin, Xmax]

v_i^t แทนค่าความเร็วของอนุภาคตัวที่ i ที่ทำการวนซ้ำครั้งที่ t ที่เขียนแทนด้วยค่าเวคเตอร์ที่มี n มิติ คือ $v_i^t = \{v_{i1}^t, v_{i2}^t, v_{i3}^t \ldots, v_{in}^t\}$ และ v_i^{t+1} คือ อัตราเร็วอนุภาคตัวที่ i จะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง x_i^t ไปตำแหน่ง รอบต่อไปที่ t+1 คือ x_i^{t+1} การปรับปรุงตำแหน่งของอนุภาคจะเป็นไปตามสมการที่ (7)

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (7)$$

เมื่อตำแหน่งที่ดีที่สุดของแต่อนุภาคหรือของแต่ละบุคคล คือ $P_{best,i}$ (personal best position)

3. การหาตำแหน่งที่ดีที่สุดรอบที่ t+1 เป็นไปตามเงื่อนไขของสมการที่ (8)

$$\begin{aligned} P_{best,i}^{t+1} &= P_{best,i}^t \quad if \quad f\left(x_i^{t+1}\right) > P_{best,i}^t \\ &= x_i^{t+1} \quad if \quad f(x_i^{t+1}) \geq P_{best,i}^t \end{aligned} \quad (8)$$

เมื่อ f คือ สมการฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function)

4. เปรียบเทียบตำแหน่งของอนุภาคทั้งฝูงในรอบเดียวกันแล้วเลือกตำแหน่งที่ดีที่สุดเก็บไว้ถือว่าตำแหน่งที่ดีที่สุดของฝูง คือ G_{best} (global best position)

ตำแหน่งที่ดีที่สุดของรอบการวนซ้ำที่ t ที่เป็นไปตามสมการที่ (9)

$$G_{best} = \min\left\{P^t_{best,i}\right\} \quad (9)$$

5. ปรับปรุงความเร็วของการเคลื่อนที่อนุภาคในแต่ละรอบตามสมการที่ (10)

$$v_i^{t+1} = v_i^t + c_1 r_1^t [P^t_{best,i} - x_i^t] + c_2 r_2^t [G_{best} - x_i^t] \quad (10)$$

c_1 และ c_2 มีค่าเป็นบวกเสมอ โดย c_1 เปรียบเหมือนข้อมูลความรู้ที่รับมาและ c_2 เปรียบเหมือนการติดต่อสื่อสารกับอนุภาคในฝูง

r_1^t และ r_2^t คือ ค่าจากการสุ่มมีค่าอยู่ในช่วง (0,1)

6. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1-5 จนพบเงื่อนไขการหยุดหรือได้คำตอบที่ดีที่สุดของการค้นหาแล้วจัดเก็บไว้ที่ G_{best}

5. การควบคุมแรงดันของวงจรแปลงผันแบบบัคก์

การควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์สำหรับบทความนี้จะใช้การดำเนินการ 2 แบบ ได้แก่ การควบคุมแบบพีไอด้วยวิธีการแบบซีเกลอร์-นิโคลส์ (Ziegler–Nichols) และการควบคุมแบบพีไอด้วยการหาค่าที่เหมาะสมแบบ PSO

5.1 การควบคุมแบบพีไอ 2 วงเรียงต่อกัน

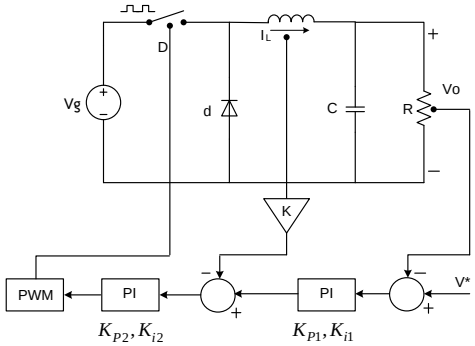
การควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์แบบ 2 วง ที่เรียงต่อกัน โดยควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตและกระแสไฟฟ้าของตัวเหนี่ยวนำ ที่ใช้การหาค่าที่เหมาะสมแบบฝูงอนุภาคเพื่อหาค่าของ K_{p1}, K_{i1} , K_{p2} , K_{i2} เพื่อให้ค่าสมการฟังก์ชั่นเป้าหมายมีค่าน้อยที่สุด

K_{P1} คือ ค่าคงที่แบบสัดส่วนสำหรับการควบคุมแรงดัน

K_{i1} คือ ค่าคงที่แบบปริพันธ์สำหรับการควบคุมแรงดัน

K_{P2} คือ ค่าคงที่แบบสัดส่วนสำหรับการควบคุมกระแส

K_{i2} คือ ค่าคงที่แบบปริพันธ์สำหรับการควบคุมกระแส



รูปที่ 5 วงจรแปลงผันแบบบัคก์ควบคุมแบบพีไอ 2 วงเรียงต่อกัน

ค่าคงที่ขยายในส่วนการควบคุมกระแส K ในรูปที่ 5 มีค่าเท่ากับ R/Vg โดยบทความนี้คำนึงถึงค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง ซึ่งสมการฟังก์ชั่นเป้าหมายแสดงไว้ในสมการที่ (11)

$$f_{objective} = ave\sum_{m=1}^{N}|e|^2 \quad (11)$$

$$e = v^* - v_o \quad (12)$$

เมื่อ v^* คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตอ้างอิง

v_o คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

6. เปรียบเทียบผลจำลองการควบคุม

การควบคุมแรงดันไฟฟ้าของวงจรแปลงผันแบบบัคก์สำหรับบทความนี้จะควบคุมผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต โดยการปรับค่าวัฏจักรหน้าที่ โดยจำลองการควบคุมแบบพีไอ 2 วงเรียงต่อกันด้วยวิธีการของ ซีเกลอร์-นิโคลส์ และ วิธีการที่นำเสนอด้วยการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค เพื่อค้นหาค่าค่าคงที่แบบสัดส่วนและค่าคงที่แบบปริพันธ์ สำหรับการจำลองสถานการณ์ได้ใช้ความถี่สัญญาณพีดับบิวเอ็มเท่ากับ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยค่าพารามิเตอร์ของวงจรแปลงผันแบบบัคก์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์สำหรับจำลองการควบคุม

พารามิเตอร์	ค่า
แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Vg)	100 V
ค่าความเหนี่ยวนำ (L)	15 mH
ค่าความจุไฟฟ้า (C)	150 μ F
ค่าโหลดความต้านทาน (R)	20 Ω
ความถี่ของการสวิตช์ (fs)	10KHz

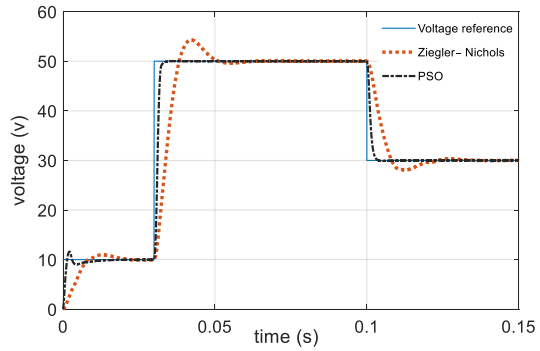
การควบคุมแรงดันเอาต์พุตในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบโดยการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงดังนี้

ช่วงที่ 1 10 โวลต์ ในช่วงเวลา 0 ถึง 0.03 วินาที

ช่วงที่ 2 50 โวลต์ ในช่วงเวลา 0.03 ถึง 0.1 วินาที

ช่วงที่ 3 30 โวลต์ ในช่วงเวลา 0.1 ถึง 0.15 วินาที

การเปรียบเทียบผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ได้จากการควบคุมทั้ง 2 วิธี ซึ่งผลจากการจำลองสถานการณ์แสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

จากผลการทดสอบผลตอบสนองรูปที่ 6 เมื่อพิจารณาผลตอบสนองจากค่าเวลายกตัว (T_R) เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (T_S) และค่าเปอร์เซ็นต์พุ่งเกิน (P.O.)

ตารางที่ 2 ผลตอบสนองช่วงที่ 1, 2 และ 3

ช่วงที่ 1	วิธีดั้งเดิม	วิธี PSO
T_R	5.72 ms	1 ms
T_S	0.02 ms	0.19 ms
P.O.	9.6	14.36
ช่วงที่ 2	วิธีดั้งเดิม	วิธี PSO
T_R	5.86 ms	1.43 ms
T_S	0.061 ms	0.034 ms
P.O.	8.54	0
ช่วงที่ 3	วิธีดั้งเดิม	วิธี PSO
T_R	4.86 ms	1.21 ms
T_S	0.13 ms	0.105 ms
P.O.	4.01	0

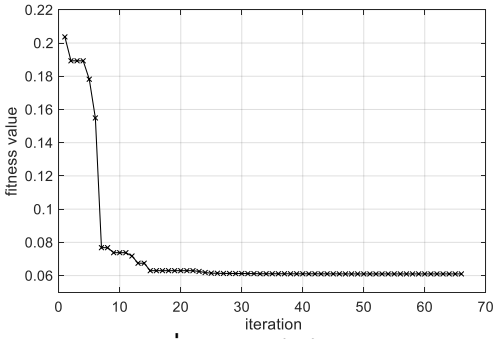
เมื่อเปรียบเทียบและวิธีของดั้งเดิมพบว่าผลตอบสนองด้วยวิธีการแบบ PSO มีค่า P.O. ในช่วงที่ 1 สูงกว่าวิธีแบบดั้งเดิมแต่ค่า P.O. ในช่วงที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งน้อยกว่าวิธีแบบดั้งเดิมอย่างชัดเจน ส่วนค่า T_R และ T_S ของวิธี PSO นั้นมีค่าน้อยกว่าวิธีการดั้งเดิมในทุกช่วงของการจำลองสถานการณ์

ค่าคงที่ของการคุมคุมแบบพีไอที่เรียงต่อกันแบบ PSOที่นำเสนอและวิธีแบบดั้งเดิมของซีเกลอร์-นิโคลส์ ได้แก่ K_{P1},K_{I1},K_{P2},K_{i2} แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ค่าคงที่ตัวควบคุมที่ออกแบบด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมและวิธี PSO

ตัวควบคุม	วิธีการควบคุม	
	แบบดั้งเดิม	แบบ PSO
K_{P1}	0.002	0.037
K_{i1}	3.11	9.402
K_{P2}	1.60	19.949
K_{i2}	2059	33.097

ค่าที่ดีที่สุดของสมการฟังก์ชั่นเป้าหมาย(fitness value)ที่ได้จากกระบวนการค้นหาในแต่ละรอบด้วยวิธี PSO เป็นไปตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 การลู่เข้าด้วยวิธี PSO

7. บทสรุป

ในบทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมพีไอแบบ 2 วงที่เรียงต่อกันด้วยการหาค่าที่เหมาะสมแบบฝูงอนุภาคสำหรับควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่นำเสนอด้วยการจำลองสถานการณ์เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรแปลงผันแบบบัคก์ เพื่อเปรียบเทียบการควบคุม 2 วิธี ได้แก่ การออกแบบด้วยวิธีแบบดั้งเดิม และด้วยวิธีการที่นำเสนอ ผลการจำลองการควบคุมพบว่าการควบคุมแบบ PSO นั้นให้ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตดีกว่าการออกแบบด้วยวิธีดั้งเดิม ทำให้เห็นว่าการควบคุมด้วยวิธีที่นำเสนอสามารถเพิ่มสมรรถนะของผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถเป็นแนวทางการออกแบบตัวควบคุมวงจรแปลงผันแบบบัคก์ได้อีกด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] J. Mahdavi., A. Emadi, M.D. Bellar and M. Ehsani. (1997). Analysis of power electronic converters using the generalized state space averaging approach, *IEEE Trans. on Circuits and SystemsI:Fundamental Theory and Applications,* vol. 44, no. 8, August 1997,pp. 767-770.

[2] A. J. Forsyth and S. V. Mollov. (1998). Modeling and control of dc-dc converters, *Power Engineering Journal.* vol. 12, October 1998, issue 5, pp. 229-236.

[3] M. Mahdavian., M. Bayati Poudeh and S. Eshtehardiha (2008). DC-DC Converter with Closed Loop Control through Several Optimizing Methods, paper presented in *the International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment 2008*, Brasov, Romania.

[4] Ramanjaneya Reddy, and Narasimharaju B. (2014). Enhanced Closed Loop Voltage Control of Buck Converter for Improved Performance, paper presented in *the Annual IEEE India Conference (INDICON) 2014*, Pune, India.

[5] Hong Y. U., Jung S. H., Woo Y. J., Choi. B. K. and Cho G.-H. (2005). Single-chip quasi-PWM DC-DC converter with fast transient response comprising loop-bandwidth control, *IEEE Trans. on Circuits and Systems I: Electronics Letters,* vol. 41, no. 8, April 2005,pp. 501-503.

[6] Shamik Bandyopadhyay., G. KPanda., P. KSaha and S. Das (2015). Advance Control Techniques for DC/ DC Buck Converter with Improved Performance, *International Journal of Advanced Research in Electrical Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 4, no. 1, January 2015,pp. 201-208.

ระบบการคัดแยกวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิควิธีการซีเอเอสซีพี

Automatic Object Sorting Conveyor Belt Control with CASCP technique

อารียา ชนะภัย, อรรภพล สติภา, ประสิทธิ์ สินขุนทด, ธีรวัฒน์ เจาะดี และธงชัย คล้ายคลึง*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถนนสุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*โทรศัพท์ 044-252659, Email; kkthongchai@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ นำเสนอระบบการคัดแยกวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิควิธีการ CASCP โดยได้ทำการสร้างระบบการคัดแยกวัตถุชนิดโลหะและอโลหะ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือชุดแขนกลสำหรับคัดแยกด้วยการผลักวัตถุ ชุดสายพานลำเลียงวัตถุ และ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดนั้นจะถูกจัดวางอยู่บนฐานรองรับที่แข็งแรง โปรแกรมแกรมควบคุมการทำงานออกเป็น 6 ส่วนประกอบด้วย ส่วนตราจสอบวัตถุ ส่วนวิเคราะห์ประมวลผลชนิดของวัตถุ ส่วนคัดแยกวัตถุ ส่วนนับจำนวนวัตถุ และส่วนจัดเก็บวัตถุ และเขียนด้วยภาษา Ladder diagram ใน Simatic manager program ผลลัพธ์จากการทดลองให้คัดแยกวัตถุคละชนิดกันทั้งชนิดโลหะและชนิดอโลหะรายละ 3 ชิ้นงาน พบว่าระบบที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำตามหลักการเทคนิคที่ได้นำเสนอไว้

คำหลัก: โปรแกรมเมเบิ้ล คอนโทรเลอร์, การควบคุมสายพานลำเลียง, การคัดแยกวัตถุด้วยวิธีซีเอเอสซีพี

Abstract

This paper present to the Automatic object sorting conveyor belt controlled using CASCP technique. The main component of the system control consists of three parts; the robot arm set for sorting the objects, Conveyor belt and Proximity sensor. All of the components are installed on a strong supporting base. The programming section consists of six parts; Checking, Analytical, Sorting, Counting and Packing part. The program was designed with the Ladder diagram in the Simatic manager program. The results of the experiments system to sorting the different types of metal and nonmetal, each of the three pieces work are accurate in accordance with the techniques proposed

Keywords: Programmable logic controller, Conveyer belt control, Object Sorting with CASCP Technique.

1. บทนำ

ระบบการควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control System) ในเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตในโรงงานภาคอุตสาหกรรมเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะระบบการผลิตต่างๆ ประกอบกับในปัจจุบันประเทศไทยนั้นก้าวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรมตามนโยบายและยุทธศาสตร์ชาติ 4.0 ดังนั้นการสร้างกระบวนการเรียนรู้ทั้งหลักการและการปฏิบัติควบคู่กันไปย่อมทำให้เกิดทักษะ เสริมสร้างความเข้าใจและเกิดประสบการณ์ด้านระบบการควบคุมอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โปรแกรมเมิเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller; PLC) เป็นอุปกรณ์หลักที่มีความควมสำคัญต่อระบบการควบคุมอีกประการในระบบการควบคุมอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ตามลักษณะงานและตามความต้องการของผู้ใช้ (User) จึงทำให้เกิดความสะดวกต่อการใช้งาน นอกจากนั้นแล้วภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมจะมีมีความยืดยุ่นสูง ทำให้สามารถเลือกเขียนโปรแกรมได้หลายภาษาตามความถนัดของผู้ใช้งาน โดยมาตรฐาน IEC 1131-3 ได้กำหนดภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมของโปรแกรมเมิเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ไว้จำนวน 5 ภาษาประกอบด้วย Ladder diagram, Function Block diagram, Instruction List, Structure Text และ Sequential Function Chart ตามลำดับ [1]

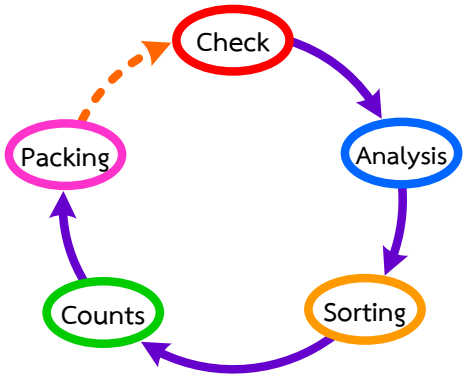
บทความนี้ นำเสนอการออกแบบระบบการคัดแยกวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง กระบวนการทำงานจะใช้เทคนิควิธีซีเอเอสซีพี ซึ่งในเบื้องต้นนี้กำหนดให้วัตถุที่ต้องการคัดแยกมีสองชนิดได้แก่ วัตถุชนิดโลหะ (Metal object) และวัตถุชนิดอโลหะ (Nonmetal object) การตรวจสอบประเภทวัตถุเลือกใช้พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์(Proximity Sensor) การตัดแยกวัตถุแต่ละชนิดลงกล่องจะออกแบบเป็นระบบแขนกลในการแยกวัตถุ การทำงานทั้งหมดจะทำงานภายใต้การออกแบบโปรแกรมควบคุมในโปรแกรม Simatic Manager ควบคุมโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ Siemens S7-300

2. ระเบียบวิธีวิจัย

กระบวนการตัดแยกวัตถุในระบบการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีรูปแบบการทำงานและการควบคุมที่แตกต่างกันไปตามลักษณะกระบวนการและผลิตภัณฑ์ อาทิเช่นระบบควบคุมที่ใช้ระบบไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว หรือการควบคุมที่มีทั้งระบบไฟฟ้าและระบบนิวเมติกส์ เป็นต้น แต่ในบทความนี้ต้องการนำเสนอการแยกแยะวัตถุที่มาตามสายพานลำเลียงและควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยกระบวนการทำงานทั้งหมดนั้น ผู้เขียนขอนำเสนอกระบวนการคัดแยกด้วยเทคนิค Check Analysis Sorting Count and Packing; CASCP มีรายละเอียดดังนี้

2.1 กระบวนการตัดแยกวัตถุแบบ CASCP

เมื่อต้องการคัดแยกวัตถุใดๆในระบบการผลิตหรือในงานอุตสาหกรรมนั้น จะต้องออกแบบระบบควบคุมการคัดแยกให้เริ่มต้นจากการตรวจสอบ (Check; C) วัตถุแล้วนำผลมาวิเคราะห์ (Analysis; A) เพื่อการตัดสินใจสำหรับการคัดแยกวัตถุ(Sorting; S) จากนั้นจะทำการนับวัตถุแต่ละชนิด(Counts; C) เพื่อให้ทราบถึงจำนวนของวัตถุที่คัดแยกแล้ว เพื่อส่งไปยังกระบวนการสุดท้ายคือการจัดเก็บ (Packing; P) กระบวนการทั้งหมดจะเรียกว่า CASCP ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการคัดแยกแบบ CASCP

บทความนี้ในขั้นตอนการตรวจสอบ (C) จะใช้พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์แบบ Inductive และแบบ Capacitive เพื่อตรวจสอบวัตถุแบบโลหะและอโลหะตามลำดับ ขั้นตอนการวิเคราะห์ (A) จะเขียนโปรแกรมเพื่อการวิเคราะห์ชนิดของวัตถุไว้ในโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ขั้นตอนการคัดแยกวัตถุ (S) จะออกแบบเป็นแขนกลเพื่อแยกวัตถุด้วยการผลักออกจากสายพาน

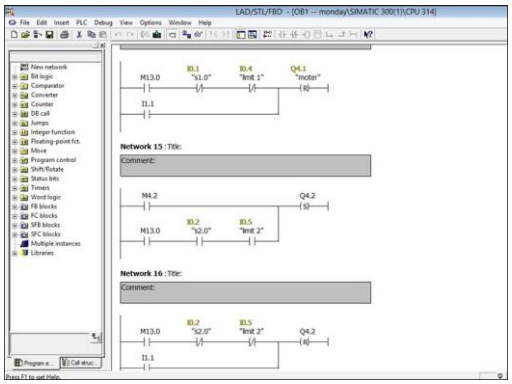
หลัก ขั้นตอนการนับจำนวนวัตถุ (C) จะใช้คำสั่งตัวนับ (Counter) ในโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิก คอนโทรลเลอร์ และในขั้นตอนสุดท้ายคือการจัดเก็บวัตถุ (P) ได้ออกแบบเป็นกล่องสี่เหลี่ยมเพื่อจัดเก็บวัตถุที่ผ่านการคัดแยกมาแล้ว ดังนั้นเมื่อผ่านกระบวนการ CASCP แล้ว จะสามารถทราบได้ว่ามีวัตถุทั้งหมดเท่าใด แบ่งตามชนิดวัตถุ และแต่ละชนิดถูกจัดเก็บไปแล้วเท่าใดบ้าง

2.2 โปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้โปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ Siemens S7-300 และใช้โปรแกรม Simatic Manager V 5.4 ในการเขียนโปรแกรมสั่ง ซึ่งสามารถเขียนโปรมได้หลากหลายภาษาคือ Ladder diagram, Function Block diagram และภาษา Structure Text ดังรูปที่ 2



ก) Siemens S7-300



ข) Simatic Manager Program

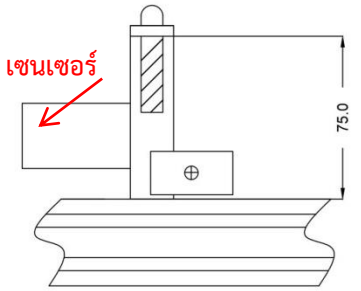
รูปที่ 2 PLC และโปรแกรมที่ใช้ [2,3]

2.3 อุปกรณ์อินพุทและเอ้าท์พุท

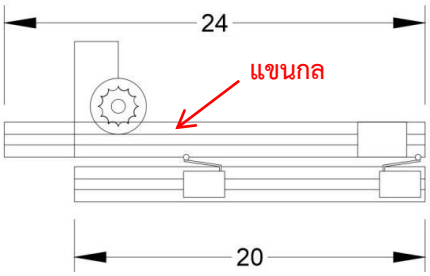
การตรวจสอบชนิดวัตถุแบบโลหะและอโลหะ เลือกใช้พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์แบบอินดักทีฟและแบบคาปาซิทีฟ ตามลำดับ เซนเซอร์ดังกล่าวนี้มีข้อดีคือใช้หลักการตรวจจับแบบไม่สัมผัสวัตถุแต่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าบริเวณหัวตรวจจับที่มีความถี่สูง มีความแม่นยำในการทำงานสูง การตรวจจับตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกลคัดแยกวัตถุนั้นจะใช้ลิมิตสวิช์ท ส่วนการสั่งการเพื่อหยุดหรือเริ่มการทำงานจะใช้สวิช์ทปุ่มกด อุปกรณ์เอ้าท์พุทประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 Vdc สำหรับการขับเคลื่อนสายพานและชุดแขนกลคัดแยกวัตถุ หลอดไฟแสดงสัญญาณการทำงาน และรีเลย์ 24 Vdc สำหรับการทำหน้าที่เป็นสวิช์ทในการทำงานของมอเตอร์

2.4 การออกแบบระบบควบคุมและการจัดวางอุปกรณ์

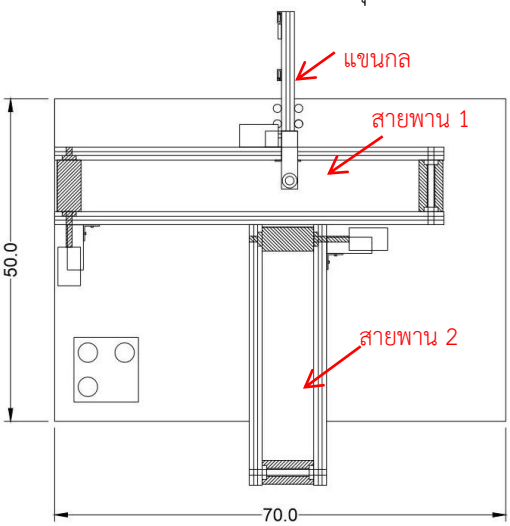
ส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วย ชุดแขนกลสำหรับคัดแยกด้วยการผลักวัตถุ ชุดสายพานลำเลียงวัตถุ และ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดนั้นจะถูกจัดวางอยู่บนฐานรองรับที่แข็งแรงขนาด 50x70x11 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ดังรูปที่ 3



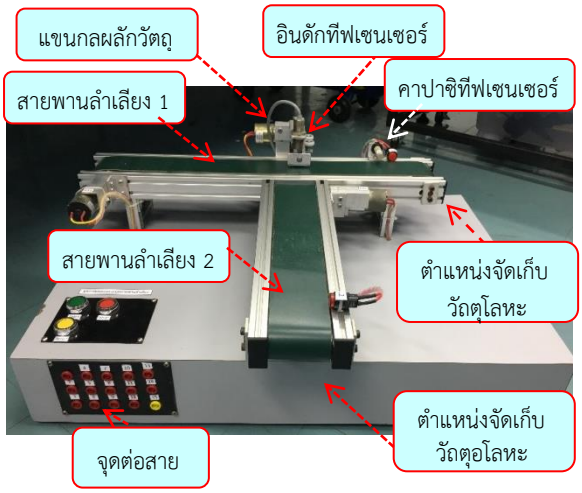
ก) การติดตั้งเซนเซอร์คัดแยกวัตถุ



ข) แขนกลคัดแยกวัตถุ



ค) การจัดวางอุปกรณ์ (มองด้านบน)

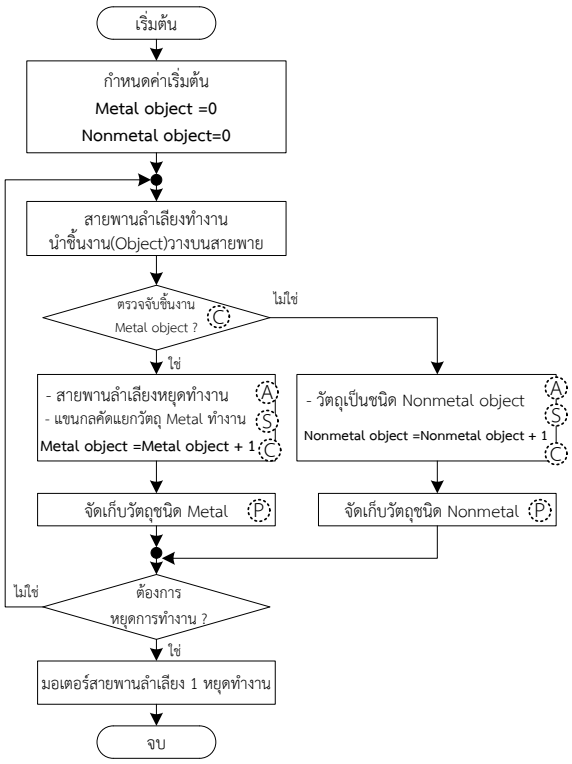


ง) การจัดวางอุปกรณ์

รูปที่ 3 การออกแบบและการจัดวางอุปกรณ์

2.5 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

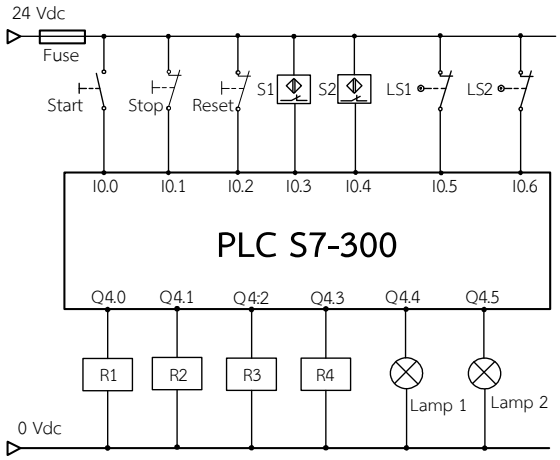
โปรแกรมควบคุมการทำงานได้ออกแบบและจัดแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ประกอบด้วยส่วนตราวสอบวัตถุ ส่วนวิเคราะห์ประมวลผลชนิดของวัตถุ ส่านคัดแยกวัตถุ ส่วนนับจำนวนวัตถุ และสุดท้ายคือส่วนจัดเก็บวัตถุตามชนิดที่คัดแยกได้ โดยมีหลักการเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 4 ซึ่งจะขียนด้วยภาษา Ladder diagram ในโปรแกรม Simatic manager จากนั้นดาวน์โหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นลงไปยังหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมของโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์เพื่อการควบคุม ต่อไป



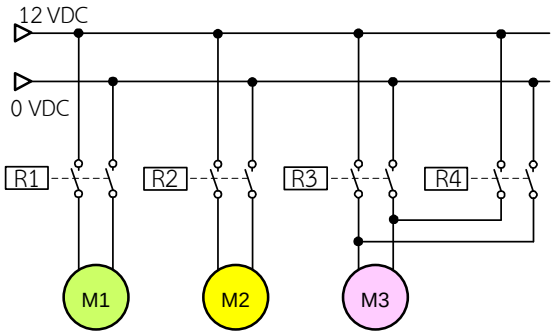
รูปที่ 4 ผังงานการเขียนโปรแกรม

2.6 การต่อสายอุปกรณ์

อุปกรณ์อินพุทได้แก่ สวิชท์และพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์แบบอินดักทีฟและแบบคาปาซิทีฟและลิมิตสวิชท์ อุปกรณ์เอ้าท์พุทได้แก่ รีเลย์ หลอดไฟแสดงสัญญาณจะใช้แรงดัน 24 Vdc จากเอ้าท์พุทขับได้โดยตรง ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้แรงดัน 12 Vdc จากแหล่งจ่ายที่เตรียมไว้แล้วใช้หน้าสัมผัสของรีเลย์สวิชท์การทำงานอีกครั้ง ดังรูปที่ 5



ก) การต่อสายอินพุท-เอ้าท์พุท



ข) การต่อสายมอเตอร์ขับสายพานลำเลียง

รูปที่ 5 ไดอะแกรมการต่อสาย

3. ผลการวิจัย

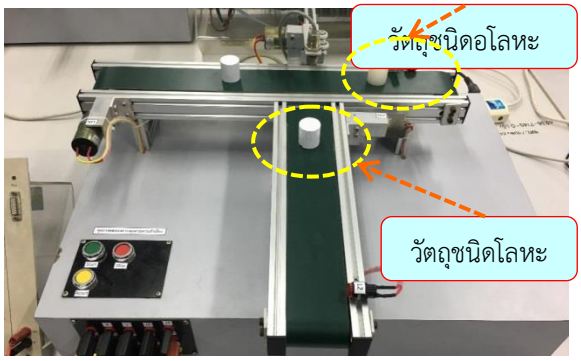
จากผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองให้ระบบการคัดแยกวัตถุตามเทนิควิธี CASCP ที่สร้างขึ้น โดยได้นำวัตถุโลหะจำนวน 3 ชิ้นงาน และวัตถุอโลหะจำนวน 3 ชิ้นงาน นำมาคละกัน แล้วทดลองให้ทำการคัดแยกวัดถุคละชนิดกันนั้นที่ลำเลียงมาบนสายพานดังรูปที่ 6 พบว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำทุกครั้งที่ทำการทดลอง โดยได้ทดลองจำนวน 3 ครั้ง ดังผลลัพธ์ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการตัดแยกวัตถุชนิดโลหะ

ครั้ง	การตัดแยก (S)		การนับ (C)		การจัดเก็บ (P)	
	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด
1	√		√		√	
2	√		√		√	
3	√		√		√	

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการตัดแยกวัตถุชนิดอโลหะ

ครั้ง	การตัดแยก (S)		การนับ (C)		การจัดเก็บ (P)	
	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด
1	√		√		√	
2	√		√		√	
3	√		√		√	



รูปที่ 6 การทดลองการคัดแยกวัตถุคละชนิดกัน

4. สรุปผลการวิจัย

ระบบการคัดแยกวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิควิธีการ CASCP ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งขั้นตอนการตรวจสอบ การวิเคราะห์ การคัดแยก การนับ และการจัดเก็บ โดยผลการทดลองให้คัดแยกวัตถุคละกันทั้งแบบโลหะและแบบอโลหะรายละ 3 ชิ้นงานพบว่าทำงานได้อย่างถูกต้องตามหลักการเทคนิคที่ได้นำเสนอไว้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรม ศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัยและการเผยแพร่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ธงชัย คล้ายคลึง (2560). พื้นฐานการใช้งานโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ S7-300, แผนกงานออกแบบและผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ประชาสัมพันธ์และเผยแพร่, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

[2] Siemens Manual of S7-300 Programmable Controller Installation and Hardware.

[3] Siemens Reference Manual of S7-300 and M7-300 Programmable Controllers Module Specifications.

การออกแบบสร้างชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำ ด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์และทัชสกรีน

Water Level Controlled Experimental Set Using PLC and Touch Screen

เจนจิรา เสาทองหลาง, วัชรากร สุขเจริญ, กฤษฎา สาวิสิทธิ์ และธงชัย คล้ายคลึง*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถนนสุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*โทรศัพท์ 044-252659, Email; kkthongchai@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอการออกแบบสร้างชุดควบคุมระดับน้ำด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์และทัชสกรีน การตรวจวัดระดับน้ำเลือกใช้เซนเซอร์แบบอนาลอกที่มีค่าระดับสัญญาณเอ้าท์พุทเปลี่ยนแปลงตามระดับน้ำ การเติมน้ำลงถังเก็บจะใช้มอเตอร์ปั๊มกระแสตรง การเปิดและปิดน้ำออกจากถังจะควบคุมด้วยโซลินอยด์วาล์ว ส่วนการควบคุมระดับน้ำตามเงื่อนไขของโปรแกรมที่กำหนดนั้นจะสามารถควบคุมได้ 2 โหมดคือ การควบคุมระดับน้ำโหมดอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และการควบคุมด้วยมือผ่านจอทัชสกรีน ผลลัพธ์จากการทดสอบชุดทดลองที่สร้างขึ้นพบว่า การควบคุมระดับน้ำโหมดอัตโนมัติสามารถควบคุมระดับน้ำได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขโปรแกรมที่กำหนด ส่วนการควบคุมในโหมดการควบคุมด้วยมือผ่านจอทัชสกรีนนั้นสามารถควบคุมการเปิดหรือปิดมอเตอร์ปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

คำหลัก: โปรแกรมเมเบิ้ล คอนโทรเลอร์, การควบคุมด้วยทัชสกรีน, เซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำแบบอนาลอก

Abstract

This paper presented to design of the water level control with a programmable logic controller and touchscreen. Water level measurement with the analogue level sensor, the output values variable upon the water level. DC motor pump used for fill the water into a tank. The opening and closing of the water from the tank are controlled by a solenoid valve. The programming of the water level has two modes: automatic water level control mode with a programmable logic controller and Manual mode with touchscreen. The results, the experimental set found that it can work effectively. Automatic mode can be controlled accurately according to the programming conditions. Manual mode via touch screen can be opening and closing of the DC motor pump and solenoid valve accurately and precisely.

Keywords: Programmable logic controller, Touchscreen control, Analog water level sensor.

1. บทนำ

ระบบการควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control System) ของเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตในโรงงานภาคอุตสาหกรรมเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะระบบการผลิตต่างๆ ประกอบกับในปัจจุบันนั้นประเทศไทยก้าวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรมตามนโยบายและยุทธศาสตร์ชาติ 4.0 ดังนั้นการสร้างกระบวนการเรียนรู้ทั้งหลักการและการปฏิบัติควบคู่กันไปย่อมทำให้เกิดทักษะ เสริมสร้างความเข้าใจและเกิดประสบการณ์ด้านระบบการควบคุมอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โปรแกรมเมิเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller; PLC) เป็นอุปกรณ์หลักที่มีความควมสำคัญต่อระบบการควบคุมอีกประการในระบบการควบคุมอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นตัวควบคุมที่

สามารถโปรแกรมการทำงานได้ตามลักษณะงานและตามความต้องการของผู้ใช้ (User) จึงทำให้เกิดความสะดวกต่อการใช้งาน นอกจากนั้นแล้วภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมจะมีมีความยืดยุ่นสูง ทำให้สามารถเลือกเขียนโปรแกรมได้หลายภาษาตามความถนัดของผู้ใช้งาน โดยมาตรฐาน IEC 1131-3 ได้กำหนดภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมของโปรแกรมเมิเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ไว้จำนวน 5 ภาษาประกอบด้วย Ladder diagram, Function Block diagram, Instruction List, Structure Text และ Sequential Function Chart ตามลำดับ [1]

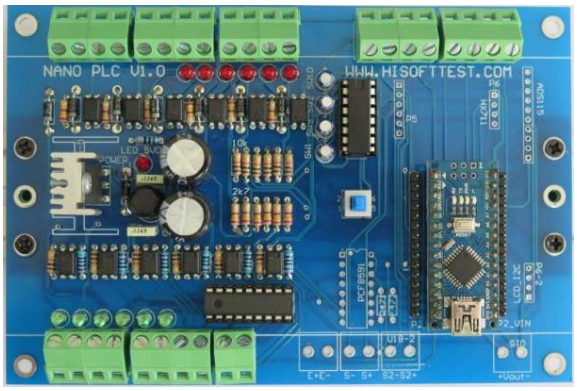
บทความนี้นำเสนอการออกแบบการควบคุมระดับน้ำในถังปิดที่สามารถควบคุมการการเติมน้ำเข้าถัง ควบคุมการเปิดและปิดการใช้น้ำในถังที่ควบคุมด้วยโปรแกรมเมิเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ การเติมน้ำในถังจะใช้มอเตอร์ปั๊ม การเปิดและปิดการใช้น้ำจะใช้โซลินอยด์วาล์ว ส่วนการตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการควบคุมนั้นจะใช้ลูกลอดวัดระดับน้ำ การควบคุมทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 โหมด ประกอบด้วยการควบคุมโหมดอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมิเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และโหมดการควบคุมด้วยมือผ่านจอทัชสกรีนที่สามรถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั๊มและการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมการใช้น้ำได้โดยตรง

2. ระเบียบวิธีวิจัย

การควบคุมระดับน้ำหรือของเหลวที่บรรจุอยู่ในถังปิดนั้นสามารถกระทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้หรือขึ้นอยู่กับความต้องการของระดับความแม่นยำในการควบคุม แต่หลักการโดยทั่วไปแล้วนั้นจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน ประกอบด้วยอุปกรณ์ต้นกำลังสำหรับการเติมน้ำในถัง อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในถัง และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปิดปิดการใช้น้ำ ซึ่งในบทความนี้ได้ออกแบบการควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์และจอทัชสกรีน ดังนี้

2.1 โปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากต้องการศึกษาและประยุกต์ใช้งาน PLC ขนาดเล็ก ราคาถูก มีฟังก์ชั่นการทำงานครบถ้วนตามความต้องการในการควบคุม และสามารถสื่อสารกับทัชสกรีนได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ของ Arduino (รุ่น NANO PLC 1.0) ที่สามารถรองรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 VDC นอกจากนั้นแล้วยังสามารถเชื่อมต่อเข้ากับทัชสกรีนผ่านการสื่อสารแบบพอร์ตบัส RS-232 และมีความสะดวกในการป้อนโปรแกรมการทำงานด้วยภาษา Ladder diagram รายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 PLC รุ่น NANO 1.0 [2]

2.2 จอทัชสกรีน

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แสดงผลและนำเข้าข้อมูลเพื่อการประมวณผลและสั่งการตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นอุกรณ์ที่มีจุดเด่นในเรื่องการลดขนาดพื้นที่การใช้งานและมองเห็นภาพการทำงานได้ โดยโปรแกรมจะแสดงผลแบบภาพกราฟิกบนจอ ผู้ใช้สามารถใช้นิ้วมือสัมผัสบนจอภาพ เพื่อเลือกรายการต่างๆ ทั้งที่อยู่ในลักษณะของรูปภาพหรือข้อความเพื่อการสั่งงานได้โดยตรง ในบทความนี้เลือกใช้รุ่น Samkoon SK series เนื่องจากราคาไม่แพงและมีฟังก์ชั่นการใช้งานตามต้องการ รายละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 จอทัชสกรีนรุ่น SK-043FE [3]

2.3 เซนเซอร์วัดระดับน้ำ

โดยทั่วไปแล้วเซนเซอร์ดังกล่าวนี้จะแบ่งเป็นชนิดค่าความต้านทานไม่ต่อเนื่อง(ค่าเป็นระดับต่างๆ) และชนิด

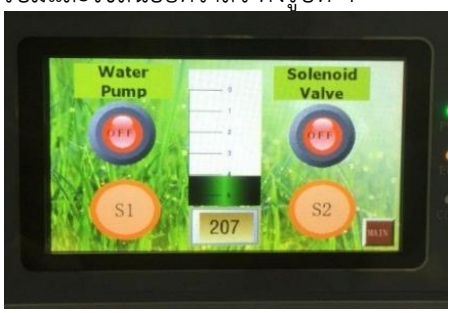
ค่าความต้านทานต่อเนื่อง โดยค่าความต้านทานจะแปรตามระดับของลูกลอยที่ติดอยู่กับแกนของเซนเซอร์ บทความนี้เลือกใช้เซนเซอร์ชนิดให้ค่าความต้านทานแบบต่อเนื่อง ดังรูปที่ 3 ต้องการควบคุมระดับของน้ำให้แม่นยำและต่อเนื่อง ซึ่งเอ้าท์พุทของเซนเซอร์จะเป็นค่ากระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ แต่เนื่องจากโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ต้องการรับสัญญาณที่เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตร 0-5 VDC ดังนั้นจึงต้องนำสัญญาณนี้มาผ่านวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันอีกครั้งก่อนจ่ายให้กับอินพุทอนาลอกของโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ต่อไป



รูปที่ 3 เซนเซอร์ชนิดค่าความต้านทานแบบต่อเนื่อง

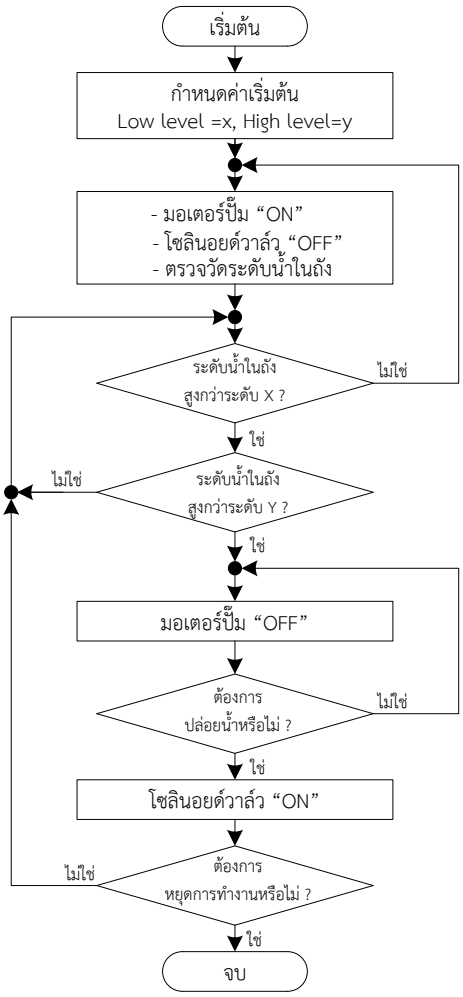
2.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานจอทัชสกรีนซึ่งเขียนด้วยโปรแกรม Modbus SAMKOON เพื่อการควบคุมการทำงานในโหมดการควบคุมการทำงานด้วยมือ โดยสามารถกำหนดตำแหน่งอินพุทและเอ้าท์พุทได้โดยตรงเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั๊มและโซลินอยด์วาล์ว ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 จอทัชสกรีนที่เขียนโปรแกรมแล้วเสร็จ

ส่วนการเขียนโปรแกรมภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมนั้นจะเขียนด้วยโปรแกรม SoapBox Snap แล้วดาวน์โหลดไปยังโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยมีเงื่อนไขการทำงานดังรูปที่ 5 ซึ่งจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดค่าระดับของน้ำในถังทั้งค่าในระดับต่ำ (Low level) และระดับสูง (High level) จากนั้นจะควบคุมระดับน้ำในถังให้อยู่ระหว่างระดับค่าทั้งสองนั้น โดยการอ่านค่าสัญญาณอินพุทจากเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำมาประมาลผลร่วมกับโปรแกรมและสั่งการควบคุมอุปกรณ์ตามลำดับ หากผู้ใช้ต้องการหยุดการทำงานก็สามารถเลือกสวิทช์หยุดการทำงานได้



รูปที่ 5 ผังงานการเขียนโปรแกรม PLC

2.5 การออกแบบชุดทดลอง

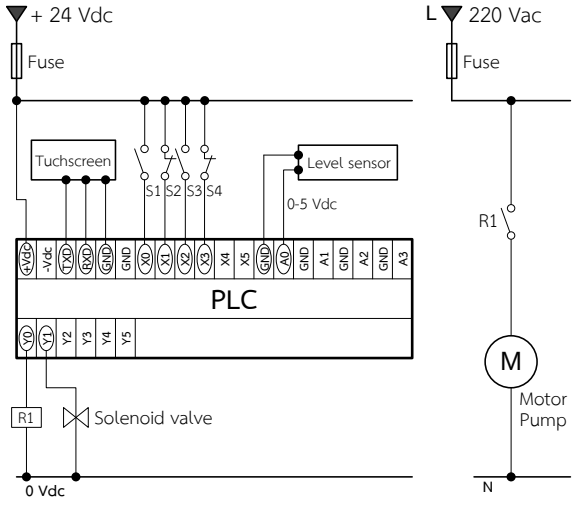
ส่วนประกอบหลักของชุดทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วย อุปกรณ์อินพุทได้แก่สวิทช์และเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ อุปกรณ์เอ้าท์พุทได้แก่รีเลย์ หลอดไฟแสดงสัญญาณ มอเตอร์ปั๊มและโซลินอยด์วาล์ว โปรแกรม

เมบิลคอนโทรลเลอร์ จอทัชสกรีน และถังบรรจุน้ำ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะติดตั้งไว้บนโต๊ะปฏิบัติการ เพื่อให้สะดวกต่อการทำการทดลอง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ส่วนประกอบและการจัดวางอุปกรณ์

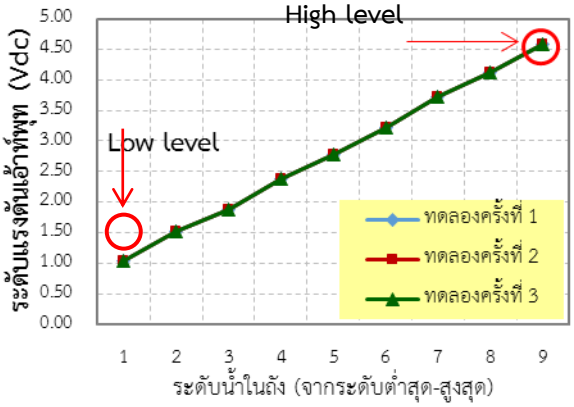
หลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ แล้วจึงต้องมีการต่อสายและจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด อุปกรณ์อินพุทและเอ้าท์พุทจะรับแรงดันไฟฟ้า 24 Vdc ส่วนมอเตอร์ปั๊มน้ำจะใช้แรงดันไฟฟ้า 220 Vac มีการต่อวงจรดังรูปที่ 7 ดังนี้



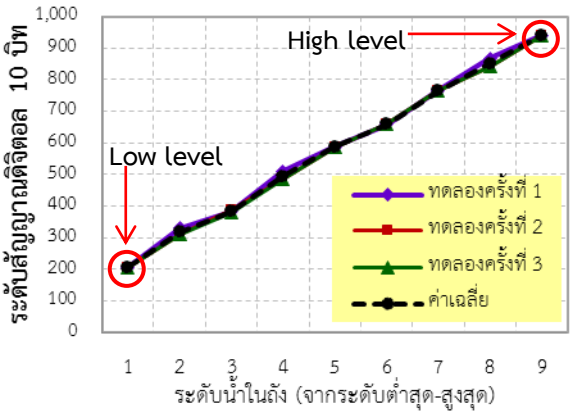
รูปที่ 7 ไดอะแกรมการต่อสาย

3. ผลการวิจัย

การทดสอบแรงดันเอ้าท์พุทที่ได้จากเซนเซอร์วัดระดับน้ำ ทั้งในระดับสูงสุดและระดับต่ำสุดซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญเนื่องจากจะทำให้ทราบค่าระดับสัญญาณที่ระดับน้ำต่างๆ เมื่อสัญญาณแรงดันนี้ผ่านหน่วยอินพุทของ PLC จะถูกเปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 10 บิท (มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1024) จะทำให้ทราบค่าระดับสัญญาณดิจิตอลในระดับน้ำต่างๆ จึงนำค่านั้นไปสร้างเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรมตรวจวัดและควบคุมระดับน้ำในถัง ผลลัพธ์แสดงในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นเอ้าท์พุทค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ โดยทดลองจำนวน 3 ครั้ง จะพบว่าเมื่อระดับน้ำสูงขึ้นทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้นในทุกๆ ครั้งของการทดลอง ส่วนรูปที่ 9 เป็นค่าระดับสัญญาณดิจตอลที่เปลี่ยนแปลงตามระดับน้ำ เมื่อระดับน้ำสูงขึ้นค่าระดับสัญญาณดิจิตอลจะมีค่ามากขึ้นเช่นกันในทุกๆครั้งการทดลอง แต่จะใช้ค่าเฉลี่ยสำหรับกำหนดเป็นข้อมูลในคำสั่งเปรียบเทียบของการเขียนโปรแกรมควบคุม ต่อไป



รูปที่ 8 แรงดันเอ้าท์พุทของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ



รูปที่ 9 ระดับสัญญาณ ADC ขนาด 10 บิท

ผลการทดลอง การควบคุมในโหมดการทำงานอัตโนมัติควบคุมด้วย PLC สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด ส่วนการควบคุมในโหมดการควบคุมด้วยมือผ่านจอทัชสกรีนนั้นสามารถควบคุมมอเตอร์ปั๊ม และควบคุมการเปิดปิดการใช้น้ำในถังด้วยโซลินอยด์วาล์วได้โดยตรงจะทำงานได้อย่างถูกต้อง

4. สรุปผลการวิจัย

ชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์และทัชสกรีนที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธภาพ การทำงานในโหมดการควบคุมอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมปั๊มน้ำ โซลินอยด์วาล์วด้วยเงื่อนไขค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำซึ่งทำงานได้ถูกต้องแม่นยำ ส่วนการควบคุมในโหมดควบคุมด้วยมือผ่านจอทัชสกรีนสามารถควบคุมปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วได้โดยตรงและทำงานได้แม่นยำเช่นกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัยและการเผยแพร่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ธงชัย คล้ายคลึง (2560). พื้นฐานการใช้งานโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ S7-300, แผนกงานออกแบบและผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ประชาสัมพันธ์และเผยแพร่, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

[2] บริษัทไฮซอฟเทส จำกัด (2561). นาโนพีแอลซี, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.hisofttest.com/ product.com, เข้าถึงเมื่อ 24 ม.ค. 2561.

[3] บริษัทเซอร์โวพลัสทรี จำกัด (2561). การทำงานของจอทัชสกรีน SK-Tool, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.servoplus3.com, เข้าถึงเมื่อ 17 ก.พ. 2561.

[4] บริษัทฟูดเนทเวอร์โซลูชั่น จำกัด (2561). เซนเซอร์วัดระดับชนิดความต้านทาน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.foodnetworksolution.com, เข้าถึงเมื่อ 24 ม.ค. 2561

การจำลองตู้ขยายเสียงกีตาร์โดยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลด้วยซิมมูลิงค์

Guitar cabinet simulation based on digital signal processing technique with Simulink

ณัฐพงษ์ แก่นมาลี* , วิทยา ชำนาญไพร และ อังคณา เจริญมี

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
* Email: K.NATTAPONG.2559@GMAIL.COM, เบอร์โทรศัพท์ 095-394-2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและจำลองวงจรตู้ขยายเสียงกีตาร์เสมือนด้วยเทคนิคประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลบนโปรแกรมซิมมูลิงค์ ผู้ทำการวิจัยได้แทนแต่ละภาคของวงจรตู้ขยายเสียงกีตาร์ยี่ห้อ Fender รุ่น Deluxe 112 ซึ่งเป็นการประมวลผลแบบอนาลอกด้วยโมเดลทางเชิงคณิตศาสตร์ เช่น ปรับขนาดสัญญาณ, ควบคุมโทนของเสียง, กรองความถี่, เพิ่มขนาดแต่ละจุดความถี่ , ตัดแต่ละจุดความถี่ สัญญาณเสียงจะถูกรับเข้ามาผ่านทางการ์ดรับสัญญาณเสียงความละเอียดเลือกเป็น 16 บิต หรือ 24 บิต ได้ อัตราซักสุ่มสัญญาณ 48 กิโลเฮิรต์ หลังจากทำการประมวลผลแล้วจะถูกส่งออกไปขับดอกลำโพงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ด้วยเครื่องขยายเสียงคลาส เอบี กำลังวัตต์สูงสุดเป็น 100 วัตต์ ที่โหลด 4 โอห์ม ผลการตอบสนองเชิงความถี่ตู้ขยายเสียงกีตาร์เสมือนด้วยเทคนิคประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลบนโปรแกรมซิมมูลิงค์ เทียบกับ ตู้ขยายเสียงกีตาร์จริง สามารถลดทอน เพิ่ม ตามความถี่ที่ต้องการได้

คำหลัก: ตู้ขยายเสียงกีตาร์ , การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล, แมทแลปซิมมูลิงค์, ดอกลำโพง

Abstract

This research aims to study and simulation circuit of the guitar cabinet base on digital signal processing with Simulink. The researchers replaced each circuits section of the Fender Deluxe 112 Guitar Amplifier Cabinet which an analogue processing with mathematical models. Such as Gain, Tone-control, Boost, Cut of each frequency point. Audio signals are received through the sound card optional are resolution 16-bit or 24-bit, sampling rate is 48 kHz. After processing, it will be sent out to a 10-inch diameter loudspeaker from class AB power amplifier with a $100W_{RMS}$ at 4Ω. The results of guitar amplifier cabinet simulation with Digital Signal Processing techniques on Simulink program compared to a real guitar amplifier cabinet

Keywords: Guitar Amplifier Cabinet, Digital Signal Processing, MATLAB/Simulink, loudspeaker

1. บทนำ

ตู้ขยายเสียงกีตาร์เป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นในการเล่นดนตรีสด การซ้อมฝึกซ้อมดนตรี ตลอดจนการบันทึกเสียงในห้อง แนวดนตรี บุคลิกของเสียง ประเภทของเพลงขึ้นอยู่กับตู้ขยายเสียงดังกล่าวลักษณะเฉพาะของเสียงที่เปล่งออกมาจากตู้ขยายเสียงกีตาร์มาจากปัจจัยอย่างน้อยสี่ส่วนคือโทนคอนโทรล,วงจรขยายกำลังเสียง,ดอกลำโพง และประเภทตู้ลำโพง โดยเฉพาะดอกลำโพงเป็นปัจจัยสำคัญยิ่ง ของเอกลักษณ์ของเสียงของตู้ขยายเสียงกีตาร์แต่ละรุ่นในแต่ละยี่ห้อซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 8 นิ้วไปจนถึง 21 นิ้ว [4]

ในห้องบันทึกเสียงที่ต้องการเสียงกีตาร์ที่เสมือนจริง รวมไปถึงการฝึกซ้อมดนตรีที่ไม่ต้องการให้เปล่งเสียงออกทางลำโพงของตู้ขยายเสียงกีต้าร์จริงแต่ต้องการจะใช้หูฟังในการฝึกซ้อมหรือการบันทึกเสียง ตู้ขยายเสียงกีต้าร์จำลองจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้เกิดความสะดวกกะทัดรัดคล่องตัวในการทำงานและฝึกซ้อมดนตรี แต่ยังคงเอกลักษณ์ของตู้ขยายเสียงยี่ห้อนั้นๆไว้อย่างเสมือนจริงได้

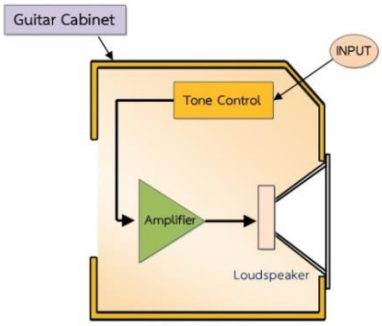
งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าหากทำการจำลองการทำงานโดยการวัดความถี่ตอบสนองของตู้ลำโพงจริงแล้วนำมาเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ด้วยการสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรมซิมมูลิงค์ ด้วยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลจะเป็นสิ่งที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ให้กับวงการดนตรีเป็นอย่างยิ่ง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตู้ขยายเสียงกีต้าร์

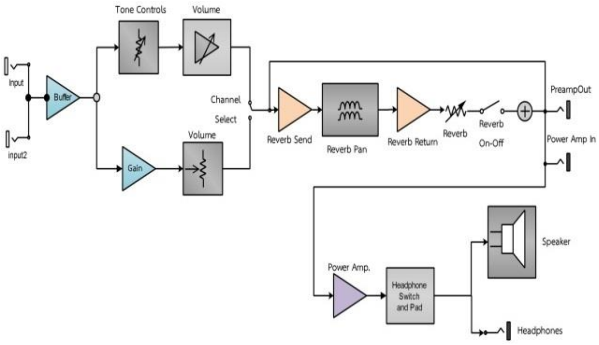
ตู้ขยายเสียงกีต้าร์คือตู้ลำโพงสำหรับขยายเสียงให้กับเครื่องดนตรีประเภทกีตาร์ โดยเฉพาะตู้ขยายเสียงกีต้าร์นั้นจะ มีลักษณะเฉพาะในการออกแบบ เพื่อให้ได้โทนของเสียงที่เสมือนจริงและมีเอลักษณ์จึงมีการออกแบบให้ต่างจากตู้ลำโพงที่ใช้ฟังดนตรีทั่วไป ตู้ขยายเสียงกีต้าร์ มีส่วนประกอบหลักอยู่สามส่วนด้วยกันคือตู้ลำโพง วงจรควบคุมโทนคอนโทรล และวงจรขยายกำลังเสียง ดังแสดงในรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เอลักษณ์ของเสียงของตู้ขยายเสียงกีต้าร์ในแต่ละรุ่นต่างยี่ห้อต่างกันนั้น นอกจากชนิดของตู้ลำโพงและวงจรภาคขยายกำลังเสียง คือ ชุดวงจรโทนคอนโทรล ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกตู้ขยายเสียงกีต้าร์ยี่ห้อ Fender Deluxe 112 Plus [5] เป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองตู้ขยายเสียงกีตาร์ โดยจะนำ วงจรภาคโทนคอนโทรลของ ตู้ขยายเสียงกีต้าร์ยี่ห้อ Fender Deluxe 112 Plus ที่เป็นวงจรแบบอนาลอก แบบเดิม มาสร้างแบบจำลองด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์โดยการใช้โปรแกรม ซิมมูลิงค์



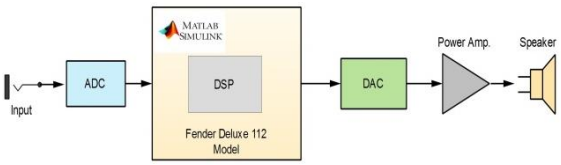


รูปที่ 1 ส่วนประกอบของตู้ขยายเสียงกีต้าร์และตู้ขยายเสียงกีต้าร์จริง



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของตู้ขยายเสียงกีต้าร์ยี่ห้อ Fender Deluxe 112 PLUS

จากรูปที่ 2 จะแสดงแต่บล็อคไดอะแกรมของตู้ขยายเสียงกีต้าร์จริงซึ่งประกอบไปด้วย ภาค Gain ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มระดับสัญญาน ภาค tone Controls ทำหน้าที่ปรับโทนของสัญญาณเสียง และภาค reverb ทำหน้าที่สร้าง Effect-Reverb จากนั้นจะถูกส่งให้ภาคขยายญญาณเสียงและส่งออกทางลำโพงต่อไป จากวงจรในภาคอะนาลอกสามารถแปลงเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์โดยให้โปรแกรม แมทแลปซิมมูลิงค์ดั้งแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการจำลองตู้ขยายเสียงกีต้าร์ยี่ห้อ Fender Deluxe 112 PLUS ด้วย ซิมมูลิงค์

2.2 หน่วยวัดสำหรับการตู้ขยายเสียงกีต้าร์ [6]

เดซิเบล (decibel: dB) เป็นหน่วยวัดเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณเสียงสองปริมาณ ใช้สำหรับวัดความดังของเสียง คิดค้นโดย Alexander Graham Bell นิยมใช้กันมากในทางอคูสติก ฟิสิกส์และอิเล็กทรอนิกส์ เดซิเบลเป็นหน่วยวัดที่ไม่มีหน่วยเหมือนค่าเปอร์เซ็นต์ หน่วยเดซิเบลเป็นหน่วยที่สามารถแสดงค่าสูงและค่าต่ำเปรียบเทียบกันได้เนื่องจากคำนวณจากการหาลอการิทึม ระดับเดซิเบลที่ถึงขั้นอันตรายของคนหูปกติคือ 85 เดซิเบลขึ้นไป ระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level: SPL) หน่วยดีบีเอสพีแอล เป็นหน่วยวัดความดังของเสียงเป็นเดซิเบล (dB) อ้างอิงกับระดับแรงกดดันของเสียง เป็นแรงกดดันเสียงในอากาศที่ $2x10^{-5}$ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m2) ใช้ความถี่เสียง 1 กิโลเฮิรต์ ถือเป็นแรงกดดันต่ำสุดที่หูมนุษย์ทั่วไปได้ยิน และสูงสุดประมาณ 100N/m2

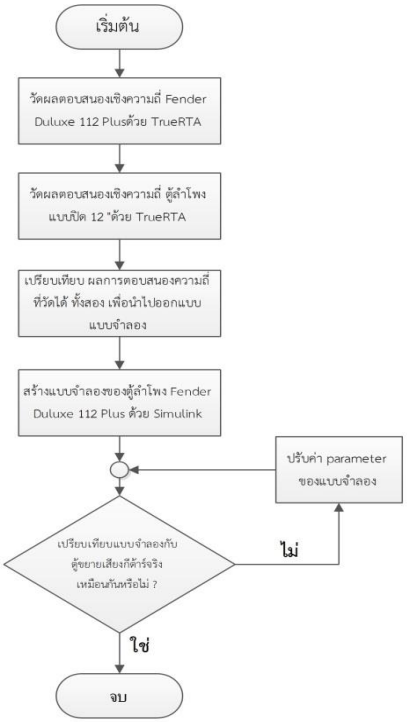
$$SPL = 20 \text{ Log } (P / P_o) \quad (1)$$

เมื่อ **SPL** คือ ความดันเสียง หน่วยดีบี(**dB**)

P คือ ความดันเสียง หน่วย นิวตันต่อตารางเมตร(N/m^2)

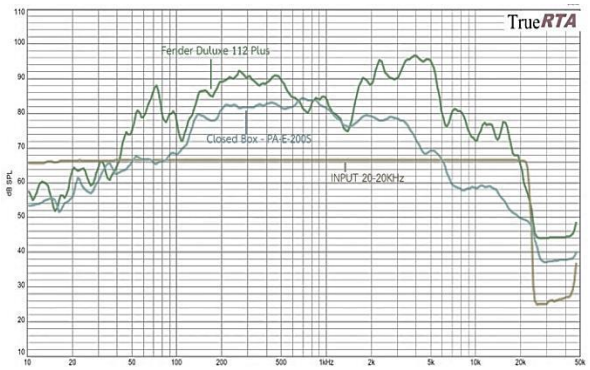
P_o คือ ความดันเสียงที่มนุษย์ได้ยิน หน่วย นิวตันต่อตารางเมตร(N/m^2)

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

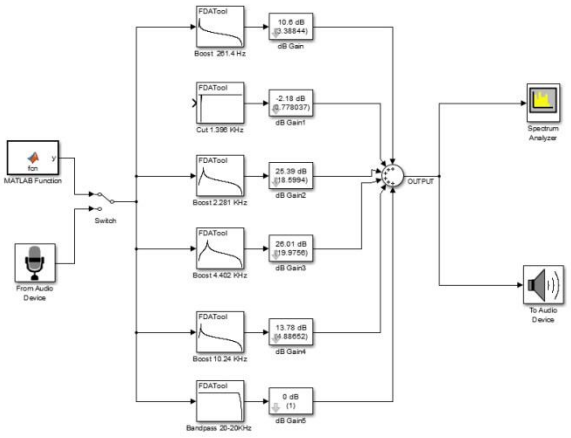


รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมการดำเนินงานวิจัย

จากบล็อกไดอะแกรมการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยได้ทำการวัดผลการตอบสนองเชิงความถี่ของตู้ขยายเสียงกีต้าร์จริงเทียบกับตู้ลำโพงที่ยังไม่ผ่านการปรับแต่งสัญญาณเสียงในงานวิจัยนี้จะใช้ตู้ลำโพงแบบปิด และใช้ดอกลำโพงยี่ห้อ PA รุ่น E-200S เป็นตัวเทียบกับตู้ขยายเสียงกีต้าร์จริง ผลการวัดการตอบสนองเชิงความถี่ดังแสดงในรูปที่ 5

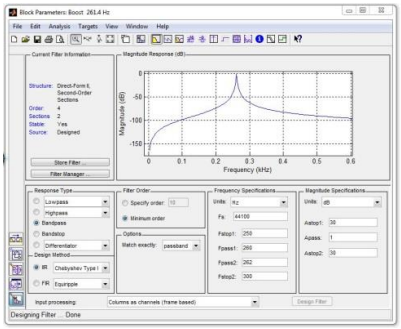


รูปที่ 5 ผลการวัดการตอบสนองเชิงความถี่ตู้ขยายเสียงกีต้าร์ Fender Deluxe 112 PLUS และ Closed box E-200S ด้วย โปโปรแกรม TrueRTA ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ผลการตอบสนองเชิงความถี่ดังแสดงในรูปที่ 5 และได้ทำการนำข้อมูลความต่างระหว่างกราฟ Fender deluxe 112 plus กับ Closed Box- E200S มาทำการออกแบบโมเดลทางคณิตศาสตร์ด้วย [1] ซิมมูลิงค์ เพื่อให้ กราฟ Closed Box- E200S เสมือนกราฟของ Fender Deluxe 112 PLUS ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 โมเดลแบบจำลองตู้ขยายเสียงกีต้าร์ Fender Deluxe 112 PLUS ด้วย ซิมมูลิงค์

จากโมเดลจะแบ่งช่วงความถี่ที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อปรับเพิ่ม-ลดในแต่ละช่วงความถี่เพื่อให้ผลตอบสนองเชิงความถี่ใกล้เคียงกับตู้ขยายเสียงกี่ต้าร์จริง ออกเป็น 6 ช่วง คือ 261.4 เฮิรต์, 1.396กิโลเฮิรต์, 2.281 กิโลเฮิรต์, 4.402 กิโลเฮิรต์ และ 10.24 กิโลเฮิรต์ ด้วยการใช้เทคนิคการประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลด้วยโปรแกรม Simulink แต่ละช่วงความถี่ผู้วิจัยจะใช้ Model Digital Filter แบบ IIR Bandpass [2] [3] ดังแสดงการตั้งค่าในรูปที่ 7

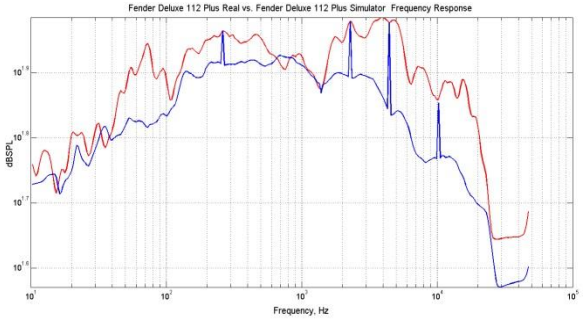


รูปที่ 7 โมเดล Digital Filter แบบ IIR Bandpass ด้วย SIMULINK

4. ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินการวิจัยจากโมเดลแบบจำลองตู้ขยายเสียงกีต้าร์ Fender Deluxe 112 PLUS พบว่าสามารถเพิ่มระดับ (Boost) และ ลดระดับ (Cut) สัญญาณแต่ละช่วงความถี่ที่ได้ทำการวิเคราะห์คือคือ 261.4 เฮิรต์, 1.396กิโลเฮิรต์, 2.281 กิโลเฮิรต์, 4.402 กิโลเฮิรต์ และ 10.24 กิโลเฮิรต์ ดังแสดงในรูปที่ 8

ตารางที่ 1 แสดงเปรียบเทียบผลตอบสนองเชิงความถี่ ตู้ขยายเสียงกีตาร์ กับ ดอกลำโพง PA E-200S ที่ได้ทำการวัดสัญญาณก่อนนำมาสร้างแบบจำลอง และตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลตอบสนองเชิงความถี่ ตู้ขยายเสียงกีตาร์ กับ ตู้ขยายเสียงกีตาร์จำลอง



รูปที่ 8 ผลการจำลองตู้ขยายเสียงกีต้าร์ Fender Deluxe 112 PLUS เทียบกับตู้ขยายเสียงกีต้าร์จริง

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบผลตอบสนองเชิงความถี่ ตู้ขยายเสียงกีตาร์ กับ ดอกลำโพง PA E-200S (หน่วย:กิโลเฮิรต์)

ความถี่ (กิโลเฮิรต์)	Fender Deluxe 112 PLUS (dBSPL)	PA E-200S (dBSPL)
0.261	92.217	81.65
1.396	74.963	76.183
2.281	95.387	78.083
4.402	94.922	68.911
10.24	72.278	58.496

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบผลตอบสนองเชิงความถี่ ตู้ขยายเสียงกีตาร์ กับ ตู้ขยายเสียงกีตาร์จำลอง (หน่วย:กิโลเฮิรต์)

ความถี่ (กิโลเฮิรต์)	Fender Deluxe 112 PLUS (dBSPL)	Fender Deluxe 112 PLUS SIMULATOR (dBSPL)
0.261	92.217	92.250
1.396	74.963	74.000
2.281	95.387	95.300
4.402	94.922	94.911
10.24	72.278	71.450

5. สรุป

ผลการจำลองตู้ขยายเสียงกีตาร์เสมือนด้วยเทคนิคประมวลผลสัญญาณอย่างดิจิตอลบนโปรแกรมซิมมูลิงค์เมื่อเทียบกับตู้ขยายเสียงกีตาร์จริงยี่ห้อ Fender Deluxe 112 PLUS มีผลการตอบสนองเชิงความถี่ สอดคล้องกัน ดังนั้นการใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมซิมมูลิงค์ แทนตู้ขยายสัญญาณเสียงกีต้าร์แบบอนาลอกแบบเดิมด้วยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณนั้นสามารถทำได้จริงและให้ผลเสมือนตู้ขยายเสียงกีต้าร์จริงงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางการพัฒนาการสร้างแบบจำลองตู้ขยายเสียงกีตาร์จริงได้ในงานวิจัยต่อไปผู้วิจัยจะนำแนวทางการพัฒนานี้ไปสร้าง ตู้ขยายเสียงกีต้าร์จำลองของจริงโดยปราศจากตู้ขยายเสียงกีต้าร์และดอกลำโพง

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ตึก50 ปีเทคนิคไทย-เยอรมัน ได้ให้โอกาสผู้วิจัยได้เข้าใช้ตึกและห้องปฏิบัติการเพื่อทำงานวิจัยกันอย่างเต็มประสิทธิภาพ ขอบคุณคณาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้ามหาบัณฑิตทิตที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัยนี้และที่จะขาดไม่ได้ต้องขอขอบพระคุณงานประชุมวิชาการ ESTA CON 2018 ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้ส่งผลงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการให้นักวิจัยละผู้ที่สนใจความรู้ด้านนี้ได้ศึกษา ขอบพระคุณครับ

7. เอกสารอ้างอิง

[1]Chaguaro Aldaz, Daniel. Digital Signal Processing Filtering Algorithm Audio Equalization UsingMatlab."(2015),Helsinki MetropoliaUniversityofApplied Sciences,Bachelor of Engineering Thesis ,pp.13-39,2015

[2] Karjalainen, M. (2008). Nonlinear Modeling of a Guitar Loudspeaker Cabinet, the 11th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-08), Espoo, Finland, September 2008

[3] T. Schmitz and J. J. Embrechts, Nonlinear GuitarLoudspeakerSimulation, Audio Engineering Society Convention 134, 2013.

[4]CabinetSimulators,hexeguitar, URL: http://www.hexeguitar.com/diy/techinfo/cabsims, access on 01/07/2018.

[5]FenderDeluxe112PLUSService manaul,Manualslib,URL: https://www.manualslib.com/manual/1184732/Fender-Deluxe-112-Plus.html,accesson 01/07/2018.

[6]ZENAcoustic(2559),*เดซิเบลและความดัง,* [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา:http://www.zen-acoustic.com/decibel.html, เข้าดูเมื่อวันที่ 01/07/2561.

การออกแบบและสร้างระบบวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงความถี่ของดอกลำโพงด้วยซิมมูลิงค์

Design and implementation of loudspeaker frequency response analyzer systems with Simulink

เทวินทร์ แสนฝ้าย[1,*] อังคณา เจริญมี[2] และ วิทยา ชำนาญไพร[2]

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

[2]อาจารย์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 หมู่ 6 ถนน ศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

* Email: wavetech_developer2@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 088-3737999

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงความถี่ของดอกลำโพง ด้วยการประยุกต์ใช้งานซิมูลิงค์ ปรับแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียง กับอ่านกลับเข้ามา ผ่านกล่องเชื่อมโยงข้อมูลเสียง จากความถี่ 20Hz ถึง 20 KHz มาแสดงผลเป็นกราฟในสเกล ลอการิทึมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ผู้นำเสนอได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ 20 Hzถึง 20 kHz แล้วส่งออกทางช่อง Line Out ของแผ่นวงจรกำเนิดเสียงภายนอกต่อร่วมยูเอสบีพอร์ต(USB Audio Interface) ความละเอียด 24บิต อัตราสุ่มสัญญาณ 48kHz ด้วยการปรับขนาดสัญญาณ(Amplitude) ได้ตั้งแต่ 0 V_{P-P} ถึง 1 V_{P-P} สัญญาณที่ส่งออกจะกวาดความถี่ในสเกลลอการิทึมไปยังเครื่องขยายเสียงขนาด 350 W_{RMS} คลาสเอบี จากดอกลำโพง ยี่ห้อ P-Audio รุ่น 12BM300B กับ ยี่ห้อ Kane รุ่น KN-12KA22 เสียงที่เปล่งออกจากดอกลำโพงที่ถูกใช้ทดสอบ จะรับเข้ามาจากไมโครโฟน ยี่ห้อ RTA รุ่น DBX ที่ ตั้งห่างจากดอกลำโพง 1 เมตร เข้ามายังอินพุต (Line In) ของกล่องเชื่อมโยงข้อมูลเสียงพอร์ตยูเอสบี โปรแกรมได้ทำการอ่านค่าระดับของสัญญาณหลายครั้งมาประมวลผลเป็นค่าเฉลี่ยก่อนนำค่าดังกล่าวไปพล็อตลงเป็นจุด 1 จุด อย่างสเกลลอกริทึม และทำซ้ำจนครบทุกจุดความถี่ให้สอดคล้องตามมาตรฐานของการวัดทดสอบเชิงความถี่ของดอกลำโพงผลการทดสอบโครงงานเครื่องวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงความถี่ของลำโพง เทียบกับโปรแกรมเชิงพานิชย์ TrueRTA(True Real Time Analyzer) รุ่นพัฒนาที่ 3.5.6 มีความสอดคล้องกันและมีความผิดพลาดจุดต่อจุดต่ำกว่า ร้อยละ 2 จึงสามารถนำไปใช้งานแทนกันได้

คำหลัก: ดอกลำโพง, ผลการตอบสนองเชิงความถี่, ประมวลผลเวลาจริง, การวิเคราะห์แถบความถี่เสียง

Abstract

This article presents the design and construct a tool for analyzing the frequency response of the loudspeaker with the application of Simulink. Adjust the audio source then read back through the link box, audio frequency from 20Hz to 20 KHz is displayed graphically on a Logarithmic scale on computer screen. Researcher has programmed to generate sinusoidal signals at frequencies of 20 Hz to 20 kHz and then output them to the Line Out of the external audio adapter connect with USB Audio Interface 24-bit resolution, sampling rate 48kHz with adjustable the amplitude from 0Vp-p to 1Vp-p. The output signal sweeps the logarithmic scale to a 350W_{RMS} class AB amplifier from the P-Audio in 12BM300B model and Kane KN-12KA22 Model ,the vocal output from the amplifier used to test. It comes from the microphone RTA in model DBX located away from the MRT to the input (Line In) of the audio link box USB port. The program has to read the level of the signal several times to process the average value before the plot to plot a point as a peeling. Repeat all frequency points according to the standard of frequency measurement of the loudspeaker. The results for the

frequency response of the speaker. The True Real Time Analyzer version 3.5.6 is consistent with a point-to-point error of less than 2 percent so that it can be used interchangeably.

Keywords: Loudspeaker, Frequency response, Real-time processing, audio frequency analysis

1. บทนำ

ลำโพงเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทีทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียงและถ่ายทอดคุณภาพของเสียงตามความถี่แถบความถี่ที่หูมนุษย์เราสามารถได้ยิน 20Hz-20Khz ลำโพงมีหลากหลายขนาด หลากหลายการใช้งาน ในชีวิตประจำวันของเรามีการใช้งานลำโพงแทบทุกวงการ ขนาดของลำโพงมีความสัมพันธ์กับการตอบสนองความถี่ จึงมีการเลือกใช้งานที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนั้นคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของลำโพง ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายๆอย่าง เช่นคุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการผลิต เกรดของวัสดุในการผลิตลำโพงด้วย

งานระบบเสียงทุกๆขนาด ทั้งขนาดเล็ก กลาง ถึงขนาดใหญ่จะขาดลำโพงไม่ได้ ในท้องตลาดมีลำโพงให้เราเลือกใช้หลายขนาด หลายยี่ห้อ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้เครื่องมือวัดและทดสอบการตอบสนองความถี่ เพื่อเลือกใช้งานให้ตรงกับความต้องการมากที่สุด เพื่อคุณภาพเสียงที่สมบูรณ์ที่สุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สเปคและคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพงที่ทางบริษัทผู้ผลิตให้มา ประกอบไปด้วยค่าความต้านทาน หรืออิมพีแดนซ์ (อังกฤษ: impedance) เป็นค่าความต้านทานของวอยคอยล์ หน่วยเป็นโอห์ม โดยตามท้องตลาดทั่วไปที่เราคุ้นเคย จะมีค่า2 Ohm 4 Ohm 8 Ohm 16 Ohm ความไว (Sensitivity)หรืออัตราของประสิทธิผลความไวต่อเสียง ตัวอย่างเช่นลำโพงสองรุ่น 1. P.audio รุ่น 12BM-300B มีความไว 95dB [3] และ 2. P.audio รุ่น SN-12MB มีความไว 100 dB [4] ลำโพงสองตัวนี้ถ้าเราส่งกำลังงานให้ที่100Wrms เท่ากัน รุ่นSN-12MB จะดังกว่า แต่ถ้าเราต้องการให้สองตัวนี้ดังเท่ากัน ต้องให้กำลังลำโพงตัวที่ 1.สูงขึ้นเป็น105Wrms จึงจะทำให้ลำโพงสองตัวนี้ดังเท่ากัน จะเห็นว่าค่าความไวเสียง(Sensitivity)มีความสำคัญอย่างมากกับลำโพง ในทางเลือกใช้งานจริงยิ่งมีค่าตัวเลขที่สูงเท่าไหร่ยิ่งดี คุณสมบัติต่อมาคืออัตราการทนกำลังงาน หน่วยเป็น Watts โดยทั่วไปควรเลือกให้เหมาะสมกับกำลังงานของเพาเวอร์แอมป์ (Power Amplifier)

การวัดผลการตอบสนองความถี่ของลำโพง ในวงการระบบเสียงส่วนใหญ่จะนิยมใช้ ซอฟแวร์เชิงพานิชย์ที่มีการพัฒนาจำหน่าย ซึ่งมีหลายตัว เช่นSmartLive [9] , TrueRTA [10] ซึ่งสองตัวนี้มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป ทั้งการใช้งาน และคุณภาพของการวัดทดสอบ

USB Audio Interfaces [1] คืออุปกรณ์ที่รวมทั้ง ADC (Analog to Digital Converter) และ DAC (Digital to Analog Converter) ไว้ในอุปกรณ์ตัวเดียวกัน เมื่อเราส่งสัญญาณเสียงอนาล็อกเข้าไป ทั้งสัญญาณจากไมค์หรือสัญญาณเสียงจากแหล่งอื่นๆ(Line in) แล้วแปลงสามารถแปลงสัญญานเป็นข้อมูลดิจิตอล และสามารถแปลงข้อมูลดิจิตอลกลับมาเป็นสัญญานเสียงได้ในตัวเดียวกัน

ไมค์RTA(realtime audio analyzing mic) [2] ไมค์ชนิดนี้มีรูปแบบการรับเสียงแบบsuper-accurate omnidirectional และ มีการตอบสนองความถี่ 20Hz–20 kHz

เครื่องขยายสัญญานเสียงในปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านนี้มีการพัฒนาไปมาก มีแก้ไขปัญหาของแต่ละคราส และรวมข้อดีของแต่ละคราสมาทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ยกตัวอย่างผลงานการออกแบบและพัฒนาของบริษัท Yamaha [5] ได้มีการใช้การคราสเอบี เป็นภาคเพาเวอร์มาทำงานควบคู่กับการจ่ายพลังงานแบบแปรผกผันตามสัญญานเสียงโดยใช้ชื่อว่าClass EEEngine Technology ส่วนทางยุโรปก็มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่คล้ายๆกันนี้ ที่ออกแบบและพัฒนาโดยบริษัท Labgruppen [6] แต่ใช้ buck converter มาทำการจ่ายกำลังงานแบบแปรผกผันตามสัญญานเสียง ทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพไปกับความร้อนน้อยลงโดยใช้ชื่อว่า Class TD Technology และอีก Class ที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องก็คือ Class D บริษัท Bose [11] ก็ได้นำมาใช้ในโปรดัคตัวใหม่ ในปัจจุบันหลายบริษัทชั้นนำ

ทั่วโลกได้นำเอา DSP (Digital signal processor) มาบรรจุเข้าไว้ในเพาเวอร์แอมป์ปลิไฟเออร์แล้ว[6]

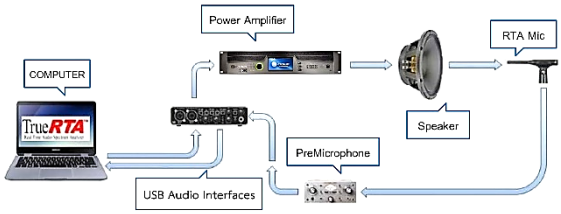
*แมตแล็บ (อังกฤษ: MATLAB: Matrix Laboratory)[7][8] Matlab (แมตแล็บ) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับคำนวณเชิงตัวเลข Numerical Computing (นัมริคอล คอมพุตติ่ง) แสดงผลกราฟฟิก และเขียน*แอพพลิเคชั่น ทำให้เราสามารถคำนวณผลลัพธ์ พัฒนาอัลกลิที่ม สร้างแบบจำลอง และแอพพลิเคชั่นได้ง่ายและรวดเร็วมาก ภายในตัว Matlab ประกอบด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Toolbox (ทูลบอ็กซ์) กลุ่มฟังก์ชันสำเร็จรูปในแต่ละสาขาวิชา และฟังก์ชันพื้นฐานจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์ทำได้หลากหลายวิธี พร้อมกับคำตอบที่รวดเร็ว

3. แนวทางการออกแบบและสร้างระบบการวัดเปรียบเทียบ

การออกแบบและสร้างระบบดังกล่าวนี้ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนการตรวจสอบเก็บข้อมูลจากโปรแกรมเชิงพานิชย์ TrueRTA และส่วนที่สองคือส่วนของโปรแกรม MATLAB/Simulink แนวทางการออกแบบระบบการวัดเปรียบเทียบสัญญาณการตอบสนองซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้ สามารถแบ่งออกเป็นหัว ข้อย่อยได้ดังนี้

3.1 การวัดทดสอบจากโปรแกรมมาตฐานวัดเทียบ TrueRTA

การเก็บข้อมูลจากโปรแกรมTrueRTA เราวัดค่าการตอบสนองความถี่ของลำโพง โดยการใช้แหล่งจ่ายสัญญาน Pinknoiseจากโปรแกรม ปล่อยเสียงออกมาทาง USB Audio Interfaces ยี่ห้อ Behringer ส่งสัญญานเสียงเข้า PowerAmplifier class AB 350Wrms เข้าสู่ลำโพงต่อไป เราจะได้เสียงจริงที่ลำโพงตอบสนอง จากนั้นเราใช้ไมค์ RTA รับเสียงเข้ามาแล้วเพิ่ม Gainไมค์จากปรีไมค์ที่อยู่ในออดิโออินเทอร์เฟส แล้วส่งเข้าไปพล็อตกราฟแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แบบเรียลไทม์ แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์การวัดทดสอบตามบล็อคไดอะแกรมดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์จริงที่ใช้วัดทดสอบ



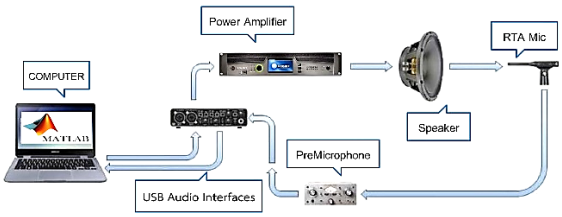
รูปที่ 1 บล็อคไดอะแกรมการเชื่อมต่ออุปกรณ์การวัดทดสอบด้วยซอร์ฟแวร์ TureRTA



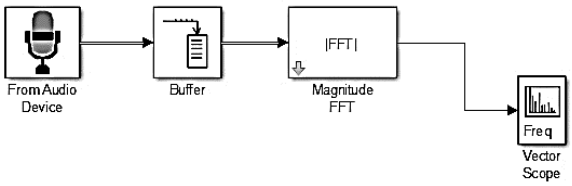
รูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องมือการวัดทดสอบ

3.2) การวัดทดสอบจากMatLab&Simulink

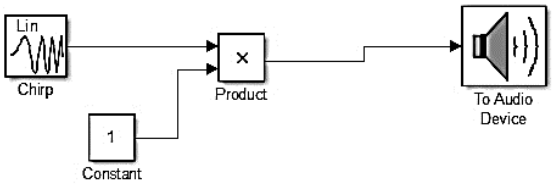
ในการวัดและทดสอบนี้ เราได้ใช้โปรแกรม MATlab สร้างความถี่แบบ สวีปความถี่ 20Hz -20KHz แล้วส่งสัญญานเสียงออกทาง SoundCard USB Audio Interfaces แล้วส่งสัญญานเข้าแอมปลิไฟเออร์ส่งสัญญานไฟฟ้าให้ลำโพงต่อไป จากนั้นเราวัดค่าการตอบสนองของลำโพง ได้จากไมค์RTA แล้วส่งเข้าปรีไมค์ที่อยู่ในออดิโออินเทอร์เฟส แล้วส่งให้โปรแกรมMatLab&Simulinkทำการพล็อตกราฟผลการตอบสนองความถี่ของลำโพงแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ บล็อคไดอะแกรมการเชื่อมต่ออุปกรณ์การวัดทดสอบด้วยโปรแกรม MatLab&Simulink ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 การสร้าง Simulink เพื่อรับสัญญานเสียงด้วยโปรแกรม MatLab&Simulinkแสดงไว้ในรูปที่ 4 การสร้างSimulink เพื่อส่งสัญญาณเสียงด้วยโปรแกรมMatLab&Simulink ได้แสดงดังรูปที่ 5 และกระบวนการทำงานของ MatLab&Simulink เขียนเป็นFlowchart ได้ดังรูปที่ 6



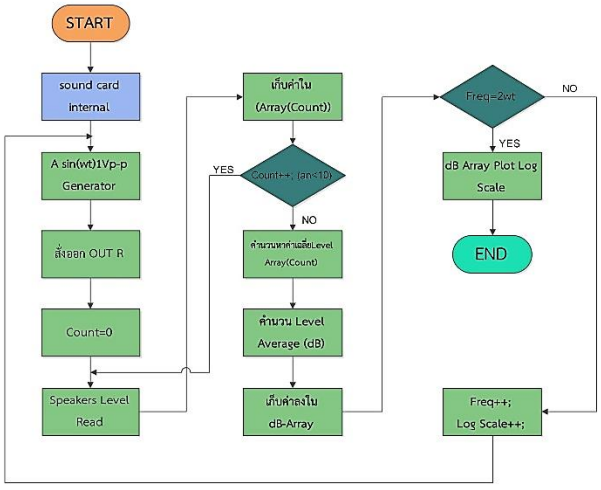
รูปที่ 3 บล๊อคไดอะแกรมการเชื่อมต่ออุปกรณ์การวัดทดสอบด้วยโปรแกรม MatLab&Simulink



รูปที่ 4 การสร้างSimulink เพื่อรับสัญญานเสียงด้วยโปรแกรมMatLab&Simulink



รูปที่ 5 การสร้างSimulink เพื่อส่งสัญญาณเสียงด้วยโปรแกรมMatLab&Simulink



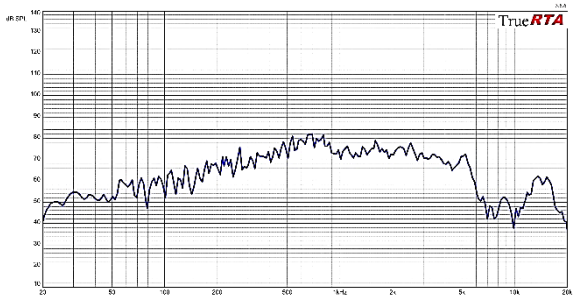
รูปที่ 6 แสดงกระบวนการการทำงานของเครื่องมือในการทำงานของMatLab&Simulink

4. ผลการวิเคราะห์ศึกษา

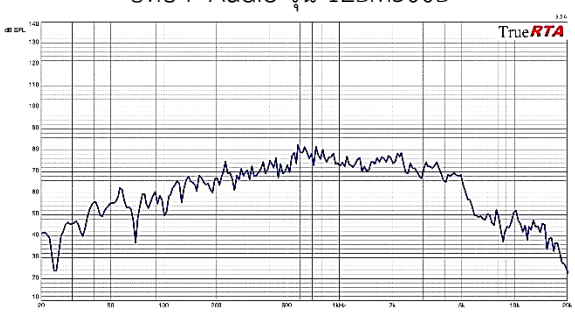
จากการวิเคราะห์ศึกษาเราแบ่งผลการทดสอบเป็นสองส่วน คือผลที่ได้จากโปรแกรมTrueRTA และผลที่ได้จากโปรแกรม MatLab&Simulink

4.1 ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรม TrueRTA ในการวิเคราะห์

จากการใช้โปรแกรมTrueRTAวัดและทดสอบผลการตอบสนองความถี่ของลำโพงยี่ห้อ P-Audio รุ่น 12BM300B ได้ผลการตอบสนองความถี่ ดังรูปที่ 7 และผลการตอบสนองความถี่ของลำโพงยี่ห้อ KANE รุ่น KA-12KA22 ได้ผลการตอบสนองความถี่ ดังรูปที่ 8



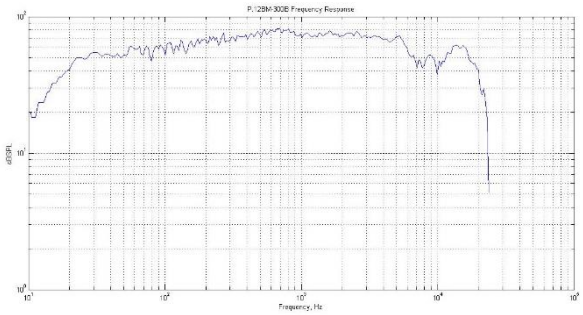
รูปที่ 7 ผลการวัดความถี่ตอบสนองของลำโพงยี่ห้อ P-Audio รุ่น 12BM300B



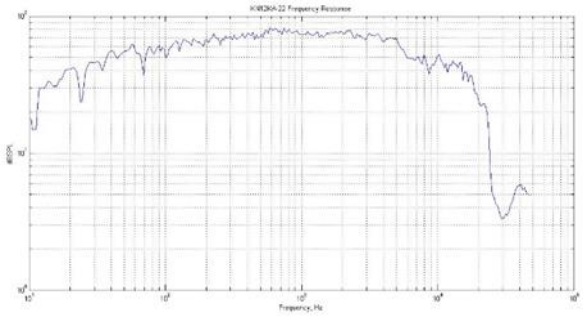
รูปที่ 8 ผลการวัดความถี่ตอบสนองของลำโพงยี่ห้อ KANE รุ่นKA-12KA22 MatLab&Simulink

4.2 ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมMatLab&Simulink ในการวิเคราะห์

จากการใช้โปรแกรม MatLab&Simulink วัดและทดสอบผลการตอบสนองความถี่ของลำโพงยี่ห้อ P-Audio รุ่น 12BM300B ได้ผลการตอบสนองความถี่ ดังรูปที่ 9 และผลการตอบสนองความถี่ของลำโพงยี่ห้อ KANE รุ่น KA-12KA22 ได้ผลการตอบสนองความถี่ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 9 ผลการวัดความถี่ตอบสนองของลำโพงยี่ห้อP-Audio รุ่น12BM300Bด้วยMatLab&Simulink



รูปที่ 10 ผลการวัดความถี่ตอบสนองของลำโพงยี่ห้อ KANE รุ่น KA-12KA22

5.สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์การใช้โปรแกรม MatLab&Simulink ได้ทำการอ่านค่าระดับของสัญญาณหลายครั้งมาประมวลผลเป็นค่าเฉลี่ยก่อนนำค่าดังกล่าวไปพล็อตลงเป็นจุด 1 จุด อย่างสเกลลอกริทึม และทำซ้ำจนครบทุกจุดความถี่ให้สอดคล้องตามมาตรฐานของการวัดทดสอบเชิงความถี่ของดอกลำโพงผลการทดสอบโครงงานเครื่องวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงความถี่ของลำโพง เมื่อเราทำการเปรียบเทียบผลกับโปรแกรมเชิงพานิชย์ TrueRTA(True Real Time Analyzer) รุ่นพัฒนาที่ 3.5.6 มีความสอดคล้องกันและมีความผิดพลาดจุดต่อจุดต่ำกว่า ร้อยละ 2 จึงสามารถนำไปใช้งานแทนกันได้

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณงานประชุมวิชาการ ESTA CON 2018 ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้ส่งผลงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยเพื่อแสดงผลงานวิชาการทางด้านวิศวกรรม ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ได้เอื้ออำนวยห้องปฏิบัติการสำหรับการทำวิจัยชิ้นนี้ ขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่คอยช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการเก็บผลการทดลองและเก็บเครื่องมือวัดและทดสอบต่างๆ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] G. Ballou, Ed., Handbook for Sound Engineers, 2nd ed. Newton, MA: Focal Press, 1998.
[2] Crown International Technical Staff, SXA Series, Crown International, 1975.
[3] F. Rumsey and T. McCormick, Sound and Recording, 6th ed. Oxford: Focal Press, 2009
[4] B. Owsinski, "Element Three: Frequency Range - Equalizing, " in The Mixing Engineer's Han dbook, Auburn Hills, MI: Artistpro, 1999
[5] A. Oppenheim, A. Willsky, S. Nawab: Signals and Systems, 2nd edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Inc. 1997.
[6] A. Oppenheim, R. Schafer, J. Buck: Discrete-Time Signal Processing, 2nd edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Inc. 1999.
[7]http://www.musictribe.com/Categories/Behringer/Computer-Audio/Interfaces/UMC202HD/p/P0BJZ
[8] https://dbxpro.com/en/products/rta-m
[9] http://www.paudioeurope.com/pdf/12BM-300B.pdf
[10] http://www.sonotone.in/p-audio-sn-12mb
[11]http://www.yamahaproaudio.com/global/en/products/poweramps/txn_series/index.jsp
[12]https://www.labgruppen.com/Categories/Labgruppen/Power-Amplifiers/Touring/PLM-20K44-BP/p/P0CNH#googtrans(en|en)
[13]https://ww2.mathworks.cn/en/products/matlab.html
[14]https://twitter.com/matlab
[15]https://www.rationalacoustics.com/files/Getting_Started_with_SmaartLive.pdf
[16]https://trueaudio.com/rta_abt1.htm
[17]https://assets.bose.com/content/dam/Bose_DAM/Web/pro/global/products/amplifiers/PowerMatch_PM8500_PM8500N/Downloads/Technical_data_sheet/PM8500_8500N%20Datasheet.pdf

การออกแบบและจำลองวงจรควบคุมอย่างดิจิตอลไบอัสหลอดสุญญากาศเพื่อวงจรขยายสัญญาณเสียงอย่างอัตโนมัติ

Design and Simulation digital control of Vacuum tube automatic biasing for audio amplifier

กิตติพัทธ์ บริบูรณ์[1,*] อังคณา เจริญมี[2] และ วิทยา ชำนาญไพร[2]

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
[2]อาจารย์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 หมู่ 6 ถนน ศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
* Email: kittiphatb@hotmai.com, เบอร์โทรศัพท์ 095-6692122

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างแผงควบคุมอย่างดิจิตอลเพื่อปรับไบอัสวงจรขยายเสียงหลอดสูญญากาศเพื่อรักษาเสถียรภาพการทำงานของวงจรภาคขยายกำลังด้วยหลอดแบบพุช-พูล ภายใต้ขอบเขตจุดตั้งค่าทำงานสงบของวงจรอย่างไม่เกิดความเสียหายและวงจรทำงานได้ถูกต้องเหมาะสมที่สุดในเครื่องขยายเสียงอย่างอัตโนมัติ ด้วยการจำลองการทำงานปรับไบอัสหลอดสูญญากาศของวงจรเครื่องขยายเสียงรุ่น Dynaco ST-70 ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR บนโปรแกรมจำลองวงจร Proteus เชื่อมโยงข้อมูลกับแผงวงจรปรับแรงดันไฟฟ้า จาก -12V ถึง -85V กระแสสูงสุดที่ 15mA ป้อนกลับจากการตรวจรู้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ขาคาโทดของหลอดสูญญากาศได้อย่างอัตโนมัติตามวัตถุเป้าประสงค์ทุกประการ

คำหลัก: หลอดสูญญากาศ, พุช-พูล, การจำลองวงจร, ไบอัส,ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This article introduces the design and construction of digital control panels for bias amplifiers, vacuum tubes. To stabilize the power amplifier circuit with push-button pool. Under the scope of the set point, the work of the circuit is harmless and the circuit works best in the amplifier. Dynaco ST-70 Microprocessor Circuit Simulation with Microprocessor Controller AVR Family on Proteus Simulation Program Link to Circuit Board to Adjust Voltage from -12V to -85V Max Output at 15mA Return from the pressure drop across the leg. Automatic vacuum loading of the object in all respects.

Keywords: Vacuum Tube, Push-Pull, Simulation, Bias , Microcontroller

1. บทนำ

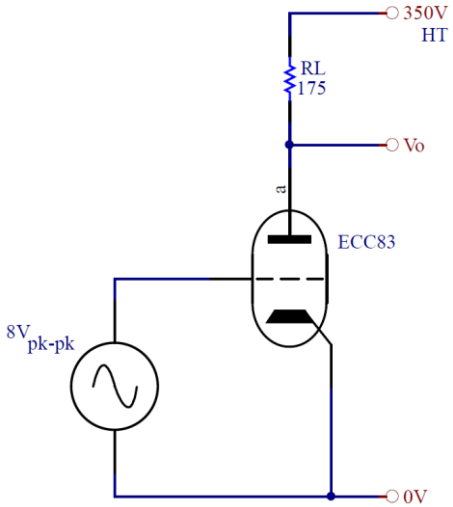
หลอดสูญญากาศอุปกรณ์เป็นหนึ่งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญที่สุด ที่ถูกใช้ในงานหลากหลายด้าน เช่น วิทยุ, โทรทัศน์, เครือข่ายโทรศัพท์ และแม้กระทั่งคอมพิวเตอร์ ในช่วง ปี 1950 หลังจากที่มีการนำเซมิคอนดักเตอร์มาใช้หลอดสูญญากาศก็ถูกนำมาใช้น้อยลง และตั้งแต่นั้นมาก็ไม่มีการพัฒนามากนักในสาขานี้ [2] แต่ว่าเครื่องขยายเสียงหลอดได้กลับมาเป็นที่นิยมมากขึ้นในช่วงสิบปีที่ผ่านมาแม้ว่าเครื่องขยายเสียงส่วนใหญ่จะเป็นแบบทรานซิสเตอร์ ทั้งนี้เป็นเพราะเครื่องขยายเสียงหลอดให้เสียงที่นุ่มนวล จึงทำให้เป็นที่ชื่นชอบมากขึ้น [1] แต่หลอดสูญญากาศนั้นเมื่อใช้งานเป็นเวลานานหลอดก็จะเริ่มเสื่อมสภาพทำให้ค่าแรงดันไบอัสเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้เสถียรภาพการทำงานของวงจรลดลง อันส่งผลให้คุณภาพเสียงลดลงไปจากเดิมด้วย

ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาการเสื่อมสภาพของหลอดสูญญากาศที่ทำให้ค่ากระแสไบอัส เปลี่ยนแปลงไป จึงได้ทำการออกแบบและจำลองการทำงานวงจรปรับ

ไบอัสหลอดสุญญากาศของวงจรเครื่องขยายเสียงรุ่น Dynaco ST-70 ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR บนโปรแกรมจำลองวงจร Proteus เชื่อมโยงข้อมูลกับแผงวงจรปรับแรงดันไฟฟ้า จาก -12V ถึง -85V กระแสสูงสุดที่ 15mA ป้อนกลับจากการตรวจรู้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ขาคาโทดของหลอดสุญญากาศ และทำการปรับไบอัสไฟลบซึ่งมี ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นตัวควบคุมวงจร ปรับกระแสไบอัส ได้อย่างอัตโนมัติ

โดยแผงควบคุมอย่างดิจิตอลเพื่อปรับไบอัสวงจรขยายเสียงหลอดสูญญากาศนี้สามารถควบคุมกระแสไบอัส ได้อย่างอัตโนมัติ ทำให้ง่ายต่อผู้ใช้งาน เพราะไม่จำเป็นต้องคอยปรับไบอัสบ่อย และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานที่ไม่มีความรู้เรื่องการปรับไบอัสซึ่งเป็นไฟฟ้าแรงสูง

2. วิธีการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 1 พื้นฐานวงจรไบอัสหลอดสูญญากาศ

การคำนวณกระแสไบอัส common cathode amplifier จากกฎของโอห์ม [3]

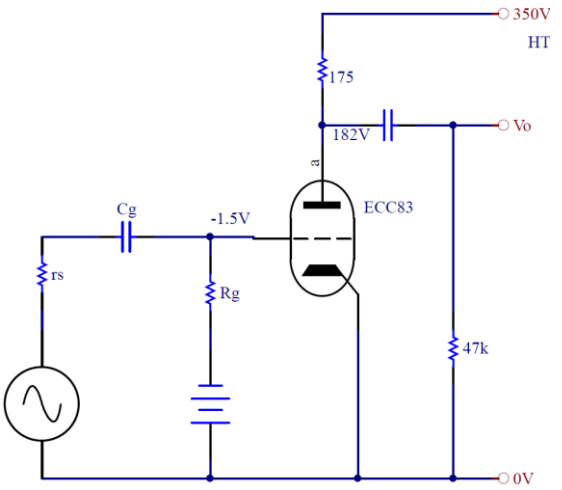
$$I = \frac{V}{R} \qquad (1)$$

ในกรณีนี้จะได้

$$I_a = \frac{V_a}{R_a} \qquad (2)$$

$$I_a = \frac{350V}{175\Omega}$$

$$I_a = 2mA$$

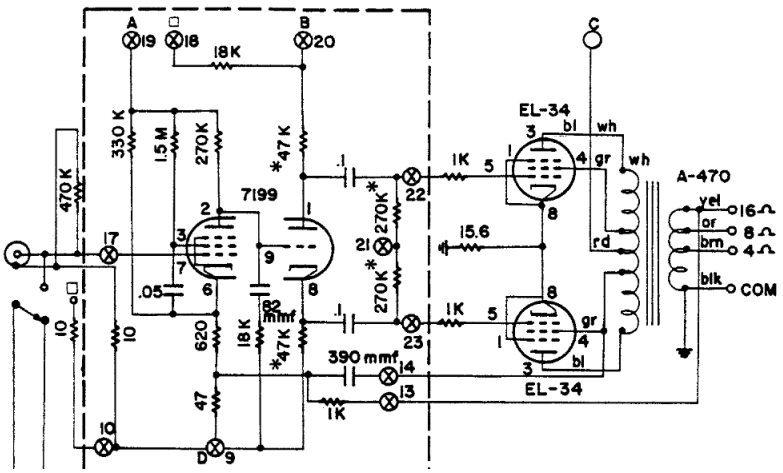


รูปที่ 2 วงจรไบอัสกริดด้วยแรงดันลบ

การควบคุมการทำงานของวงจรปรับไบอัสหลอดสูญญากาศของวงจรเครื่องขยายเสียงรุ่น Dynaco ST-70 [5] จะเป็นดังรูปที่ 3 โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำหน้าที่อ่านค่ากระแส จากอุปกรณ์ตรวจรู้ที่ขา คาโทดของหลอดสูญญากาศ และสั่งงานวงจรปรับไบอัสหลอดสูญญากาศให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งการดำเนินการจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) การออกแบบวงจร

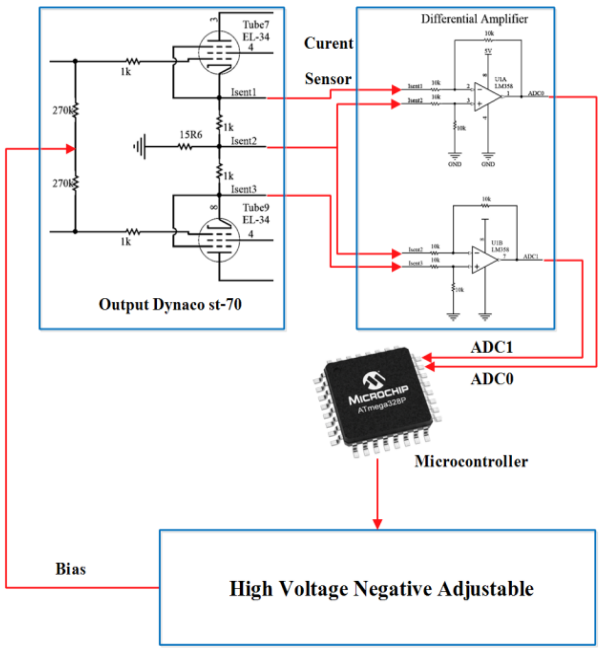
2) การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมวงจรปรับไบอัสหลอดสูญญากาศแรงดัน -12V ถึง -85V



รูปที่ 3 วงจรขยาย Dynaco ST-70

3.การออกแบบวงจร

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยออกแบบและสร้างแผงควบคุมอย่างดิจิตอลเพื่อปรับไบอัสวงจรขยายเสียงหลอดสูญญากาศ เพื่อรักษาเสถียรภาพการทำงานของวงจรภาคขยายกำลังด้วยหลอดแบบพุช-พูล ภายใต้ขอบเขตจุดตั้งค่าทำงานสงบของวงจรอย่างไม่เกิดความเสียหายและวงจรทำงานได้ถูกต้องเหมาะสมที่สุดในเครื่องขยายเสียงอย่างอัตโนมัติ จึงได้ออกแบบวงจรดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 4

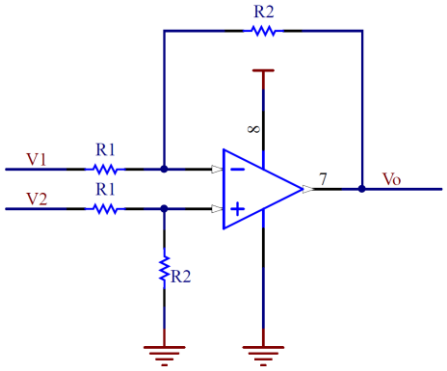


รูปที่ 4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบที่ออกแบบและสร้างทั้งหมด

3.1 วงจรวัดค่ากระแส ทำการวัดกระแสที่ขาแคโทดของหลอด โดยการวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานซึ่ง จากกฎของโอห์ม กระแสจะได้เป็นดังสมการที่ (1)

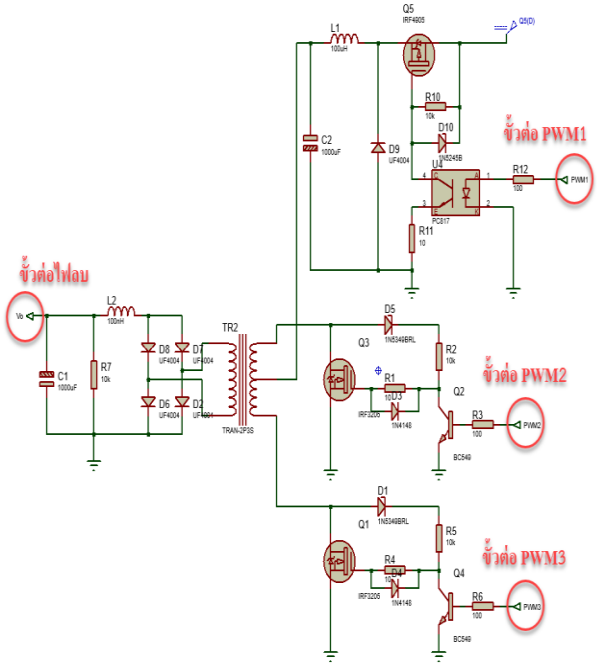
3.2 วงจรขยายผลต่าง จะทำหน้าที่ขยายแรงดันที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดกระแส และเอาท์พุทที่ได้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำไปประมวลผลเพื่อปรับไบอัสต่อไป แรงดันเอาท์พุทวงจรขยายผลต่าง หาได้จากสมการที่ (3)

$$V_o = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot(V_1 - V_2) \qquad (3)$$



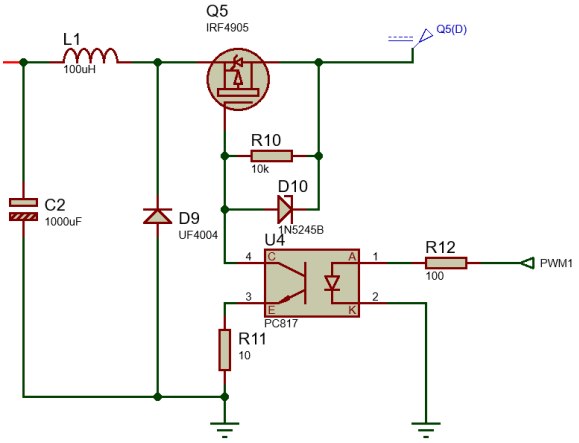
รูปที่ 5 วงจรขยายผลต่าง

3.3 วงจรปรับกระแสไบอัส เป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟลบ มีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไบอัสให้เหมาะสม จะทำงานโดยที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัววัดค่ากระแสผ่านวงจรขยายผลต่าง และควบคุมการปรับกระแสไบอัสหากกระแสต่ำหรือสูงเกินค่าที่เหมาะสม ซึ่งวงจรปรับกระแสไบอัสสามารถปรับแรงดันได้ระหว่าง -12V ถึง –85V โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ตามรูปที่ 6



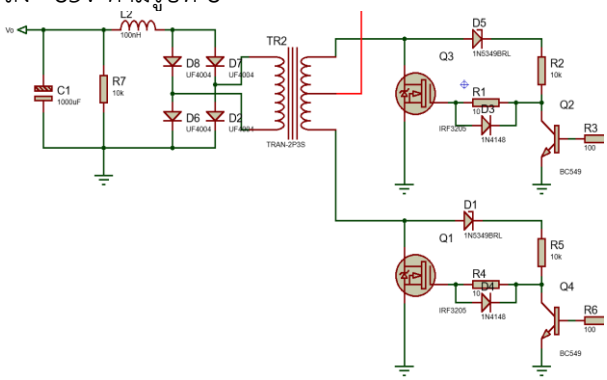
รูปที่ 6 วงจรปรับกระแสไบอัส

3.3.1 Buck converter จะทำหน้าที่เป็นวงจรปรับระดับแรงดันให้กับวงจร step up โดยการปรับระดับแรงดันสามารถทำได้ด้วยการปรับค่า PWM ที่ขา PWM1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามรูปที่ 7 เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับหม้อแปลงของวงจร step up ที่จะใช้ในการปรับไฟลบต่อไป



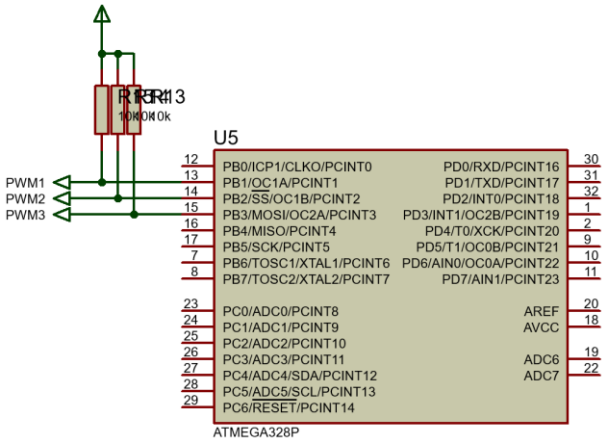
รูปที่ 7 วงจร Buck converter

3.3.2 วงจร step up จะทำหน้าที่ปรับระดับไฟลบ ที่ใช้ในการไบอัสชุดเอาท์พุทของ Dynaco ST-70 การทำงานของวงจร step up เป็นลักษณะของวงจร push-pull โดยวงจรสามารถปรับแรงดันได้ระหว่าง -12V ถึง –85V ตามรูปที่ 8

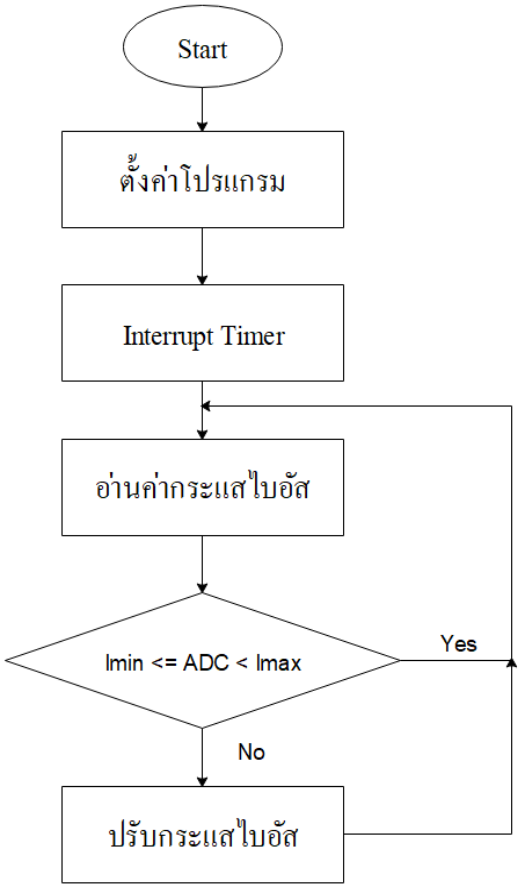


รูปที่ 8 วงจร step up แบบ push-pull

3.4 วงจรควบคุมอย่างอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตระกูล AVR เบอร์ ATmega328p **[4]** เป็นตัวควบคุม PWM โดยมี ขา PWM1 (PB1) เป็นตัวควบคุมวงจร buck converter ขา PWM2 (PB2) และขา PWM3 (PB3) ดังรูปที่ 9 เป็นตัวควบคุมวงจร step up และการทำงานจะอ่านค่ากระแสไบอัสที่ขาคาโทดและปรับกระแสไบอัสด้วยวงจรปรับกระแสไบอัส ดังกรอบแนวคิดในรูปที่ 10



รูปที่ 9 แผงวงจรควบคุมอย่างอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 10 กรอบแนวคิดการสร้างโปรแกรมควบคุมระบบ

ชุดคำสั่ง ปรับ PWM

```
TCCR1A=(1<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (1<<COM1B1) | (1<<COM1B0) | (0<<WGM11) | (0<<WGM1(
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (1<<WGM13) | (0<<WGM12) | (0<<CS12) | (0<<CS11) | (
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x01;
ICR1L=0x90;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0xC8;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0xDC;
```

ชุดอ่านค่า ADC

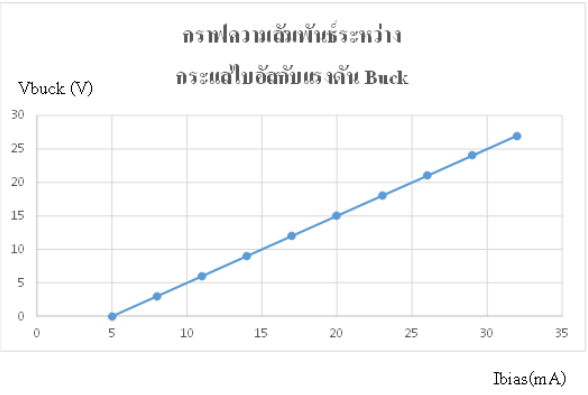
```
// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input volt
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}
```

4.การทดลอง และผลลัพธ์

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสไบอัส แรงดันเอาท์พุทวงจรขยายผลต่างค่า duty cycle และแรงดันเอาท์พุท Buck convertor

ลำดับ	กระแสไบอัส (mA)	แรงดันเอาท์พุทวงจรขยายผลต่าง (V)	duty cycle(%)	แรงดันเอาท์พุทวงจร Buck convertor (V)
1	5	0.12	0	0
2	8	0.18	10	3
3	11	0.24	20	6
4	14	0.3	30	9
5	17	0.36	40	12
6	20	0.42	50	15
7	23	0.48	60	18
8	26	0.54	70	21
9	29	0.6	80	24
10	32	0.66	90	27

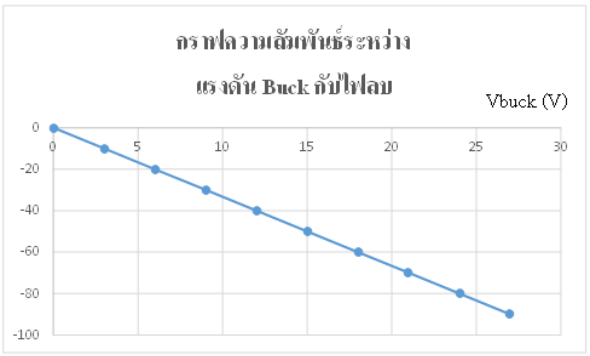
กราฟที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันวงจร Buck convertor และกระแสไบอัส



ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์แรงดัน Buck กับไฟลบ

ลำดับ	แรงดันเอาท์พุทวงจร Buck (V)	แรงดันไฟลบ
1	0	0
2	3	-10
3	6	-20
4	9	-30
5	12	-40
6	15	-50
7	18	-60
8	21	-70
9	24	-80
10	27	-90

กราฟที่ 2 ความสัมพันธ์ แรงดันเอาท์พุท Buck converter และแรงดันไฟลบ





รูปที่ 11 แท่นขยายเสียง Dynaco ST-70

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยในครั้งนี้สามารออกแบบและจำลองระบบควบคุมป้อนกลับอย่างดิจิตอลด้วยไมโครคอน โทรลเลอร์ความเที่ยงตรงสูงต้นทุนต่ำ จากค่ากระแสไบอัสให้หลอดสูญญากาศภาคขยายกำลัง นำมาประมวลผลปรับแรงดันไบอัสให้เหมาะอย่างอัตโนมัติได้วัตถุประสงค์ทุกประการ งานต่อจากนี้คือนำไปติดตั้งใช้งานจริงกับเครื่องตามรูปที่ 11 ที่ถูกเตรียมไว้พร้อมใช้งาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Chute, Carl, "Digital Control in Tube Power Amplifiers" (2010).Electronic Theses and Dissertations. pp.12, Aug. 2010.

[2] Modern Vacuum Tube Amplifier. pp.5, Aug. 2010.

[3] Morgan Jones, “Valve Amplifiers”, pp.64-79, 2003.

[4] Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.

[5] Dynaco-ST70-Schematic-Assembly-Manual

เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล

Digital Satellite Dish Angle Meter

สนั่น จันทร์พรม* ชิติสรรค์ วิชิโต, สุภัทรา เกิดเมฆ อนุพนธ์ มูลหลวง และณัฐกาญจน์ พันธ์โคกกรวด

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 086-8687136 E-mail: sanan@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอลเป็นการรวมเครื่องมือวัดมุม(Angle Meter)และเข็มทิศ (Compass) ไว้ในเครื่องเดียวกัน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการติดตั้งจานดาวเทียมให้มีความง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยเซนเซอร์ Digital Gyroscope และ Digital Compass และโมดูลอ่านค่าพิกัด GPS ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ในการควบคุมการทำงาน การแสดงผลแบบแอลซีดี แสดงค่ามุมกวาด (Azimuth : AZ) และมุมก้มเงย (Elevation : EL) ซึ่งจะแสดงผลตามพิกัด GPS พื้นที่ที่เราติดตั้ง โดยเครื่องจะนำค่าละติจูด ลองจิจูด จาก GPS นำมาคำนวณกับค่าพิกัดดาวเทียมในอวกาศนอกโลก ผลการคำนวณได้ค่ามุมมุมกวาดและมุมก้มเงย ที่จะนำไปใช้ติดตั้งจานดาวเทียมแบบคงที่ โดยค่ามุมกวาดและมุมก้มเงยแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกัน ตามพื้นที่นั้น ๆ รวมทั้งสามารถบอกวันที่และตำแหน่งทิศเหนือ-ใต้ จากการทดลองนำไปใช้ติดตั้งจานดาวเทียมแบบ Ku-Band สรุปได้ว่ามุมก้มเงยของเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล ไม่พบความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ100 ในส่วนของมุมกวาดมีความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ ±8 องศา ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.92 และการจับเวลาการติดตั้งการใช้เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอลในการติดตั้งจาน Ku-Band มีรวดเร็วกว่าการติดตั้งโดยใช้เครื่องมือแบบปกติเฉลี่ย 50 วินาที

คำหลัก: ติดตั้งจานดาวเทียม เครื่องวัดมุมจานดาวเทียม ดิจิตอล ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

In this proposed to use digital satellite dish angle meter in order to help installing the satellite dish in more convenient and rapid way. It included Azimuth (AZ) and Elevation (EL) values. The value will be shown according to the area that we install the satellite dish using Latitude and Longitude from the GPS. The value of each area will be different depends on that area. It's also able to provide current data of date, time and direction. The results showed that the EL value of the satellite digital angle finder no errors found while the AZ value had ±8 degrees average error and average percentage 0.92 uncertainty. The installation of Ku-Band satellite digital angle finder was faster than the installation of the normal ones with average 50 second.

Keywords: The angle meter, Installing of the satellite dish, Measuring of the angle of the satellite dish, Digital, Microcontroller.

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิตอลผ่านดาวเทียมได้รับความนิยมอย่างสูง การติดตั้งจานดาวเทียมเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยุ่งยาก สำหรับผู้ที่ไม่มีความชำนาญในการติดตั้ง รวมถึงการใช้งานอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบอะนาลอก ที่ช่วยในการติดตั้ง เช่น เข็มทิศ และเครื่องวัดมุมเงย จึงเกิดแนวคิดที่จะรวมทั้ง 2 อุปกรณ์นี้ ให้เป็นอุปกรณ์ชิ้นเดียวกันแบบดิจิตอล เพื่อให้ง่ายต่อการหาทิศทางในการติดตั้งจานดาวเทียม ถึงแม้ไม่ใช่ช่างที่ชำนาญก็สามารถติดจานดาวเทียมได้ โดยได้ทำการศึกษาค้นคว้าหลายเรื่องและยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 2 เรื่อง ระบบ

ติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ [1]และเรื่องจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบพกพา [2]

2. ขั้นตอนการออกแบบ

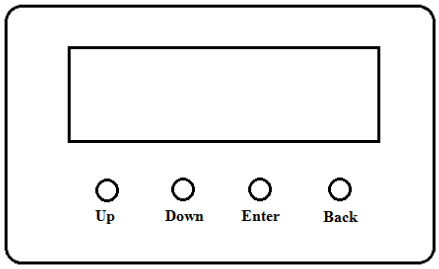
เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

2.1 การออกแบบการทำงานภาพรวม

2.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

2.3 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

2.1 การออกแบบการทำงานภาพรวม



รูปที่ 1 ด้านหน้าเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล

การออกแบบการทำงาน ดังนี้

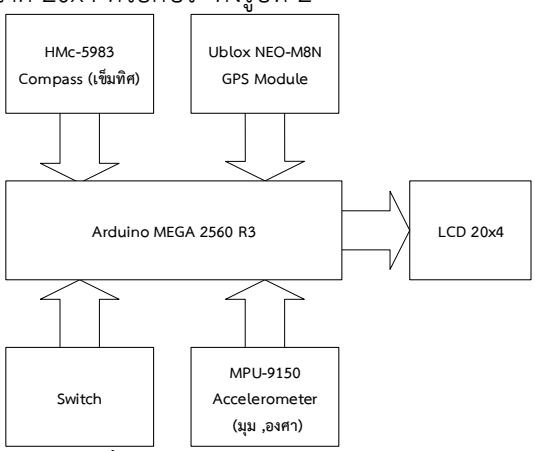
1. เปิดเครื่อง
2. กดปุ่ม UP - Down เลือกดาวเทียมที่ต้องการจากหน้าเมนู แล้วกดปุ่ม Enter
3. เครื่องทำการรับค่าจาก Module GPS และเซนเซอร์ Gyro/Accelerometer/ Compass แล้วคำนวณค่าที่ต้องใช้ออกมาแสดงผล ถ้า GPS Configuration ได้
4. นำเครื่องมาตั้งกับจานดาวเทียมเพื่ออ่านค่าที่ได้
5. ทำการปรับจานดาวเทียมให้เลขตรงกันค่าพิกัดคำนวณกับค่าพิกัดจากโมดูล
6. ดูจอแสดงผลว่าค่าตรงกันหรือยัง ถ้าตรงแล้วให้ทำการล็อกจานดาวเทียม
7. ถ้าต้องการเลือกจานดาวเทียมใหม่ ให้กดปุ่ม Back กลับไปหน้าเมนู

2.2 การออกแบบทางด้านด้านฮาร์ดแวร์

ในการเชื่อมต่อโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ของเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล ประกอบด้วย การออกแบบบล็อกไดอะแกรม การเชื่อมต่อบอร์ดไมโครคอลโทรลเลอร์ กับจอแสดงผล โมดูลวัดมุมองศา สวิตซ์ปุ่มกด โมดูลระบุตำแหน่งพิกัด และโมดูลเข็มทิศ ตามลำดับ

2.2.1 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram)

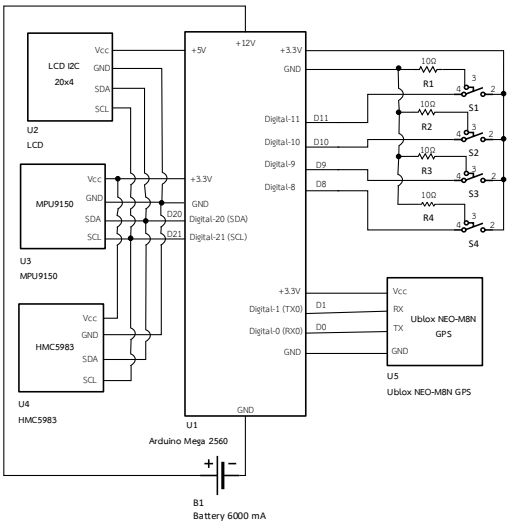
นำโมดูลเข็มทิศ (HMC-5983 Compass) โมดูลระบุตำแหน่งพิกัด (Ublox NEO-M8N GPS) โมดูลวัดมุมองศา (MPU-9150 Accelerometer) และสวิตซ์ปุ่มกด ส่งข้อมูลเข้าไปที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการประมวลผล และส่งข้อมูลออกไปยังจอแสดงผล LCD ขนาด 20x4 ตัวอักษร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมด้านฮาร์ดแวร์

2.2.2 วงจรสมบูรณ์เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมฯ

เป็นการนำเอาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ข้างต้นมาเชื่อมต่อกัน เป็นวงจรขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้ากับ Arduino MEGA 2560 R3 ทั้งหมด 4 ตัว คือ LCD ขนาด 20 x 4 , Module MPU-9150, Gyro/ Accelerometer, Ublox NEO-M8N GPS Module, HMC-5983 Compass Module รวมถึงสวิทซ์ปุ่มกด 4 ตัว และแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล

2.3 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

2.3.1 โปรแกรม Arduino v.1.6.7

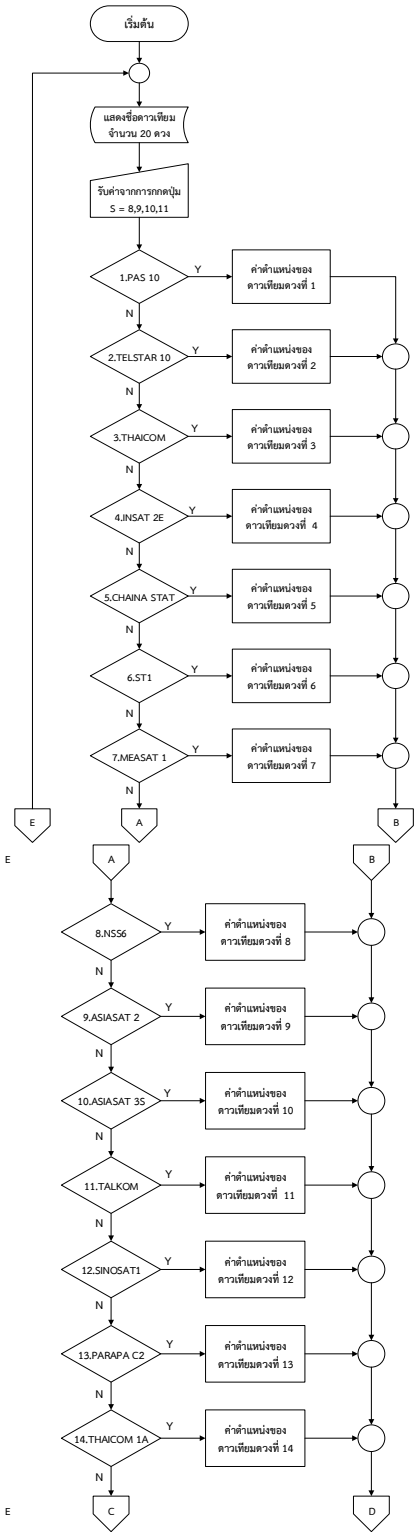
เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียน พัฒนาด้านซอฟต์แวร์ การทำงานในส่วนของ โปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 R3 ในเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล ดังรูปที่ 4

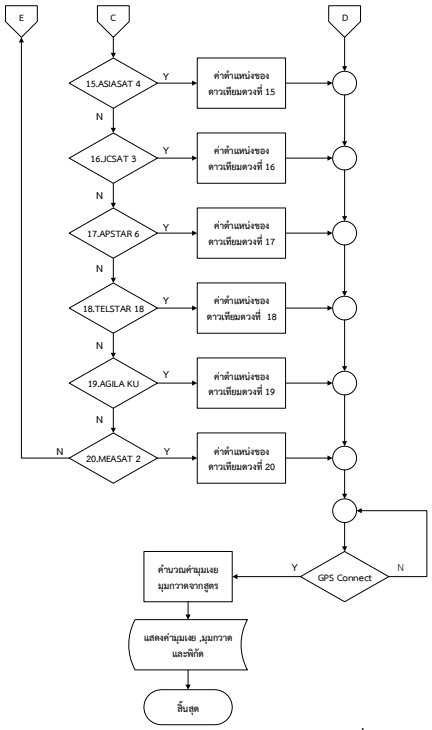


รูปที่ 4 โปรแกรม Arduino V 1.6.7

2.3.2 แผนผังงานการทำงานของเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล

หลักการทำงานของเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล แสดงรายชื่อดาวเทียม 20 ดวง จากนั้นทำการเลือกดาวเทียม โดยรับค่าจากปุ่มกด เครื่องจะรับค่าตำแหน่งพิกัดของดาวเทียมที่เลือก รอจีพีเอสเชื่อมต่อ เครื่องจะทำการคำนวณหาค่ามุม จากสูตรคำนวนพิกัดการตั้งจานดาวเทียม และแสดงค่าทางจอแสดงผล ดังรูปที่ 5





รูปที่ 5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล ทั้ง 3 ส่วน

3. ผลการทดลอง

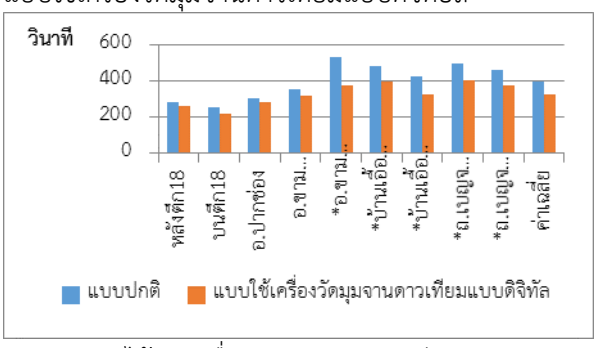
การทดลองการทำงาน และหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอลที่สร้างขึ้น จะมีขั้นตอนในการทดสอบ

1. ทำการทดสอบวัดทิศทาง 0–360 องศา เทียบกับเข็มทิศ ได้ค่าทิศที่มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 8.14 องศา ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.92

2. ทำการทดสอบวัดมุมองศา 0–180 องศา และ 0– (-180) องศา เทียบกับเครื่องวัดมุม ได้ค่ามุมที่มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0 องศา

3. ทำการทดสอบเวลาในการติดตั้งตามสถานที่ โดยการใช้เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล เปรียบเทียบกับการติดตั้งแบบปกติ ใช้ผู้ทดลองจำนวน 5 คนที่ไม่เคยติดตั้งจานดาวเทียมมาก่อน และไม่ทราบค่ามุมในการติดตั้ง โดยให้ผู้ทดลองดูค่ามุมกวาดและมุมเงยจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนภูมิการวัดมุมแบบปกติเปรียบเทียบกับแบบใช้เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล



สรุปได้ว่า เครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอลติดตั้งจานดาวเทียมได้รวดเร็วกว่าการวัดมุมแบบปกติ

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง นำมาเปรียบเทียบกับเครื่องวัดมุมปกติ สรุปได้ว่ามุมของเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอลมุมเงยไม่มีความผิดพลาด ส่วนการทดลองวัดทิศทางเปรียบเทียบกับเข็มทิศ สรุปได้ว่าทิศทางมีมุมกวาดผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ $\pm$8 องศา ซึ่งมีผลต่อความแรงสัญญาณและคุณภาพสัญญาณ ผู้ทดลองจำเป็นต้องทำการขยับจานดาวเทียมเพิ่มเติมเพื่อให้รับสัญญาณแรงที่สุด ด้านความรวดเร็วในการติดตั้งเครื่องวัดมุมจานดาวเทียมแบบดิจิตอล ติดตั้งได้รวดเร็วกว่าการวัดมุมแบบปกติ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] พงศ์ นวลใย, ปุณณพัฒน์ ทวีพรกุล, ธนวุฒิ ตันติโสภารักษ์, ปาณิศา แก้วสวัสดิ์, ช่วงชัย ชุปวา, วรรณวิศา วัฒนสินธุ์และราเชณ คณะนา. ระบบติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบอัตโนมัติ. บทความสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7. 2558. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

[2] นายธีรศักดิ์ เพ็งประเสริฐ และ นายอภิสิทธิ์ เหม็งทะเหล็ก. จานรับสัญญาณดาวเทียมแบบพกพา. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. วิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2557.

หุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค

Acrylic Spraying Robot

สนั่น จันทร์พรม* พุทธพงษ์ แหลมทอง ชิติสรรค์ วิชิโต ณัฐวุฒิ ชุมพล และดำรงค์ การินรัตน์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 086-8687136 E-mail: sanan@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

หุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟตรง 3 ตัว สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่แนวแกน X แกน Y และแกน Z ตัวหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อไปตามรางที่วางบนพื้นไม่จำกัดความยาวในแนวแกน X ความสูงขอกาพ่นสีที่วางอยู่ในแนวตั้งหรือแกน Y มีระยะ 100 เซนติเมตร ปรับขึ้นลงได้ และระยะห่างของกาพ่นสีกับวัตถุที่จะพ่นสีมีระยะ 15 ถึง 25 เซนติเมตร วางอยู่ในแนวแกน Z ขนานกับพื้น ปรับระยะห่างได้ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Arduino Mega 2560 เป็นตัวประมวลผลการทำงาน โมดูลรีเลย์ 8 ช่อง เป็นสวิตช์ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และควบคุมเปิดปิดการทำงานเครื่องพ่นสี มีสวิตช์จำกัดระยะเป็นตัวกำหนดระยะของการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน พ่นสีบนพื้นผิวเรียบด้วยสีน้ำอะคริลิค โดยพ่นสีความกว้างไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 240 เซนติเมตร ชิ้นงานวางในแนวนอน แนวตั้งตรง หรือแนวเอียง 45 องศาได้ พ่นสีได้ครั้งละ 1 สี มีฟังชันสั่งงานหุ่นยนต์กลับไปพ่นซ้ำใหม่ได้ มีฟังก์ชันการควบคุมด้วยมือ และฟังก์ชันสั่งกลับไปจุดเริ่มต้น

คำหลัก: หุ่นยนต์พ่นสี, สีอะคริลิค, สวิตช์จำกัดระยะ, อาดุยโน่เมก้า 2560

Abstract

This system has created acrylic paint robot. It consists of three motors for controlling the X-axis, Y-axis and Z-axis. The robot moves with the wheel along the track on the floor in the X-axis. The height of the vertical or Y-axis is the distance of 100 centimeters, with the Y axis can be adjusted up. The distance between the spray gun and the object to be sprayed is 15 to 25 centimeters in the Z axis, parallel to the ground. The Arduino Mega 2560 microcontroller is a working processor. The 8-channel relay board is the right-hand rotary switch for DC motors. Control and turn off the paint spray kit. There are limit switches that determine the distance of each axis. Can be painted on smooth surface with acrylic paint. By spraying the width of not less than 50 centimeters in length, not exceeding 240 centimeters. The work piece can be placed horizontally, vertically, and tilted 45 degrees. Spray 1 color at a time. Robot can be reprogrammed again. Manual control function and the function returns to the Home spot. From experiments, the robot can move in the X-axis, Y-axis and Z-axis. Can be painted smooth horizontal surface. Vertical and 45 degree vertical inclination. The height that can be sprayed on the Y axis is 100 centimeters. The width can be sprayed on the Z axis at 100 centimeters. The length can be sprayed in the X axis.

Keywords: Robotic Spray, Acrylic Paint, Arduino Mega 2560, Limit Switch

1. บทนำ

การสร้างหุ่นยนต์ตามลักษณะตามการใช้งาน หุ่นยนต์แต่ละแบบอาจมีความแตกต่างกัน หุ่นยนต์แต่ละชนิดจะเคลื่อนที่ไปตามโครงสร้างที่เป็นไปตามกฎของฟิสิกส์ คือมีการเคลื่อนไหวตามโครงสร้างที่ออกแบบ โดยมีตัวขับให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวได้ เช่น มอเตอร์ ระบบเซนเซอร์ตรวจจับการทำงาน และมีสมองกลคอยควบคุมการทำงานของชิ้นส่วนทั้งหมด จุดประสงค์หลักในการสร้างหุ่นยนต์ขึ้นมานั้นเพื่อต้องการให้หุ่นยนต์มาทำงานแทนมนุษย์ [1] [2]

การพ่นสีพื้นผิวเรียบจำเป็นอย่างยิ่งต้องมีบริเวณพื้นที่ราบเรียบสำหรับพ่นสี ซึ่งการพ่นสีประสบปัญหามากมายหลายด้าน เช่น ใช้เวลาในการทำงานนาน ผู้ปฏิบัติขาดประสบการณ์การทำงาน และที่สำคัญคือด้านความปลอดภัยจากการป้องกันสีฝุ่นที่ฟุ้งกระจาย

จากปัญหาที่เกิดขึ้น หุ่นยนต์พ่นสีบนพื้นผิวเรียบโดยการพ่นสีอัตโนมัติ โดยตัวระบบพ่นสีของหุ่นยนต์จะพ่นบนพื้นผิวเรียบได้ 3 ลักษณะในแนวตั้งแนวนอนและแนวตั้งเฉียง 45 องศา สามารถเคลื่อนได้เองตามตำแหน่งที่กำหนดพิกัดในแนวแกน X แกน Y และแกน Z

ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและยกตัวอย่างงานวิจัย จำนวน 1 งาน เรื่อง หุ่นยนต์เสิร์ฟอาหาร โดยว่าที่ร้อยตรีรัตน์ชานนท์ มหาชัย และ นายรณชัย นาคลออ. สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 2556 [4] มีรายละเอียดของงานคล้ายกันมากที่สุด

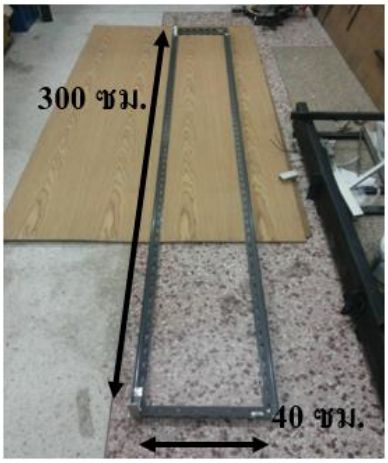
2. การออกแบบและสร้างระบบ

2.1 แนวความคิด

ต้องการจะสร้างหุ่นยนต์สำหรับพ่นสีบนพื้นผิวหรือแผ่นวัสดุใดๆที่ราบเรียบและยังสามารถเพิ่มระยะทางหรือพื้นผิวในการพ่นได้อย่างไม่จำกัดโดยการเพิ่มระยะทางของรางที่ตัวหุ่นยนต์วิ่ง และยังนำมาใช้งานแทนช่างพ่นสีในการทำงานพ่นสีที่มีละลองของสีที่เป็นอันตราย

2.2 โครงสร้างต่างและการประกอบโครงสร้างหุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค

โครงสร้างของหุ่นยนต์พ่นสีพื้นอะคริลิค และการประกอบชิ้นส่วน โดยจะเป็นรางที่จะใช้บังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อไปตามแนว มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้าง 40 เซนติเมตร ความยาว 300 เซนติเมตร วางราบขนานไปเป็นแนวของแกน X ดังรูปที่ 1 ตัวหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมให้มีการเคลื่อนที่ได้ในแกน X Y และ Z ดังรูปที่ 2 และในส่วนของการพ่นสีของหุ่นยนต์จะประกอบด้วยปั๊มลมเวลาสร้างงานพ่นสี ท่อสายอากาศที่ใช้ต่อเชื่อมต่อจากปั๊มลมไปยังกาพ่นสี ถังสี กาพ่นสี ดังรูปที่ 1-3



รูปที่ 1 ลักษณะรางของหุ่นยนต์พ่นสี



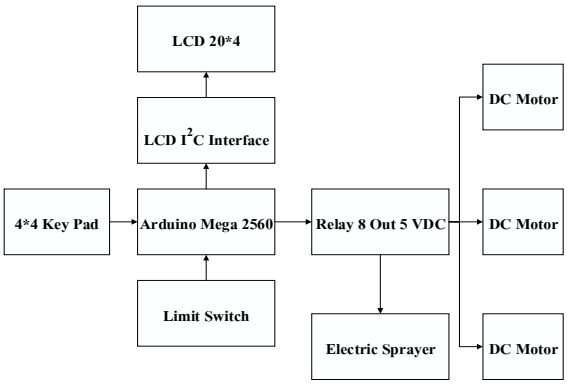
รูปที่ 2 โครงสร้างของตัวหุ่นยนต์พ่นสี



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ส่วนพ่นสี

2.3 การเชื่อมต่อระบบตัวควบคุมการทำงาน

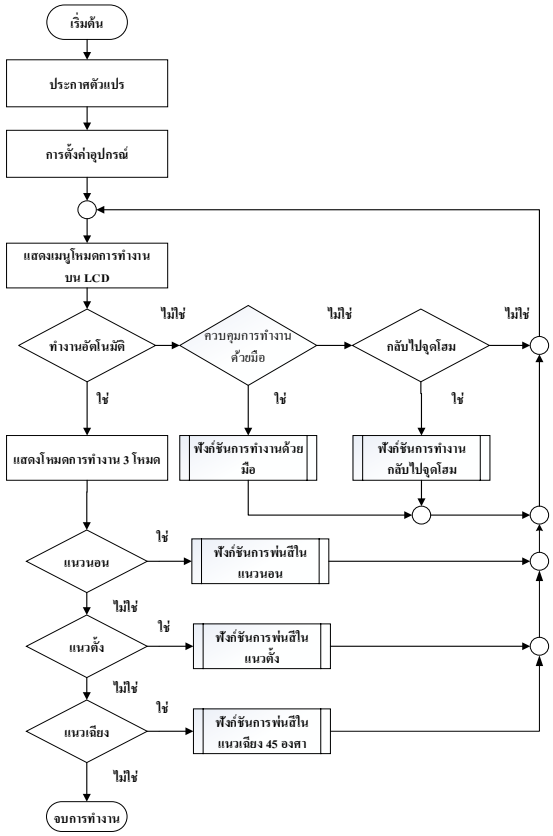
จากรูปที่ 4 กล่องควบคุมจะใช้ Arduino Mega 2560 [3] เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยมี Key Pad เป็นตัวรับค่าการสั่งงานในโหมดการพ่นต่างๆ โดยใช้ Limit Switch เป็นตัวพิกัดขอบเขตของระยะการทำงาน และมีจอ LCD เป็นตัวแสดงผลการทำงาน ซึ่งเมื่อรับการสั่งงานมาแล้วจะทำงานสั่งงานควบคุมไปยังชุด Relay เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ส่วนต่างๆของหุ่นยนต์



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมของหุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค

2.4 การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค

ผังงานส่วนที่ใช้ในการตั้งค่าสั่งการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีความสามารถในการควบคุมรีเลย์ มอเตอร์ สวิตช์จำกัดระยะ ปุ่มกดแบบเมตริก 4x4 จอแสดงผลและโมดูลเชื่อมต่อ I^2C LCD Interface ดังรูปที่ 5



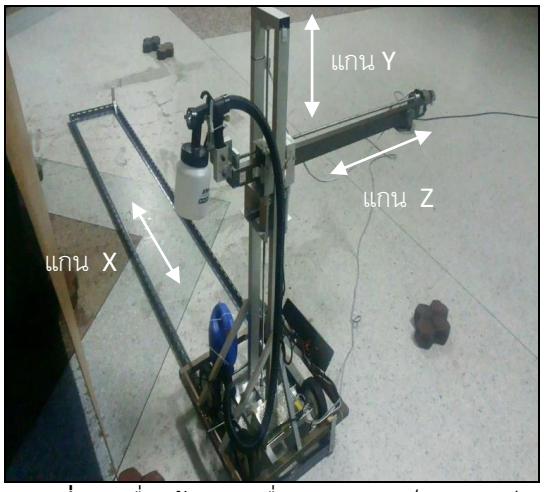
รูปที่ 5 ผังงานการทำงานของโปรแกรม

2.5 การประกอบอุปกรณ์และการสร้างตัวเครื่อง

การประกอบเริ่มจากการนำชุดกาพ่นสีในรูปที่ 3 และชุดควบคุมในรูปที่ 6 ติดตั้งเข้ากับตัวหุ่นยนต์ในรูปที่ 2 และต่อไฟเลี้ยงขนาดแรงดัน 220 V_{AC} ให้กับชุดควบคุม โดยในชุดควบคุมจะมีวงจรลดแรงดันจาก 220 V_{AC} ให้เป็น 24 V_{DC} และ 12 V_{DC} เพื่อเลี้ยงวงจรในส่วนต่างๆ เมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์ จะเป็นดังเครื่องต้นแบบที่แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 เชื่อมต่ออาดุยโน่เข้ากับโมดูลและทำการต่อวงจร



รูปที่ 7 เครื่องต้นแบบเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์

3. การทดสอบ

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค แบ่งการทดสอบออกเป็น 6 การทดสอบ คือ

3.1 ทดสอบการพ่นสีพื้นผิวเรียบโดยพ่นสีตามแนวพิกัดแกน X แกน Y และแกน Z แสดงตามรูปที่ 7 ทดสอบโดยการการพ่นสีน้ำอะคริลิคบนพื้นผิวเรียบ และทำการทดสอบ 5 ครั้ง หุ่นยนต์สามารถพ่นสีได้จริงทั้งแกน X แกน Y และแกน Z คิดเป็นร้อยละ 100

3.2 ทดสอบการพ่นสีพื้นโดยความกว้าง 120 เซนติเมตร ความยาว 240 เซนติเมตร ผลการทดสอบในแนวนอนหุ่นยนต์สามารถพ่นสีความกว้างได้ 100 เซนติเมตร ที่แนวแกนนอนไม่ได้ตามขอบเขตนั้น เพราะความยาวเกลียวสตั๊ดสั้น ไม่ได้ออกแบบชดเชยในส่วนของฐานยึดเกลียว จึงสามารถพ่นสีได้เพียงความกว้าง 100 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 80

3.3 ทดสอบการพ่นสีพื้นผิวเรียบที่วางในแนวตรงแนวนอน และแนวเอียง 45 องศา การพ่นสีพื้นผิวเรียบที่วางในแนวตั้งตรง ทดสอบแกนละ 5 ครั้ง โดยทำการการพ่นสีในแนวตั้งตรง ใช้เวลาเฉลี่ย 2 นาที 40 วินาที แนวนอนใช้เวลาเฉลี่ย 2 นาที 46 วินาที และแนวเอียงใช้ เวลาเฉลี่ย 4 นาที 5 วินาที

3.4 ทดสอบการพ่นสีครั้งละ 1 สีทำการพ่นโดยนับเป็นแถวตามพิกัดแกน X แกน Y ผลการทดสอบสามารถใช้สีน้ำในการพ่นในแต่ละครั้งพ่นได้ครั้งละ 1 สี ทำการพ่นโดยนับเป็นแถวตาม พิกัดแกน X แกน Y

3.5 ทดสอบสามารถสั่งงานหุ่นยนต์กลับไปพ่นซ้ำใหม่ได้ ไม่สามารถสั่งงานหุ่นยนต์กลับไปพ่นซ้ำใหม่ได้ แต่กลับไปพ่นกลางระหว่างแถบ เช่น แถบที่บน1 กับ แถบล่าง ได้

3.6 ทดสอบตัวหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อไปตามรางที่วางบนพื้นในแนวแกน X ผลการทดสอบหุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค สามารถเคลื่อนที่ด้วยล้อไปตามรางที่วางบนพื้นในแนวแกน X ได้ โดยไม่จำกัดระยะทางขึ้นอยู่กับการเพิ่มความยาวของรางวิ่ง

4. สรุปผล

หุ่นยนต์พ่นสีอะคริลิค สามารถพ่นสีอะคริลิคสามารถพ่นสีพื้นผิวเรียบไม่น้อยกว่าความยาว 50 เซนติเมตร และความกว้าง 50 เซนติเมตร ขึ้นไปโดยความกว้างจำกัดไม่เกิน 100 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 240 เซนติเมตร สามารถพ่นสีพื้นผิวเรียบที่วางในแนวตั้งตรง(แกน Y) แนวนอน(แกน X) และวางตั้งทแยง 45 องศาได้ ใช้สีน้ำในการพ่นในแต่ละครั้งพ่นได้ครั้งละ 1 สี ใช้เวลาในการพ่นสีเฉลี่ย 3 - 5 นาที เมื่อเปรียบเทียบการการใช้ช่างพ่นสีใช้เวลาเพียง 2-3 นาที ช่างพ่นสีใช้เวลาน้อยกว่า คุณภาพความเรียบร้อยของงานดีกว่า หุ่นยนต์พ่นสีเป็นแถบ สีไม่สม่ำเสมอเป็นละลอกคลื่น ส่วนข้อดีเมื่อใช้หุ่นยนต์ทำงานพ่นสี ทำงานพ่นสีได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานได้ ไม่ต้องพัก และอันตรายจากละอองสี

5. เอกสารอ้างอิง

[1] สถาพร ลภัษณะเจริญ. วศิวกรรมหุ่นยนต์. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). พิมพ์ครั้งที่1. (2548).

[2] ชิต เหล่าวัฒนา และทศพร บุญแท้. หุ่นยนต์ช่วยรักษาความปลอดภัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140, (2545).

[3] เอกชัย มะการ. 2552. เรียนรู้เข้าใจการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino. นนทบุรี : อีทีที.

[4] ว่าที่ร้อยตรีรัตน์ชานนท์ มหาชัย และ นายรณชัย นาคลออ. หุ่นยนต์เสิร์ฟอาหาร สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 2556.

ระบบตรวจสอบและควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องกั้นทางข้ามทางรถไฟอัตโนมัติด้วยอินเตอร์เน็ต

Automatic Railway Gate Monitoring and Control System by using Internet

กฤษณะพงศ์ พันธ์ศรี[1*] เอกพล ขันสาลี[1] จักรพนธ์ อบมา[2] ดนัยภัทร สมบัติภัทรา[1] และ กิตติญา สิทธิเดช[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 เบอร์โทร 043-336371 *E-mail: mrkpuntsri@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการสร้างระบบตรวจสอบและควบคุมการเปิด-ปิดไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ตโดยคณะผู้วิจัยออกแบบไว้มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ 1) จุดรับรู้ที่ที่ 1 (ภาคส่ง) 2) จุดรับรู้ที่ 2 (ภาครับ) 3) จุดรับรู้ที่ 3 (ภาคส่ง) โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ควบคุมระบบระบบทั้งหมด และสื่อสารไร้สายระยะไกลด้วย LoRa รุ่น SX1278 LoRa จะรอคำสั่งจากสวิตซ์เมื่อมีรถไฟผ่านและส่งคำสั่งกลับไปยังภาครับ เพื่อประมวลผลและสั่งไม้กั้นที่จุดตัดทางรถไฟให้สามารถเปิด-ปิดได้โดยอัตโนมัติ และสามารถตรวจสอบสถานะและควบคุมการเปิด-ปิดแบบกึ่งอัตโนมัติได้หากเกิดข้อผิดพลาดผ่านระบบโครงข่ายอินเตอร์เน็ตได้ จากผลการทดสอบระบบไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติผ่านระบบโครงข่าย ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นพบว่าไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติผ่านระบบโครงข่ายสามารถแก้ปัญหาได้ในเรื่องของการลดอุบัติเหตุบนทางตัดทางรถไฟและลดการจ้างคนงานควบคุมไม้กั้นที่จุดตัดทางรถไฟได้หากนำไปใช้จริง

คำหลัก: ระบบโครงข่าย, รถไฟ, การสื่อสารไร้สายระยะไกล

Abstract

The paper presents the automatic railway gate monitoring and control system by using internet. It consisted of 3 parts 1) two transmitters and 2) two receivers. The microcontroller controls the entire systems. For the remote control, the LoRa model SX1278 is used. LoRa will wait for commands from the switch. When the train passed and send commands back to the receiver, the signal will be sent. For the processing unit and command the rail at the intersection method, the rail can be opened and closed automatically. It can also monitor the status and control of the semi-automatic if the error is occurred from the automated and/or semi-automated system checking. The designed can be solved the problem of reducing accidents on railroad crossings and reducing the employment of barricaded workers at the railway intersection, if practical.

Keywords: automatic railway gate monitoring, LoRa, railway systems

1. บทนำ

ระบบขนส่งทางรางเป็นรากฐานสำคัญของประเทศไทย ระบบโครงสร้างพื้นฐานก้าวไกล สู่ใจประชารัฐ(2559) และจากแผนปฏิบัติการลงทุนด้านคมนาคมขนส่งพุทธศักราช 2560 [1] เป็นการขยายเส้นทางระบบขนส่งทางรางให้มีมากขึ้น และเป็นระบบรางคู่ทั้งหมด 10 เส้นทาง อีกทั้งมีการเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดระหว่างรางรถไฟและถนน ได้กล่าวถึงสถิติการเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดเสมอระดับทางรถไฟและรถยนต์ ประจำปีงบประมาณ 59 ได้เกิดอุบัติเหตุทั่วประเทศ 77 ครั้งและมีผู้เสียชีวิต 32 ราย [2-3]

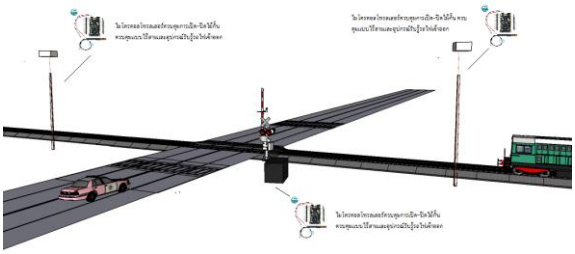
การสร้างเครื่องกั้นทางรถไฟในจุดตัดผ่านเป็นทางเลือกหนึ่งของการลดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดระหว่างรางรถไฟและถนน แต่เนื่องจากปัจจุบันเป็นระบบแบบเก่าซึ่งจำเป็นต้องมีผู้ควบคุมประจำในการปิด-เปิดไม้กั้นรถไฟ แต่ละสถานี และเมื่อต้องการเพิ่มจำนวนไม้กั้น

รถไฟจำเป็นต้องเพิ่มคนควบคุมด้วยจะส่งผลให้เพิ่มงบประมาณในการว่าจ้างผู้ควบคุ้มไม้กั้นรถไฟ โดยมีบางงานวิจัยออกแบบระบบกั้นทางรถไฟโดยส่งข้อมูลผ่านโมดูลระบบไร้สาย [4-5] แต่ยังไม่สามารถควบคุมหรือเชื่อมโยงข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ทได้

จากเหตุผลดังกล่าวคณะวิจัยจึงทำการออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบและควบคุมการเปิด-ปิดไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติ ผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานทั้งระบบผสานกับระบบสื่อสารไร้สายเพื่อง่ายต่อการติดตั้งระบบไม้กั้นรถไฟทำงานด้วยตัวรับรู้แบบสวิตช์เมื่อมีวัตถุเข้ามากดทับในเวลาที่กำหนด ไมโครคอนโทรเลอร์จะแล้วส่งสัญญาณแบบไร้สายไปยังชุดควบคุมไม้กั้นเพื่อทำการปิดไม้กั้นไม่ให้รถผ่านบริเวณจุดตัดรถไฟ เมื่อรถไฟได้ผ่านบริเวณจุดตัดไปแล้วระบบจะมีการตรวจสอบว่ามีรถไฟอยู่บริเวณจุดตัดหรือไม่ถ้าไม่มีรถไฟอยู่ในบริเวณดังกล่าวจะทำการยกไม้กั้นขึ้นให้รถสัญจรตามปกติ โดยระบบนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างพนักงานควบคุ้มไม้กั้นรถไฟ เนื่องจากเป็นระบบอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง และสามารถสั่งการผ่านหน้าเว็ปได้

2. การออกแบบอุปกรณ์และโครงสร้างระบบ

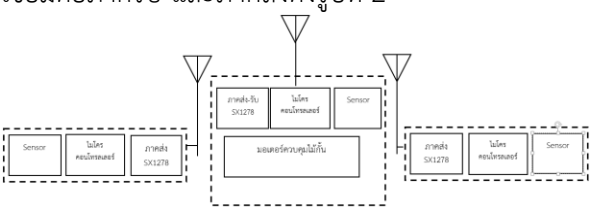
การออกแบบอุปกรณ์ระบบตรวจสอบและควบคุมการเปิด-ปิดไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ออกแบบบริเวณจุดตัดระหว่างถนนและทางรถไฟที่สามารถเฝ้าระวังจุดตัดได้โดยจะวางตัวรับรู้ห่างจากจุดตัดที่ระยะ 500 เมตร มีการติดตั้งไม่ซับซ้อน เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เน้นการใช้ระบบสื่อสารแบบไร้สายเพื่อส่งรหัสคำสั่งผ่านไปยังชุดควบคุมที่อยู่กับไม้กั้นรถไฟ เพื่อทำการปิดไม้กั้นและมีการตรวจสอบการกดทับของวัตถุอย่างต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบว่าไม่มีวัตถุสามารถส่งรหัสคำสั่งข้อมูลไปยังชุดควบคุมเพื่อทำการเปิดไม้กั้นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองเครื่องต้นแบบการเปิด-ปิดไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติ ผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

2.1 การออกแบบอุปกรณ์

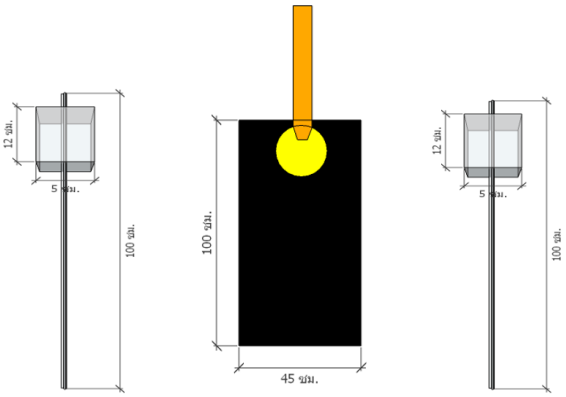
การเลือกชุดอุปกรณ์การทำงานเลือกอุปกรณ์ราคาเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ที่มีขายตามท้องตลาด โดยที่การออกแบบต่าง ๆ สามารถสร้างได้โดยชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยี่ห้อ Atmel รุ่น ATMega328P และชุดส่งสัญญาณแบบไร้สายด้วย SX1278 ความถี่ 433 MHz สื่อสารกันแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) เพื่อรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์รับรู้แบบลิมิตสวิตช์ (Limit switch) โดยหลักการเชื่อมต่อภาครับ และภาคส่งดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพบล็อกการทำงานเครื่องต้นแบบการเปิด-ปิดไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติ ผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

2.2 การออกแบบโครงสร้าง

โครงสร้างระบบทั้งหมดสามารถแยกการควบคุมออกเป็น 3 ชุด โดยการออกแบบโครงสร้างที่ 1 คือชุดตัวรับรู้ต้นทางและปลายทางโดยมีขนาดกล่องจัดเก็บ 12x5 เซนติเมตร ความสูง 100 เซนติเมตร และชุดควบคุมไม้กั้นโดยมีขนาด 45x25 เซนติเมตร ความสูง 100 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 เพื่อนำตัวตัวรับรู้ต้นทางและปลายทางติดตั้งรับรู้การเคลื่อนไหวทางรถไฟทั้งขาไปและขากลับ



ต้นทาง ตัวควบคุม ปลายทาง

รูปที่ 3 โครงสร้างของชุดควบคุมทั้ง ต้นทาง ตัวควบคุม และปลายทาง

2.3 การออกแบบระบบ

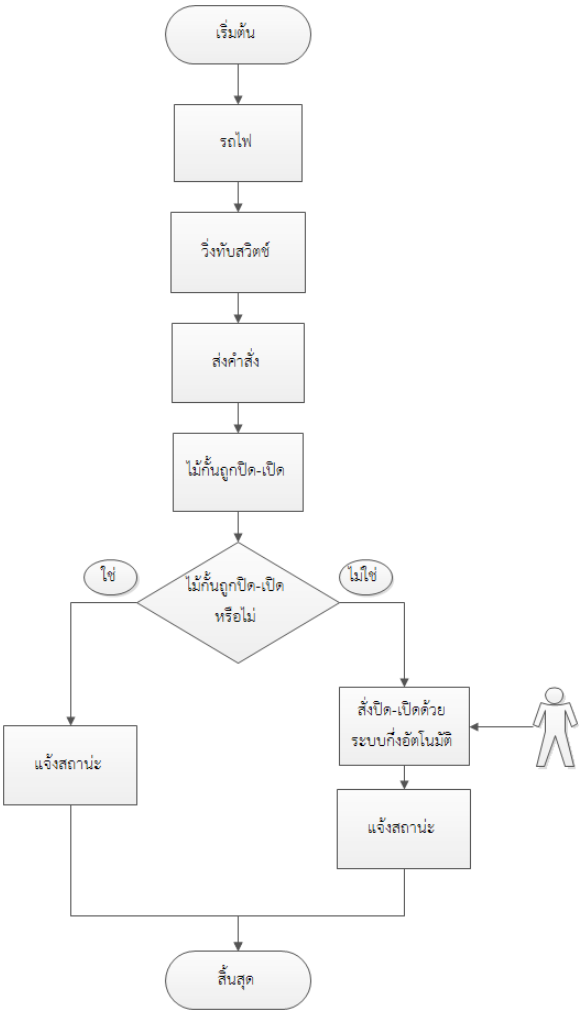
การออกแบบระบบควบคุมการทำงานมีภาพรวมของการทำงานที่ได้ออกแบบผังงานระบบโปรแกรม ดังรูปที่ 4 โดยทำการเขียนเงื่อนไขอธิบายงานของระบบควบคุมดังต่อไปนี้

- ชุดควบคุมที่ 1 ควบคุมตัวรับที่ 1 ทำการตรวจสอบการกดทับที่วิ่งเข้ามาในตัวรับรู้ ซ้ำๆ และเมื่อเข้าเงื่อนไขตามที่โปรแกรมไว้ จะทำการส่งสัญญาณแบบไร้สายไปหาชุดที่ 2

- ชุดควบคุมที่ 2 รับสัญญาณแบบไร้สายจากชุดที่ 1 เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของไม้กั้นโดยใช้มอเตอร์กระแสตรง มีการตรวจสอบการเปิดไม้กั้นว่าสมบูรณ์หรือไม่ ตัวรับรู้ชุดที่ 2 มีการตรวจสอบวัตถุเมื่อไม่มีวัตถุกดทับตัวรับรู้จะทำการเปิดไม้กั้นทันที และระบบจะส่งสัญญาณข้อมูลสถานะของ ไม้กั้นไปยังเว็บเพจ

- ชุดควบคุมที่ 3 เมื่อวัตถุได้ผ่านชุดควบคุมที่ 2 แล้วมายังชุดควบคุมที่ 3 จะทำการส่งสัญญาณเริ่มระบบใหม่อีกครั้งเผื่อเตรียมตัวในการปฏิบัติงานครั้งต่อไป

- ชุดควบคุมที่ 4 เป็นระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ตที่ใช้ช่วยในการเปิด-ปิด ไม้กั้นรถไฟแบบกึ่งอัตโนมัติเมื่อไม้กั้นไม่ปฏิบัติตามคำสั่งที่รับมาอย่างสมบูรณ์

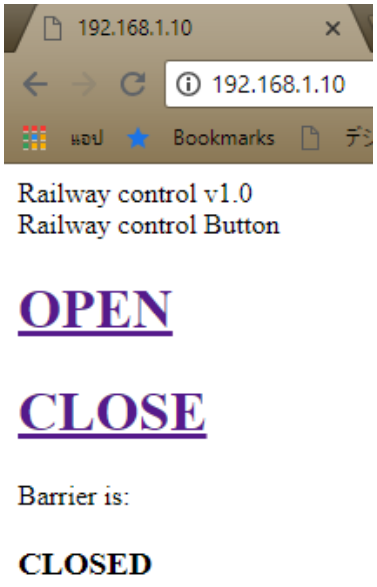


รูปที่ 4 การออกแบบแผนผังการทำงานของโปรแกรมการทำงาน

การเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านโครงข่ายอินเทอร์เนตนั้นจะใช้ภาษา HTML โดยในหน้าเว็บเพจจะมีทั้งหมด 3 ส่วน ดังรูปที่ 5

- ปุ่มกดสำหรับสั่งไม้กั้นรถไฟเปิด
- ปุ่มกดสำหรับสั่งไม้กั้นรถไฟปิด
- จุดแสดงสถานะของไม้กั้นรถไฟ

เมื่อทำการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตไร้สายที่ถูกติดตั้งไว้ภายในของชุดควบคุมที่ 2 แล้วทำการเข้าระบบผ่านไอพีแอดเดรส (IP Address) จากนั้นทำการเลือกชุดคำสั่งตามต้องการเมื่อไม้กั้นทำตามคำสั่งส่งสถานะของไม้กั้นกลับมายังหน้าเว็บ

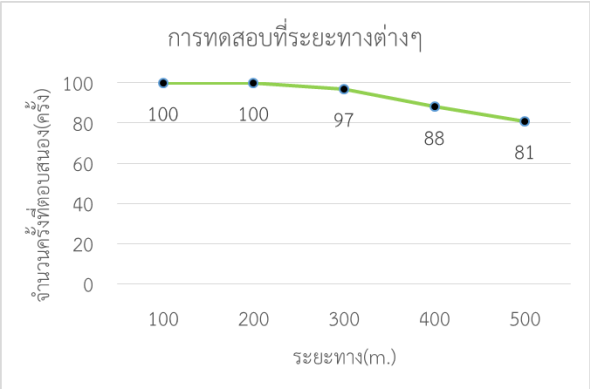


รูปที่ 5 หน้าเว็บที่ใช้ควบคุมไม้กั้นรถไฟ

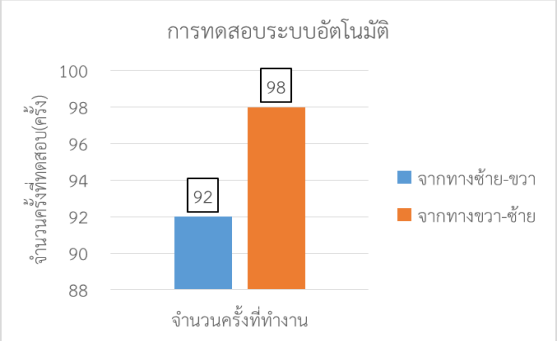
3. ผลการทดสอบ

การทดสอบเครื่องต้นแบบการเปิด-ปิดไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ทำการทดสอบการทำงานดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของโมดูลสำหรับการสื่อสารแบบไร้สาย LoRa SX1278 ทำการทดสอบโดยใช้ตัวส่งและรับขึ้นเสาสูงขนาด 2 เมตร และทำการเขียนโปรแกรมให้กดสวิตช์แล้วส่งเลข 1-100 ไปยังตัวรับที่ถูกทำให้ห่างขึ้นโดยเริ่มจากระยะ 100 เมตร 200 เมตร 300 เมตร 400 เมตร 500 เมตร โดยผลการทดสอบเริ่มผิดพลาดที่ 300 เมตร 3% และ 400-500 เมตรมีความผิดพลาดที่ 12%-19% แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การทดสอบ LoRA SX1278 ที่ระยะต่างๆ

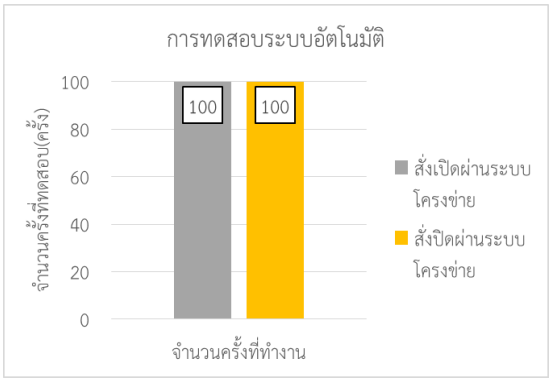


รูปที่ 7 ผลการทดสอบระบบอัตโนมัติในระยะประชิด

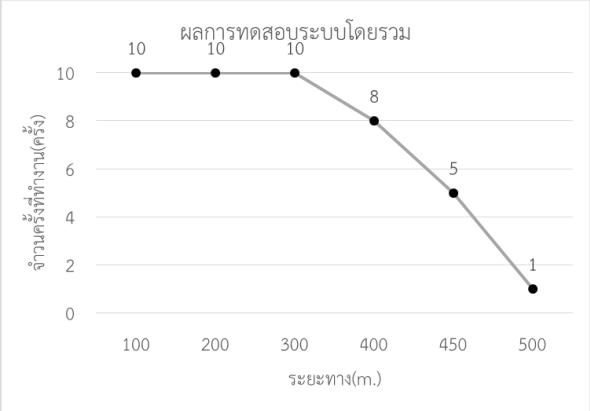
การทดสอบการทำงานของตัวรับรู้แบบสวิตช์ จากซ้ายไปขวา มีความแม่นยำโดยเฉลี่ย 95% มีความผิดพลาด 5% และการทดสอบการทำงานของตัวรับรู้สวิตช์ จากขวาไปซ้ายมีความแม่นยำโดยเฉลี่ย 100% มีความผิดพลาด 0% แสดงดังรูปที่ 7

การทดสอบการทำงานของระบบผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต จะทำการทดสอบโดยติดตั้งตัวระบบควบคุมผ่านโครงข่าย และทำการเข้าระบบผ่าน IP Address แล้วสั่งไม้กั้นปิด-เปิดโดยระบบกึ่งอัตโนมัติอย่างละ 100 ครั้ง มีความแม่นยำโดยเฉลี่ย 100% มีความผิดพลาด 0%ดังรูปที่ 8

การทดสอบการทำงานของระบบโดยรวม พื้นที่ที่ใช้ในการทดลองจะเป็นทางลาดเล็กน้อย จะทำการทดลองระบบโดยจะทำการติดตั้งภาครับไว้กึ่งกลางโดยภาคส่งจะมีความสูง 2 เมตร และถูกทำให้ห่างขึ้นทุกๆ 100 เมตรจนระยะห่างกันสูงสุด 500 เมตร จากนั้นทำการขับขี่รถจักรยานยนต์กดทับสวิตช์ที่ได้ทำการติดตั้งไว้ตามลำดับ แล้วบันทึกผล โดยผลการทดสอบเริ่มมีความผิดพลาดมา 400-500 เมตร มีความผิดพลาดตั้งแต่ 20-90 % ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 8 ผลการทดสอบระบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 9 ผลการทดสอบระบบกึ่งอัตโนมัติ

4. สรุปผลและอภิปราย

ระบบตรวจสอบและควบคุมการเปิด-ปิดไม้กั้นรถไฟอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต มีทั้งหมด 2 ระบบคือ ระบบอัตโนมัติ และระบบกึ่งอัตโนมัติซึ่งใช้การสื่อสารแบบไร้สายผ่าน LORA SX1278 จากการทดสอบด้วยวิธีการต่างๆพบว่า LORA SX1278 สามารถส่งสัญญาณได้ไกลกว่า HC-12 หรือ nRF24L01p ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ IOT อย่างมาก และสามารถสื่อสารได้เป็นระยะทาง 500 เมตร นับจากภาครับ-ภาคส่ง

จากการทดสอบเนื่องจากเสาสัญญาณมีความสูง 2 เมตรจึงทำให้สัญญาณที่รับได้ผิดพลาดได้เป็นบางครั้ง ภูมิประเทศในการทดสอบไม่ใช่พื้นที่โล่งแจ้งจึงทำให้สัญญาณมาความผิดพลาด เช่น กระทบกับตึก โดนรบกวนจากคลื่นสัญญาณต่างๆ ขีดจำกัดในการเขียนหน้าเว็บเพจของ Arduino ได้เฉพาะภาษา HTML เท่านั้น และ ระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถควบคุมได้เพียงพายในเครือข่ายเดียวกันเท่านั้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ระบบโครงสร้างพื้นฐานก้าวไกล สู่ใจประชารัฐ.2559. ,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mot.go.th/file_upload/2559/infra_mot_20160427.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2561

[2] รฟท.ปลื้ม ยอดอุบัติเหตุจุดตัดเสมอทางรถไฟ-รถยนต์ ต่ำสุดในรอบ 10 ปี.,[ระบบออนไลน์], 2560, https://www.thairath.co.th/content/845096 เข้าดูเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2561

[3] ทางตัดผ่านรถไฟ .2557. , [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.accident.or.th/datacenter/index.php/2015-10-13-04-59-28/88-2015-10-16-03-27-42 เข้าดูเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2561

[4] J. Grover, Anjali, "Wireless Sensor Network in Railway Signalling System," in Communication Systems and Network Technologies (CSNT), 2015 Fifth International Conference on , vol., no., pp.308-313, 4-6 April 2015.

[5] จักรพนธ์ อบมา , เอกพล ขันสาลี , กฤษณะพงศ์ พันธ์ศรี , พรพรหม สร้อยนาค , "เครื่องต้นแบบประตูเปิด-ปิดที่กั้นทางรถไฟแบบไร้สายควบคุมอัตโนมัติ" การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1, วันที่ 19 มกราคม 2560 ,ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ หันตรา, หน้า 235-242.

การเพิ่มประสิทธิภาพโรงเรือนอบแห้งอัฉริยะพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการลดความชื้นอัตโนมัติสำหรับกล้วยตาก

Improvement of performance greenhouse smart dryer using reduction humidity for banana drying

ธีรศาสตร์ คณาศรี*และกิติภัทร์ สุภาทวีวัฒน์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด 45120
*ผู้ติดต่อ: Teerasad@windowslive.com, 0956632774

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับทำกล้วยตากในระดับเกษตร โรงเรือนมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 6.0 x 8.0 x 3.5 เมตร โดยมีเครื่องดูดความชื้นตรวจจับด้วยเซ็นเซอร์ DHT11 ส่งข้อมูลไปประมวลผลกลางด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การทดสอบการอบแห้งใช้กล้วยน้ำว้าปริมาณ 300 และ 400 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาอบแห้งต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงต่อวัน เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิสภาพแวดล้อมด้วยการประมวลผลกลางจากบอร์ดอาดูโน ผลการทดลองพบว่า เกษตรกรปฏิบัติงานตากกล้วยในช่วงเช้าเวลา 08.00 น. จะรีบนำกล้วยที่มีความชื้นสูงมาวางตากบนถาดภายในห้องอบแห้ง ซึ่งภายในห้องอบได้ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลา 20 - 24 ชั่วโมง (3 วัน) ระยะเวลาปฏิบัติงานตลอดสัปดาห์ตากกล้วยได้ 2 รอบ เนื่องจากการป้องกันความชื้นด้วยเครื่องดูดความชื้นมีพัดลมความเร็ว 1,750 รอบต่อนาที จำนวน 2 ตัว ดูดอากาศชื้นเข้ากล่องบรรจุสารดูดป้องกันความชื้นชนิดเม็ดซิลิก้าเจล ดูดความชื้นได้ 120 กรัมน้ำต่อกิโลกรัมอากาศ ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

คำหลัก: ความชื้นสัมพัทธ์ โรงเรือนอบแห้งอัฉริยะ พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This research aims to improvement of performance greenhouse smart dryer using reduction humidity for banana drying in farmer. The greenhouse dryer solar with a dimension of 6.0 m (W) x 8.0 m (L) x 3.5 m (H). The temperature and humidity control circuit had an LED display monitor in the operational system, the DHT11 temperature and humidity sensor sent digital signals to the processing device microcontroller. Test drying banana 300 and 400 kg at drying time of 8 hours per day. Compare relative humidity and temperature report processing center with Arduino board. The results showed that the farmer's performance bananas are quickly exposed to high humidity during the morning hours 8.00 PM put on the trays inside the drying room dryer solar. With out waiting for solar hot water vapors for a period time of 20 - 24 hours (3 days) to moisture, drying sheds used for drying fan speed 1,750 rpm to operate two fan ventilators, to absorb moisture stored in boxes containing of silicon gel reduce moisture at rate of 120 g_w/kg_{da}. The automatic dehumidifier could reduce moisture to a certain level within 2 hours.

Keywords: Moisture humidity, Greenhouse smart dryer, Solar energy

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในพื้นที่เขตร้อนได้รับรังสีอาทิตย์ในปริมาณมากโดยตลอดปีมีค่าพลังงานเฉลี่ย 19-20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะใช้แปรรูปด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แต่จากรายงานในช่วง 40 ปีที่ผ่านมามีนักวิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หลายประเภท แต่พบว่าเครื่องอบแห้งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กจึงทำให้สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ปริมาณน้อยๆ เท่านั้น [1-3] ไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรในปริมาณมาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานจึงแนะนำการตากแห้งด้วยโรงเรือนอบแห้ง (Green house) ซึ่งโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (Greenhouse effect) จะมีขนาดใหญ่เพื่ออบแห้งสินค้าเกษตรในเชิงพาณิชย์ ใช้งานได้ดีกับผักและผลไม้ [4-7] เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกใช้หลักการเรือนกระจกของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบโดยตรง เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกหรือพลาสติกเข้าไป ภายใน จะถูกผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบต่างๆ ภายในเรือนกระจกดูดกลืนรังสีแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้อากาศร้อนจาก แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นหลังคาโรงเรือน มีพัดลม ไฟฟ้าดูดอากาศจากแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ออกแบบให้ เป็นหลังคาโรงเรือนเหมาะสำหรับการอบแห้งเครื่องเทศ สมุนไพร และ อาหาร นอกจากนี้ยัง พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ถูกนำมาใช้แปรรูปผลิตภัณฑ์อย่างแพร่หลาย เช่น กล้วยตาก ลำไย ใบชา เมล็ดกาแฟ เห็ด พริก เป็นต้น [8-13]

กล้วยน้ำว้า (Banana) นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เพาะปลูกง่าย รสชาติดี เป็นไม้ผลที่ใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน กล้วยน้ำว้านิยมนำมาบริโภคทั้งผลสุกและดิบ เนื่องจากมีรสชาติอร่อยและให้พลังงานสูง และยังมีคุณค่าทางอาหารสูง มีวิตามินบี 1 2 6 และแคลเซียม นอกจากนี้พบว่ากล้วยน้ำว้ายังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร จากการศึกษา พบว่ากล้วยน้ำว้า 1 ผล ให้พลังงานได้ประมาณ 60 แคลอรี [14] รายงานสถิติที่ผ่านมา ปี พ.ศ. 2558 - 2559 กล้วยน้ำว้ามีราคาแพงจึงทำให้เกษตรกรหันมาปลูกกล้วยน้ำว้าปริมาณมากขึ้น [14] มีรายงานพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่นำมาจำหน่ายในตลาดค้าส่งผลไม้โดยตัดผลของกล้วยน้ำว้าดิบจำนวนมาก เมื่อกล้วยสุกพร้อมกันจึงทำให้กล้วยที่เหลือจากการจำหน่ายเน่าเสีย และล้นตลาด เกษตรกรจึงนำกล้วยที่สุกนำมาแปรรูปโดยการตากด้วยวิธีธรรมชาติซึ่งมีขั้นตอนเริ่มจากใช้มีดตัดปลายลูกให้ลึกเข้ามาในลูกเล็กน้อยปอกเปลือกดึงเส้นใยข้างกล้วยออกให้หมด ล้างด้วยน้ำเกลือแล้ววางเรียงบนตะแกรงและตากแดดจัดบนหลังคาใช้เวลา 7 วัน จนได้กล้วยตากรสชาติดี มีสีน้ำตาลเข้มน่ารับประทาน

ถึงแม้ได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลผลิตพืชทางการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาเสริมเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เทคโนโลยียังไม่มีการควบคุมระบบที่ใช้ร่วมกับการอบแห้งมีน้อยขาดความเหมาะสม เพียงรายงานของ **[15]** ทำการวิจัยนวัตกรรมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะ หรือ Smart solar dryer เพื่อช่วยแก้ปัญหาจากการ**แปรรูปถูกแสงแดดทำลายคุณภาพของอาหาร** ผลแม้ว่านวัตกรรมนี้จะไม่ใช่นวัตกรรมใหม่ แต่สำหรับในประเทศไทยแล้วถือเป็นนวัตกรรมใหม่ [16] รายงานว่าระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยวงจรอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์จะช่วยปรับอากาศความชื้น และลดอุณหภูมิน้ำสำหรับระบบโรงเรือนปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน มีการศึกษาระบบควบคุมอัจริยะยังถูกวางแผนนำมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการเพาะเห็ดในโรงเรือนพักก้อนเชื้อ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ [17] นอกจากนี้ระบบกำจัดความชื้นในอากาศระบายที่ใช้สารดูดความชื้นยังถูกนำมาใช้ในระบบปรับอากาศก่อนที่จะนำเข้าสู่พื้นที่ห้องปรับอากาศ จึงเป็นวิธี ที่เหมาะสมและอาจช่วยลดขนาดของระบบปรับอากาศลงได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ [18]

ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการลดความชื้นอากาศด้วยเครื่องดูดความชื้นระบบอัตโนมัติ ในโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำกล้วยตากสำหรับเกษตร สามารถตรวจคุณภาพการแปรรูปสร้างความเชื่อถือด้วยเทคโนโลยีใหม่จากเซ็นเซอร์สำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์เกิดการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ และการพัฒนานวัตกรรมใหม่ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพจนสามารถเพิ่มมูลค่าให้เกษตรกรได้

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การอบกล้วยตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำกล้วยตากสำหรับเกษตรจนสามารถเพิ่มปริมาณของกล้วยตาก ใช้เทคนิคการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยเกษตรกรในการเพิ่มผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่อง ใช้กรณีศึกษาเกษตรกรบ้านหนองดู่ ตำบลธงธานี อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

2.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุทดลอง มีวิธีดังนี้

1) ใช้กล้วยน้ำว้าสุกงอมแบบสลัดหวีหล่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.3 - 4.0 เซนติเมตร ได้จากตลาดค้าส่งตลาดพรรณรวี จังหวัดร้อยเอ็ด ตลอดการทดลอง

2) ตัวอย่างกล้วยสุกปริมาณ 300 และ 400 กิโลกรัม ที่ได้นำมาปอกเปลือกแล้วดึงเส้นใยออกแล้วนำมาล้างในน้ำเกลือ นำกล้วยมาวางบนถาดรอจนสะเด็ดน้ำ

3) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกล้วย นำไปหาความชื้นเริ่มต้นด้วยตู้อบลมร้อน บันทึกผลข้อมูลก่อนนำไปตาก

4) ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมวัสดุนำไปอบในห้องเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K มีความผิดพลาด 1 องศาเซลเซียส ภายในห้องอบจำนวน 10 ตำแหน่งบันทึกผลอุณหภูมิภายในห้องอบทุกๆ 1 ชั่วโมง

5) การทดสอบสีผิวของกล้วยตากได้จากเครื่องวัดสีอาหาร (Mini Scan XE Plus รุ่น 6610) ระบบ (ColourFlex, Hunter Lab, UK) ทำการวัดค่าสีของกล้วยในแนวระนาบ และแสดงค่าสีในเทอมของค่าความสว่าง (Lightness; L), ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (Redness; a) และค่าความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (Yellowness; b)

2.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพ และระบบเซ็นเซอร์ร่วมกับสารป้องกันความชื้น

การคำนวณหาประสิทธิภาพทางความร้อนของโรงเรือนอบแห้งที่ใช้ในการระเหยจากสัดส่วนของพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหยกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ระบบ ดังสมการ 1 [19]

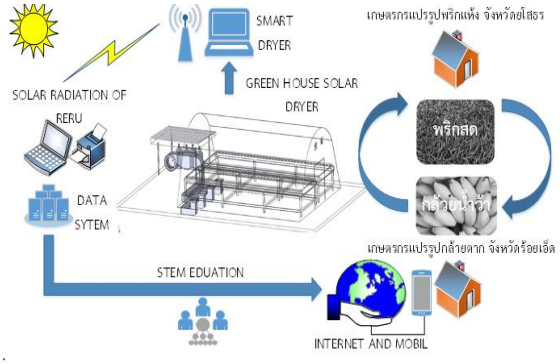
$$\eta_{th} = \frac{mh_{fg}}{I_T A} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ

η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบด, เปอร์เซ็นต์

m คือ ปริมาณน้ำที่ระเหย, กิโลกรัมต่อวัน

I_T คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์, เมกะจูลต่อตารางเมตร



รูปที่ 1 การใช้เทคโนโลยีสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพ

ภายใต้ความสามารถที่จะนำมาตรวจสอบคุณภาพรวมไปถึงวิธีการผลิตยกระดับความน่าเชื่อถือต่อผู้ใช้ เป็นการเพิ่มมูลค่าจากการผลิตจากการแปรรูปกล้วยตากของเกษตรกรได้ นอกจากนี้ยังสามารถมีเครือข่ายเกษตรกรแบบร่วมมือการแปรรูปผลผลิตการเกษตรชนิดอื่นๆ

รูปที่ 1 แนวคิดหาวิธีลดความชื้นในโรงเรือนอบแห้งโครงสร้างเหล็กทรงโค้ง (โพลาโบลา) ปิดคลุมด้วยแผ่น โพลีคาร์โบแนต ด้านหลังติดตั้งพัดลมใบพัดระบายอากาศขนาด 5 นิ้ว จำนวน 3 ชุด ใช้แหล่งพลังงานได้จากแผง โซล่าเซลล์กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ ผลิตแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ เริ่มทำงานตั้งแต่เวลา 09.00 - 16.00 น. ภายในห้องโรงเรือนอบแห้งระบบควบคุมตรวจจับความชื้นอากาศด้วยเซ็นเซอร์ DHT11 เพื่อส่งสัญญาณไปบอร์ด Arduino ประมวลผลกลางจะตรวจสอบความชื้นสัมพัทธ์สั่งการเปิดปิดระบบดูดความชื้นจากสวิทช์รีเลย์ให้พัดลมดูดความชื้นผ่านชั้นวางสารป้องกันความชื้นบรรจุปริมาณ 2 กิโลกรัม ภายในห้องอบขนาดพื้นที่ 48 ตารางเมตร

3. ผลการทดลอง

จากการทดสอบอุณหภูมิภายในโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเริ่มทดสอบพบว่าตั้งแต่เวลา 9.00 น. มีอุณหภูมิแวดล้อม 32.5 องศาเซลเซียส เมื่อรังสีดวงอาทิตย์จะค่อยๆ เพิ่มเข้มสูงขึ้นไปจนถึงช่วงเวลา 13.00 น. อุณหภูมิแวดล้อมจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบโรงเรือนเกิดสภาวะเรือนกระจกสะสมความร้อนจนอุณหภูมิภายในห้องอบเพิ่มขึ้นอย่าง

รวดเร็ว นอกจากนี้อุณหภูมิความร้อนจากพื้นคอนกรีตทำให้ห้องอบรักษาระดับความต่อเนื่องจนมีอุณหภูมิ 61.5 องศาเซลเซียส รวมระยะเวลาทดสอบตลอดทั้งวัน 8 ชั่วโมง ในการทดสอบการระเหยของน้ำเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน พบว่าน้ำจะระเหย 124 กรัมต่อน้ำ 1,000 กรัม อัตราการอบแห้ง 15.5 กรัมต่อชั่วโมง จากการคำนวณตามสมการ 2 ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ รูปที่ 2 ผลการตากกล้วยน้ำว้าด้วยโรงเรือนอบแห้งของเกษตรกร พบว่าโรงเรือนอบแห้งสามารถรองรับปริมาณกล้วยตากสูงสุด 400 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับการวางเรียงบนถาดรองรับ เนื่องจากกล้วยมีความชื้นเริ่มต้น 45 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ไอน้ำที่ระเหยเกิดการสะสมมากในช่วงเวลาตากพร้อมกัน นอกจากนี้การแพร่ระเหยไอน้ำจากภายนอกไอน้ำเกิดการเคลื่อนที่ของความชื้น จากสภาพแวดล้อมภายนอกที่เข้ามาได้ตามช่องระบายความร้อนของห้องอบจนเกิดการกักเก็บความชื้นให้เพิ่มขึ้นภายในห้องอบ



รูปที่ 2 การตากกล้วยน้ำว้าในโรงเรือนอบแห้ง

ผลการทดสอบเครื่องดูดความชื้นร่วมกับซิลิกาเจลภายในห้องอบโรงเรือนอบแห้งใช้ระยะเวลารวม 12 ชั่วโมง พบว่าเครื่องดูดความชื้นอัตโนมัติร่วมกับซิลิกาเจลดังรูปที่ 3 สามารถลดระดับความชื้นภายในโรงเรือน และควบคุมให้อยู่ในระดับความชื้นที่ต่ำได้ เครื่องดูดความชื้นจะดูดความชื้นลดความชื้นได้ 120 กรัมน้ำต่อกิโลกรัมอากาศ เมื่อวงจรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสั่งการทำงานของพัดลมจะดูดอากาศความชื้นได้อย่างแม่นยำที่ย่านวัดความชื้น 20 - 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงซิลิกาเจลในแต่ละช่วงเวลาจะสีเข้มต่างกันแสดงว่ายังมีความชื้นรอบข้างภายในห้องอบแห้ง



รูปที่ 3 เครื่องดูดความชื้นอัตโนมัติร่วมกับซิลิกาเจล

ผลการวัดค่าสีกล้วยน้ำว้าอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าค่าสีหลังการอบแห้งกล้วยน้ำว้าเมื่อระยะเวลาการตากนานขึ้นในเทอมของ ความสว่าง (*L*) มีแนวโน้มลดลง ความเป็นสีแดง (*a*) ลดลงอย่างต่อเนื่องและความเป็นสีเหลือง (*b*) เพิ่มขึ้นตามความเข้มสีกล้วย

จากตารางที่ 1 ค่าสีของกล้วยที่ผ่านการอบแห้งมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน จากการสุ่มตัวอย่างกล้วยที่อบแห้งผ่านเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่อบแห้งเป็นเวลา 4 วัน โดยค่าสีของกล้วยในแต่ละถาดแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยถาดที่ 1 - 5 จะมีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุดในถาดที่ 1 ค่าความสว่างมากถึง ±43.73 และค่าความเป็นสีเหลือง ±6.59

ตารางที่ 1 ค่าสีของกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

AVERAGE (NUMBER)	COLOR OF PRODUCTS (HUNTER LAB)		
	Lightness (*L*)	Redness (*a*)	Yellowness (*b*)
1	43.73±0.01	10.05±0.01	6.59±0.01
2	39.75±0.01	3.70±0.01	4.78±0.01
3	37.88±0.01	2.72±0.01	3.12±0.01
4	36.81±0.01	2.19±0.01	2.00±0.01
5	36.12±0.01	1.0±00.01	0.91±0.01

4. การอภิปรายผล และสรุป

เครื่องดูดความชื้นระบบอัตโนมัติจะรักษาระดับอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศที่ออกจากเครื่องดูดความชื้นมีค่า 35.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความชื้นในอากาศประมาณ 120 กรัมน้ำต่อกิโลกรัมอากาศ เหมาะสำหรับลดความชื้นภายในห้องอบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ระบบเครื่องดูดความชื้นแบบอัตโนมัติจะดูดความชื้นเพิ่มขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยเพิ่มปริมาณกล้วยตาก และลดระยะเวลาการอบแห้งผลิตภัณฑ์กล้วยตาก นอกจากนี้พบว่าการลดความชื้นด้วย

เครื่องดูดความชื้นเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อความร้อนเกิด จนเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีผลิตภัณฑ์ยกตัวอย่าง กล้วยตาก พริกแห้ง เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ที่ช่วยเก็บข้อมูลทดสอบในการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Murthy M.V.R. (2009). A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13 No. 4. pp. 835-844

[2] Sharma, A., Chen, C. R., and Vu Lan, N. (2009). Solar- energy drying systems: A review. Renewable and Sustinable Energy Reviews. Vol. 13. pp. 1185-1210

[3] El-Sebaii, A., and Shalaby, A. (2012). Solar drying of agricultural products. A Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 16. pp. 37-43

[4] Janjai, S., Khamvongsa, V., and Bala, B.K. (2007). Development, Design and Performance of a PVVentilated Greenhouse Dryer, *International Energy Journal*. Vol. 8. pp. 249-258

[5] Janjai, S., Lamlert, N., Intawee, P., Mahayothee, B., Boonrod, Y., Haewsungcharern, M., Bala,. B.K., Nagle, M., and Muller, J. (2009). Solar drying of peeled longan using a side loading type solar tunnel dryer: Experimental and simulated performance, *Drying Technology*. Vol. 27. pp. 595-605.

[6] Janjai, S., Lamlert, N., Intawee, P., Mahayothee, B., Bala, B.K., Nagle, M., and Muller, J. (2009). Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana, *Solar Energy*. Vol. 83. pp. 1550-1565.

[7]Janjai, S.(2012). A greenhouse type solar dryer for small-scale dried food industries: Development and dissemination, *International Journal of Energy and Environment*. Vol. 3. pp. 383-398.

[8] เสริม จันทร์ฉาย. (2558). การส่งเสริมระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนอุตสาหกรรมขนาดใหญ่. *รายงานวิจัยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน* กระทรวงพลังงาน กรุงเทพ

[9] เวียง อากรชี, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, วิบูลย์ เทเพนทร์, อนุชา เชาว์โชติ, อุทัย ธานี และ อัคคพล เสนาณรงค์. (2559). การศึกษาการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางสำหรับอบแห้งผักและผลไม้. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*. ปีที่ 22. ฉบับที่ 1. หน้า 39-45.

[10] รวิภา ยงประยูร. (2558). การพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยการมีส่วนร่วม ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*. ปีที่ 3. ฉบับที่ 2. หน้า 133-140.

[11] พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น, ณรงค์ เครือกันทา และพงษ์สวัสดิ์ อำนาจกิติกร. (2555). การสร้างเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน สำหรับเกษตรกรบ้านใหม่พัฒนา อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง, *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม* มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. ปีที่ 5. ฉบับที่ 1. หน้า 35-48.

[12] กมล เลิศรัตน์. (2550). การผลิต การปลูก การแปรรูป และการตลาดของพริกในประเทศไทย. *วารสารประชาคมวิจัย*. ปีที่ 17. หน้า 15-20.

[13] ชัชวาลย์ อะกะปัน. (2550). การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตลำไยอบแห้งทั้งเปลือกด้วยเตาอบ ที่ใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ไอน้ำ และฟืน. วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[14] กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2559). *รายงานข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร* ปี 2560.

[15] องอาจ วิเศษสุข และคมสันต์ พิทยาภรณ์. (2559). การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ อัฉริยะ. คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม เขาถึงเมื่อ (20 มิถุนายน 2561). เข้าถึงไดจาก (https://drive.google.com/file/d/0B04ov5fnPpLKM0lyTTZnWUFtaDQ/view)

[16] ธีรศาสตร์ คณาศรี และกันตภณ พรหมนิกร. (2560). การปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ควบคุมอุณหภูมิด้วยเซ็นเซอร์. *ประชุมสัมมนาวิชาการ ECTI CARD 2017 งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์.* มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย และมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. ปีที่ 9. หน้า 121-124.

[17] คำคูณ พันธวงศ์ และรัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์. (2560). โรงเรือนไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ. *การประชุมสัมมนาวิชาการ ECTI CARD 2017 งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย และมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. ปีที่ 9. หน้า 115-120.

[18] ทสพล เขตเจนการ. (2554). สมรรถนะของระบบดูดความชื้นอากาศด้วยสารดูดความชื้นชนิดเหลวที่ใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์. *การประชุมสัมมนาวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25.* คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

[19] Ekechukwu OV. (1999). Review of solar energy drying I: an overview of drying principles and theory Energy Convers Manage, pp. 593-613.

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

The Construction and Efficiency Evaluation of Training Packages Pneumatic with software FluidSim

เมืองมล เสนเพ็ง

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
เลขที่ 234 หมู่11 ถนน เลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000
Muangmol_s@hotmail.com, 0804112304

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิ์ภาพชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 20 คน ที่ไม่เคยผ่านการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ผู้วิจัยได้สร้างใบปฏิบัติการทดลองออกเป็น 17 ใบปฏิบัติงาน และสร้างแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ ประกอบด้วยแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแต่ละใบปฏิบัติงานและแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนขั้นสุดท้าย

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 93.88/97.54 สูงกว่าเกณฑ์กำหนดที่ 80/80 ที่ตั้งไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

คำหลัก: นิวแมติกส์,ซอฟต์แวร์ FluidSim

Abstract

The research aimed to The Construction and Efficiency Evaluation of Training Packages Pneumatic with software FluidSim.The set efficiency was at 80/80 standard.

The sample was 20 of the students; of the department electric and electronicengineering of Industrial Technology at Loei Rajabhat University.

The method of research was studying theories about Pneumatic with software FluidSim, determining 17 parts of the Pneumatic with software FluidSim, setting general and behavioural objectives, constructingPneumatic with software FluidSim laboratory set, writing job sheets and the objectives to accompang the 17 part of it and making the achievement tests by observe.

The result was that the Pneumatic with software FluidSimset had efficiency at 93.88/97.54 , which was higher than the set standard.

Keywords: Pneumatic, software FluidSim.

1. บทนำ

ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ได้ถูกนำมาใช้ในงานออกแบบและควบคุมระบบนิวแมติกส์ ซึ่งซอฟต์แวร์ FluidSimสามารถทำการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมที่สามารถจำลองการทำงานก่อนที่จะมีการดำเนินงานจริง ทำให้ผู้ที่ทำการออกแบบในระบบนิวแมติกส์ สามารถเห็นการทำงานของระบบก่อนที่จะดำเนินการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะสร้างระบบควบคุมได้อย่างชัดเจน

และเนื่องด้วยผู้วิจัยรับผิดชอบในการสอนสาขาวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม ให้กับนักศึกษาสาขาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มีความต้องการที่จะนำเอาซอฟต์แวร์ FluidSim มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อประโยนช์อันจะเกิดแก่นักศึกษาในการได้เรียนรู้ระบบความคุมอัตโนมัติที่ทันสมัย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนและใช้ในการฝึกอบรมต่อๆไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามวิธีการและลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.4 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

2.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

2.1.1 ซอฟต์แวร์ FluidSim

2.1.2 วาล์วควบคุมอัตราการไหล

2.1.3 การควบคุมกระบอกสูบทำงานทางเดียว

2.1.4 การควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง

2.1.5 การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้รีเลย์

2.1.6 เซนเซอร์แบบอาศัยอำนาจแม่เหล็ก

2.1.7 การควบคุมมอเตอร์สายพานลำเลียง

2.1.8 เซนเซอร์เหนี่ยวนำ

2.1.9 เซนเซอร์แสง

2.1.10 การควบคุมกระบอกสูบหลายตัว

2.1.11 การควบคุมแบบลำดับขั้น (A+ B+ B- A-)

2.1.12 การควบคุมแบบลำดับขั้น (A+ B+ C+ B- A- B+ C- B-)

2.1.13 การควบคุมแบบลำดับขั้น (A+ B+ C+ B- A- B+ C- B- D+ D-)

2.1.14 การควบคุมการป้อนชิ้นงานและสายพานลำเลียง

2.1.15 การควบคุมการป้อนชิ้นงานและคัดแยกชิ้นงาน

2.1.16 การควบคุมการป้อนชิ้นงานและคัดแยกชิ้นงานแบบอัตโนมัติ

2.1.17 การควบคุมการย้ายชิ้นงานอัตโนมัติ

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 20 คน ที่ไม่เคยผ่านการอบรมเรื่องนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 20 คน ที่ไม่เคยผ่านการอบรมเรื่องนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย [1]

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

2.3.1 ชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

2.3.2 ใบปฏิบัติงานนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

2.3.3 แบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน

2.4 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

2.4.1 สร้างชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

2.4.2 สร้างใบปฏิบัติงาน

2.4.3 สร้างแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน

2.4.4 สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

2.4.5 การตรวจสอบคุณภาพของชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim

- ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลอง ด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดฝึก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

- ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของใบปฏิบัติงานด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบปฏิบัติงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

- ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน ด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ที่มีต่อแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการทดลองใช้ใบปฏิบัติงานและชุดฝึกที่สร้างขึ้น และการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มีลำดับขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

2.5.1 ขอความร่วมมือจากนักศึกษา ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 20 คน ที่ไม่เคยผ่านการอบรมเรื่อง นิวแมติกส์ด้วซอฟต์แวร์ FluidSim ในการนำเอาชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างนี้

2.5.2 นำชุดฝึกและใบปฏิบัติงานที่สร้างขึ้น ไปดำเนินการวิจัยกับประชากรในการวิจัยฯ จำนวน 20 คน ที่ไม่เคยผ่านการอบรมเรื่อง นิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim โดยเริ่มต้นแนะนำชุดฝึกและใบปฏิบัติงานแก่นักศึกษา โดยให้ทราบถึงขอบข่ายการใช้งาน หลักการในการทำงาน ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง วิธีการปฏิบัติก่อนการทดลอง และอธิบายทฤษฎีพร้อมคำแนะนำในการทดลองทุกครั้ง ก่อนลงมือทำการทดลอง ใช้เวลาในการทดลองตามใบปฏิบัติงานทั้งสิ้น 120 นาที

2.5.3 การวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 17 ใบปฏิบัติงาน ในแต่ละใบปฏิบัติงาน และจะมีการประเมินระหว่างปฏิบัติการทดลองเป็นแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน เมื่อทดลองครบทั้ง 17 ใบปฏิบัติงานแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim [2] ผู้วิจัยใช้สถิติต่อไปนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.การหาคะแนนเฉลี่ยของแบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ($\bar{x}$) ใช้สูตรดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ

$\bar{x}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

2. หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ใช้สูตรดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ

$S.D.$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนนผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินแต่ละท่าน

N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินทั้งหมด

3. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

$$E_1 = \frac{(\frac{\sum X}{N})}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{(\sum Y)}{\frac{N}{B}} \times 100$$

เมื่อ

E_1 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากคะแนนจากแบบประเมินรายการความ สามารถของผู้เรียนโดยการสังเกตระหว่างปฏิบัติการทดลองแต่ละหัวข้อใบปฏิบัติงาน

E_2 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากคะแนนจากแบบประเมินรายการความ สามารถของผู้เรียนโดยการสังเกตระหว่างปฏิบัติการทดลองขั้นสุดท้าย

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการสังเกตระหว่างปฏิบัติการทดลองแต่ละหัวข้อใบปฏิบัติงาน

$\sum Y$ คือ คะแนนรวมของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการสังเกตระหว่างปฏิบัติการทดลองขั้นสุดท้าย

A คือ คะแนนเต็มของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการสังเกตระหว่างปฏิบัติการทดลองแต่ละหัวข้อใบปฏิบัติงาน

B คือ คะแนนเต็มของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการสังเกตระหว่างปฏิบัติการทดลองขั้นสุดท้าย

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

3. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึก นิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim เมื่อทำการสร้างชุดฝึกเสร็จแล้ว ได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยได้ทำการวิเคราะห์ตามหลักการทางสถิติและผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดฝึก

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1.โครงสร้างชุดฝึกมีความแข็งแรง	4.33	0.57	ดี
2. วัสดุที่ใช้สร้างมีความเหมาะสม	4.33	1.15	ดี
3. การเดินสายระหว่างอุปกรณ์สวยงาม	4.33	0.57	ดี
4. ตำแหน่งในการติดตั้งสวิทช์เหมาะสม	4.67	0.57	ดีมาก
5. ตำแหน่งของบอร์ดต่างๆ เหมาะสม	5	0	ดีมาก
6. ตำแหน่งติดตั้งกระบอกสูบมีความเหมาะสม	4.33	0.57	ดี
7. ตำแหน่งจุดต่อสายลมมีความเหมาะสม	4	1	ดี
รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	**ระดับคุณภาพ**
8. ตำแหน่งติดตั้งโซลินอยด์วาวล์มีความเหมาะสม	4.33	0.57	ดี
9. ตำแหน่งติดตั้งชุดสายพานลำเลียงมีความเหมาะสม	4.67	0.57	ดีมาก
10. ตำแหน่งติดตั้งชุดเซนเซอร์แสงมีความเหมาะสม	4.67	0.57	ดีมาก
11. ตำแหน่งติดตั้งชุดเซนเซอร์แม่เหล็กมีความเหมาะสม	4.33	1.15	ดี
12.ตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานมีความเหมาะสม	4.33	0.57	ดี
13. ขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม	4.67	0.57	ดีมาก
14. ชุดฝึกสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4	0	ดี
15. ชุดฝึกกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	5	0	ดีมาก
16. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้	5	0	ดีมาก
17. สัญลักษณ์ต่างๆ มีความชัดเจน	4	0	ดี
18. มีความสะดวกในการจัดการฝึกอบรม	4	0	ดี
19. ชุดฝึกทำให้บรรลุวัตถุประสงค์การฝึกอบรม	4.33	0.57	ดี
20. ชุดฝึกให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้	4.67	0.57	ดีมาก
รวม	4.87	0.47	ดีมาก

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพใบปฏิบัติงานของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่3.2 ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบปฏิบัติงานทั้งหมด

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	0	ดีมาก
2. คำชี้แจง	4.67	0.49	ดีมาก
3. แสดงภาพประกอบ	3.92	0.28	ดี
4. แสดงรายการอุปกรณ์	4.42	0.90	ดี
5. เงื่อนไขการทำงาน	4.67	0.49	ดีมาก
6. ขั้นตอนการปฏิบัติ	4.50	0.79	ดีมาก
7. แบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน	4.33	0.49	ดี
รวม	4.50	0.49	ดีมาก

3.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim โดยมีการทดลอง 17 หัวข้อใบปฏิบัติงาน ในแต่ละใบปฏิบัติงานจะมีการประเมินระหว่างปฏิบัติการทดลองเป็นแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบการทำงานว่านักศึกษาสามารถปฏิบัติงานได้ตามเงื่อนไขหรือไม่ เมื่อทดลองได้ 17 ใบปฏิบัติงานแล้ว จะมีแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของใบปฏิบัติงานขั้นสุดท้ายเป็นใบปฏิบัติงานที่ 18 โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาว่าสามารถปฏิบัติงานได้ตามเงื่อนไขหรือไม่ ผู้

ประเมินคือผู้วิจัย โดยใช้แบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSimใช้กับประชากรในการวิจัย จำนวน 20 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ร้อยละ	เกณฑ์ %
คะแนนจากแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียนทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดแต่ละหัวข้อใบปฏิบัติงาน	20	132	123.93	93.88	80
คะแนนจากแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียนทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดใบปฏิบัติงานขั้นสุดท้าย	20	44	42.92	97.54	80

4. สรุปผล

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.คุณภาพของชุดฝึก โดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกนิวเมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ด้านชุดทดลองที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดีมาก ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.87

2.คุณภาพของชุดฝึก โดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกนิวเมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ด้านใบปฏิบัติงานที่สร้างขึ้น อยู่ในระดับดีมาก ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.5

3.คุณภาพของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบประเมินที่สร้างขึ้น อยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะใช้วัดความสามารถในการปฏิบัติงานของนักศึกษา

4.ทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดฝึกนิวเมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ผลการวิจัยซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่าชุดฝึกนิวเมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSimที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 (E_1/E_2) และเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีประสิทธิภาพของกระบวนการวัดผลที่ได้จากคะแนนที่นักศึกษาทำคะแนนตามแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ แต่ละหัวข้อใบปฏิบัติงาน ได้เท่ากับ 93.88 และมีประสิทธิภาพ ที่ได้จากนักศึกษาทำคะแนนตามแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ขั้นสุดท้าย ได้เท่ากับ 97.54

5.จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่านักศึกษาที่ทดลองกับชุดฝึกนิวเมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim มีความสนใจและมีความตั้งใจปฏิบัติงาน ซึ่งผู้วิจัยได้สังเกตจากการปฏิบัติงานของนักศึกษา ในทุกขั้นตอนเพื่อให้สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดให้ และได้สอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาพบว่า ชุดฝึกสามารถทำให้เห็นการทำงานได้อย่างแท้จริงว่า การปฏิบัติงานของตนนั้นทำได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ในแต่ละใบปฏิบัติงานหรือไม่ และการออกแบบชุดฝึกนิวเมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim นั้นมีความสวยงามและทำให้ต้องการที่จะเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง

5. อภิปรายผล

ผลการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย โดยค่าประสิทธิภาพตัวแรก (E_1) ได้จากคะแนนจากแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้แต่ละหัวข้อใบปฏิบัติงาน มีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละ 93.88 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 และค่าประสิทธิภาพตัวหลัง (E_2) ได้จากแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ ขั้นสุดท้าย การควบคุมตามเงื่อนไข มีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละ 97.54 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ

จากผลการวิจัยค่าประสิทธิภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการดังต่อไปนี้

1.การทดลองในห้องปฏิบัติการ เป็นการฝึกเรื่องนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim มุ่งให้นักศึกษาสามารถกำหนดตำแหน่ง ให้กับอุปกรณ์ต่างๆและสามารถทดสอบการทำงาน ในการควบคุมอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ได้

2.ผลการวิเคราะห์จากแบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ด้านชุดทดลอง จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย 4.87 มีความหมายของระดับคุณภาพในระดับ ดีมาก และคุณภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSimด้านชุดใบปฏิบัติงาน จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย 4.5 มีความหมายของระดับคุณภาพในระดับ ดีมาก แสดงว่าชุดฝึกนิวแมติกส์ ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งประกอบด้วยชุดทดลอง ใบปฏิบัติงาน มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียนโดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ มีความเหมาะสม มีความตรงและเชื่อถือได้

3.การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกนิวแมติกส์ด้วยซอฟต์แวร์ FluidSim กับกลุ่มตัวอย่าง 20 คน เมื่อพิจารณาแล้วปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทำคะแนนจากแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ แต่ละหัวข้อใบปฏิบัติงาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทำคะแนนจากแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ ขั้นสุดท้าย โดยคิดเป็นร้อยละ 93.88/97.54 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้ทุนสนับสนุนการจัดทำงานวิจัยฯในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Muangmol Senpheng.//.2016//.The The Construction and Efficiency Evaluation of Training Packages Data Acquisition (DAQ) with SoftwareLabView// The 2nd National Conference on Industrial Technology and Engineering//. 1 page//. 19October//. ubon ratchathani, Thailand.

[2] เมืองมล เสนเพ็ง, 2548,“ชุดทดลองการควบคุมลิฟต์ 4 ชั้นด้วยเครื่องโปรแกรมมาเบิลคอนโทรลเลอร์”. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. วิทยานิพนธ์ 172232.

เครื่องคั่วถั่วสิสงอบแห้งด้วยความร้อนจากการประยุกต์ใช้ฮีตเตอร์อินฟาเรดไฟฟ้า

Roasted Peanuts with Hot Air Drying Using Infrared Heater Applied

ยงยุทธ สังฆะมณี และจิตกรณ์ เพชรภักดี

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด 45120

*ผู้ติดต่อ: Teerasad@windowslive.com, 0956632774

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องคั่วถั่วลิสงโดยการใช้ความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรดไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคั่วผลเมล็ดของถั่วลิสงที่เหมาะสำหรับการแปรรูป โครงสร้างของเครื่องมีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 70 x 100 x 75 เซนติเมตร หลอดฮีตเตอร์ให้ความร้อนมีขนาดกำลังไฟฟ้า 4,000 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ใช้ถังสแตนเลส การเก็บความร้อนในการคั่วเมล็ดถั่วลิสงมีขนาดบรรจุ 1,000 กรัม มีพัดลมระบายอากาศขนาด 10 วัตต์ ช่วยในการระบายความร้อนภายในถังคั่วขณะเครื่องหยุดการทำงาน การทดสอบระบบของเครื่องคั่วถั่วลิสงได้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ AC ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ทดสอบเครื่องคั่วถั่วลิสงโดยใช้ความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการคั่ว 5 10 15 และ 25 นาที ผลการทดสอบพบว่าภายหลังการคั่วเมล็ดถั่วลิสงแห้งน้ำหนักลดลง 8.04 กรัม เวลาที่เหมาะสมในการคั่วที่ระยะเวลา 15 นาที ได้เมล็ดถั่วลิสงมีความชื้น 12w.b.% (มาตรฐานเปียก) และสีผิวของเมล็ดถั่วลิสงมีสีน่ารับประทานใช้พลังงานไฟฟ้า 840 วัตต์ชั่วโมง

คำหลัก: ถั่วลิสง, ฮีตเตอร์อินฟราเรด, เครื่องคั่วถั่วลิสงอบแห้ง

Abstract

This research to present design and develop a peanut roaster heat from infrared heater electric. Uses in roasting the seeds of peanuts are suitable for the processing of peanut seeds. The structure of the machine is the size 70(W) x 100(L) x 75(H) cm heat from 4,000 watt heater power of 1 lamp. Use stainless steel buckets heat storage in the roasting peanuts contain 1,000 g. Ventilated fan with 10 watt power helps to cool the inside of the bucket when stopped peanut roaster system testing AC power supply voltage 220 volts. Test the peanut roasting machine by heating the heater at 100 °C roasting time 5 10 15 and 25 minutes. The results showed that after drying roasted peanut kernel, the weight decreased by 8.04 g. The optimal time to roast at 15 minutes was 12w.b.% moisture and peanut skin color was pleasant to eat use powered by 840 W-h.

Keywords: Peanut Kernel, Infrared Heater, Roasted peanut drying

1. บทนำ

ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีโปรตีนในเมล็ด 24-32% น้ำมัน 40-59% ทั่วประเทศมีพื้นที่เพาะปลูก 563,262 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 137,562 ตัน ผลผลิตร้อยละ 90 นำมาใช้ภายในประเทศในรูปของถั่วต้ม ถั่วคั่ว ถั่วต้ม และ อบ รวมทั้งแปรรูปเพื่อจำหน่ายต่างประเทศ บางส่วนนำไปสกัดน้ำมัน และกากถั่วลิสงนำไปใช้ในอุตสาหกรรม อาหารสัตว์ การผลิตถั่วที่มีคุณภาพนั้น ต้องปลอดจากการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ซึ่งเป็นพิษต่อผู้บริโภคส่วนหนึ่งของการปนเปื่อนของสารดังกล่าวเกิดจาก การใช้ระยะเวลานานเกินไปในการตากแห้ง เพื่อลดความชื้นจนถึงจุดปลอดภัยหรืออาจจะถูกฝนในขณะตากฝักถั่วลิสง ที่ปลอดภัยจากการปนเปื่อนของอะฟลาทอกซินควร

จะต้องมีความชื้นต่ำกว่า 9%wb [1] การปลูกถั่วลิสงมีอยู่ทั่ว ทุกภาคของประเทศไทยแต่จะมีมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สถานการณ์ปัจจุบันการผลิตถั่วลิสง นั้นยังมีไม่เพียงพอกับความต้องการบริโภคในประเทศ จึงได้มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ [2] และพื้นที่ผลิตในช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตจากข้าว ส่วนใหญ่อยู่ใน พื้นที่ภาคอีสานในหลายจังหวัด

จังหวัดร้อยเอ็ดตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบสูง สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 120 - 160 เมตร มีภูเขาทางตอนเหนือซึ่งติดต่อจาก เทือกเขาภูพาน บริเวณตอนกลางของจังหวัดมีลักษณะเป็นที่ราบลูกคลื่น บริเวณตอนล่างมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มริม ฝั่งแม่น้ำมูลและสาขา ได้แก่ ได้แก่ลำน้ำชี ลำน้ำพลับพลา ลำน้ำเตา เป็นต้น บริเวณที่ราบต่ำอันกว้างขวาง เรียกว่า ทุ่งกุลาร้องไห้มีพื้นที่ประมาณ 80,000 ไร่ มีลักษณะเป็นที่ราบแอ่งกระทะจึงเป็นพื้นที่เหมาะสำหรับการทำเกษตรเพาะปลูกพืชไร่ พืชสวน และพืชตระกูลถั่ว โดยเฉพาะ ถั่วลิสง เป็นพืชที่เหมาะสำหรับการปลูกและนำไป แปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือเป็นสินค้า OTOP สร้างรายได้ให้กับชุมชน และกลุ่มเกษตรกร

ปัจจุบันจังหวัดร้อยเอ็ดมีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตถั่วลิสง มีประมาณ 400 ไร่ ในเขตอำเภอธวัชบุรี อำเภอโพธิ์ชัย อำเภอโพนทอง และอำเภอหนองพอก ซึ่งมีเกษตรกรในโครงการการผลิตถั่วลิสง จำนวน 100 ราย พบว่าปัญหาหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากการปลูกถั่วลิสงคือได้ปริมาณเมล็ดของถั่วลิสงภายหลังการเก็บเกี่ยวในปริมาณจำนวนมาก แต่ไม่สามารถนำผลผลิตของถั่วลิสงที่ได้นำออกไปแปรรูปหรือพัฒนาเป็นสินค้าทางเศรษฐกิจทางการตลาดหรือนำไปจัดจำหน่าย และผลิตภัณฑ์แปรรูปไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จากปัญหาที่กล่าวมาคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดและร่วมมือกับกลุ่มเกษตรกรตัวอย่าง เพื่อออกแบบและพัฒนา เครื่องคั่วถั่วโดยการใช้หลอดฮีตเตอร์อินฟราเรดไฟฟ้าให้ความร้อนในการคั่วใช้ถังสแตนเลสด้านนอกช่วยในการเก็บ ความร้อน และตัวถังมีตะแกรงร่อนด้านในเจาะรูสแตนเลส สำหรับการบรรจุเมล็ดของถั่วในการคั่วมีส่วนท้ายของถัง ตะแกรงสแตนเลสด้านในเชื่อมต่อติดกับแกนเพลาของมอเตอร์ทดเกียร์เพื่อจะหมุนเคลื่อนที่ในการคั่วเพื่อให้ความ ร้อนในการคั่วเข้าทั่วถึงเมล็ดของถั่วเท่ากันเป็นป้องกันไม่ให้เมล็ดถั่วไหม้ใช้การทำงานของมอเตอร์กระแสสลับ AC ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ เชื่อมต่อกับมอเตอร์ทดเกียร์หมุนเคลื่อนที่ในการทำงานสามารถเพิ่มจำนวนปริมาณการ คั่วถั่วลิสงแบบคั่วทั้งเปลือกต่อเนื่อง ผลผลิตที่ได้สุกทั่วถึงกันทุกเมล็ดและมีคุณภาพตามความต้องการ

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุทดลอง

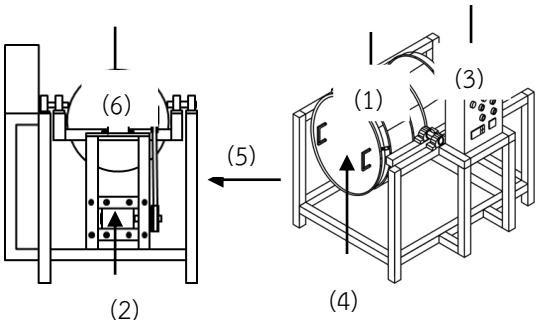
ในการดำเนินงานวิจัยใช้ถั่วลิสง พันธุ์ไทนาน 9 เก็บเกี่ยวในเดือน พฤษภาคม ถึง มิถุนายน ได้จากศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด นำไปหาความชื้นตามมาตรฐานการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อเป็นการเปรียบเทียบกระบวนการผลิต โดยทั่วไปในขั้นตอนของการตากถั่วลิสงในลานตากซีเมนต์หรือใช้ถนนเป็นพื้นตาก เวลาในขณะปฏิบัติงานตาก วันละ 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 08.00 - 16.00 น. ความชื้นของถั่วลิสง หาได้โดยสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วลิสงบนลานตากนำมาอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ใช้ เวลา 72 ชั่วโมง [3]

2.2 การออกแบบและสร้าง

เครื่องคั่วถั่วลิสงอบแห้งด้วยความร้อนจากการประยุกต์ใช้ฮีตเตอร์อินฟาเรดไฟฟ้า มีแนวคิดต้องการปฏิบัติงานที่ไม่ต้องอาศัยแรงงานคอยควบคุม สะดวกในการคั่วเมล็ดถั่วลิสงทั้งเปลือกได้อย่างรวดเร็ว จึงออกแบบเหล็กโครงสร้างสี่เหลี่ยมเป็นขาตั้งตรงกลางมีถังทรงกลมใส่คั่วเมล็ดถั่วลิสง ลักษณะเครื่องคั่วถั่วลิสงประกอบด้วย 1) ฮีตเตอร์แผ่นวงกลมขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 17 x 45 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร กำเนิดความร้อนกำลังไฟฟ้า 4,000 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้ง มีพัดลมเป่าอากาศขนาดของใบพัดลมเท่ากับ 10 เซนติเมตร จำนวน 1 ตัว สามารถสร้างการไหลของอากาศ เข้าสู่ระบบห้องอบ 2) แรงดึงสายพานด้วยมอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า มีความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ขนาดแกนเพลา 1.4 เซนติเมตร 3) ตู้ควบคุมการทำงานมีชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID (Shinko, JSC-33A, Japan) 4) ถังสแตนเลสด้านนอกและฝาปิดถังตะแกรงด้านใน 2 ฝาจะเชื่อมต่อกันด้วยแกนเพลาต่อกับ ตลับลูกปืนต่อรวมกันจะทำให้ฝาปิดตะแกรงด้านปิดตะแกรงด้านในหมุนเป็นอิสระตามแรง

ของลูกปืน มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางฝาถังด้านนอก 45.4 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฝาถังตะแกรงด้านใน 30.4 เซนติเมตร 5) สายพานหมุนเพื่อกลับด้านสัมผัสผิวเปลือกได้รับความร้อนเท่ากัน และ 6) ชุดมอเตอร์เกียร์หมุนด้วยอัตราความเร็วรอบต่ำรักษาระดับให้คงที่ขณะทำการคั่วอบแห้งเมล็ดถั่วลิสง มีลักษณะเครื่องคั่วถั่วลิสงอบแห้งดังรูปที่ 1

ขั้นตอนการอบแห้งเริ่มจากเปิดเครื่องคั่วถั่วลิสงให้ ฮีตเตอร์แผ่นทำงานวัดอุณหภูมิห้องอบด้วย Anemometer ยี่ห้อ VICTOR รุ่น 816B เมื่อเครื่องทำความร้อนทำงาน โดยปรับตั้งการทดลองที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด k นำมาวัดอุณหภูมิในห้องอบประมาณ 20 นาที จนอุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัว เปิดฝาถังอบสแตนเลส เทเมล็ดถั่วลิสงทั้งเปลือกปริมาณ 10 กิโลกรัม ลงในถังอบแล้วปิดฝาห้องอบ เริ่มสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดถั่วลิสงในห้องอบแห้งใส่กระป๋องและชั่งน้ำหนัก เวลาที่ใช้ในการคั่วคือ 10 15 20 และ 25 นาทีตามลำดับ เพื่อนำไปหาความชื้นตัวอย่าง เมล็ดถั่วลิสงตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 72 ชั่วโมง [3]



รูปที่ 1 ลักษณะเครื่องคั่วถั่วลิสงอบแห้ง

คำนวณหาค่าความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงจากมวลของเมล็ดถั่วลิสงทั้งก่อนนำเข้าตู้อบจากสมการ 1 และหลังนำออกจากตู้อบจนเมล็ดถั่วลิสงมีความชื้น 12%w.b. (มาตรฐานเปียก)

$$\text{ร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{W\text{-}d}{w} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ

MC คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w.b)
W คือ น้ำหนักวัสดุก่อนอบแห้ง (กรัม)
d คือ น้ำหนักวัสดุหลังอบแห้ง (กรัม)

2.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพความสิ้นเปลืองพลังจำเพาะ (Specific Energy Consumption SEC) ในการทดสอบพลังงานที่ใช้ในการลดความชื้นเมล็ดถั่วลิสงประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้าสำหรับพัดลมดูด อากาศให้พาความร้อนไหลเข้าสู่ห้องอบ และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับชุดกำเนิดความร้อนซึ่งจะได้จากมาตรวัดพลังงานไฟฟ้า แล้วคำนวณหาสมรรถนะเครื่องอบแห้งจากสมการความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง โดยค่า SEC จะแสดงให้ทราบถึงพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ (ความชื้น) ออกจากเมล็ดถั่วลิสงคำนวณได้ตามสมการที่ 2 [4-5]

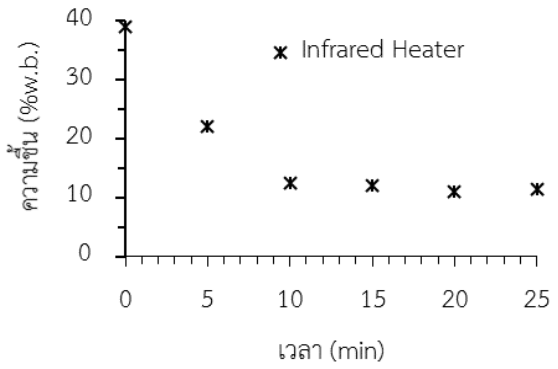
$$SEC = P/Mw \qquad (2)$$

เมื่อ

Mw คือ ปริมาณน้ำ (ความชื้น) ที่ระเหยออกจากเมล็ดถั่วลิสง (kg_{water})
P คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ (kW-h)

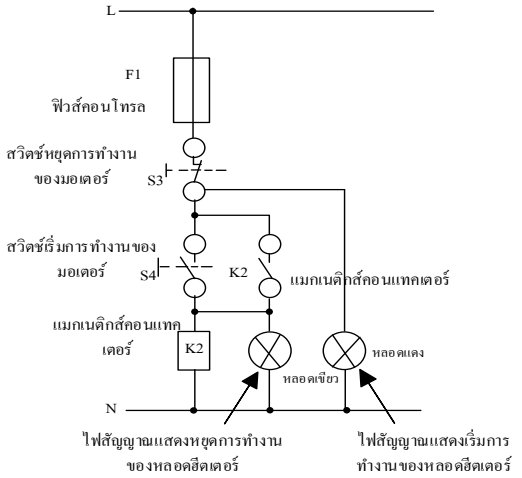
3. ผลการทดลอง

ผลการทดสอบความชื้นเมล็ดถั่วลิสงที่ตากบนลานเกษตร ที่เก็บเกี่ยวในเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2560 เกษตรกรที่เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงนี้เป็นช่วงฤดูร้อน มีอุณหภูมิสูงที่สุดวัดได้ 42.2 องศาเซลเซียส พบว่าถั่วลิสงทั้งเปลือกมีความชื้นเริ่มต้น 38.9%w.b.ในการตากบนพื้นซีเมนต์อาจได้รับความร้อนจากพื้นสูง นอกจากนี้ในช่วงเวลาดังกล่าวยังมี กระแสลมกระโชกแรงช่วยการนำพาไอน้ำระเหยออกการกลับพลิกฝักเมล็ดถั่วลิสงทุกๆ ชั่วโมงจึงส่งผลต่อความชื้น ในเมล็ดถั่วลิสงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง พบว่าเกษตรกรใช้ระยะเวลาตากประมาณ 32 ชั่วโมง (3 วัน) หรือ มากกว่าในกรณีฝนตก จากรูปที่ 2 ผลการทดลองอบแห้งด้วยเครื่องคั่วถั่วลิสงอบแห้งมีความชื้นเริ่มต้นสูง 39%w.b. เนื่องจากใช้เมล็ดถั่วสิสงชนิดเดียวกันแต่มีช่วงการเก็บเกี่ยวในช่วงใกล้ฤดูฝน การทดสอบอัตราการระเหยน้ำภายในห้องอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาอบแห้ง 25 นาที มีอัตราการระเหยน้ำ 3.60 กรัม หลังจากนั้นอบแห้งให้ความชื้นลดลงอย่างช้าๆ พบว่าคล้ายการลดความชื้นแบบนี้ใช้กับเมล็ดพันธ์ [5] เมื่อทดสอบต้องการอบแห้งอย่างรวดเร็วจนได้ความชื้น 12%w.b ใช้ระยะเวลา 15 นาที ผลการทดลองใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกับรายงาน [6] เป็นการใช้ลมร้อนเป่าระเหยไอความชื้นจากเปลือกเมล็ดถั่วลิสงจนได้ความชื้นตามต้องการ



รูปที่ 2 ความชื้นถั่วลิสงอบแห้ง

นอกจากนี้ในผลทดสอบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้จากการคำนวณ พบว่าการคั่วถั่วสิสงอบแห้งด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟาเรดไฟฟ้ามีค่าพลังงานจำเพาะ SEC เท่ากับ 5 MJ/kg เนื่องจากใช้ระยะเวลาอบแห้งที่สั้นลง และมีการปรับอุณหภูมิในช่วงเวลาการอบแห้งต่ำได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากวงจรควบคุมของหลอดฮีตเตอร์จะถูกสั่งงานด้วยแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ให้ทำงานสลับกันไปมาให้มีอุณหภูมิคงที่ โดยแสดงสถานะการทำงานไฟสัญญาณแสดงหยุดการทำงานของฮีตเตอร์ด้วยหลอดสีเขียว และไฟสัญญาณแสดงเริ่มการทำงานของฮีตเตอร์ด้วยหลอดสีแดง อุณหภูมิที่ควบคุมอยู่ภายในเครื่องจะมีเซ็นเซอร์ ตรวจจับอุณหภูมิแล้วส่งผลไปที่ชุดควบคุมอุณหภูมิพอได้อุณหภูมิตั้งไว้ที่ต้องการ แมกเนติกส์จะทำหน้าที่ตัดระบบ วงจรของฮีตเตอร์เพื่อไม่ให้ฮีตเตอร์ทำงาน รายละเอียดหลักการทำงานในระบบตู้ควบคุมใช้งานจริงมีวงจรดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรควบคุมของหลอดฮีตเตอร์

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องคั่วถั่วสิสงอบแห้งมีความสามารถในการลดความชื้นของถั่วสิสงโดยเฉพาะถั่วสิสงที่เกี่ยวมาใหม่ซึ่งมักมีความชื้นสูงใช้ระยะเวลา 15 นาที จนได้ความชื้น 12%w.b. จากหลักการทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงจากถังตะแกรงภายในห้องอบดังรูปที่ 4 เมล็ดถั่วทั้งฝักจะถูกร่อนทำความสะอาดไม่มีสิ่งปนเปื้อนสามารถนำมาบริโภคได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวอาจส่งผลกระทบคุณภาพทางกายภาพของถั่วสิสงที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วถั่วสิสงอบแห้งเป็นสิ่งที่ควรดำเนินการเพื่อยืนยันให้น่าเชื่อถือต่อไป



รูปที่ 4 ถังตะแกรงด้านในเครื่องคั่วถั่วสิสงอบแห้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณท่านอาจารย์ดร.ธีรศาสตร์ คณาศรี,อาจารย์ประสิทธิ์ มงคลเกษตร ที่ปรึกษา และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยเก็บข้อมูลทดสอบในการวิจัย คณะผู้จัดจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วัชรินทร์ ดงบัง, วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดิ์ และ กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย, (2552). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การอบแห้งฝักถั่วลิสงด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด. *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23* วันที่ 4 - 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). รายงานข้อมูลผลผลิตข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ข้อมูล สถิติเมล็ดถั่วลิสง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.[Online]

http://www.oae.go.th/download/download_journal/2560/yearbook59.pdf
[3] AOAC. (1995). Official Method of Analysis, 16th ed., The Association of Official Analytical Chemists. Inc. Arlington, Verginia, USA.
[4] ฉัตรชัย นิมมล. 2555. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมที่ใช้หออบแห้งชนิดท่อเกลียว. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์* มหาวิทยาลัยขอนแก่น 17(1): หน้า 97- 109.
[5] พิรสิทธ์ ทวยนาค, มณฑล ชูโชนาค, มุสตาฟา ยะภา และประชา บุณยวานิชกุล. 2557. การทบทวนพัฒนาการของการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟลในทางอุตสาหกรรม. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์* มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 9(1): หน้า 68-74.
[6] ร้อยทิศ ญาติเจริญ, วัชรินทร์ ดงบัง.(2558). การอบแห้งถั่วลิสงด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดแบบถังหมุน. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2558* มหาวิทยาลัยรังสิต วันที่ 24 เมษายน 2558

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

Development and Seek Efficiency of the Semi-automatic Silk-Reeling Machine.

มุณี จันทะรัง[1], และ จินดาพร สืบขำเพชร[2]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
[2] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 349 อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000
*ผู้ติดต่อ: muneeneo@gmail.com , 0862296717

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องสาวไหมชนิดกึ่งอัตโนมัติโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดระยะเวลาและแรงงานในการผลิตเส้นใยไหมและลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรผู้เลี้ยงไหม และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น การผลิตเส้นใยไหมและเป็นสินค้า OTOP จำหน่ายภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งมีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยไหมที่ไม่พอต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยขั้นตอนการผลิตเส้นใยไหมของชุมชน จะใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ได้จากธรรมชาติ พร้อมทั้งใช้แรงงานคนเป็นหลักในการผลิตเส้นใยไหม ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินงานออกแบบและสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

จากการทดสอบการใช้งานของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ พบว่าที่อัตราเร็วในการปฏิบัติงานที่การสาวไหมที่ 40 rpm โดยสาวรังไหมพันธุ์นางน้อย พันธุ์เหลืองไพโรจน์ และรังไหมพันธุ์นางตุ่ยได้ 1.92, 0.96 และ 1.92 kg/hr ตามลำดับ โดยคุณภาพของเส้นไหมที่สาวได้ไม่แตกต่างจากการสาวไหมด้วยเครื่องสาวไหมที่ชาวบ้านใช้สาว การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องสาวไหมแบบใช้ 1 อักสาวในการหมุนเก็บเส้นไหมกับ 2 อักสาวในการเก็บเส้นไหม พบว่าเครื่องสาวไหมแบบ 2 อักสาว สามารถสาวได้เร็วกว่า เครื่องสาวไหมแบบ 1 อักสาว 2 เท่า และได้ปริมาณเส้นไหมมากกว่าการสาวไหมแบบ 1 อักสาว ไหมพันธุ์นางน้อย ไหมพันธุ์เหลืองไพโรจน์ และไหมพันธุ์นางตุ่ย เท่ากับ 101.67, 127.92 และ 114.83 g/hr และได้เส้นไหมที่สม่ำเสมอ โดยไม่ต้องเสียเวลาเอาอักสาวออก ซึ่งสาวไหมได้ประมาณ 10 เท่าของการสาวด้วยเครื่องสาวไหมที่ชาวบ้านสาว จึงช่วยลดต้นทุนในการสาวไหมได้อย่างดี และผลการประเมินความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ มีค่าเฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 4.52±0.56

คำหลัก: การลดต้นทุนการผลิต, เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ, เส้นใยไหม

Abstract

The objective of this research is to designed the semi-automatic silk reeling machine. The purpose is to save time and reduce using of human labor for silk reeling. It leads to lower of production costs, and increases the value of the products. They produce and sale OTOP silk products domestically and internationally. However, the number of products is not enough for the demand of consumers, and the silk reeling in community is used of nature and human labor. Theres earcher resolved to design and build the semi-automatic silk reeling machine.

Result of testing of the semi-automatic silk reeling machine found that the machine can work in proper with speech round of 40 rpm. without damaging a silk thread. The silkworm cocoons that used in the experiment were Nang-Noi, Lueng Prairoch, and Nang-Tui. Within 1 hour, there will be the volume of silk as 1.92, 0.96 and 1.92 kg., respectively. The comparison between the se-mi automatic silk reeling machine type I and type II were found that the semi-automatic silk reeling machine type II increased the silk volume more than type I in 2 fold. The volume of silk by the semi-automatic silk

reeling machine type II with Nang-Noi, Lueng Prairoch, and Nang-Tui were 101.67, 127.92 and 114.83 g./hr., respectively. The satisfaction assessment of semi-automatic silk reeling machine was 4.52±0.52.
Keywords: the lower of production cost, the Semi-automatic Silk-Reeling Machine, silk thread

1. บทนำ

การปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นการประกอบอาชีพทางการเกษตรอีกทางเลือกหนึ่งที่ให้ผลตอบแทนในระยะเวลา 20-25 วัน โดยใช้วงเงินลงทุนค่อนข้างต่ำแต่ได้ผลตอบแทนเป็นที่น่าพอใจ ผ้าไหมไทยเป็นผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญา ศิลปะ และวัฒนธรรมของไทยมายาวนาน เป็นที่รู้จักทั่วโลก [1] การรวมเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ถือเป็นโอกาสสำคัญที่ประเทศไทยจะผลักดันให้ผลิตภัณฑ์ไหมเป็นสินค้าหัตถกรรมของกลุ่มอาเซียน ที่มีประชากรโดยรวมถึง 600 ล้านคน [2] ผ้าไหมไทยเป็นมรดกทางวัฒนธรรมอันล้ำค่า และเป็นเอกลักษณ์ของไทย [3]

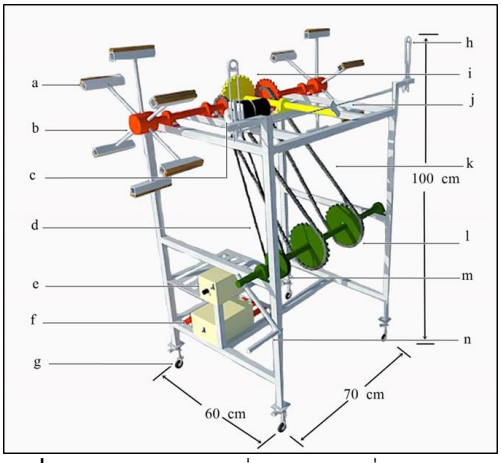
การเลี้ยงไหมมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้องโดยเฉพาะเทคโนโลยีการผลิต โดยมุ่งเน้นเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน ซึ่งขั้นตอนสำคัญในกระบวนการของเทคโนโลยีการผลิต ได้แก่ การสาวไหม ในการสาวไหมแต่ละครั้ง ผู้สาวไหมต้องเตรียมอุปกรณ์มากมายอีกทั้งขั้นตอน วิธีการทำก็ค่อนข้างยุ่งยากและต้องอาศัยความชำนาญพอสมควร กว่าจะได้เส้นไหมที่ออกมาเรียบสวยสม่ำเสมอบางครั้งเส้นไหมขาดความสม่ำเสมอเมื่อนำไปทอเป็นผืนจะทำได้ยากผลผลิตคุณภาพไม่ดีขาดความสวยงามหลังผ่านการทอแล้วในกระบวนการผลิตเส้นใยไหมต้องมีค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคนเพื่อทำการสาวไหม จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นและมีระยะเวลาในการผลิตขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานคน และแต่ละคนสามารถผลิตได้น้ำหนักของเส้นไหมเพียง 200 กรัมต่อวัน [4] การผลิตเส้นใยไหมจากแรงงานคนนั้น ปริมาณที่ได้นั้นไม่เพียงพอต่อการทอผ้าเป็นผืน การสาวเส้นไหมของเกษตรกรมีทั้งการสาวด้วยอุปกรณ์สาวแบบพื้นบ้านที่สืบทอดกันมา และการสาวไหมด้วยเครื่องสาวไหมที่พัฒนาขึ้น แต่คุณภาพของเส้นไหมที่ได้มีลักษณะด้อย โดยเฉพาะการรวมตัวกันไม่ดี ทำให้เส้นไหมแตกง่าย เส้นไหมไม่กลม และใช้เวลานานในการผลิตเส้นไหม จากขั้นตอนที่ซับซ้อนเพื่อเป็นการลดขั้นตอนการผลิตเส้นไหม ทุ่นแรง ประหยัดเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในการสาวไหมให้กับเกษตรกร ดังนั้นกลุ่มผู้ผลิตจึงเห็นควรให้มีเครื่องที่ใช้ในการสาวไหม และจะช่วยทำให้คุณภาพเส้นไหมดีขึ้น ปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น และสามารถลดต้นทุนในการจ้างแรงงานคนได้ ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติขึ้น เพื่อช่วยในการเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพิ่มขึ้น ได้ประมาณ 1-2 กิโลกรัมต่อวันและได้คุณภาพเส้นไหมที่ดีขึ้น เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยผลิตเส้นไหมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและมีคุณภาพภายในเวลาที่เท่ากันกับการสาวไหมด้วยอุปกรณ์แบบพื้นบ้าน และยังสามารถสร้างงานสร้างโอกาสให้กับเกษตรกรและผู้ที่สนใจ อีกทั้งเป็นการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ และศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้อัตราการสาวไหมต่อชั่วโมงเพื่อหาความเหมาะสมของอัตราเร็วการสาวของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

ในการออกแบบและดำเนินการจัดสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักการต่างๆ ในการดำเนินการสร้าง ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ ตามรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 การออกแบบเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

a. วัสดุรองรับเส้นไหมบนอักสาว ขนาด 2 × 15 cm
b. อักสาวไหม เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm
c. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 V
d. สายพานขับเพลาต้นกำลังการหมุน ร่อง A ขนาด 41 inc
e. กล่องควบคุมความเร็วของอักสาว
f. ภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 24 V
g. ล้อเลื่อนสำหรับการเคลื่อนย้ายเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ 2 อักสาว
h. ตัวกระจายเส้นไหมบนอักสาว
i. ฟันเฟืองขับตัวกระจายเส้นไหม
j. แขนกระจายเส้นไหม
k. โซ่ขับเพลาอักสาว
l. ฟันเฟืองขับเพลาอักสาว
m. พูลเล่ย์ขับเพลาต้นกำลังการหมุน
n. แขนหมุนของเครื่องสาวไหม

2.2 ขั้นตอนการสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ

ได้จัดแบ่งส่วนการสร้างและการประกอบออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1) โครงยึดอุปกรณ์ของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

2) เพลาที่ใช้ในการขับเครื่องสาวไหมเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

3) การติดตั้งฟันเฟือง พูเล่ โซ่ และตลับลูกปืนเข้ากับเพลา

4) การติดตั้งแขนหมุนที่ติดกับเพลา

5) การติดตั้งเพลากับอักสาว

6) การติดตั้งเพลาและฟันเฟืองตัวกระจายเส้นไหม

7) การติดตั้งแขนกระจายเส้นไหม

8) การติดตั้งมอเตอร์ ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์และภาคจ่ายไฟ

9) การติดตั้งเบรก

10) เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ 2 อักสาว



รูปที่ 2 โครงยึดอุปกรณ์



รูปที่ 3 การติดตั้งฟันเฟือง พูเล่ โซ่ และตลับลูกปืนเข้ากับเพลา



รูปที่ 4 การติดตั้งมอเตอร์ ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ และภาคจ่ายไฟ



รูปที่ 5 เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

2.3 ประเมินประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ 2 อักสาว 2 ด้าน ดังนี้

1) ประเมินประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ โดยทำการสาวรังไหม 160 g ที่ 2 หัวอักสาว ดังนี้

- นำรังไหมพันธุ์นางน้อย พันธุ์เหลืองไพโรจน์ พันธุ์นางตุ่ย ไปชั่งน้ำหนัก 160 g แล้วนำมาทำการสาวด้วยเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ และทำการจับเวลา

- นำเส้นไหมที่ได้ ไปชั่งน้ำหนัก

2) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เกษตรกรในตำบลแกดำ อำเภอแกดำ จังหวัดมหาสารคาม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องสาวไหม จำนวน 1 ชุด โดยสร้างเป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ โดยกำหนดเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจ

ในการทดลองใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ มี 5 ระดับ ได้แก่

ระดับ 5 หมายถึง ความพึงพอใจดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ความพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง ความพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

2.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) หมายถึง จำนวนที่ได้จากผลรวมของคะแนนทั้งหมดของความพึงพอใจหารด้วยจำนวนชุดของข้อมูล การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X}=\frac{\sum X}{n} \quad \text{--------- (1)}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนระดับความพึงพอใจ

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของความพึงพอใจ

n แทน จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) หมายถึง การกระจายของระดับความพึงพอใจจากการประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ 2 อักสาว

$$S.D.=\sqrt{\frac{N\sum X^2-(\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad \text{---------- (2)}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนความพึงพอใจ^2

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนความพึงพอใจทั้งหมด^2

2.5 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบใช้มือหมุน

การทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบใช้มือหมุน เป็นการหาความสามารถการสาวไหมของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบใช้มือหมุนในการสาวใยไหมจากรังไหมพันธุ์นางน้อย พันธุ์เหลืองไพโรจน์ และพันธุ์นางตุ่ย

3. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อใช้ในงานหัตถกรรมพื้นบ้าน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาวไหมแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยมีการทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบใช้มือหมุน ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 V และการเปรียบเทียบผลการสาวไหมโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 V ในการหมุนขับเคลื่อนเครื่องสาวไหม โดยใช้ความเร็วรอบของอักสาว 40 rpm ระหว่างการสาวไหมด้วย 1 อักสาวกับ 2 อักสาว โดยมีผลการทดลองปรากฏ ดังนี้

3.1 การทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบใช้มือหมุน

เป็นการหาความสามารถการสาวไหมของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบใช้มือหมุนในการสาวใยไหมจากรังไหมพันธุ์นางน้อย พันธุ์เหลืองไพโรจน์ และพันธุ์นางตุ่ย

การทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ แบบใช้มือหมุนและการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีความเร็วรอบของอักสาว เวลาในการต้มอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มที่แตกต่างกันในแต่ละตาราง เราสามารถเลือกใช้เวลาในการต้มรังไหมที่เหมาะสมอยู่ที่ 5 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 75 ^{o}C และที่ความเร็วรอบของอักสาวที่ 40 rpm ใช้เวลาในการสาว 4 - 5 นาที และผลการทดลองจากตารางที่ 1 นำผลมาเปรียบเทียบกันระหว่างการสาวไหมโดยการจัดเก็บเส้นไหมแบบ 1 อักสาวกับการจัดเก็บเส้นไหมแบบ 2 อักสาว ปรากฏว่าเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติแบบ 2 อักสาวสามารถสาวได้ปริมาณที่มากกว่าและเร็วกว่า 2 เท่าในเวลาที่เท่ากัน และเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ สามารถสาวรังไหมได้ปริมาณที่มากกว่าการสาวไหมด้วยเครื่องสาวไหมที่ชาวบ้านใช้สาวถึง 10 เท่าตัว ในเวลาที่เท่ากัน

การเปรียบเทียบผลการสาวไหมโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 V ระหว่างสาวไหมด้วย 1 อักสาวกับ 2 อักสาว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการทดลองหาประสิทธิภาพของการสาวไหมที่สร้างขึ้นในช่วงความเร็วของอักสาวไหม อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด ทำการสาวและนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบการสาวไหม 1 อักสาวกับการสาวไหม 2 อักสาว โดยใช้ระยะเวลาในการสาว 1 ชั่วโมงเท่ากัน โดยใช้การสาวแบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 V ที่อัตราเร็วอักสาว 40 rpm

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการหาปริมาณเส้นไหมพันธุ์นางน้อย เหลืองไพโรจน์ และนางตุ่ย (g/hr)

พันธุ์ไหม	ค่าเฉลี่ยความเร็วการสาวไหมโดยใช้อักสาว เร็ว (g/hr)	
	1 อักสาว	2 อักสาว
นางน้อย	98.26	199.93
เหลืองไพโรจน์	127.92	255.84
นางตุ่ย	114.84	229.67

3.2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ

ผลการประเมินความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จะเห็นได้ว่าได้ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจสำหรับขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ เท่ากับ 4.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.57 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจสำหรับการใช้งานง่ายของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ เท่ากับ 4.49 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.57 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจสำหรับวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ มีความแข็งแรงทนทาน เท่ากับ 4.76 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.46 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจสำหรับความปลอดภัยในการใช้งาน เท่ากับ 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.71 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของความสามารถในการสาวไหม เท่ากับ 4.74 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.52 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของความเงียบของเสียงขณะเครื่องทำงาน เท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.50 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจการกระจายเส้นไหมได้ดีของเครื่องสาวไหม เท่ากับ 4.46 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.59 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของคุณภาพเส้นไหมที่สาวได้ เท่ากับ 4.41 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.57 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ยระดับความ พึงพอใจของราคาเครื่องมีความเหมาะสม เท่ากับ 4.25 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.67 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานโดยรวมของเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ เท่ากับ 4.75 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ เท่ากับ 0.46 และจะได้ค่าเฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวม เท่ากับ 0.60 แสดงให้เห็นว่าโดยภาพรวมมีความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ 2 อักสาว อยู่ในระดับดีมาก เพราะค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ 4.51 - 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไม่เกิน 1.00 เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการศึกษาค้นคว้าหลักการสร้างและหลักการทำงานภายในเครื่องมาเป็นอย่างดี สอดคล้องกั การศึกษาข้อมูลที่ได้เกี่ยวข้องกับเครื่องสาวไหมและเลือกวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องสาวไหมมีความแข็งแรงคงทนต่อสภาพการใช้งานในการสร้างเครื่องสาวไหม โครงยึดอุปกรณ์ของเครื่องสาวไหมแบบกึ่งอัตโนมัติ เพลาที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสาวไหม การติดตั้งฟันเฟือง พูลเล่ย์โซ่ และตลับลูกปืนเข้ากับเพลา ติดตั้งแขนหมุนที่ติดกับเพลา การติดตั้งเพลากับอักสาว การติดตั้งเพลาและฟันเฟืองตัวกระจายเส้นไหม การติดตั้งแขนกระจายเส้นไหม การติดตั้งมอเตอร์ ชุดความคุมความเร็วมอเตอร์และภาคจ่ายไฟ การติดตั้งเบรกเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการขาดของเส้นไหม พันธุ์ไหมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ คือ ไหมพันธุ์นางน้อย ไหมพันธุ์นางตุ่ย และไหมพันธุ์เหลืองไพโรจน์ เก็บรังไหมทุก 20 - 25 วัน จากผลการทดลองอัตราการป้อนที่เหมาะสมคือไหมพันธุ์นางน้อยอยู่ที่ 1.92 kg/hr ไหมพันธุ์เหลืองไพโรจน์อยู่ที่ 0.96 kg/hr และไหมพันธุ์นางตุ่ย อยู่ที่ 1.92 kg/hr ซึ่งมีคามสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชูชาติ พะยอม [5] ที่ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องสาวไหมแบบกึ่งอัตโนมัติ แต่ไม่ได้ศึกษาตัวแปรและความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการสาวไหม ที่ส่งผลให้คุณภาพของเส้นไหมดียิ่งขึ้น เหมาะสมกับกลุ่มทอผ้าไหมบ้านโนนรัง ตำบลแก้ง สนามนาง อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา อีกทั้ง ส่งรักษ์ เต็งรัตนประเสริฐ [6] พัฒนาเครื่องสาวไหมที่สามารถสาวไหมและควบตีเกลียวหรือทั้งสาวไหมและกรอใจเส้นไหมในเวลาเดียวกัน มีความสม่ำเสมอและเหมาะสมทั้งขนาดและจำนวนเกลียวได้ แต่ไม่ได้มุ่งเน้นศึกษาจำนวนเกลียวที่เหมาะสม

นอกจากนั้นแล้ว ธีระชัย อิฐรัตน์ [7] พัฒนาเครื่องสามารถตีเกลียวเส้นไหมได้ 2 และ 3 เส้น จำนวนเกลียวเฉลี่ยเท่ากับ 320 เกลียวต่อเมตร แต่จำนวนเกลียวต่อเมตรมีจำนวนเกลียวไม่สอดคล้องและเหมาะสมกับความต้องการของกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดนครราชสีมา

เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ ช่วยลดระยะเวลาจากการสาวไหมทั่วไปและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเส้นไหมมาถักทอ ทั้งนี้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ ยังมีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานได้ง่าย สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ผู้วิจัยสร้างเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ ขึ้นมาสำหรับบุคคลหรือประชาชนที่มีความต้องการในการสาวไหมเพื่อเป็นรายได้ แต่มีต้นทุนในการสร้างเครื่องสาวไหมต่ำ โดยใช้ทุนในการสร้างไม่เกิน 10,000 บาท จึงทำให้ผู้สนใจสามารถสร้างใช้ในครัวเรือนได้เอง เนื่องจากระยะคืนทุนสั้น อะไหล่และอุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไปและหาได้ง่ายในท้องถิ่น ทั้งนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าทางการตลาดและเพิ่มคุณค่าทางเส้นใยไหมให้ผู้บริโภคด้วย

4. สรุปผล

จากการทดลองพบว่า เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติที่อัตราเร็วในการปฏิบัติงานที่ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้สึกที่เป็นธรรมชาติมากที่สุดโดยไม่ช้าหรือว่ารีบเร่งจนเกินไป คือ อักสาวมีอัตราเร็วในการสาวไหมที่ 40 rpm โดยสาวรังไหมพันธุ์นางน้อย พันธุ์เหลืองไพโรจน์ และรังไหมพันธุ์นางตุ่ยได้ดังนี้ 1.92, 0.96 และ 1.92 kg/hr ตามลำดับ โดยคุณภาพของเส้นไหมที่สาวได้ไม่แตกต่างจากการสาวไหมด้วยเครื่องสาวไหมที่ชาวบ้านใช้สาว และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องสาวไหมแบบใช้ 1 อักสาวในการหมุนเก็บเส้นไหมกับ 2 อักสาวในการเก็บเส้นไหม พบว่าเครื่อง สาวไหมแบบ 2 อักสาว สามารถสาวได้เร็วกว่า เครื่องสาวไหมแบบ 1 อักสาว 2 เท่า และได้ปริมาณเส้นไหมมากกว่าการสาวไหมแบบ 1 อักสาว

ไหมพันธุ์นางน้อย เท่ากับ 101.67 g/hr ไหมพันธุ์เหลืองไพโรจน์ เท่ากับ 127.92 g/hr และไหมพันธุ์นางตุ่ย เท่ากับ 114.83 g/hr และได้เส้นไหมที่สม่ำเสมอ โดยไม่ต้องเสียเวลาเอาอักสาวออก ซึ่งสาวไหมได้ประมาณ 10 เท่าของการสาวด้วยเครื่องสาวไหมที่ชาวบ้านสาว จึงช่วยลดต้นทุนในการสาวไหมได้อย่างดี และผลการประเมินความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติ มีค่าเฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.56

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ควรมีการเลือกใช้พันธุ์ไหมต่างๆ ชนิด และมีการคัดกรองคุณภาพรังไหมก่อนทำการ สาวไหม

5.2 อุณหภูมิที่ใช้ต้มรังไหม ควรต้มในอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 75 - 80 °C

5.3 ควรมีการควบคุมความเร็วในการสาวไหม

5.4 พัฒนาเครื่องสาวไหมกึ่งอัตโนมัติให้สามารถใช้พลังงานทางเลือกเพื่อการประหยัดพลังงานในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณประจำปี 2559 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ได้สนับสนุนทุนในการศึกษาครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมหม่อนไหม (2556). ไหมไทยกับ AEC , [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา http://www.qsds.go.th , เข้าถึงเมื่อ 30/03/2559

[2] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (2556). AEC ต้องรู้เขา...รู้เรา, [ระบบออนไลน์], http://www.sme.go.th/Lists/EditorInput/DispF.aspx?List=1 5 dca7 fb-bf2 e-4 6 4 e-9 7 e5 - 440321040570&ID=1802 แหล่งที่มา , เข้าดูเมื่อวันที่ 01/04/2559

[3] Jittiwat, N. and Manote, R. (2 0 1 4). Development of the yarn sorting equipment (khonhook) by slide way. paper presented in *International Symposium on the Fusion Technologies (ISFT2013)*, Jeonju, Korea

[4] กัญญูชลี เกษมสวัสดิ์ (2525). *เอกสารแนะนำหม่อนไหม*, สถาบันหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

[5] ชูชาติ พยอม และคณะ. (2545). รายงานการวิจัย เรื่อง การสร้างเครื่องสาวไหมเพื่อการพัฒนางานหัตกรรมของท้องถิ่น. สุรินทร์: สถาบันราชภัฏสุรินทร์, หน้า 32-56.

[6] ส่งรักษ์ เต็งรัตนประเสริฐ. 2550. เครื่องสาวไหมยูบี 3. งานประดิษฐ์สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ (สมมช.) สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

[7] ธีระชัย อิฐรัตน์. 2548. การออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหม. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. นครราชสีมา.

ระบบป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขณะทำงานในสภาวะที่กระแสและแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ

A Three-Phase Induction Motor Protection System While Operating in the Over Current and Over Voltage Condition

บุญนำ คำหล่าแก้ว, อิสระชน ทิมินกุล, สุริยา พันธุ์พาณิชย์, ไพวรรณ เกิดตรวจ, ธวัชชัย สิมมา

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
เลขที่ 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 043-283700-2
E-mail: maggibunnam@gmail.com, ua1616@hotmail.co.th, suriyakkc417@gmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในสภาวะที่กระแสและแรงดันผิดปกติ จากการผิดปกติของกระแสและแรงดันของตัวมอเตอร์เอง ซึ่งความผิดปกติเหล่านี้ส่งผมให้มอเตอร์เกิดความเสียหาย ดังนั้นการป้องกันการทำงานของมอเตอร์จะช่วยให้มอเตอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงงานนี้ได้เล็งเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ จึงได้นำปัญหามาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีป้องกันการทำงานของมอเตอร์การวิเคราะห์ความผิดปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำ จึงได้ศึกษาความผิดปกติที่ส่งผลให้มอเตอร์เกิดความเสียหา และวางแผนโครงงานโดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ยี่ห้อ Arduino เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ความผิดปกติ จากการรับค่าแรงดันและกระแสจากเซ็นเซอร์วัดแรงดัน และเซ็นเซอร์วัดกระแส เพื่อที่จะนำสัญญาณที่ได้ไปวิเคราะห์ความผิดปกติของมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อทำการวิเคราะห์ความผิดปกติจากสัญญาณที่รับเข้ามา จะสั่งให้มอเตอร์หยุดการทำงานเพื่อให้มอเตอร์ไม่เกิดความเสียหาย ผลการทดสอบระบบป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในสภาวะที่กระแสและแรงดันผิดปกติ สามารถป้องกันการทำงานของมอเตอร์จากความผิดของกระแสและแรงดันได้และสามารถหน่วงเวลา หยุดการทำงานเมื่อเกิดความผิดปกติได้จริง

คำหลัก: มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 3 เฟส, ระบบป้องกัน, แรงดันไฟฟ้าเกินพิกัด, กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด

Abstract

This project presents three phase induction motor in case of over current and voltage operation. These abnormalities affect motor damage. Therefore, the protection of the motor will help the motor can work effectively. This project has seen problems with the motor. The problem was analyzed to find out how to prevent the motor. The researchers have studied the abnormalities that affect motor failure. The Arduino Uno microcontroller is used to analyze the faults by receiving the voltage and current from the voltage sensor and the current sensor. The signal is analyzed for motor failure with microcontroller. When analyzing the abnormality of the received signal, the motor is stopped so the motor is not damaged. The results of three phase induction motor in case of over current and voltage operation are It can really prevent the motor from fault current and voltage and can delay stop working according to the conditions specified when the motor is abnormal.

Keywords: Three-phase induction motor, Protection System, Over Voltage, Over Current

1. บทนำ

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส นั้นนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในวงการอุตสาหกรรม เพราะมีลักษณะโครงสร้างง่าย ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาไม่แพง ในขณะทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าประเภทนี้ต้องการแรงดันไฟฟ้า ในสภาวะปกติเท่ากับพิกัด หากเกิดเหตุขัดข้องเช่น แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในสายป้อนเกินพิกัด แล้วจะทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจัดทำระบบป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ไม่ให้เกิดความเสียหายในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในสายป้อนของมอเตอร์นั้นผิดปกติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการวิเคราะห์ความผิดปกติของกระแสและแรงดันที่ทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหาย



รูปที่ 1 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

2. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่มีขนาดและความถี่คงที่ให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะทำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดทั้ง 3 เฟส ของมอเตอร์โดยสมการแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสสามารถขียนได้ดังนี้

$$V_{ab} = V_m \sin \omega t \quad (1)$$

$$V_{bc} = V_m \sin(\omega t - 120°) \quad (2)$$

$$V_{ca} = V_m \sin(\omega t - 240°) \quad (3)$$

และสมการกระแสไฟฟ้า 3 เฟสที่ไหลในขดลวดสเตเตอร์สามารถเขียนได้ดังนี้

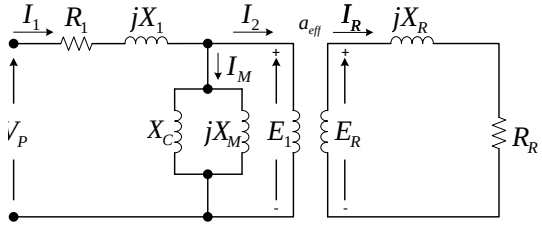
$$I_a = I_m \sin \omega t \quad (4)$$

$$I_b = I_m \sin(\omega t - 120°) \quad (5)$$

$$I_c = I_m \sin(\omega t - 240°) \quad (6)$$

ในขณะที่ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์มีสถาวะคงที่ สามารถคำนวณหาความเร็วของมอเตอร์ได้ดังสมการที่ (7)

$$N_S = \frac{120\, f_s}{P} \quad (7)$$

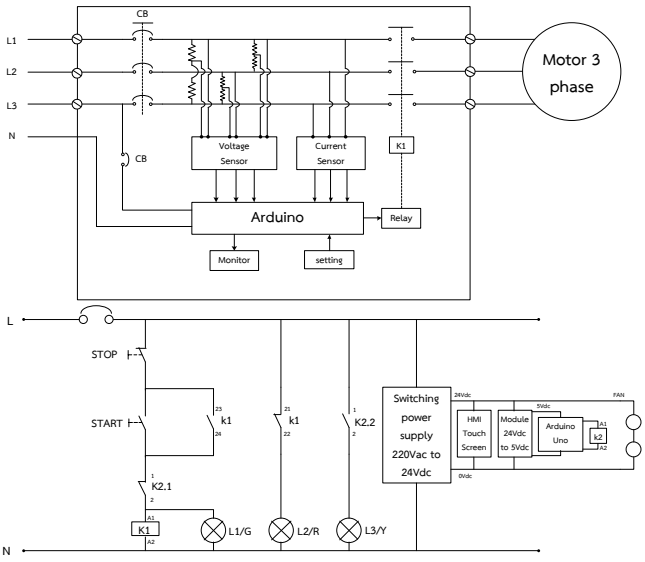


รูปที่ 2 วงจรสมมูลย์ต่อเฟสของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

ในสภาวะที่เกิดแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า สูงหรือต่ำกว่าพิกัดนั้น จากวงจรสมมูลย์ในรูปที่ 2 จะทำให้กระแสแรงบิดหรือกำลังเอาท์พุทมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสภาวะผิดปกติขึ้นมา

3. การออกแบบระบบป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

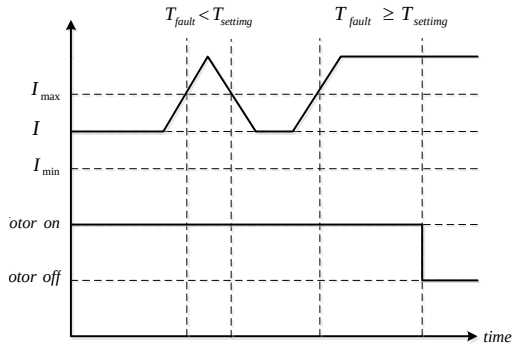
รูปที่ 3 แสดงวงจรกำลังสำหรับระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ออกแบบ



รูปที่ 3 วงจรกำลังและวงจรควบคุมของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ออกแบบไว้



รูปที่ 4 ระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส



รูปที่ 5 กระบวนการป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในสภาวะที่กระแสผิดปกติ



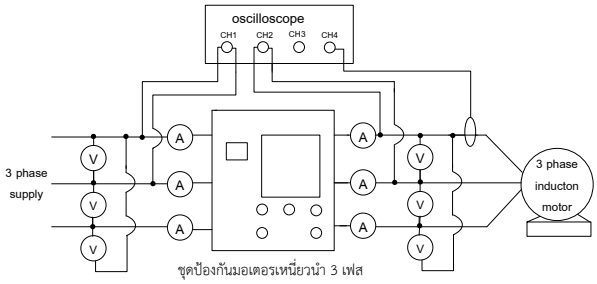
รูปที่ 6 การออกแบบหน้าจอแสดงค่าสถานะของหน้าจอ HMI ด้วยโปรแกรม “Samdraw5.0”

ในรูปที่ 4 นั้นแสดงระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สร้างขึ้น และในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 นั้นแสดงรูปแบบการทำงานของระบบป้องกันมอเตอร์และหน้าจอแบสัมผัส สำหรับระบบควบคุมที่สร้างขึ้น

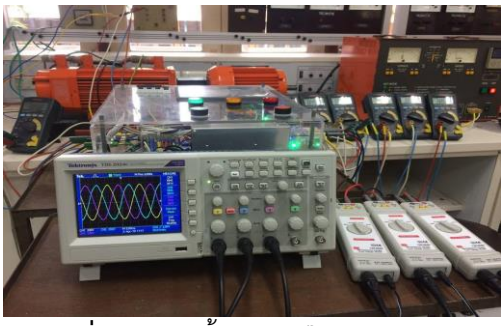
4. ผลการทดลอง

ในการทดสอบการทำงานของระบบป้องกันที่สร้างขึ้นนั้น ทำการต่อวงจร และติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบดังในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ

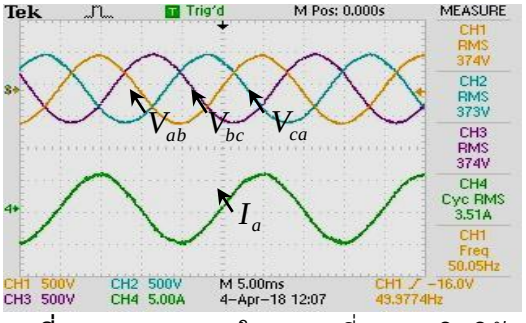
ในการทดสอบการทำงานของระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสนั้นจะทำการทดสอบใน 2 สภาวะ คือสภาวะที่การกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด และสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าเกินพิกัด โดยในการทดสอบนั้นจะปรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้ามีค่ามากกว่าพิกัดจนทำให้กระแสไฟฟ้าในสายป้อนนั้นสูงกว่าพิกัด



รูปที่ 7 วงจรการทดสอบ



รูปที่ 8 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ



รูปที่ 9 ผลการทดสอบในสภาวะที่กระแสเกินพิกัด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบในสภาวะกระแสผิดปกติ

กระแสเฟส	เวลาที่ตั้ง (sec)	เวลาที่ทดสอบ (sec)
3.5 A	5	4.8
	10	10.3
	15	15.2
2.0 A	5	5.2
	10	9.9
	15	15.3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ

แรงดันไฟฟ้า	Time (Sec)	Test #1	Test #2	Test #3
400	10	10	10	10.2
	20	23	19	20
	30	32	30	31
360	10	9.8	9	10.2
	20	20.3	20	21
	30	31	30	33

รูปที่ 9 นั้นแสดงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในสภาวะผิดปกติ และผลการทดสอบการตัดวงจรของระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ในสภาวะที่กระแสไฟฟ้าผิดปกตินั้นแสดงดังในตารางที่ 1 และผลการทดสอบในสภาวะแรงดันไฟฟ้าผิดปกตินั้นแสดงดังในตารางที่ 2

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส นั้นสามารถทำการตัดวงจรสำหรับการป้องกันไม่ให้มอเตอร์ไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้ทั้งในสภาวะที่กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่สายป้อนของมอเตอร์นั้นผิดปกติ โดยชุดป้องกันระบบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถวัดค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าจริงของมอเตอร์เหนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง และชุดป้องกันระบบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถตั้งค่าการทำงานในการควบคุมกระแส แรงดัน และหยุดทำงานในเวลาที่เรากำหนดได้เมื่อมอเตอร์มีความผิดปกติ จากผลการทดสอบนี้สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานนี้ ไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ไชยชาญ หินเกิด. (2559). มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. 2559.

[2] ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. (2544). อินดักชันมอเตอร์ระบบไฟ 3 เฟส. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท 2544.

[3] บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. (2538). คู่มือไอซีไมโครโปรเซสเซอร์และไอซีที่เกี่ยวข้อง. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

[4] รศ. ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2545). การใช้โปรแกรมภาษาซีสำหรับวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : บริษัทสำนักพิมพ์ท้อป จำกัด

โรงเรือนเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิย์สำหรับชุมชน

The System of Mini Evaporation Mushroom use Solar Power with Eelectric power for the Community

สมบัติย์ มงคลชัยชนะ*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 52 หมู่7 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
*ผู้ติดต่อ: E-mail sombat@rmutl.ac.th, 055298438,

บทคัดย่อ

โรงเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง หาผลการใช้งานและจุดคุมทนและระยะเวลาคืนทุน โรงเปิดดอกเห็ดนี้เป็นโรงเรือนขนาด2x3x2เมตร ภายในบุฉนวนการความร้อน ระบบควบคุมการทำงานของอีแวปใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ ชั้นวางบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 200ก้อน ผลการทดสอบกับเห็ดนางฟ้าและนางฟ้าภูฐานเห็ดเจริญเติบโตได้ดี จุดค้มทุนในการจำหน่วยอยู่ที่ 52.67บาท ระยะคืนทุน 14 ปี ถ้าได้ผลผลิตวันละ170 กรัมต่อก้อนเชื้อเห็ด60ก้อน เหมาะสมกับการใช้งาน สภาพอากาศที่ร้อน ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำ

คำหลัก: อีแวป, เห็ด, โซล่าเซลล์

Abstract

The System of Mini Evaporation Mushroom use Solar Power with Electric power for the Community. The purpose is to create Find out the results and checkpoints and payback period. This mushroom house is a 2x3x2 meter Insulation Evaporation control system uses solar energy source. Mushroom storage racks 200 pieces. Test results with mushroom fairy and grow well. The capital cost of the unit is 52.67 baht. Repayment period of 14 years if the yield of 170 grams per day, 60pieces of mushrooms. Suitable for use. Hot weather saves electricity and water.

Keywords: Mushroom Evaporation Solar Power

1. บทนำ

ประเทศไทยต้องประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อใช้ในภาคการเกษตรโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนของทุกๆปี การแก้ไขปัญหาคือต้องงดการทำนาและหันมาปลูกพืชใช้น้ำน้อยและมีอายุสั้นทดแทนเพื่อรายได้เสริม อีกทางหนึ่งจากปัญหาดังกล่าวชุมชนบ้านแหลมโพธิ์ หมู่9 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก นายจรัญ เพชรอ่อน ผู้ใหญ่บ้านหมู่9 และผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านจึงตั้งกลุ่มเพาะเห็ดมากว่า 10หลังคาเรือนเป็นรายได้เสริม ทำรายได้กว่าปีละ20,000-30.000บาทต่อครัวเรือน เห็ดที่นิยมเพาะจำหน่าย ส่วนใหญ่เป็นเห็ดนางฟ้า เห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดนางรมฮังการี่ เป็นต้น การเพาะเห็ดเป็นรายได้ได้ดีแต่ในช่วงฤดูร้อนหรืออากาศร้อนส่งผลต่อปริมาณการผลิตเห็ดลดลงหรือต้องหยุดเพาะเห็ดจำหน่าย จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ลงพื้นที่และตรวจสอบพบว่าสภาพโรงเพาะเห็ดสร้างแบบง่ายๆหลังคาสังกะสีซาแรนกั้นรอบๆตัวเรือน มีไม้ทำเป็นที่วางก้อนเชื้อเห็ดระบบการให้น้ำใช้ปั๊มน้ำจากมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อลำเลียงน้ำผ่านท่อไปหัวฉีด ฉีดให้เป็นฝอยละลองใช้คนควบคุมในช่วงอากาศร้อนต้องคอยให้น้ำประจำปริมาณการให้น้ำจะคาดคะเนโดยใช้ประสบการณ์ของตนเองทางกลุ่มขาดเงินลงทุน ความรู้และการใช้เทคโนโลยีในระบบโรงเพาะเห็ดเพื่อแก้ปัญหาให้กับกลุ่มเพาะเห็ดชุมชนหมู่ที่ 9 บ้านแหลมโพธิ์ อ.เมืองจ.พิษณุโลก ผู้วิจัยค้นคว้าและศึกษาข้อมูลงานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบควบคุมและความชื้นที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อเป็นตำบลปงยางคกอำเภอห้างฉัตรจังหวัดลำปางใช้โปรแกรมระบบควบคุมแบบอัตโนมัติโดย

เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่ตั้งไว้ถ้าไม่ตรงกัน ระบบจะทำงานฉีดน้ำอย่างอัตโนมัติผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมากสามารถเพิ่มผลผลิต 10.1 กิโลกรัมต่อครั้ง[3]งานวิจัยเรื่องการพัฒนาโรงเรือนเปิดเห็ดนางรมลักษณะโรงเรือนที่ดีโครงเหล็กหลังคาจั่วมุงกระเบื้องด้านบนมุงซาแรนและเปิดช่องระบายอากาศหน้าหลังของจั่วด้านข้างมุงด้วยซาแรนทึบ3ชั้นและพลาสติกพื้นคอนกรีตขนาด6X8ม.ระบบควบคุมอัตโนมัติควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน33องศาเซลเซียสความชื้นสัมพันธ์ไม่ต่ำกว่า70%ตั้งเวลาเช้ากลางวันและเย็นโดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดคือ อุณหภูมิความชื้น[2]และงานวิจัยเรื่องโรงเพาะเห็ดอิเล็กทรอนิกส์ระบบอีแวปใช้ระบบไมโครคอนโทรเลอร์ควบคุมการให้น้ำสามารถปรับอุณหภูมิความชื้นได้ตามความเหมาะสม[2]จากผลงานวิจัยดังกล่าวมีข้อดีเกี่ยวกับการใช้ระบบควบคุมที่ดีมีความแม่นยำในการควบคุมสภาวะอากาศในโรงเพาะเห็ด มีรูปแบบระบบโรงเพาะที่ดีแต่มีข้อจำกัดที่มีการทุนสูงมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเกษตรรายย่อยขาดปัญจัยการลงทุนดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สร้างระบบโรงเพาะเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดข้อจำกัดของเกษตรรายย่อยและแก้ปัญหาการผลิตเห็ดในช่วงอากาศร้อนได้

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยโรงเรือนเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิย์สำหรับชุมชนมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 สมการการสร้างโรงเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุม

การถ่ายเทความร้อนผิวสัมผัสอัตราการถ่ายเทความร้อนสัมผัสเมื่อพิจารณาอัตราถ่ายเทความร้อนสัมผัสที่ออกจากผิวของน้ำไปยังอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการ คือ $dQ_S = h_c dA(t_{a,i} - t_s)$ (1)

เมื่อ dQ_S คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนสัมผัส,N/m^2

h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน,W/m^{2}K

dA คือ พื้นที่ถ่ายเทความร้อน, m^2

$t_{a,i}$ คือ อุณหภูมิอากาศเข้า,K

t_s คือ อุณหภูมิอากาศออก,K [1]

2.2. การทดลองโรงเรือนเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิย์สำหรับชุมชน

(ก) เห็ดที่ใช้ทดสอบจำนวน 2ชนิด คือเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางฟ้าภูฐาน ในชุมชนหมู่9บ้านแหลมโพธิ์ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลกที่นำตัวอย่างมาทดสอบ60ก้อน

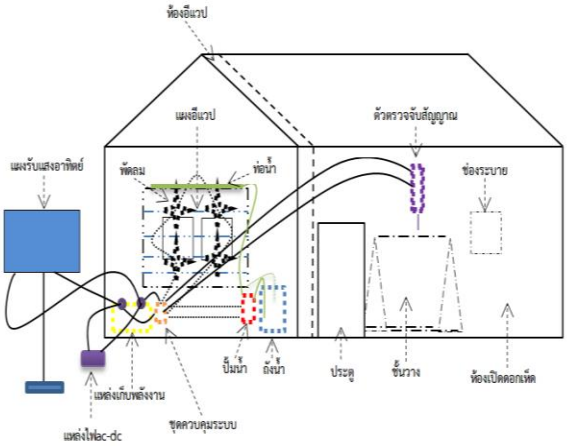
(ข) เตรียมความพร้อมของโรงเรือนให้พร้อมใช้งานและเครื่องในการทดลองให้พร้อม เช่น สมุดบันทึก ตราชั่ง เครื่องเขียน ถุง เครื่องวัดแสง ก้อนเห็ดทดสอบ เป็นต้น

(ค) นำก้อนเห็ดเรียงชั้นวางในโรงเปิดดอกเห็ดข้างละ30ก้อนติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณ อุณหภูมิและความชื้น กลางโรงเปิดดอกเห็ด ควบคุมอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 30c^0 ความชื้นไม่ต่ำกว่า75%

(ง) เก็บข้อมูล ต้นทุน ปริมาณการใช้น้ำ ไฟฟ้า ผลผลิตทดลอง10วัน เก็บตัวอย่างเห็ด10ตัวอย่างวัดขนาดเห็ดนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3. ผลการทดลอง

3.1 โรงเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุม



รูปที่ 1 โรงเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุม

จากรูปที่1 โรงเรือนมีขนาด 2X3X2 เมตรจั่วสูง0.5เมตรภายในประกอบด้วยห้องอีแวปขนาด2X0.5X2เมตรและห้องเปิดดอกเห็ดขนาด2X2.5X2เมตรหลังคากระเบื้องลอนด้านข้างเป็นกระเบื้องแผ่นเรียบภายในบุโพมปิดด้วยแผ่นฉนวนกันความร้อน ประตู 1บานขนาด0.5X1X1.5เมตร ด้านหน้ามีช่องลม2ช่องขนาด0.3X0.3เมตรและด้านหลังมีช่องระบายขนาด0.3X0.3เมตรอยู่กึ่งกลางผนัง ภายในมีชั้นวางลักษณะสามเหลี่ยมฐานกว้าง

0.7เมตร สูง1.2เมตรบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้200ก้อนห้องอีแวปประกอบด้วยอีแวปขนาด1.2X1.2เมตรหนา0.15เมตรติดตั้งกึ่งกลางระหว่างห้องทั้งสองมีพัดลมดูดอากาศ4ตัวด้านบนเป็นท่อเจาะรูเล็กๆเพื่อให้น้ำไหลลงอีแวปปั๊มน้ำทำหน้าที่ดูดน้ำจากถังส่งไปยังท่อไหลผ่านรูผ่านอีแวปไปสู่ฐานรองซึ่งจะน้ำที่เหลือจะผ่านท่อหลับถังน้ำ ชุดควบคุมระบบทำหน้าที่ควบคุมอีแวปให้ทำงานโดยรับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณสั่งให้พัดลมและปั๊มน้ำทำงานโดยรับแหล่งรับแสงอาทิตย์ขนาด150wและแหล่งไฟบ้านAC-DCสำรองประจุเข้าแหล่งเก็บพลังงาน

3.2 ผลการทดลองโรงเรือนเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชน

ตารางที่ 1 ผลการทดลองกับเห็ดนางฟ้าภูฐานโรงเรือนเปิดดอกเห็ด

สาธาณูปโภค			ขนาดเห็ดนางฟ้าภูฐาน				
วัน เดือน ปี	ปริมาณน้ำ (ลิตร)	ปริมาณไฟฟ้า (วัตต์)	ปริมาณเห็ด (กรัม)	Øหมวก (มม)	Øก้าน (มม)	ความสูง (มม)	ความหนาหมวก (มม)
18 มิย.61	18.63	0	0	95.56	12.24	123.7	4.6
19 มิย.61	20.96	0	0	28.8	5.52	44.22	3.72
20 มิย.61	17.46	0	0	44.82	10.98	114.6	6.2
21 มิย.61	18.63	0	0	84.14	11.72	115.56	8.88
22 มิย.61	18.63	0	0	42.78	6.9	76.6	4.22
23 มิย.61	11.64	0	1,240	66.6	10.6	107.50	4.46
24 มิย.61	13.97	0	540	36.6	5.72	54.32	2.06
25 มิย.61	11.64	0	0	88.3	12	114.46	7.44
26 มิย.61	5.82	0	0	102.78	19.40	112	6.3
27 มิย.61	6.99	0	0	56.9	10.2	105.90	4.92
ค่าเฉลี่ย	13.97	0	178	64.73	10.53	96.89	5.28

จากตารางที่1 ปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ที่13.97ลิตร วันที่23 25 26และ 27 มิย.61ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเนื่องจากมีปริมาณฝนในวันดังกล่าว ไม่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐานค่าเฉลี่ยผลผลิตอยู่ที่ 178กรัมต่อวัน ขนาดของเห็ด Øหมวกเฉลี่ยที่ 64.73มม.หมวกหนาเฉลี่ยที่5.28มม.Øก้านเฉลี่ยที่10.53มม.และความสูงเฉลี่ยที่96.89มม.

ตารางที่ 2 ผลการทดลองกับเห็ดนางฟ้าโรงเรือนเปิดดอกเห็ด

สาธาณูปโภค			ขนาดเห็ดนางฟ้า				
วัน เดือน ปี	ปริมาณน้ำ (ลิตร)	ปริมาณไฟฟ้า (วัตต์)	ปริมาณเห็ด (กรัม)	Øหมวก (มม)	Øก้าน (มม)	ความสูง (มม)	ความหนาหมวก (มม)
29 มิย.61	15.14	0	0	62.48	11.90	54.62	6.96
30 มิย.61	18.97	0	0	39.90	11.96	103.42	5.83
1 กค. 61	16.30	0	0	35.42	27.28	131.14	9.98
2 กค. 61	***20.96***	0	0	24.52	4.78	62.16	3.90
3 กค. 61	20.62	0	320	45.96	11.00	73.38	8.48
4 กค. 61	**20.96**	0	760	37.48	18.62	90.12	4.00
5 กค. 61	**15.14**	0	340	20.82	16.42	97.84	3.98
6 กค. 61	**14.92**	0	260	52.60	8.38	103.70	4.72
7 กค. 61	**22.30**	0	150	62.24	9.40	102.20	3.50
8 กค. 61	**13.67**	0	180	57.22	6.48	116.12	4.00
ค่าเฉลี่ย	**17.90**	0	201	43.86	12.62	93.47	5.54

จากตารางที่2 ปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ที่17.90ลิตร วันที่2-4กค.61สูงกว่าค่าเฉลี่ยเนื่องจากมีแดดนานวันที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเนื่องจากมีแดดสั้นไม่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ผลผลิตเห็ดนางฟ้ามีค่าเฉลี่ยที่201กรัมต่อวัน ขนาดของเห็ด Øหมวกเฉลี่ยที่ 43.86มม.หมวกหนาเฉลี่ยที่ 5.54มม.Øก้านเฉลี่ยที่12.62มม.และความสูงเฉลี่ยที่93.47มม.

4.2 จุดคุ้มทุนและระยะคืนทุน

ตารางที่ 3 จุดคุ้มทุน

รายการ		
1 ค่าก้อนเชื้อเห็ดก้อนละ8บาท60ก้อน	480	บาท
2 ค่าน้ำประมาณลิตรละ0.01บาทประมาณการ20ลิตรต่อวัน	0.2	บาท
3 ค่าไฟฟ้าราคา3.2บาทต่อหน่วยประมาณการ0วัตต์ต่อวัน	0	บาท
4 ค่าแรงงาน1ชั่วโมงๆ37บาทประมาณการ1ชั่วโมงต่อวัน	37	บาท
5 ค่าบำรุงรักษาคิดวันละ10บาท	10	บาท
6 อื่นๆ เช่นถุง	10	บาท
ต้นทุน	537.2	บาท
ผลผลิตประมาณการวันละ170กรัม	10.2	บาท
จุดคุ้มทุน	52.67	บาท

จากตารางที่3 เมื่อคำนวณจุดคุ้มทุนพบว่าต้นทุนในการขายอยู่ที่52.67บาทต้นทุนมากสุดคือก้อนเชื้อเห็ดรองลงมาคือค่าแรงและไม่มีต้นทุนคือค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4 ระยะคืนทุน

รายการ		
1 ค่าวัสดุและค่าแรงงาน	51,361.33	บาท
2 ขายกิโลกรัมละ60บาทผลผลิตประมาณการวันละ170กรัม1ปีขายได้	3,723	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	14	ปี

จากตารางที่ 4 ระยะคืนทุนอยู่ที่14ปีเมื่อผลผลิตเห็ดต่อวันอยู่ที่ 170 กรัมต่อจำนวนเห็ด60ก้อนถ้าเพิ่มผลผลิตเป็น 2-3 เท่าระยะคืนทุนจะเร็วขึ้นและโรงเปิดดอกเห็ดอีแวปนี้มีต้นทุนสูงในการติดตั้งระบบควบคุมแหล่งรับพลังแสงอาทิตย์ แต่จะคุ้มค่าใช้จ่ายเรื่องปริมาณการใช้น้ำและไฟฟ้าที่นับวันจะราคาแพงขึ้น

5. สรุปผลการทดลอง



รูปที่ 2 โรงเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมและชุดควบคุม

โรงเปิดดอกเห็ดอีแวปแบบมินิพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้ โรงเรือนขนาด 2x3x2 เมตร บรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 200 ก้อน ชุดควบคุมระบบแบบอิเล็กทรอนิกส์ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์และอีแวป ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิในห้องเปิดดอกเห็ดโดยใช้หลักการระเหยของน้ำ

ผลการทดสอบกับเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางฟ้าภูฐานเจริญเติบโตได้ดี จุดคุ้มทุนในการจำหน่วยอยู่ที่ 52.67 บาท ระยะคืนทุน 14 ปี ถ้าได้ผลผลิตวันละ170กรัมต่อก้อนเชื้อเห็ด 60 ก้อน



รูปที่ 3 ด้านซ้ายเห็ดนางฟ้าภูฐานด้านขวาเห็ดนางฟ้า

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลกที่อนุเคราะห์งบประมาณแผ่นดินในการทำวิจัยครั้งนี้ อาจารย์ สุรีย์พร ใหญ่สง่าที่อนุเคราะห์แปลภาษาตลอดจน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรที่อนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วัฒนาธร อึ้งเจริญ, วัฒนา ธนาคม และ สุนทรชัย นาคแสง (2559).การศึกษาพารามิเตอร์และจำลองแบบของระบบลดความชื้นอากาศเพื่อใช้ในเตาอบการศึกษาพารามิเตอร์และจำลองแบบของระบบลดความชื้นอากาศเพื่อใช้ในเตาอบ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] วิโรจน์ โหราศาสตร์และคณะฯการพัฒนาโรงเรือนเปิดเห็ดนางรม (2559).กลุ่มพัฒนาพื้นที่เกษตรสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

[3] ศุภวุฒิ ผากา และคณะฯการพัฒนาระบบควบคุมและความชื้นที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง (2557).คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

การทดสอบบล็อกเชนแพลตฟอร์มสำหรับระบบงานลูกค้าสัมพันธ์

On Blockchain Platform Testing: CRM Applications

กรพัชรา ศรีหัวแฮ(Kornpatchara Srihouhae)[1], ดวงใจ จิตคงชื่น(Duangjai Jitkongchuen)[2] และ วรพล พงษ์เพ็ชร (Worapol Pongpech)[3,*]

[1 2]สาขาวิชาวิศวกรรมข้อมูลขนาดใหญ่วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
[3] คณะสถิติประยุกต์ (GSAS) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
[1]595162020003@dpu.ac.th, [2]duangjai.jit@dpu.ac.th, [3] worapol@as.nida.ac.th

บทคัดย่อ

ในช่วงสามปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีบล็อกเชนและสมาร์ทคอนแทรคท์ได้รับความสนใจจากทุกองค์กรไม่น้อยไปกว่าเทคโนโลยีใหม่อื่นๆ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการเติบโตขององค์กรที่พยายามจะประยุกต์และนำบล็อกเชนและสมาร์ทคอนแทรคท์เข้ามาใช้ในองค์กร จะเห็นชัดเจนว่าต่ำกว่าการเติบโตขององค์กรที่พยายามจะประยุกต์และนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่เข้ามาใช้ในองค์กรอย่างชัดเจน ปัญหาหนึ่งที่ทำให้อัตราการเติบโตของบล็อกเชนและสมาร์ทคอนแทรคท์ในองค์กรต่ำกว่าที่ควร อาจเกิดจากความซับซ้อนอย่างมากของเทคโนโลยีซึ่งทำให้องค์ความรู้ของหน่วยงานในองค์กรทั้งภายในและภายนอกยังไม่เพียงพอที่จะสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างมั่นใจ งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งที่จะเสริมเพิ่มเติมองค์ความรู้ในเทคโนโลยีด้านบล็อกเชนและสมาร์ทคอนแทรคท์ โดยมุ่งทำการวิเคราะห์แพลตฟอร์ม ที่ใช้ในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า (CRM) โดยวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับการเข้าใช้งานของผู้ใช้จากความเร็ว (throughput)ในการแสดงผลของแต่ละแพลตฟอร์ม ผลของงานวิจัยแสดงให้ทราบว่าแพลตฟอร์มสเตลล่าร์ มีความสามารถในการรองรับการเข้าใช้งานได้ดี ภายใต้คุณสมบัติที่จำกัดของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ผู้วิจัยเห็นว่าในงานวิจัยชิ้นนี้ องค์กรจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ทดสอบและปรับค่าตัวแปรต่างๆให้เหมาะสมกับสภาพขององค์กร นอกจากนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ยังเป็นฐานเพื่อที่ให้สามารถทำการวิจัยเพิ่มเพื่อหาแนวทางในการที่จะพัฒนาศักยภาพของแพลตฟอร์มต่อได้ด้วย

คำหลัก: บล็อกเชน, สมาร์ทคอนแทรคท์, แพลตฟอร์ม

Abstract

Blockchain and Smart Contract have in recent years become one of the main attraction technologies for many organizations. However, there is a large gap when compare blockchain/smart contract adoption rate to the others such as Big data and AI technologies. Beside finding a killer application to fully realize potential of Blockchain/smart contract, the lagged in adoption could be the complexity of blockchain consensus and chain structure where many organizations and companies do not have adequately skilled personnel to handle complexity of deploying and managing the technology. One fundamental skill that these personnel need is how best to select blockchain/smart contract platform. The aim of this research is to provide a fundamental but necessary blockchain/smart contract platform testing and presenting selection guideline and criteria for choosing the platform. Given a number of possible criteria, we have limited our platform testing on customer relationship management application. Please introduce Apache JMeter a little here. Please add results here! In addition, this research can also be used as a fundamental step to further research in finding and improving the present smart contract platform.

Keywords: Blockchain, Smart Contract, Platform

1. บทนำ

การทำธุรกิจในทุกรูปแบบ บุคคลที่เป็นกลไกสำคัญในการเติบโตทางธุรกิจคือ ลูกค้า การทำให้ลูกค้าพึงพอใจและคำนึงถึงเป็นที่แรกถือเป็นเป้าหมายสูงสุดของนักการตลาดหรือผู้มีบทบาททางด้านลูกค้าสัมพันธ์ (Customer Relationship CRM) ปัจจุบันมีกระแสนิยมของการทำบริการแบบส่วนบุคคล(personalized service) โดยมีการเก็บข้อมูลลูกค้าจากสื่อออนไลน์ (Social Network)ของบริษัทหรือเก็บข้อมูลผ่านแอพพลิเคชั่น บนมือถือ ต่อจากนั้นจึงได้นำไปเก็บในฐานข้อมูลของบริษัท โดยที่ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าดูข้อมูลส่วนตัวของลูกค้าได้โดยตรง และในบางครั้งก็เกิดเหตุที่เอาไปฝากไว้บนเทคโนโลยีคลาวด์และมีการตั้งค่าผิดพลาดทำให้ข้อมูลของลูกค้ารั่วไหล ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจว่ามีเทคโนโลยีใดบ้างที่ลูกค้าจะเป็นผู้ที่ควบคุมการเข้าดูข้อมูลของตนเอง ในขณะเดียวกันก็ต้องสามารถทำการวิเคราะห์เพื่อตอบโจทย์ทางด้านธุรกิจของลูกค้าสัมพันธ์(CRM) จึงได้ทำการสำรวจและพบว่าเทคโนโลยีที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการก็คือ บล็อกเชน

บล็อกเชนเป็นสถาปัตยกรรมการเก็บข้อมูลแบบหนึ่งที่ทุกคนสามารถเข้าถึงและได้รับข้อมูลแบบเดียวกัน สามารถตรวจสอบได้ว่าใครเป็นเจ้าของข้อมูลและมีสิทธิในข้อมูลเหล่านั้น โดยข้อมูลจะถูกเก็บอยู่ในแต่ละบล็อก (Block) ที่เชื่อมโยงกันบนเครือข่ายที่เปรียบเสมือนห่วงโซ่ (Chain) และเนื่องจากบล็อกเชนสามารถดำเนินการเกี่ยวกับข้อมูล รวมไปถึงข้อตกลงของสัญญาทางธุรกรรมดิจิทัลต่างๆ ได้เอง คู่เจรจาจะสื่อสารกันโดยตรง(peer-to-peer) และเกิดรูปแบบของสัญญาที่เรียกว่าสัญญาอัจฉริยะ หรือสมาร์ทคอนแทรคท์ (Smart Contract) หลังจากผ่านขั้นตอนของการตรวจสอบ(consensus)ซึ่งก็คือการนำเอาเงื่อนไขในสัญญาและกระบวนการทางธุรกิจมาจัดเก็บในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยให้การบังคับใช้สัญญาตามข้อตกลงถูกดำเนินการโดยอัตโนมัติ เพิ่มความน่าเชื่อถือ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน และลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากมนุษย์ (Human Error) ได้

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติที่กล่าวมาแล้ว องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้บล็อกเชนเป็นเทคโนโลยีที่น่าเชื่อถือได้แก่ การเข้ารหัส(hash algorithm) ซึ่งการเก็บข้อมูลแบบปกติหรือฐานข้อมูลทั่วไปยังไม่รองรับ โดยจะอธิบายเพิ่มในหัวข้อ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นอกจากการเข้ารหัสแล้ว ระดับการทำงานของบล็อกเชนมีเงื่อนไขการทำงานเป็นลำดับชั้น (Layer) อีกหลายระดับ โดยงานวิจัยของ Hawk[4] ได้แบ่งระดับชั้นในการเพื่ออธิบายถึงการนำไปวางโครงสร้างดังนี้

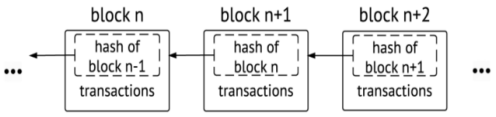
ตารางที่1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของแพลตฟอร์ม

Transaction Speed	Privacy	Transaction Cost	Protect Model
จำนวนโหนดน้อยๆ และมีความน่าเชื่อถือสูง	ระบุตัวตนได้และไม่สามารถเปิดเผยธุรกรรมแก่บุคคลทั่วไป	จำนวนโหนดน้อยและต้องมีการควบคุมค่าตรวจสอบธุรกรรม	ธุรกรรมส่วนบุคคล ด้านการเงิน ธนาคาร หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางราชการ

ในงานวิจัยฉบับนี้จึงจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบบล็อกเชนแพลตฟอร์มที่เป็นรูปแบบของบล็อกเชนส่วนบุคคล (Private Blockchain) โดยมุ่งพิจารณาที่ข้อมูลทางธุรกรรม (Transactions) ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (Customer Relation Management: CRM) และวัดผลประสิทธิภาพของแต่ละแพลตฟอร์มด้วยค่าจำนวนข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นหรือทำงานได้ (Throughput) และค่าความเร็วในการตอบสนอง (Response Time) เพื่อนำไปปรับใช้ได้ตรงตามความต้องการของแต่ละองค์กร

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บล็อกเชนเป็นการเก็บข้อมูลแบบกระจายตัวเพื่อให้สมาชิกในเครือข่ายสามารถเข้าถึงได้ โดยในแต่ละบล็อกจะทำการตรวจสอบข้อมูลร่วมกันและหลังจากผ่านข้อตกลงแล้วจะทำการระบุลงไปในบล็อกว่าเป็นของใคร [4]



รูปที่ 1 ในแต่ละบล็อกในห่วงโซ่จะมีรายการของธุรกรรมและมีแฮช(hash) ของบล็อกก่อนหน้า

ซึ่งในแต่ละบล็อกจะเข้ารหัสได้หลายแบบเช่น SHA-256^2 โดยแต่ละโหนดจะใช้วิธีแก้ปัญหาด้วย พรูฟออฟเวิร์ค(proof-of-work:PoW) หรือสามารถใช้พรูฟออฟสเตค(proof-of-stake:PoS) โดยแบ่งการทำงานของธุรกรรมได้ดังนี้

- ข้อตกลงร่วมกัน(Consensus protocol) เป็นการกำหนดรูปแบบในการสื่อสารกันโดยตรง(peer-to-peer)ของแต่ละโหลด ตัวอย่างเช่น พรูฟออฟเวิร์ค(proof-of-work:PoW) , พรูฟออฟสเตค(proof-of-stake:PoS) เป็นต้น
- ธุรกรรมแบบกระจาย(Distributed ledger) เป็นการลักษณะการสำรองการจัดเก็บธุรกรรมที่ผ่านการอนุญาตแล้ว ซึ่งหลักการคือ ธุรกรรมนี้จะต้องได้รับการอนุญาตจากผู้เข้าร่วมทั้งหมดจากนั้นจึงทำการตรวจสอบและยืนยันการผ่านเงื่อนไขของธุรกรรมนั้น
- การเข้ารหัสห่วงโซ่(Hash chain) เป็นโครงสร้างของข้อมูลของธุรกรรมแบบกระจาย(Distributed ledger) ซึ่งประกอบด้วยค่าของการเข้ารหัสของบล็อกก่อนหน้า(previous block) เพื่อให้บล็อกต่อไป(next block)สามารถอ้างถึงได้ในลักษณะแทมเปอร์พรู้ฟ(tamper-proof)[8]

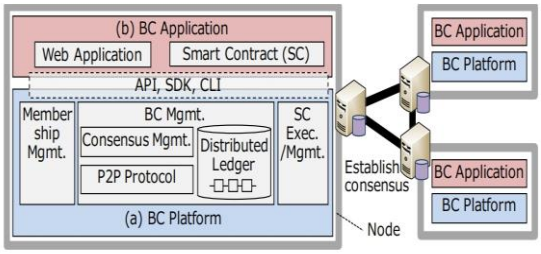
รูปแบบการเข้าถึงธุรกรรมบนบล็อกเชน(Permission Blockchain)แบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบด้วยกัน คือ บล็อกเชนสาธารณะ (Public Blockchain), บล็อกเชนส่วนบุคคล (Private Blockchain) และบล็อกเชนสมาคม (Consortium Blockchain) แต่ละรูปแบบจะเหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกัน [1]

บล็อกเชนสาธารณะ (Public Blockchain) เป็นบล็อกเชนที่มีการอนุญาตให้ทุกคนสามารถที่จะร่วมบันทึกข้อมูลประวัติของการทำธุรกรรมดิจิทัลลงไปได้ โดยมีการกำหนดข้อตกลง (Consensus) ที่เห็นพ้องร่วมกันเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในเรื่องกฎและเครื่องมือที่ใช้ในเครือข่าย เช่น พรูฟ-ออฟ-เวิร์ค(proof of work), พรูฟ-ออฟ-สเตค(proof of stake) เป็นต้น ผู้เข้าร่วมในบล็อกเชนประเภทนี้จะมีการจัดเก็บสำเนาบัญชีประวัติของการทำธุรกรรม (Ledger) ทั้งหมดเอาไว้ด้วย จะเห็นได้ว่าในบล็อกเชนสาธารณะจะไม่มีคนใดคนหนึ่งเป็นเจ้าของบัญชีประวัติของการทำธุรกรรมเลย ทำให้เหมาะกับการใช้งานแบบที่ต้องการการป้องกันการถูกเซ็นเซอร์ ตัวอย่างธุรกรรมที่ใช้งานบล็อกเชนสาธารณะ เช่น บิทคอยน์ (Bitcoin) เป็นต้น

บล็อกเชนสมาคม (Consortium Blockchain) เป็นบล็อกเชนที่รวมแนวคิดของบล็อกเชนสาธารณะและบล็อกเชนส่วนบุคคลเข้าด้วยกัน กล่าวคือองค์กรต่างๆ ที่มีลักษณะธุรกิจเหมือนกันและต้องการรับส่งแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน ต้องร่วมกันกำหนดกฎเกณฑ์ในการเข้าถึงข้อมูลธุรกรรม และหากผู้เข้าร่วมเครือข่ายต้องการเข้าถึงข้อมูล จะต้องได้รับการอนุญาตจากตัวแทนของเครือข่ายเสียก่อนจึงจะมีสิทธิเข้าถึงการใช้งานร่วมกันได้ ยกตัวอย่างเช่น ธนาคาร 10 แห่งตกลงกำหนดกฎเกณฑ์การใช้งานในเครือข่ายร่วมกันว่าการอนุมัติรายการธุรกรรมต่างๆ ต้องผ่านการอนุมัติอย่างต่ำ 7 ธนาคาร จึงจะถือว่ามีผลยอมรับและให้ใช้งานในเครือข่ายได้

บล็อกเชนไพรเวต(Private Blockchain(BC)) หรือ สมาร์ทคอนแทรคท์(Smart Contract(SC)) จะตรงกันข้ามกับพับบลิค คือจะมีการจำกัดให้ผู้ที่ถือโทเคน (token) เท่านั้นที่มีสิทธิ์เข้าร่วมเครือข่าย และสามารถพัฒนาตรรกะที่ซับซ้อนให้เหมาะสมกับงานในแต่ละประเภทได้

ดังที่กล่าวมาแล้ว ถือว่าบล็อกเชนมีการแบ่งประเภทออกเป็นเพียง 2 ประเภทคือ พับบลิคและไพรเวต เพราะคอนซอร์เทียมที่มีการจำกัดสิทธิ์ก็นับได้ว่าเป็นประเภทไพรเวต.[1] ปัจจัยสำคัญที่แตกต่างกันของ บล็อกเชน แต่ละประเภทคือ การอนุญาต(permission) ให้ผู้เข้าร่วมเครือข่ายเข้าถึง ข้อมูลของธุรกรรม (transaction) ซึ่งในส่วนของพับบลิค ไม่มีการจำกัดการเข้าถึงไม่ว่าใครก็ตามสามารถเข้ามาร่วมใช้งานได้เลย แต่บล็อกเชนสมาคม (Consortium Blockchain) และบล็อกเชนไพรเวต(Private Blockchain) จะอนุญาตให้เฉพาะผู้ที่ถือ token ที่ตนเองออกให้เข้าใช้งานได้เท่านั้น ข้อมูลของธุรกรรม(transaction) คือการส่งข้อความหรือชุดคำสั่งของเจ้าของออกไปให้ผู้รับ เพื่อให้ผู้ที่ได้รับทำตามวัตถุประสงค์ของผู้ส่ง หรือใช้เพื่อแจ้งให้ทราบ ลักษณะของธุรกรรมมีการดำเนินงานเหมือนกับธุรกรรมที่จัดเก็บในฐานข้อมูลประเภทอื่นแต่ต้องมีการพิสูจน์ความถูกต้องของการยืนยันความเป็นเจ้าของข้อมูลและลายเซ็นต์แบบดิจิตอลจึงทำให้การจัดเก็บธุรกรรมของบล็อกเชนมีความล่าช้ากว่าประเภทอื่น



รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพรวมโครงสร้างBC[5]

2.1 สมาร์ทคอนแทรคท์บนแพลตฟอร์มเชนคอร์ (Smart Contract in Chain Core)

เชนคอร์ (Chain Core) เป็นบล็อกเชนแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทเชน ซึ่งเป็นบริษัทสตาร์ตอัพทางด้านเทคโนโลยีบล็อกเชน เชนคอร์ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นบล็อกเชนแพลตฟอร์มในการโอนสินทรัพย์ทางการเงิน เป็นแพลตฟอร์มที่เปิดให้มีการนำไปใช้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เนื่องจากเป็นแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของโอเพ่นซอร์ส (Open Source) ลักษณะของกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานแพลตฟอร์มเชนคอร์ ได้แก่ รูปแบบสัญญาซื้อขายล่วงหน้า (Derivatives), การ์ดของขวัญ (Gift Cards) และการสะสมคะแนนที่ให้สิทธิพิเศษสำหรับลูกค้า (Loyalty Points) เป็นต้น

2.2. สมาร์ทคอนแทรคท์บนแพลตฟอร์มสเตลล่าร์ (Smart Contract in Stellar)

สเตลล่าร์ (Stellar) เป็นบล็อกเชนแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของโอเพ่นซอร์ส (Open Source) (Jed McCaleb et al., 2014) เช่นเดียวกับเชนคอร์ โดยมีเป้าหมายที่จะเป็นแพลตฟอร์มที่เชื่อมต่อธนาคาร ระบบชำระเงินและผู้คนเข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นไปที่การเคลื่อนย้ายเงินทุนอย่างรวดเร็ว และอัตราค่าธรรมเนียมที่ต่ำ สเตลล่าร์มีการทำงานผ่าน Restful API ลักษณะของกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานแพลตฟอร์มสเตลล่าร์ ได้แก่ ระบบการจ่ายเงิน, กระเป๋าเงินแบบออนไลน์ (E-Wallet) และอุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart Devices) เป็นต้น

3. ระเบียบวิธี

บล็อกเชนแพลตฟอร์มที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับการดำเนินงานทางด้านลูกค้าสัมพันธ์(CRM) มี 2 แบบ คือ

- แบบที่เปิดให้ใช้บริการโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย (Opensource)
- แบบที่ต้องจ่ายค่าบริการทางด้านลิขสิทธิ์และค่าดำเนินการติดตั้ง (License)

โดยทั้ง 2 แบบ สามารถรองรับการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับส่วนงานลูกค้าสัมพันธ์ ได้แก่ งานที่เก็บข้อมูลลูกค้า กิจกรรมการตลาด ประวัติการให้คะแนน เป็นต้น เนื่องจากแพลตฟอร์มที่เปิดให้ใช้งานมีหลายผู้ผลิต ทางผู้วิจัยได้เลือกวิเคราะห์แพลตฟอร์มแบบที่ไม่คิดค่าใช้จ่ายการติดตั้งรวมถึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ เพื่อให้ผู้ที่สนใจหรือภาคธุรกิจนำไปประยุกต์ใช้งานโดยที่ไม่ติดลิขสิทธิ์ โดยทำการเลือกมา 2 แพลตฟอร์ม ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้อที่ 2.1 และ 2.2

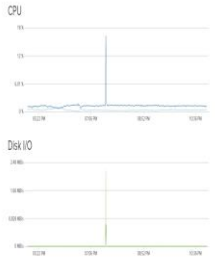
3.1 วิธีการติดตั้ง

ใช้การติดตั้งผ่านเทคโนโลยีคอนเทนเนอร์ที่ชื่อ docker โดยมีคุณสมบัติที่เหมาะแก่การกระจายงาน เนื่องจากสามารถใช้งานจากที่เก็บข้อมูลสาธารณะที่ผู้ให้บริการแพลตฟอร์มเผยแพร่ให้ใช้งาน (official repository) ซึ่งสามารถรวบรวมโปรแกรมที่เกี่ยวข้องและใช้การประมวลผลคำสั่งเพียง 1 คำสั่งเท่านั้น

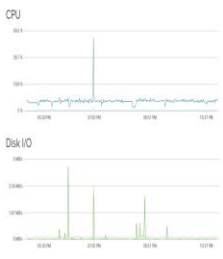
3.2 ผลที่ได้จากการติดตั้งมีดังนี้

เชนคอร์ (Chain Core) มีหน้าจัดการให้หลังจากที่มีการติดตั้ง ซึ่งภายในหน้าจัดการนี้ผู้ใช้งานสามารถสร้างเครือข่าย,สร้างผู้ใช้งาน(account), สร้างสินทรัพย์ (asset) และ สร้างธุรกรรม(transaction) ซึ่งใช้งานหน่วยประมวลผล(CPU) ไม่เกิน 18 % ดังรูปที่ 3

สเตลล่าร์ (Stellar) เป็นสมาร์ทคอนแทรคท์ที่รองรับการจัดการธุรกรรม(transaction) ที่ซับซ้อนกว่าเชนคอร์ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรม เพราะรูปแบบและวิธีการเน้นไปในแนวทางเทคนิคของการเชื่อมต่อแบบ API (Application programming interface) สเตลล่าร์ มีการใช้งานหน่วยประมวลผล(CPU) ที่สูงกว่า เชนคอร์ ถึง 2 เท่าตัว ดังรูปที่ 4 ด้านขวา



รูปที่ 3 เชนคอร์



รูปที่ 4 สเตลล่าร์

4. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแพลตฟอร์ม

การทดสอบประสิทธิภาพคือ การจำลองความสามารถในการทำงานของระบบว่าสามารถรองรับปริมาณการใช้งานของผู้ใช้หรือลูกค้าได้ดีที่ระดับใดเพื่อประเมินการวางแผนงานให้เหมาะสม จากงานวิจัยในการสำรวจเครื่องมือสำหรับทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า Apache JMeter เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่จะใช้ทดสอบกลุ่มงานแพลตฟอร์ม ระบบงานบนคลาวด์ [2] ข้อดีของเครื่องมือนี้คือ สามารถทดสอบการวัดผลได้ทุกโปรโตคอล เช่น HTTP HTTPs เป็นต้น

ขั้นตอนของการทดสอบระบบแบ่งเป็นหลายขั้นตอนตามมาตรฐานการทดสอบระบบ[10] แต่ในส่วนของงานแพลตฟอร์มให้ความสำคัญกับระดับชั้นที่ 3 คือ ระดับชั้นวิกฤตของระบบ (Integrity level 3 Critical)[10]

ผลของการวิเคราะห์จะบ่งบอกประสิทธิภาพได้ทั้งในส่วนของเครื่องลูกข่าย(Client side)และเครื่องเซิร์ฟเวอร์(Server side) โดยเมตริก(metrics) ของผลลัพธ์จะประกอบไปด้วย อัตราของธุรกรรมที่สำเร็จ (Transaction success rate)และพฤติกรรมของเวลาที่ตอบสนอง(Response time behavior)
โดยที่ค่าเวลาที่ตอบสนอง(Response time)

$$P_T = N_V/T_R$$

เมื่อ P_T คือ ค่าตัวแปรประสิทธิภาพ

N_V คือ จำนวนการร้องขอผ่าน HTTP ณ ที่นี้คือค่า Virtual test users (vus)

T_R คือ เวลาที่ตอบกลับใน 1 วินาที

ตารางที่2 สรุปผลทดสอบของเชนคอร์ เกิดข้อผิดพลาดที่ 1000 การร้องขอถึง 64.18 %

vus	Response time (ms)		Throughput	Remark
	95%	99%		
100	847	869	156.54	
500	1841	1858	538.43	
1000	1901	4553.99	1637.36	Error loss rate 64.18%

ตารางที่3 สรุปผลทดสอบของ สเตลล่าร์

vus	Response time (ms)		Throughput	Remark
	95%	99%		
100	1065	1151.99	159.31	
500	1070	1150	537.53	
1000	1082	3066	1020.47	
2000	3068	15093	1571.61	

จากการทดลองบนเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่บนคลาวด์ และบนสเปคพื้นฐานคือ1 vCPUs ที่หน่วยความจำ1 กิกะไบต์ และฮาร์ดดิสก์(SSD disk) 25 กิกะไบต์ ค่าที่ได้จากการทดลองแล้วมีผลดังนี้

- เชนคอร์มีค่าการแสดงผลที่ดีกว่าสเตลล่าร์ ที่ค่าพารามิเตอร์100 ผู้ใช้(vus) พบว่าเมื่อมีจำนวนผู้ใช้ 156 คน จะมีสัดส่วนของผู้ใช้งาน 95% ที่จะใช้เวลารอการแสดงผล 847 มิลลิวินาที แต่เมื่อกำหนดค่าเชนคอร์ที่ 1000เชนคอร์ ไม่สามารถรองรับผู้ใช้ได้เพราะเกิดข้อผิดพลาดถึง 64.18%

- สเตลล่าร์สามารถรับการทดสอบได้ถึง 2000 ผู้ใช้(vus) แต่ค่าที่ตอบสนองมีค่ามากกว่า 3 วินาทีเมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่ใช้งานจริงถ้าเวลาที่ตอบสนองมีค่ามากกว่า 3 วินาทีจะช้าเกินกว่าผู้ที่ใช้รับได้

5. สรุปการวิเคราะห์

จากผลการวิจัยทำให้สามารถแบ่งประเภทการใช้งานออกเป็นดังนี้

แพลตฟอร์มเชนคอร์เหมาะกับการใช้งานขั้นพื้นฐาน โดยที่สามารถสร้างเครือข่ายได้เองผ่านเว็บที่แพลตฟอร์มมีให้บริการ

แพลตฟอร์มสเตลล่าร์มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เนื่องด้วยมีชุดโปรโตคอล APIที่นำไปติดต่อสื่อสารกับบุคคลหรือเครื่องมืออื่นได้โดยสะดวกและมีประสิทธิภาพแม้ว่าจะทำงานอยู่บนสภาพแวดล้อมขนาดเล็กและจำกัด

กล่าวโดยสรุปแพลตฟอร์มสเตลล่าร์มีความเสถียรมากพอที่จะนำไปประยุกต์ต่อโดยสามารถเพิ่มอัลกอลิที่มของการทำเหมืองข้อมูล(data mining)ในขั้นตอน(consensus)ของการกรองธุรกรรม เพื่อให้แพลตฟอร์มรองรับการทำกิจกรรมสิ่งเสริมการขายที่เป็นลักษณะบริการแบบส่วนบุคคล(personalized service)ได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Tien Tuan Anh Dinh et al, "Untangling Blockchain: A Data Processing View of Blockchain Systems", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Volume 30, Issue 7, 2018, pp. 1366-1385.

[2] Kristina Kolic et al Performance Analysis of a New Cloud e-Business Solution วันที่ 25-29 พฤษภาคม 2558

[3] Ahmed Kosba et al, Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts, 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy

[4] KONSTANTINOS CHRISTIDIS AND MICHAEL DEVETSIKIOTIS, Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things, June 2016

[5] Tatsuya Sato and Yosuke Himura, Smart-Contract based System Operations for Permissioned Blockchain, BSC' 2018

[6] Suporn Pongnumkul et al ,2017 IEEE, Performance Analysis of Private Blockchain Platforms in Varying Workloads

[7] Surbhi GuptaLiterature et al ,2016 ICCCA, Survey on Social Engineering Attacks: Phishing Attack

[8] Guy Zyskind et al,2015 IEEE, Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data

[9] Hiroki Watanabe et al,2015 IEEE, Blockchain Contract:A Complete Consensus using Blockchain

[10] IEEE Standard for Software and System Test Documentation 2008

การพัฒนาหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

The Development of Current Transformer of high frequency current measurement for Wireless Power Transfer System

นฤเบศร์ แต้มพงษ์*, นิพนธ์ พรมชาติ, เอกชัย ชัยดี, และอนนท์ นำอิน

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 57120
*ผู้ติดต่อ: E-mail : l3et_naruebet@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 087-5671718

บทคัดย่อ

ระบบส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายใช้สนามแม่เหล็กความถี่สูงคล้องระหว่างขดตัวนำ การวัดค่ากระแสในวงจรต้องใช้เครื่องมือที่มีความเชื่อถือได้เนื่องจากสนามแม่เหล็กรบกวน การวัดค่าโดยทั่วไปใช้โพรบวัดกระแสที่มีราคาสูง การศึกษานี้ได้พัฒนาหม้อแปลงกระแสโดยใช้แกนเฟอร์ไรต์ที่สามารถหาได้ตามท้องตลาด โดยเปรียบเทียบระหว่าง แกนอากาศ แกนเหล็ก และ แกนเฟอร์ไรต์ ใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซต์ปรับค่าความถี่ได้จ่ายให้กับโหลดความต้านทาน วัดค่ากระแสโดยใช้หม้อแปลงกระแสเปรียบเทียบกับค่ากระแสที่ไหลผ่านความต้านทานเส้นตรงขนาด 1 โอห์ม ผลการศึกษาพบว่าหม้อแปลงกระแสแกนเฟอร์ไรต์วัดค่าได้ในย่านความถี่ 2 kHz เป็นต้นไป ย่านความถี่ 2 kHz-200kHz มีค่าความผิดพลาดอัตราส่วนและความผิดพลาดมุมเฟสน้อยกว่า 5% อย่างไรก็ตามย่านความถี่หลังจาก 200 kHz เป็นต้นไปไม่สามารถคำนวณค่าความผิดพลาดได้ถูกต้องเนื่องจากความต้านทานเส้นตรงขนาด 1 โอห์ม มีค่าเพิ่มขึ้นตามความถี่เป็นผลมาจากปรากฏการณ์ทางผิว ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องมือวัดค่ากระแสความถี่สูงได้

คำหลัก: การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย, ความถี่สูง, หม้อแปลงกระแส, แกนเฟอร์ไรต์, ความผิดพลาดอัตราส่วน, ความผิดพลาดมุมเฟส

Abstract

Wireless power transfer (WPT) using high frequency magnetic coupled between coils. A measurement of high frequency current in the WPT should use reliability instrument due to effect of a magnetic field. Normally, an expensive current probe is used. This study, current transformer (CT) using ferrite core which is available in market is developed. Air core, Iron core and ferrite core are compared. Using variable frequency function generator supplies to a resistive load and measurement of current using CT compared a voltage crossing 1 ohm resistance. Results of study show that the CT can measure on 2 kHz onwards. Ratio error and phase error are less than 5% at frequency range 2 kHz-200 kHz. However after 200 kHz, the errors cannot calculated because of skin effect on 1 ohm resistance. The results can use as a guide to design an instrument for high frequency measurement.

Keywords: Wireless power transfer, High frequency, Current transformer, Ferrite core, Ratio error, Phase error.

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายเริ่มมีการนำมาใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างแพร่หลายและยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในส่วนของการส่งกำลังไฟฟ้าทั่วไปเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆ มีอยู่มากมายและหลากหลายชนิด ข้อจำกัดในการใช้ก็ขึ้นอยู่ที่เราจะเลือกใช้ แต่ในส่วนของการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายนั้นเครื่องมือวัดยังมีให้เลือกใช้น้อยและมีข้อจำกัดในการใช้อยู่มากพอสมควร ในการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายช่วงความถี่ที่สามารถส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายให้มีประสิทธิภาพนั้นจะอยู่ในช่วงความถี่สูง การพัฒนาเครื่องมือวัดที่ใช้ใน

การวัดค่าที่เกี่ยวข้องกับการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายก็มีความสำคัญเช่นกัน

จากการศึกษารายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า (Mansour Ojaghi and Amir Bagheri,2010) ได้นำเสนอแนวทางที่ใช้ขั้นตอนวิธี Chaotic Optimization Algorithm (COA) สำหรับการออกแบบหม้อแปลงวัดกระแส (CTs) ขั้นตอนวิธีการนี้จะกำหนดพารามิเตอร์การออกแบบของ CT เพื่อลดอัตราส่วนและขั้นตอนการกำจัดข้อผิดพลาดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พิกัดกระแสไฟฟ้าและต้นทุนการผลิตที่เกี่ยวกับข้อมูลทางเทคนิคบางอย่าง [1] (Aalakh Devari, Pritam Thomke, Devendra Sutar,2017) ได้ทำ การจำลองการตอบสนองของหม้อแปลงกระแสตามภาระแตกต่างกัน และกระแสขาเข้าหลัก การจำลองของหม้อแปลงกระแสจะช่วยในการเรียนรู้พฤติกรรมชั่วคราวสำหรับค่าภาระที่แตกต่างกันและกระแสหลัก [2] (Bayu Miftah Amna, UmarKhayam,2017) ได้ออกแบบและการจำลองหม้อแปลงกระแสความถี่สูง (HFCT) เพื่อตรวจจับการปลดปล่อยพลังงานบางส่วนในอุปกรณ์ และสร้างแบบจำลองวงจรของ HFCT เพื่อตรวจสอบผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้แกนเฟอร์ไรต์ 3 ขนาดที่ไม่เท่ากันและสามารถพบได้ในท้องตลอด [3]
สายันห์ เรือนก้อน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2011) การสร้างเครื่องมือวัดการดิสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้นกับฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง โดยวิธีการวัดกระแสความถี่สูงที่เกิดขึ้นจากการดิสชาร์จบางส่วนในฉนวนไฟฟ้าประเภทต่างๆอาทิเช่น ฉนวนแข็ง ฉนวนเหลวและฉนวนที่เป็นก๊าซ โดยใช้หลักการเดียวกับหม้อแปลงวัดกระแส [4] ษิรากร ซีโฮ่ ศึกษาการวัดกระแสไฟฟ้าจาก Current transformer ที่สร้างขึ้นเทียบกับดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา (2015) [5]

ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้สร้างหม้อแปลงกระแสความถี่สูงสำหรับการวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย โดยการนำสายไฟฟ้ามาพันรอบๆ แกนเฟอร์ไรต์ แกนเหล็กและแกนอากาศ ที่มีลักษณะแกนวงกลมทางด้านขดทุติยภูมิต่อเข้ากับตัวต้านทาน จากการศึกษาพบว่าแกนเหล็กและแกนอากาศไม่สามารถวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายได้จึงเลือกใช้แกนเฟอร์ไรต์ที่มีทั่วไปในท้องตลาด จากการทดลองพบว่าหม้อแปลงกระแสความถี่สูงสำหรับการวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายที่ทำจากแกนเฟอร์ไรต์สามารถวัดค่ากระแสได้ถูกต้องที่สุดที่ช่วงความถี่ 4 kHz ถึง 200 kHz การสร้างหม้อแปลงกระแสความถี่สูงสำหรับการวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายนี้เพื่อใช้ในการวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายและเพื่อนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

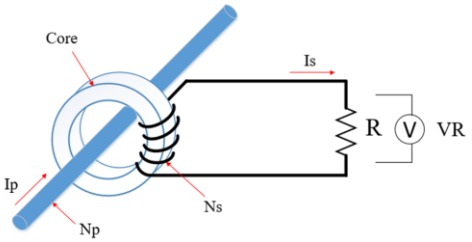
เพื่อออกแบบและสร้างหม้อแปลงกระแสความถี่สูงสำหรับการวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

3. ขั้นตอนการศึกษา

ทำการออกแบบหม้อแปลงกระแสโดยใช้อัตราส่วน 1:20 จำนวน 3 ตัว ประกอบด้วย หม้อแปลงกระแสแกนอากาศ แกนเหล็ก และแกนเฟอร์ไรต์ มีขั้นตอนการออกแบบดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

องค์ประกอบของหม้อแปลงกระแสแสดงดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 องค์ประกอบของหม้อแปลงกระแส

จากรูปที่ 1 Ip คือ กระแสด้านปฐมภูมิ Is คือ กระแสด้านทุติยภูมิ Np คือ จำนวนรอบด้านปฐมภูมิ Ns คือ จำนวนรอบด้านทุติยภูมิ R คือ ความต้านทาน และ VR คือ แรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทาน

อัตราส่วนหม้อแปลงกระแส (a) หาได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$a = \frac{Np}{Ns} = \frac{Is}{Ip} \qquad (1)$$

จากสมการที่ (1) สามารถหากระแสทุติยภูมิ (Ip) ได้ดังนี้

$$Ip = \frac{Is}{a} = \frac{Is}{(\frac{Np}{Ns})} \qquad (2)$$

โดยที่ $Is = V_R / R$ แทนลงในดังนั้นสมการที่ (2) ได้ว่า

$$Ip = \frac{VR}{R \times a} = \frac{VR}{R \times (\frac{Np}{Ns})} \quad (3)$$

โดยที่ จำนวนรอบ (Np) เท่ากับ 1 ดังนั้น สมการที่ (3) จึงสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (4) ดังนี้

$$Ip = \frac{VR}{R \times (\frac{1}{Ns})} \quad (4)$$

จากสมการที่ (4) พารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ R และ Ns ในการศึกษานี้ได้กำหนดค่า R และ Ns ออกเป็น 2 กรณีดังนี้

1. **เมื่อ ตัวต้านทาน (R) เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns) 20 กับ 20**

$$Ip = \frac{VR}{20 \times (\frac{1}{20})} = \frac{VR}{1} = VR \quad (5)$$

ได้ว่า $Ip = VR$ ข้อดีของการกำหนดค่า R และ Ns ให้มีค่าเท่ากัน คือ สะดวกในการอ่านค่าสัญญาณที่ออสซิลโลสโคป

2. **เมื่อตัวต้านทาน (R) ไม่เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns) 10 กับ 20**

$$Ip = \frac{VR}{10 \times (\frac{1}{20})} = \frac{VR}{\frac{1}{2}} = VR \times 2 \quad (6)$$

จะได้ $Ip = 2VR$ การกำหนดค่ากรณีนี้ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง ค่าสัญญาณแรงดัน VR ต้องคูณด้วย 2

3.2 การสร้างหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

ทำการสร้างหม้อแปลงกระแสอัตราส่วน 1:20 จำนวน 3 ตัว แสดงดังรูปที่ 2 ดังนี้



(ก) แกนเฟอร์ไรต์ **(ข)** แกนเหล็ก **(ค)** แกนอากาศ

รูปที่ 2 ลักษณะหม้อแปลงกระแสทั้ง 3 รูปแบบ

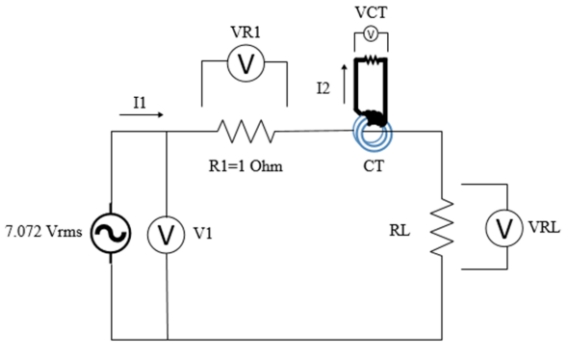
การสร้างหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย ทำได้โดยการนำสายไฟฟ้ามาพันรอบๆ แกนเฟอร์ไรต์ แกนเหล็กและแกนอากาศ ที่มีลักษณะแกนวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร ทางด้านขดทุติยภูมิต่อเข้ากับตัวต้านทานตามที่ได้คำนวณไว้ โดยที่แกนเฟอร์ไรต์เป็นแกนที่หาได้ตามท้องตลาด ส่วนแกนเหล็กใช้เหล็กแผ่นม้วนเป็นวงกลม

3.3 การทดสอบโหลดตัวต้านทาน (R1) ที่นำมาใช้ในวงจรการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีถูกต้องมากที่สุด โดยมีตัวต้านทานที่ใช้ทดสอบ 4 แบบ ดังนี้

1. ตัวต้านทานที่ค่าความผิดพลาด 1%
2. ตัวต้านทานที่ค่าความผิดพลาด 5%
3. ตัวต้านทานเซรามิก
4. ลวดตัวนำจากตัวต้านทานเซรามิกขึงเป็นเส้นตรง

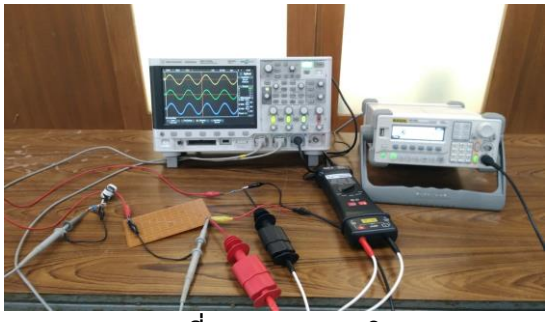
จากการทดสอบ โหลดตัวต้านทานยิ่งมีค่าความเหนี่ยวนำต่ำมากเท่าไรจะใช้งานได้ดีที่สุด โดยเลือกใช้ลวดตัวนำจากตัวต้านทานเซรามิกขึงเป็นเส้นตรง

3.4 ทดลองหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย



รูปที่ 3 วงจรการทดลอง

จากรูปที่ 3 ใช้ความต้านทาน (R1) ขนาด 1 โอห์ม ซึ่งเป็นตัวนำลักษณะเป็นเส้นตรง ใช้สัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณจ่ายให้กับโหลดความต้านทาน (RL) ขนาน 10 โอห์ม

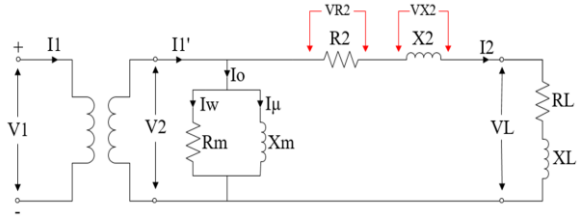


รูปที่ 4 การทดลองจริง

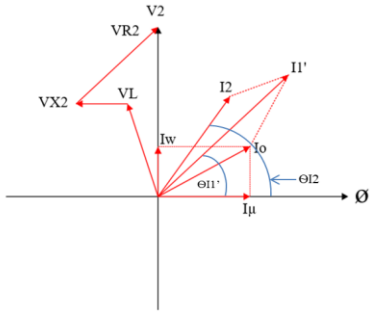
รูปที่ 4 แสดงการทดลองวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยการจ่ายแรงดันจากเครื่องกำเนิดสัญญาณที่ 7.072 Vrms แล้วทำการวัดแรงดัน VR1, VCT, VRL และ V1 แล้วนำค่า VCT เทียบกับ VR1

3.5 ตรวจสอบความถูกต้อง

เมื่อเราได้ผลการทดลองจากการเปรียบเทียบ VCT กับ VR1 แล้วนำมาตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับการคำนวณ การทดลองซ้ำ และวิเคราะห์ผิดพลาดโดยคำนวณค่า Ratio error และ Phase error ตามสมการที่ (7) และ(8) ดังนี้ [1] โดยที่ค่าความผิดพลาดสามารถอธิบายได้โดยใช้วงจรสมมูลดังรูปที่ 5 และเวกเตอร์ในรูปที่ 6 ดังนี้



รูปที่ 5 วงจรสมมูลของหม้อแปลงกระแส



รูปที่ 6 เวกเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้าในวงจรหม้อแปลงกระแส

$$\text{Ratio error} = \frac{|I_P| - |I_S|}{|I_P|} \times 100\% \quad (7)$$

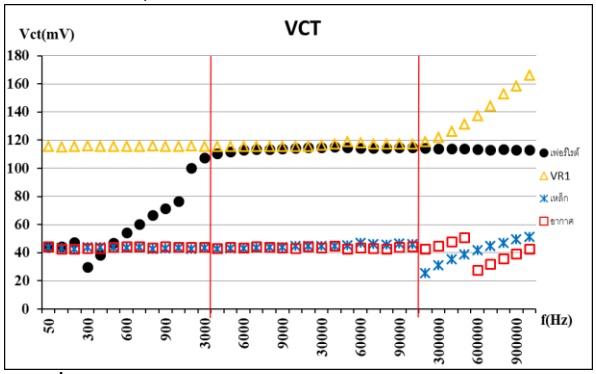
$$\text{Phase error} = \angle I_P - \angle I_S \quad (8)$$

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าใช้แปลงกระแสจากวงจรที่มีค่ากระแสสูงให้มีค่ากระแสต่ำลง เพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ในวงจรหลัก หรือป้อนเข้าสู่เครื่องวัดไฟฟ้า ทั้งนี้ค่าความผิดพลาดอัตราส่วนกระแสแสดงในสมการที่ (7) ภายหลังการแปลงค่าแล้ว ควรมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ความผิดพลาดจากอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้า (Ratio error) เนื่องจากสมการอัตราส่วนหม้อแปลง a = Is/Ip เป็นสมการที่พิสูจน์มาจากหม้อแปลงอุดมคติไม่มีความสูญเสียใดๆ เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามหม้อแปลงในการใช้งานจริงมีค่าความสูญเสียเกิดขึ้นในหม้อแปลง ดังนั้นจึงทำให้เกิดความผิดพลาดในส่วนนี้เกิดขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับความผิดพลาดมุมเฟส (Phase error) สมการที่ (8) เกิดขึ้นเนื่องจากหม้อแปลงใช้กระแสส่วนหนึ่งในการสร้างฟลักซ์แม่เหล็กและสร้างความสูญเสียในแกนเหล็ก พิจารณาได้ตามรูปเวกเตอร์ในรูปที่ 6 โดยที่มุมเฟสระหว่างกระแส Ip และIs ควรมีค่าน้อยที่สุด

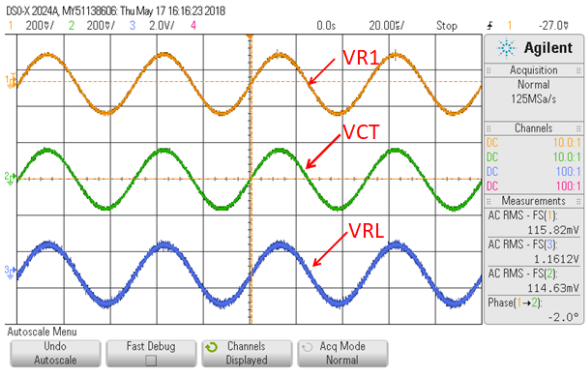
4. ผลการศึกษา

4.1 การเปรียบเทียบค่ากระแสที่ได้จากแรงดันตกคร่อมความต้านทาน 1 โอห์ม และค่ากระแสที่อ่านได้จากหม้อแปลงกระแส

การเปรียบเทียบการวัดค่า VCT ของทั้ง 3 แกน a = 1:20 ,Np = 1 รอบ, Ns = 20 รอบ ,R = 20 โอห์ม

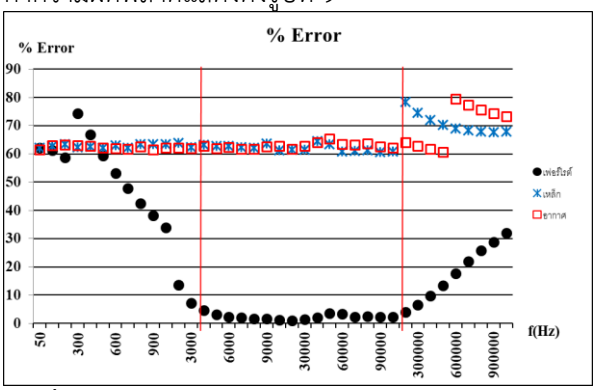


รูปที่ 7 การเปรียบเทียบระหว่างแรงดัน VR1 และ VCT ที่ได้จากหม้อแปลงกระแสแต่ละแบบ



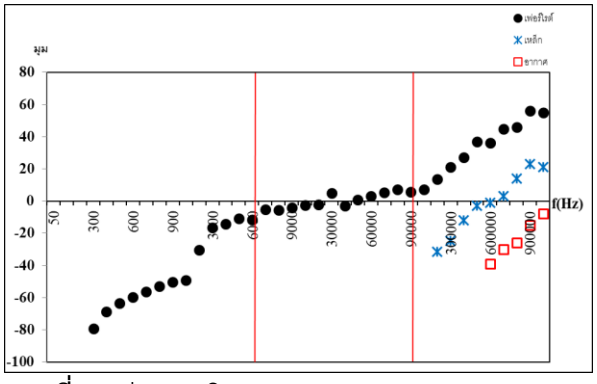
รูปที่ 8 การวัดค่าของแกนเฟอร์ไรต์ที่มีค่าความถูกต้องที่ย่านความถี่ 20 kHz

จากรูปที่ 7 กำหนดให้ค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทาน 1 โอห์ม (VR1) หรือ ค่ากระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม คือค่ากระแสที่ไหลผ่านในวงจร พบว่าสามารถอ่านค่ากระแสได้ถูกต้องในย่านความถี่ 50 Hz ถึง 200 kHz ในขณะที่ CT ไม่สามารถอ่านค่ากระแสได้ถูกต้องในย่านความถี่ 50 Hz ถึง 3 kHz โดยที่สามารถอ่านค่าได้ถูกต้องในย่านความถี่หลังจาก 3 kHz เป็นต้นไป ในขณะที่ CT ที่ใช้แกนเหล็ก และแกนอากาศ ไม่สามารถอ่านค่ากระแสได้ในทุกย่านความถี่ โดยมีผลการคำนวณค่าความผิดพลาดแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ค่าความผิดพลาดจากอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้า (Ratio error)

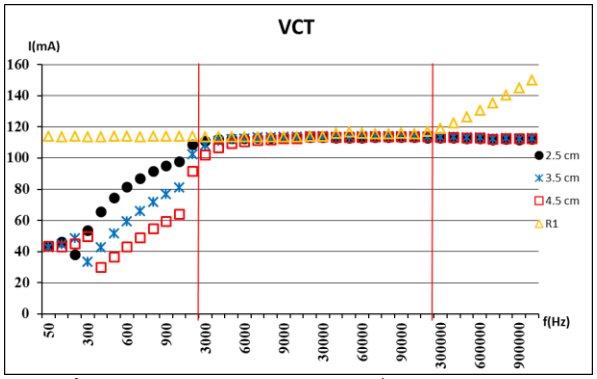
จากรูปที่ 9 พบว่าค่าที่อ่านได้จากหม้อแปลงกระแสแบบใช้แกนเฟอร์ไรต์มีค่าต่ำกว่า 5% ในย่านความถี่ 4 kHz ถึง 200 kHz ในขณะที่ย่านความถี่ 50 Hz ถึง 3 kHz มีค่าความผิดพลาดสูง และในย่านความถี่หลังจาก 200 kHz เป็นต้นไปมีค่าความผิดพลาดสูง เนื่องจากแรงดัน VR1 ไม่สามารถวัดค่าได้ถูกต้องในย่านนี้ ส่วนหม้อแปลงกระแสแกนอากาศและแกนเหล็กมีความผิดพลาดสูงตลอดย่านความถี่



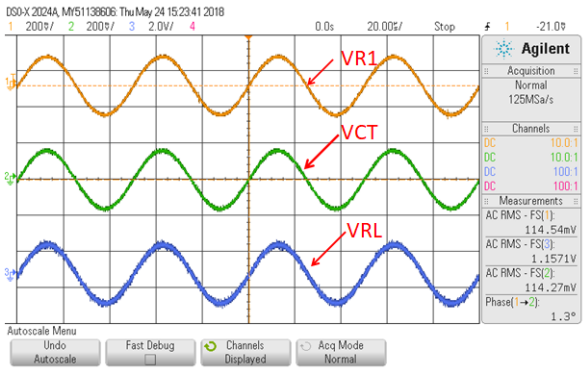
รูปที่ 10 ค่าความผิดพลาดจากมุมเฟส (Phase error)

ค่าความผิดพลาด Phase error ของหม้อแปลงกระแสแบบใช้แกนเฟอร์ไรต์มีค่าต่ำในย่านความถี่ 4 kHz ถึง 90 kHz ในขณะที่ย่านความถี่อื่นมีค่าความผิดพลาดสูง ในขณะที่หม้อแปลงกระแสแบบใช้แกนอากาศและแกนเหล็กมีค่าความผิดพลาด Phase error สูง

4.2 ผลของการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนเฟอร์ไรต์

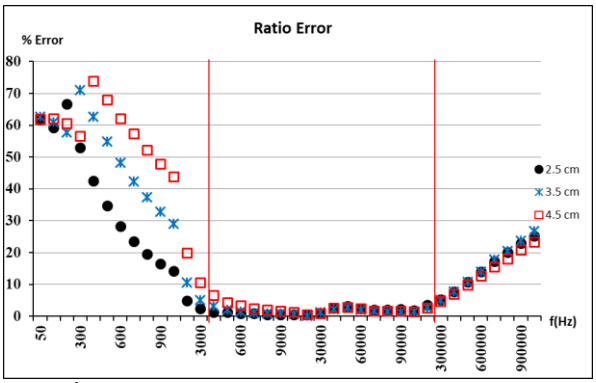


รูปที่ 11 การเปรียบเทียบกระแสที่ได้จากการใช้แกนเฟอร์ไรต์ขนาดต่างกัน



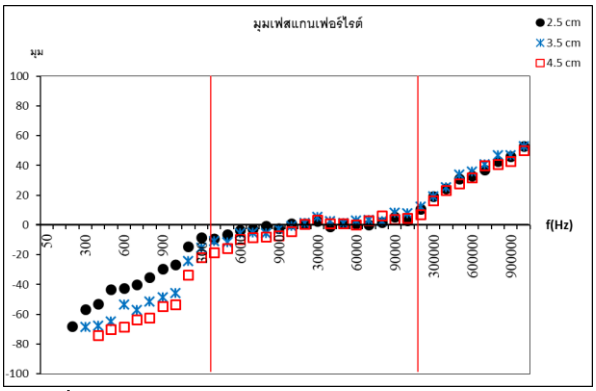
รูปที่ 12 การวัดค่าของแกนเฟอร์ไรต์ขนาด 3.5 เซนติเมตรที่มีค่าความถูกต้องที่ย่านความถี่ 20 kHz

จากรูปที่ 11 พบว่ากรณีใช้แกนเฟอร์ไรต์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มมากขึ้นทำให้ความถี่ที่สามารถวัดค่าได้ถูกต้อง มีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าความผิดพลาดจากอัตราส่วนและมุมเฟสแสดงดังรูปที่ 13 และ 14 ดังนี้



รูปที่ 13 ค่าความผิดพลาดจากอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้า (Ratio error) ของแกนเฟอร์ไรต์ทั้งสามขนาด

จากรูปที่ 13 ค่าความผิดพลาดจากอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้า (Ratio error) ของแกนเฟอร์ไรต์ทั้งสามขนาดมีค่าใกล้เคียงกันโดยค่าที่สามารถใช้งานได้จะอยู่ที่ช่วงความถี่ 3 kHz ถึง 300 kHz อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ขนาดแกนเฟอร์ไรต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กทำให้ความผิดพลาดอัตราส่วนกระแสมีค่าน้อยกว่าแกนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าในย่านความถี่ช่วง 3 kHz ถึง 6 kHz เพื่อลดความผิดพลาดอัตราส่วนกระแสจึงควรเลือกใช้แกนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก

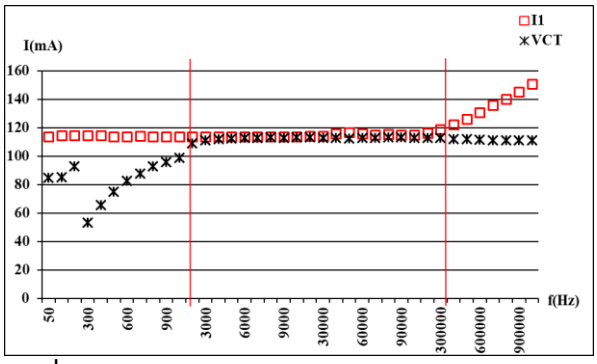


รูปที่ 14 ค่าความผิดพลาดจากมุมเฟส (Phase error) ของแกนเฟอร์ไรต์ทั้งสามขนาด

จากรูปที่ 14 พบว่าผลการทดลองโดยใช้แกนเฟอร์ไรต์ทั้งสามขนาดมีค่าความผิดพลาดไม่ต่างกันมากนักที่ช่วงความถี่ 3 kHz ถึง 300 kHz

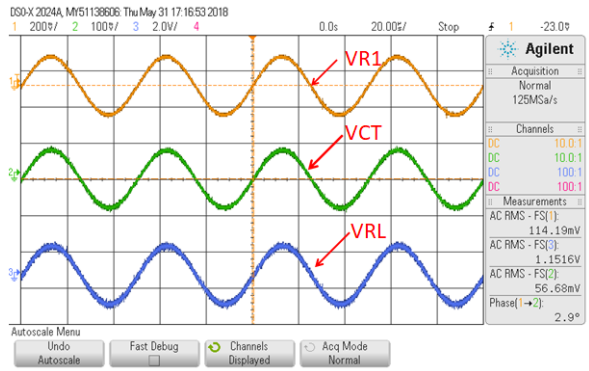
4.3 ผลของการออกแบบค่าความต้านทานโหลดของหม้อแปลงกระแส และจำนวนรอบทางด้านทุติยภูมิ

กำหนดอัตราส่วนหม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์ a = 1:20 ,Np = 1 รอบ, Ns = 20 รอบ ,R = 10 โอห์ม



รูปที่ 15 การทดลองหม้อแปลงกระแสจากแกนเฟอร์ไรต์ที่มีตัวต้านทาน (R) ไม่เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns)

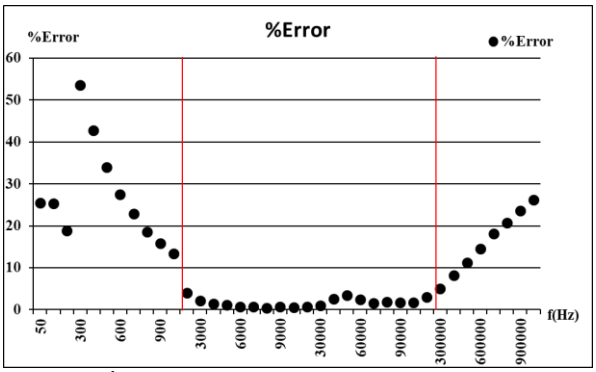
ผลการทดลองรูปที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่ากระแสที่ไหลอ่านได้จากแรงดันตกคร่อมความต้านทาน 1 โอห์ม และค่ากระแสที่อ่านได้จาก CT ซึ่งได้จากการนำค่าแรงดัน(VCT) ตกคร่อมโหลดความต้านทานของ CT นำมาคูณด้วย 2 เนื่องจากออกแบบให้จำนวนรอบ Ns และความต้านทานโหลด (R) ของ CT ไม่เท่ากัน พิจารณาได้ตามสมการที่ (6)



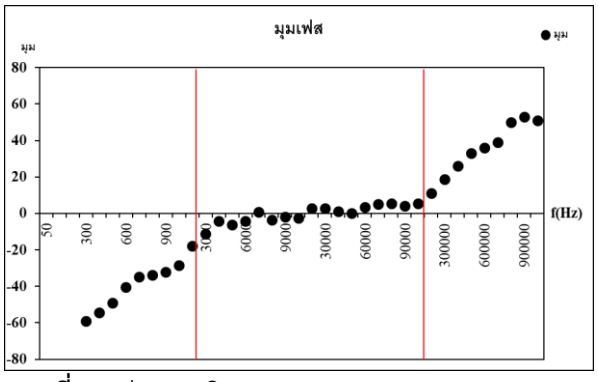
รูปที่ 16 การวัดค่าของหม้อแปลงกระแสจากแกนเฟอร์ไรต์ที่มีตัวต้านทาน (R) ไม่เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns) โดยค่าที่วัดได้จะต้องคูณสอง

จากรูปที่ 15 พบว่ากรณีที่ตัวต้านทาน (R) ไม่เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns) สามารถวัดค่ากระแสได้ถูกต้องที่สุดที่ช่วงความถี่ 2 kHz ถึง 200 kHz แต่ค่าที่วัดออกมากได้นั้นจะต้องนำไปคูณสองตามสมการที่ (6) โดย

มีค่าความผิดพลาดจากอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าและมุมเฟสแสดงดังรูปที่ 17 และ 18 ดังนี้



รูปที่ 17 ค่าความผิดพลาดจากอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้า (Ratio error) ของหม้อแปลงกระแสจากแกนเฟอร์ไรต์ที่มีตัวต้านทาน (R) ไม่เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns)



รูปที่ 18 ค่าความผิดพลาดจากมุมเฟส (Phase error) ของหม้อแปลงกระแสจากแกนเฟอร์ไรต์ที่มีตัวต้านทาน (R) ไม่เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns)

5. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

บทความนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างหม้อแปลงกระแสความถี่สูงสำหรับการวัดค่ากระแสในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย โดยการนำสายไฟฟ้ามาพันรอบๆ แกนเฟอร์ไรต์ แกนเหล็ก และแกนอากาศที่มีลักษณะแกนเป็นวงกลม ทางด้านขดทุติยภูมิต่อกับตัวต้านทานโดยจะมีการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 จากรูปที่ 7 การทดลองวัดค่าของหม้อแปลงกระแสทั้งสามแบบคือแกนเฟอร์ไรต์ แกนเหล็ก และแกนอากาศ พบว่าหม้อแปลงกระแสจากแกนเฟอร์ไรต์สามารถวัดค่าได้ถูกต้องที่สุดที่ช่วงความถี่ 3 kHz เป็นต้นไป ส่วนแกนเหล็กและแกนอากาศไม่สามารถวัดได้ทุกช่วงความถี่

การทดลองที่ 2 จากรูปที่ 10 การทดลองวัดค่าของหม้อแปลงกระแสที่ทำจากแกนเฟอร์ไรต์โดยเปลี่ยนแปลงขนาด 3 ขนาด คือ 2.5, 3.5 และ 4.5 เซนติเมตร พบว่า หม้อแปลงกระแสทั้งสามขนาดสามารถอ่านค่ากระแสได้ในย่านความถี่ 4 kHz เป็นต้นไป

การทดลองที่ 3 จากรูปที่ 15 การทดลองหม้อแปลงกระแสจากแกนเฟอร์ไรต์ที่มีตัวต้านทาน (R) ไม่เท่ากับ จำนวนรอบขาออก (Ns) พบว่าความถูกต้องของการวัดค่ากระแสอยู่ในช่วงความถี่ 3 kHz เป็นต้นไป โดยที่การอ่านค่าให้ถูกต้องนั้นต้องนำมาคูณสองตามสมการที่ (6)

ค่าความผิดพลาดจากการวัดค่าทั้ง Ratio error และ Phase error มีค่าสูงหลังจากเลยย่านความถี่ 200 kHz เป็นต้นไป เนื่องมาจากค่าแรงดัน VR1 ที่ได้จากการอ่านค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทานเส้นตรงขนาด 1 โอห์ม ไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากปรากฏการณ์ทางผิวทำให้ค่าความต้านทานของตัวนำเพิ่มขึ้นตามความถี่

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำวิจัยโครงงานเรื่อง การพัฒนาหม้อแปลงกระแสสำหรับวัดค่ากระแสความถี่สูงในวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย ขอขอบคุณอาจารย์ เอกชัย ชัยดี และอาจารย์ อนนท์ นำอิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงานที่ได้ให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยและขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย สำหรับอนุเคราะห์เครื่องมือ ห้องปฏิบัติงาน และสถานที่

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Mansour Ojaghi and Amir Bagheri, (2010), **“Application of Chaotic Optimization Algorithm for Current Transformer Design”**, 2009 IEEE 13th International Multitopic Conference

[2] Aalakh Devari, Pritam Thomke, Devendra Sutar, (2017), **“Analysis and Simulation of Current Transformer”**, 2017 International

Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)

[3] Bayu Miftah Amna, UmarKhayam, (2017), **Design and simulation of high frequency "current transformer as partial discharge detector"** The 3rd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy ICPERE2016

[4] สายันห์ เรือนก้อน การพัฒนาเครื่องวัดกระแสความถี่สูงสำหรับตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2011) http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=45355

[5] ษิรากร ซีโฮ่ ศึกษาการวัดกระแสไฟฟ้าจาก Current transformer ที่สร้างขึ้นเทียบกับดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิชาฟิสิกส์ศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา (2015)

การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยแบบไร้สายที่ควบคุมด้วยระบบเครือข่ายไร้สาย แบบ Infrastructure เพื่อใช้ในการแข่งขัน

The Design and Construction of Wireless Rescue Robot Controlled by Wireless LAN Control model Infrastructure to use in the Competition

ชัยพร อัดโดดดร ถวัลย์ คุณโทถม กิตติศักดิ์ ดียา พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น 40000
E-mail: chaiporn2517@gmail.com Tel: 094-9710340

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยแบบไร้สายที่ควบคุมด้วยระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Infrastructure เพื่อใช้ในการแข่งขัน ด้วยโปรโตคอล TCP/IP โดยการเชื่อมต่อจะใช้การเชื่อมต่อด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11 หรือ Wi-Fi และใช้ Access Point เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูล ส่วนทางด้านหุ่นยนต์จะติดตั้ง Wireless Access Point เพื่อรับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งาน จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในตัวหุ่นยนต์ แล้วส่งคำสั่งการควบคุมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ผ่านด่านอุปสรรคต่างๆ และหยิบจับสิ่งของตามที่ต้องการได้ โดยรับคำสั่งมาจากคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ภาษา Visual C# .NET ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานและคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กในตัวหุ่นยนต์ แล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ที่อยู่ในตัวหุ่นยนต์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 เป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง ซึ่งใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด ซึ่งจากการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์นี้สามารถส่งคำสั่งจากคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ไปยังหุ่นยนต์ได้ประมาณ 40 เมตร และไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้ทุกฟังก์ชัน อาทิเช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย แขนยกหน้าเข้า-ออก แขนยกหลังเข้า-ออก แขนกลล่างเข้า-ออก แขนกลบนเข้า-ออก มือคีบเข้า-ออก ได้ตามต้องการ และสามารถเคลื่อนที่ผ่านด่านท่อนซุงใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.10 วินาที ด่านสะพานลาดเอียงใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.23 วินาที ด่านสะพานทางแคบใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.09 วินาที ด่านท่อนเสาต่างระดับใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.14 วินาที และด่านกองหินก้อนคละใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.09 วินาที ตามลำดับ

Abstract

This paper presents the design and construction of wireless rescue robot controlled by wireless LAN control model infrastructure to use in the competition with protocol TCP/IP by connected with IEEE 802.11 or Wi-Fi standard and using Access Point for transceiver. The robot installed wireless Access Point for received signal from computer of user send to computer in the robot and send controlling command to microcontroller which able to move through a barriers and handle the things in the desired. It obtains a command from keyboard computer of user send to small computer in the robot with Visual C# .NET language for controlling the communication system and send to microcontroller through the serial port RS232. The robot use microcontroller PIC16F877 controlled by C language for controlling the entirely system. In the actual test, the instruction can be sent from the keyboard computer to the robot which is away for 40 meters and the microcontroller able to receive the instruction from the small computer for processing and controlling all the robot function. For example: forward, backward, stop, turn right, turn left, front arm in – out, back arm in – out, lower arm in – out, upper arm in – out and hand in - out in the desired. This robot able to move through the

timber logs takes an average time of 0.10 seconds, the slope bridge takes an average time of 0.23 seconds, the narrow end of the bridge takes an average time of 0.09 seconds, the different pole takes an average time of 0.14 seconds and the pile of rocks takes an average time of 0.09 seconds respectively.

Keywords: Rescue Robot, Wireless LAN Control, Infrastructure, TCP/IP, The Competition.

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีไร้สาย [1] ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นวิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ ดาวเทียม ยานอวกาศ ระบบสื่อสาร หรือแม้แต่คอมพิวเตอร์ ซึ่งล้วนแต่มีความจำเป็นต่อมนุษย์ทั้งสิ้นเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ และให้ก้าวทันโลกทันสมัยตลอดเวลา ซึ่งเหตุผลหลักที่ต้องใช้เป็นแบบไร้สายก็เพื่อความคล่องตัวในการใช้งานนั่นเอง และเมื่อนำเทคโนโลยีไร้สายนี้มาประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์ เราก็จะได้หุ่นยนต์ควบคุมแบบไร้สาย และสิ่งที่เป็นตัวควบคุมหุ่นยนต์นี้ ก็คือ มนุษย์ ดังนั้นไม่ว่าเราจะอยู่ที่ไหนในโลกก็สามารถควบคุมหุ่นยนต์นี้ได้ โดยเราสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ทางการทหารแทนมนุษย์ได้ อาทิเช่น หุ่นยนต์สังหาร หุ่นยนต์สอดแนม หุ่นยนต์กู้ภัย [2] เป็นต้น ซึ่งประโยชน์ของการใช้หุ่นยนต์ควบคุมแบบไร้สายแทนมนุษย์นี้ ก็คือ ลดความเสี่ยงในบริเวณพื้นที่ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และแรงงานของมนุษย์ อีกทั้งยังลดความเสี่ยงจากอันตรายของสารพิษ สารเคมีต่างๆ และแสงแดดจัดในบริเวณดังกล่าวได้อีกด้วย ในขณะแนวเดียวกันก็สามารถนำพัฒนาการของหุ่นยนต์เหล่านี้มาเพิ่มศักยภาพให้มีการสอดแนมและเป็นหุ่นยนต์กู้ภัยในด้านการทหารได้ โดยไม่ต้องเกิดการสูญเสียกำลังพลในการกู้ภัย และมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและสร้างหุ่นยนต์กู้ภัย ให้สามารถเคลื่อนที่ สอดแนม หยิบ และจับสิ่งของ วัตถุต่างๆ ได้ และใช้กล้องในการเล็งหาเป้าหมายในการหยิบ จับสิ่งของ และสำรวจพื้นที่ที่เป็นอันตรายด้วย โดยใช้ระบบเครือข่ายไร้สาย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมอุปกรณ์ตั้งแต่สองตัวขึ้นไปเข้าด้วยกันด้วยวิธีการกระจายสัญญาณแบบไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุ ผู้ควบคุมจะสามารถนำพาหรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปยังพื้นที่ใดก็ได้ที่มีสัญญาณ อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายได้ตามปกติ และสามารถปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในการแข่งขันได้ด้วย

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN Control)

2.1.1 โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบ Adhoc เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สายและอุปกรณ์ต่างๆตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป โดยที่ไม่มีศูนย์กลางควบคุมอุปกรณ์ทุกเครื่องสามารถสื่อสารข้อมูลถึงกันได้เอง ตัวส่งจะใช้วิธีการแพร่กระจายคลื่นออกไปในทุกทิศทุกทางโดยไม่ทราบจุดหมายปลายทางของตัวรับว่าอยู่ที่ใด ซึ่งตัวรับจะต้องอยู่ในขอบเขตพื้นที่ให้บริการที่คลื่นสามารถเดินทางมาถึงแล้วคอยเช็คข้อมูลว่าใช่ของตนหรือไม่ ด้วยการตรวจสอบค่า Mac address ผู้รับปลายทางในเฟรมข้อมูลที่แพร่กระจายออกมา ถ้าใช่ข้อมูลของตนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลต่อไป การเชื่อมโยงเครือข่ายที่ใช้โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบ Adhoc ไม่สามารถเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบเครือข่ายอีเธอร์เน็ตได้เนื่องจากบนระบบไม่มีการใช้สัญญาณเลย

2.1.2 โครงสร้างการเชื่อมโยงระบบแบบ Infrastructure มีข้อพิเศษกว่าระบบแบบ Adhoc ตรงที่มี Access Point เป็นศูนย์กลางการเชื่อมโยง (ทำหน้าที่คล้าย Hub) และเป็นสะพานเชื่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สาย อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเข้าสู่เครือข่ายอีเธอร์เน็ตแลนหลัก รวมถึงการควบคุมการสื่อสารข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย

2.2 โปรโตคอล TCP/IP

2.2.1 TCP (Transmission Control Protocol) เป็นหนึ่งในโพรโตคอลหลักในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หน้าที่หลักของทีซีพี คือ ควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย เพื่อใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน เปรียบเสมือนเป็นท่อส่งข้อมูลระหว่างกัน โดยตัวโพรโตคอลจะรับประกันความ

ถูกต้อง และลำดับของข้อมูลที่ส่งผ่านระบบเครือข่าย นอกจากนั้นทีซีพียังช่วยจำแนกข้อมูลให้ส่งผ่านไปยังแอปพลิเคชันที่ทำงานอยู่ให้ถูกต้องด้วย TCP มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ Port และ Socket เป็นช่องทางสำหรับกำหนดทิศทางของการรับส่งข้อมูล โดยวิธีการกำหนดหมายเลข Port ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างกัน เช่น Port 80

2.2.2 IP (Internet Protocol) หรือ IP Address คือ หมายเลขประจำเครื่องคอมพิวเตอร์ ในการรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะถูกกำหนดและอ้างอิงด้วยหมายเลขประจำเครื่องนั้น ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จำเป็นจะต้องมีหมายเลข IP กำหนดไว้ให้กับคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องการ IP ทั้งนี้เวลามีการโอนย้ายข้อมูล หรือสั่งงานใดๆ จะสามารถทราบตำแหน่งของเครื่องที่เราต้องการส่งข้อมูลไป จะได้ไม่ผิดพลาดเวลาส่งข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยตัวเลข 4 ชุด มีเครื่องหมายจุดขั้นระหว่างชุด เช่น 192.168.100.1 หรือ 172.16.10.1 เป็นต้น

3. สนามแข่งขันหุ่นยนต์

สนามแข่งขันหุ่นยนต์มีลักษณะเป็นทางตรงพื้นเรียบ สูงจากพื้น 15 เซนติเมตร กว้าง 1.2 เมตร และมีความยาวของระยะทาง 14.4 เมตร ซึ่งบนพื้นสนามจะประกอบไปด้วยด่านอุปสรรค์ในแต่ละจุดและส่วนต่างๆ ดังนี้

1) จุด START หุ่นยนต์ หรือ จุดวางถุงข้าวสาร เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 70×70 ซม.

2) ด่านท่อนซุง ท่อนซุงแต่ละท่อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 - 6 นิ้ว มีความยาว 1 เมตร วางสลับกันบนพื้นสนามในแนวขวาง รวมความยาวของด่าน 120 ซม.

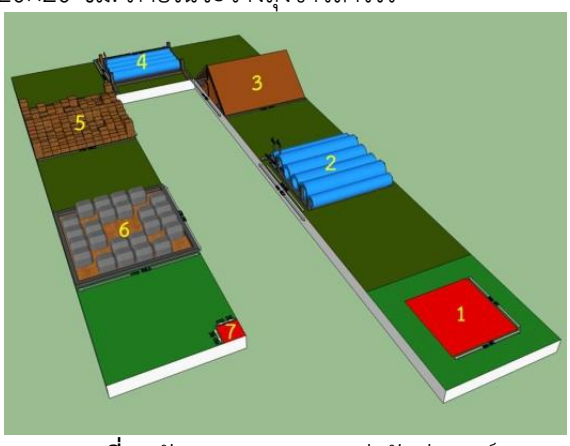
3) ด่านสะพานลาดเอียง สะพานมีความกว้าง 120 ซม. มีทางลาดเอียงสองทางคือทางขึ้นและทางลง แต่ละทางมีความยาว 76 ซม. จุดสูงสุดของสะพานสูงจากพื้นสนาม 43.5 ซม.

4) ด่านสะพานทางแคบ มีความกว้างของทางเข้าและออกขนาด 70 ซม. พื้นสะพานมีท่อนซุงขนาด 4 นิ้ว วางขนานกับพื้นยาว 120 ซม.

5) ด่านท่อนเสาต่างระดับ เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 120×120 ซม. ภายในพื้นที่ประกอบไปด้วยท่อนเสาขนาดต่างๆที่มีความสูงตั้งแต่ 3 ซม. จนถึง 10 ซม. วางคละเคล้ากันจนเต็ม

6) ด่านกองหินก้อนคละ เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 120×120 ซม. ภายในพื้นที่ประกอบไปก้อนหินหลากหลายขนาด วางคละเคล้ากันไป

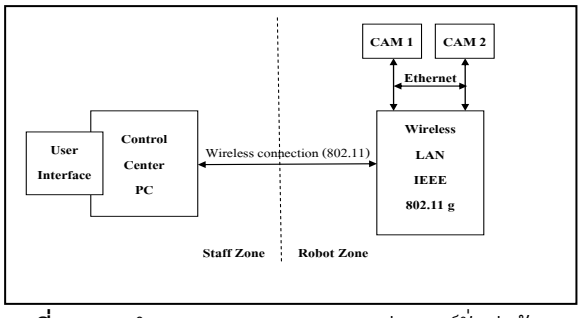
7) จุดรับถุงข้าวสาร เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 20×20 ซม. ภายในจะวางถุงข้าวสารไว้



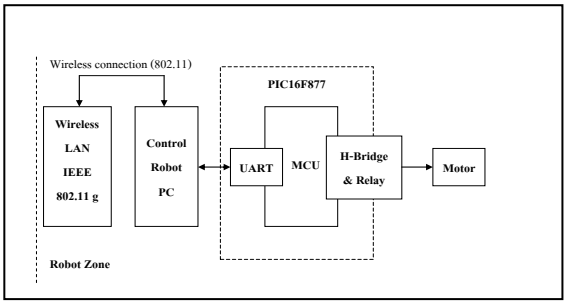
รูปที่ 1 ลักษณะของสนามแข่งขันหุ่นยนต์

4. การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กู้ภัย

4.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน



รูปที่ 2 การทำงานของระบบควบคุมหุ่นยนต์ฝั่งส่งข้อมูล



รูปที่ 3 การทำงานของระบบควบคุมหุ่นยนต์ฝั่งรับข้อมูล

จากรูปที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่าผู้ควบคุมหุ่นยนต์ จะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในห้องควบคุมและเชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่ายไร้สาย [3] โดยในการเชื่อมต่อนั้นจะใช้การเชื่อมต่อด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11 หรือ Wi-Fi โดยจะใช้ Access Point เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูล ส่วนทางด้านหุ่นยนต์นั้นจะถูกติดตั้ง Wireless Access Point เอาไว้เพื่อรับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนตัวหุ่นยนต์ จากนั้นจะส่งคำสั่งในการควบคุมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งงานมอเตอร์ที่ติดเข้ากับส่วนต่างๆ เช่น มอเตอร์ชุดขับเคลื่อน มอเตอร์ชุดแขนยกด้านหน้าหลัง และมอเตอร์ชุดแขนกล เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานตามที่ผู้ควบคุมต้องการ

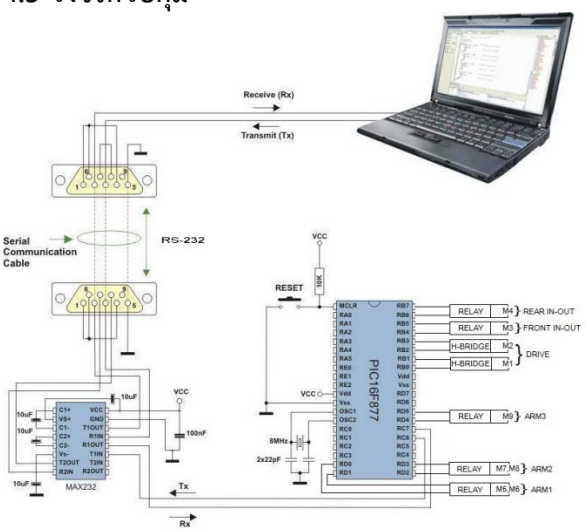
4.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์

โครงสร้างของหุ่นยนต์นี้มีความกว้าง 40 เซนติเมตร มีความยาว 65 เซนติเมตร ความสูง 70 เซนติเมตร และมีน้ำหนักรวมทั้งหมด 35 กิโลกรัม แบ่งเป็นช่วงล่างและช่วงบน ดังนี้



รูปที่ 4 โครงสร้างหุ่นยนต์ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

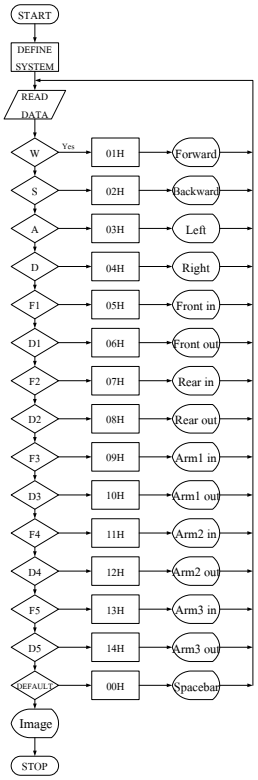
4.3 วงจรควบคุม



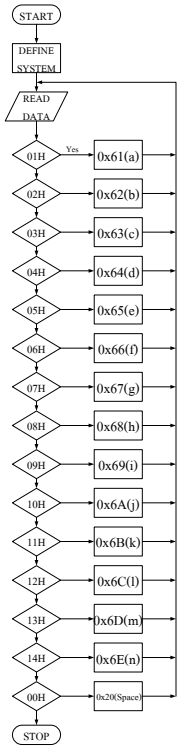
รูปที่ 5 วงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

4.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

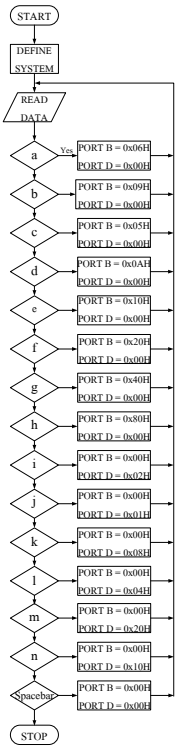
โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จะเริ่มจากฝั่งส่งข้อมูลในส่วนของหน้าจอโปรแกรมของผู้ควบคุม ได้มีการออกแบบโปรแกรมรับค่าจากแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะใช้ควบคุมฟังก์ชันการทำงานของหุ่นยนต์ในแต่ละฟังก์ชัน ซึ่งหลังจากที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุมกับคอมพิวเตอร์ของหุ่นยนต์เพื่อเปิดช่องทางการส่งมูลแล้ว ในการส่งคำสั่งควบคุม ผู้ควบคุมสามารถที่จะคีย์ข้อมูลบนแป้นพิมพ์เพื่อส่งคำสั่งออกไปยังซอฟต์แวร์ที่รันอยู่บนคอมพิวเตอร์ของหุ่นยนต์ โดยโปรแกรมในฝั่งส่งและฝั่งรับข้อมูลนั้นได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Visual C# [4] ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านทางโปรโตคอล TCP/IP จากนั้นโปรแกรมในฝั่งรับข้อมูลจะทำหน้าที่รอรับค่าที่ส่งมาแล้วทำการประมวลผลคำสั่ง แล้วสั่งงานไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS-232) โดยใช้มาตรฐานการสั่งงานไมโครคอนโทรเลอร์ด้วย UART ซึ่งในการควบคุมหุ่นยนต์นั้นจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877 เป็นตัวควบคุมการทำงานโดยใช้ภาษา C [5] ในการพัฒนาโปรแกรมควบคุม ดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6 การทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์
(ก) การทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ฝั่งส่งข้อมูล
(ข) การทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ฝั่งรับข้อมูล
(ค) การทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

5. ผลการทดสอบ

ทำการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุมกับคอมพิวเตอร์ของหุ่นยนต์ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) เมื่อเปิดสวิทช์ (Power) ตัว Access Point จะทำการกระจายสัญญาณ Wireless จากนั้นทำการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุมและของหุ่นยนต์กับสัญญาณ Wireless

2) ส่วนคอมพิวเตอร์ของหุ่นยนต์ให้เปิดโปรแกรม Robot ขึ้นมาจากนั้นทำการเลือก COM Port (หมายเลขพอร์ต USB ที่ใช้เสียบสาย USB to RS-232) แล้วทำการกดปุ่ม Open ดังรูปที่ 7(ก)

3) ส่วนคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุมให้เปิดโปรแกรม Remote ขึ้นมาจากนั้นให้กรอกหมายเลข IP Address ของคอมพิวเตอร์หุ่นยนต์ (ได้จากการเชื่อมต่อกับ Access Point) ลงในช่อง Connection แล้วกดปุ่ม Connect ในส่วนของสัญญาณภาพจะแสดงขึ้นอัตโนมัติเมื่อมีการเชื่อมต่อกับ Access Point เมื่อเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้วก็สามารถที่จะควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้ตามต้องการ ดังรูปที่ 7(ข) ดังนี้



(ก)โปรแกรม Robot (ข) โปรแกรม Remote

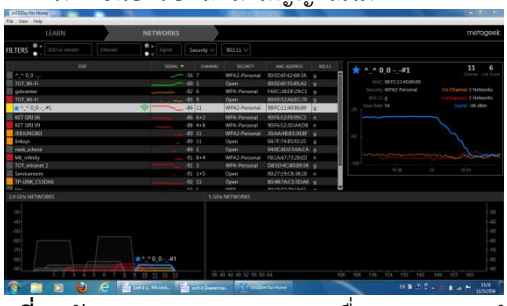
รูปที่ 7 โปรแกรมการควบคุมหุ่นยนต์

4) ทำการทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ (เครื่องควบคุม) โดยใช้โปรแกรม ,inSSIDer 3 ในระยะไม่เกิน 1 เมตร ค่าที่ได้ -28 dBm ค่าความถี่ 802.11 G อยู่ในย่านความถี่ 24 GHz จะเห็นได้ว่า กราฟที่แสดงสัญญาณ wireless มีเส้นตรงและค่อนข้างเรียบ แสดงว่าเป็นสัญญาณที่ดี



รูปที่ 8 สัญญาณ Wireless จากเครื่องควบคุมตัวส่ง

5) ทำการทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ (เครื่องควบคุมบนตัวหุ่นยนต์) โดยใช้โปรแกรม inSSIDer 3 ในระยะไม่เกิน 40 เมตร ค่าที่ได้ -86 dBm ค่าความถี่ 802.11 G อยู่ในย่านความถี่ 24 GHz จะเห็นว่า กราฟที่แสดงสัญญาณ wireless จะตกลง เมื่อออกห่างจากเครื่องส่ง และยิ่งออกห่างมากขึ้นยิ่งรับและส่งสัญญาณไม่ดี

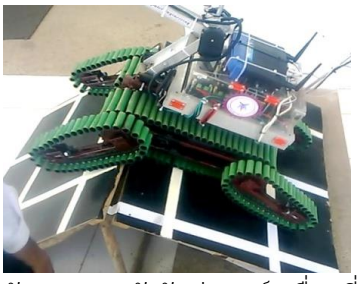


รูปที่ 9 สัญญาณ Wireless จากเครื่องควบคุมบนตัวหุ่นยนต์ตัวรับ

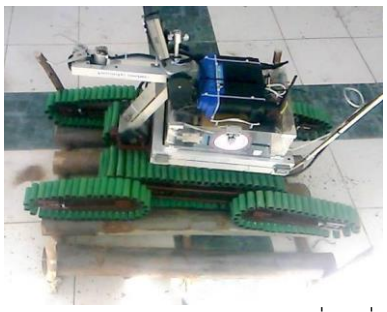
6) ทำการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะอ้างอิงจากสนามการแข่งขัน โดยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนด่านอุปสรรคในแต่ละจุด และจำกัดพื้นที่ของผู้ควบคุมไม่ให้มองเห็นสนามได้ด้วยสายตา ซึ่งมีวิธีการ ดังนี้



รูปที่ 10 ลักษณะการบังคับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านด่านท่อนซุง



รูปที่ 11 ลักษณะการบังคับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านด่านสะพานลาดเอียง



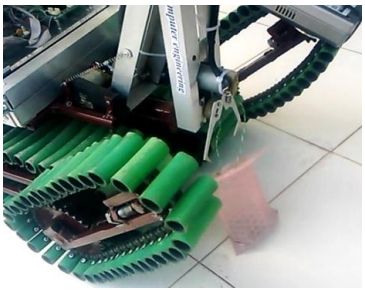
รูปที่ 12 ลักษณะการบังคับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านด่านสะพานทางแคบ



รูปที่ 13 ลักษณะการบังคับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านด่านท่อนเสาต่างระดับ



รูปที่ 14 ลักษณะการบังคับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านด่านกองหินก้อนคละ



รูปที่ 15 ลักษณะการบังคับแขนกลหุ่นยนต์หยิบจับสิ่งของตามที่ต้องการ

6. บทสรุป

จากการทดสอบหุ่นยนต์สามารถรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กของผู้ควบคุมในรัศมีการควบคุมไม่เกิน 40 เมตรได้เป็นอย่างดี โดยสามารถควบคุมฟังก์ชันการทำงานของหุ่นยนต์ได้ทุกฟังก์ชัน เช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา แขนยกด้านหน้าเข้า-ออก แขนยกด้านหลังเข้า-ออก แขนกลท่อนล่างพับเข้า-ออก แขนกลท่อนบนพับขึ้น-ลง มือคีบเข้า-ออกได้ตามต้องการ และสามารถรับ-ส่งสัญญาณภาพในรัศมี 40 เมตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ หุ่นยนต์มีโครงสร้างที่เป็นส่วนของแขนยกด้านหน้าและด้านหลัง ทำให้มีสมรรถนะในการเคลื่อนที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านด่านอุปสรรคต่างๆได้ดีขึ้น เช่น สามารถเคลื่อนที่ผ่านด่านท่อนซุงใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.10 วินาที ด่านสะพานลาดเอียงใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.23 วินาที ด่านสะพานทางแคบใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.09 วินาที ด่านท่อนเสาต่างระดับใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.14 วินาที และด่านกองหินก้อนคละใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.09 วินาที เป็นต้น สามารถนำพัฒนาการของหุ่นยนต์เหล่านี้มาเพิ่มศักยภาพให้มีการสอดแนม และเป็นหุ่นยนต์กู้ภัยในด้านการทหารได้ โดยไม่ต้องเกิดการสูญเสียกำลังพลในการกู้ภัย และมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ (2538). รีโมตเครื่องควบคุมไร้สาย, กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

[2] Kyungmin Jeong, Jongkyu Kang (2006). A Remotely Operated Robotic System for Urban Search and Rescue, SICE-ICASE International Joint Conference, Busan Korea, Page 3142 – 3145.

[3] อำนาจ มีมงคล และคณะ (2553). ออกแบบและติดตั้งระบบ Wireless LAN เวอร์ชั่น 2, นนทบุรี: บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด.

[4] ธีรวัฒน์ ประกอบผล (2554). คู่มือการพัฒนาแอพพลิเคชันด้วย Visual C# 2010, กรุงเทพมหานคร: บริษัท ธีไวว่า จำกัด.

[5] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง (2555). Advance PIC Microcontroller in C, กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยการอ่านค่าความนำไฟฟ้าด้วยตัวตรวจวัดแบบอนาล็อกสื่อสารผ่านระบบ IoT

The feasibility study of water quality measurement using analog electrical conductivity sensor via IoT communication.

เกศศักดิ์ดา ศรีโคตร[1], วรางคณา เหนือคูเมือง[2] และ อัมพวรรณ ยินดีมาก[1,*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

*ผู้ติดต่อ: gatesakda@gmail.com, 0871118559

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอ ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ตัวตรวจวัดทางอิเล็กทรอนิกส์แบบอนาล็อก เพื่อใช้ในการวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำที่มีค่าแปรผันตรงกับค่าความเค็ม ซึ่งส่งผลโดยตรงกับคุณภาพของการปลูกพืช วิธีที่นำเสนอคือการวัดค่าความนำไฟฟ้าด้วยการอ่านค่าระดับแรงดันที่ได้จากสารละลายตัวอย่างจำนวนสองตัวอย่าง แล้วนำไปสร้างเป็นสมการเชิงเส้นเพื่อใช้สำหรับการแปลงค่าแรงดันให้เป็นค่าความนำไฟฟ้าในการอ่านค่าครั้งต่อไป แล้วจึงส่งค่าที่อ่านและคำนวณได้ไปยังผู้ใช้งานผ่านระบบแลนไร้สาย จากผลการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างสารละลายสองตัวอย่างเพื่อสร้างสมการเชิงเส้นและสอบเทียบเครื่องมือ แล้วจะใช้สารละลายอีกสองตัวอย่างเพื่อทดสอบการทำงาน พบว่าระบบให้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 99.2 ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถใช้งานได้จริงและเหมาะสมที่จะนำไปสร้างเป็นระบบวัดคุณภาพน้ำต่อไป

คำหลัก: ค่าความนำไฟฟ้า, อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ตัวตรวจวัดแบบอนาล็อก

Abstract

This article presents the feasibility study to use an analog sensor for electrical conductivity measurement. The electrical conductivity is the one of water quality factor, which implied to salinity salts and impurities in the water. This paper proposes to use two difference of electrical conductivity samples solution for draw out the line to describe the relationship between the analog and the electrical conductivity. After the electrical conductivity is calculated, the data is transmitted via Wifi to the user smartphone. Experimental results shown that, after testing by another two difference of electrical conductivity sample, the percentage of accuracy is 99.2.

Keywords: Electrical conductivity, Internet of things, Analog sensor.

1. บทนำ

การวัดค่าความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ในน้ำที่นำมาใช้เพาะปลูก ถือเป็นสิ่งสำคัญที่เกษตรกรยังมิได้ให้ความสำคัญมากนัก อันเนื่องมาจากหลายปัจจัย เช่น องค์ความรู้ ผลกระทบและเรื่องของต้นทุนที่จะเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความนำไฟฟ้านั้นสามารถสะท้อนให้เห็นถึงค่าความเค็มของน้ำได้ อันจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง โดยน้ำที่สามารถนำมาเพาะปลูกได้นั้นไม่ควรมีค่าความนำไฟฟ้าสูงเกิน 750 micro-mhos/cm (Siemens/cm) [1-2] หากสูงเกินค่านี้จะส่งผลให้เกิดการไหม้ของใบ โดยเฉพาะการเพาะปลูกกล้วยไม้ที่จำเป็นต้องมีการใช้น้ำในปริมาณมากทำให้การเพาะปลูกจำเป็นต้องอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ทำให้กลายเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการได้รับ

ผลกระทบจากน้ำเค็มเนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณปากแม่น้ำที่มีโอกาสจะเกิดการหนุนสูงของน้ำทะเล ซึ่งกล้วยไม้เป็นอีกหนึ่งพืชเศรษฐกิจของไทย โดยในแต่ละปีมีมูลค่าสูงถึง 3,000 ล้านบาท ดังจะเห็นได้จากผลกระทบเมื่อปี 2558 [3] พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ประกอบด้วย อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม พื้นที่ปลูกกล้วยไม้ ๑,๒๑๔ ไร่ เกษตรกร ๙๘ ครัวเรือน จังหวัดสมุทรสาคร 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสมุทรสาคร และอำเภอกระทุ่มแบน พื้นที่รวม 2,000 ไร่ และกรุงเทพมหานครมีพื้นที่ปลูกกล้วยไม้มีปัญหาน้ำเค็มจนส่งผลกระทบกับผลผลิต จำนวน ๓ เขต ได้แก่ เขตทุ่งครุ เขตจอมทอง เขตบางขุนเทียน มีเกษตรกรกล้วยไม้ประสบปัญหาน้ำเค็มจำนวน ๑๓ ราย พื้นที่รวม ๕๐ ไร่ แต่การวัดค่าความเค็มของน้ำในปัจจุบัน ยังต้องใช้เจ้าหน้าที่ของทางราชการมาตรวจวัดให้ตามรอบวันเวลาที่กำหนดซึ่งอาจจะไม่ทันการในกรณีที่เกิดน้ำทะเลหนุนสูงกว่าปกติ จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างระบบที่สามารถวัดค่าความเค็มของน้ำได้แบบทันที (Real time) โดยให้เกษตรกรสามารถอ่านค่าได้จากโทรศัพท์มือถือ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สะดวกและสามารถเข้าถึงได้ง่ายและรวดเร็วเนื่องจากในปัจจุบันมีราคาถูก อีกทั้งเป็นสิ่งที่ทุกคนใช้ในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการอ่านค่าความนำไฟฟ้าผ่านตัวตรวจวัดแบบอนาล็อก และส่งข้อมูลเข้ามายังโทรศัพท์มือถือผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT)

2. การอ่านค่าความนำไฟฟ้าด้วยตัวตรวจวัดแบบอนาล็อก

2.1 การอ่านค่าความนำไฟฟ้าอ่าน Platinum black electrode

ในการอ่านค่าความนำไฟฟ้าในปัจจุบันจะมี conductivity electrode 2 ชนิดให้เลือกใช้คือ Shiny electrode และ platinum black electrode ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ platinum black electrode เนื่องจากคุณสมบัติที่มีพื้นที่จริง (True area) มากกว่าขนาดทางเรขาคณิต (geometrical area) จากการผ่านขั้นตอน Platinization of platinum ทำให้มีพื้นที่ในการนำมาคำนวณที่มากกว่าชนิด shiny [4]

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{1}$$

เมื่อ R คือ ความต้านทาน, Ω

ρ คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทาน, $\Omega \cdot m$

L คือ ความยาว, m

โดยค่าความนำไฟฟ้า k หาได้จาสมการที่ 2

$$k = \frac{1}{\rho} \tag{2}$$

จากสมการที่ 1 และ 2 จะได้ว่า

$$k = \frac{1}{R} \cdot \frac{L}{A} \tag{3}$$

และจากฟังชั่นก์ถ่ายโอน (Transfer function) ของวงจรวัดค่าคือ

$$V_{out} = \frac{R_f}{R} \times |V_{in}| \tag{4}$$

เมื่อ R คือ ความต้านทางของของเหลวเมื่อจุ่มหัว electrode ลงให้สารละลายที่ต้องการวัดค่า, Ω

R_f คือ ค่าความต้านทานป้อนกลับของวงจรอินพุทของวงจรวัด, Ω

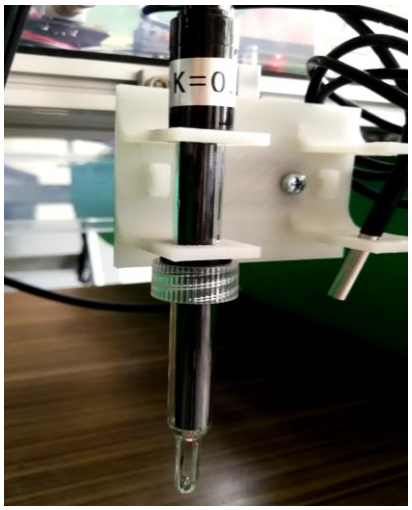
เมื่อนำค่า R จากสมการที่ 4 แทนลงในสมการที่ 3 จะได้ว่า

$$k = \frac{Q}{R_f \cdot |V_{in}|} \times V_{out} \tag{5}$$

เมื่อ Q คือค่า vessel constant ซึ่งแต่ละตัวนำไฟฟ้าจะมีค่าที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากสมการที่ 5 จะพบว่าค่าความนำไฟฟ้าของสารละลายจะมีค่าเป็นเชิงเส้น (Linear) กับแรงดันทางด้าน output

2.2 การสอบเทียบค่าสัญญาณที่ได้ กับสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน

การอ่านค่าความนำไฟฟ้าผ่านตัวตรวจวัดแบบอนาล็อกดังรูปที่ 1 นั้นค่าที่ได้จะเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงเป็นแบบเชิงเส้นกับค่าความนำไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณค่าย้อนกลับเพื่อให้สามารถอ่านค่าที่ได้เป็นค่าความนำไฟฟ้า เพื่อประกอบการพิจารณาค่าความเค็ม



รูปที่ 1 ตัวตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าแบบอนาล็อก

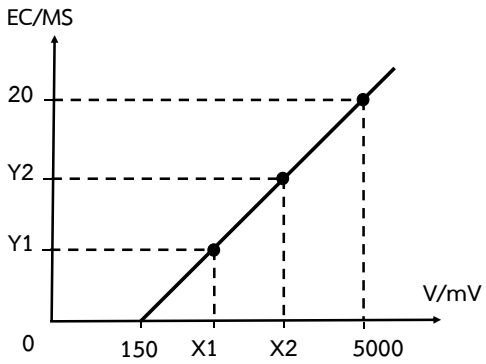
การอ่านค่าความนำไฟฟ้านั้น จะใช้วิธีอ่านจากค่าจากสารละลายมาตรฐานสองตัวอย่างที่เราทราบค่าความนำไฟฟ้าที่แน่นอนแล้วนำมาคำนวณหาสมการเชิงเส้นที่ใช้แทนระบบการคำนวณทั้งหมด ในงานวิจัยนี้ใช้ค่ามาตรฐานที่ให้มาจากโรงงานผู้ผลิตคือ 1,413 us/cm และ 12.88 ms/cm ดังรูปที่ 3 โดยแต่ละ conductivity solution จะให้ค่าแรงดันที่แตกต่างกัน กำหนดให้ค่าแรงดันที่ได้จากตัวอย่างที่ 1 (1.413 ms/cm) เป็น V_1

$$(x_1, y_1) = (V_1, 1.413)$$

ตัวอย่างที่ 2 (12.88 ms/cm) เป็น V_2

$$(x_2, y_2) = (V_2, 12.88)$$

เมื่อได้จุด 2 จุดที่เส้นตรงตัดผ่านทำให้เราสามารถหาสมการเส้นตรงสำหรับการคำนวณค่าในครั้งถัดไปได้ดังรูปที่ 2



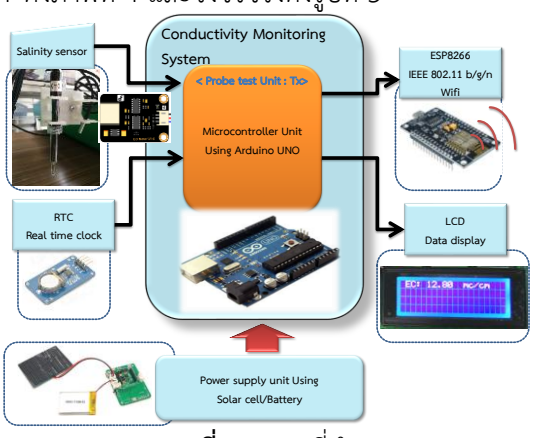
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและค่าความนำไฟฟ้า



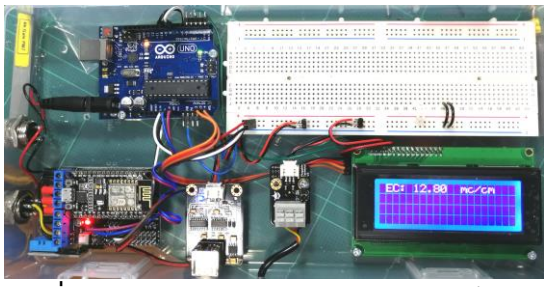
รูปที่ 3 ตัวอย่างสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าความนำไฟฟ้า สำหรับสอบเทียบและทดสอบวิธีการที่นำเสนอ

2.3 การออกแบบระบบ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ตัวตรวจวัดแบบอนาล็อกสำหรับการอ่านค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้หัววัดสัญญาณค่าความนำไฟฟ้าที่มีช่วงการทำงานที่ 1ms/cm-20ms/cm ความละเอียด ±10% สำหรับการใช้งานร่วมกับบอร์ดประมวลที่มีความละเอียดทางด้านอินพุท 10 bits ADC Operating voltage +5V เชื่อมต่อด้วยหัว BNC รับสัญญาณเข้ามาผ่านบอร์ด AVR/Arduino UNO ซึ่งเป็นบอร์ดที่มีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย มีความแม่นยำ และมีช่องสำหรับเชื่อมต่ออินพุตและเอาพุตที่เพียงพอ จากนั้นจะนำสัญญาณอนาล็อกที่ได้ไปประมวลผลเพื่อคำนวณหาค่าความนำไฟฟ้า แล้วส่งค่าที่ได้ไปยังบอร์ด ESP8266 ซึ่งเป็นบอร์ดแบบ low-cost Wifi microchip with full TCP/IP stack IEEE802.11 b/g/n โดย Arduino UNO และ ESP8266 จะเชื่อมต่อกันด้วย Serial ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อเพื่อแสดงผลที่ได้ไปยังโทรศัพท์มือถือผ่านระบบ IoT ดังภาพที่ 4 และวงจรจริงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ระบบที่นำเสนอ



รูปที่ 5 วงจรรับสัญญาณประมวลผล และส่งข้อมูล

3. ผลการทดสอบ

การทดสอบอ่านค่าความนำไฟฟ้า จะทำการทดสอบกับสารละลายตัวอย่างที่ทราบค่ามาตรฐานที่แน่นอน 2 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นคนละตัวอย่างกับที่นำมาสอบเทียบหัวอ่านในตอนแรก โดยตัวอย่าง 1.413 ms/cm จะอ่านค่าได้ 1.40 ms/cm และสารละลายตัวอย่าง 12.88 ms/cm จะอ่านค่าได้ที่ 12.80 ms/cm ซึ่งเมื่อนำไปหาค่าความแม่นยำจะมีค่าเท่ากับร้อยละ 99.2

4. สรุปผล

จากผลการทดสอบซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำด้วยการใช้ตัวตรวจจับแบบอนาล็อก พร้อมทั้งส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือเพื่อเป็นการรายงานผลค่าความเค็มน้ำแบบเวลาจริง (Real time) จากการทดสอบจะพบว่าระบบให้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 99.2 ซึ่งจากผลดังกล่าวจะทำให้สามารถสรุปได้ว่าระบบมีความแม่นยำเพียงพอที่จะนำไปพัฒนาเป็นระบบตรวจวัดค่าความเค็มของน้ำได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี พ.ศ. 2561 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เป็นอย่างสูงต่อการสนับสนุนด้านการดำเนินงานและข้อมูลที่เป็นประโยชน์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2541). คู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล . เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ

[2] ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง, ทิศธิยา คชศักดิ์, งามขำ จินดา, อัมพิกา ม่วงพา และ สมพงษ์ แช่มล้วน. (2545). คู่มือการปฏิบัติงาน เล่มที่ 2, การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดิน. เอกสารประกอบการประชุมหน่วยตรวจสอบ และเฝ้าระวังคุณภาพวัตถุดิบสัตว์น้ำและแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง วันที่ 21-23 มกราคม 2545 ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี, หน้า 21-31.

[3] *ปัญหาน้ำเค็มในพื้นที่แหล่งผลิตกล้วยไม้*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://ssnet.doae.go.th/wp-content/uploads/2015/01/ปัญหาน้ำเค็ม.doc, เข้าดูเมื่อวันที่ 21/07/2561.

[4] Analog EC Meter SKU:DFR0300, DFRobot Electronic Product Wiki and Tutorial: Arduino and Robot Wiki-DFRobot.com. (2017), URL: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300#Sample_Code

การออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ 2 แกนสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

The Design and Construction of Automatic 2-axis Solar Cell Tracker for Solar Cell Panel Controlled by Microcontroller

ชัยพร อัดโดดดร วินัย คำทวี นิติคม อริยพิมพ์ พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น 40000
E-mail: chaiporn2517@gmail.com Tel: 094-9710340

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ 2 แกนสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการให้กำลังงานระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งอยู่กับที่กับแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ 2 แกน โดยระบบติดตามจะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 VDC จำนวน 2 ตัว และมีตัวต้านทานไวแสง LDR จำนวน 4 ตัว ตรวจจับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ เพื่อให้แผงโซลาร์เซลล์ตั้งฉากกับแสงดวงอาทิตย์ตลอดเวลา และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง โดยใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด ซึ่งจากการทดสอบการทำงาน จะพบว่า แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ 2 แกน จะให้กำลังงานไฟฟ้ามากกว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และจากการทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์แบบเคลื่อนที่ได้เปรียบเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า จะได้ผลสรุปดังนี้ ในวันที่มีแสงแดดมากช่วงเวลา 07.00 น. ถึง 10.00 น. จะได้กระแสไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน แต่พอหลังเวลา 10.00 น. ไปจนถึงเวลา 17.00 น. แผงโซลาร์เซลล์แบบเคลื่อนที่ได้จะให้กระแสไฟฟ้าที่มากกว่า และจากผลรวมกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ตลอดทั้งวัน แผงโซลาร์เซลล์แบบเคลื่อนที่ได้จะได้กระแสไฟฟ้ามากกว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ซึ่งได้กระแสไฟฟ้ามากกว่าถึง 43.58 %

Abstract

This paper presents the design and construction of automatic 2-axis solar cell tracking system for solar cell panel controlled by microcontroller to analyze and compare the power performance between the fixed installed solar panel and automatic 2-axis solar tracker driven by 2 DC motors of 12 VDC and 4 optical resistors LDR detects the intensity of light from the sun to make solar panel is perpendicular to the sun at all times. The PIC16F877 microcontroller is controller that uses the C language to write the program all the system. Based on the tests, 2-axis solar tracker will provide more power than the fixed installed solar panel and from the testing of the electricity measured from the 2-axis solar tracker compared to the fixed installed solar panel then use a multi meter. The results are summarized as follows: on a very sunny day from 07:00 to 10:00, the electricity is similar and enough after 10:00 am until 5:00 pm, 2-axis solar tracker will get more electricity and from the total electricity measured throughout the day, 2-axis solar tracker will have more electricity than the fixed installed solar panel at 43.58 %.

Keywords: Solar Cell Panel, Fixed Installed, 2-axis solar tracker, Microcontroller, Power performance.

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์ [1] เป็นพลังงานคืนรูปที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ มีปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ และยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าโดย "เซลล์แสงอาทิตย์" ซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้เปลี่ยนจากพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [2] และมีการนำมาใช้งาน ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรงเพื่อใช้เป็นพลังงานสำรอง แต่ประสิทธิภาพในการรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่ดีพอ โดยการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ส่วนใหญ่มักจะเป็นแบบระบบติดตั้งเอียงกับแนวแกนเส้นขอบฟ้าเป็นมุม 15 องศาของพื้นโลก ซึ่งการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นไม่อาจผลิตได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดทั้งวัน ด้วยเหตุนี้การทำให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อให้แผงโซลาร์เซลล์นั้นผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดทั้งวัน และการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ไม่ซ้ำตำแหน่งเดิมในแต่ละฤดูกาล ระบบควบคุมแผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน จึงไม่สามารถทำให้แผงโซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดทั้งปี

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงคิดที่จะทำการปรับปรุงให้การรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยการเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ให้สามารถทำงานได้ดีกว่าที่มีอยู่เดิม และจากการทำงานของระบบ การทำงานเดิมที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์ได้จึงทำให้ไม่สามารถรับแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ดีเท่าที่ควร จากการทำงานของระบบเดิมจึงได้พัฒนาระบบเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่แผงโซล่าเซลล์ตามความเข้มของแสงแบบอัตโนมัติ 2 แกน [3] [4] เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้แผงโซลาร์เซลล์ให้หมุนไปตามทิศทางการหมุนของดวงอาทิตย์และให้สามารถกักเก็บพลังงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ไปใช้แทนพลังงานไฟฟ้า โดยที่เราไม่ต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าและเป็นการลดภาวะโลกร้อนได้ด้วย

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลก นำมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และในทันทีมีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบ ที่เรียกว่า Proton จะถ่ายเทพลังงานให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของ Atom และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระแบ่งได้ 2 ชนิดคือ ชนิดที่ 1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน แบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) แบบผลึกรวม (Polycrystalline) และแบบไม่มีรูปผลึก (Amorphous) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell) ชนิดที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ เช่น สารประกอบแกลเลี่ยมอาเซไดอาเซไนด์ เป็นต้น ซึ่งมีทั้งแบบผลึกเดี่ยวและผลึกรวม ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูง

2.2 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

2.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม(Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

2.2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามากและประสิทธิภาพเพียง 10%

2.2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่น ๆ เช่น แกลเลี่ยม แคดเมียมเทลเลอไรด์และคอปเปอร์ - อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20 - 25%

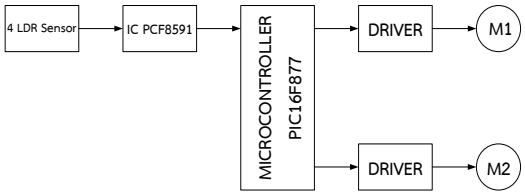
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

PIC คือ Microcontroller อีกตระกูลหนึ่งย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง

Concept ของ Microcontroller ตระกูลนี้ก็คือพยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น Program Memory, Ram, EEPROM, SERIAL, I²C, PWM, A/D และฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU การเขียนโปรแกรม Microcontroller ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบน Microcontroller (ต่อไปจะของเรียกสั้นๆว่า MCU) แบ่งได้เช่นเดียวกับ การเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำภาษาระดับสูงเช่น C, Basic ข้อดีคือเขียนง่ายแก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วนข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่ ภาษาระดับต่ำ ซึ่งก็คือ ภาษา Assembly ข้อดีคือ ตัว Compiler แจกฟรีขนาดโปรแกรมหลังจาก Compiled แล้วมีขนาดเล็ก โปรแกรมมีความเร็ว แต่ข้อเสียก็คือเขียนยากเพราะลักษณะภาษาไม่ค่อยสื่อความหมาย แก้ไขเปลี่ยนแปลงยาก

3. การออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

จากรูปที่ 1 เริ่มต้นการทำงานเซนเซอร์รับแสง LDR จะเป็นตัวรับแสงจากดวงอาทิตย์ โดยจะทำหน้าที่ตรวจจับความเข้มของแสง แล้ว IC PCF8591 จะเป็นตัวรับค่าเพื่อทำการแปลงค่าอนาลอกที่ได้ให้เป็นดิจิตอล แล้วส่งค่าที่ได้ไปให้ Microcontroller PIC16F877 ประมวลผลโดยใช้ภาษา C [5] ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด หากตำแหน่งใดแสงไม่เข้มก็ให้กลับไปทำงานใหม่อีกครั้ง แต่หากตำแหน่งที่ได้แสงเข้มมากก็ให้ทำงานต่อโดย Microcontroller PIC16F877 จะเป็นตัวประมวลผลแล้วส่งไปยังวงจรขับมอเตอร์ เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงาน และไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการควบคุมมอเตอร์ให้หมุน จากนั้นมอเตอร์จะเป็นตัวขับให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มแสงมากที่สุดและหยุดการทำงาน จากนั้นก็ทำการเก็บพลังงานที่ได้ให้กับแบตเตอรีเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

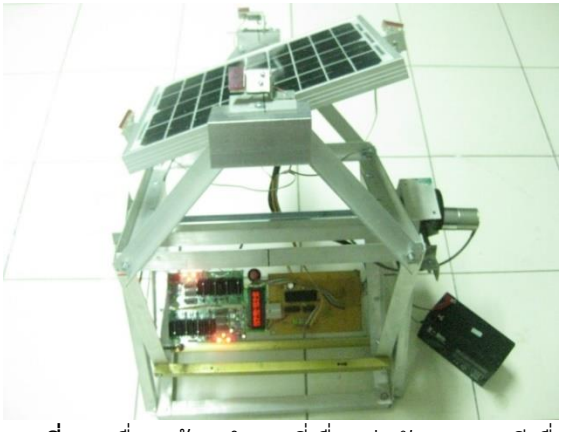
3.2 โครงสร้างของระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 2 แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 10 W

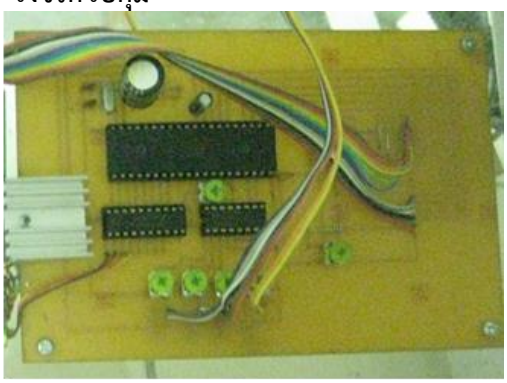


รูปที่ 3 การวางเครื่องให้อยู่ในตำแหน่งที่รับแสงได้ดี

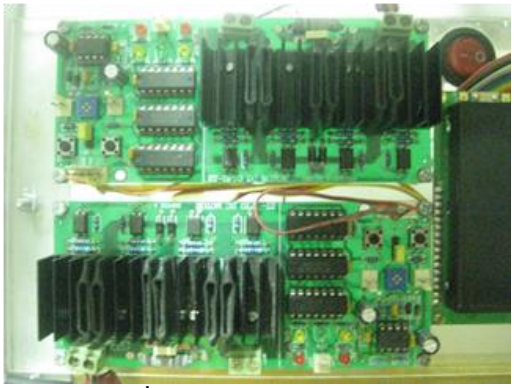


รูปที่ 4 เครื่องพร้อมทำงานที่เชื่อมต่อกับแบตเตอรีเพื่อกักเก็บพลังงาน

3.3 วงจรควบคุม

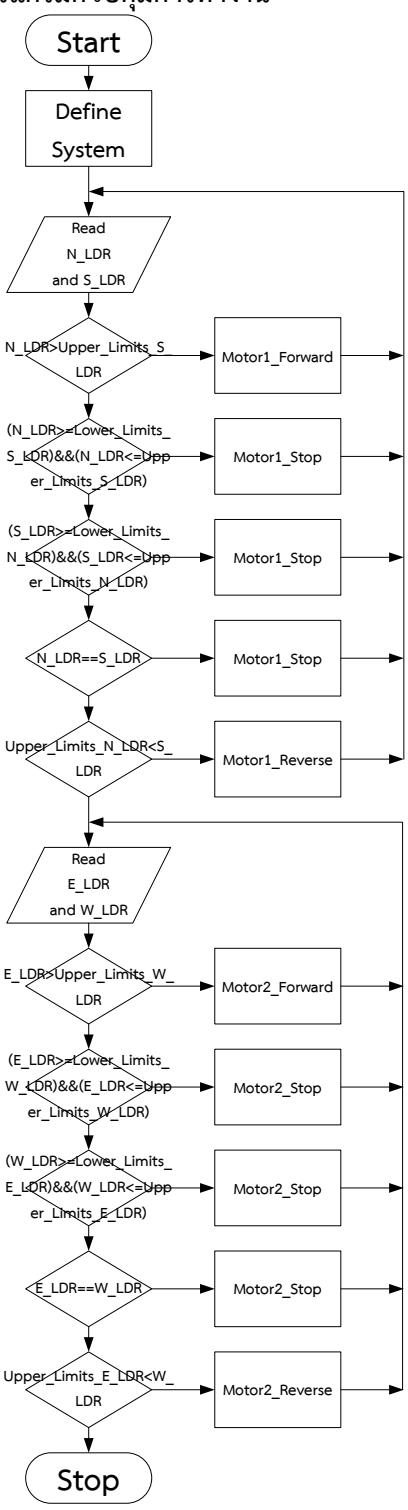


รูปที่ 5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877



รูปที่ 6 วงจรขับมอเตอร์ 2 ตัว

3.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน



รูปที่ 7 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

4. ผลการทดสอบ

ทดสอบให้ระบบควบคุมการเคลื่อนที่แผงโซลาร์เซลล์ตามความเข้มของแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ เปรียบเทียบกับการที่แผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งอยู่กับที่ โดยใช้โวลท์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V) และกระแสอินพุต (A) ในแต่ละช่วงเวลา

การทดลองที่ 1 การทดลองเมื่อไม่ให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่

ตารางที่ 1 การทดลองเมื่อไม่ให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่

ช่วงเวลา	กระแส (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังงาน (W)
07.00น.	0.42	19.95	8.37
08.00 น.	0.52	19.73	10.25
09.00 น.	0.63	19.13	12.05
10.00 น.	0.64	18.95	12.12
11.00 น.	0.65	19.03	12.36
12.00 น.	0.67	19.06	12.77
13.00 น.	0.63	19.01	11.97
14.00 น.	0.57	19.17	10.92
15.00 น.	0.53	18.91	10.02
16.00 น.	0.45	18.57	8.35
17.00 น.	0.05	16.84	0.84
ค่าเฉลี่ย	0.52	18.94	10.00
% ความผิดพลาด	22.39 %	0.63 %	21.69 %

จากตารางที่ 1 ผลจากการทดลอง เมื่อไม่ให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ เงื่อนไขในการทดสอบ โดยการวางแผงโซลาร์เซลล์ให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์มากที่สุด เมื่อพิจารณาเวลาที่ให้ค่ากระแสมากที่สุด คือ เวลา 10.00 น. ค่ากระแสอินพุต 0.58 แอมแปร์ (A) แรงดันไฟฟ้าอินพุต 18.90 โวลท์ (V) และค่ากำลังงาน 10.96 วัตต์ (W) และมีค่าเฉลี่ยกระแสอินพุต 0.29 แอมแปร์ (A) ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอินพุต 18.29 โวลท์ (V) ค่าเฉลี่ยกำลังงาน 5.63 วัตต์ (W)

การทดลองที่ 2 การทดลองเมื่อให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามความเข้มของแสงอาทิตย์

ตารางที่ 2 การทดลองเมื่อให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามความเข้มของแสงอาทิตย์

ช่วงเวลา	กระแส (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังงาน (W)
07.00น.	0.33	19.94	6.58
08.00 น.	0.42	19.75	8.29
09.00 น.	0.54	19.19	10.36
10.00 น.	0.58	18.90	10.96
11.00 น.	0.52	18.96	9.85
12.00 น.	0.40	19.06	7.62
13.00 น.	0.27	18.90	5.10
14.00 น.	0.13	17.14	2.22
15.00 น.	0.04	17.16	0.68
16.00 น.	0.02	16.85	0.33
17.00 น.	0.00	15.40	0.00
ค่าเฉลี่ย	0.29	18.29	5.63
% ความผิดพลาด	50 %	3.23 %	48.63 %

จากตารางที่ 2 ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อแผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามความเข้มของแสงอาทิตย์ เริ่มตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. แผงโซลาร์เซลล์จะเคลื่อนที่ตามตำแหน่งของ Sensors ที่จับความเข้มของแสง จะได้ค่ากระแสอินพุตที่มากกว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ยึดติดอยู่กับที่ ส่งผลให้สามารถจัดเก็บพลังงานได้มากกว่า เมื่อพิจารณาเวลาที่ให้ค่ากระแสมากที่สุด คือ เวลา 12.00 น. ค่ากระแสอินพุต 0.67 แอมแปร์ (A) แรงดันไฟฟ้าอินพุต 19.06 โวลท์ (V) และค่ากำลังงาน 12.77 วัตต์ (W) และมีค่าเฉลี่ยกระแสอินพุต 0.52 แอมแปร์ (A) ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอินพุต 18.94 โวลท์ (V) ค่าเฉลี่ยกำลังงาน 10.00 วัตต์ (W)

5. บทสรุป

จากการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์แบบเคลื่อนที่ได้โดยเปรียบเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์ที่ยึดติดอยู่กับที่ แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า ได้ผลสรุปดังต่อไปนี้ ในวันที่มีแสงแดดมากในช่วงเวลา 07.00 น. ถึง 10.00 น. จะได้กระแสไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน และพอหลังเวลา 10.00 น. ไปจนถึงเวลา 17.00 น. แผงโซลาร์เซลล์แบบเคลื่อนที่ได้จะได้กระแสไฟฟ้าที่มากกว่าและจากผลรวมกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ตลอดทั้งวัน แผงโซลาร์เซลล์แบบเคลื่อนที่ได้จะได้กระแสไฟฟ้ามากกว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ยึดติดอยู่กับที่มากกว่าถึง 43.58 % ซึ่งในช่วงเวลาที่รับพลังงานได้ดีที่สุดคือ ช่วงเวลา 10.00 - 12.00 น. ค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.64 - 0.67 (A) แรงดันไฟฟ้าจะอยู่ระหว่าง 18.95 - 19.06 (V) และนอกจากนี้ในการทดสอบรับพลังงานแสงจากแหล่งต่างๆ นอกจากแสงจากดวงอาทิตย์แล้วไม่ว่าแสงอะไรก็สามารถให้พลังงานที่จะกระตุ้นเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถใช้งานได้ แต่จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าแสงจากดวงอาทิตย์

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่แผงโซลาร์เซลล์ตามความเข้มของแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบและมีประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งแนวทางในการพัฒนาต่อควรทำ ดังนี้

1) ควรพัฒนาให้มีการบันทึกและแสดงผลค่ากำลังงานผ่านจอ LCD พร้อมกับแสดงค่ากระแสและแรงดันบนคอมพิวเตอร์ได้

2) ควรพัฒนาให้มีการเรียกดูบันทึกค่ากำลังงานที่วัดได้ในแต่ละวันผ่านจอ LCD ภายในเครื่อง

3) ควรพัฒนาให้มีการตรวจเช็คสถานะการทำงานและเรียกดูค่ากำลังงานผ่านระบบเครือข่ายได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ดอนสัน ปงผาน (2538). พลังงานทดแทน1, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : สุรีวิยาสาส์น,

[2] วิทย์ ธารชลานุกิจ และคณะ (2547). Solar cell, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น,

[3] วันชัย จันทร์กระจ่าง และคณะ (2546). ชุดเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (โทรคมนาคม) บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] พลเทียน ด่านดาหาร และคณะ (2551). ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ 2 แกน สำหรับแผงโซลาร์เซลล์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมไฟฟ้า ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง (2555). Advance PIC Microcontroller in C, กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.

การพัฒนาโรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกแตงเทศ

Development of smart greenhouse planting for increase the efficiency of planting melon

นนทนันท์ พลพันธ์* ประภาส สารรัตน์ และ ภัทรีนันทน์ ชวีวัฒน์

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด 45120
*ผู้ติดต่อ: jackroiet@yahoo.com, 0981046832, 043556111

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกแตงเทศ สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิต ตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืชผ่านกล้องวงจรปิดภายในโรงเรือน โรงเรือนขนาด 8 x 10 x 6 เมตร ระบบควบคุมประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ และพัดลมระบายอากาศ ควบคุมการทำงานของระบบพ่นหมอก บันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำ SD Card และระบบให้ปุ๋ยพร้อมกับน้ำอัตโนมัติ ทดลองการปลูกแตงเทศเปรียบเทียบโรงเรือนควบคุมกับโรงเรือนไม่มีการควบคุม ผลการทดสอบพบว่าโรงเรือนควบคุมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 65 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงานเฉลี่ย 0.34 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ส่วนโรงเรือนไม่มีการควบคุม อุณหภูมิเฉลี่ย 41 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 35 เปอร์เซ็นต์ โรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะที่พัฒนาเหมาะสำหรับปลูกพืชที่ต้องการอุณหภูมิระหว่าง 25 - 40 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50 - 86 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: โรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะ, โรงเรือนเปิด. ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ. แตงเทศ

Abstract

This research aims to develop the smart greenhouse to improve the efficiency of the melon cultivation. It can control the temperature and relative humidity that affect the growth and quality monitor the growth of plants through CCTV in the house. The greenhouse is 8 x 10 x 6 meters bring the evaporative cooling system to cool the temperature and increase the relative humidity inside the greenhouse. The control system consists of temperature and relative humidity sensors and a microcontroller which controls the operation of the water pump and fan, control the fogging system. Record data into SD Card memory and fertilizer system with automatic watering. Test the efficiency of the greenhouse by experimenting with melon cultivars. Comparison of control with uncontrolled greenhouses. The results showed that control greenhouses have an average temperature of 32 °C and relative humidity of 65 % and an average energy of 0.34 kW-h. Uncontrolled greenhouses the average temperature is 41 °C and the relative humidity is 35 %. This smart greenhouse is suitable for growing plants that require temperatures between 25 - 40 °C and relative humidity between 50 - 86 %.

Keywords: Smart greenhouse, Greenhouse Dryer, Water evaporation, Melon

1. บทนำ

แตงเทศเป็นพืชตระกูลแตงลักษณะเป็นเถา และออกดอกคล้ายกับแตงไทย มีเนื้อในหอมหวาน เปลือกนอกของแตงเทศมีลายตาข่าย ขนาดผลประมาณ 1-2 กิโลกรัม และลักษณะของผล คล้ายกับมะขวิดไทย มีอายุตั้งแต่ปลูกเมล็ดจนถึงเก็บผลผลิต ประมาณ 75-85 วัน เมล็ดพันธุ์ของเมล่อนนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น และจีน มีความต้านทานโรคและแมลงต่ำกว่าพืชตระกูลแตงทั่วไป ซึ่งเป็นจุดอ่อนสำหรับการดูแลในการปลูกแตงเทศ การปลูกแตงเทศในเมืองไทยนิยมปลูกแบบขึ้นค้าง เพื่อให้ผล

แตงเทศที่สะอาดและห้อยลงจะได้คุณภาพของผลแตงเทศที่ดี แตงเทศ มีชื่อเรียกอย่างอื่นอีกว่า เมลอน หรือ แคนตาลูป แตงเทศเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบร้อนของทวีปแอฟริกา จึงไม่ชอบอากาศหนาวเย็นจัด แต่ชอบอากาศอบอุ่น แต่ไม่ร้อนจัด อุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการปลูกแตงเทศอยู่ที่ 25 – 35 องศาเซลเซียส ในเวลากลางวัน และ 18 – 20 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน ดังนั้น ฤดูกาลที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแตงเทศในประเทศไทยจึงเป็นปลายฤดูฝนหรือฤดูหนาวในเขตที่อากาศไม่หนาวจัด เช่นภาคกลาง ภาคตะวันตกและภาคตะวันออก รวมทั้งภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่อากาศไม่หนาวจัดจนเกินไป หากแตงเทศกระทบกับอากาศหนาวเย็นจะทำให้การเจริญเติบโตชะงักได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า การออกดอกติดผลจะล่าช้า และถ้าอากาศยิ่งหนาวจัดต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส ต้นแตงเทศจะหยุดการเจริญเติบโต ในทำนองกลับกันต้นแตงเทศก็ไม่ชอบอากาศที่ร้อนจัดเกินไป ถ้าอุณหภูมิเกินกว่า 35 องศาเซลเซียส แตงเทศมักจะสร้างแต่ดอกตัวผู้ ไม่มี ดอกตัวเมีย หรือถ้ามีดอกตัวเมียแต่จะร่วงง่ายไม่ติดผล [3]

ปัจจุบันสินค้าด้านการเกษตรมีการแข่งขันที่สูง ผลผลิตที่เป็นที่ต้องการของตลาดและมีความสามารถในการแข่งขัน จะต้องเป็นผลผลิตที่มีคุณภาพ และมีความปลอดภัยอยู่ในระดับมาตรฐาน ดังนั้นการผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากสามารถป้องกันความเสียหายจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ป้องกันพืชจากการทำลายของสัตว์โรค และแมลงศัตรู สามารถกำหนดทิศทางวางแผนการผลิต เร่งการผลิดอกออกผล และปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกได้ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตพืชภายใต้สภาพโรงเรือน ได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย [5]

โรงเรือนทำความเย็นแบบระเหย (evaporative cooling greenhouse) อาศัยเทคโนโลยีการระบายความร้อนออกจากโรงเรือนด้วยระบบการทำความเย็นแบบระเหย (evaporative cooling system) เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชและสัตว์ [2], [4]

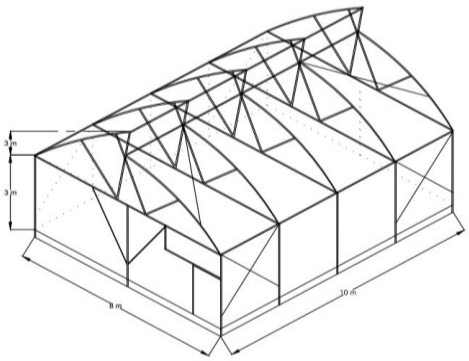
หลักการทำงานของโรงเรือนทำความเย็นแบบระเหยอาศัยหลักการพาความร้อนจากการระเหยของน้ำที่แผงระเหยน้ำ (cooling pad) โดยการใช้พัดลมดูดอากาศจากภายนอก (ความชื้นต่ำ) ไหลผ่านแผงระเหยน้ำที่เปียก ความร้อนของอากาศในโรงเรือนจะเป็นความร้อนแฝง (latent heat) เพื่อใช้ในการระเหยของน้ำที่อยู่บนแผง คุณสมบัติของอากาศหลังผ่านแผงระเหยน้ำรวมถึงอากาศบริเวณจุดต่าง ๆ ภายในโรงเรือนจะมีอุณหภูมิลดลงและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น เมื่อพิจารณากระบวนการทำความเย็นแบบระเหยดังกล่าวบนแผนภูมิไซโครเมตริกซ์ในทางอุดมคติจะดำเนินบนเส้นเอนทัลปีคงที่ หรือบนเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่ โดยสมมติให้อุณหภูมิของน้ำที่ผ่านแผงระเหยน้ำมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าแผงระเหยน้ำ ดังนั้น แผงระเหยน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงจะต้องสามารถลดอุณหภูมิอากาศที่ไหลผ่านได้มาก [1],[6]

จากปัญหาที่พบในการปลูกแตงเทศของเกษตรกร คือ การทำลายของสัตว์ โรค และแมลงศัตรูพืช ทำให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณลดลงและคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโรงเรือนโรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกแตงเทศ เป็นการพัฒนาระบบที่สามารถควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อเจริญเติบโตของแตงเทศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการให้ปุ๋ย ที่เหมาะสมได้โดยการทำงานแบบอัตโนมัติ

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การออกแบบโครงสร้างโรงเรือน

โรงเรือนเป็นแบบหลังคาครึ่งวงกลม มีความกว้าง 8 เมตร ความยาวของโรงเรือน 10 เมตร ความสูงของโรงเรือน 6 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างโรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม

2.2 ระบบระบายอากาศ

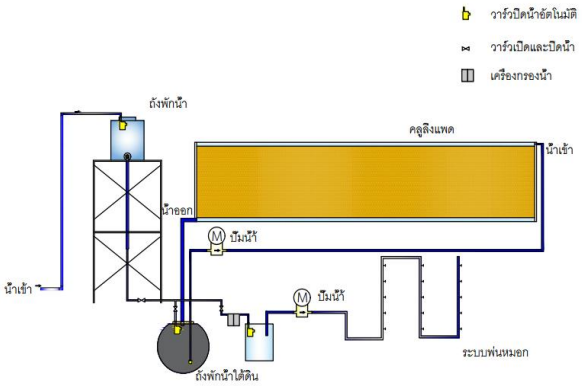
ด้านหน้าโรงเรือนติดตั้งพัดลมอุตสาหกรรมขนาด 50 นิ้ว จำนวน 2 ตัว โดยออกแบบให้พัดลมสูงจากพื้นดิน 1 เมตร และห่างจากขอบโรงเรือน 1.5 เมตร เพื่อกระจายการดูดอากาศได้ทั่วทั้งโรงเรือน

2.3 ระบบการทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น

ด้านหลังโรงเรือนติดตั้งแผ่นคลูลิ่งแพดขนาด (กว้าง×หนา×สูง) 60×15×180 เซนติเมตร จำนวน 15 แผ่น โดยออกแบบโครงสร้างให้มีความเอียง 15 องศา เพื่อให้น้ำที่ใช้ในการทำความเย็นไหลกลับได้เร็วขึ้น

2.4 ระบบน้ำสำหรับระบบระบบการทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น

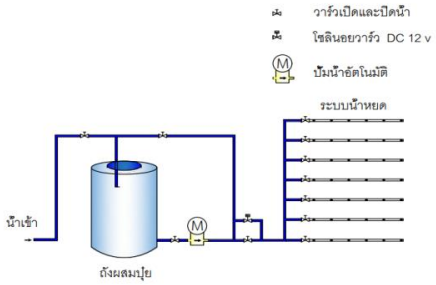
ออกแบบให้ถังพักน้ำของระบบทำความเย็นเป็นถังแบบผังดินเพื่อลดอุณหภูมิน้ำก่อนที่จะน้ำเข้าสู่ระบบปรับอากาศ



รูปที่ 2 ระบบน้ำสำหรับระบบการทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น

2.5 ระบบให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ

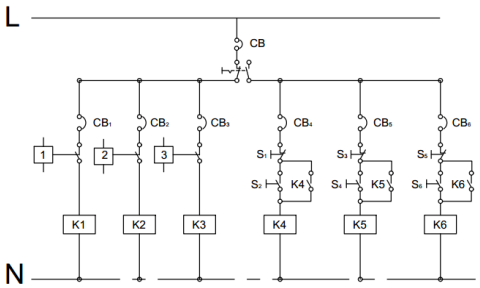
ระบบให้ปุ๋ยพร้อมน้ำได้ออกแบบให้มีถังผสมปุ๋ยขนาด 1,000 ลิตร ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำอัตโนมัติด้วยโซลินอยวาร์ว DC 12 V โดยสามารถตั้งเวลาการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำได้ตามต้องการดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ

2.6 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

วงจรควบคุมการทำงานสามารถเลือกให้ทำงานด้วยมือ K4, K5, K6 และอัตโนมัติ K1, K2, K3 ซึ่งรับคำสั่งจากรีเลย์ของวงจรควบคุมอุณหภูมิและความชื้น แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรควบคุมระบบการทำงาน

2.7 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ

การทำงานของระบบเริ่มจากการรับค่าจากเซ็นเซอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจึงสั่งงานไปยังรีเลย์เพื่อควบคุมการทำงานของระบบอัตโนมัติผังแสดงการทำงานดังรูปที่ 5

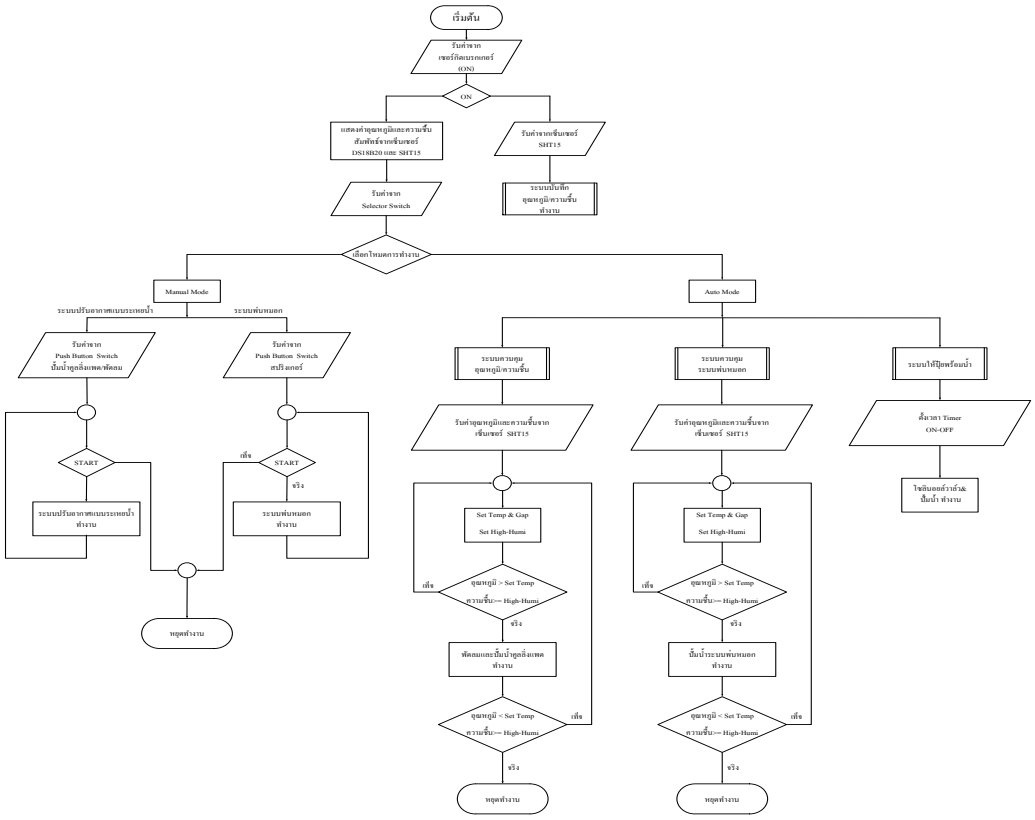
2.7.1 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วย Temp และตั้ง High-Humi เพื่อควบคุมพัดลม (Fan) และปั๊มน้ำ ระบบคูลลิ่งแพด แผนผังการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5

2.7.2 การควบคุมระบบพ่นหมอก เป็นการควบความเย็นด้วย Temp และตั้ง High-Humi เพื่อควบคุมปั๊มน้ำ (Pump) ระบบพ่นหมอก ดังแสดงในรูปที่ 5

2.7.3 ระบบให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ เป็นระบบที่ควบคุมการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำกับพืชแบบน้ำหยด โดยการตั้งเวลา Timer เพื่อควบคุมการทำงานของโซลินอยล์วาล์วและปั๊มน้ำของระบบ ผังแสดงการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5

2.7.4 ระบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น

สามารถเก็บข้อมูลแบบ Data Logger ลงในแผ่น Micro-SD-Card ได้ ตั้งเวลาได้ทุกๆ 5, 10, 30 และ 60 นาที



รูปที่ 5 ผังการออกแบบระบบควบคุมการทำงาน

3. ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ผลการพัฒนาระบบ ผลการทดสอบระบบ และประสิทธิภาพการปลูกแตงเทศ ดังนี้

3.1 ผลการพัฒนาระบบ

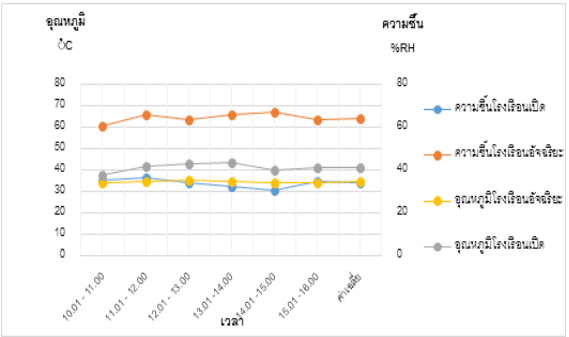
โรงเรือนเป็นแบบหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม มีความกว้าง 8 เมตร ความยาวของโรงเรือน 10 เมตร ความสูงของโรงเรือน 6 เมตร ตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 โรงเรือนเป็นแบบหลังคาครึ่งวงกลม

3.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

3.2.1 ผลการทดลองอุณหภูมิและความชื้นภายในเรือนอัจฉริยะและภายในโรงเรือนเปิด

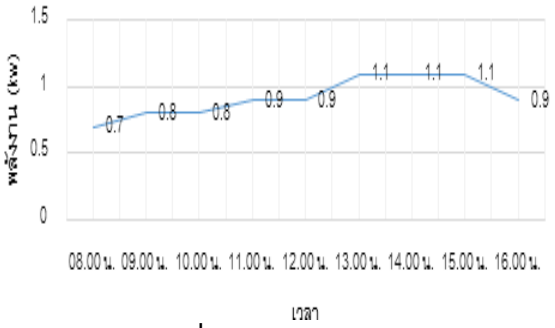


รูปที่ 7 อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนอัจฉริยะและภายในโรงเรือนเปิด

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนเปิดจะสูงกว่าอุณหภูมิภายในอัจฉริยะ และมีความชื้นภายในจะต่ำกว่าความชื้นภายในโรงเรือนอัจฉริยะ จะเห็นได้ว่าโรงเรือนอัจฉริยะมีอุณหภูมิคงที่และมีความชื้นสูงกว่าโรงเรือนเปิด

3.2.2 ผลการทดลองอุณหภูมิ, ความชื้นภายในโรงเรือนอัจฉริยะขณะระบบทำงานและระบบไม่ทำงาน

3.2.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในวันที่ 7 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ตั้งแต่เวลา 08.00 - 16.00 น. ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าใน 1 วัน



รูปที่ 8 ค่าพลังงานไฟฟ้า

จากรูปที่ 8 เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนอัจฉริยะในการควบคุมสภาพอากาศให้คงที่จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนอัจฉริยะแปรผันตามสภาพอากาศภายนอกโรงเรือนการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเมื่อสภาพอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงและการใช้พลังงานลดลงเมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลง

3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะปลูกแตงเทศระหว่างโรงเรือนอัฉริยะและโรงเรือนเปิด

ในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะปลูกแตงเทศในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนเปิดในช่วงฤดูร้อนช่วงเดือน มีนาคม - พฤษภาคม ผู้วิจัยทดลองปลูกแตงเทศสายพันธุ์บารมี (Baramee Melon) อายุประมาณ 70 - 80 วัน ปลูกกระถางละ 1 ต้น โดยการทดสอบผู้วิจัยควบคุมระบบให้ปุ๋ยพร้อมน้ำกับ แตงเทศทั้งสองโรงเรือนเหมือนกัน การดูแลทุกอย่างเหมือนกันยกเว้นทำการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนอัจฉริยะที่ 32 ± 1.5 °C และความชื่นที่ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโรงเรือนแบบเปิดไม่มีการควบคุม

ผลการทดลองพบว่าแตงเทศที่ปลูกในโรงเรือนอัจฉริยะที่ มีการเจริญเติบโตได้ดี ในช่วงแรกไม่มีการตายของต้นแตงเทศ ไม่มีโรคและแมลงรบกวน ใบมีสีเขียวเข้ม ใบมีขนาดใหญ่และหนา เมื่อถึงช่วงออกดอกของแตงเทศเมื่อมีอายุได้ประมาณ 35 - 40 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีดอกตัวเมียมากกว่าดอกตัวผู้และดอกตัวเมียไม่มีการร่วง ส่วนการเจริญเติบโตส่วนในโรงเรือนแบบเปิดไม่มีการ

ควบคุมพบว่าใบแตงเทศมีลักษณะใกล้เคียงกัน ช่วงแรกมีการตายของต้นแตงเทศต้องมีการปลูกทดแทนต้นเดิม เนื่องจากในวันที่อากาศภายในโรงเรือนสูงเกิน 40 °C การออกดอกมักจะสร้างแต่ดอกตัวผู้มากกว่าดอกตัวเมีย และดอกตัวเมียจะร่วงง่ายไม่ติดผล ผู้วิจัยต้องดูแลอย่างใกล้ชิด เมื่ออายุครบกำหนดเก็บเกี่ยว อายุ 38 - 42 วัน หลังผสมดอก พบว่าแตงเทศที่ปลูกในโรงเรือนอัจฉริยะมีช่วงน้ำหนักเฉลี่ย 1.8 - 2.3 กิโลกรัม ค่าความหวาน 14 - 15 brix% ส่วนแตงเทศที่ปลูกในโรงเรือนแบบเปิดไม่มีการควบคุมมีช่วงน้ำหนักเฉลี่ย 1.5 - 2.0 กิโลกรัม ค่าความหวาน 14 - 15 brix%

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบโรงเรือนอัจฉริยะ โรงเรือนเป็นโรงเรือนปิด ต้องการให้อากาศภายในโรงเรือนมีการหมุนเวียนโดยผ่านระบบระบายอากาศคูลลิ่งแพด ผ่านระบบทำความชื้นโดยชุดพ่นหมอกเป็นการลดความร้อนภายในโรงเรือน เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม สามารถตั้งโปรแกรมการรดน้ำได้ ตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืชผ่านระบบกล้องวงจรปิด บันทึกค่าอุณหภูมิ และความชื้นได้ สามารถปลูกพืชได้ตลอดทั้งปี จากการทดสอบเปรียบเทียบโรงเรือนเพาะปลูกแตงเทศที่มีการควบคุมกับโรงเรือนไม่มีการควบคุม ผลการทดลองพบว่า โรงเรือนไม่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ยอยู่ที่ 41 องศาเซลเซียส และความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โรงเรือนควบคุม อุณหภูมิภายในเฉลี่ยอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส และความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 65 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงานเฉลี่ย 0.34 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ผลการทดลองปลูกแตงเทศสายพันธุ์บารมี พบว่าแตงเทศที่ปลูกในโรงเรือนอัจฉริยะมีช่วงน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าแตงเทศที่ปลูกในโรงเรือนเปิดแต่ค่าความหวานมีค่าใกล้เคียงกัน จึงเหมาะสำหรับปลูกพืชที่ต้องการอุณหภูมิระหว่าง 25 - 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 - 86 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากโรงเรือนอัจฉริยะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูงภายในโรงเรือนแบบปิดนั้นอุณหภูมิภายในค่อนข้างจะสูงควรพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าเสริม เมื่อเกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นทำให้มีผลกระทบต่อแตงเทศที่ปลูก ดังนั้นควรทำระบบรอกมือเพื่อเปิดให้มีการระบายอากาศร้อนภายในโรงเรือนออกสู่ภายนอกโดยเร็วเมื่อเกิดไฟฟ้าดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนการวิจัย ขอบคุณเกาะแก้วฟาร์มที่อนุเคราะห์สถานที่ และอำนวยความสะดวกในการวิจัย และขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าที่ช่วยเก็บข้อมูลในการทำ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่ และ อดิศร ถมยา (2557). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง, *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง, หน้า 58-68.

[2] นิติรงค์ พงษ์พานิช และคณะ(2558). การพัฒนาและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนแบบ Evaporative cooling, *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*

[3] อารักษ์ ธีรอำพน และอุษา เข็มทอง (2544). การเปรียบเทียบพันธุ์แตงแคนตาลูปที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในโรงเรือน. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาพืชและสาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

[4] ชัยวัฒน์ ยิ้มช้าง (2557). มารู้จักระบบทำความเย็นแบบระเหยกันเถอะ,วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

[5] ปรีชา หวังพิทักษ์ (2556), *การปลูกแตงเทศ*, กรุงเทพฯ: โครงการผลิตเอกสารเผยแพร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[6] ณัฐวุฒิ ดุษฎี (2561).*การประหยัดพลังงานของ Evaporative*. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.energy.mju.ac.th/research/บทสรุปผู้บริหาร.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 12/04/ 2561.

สายอากาศแพทช์ไมโครสตริปสี่เหลี่ยมสองย่านความถี่โพลาไรซ์แบบวงกลม กับเทคนิคโหลดร่องรูปตัววีสำหรับระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย

The Circular Polarization Dual-Band Microstrip Rectangular Patch Antenna with V-Shape Slit load for Wireless Local Area Network

ธัชชัย พุ่มพวง[1,*], เกียรติศักดิ์ ชัยประสิทธิ์[1], เอกจิต คุ้มวงศ์[1],
วัชรพล นาคทอง[1], อุบล สุริพล[1], มงคล คูพิมาย[1] และ คณะวัติ เนื่องวงษา[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: tajchai.pu@rmuti.ac.th, 044-233000 ต่อ 3140 และ 3144

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกสายอากาศแพทช์ไมโครสตริปแบบสี่เหลี่ยมสองย่านความถี่ที่มีโพลาไรซ์แบบวงกลมด้วยเทคนิคการใส่โหลดร่องรูปตัววี และการหาตำแหน่งจุดป้อนสัญญาณ สำหรับใช้งานตามมาตรฐานระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย IEEE 802.11a/b/g และ n สายอากาศที่นำเสนอสามารถใช้งานได้สองย่านความถี่คือ ย่านความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz โดยไม่ต้องจำกัดโพลาไรซ์สำหรับการใช้งาน เป็นการเพิ่มช่องทางของสัญญาณในการเข้าถึงการใช้งานให้มีประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น มีอิมพีแดนซ์ขาเข้า 50 โอห์ม สายอากาศสร้างบนวัสดุฐานรองชนิด FR4 หนา 1.6 มม. โดยขนาดความกว้าง ความยาว และสูงของสายอากาศมีขนาด 75×75×1.6 มม.^{3} ตามลำดับ มีความกว้างของแถบความถี่เชิงอิมพีแดนซ์จากการจำลองผลครอบคลุมตั้งแต่ย่านความถี่ 2.42-2.43 GHz และ 5.21-5.33 GHz ขณะที่ความกว้างของแถบความถี่ที่พิจารณาอัตราส่วนแกนของสายอากาศที่ 3 dB ครอบคลุมตลอดย่านความถี่ 2.3-2.6 GHz และ 5.0-5.5 GHz มีแบบรูปการแผ่กำลังงานเป็นแบบทิศทางเดียวเหมือนกันทั้งหมดทุกช่วงความถี่ อัตราขยายเฉลี่ยในช่วงย่านความถี่แรก และความถี่ที่สองคือ 2.08 dBic และ 2.19 dBic ตามลำดับ

คำหลัก: โพลาไรซ์แบบวงกลม, เครือข่ายไร้สาย, ไมโครสตริปสองย่านความถี่

Abstract

This paper presents the dual-band rectangular microstrip patch antenna with circular polarization by using the V-shape slit load and the find tune feed point techniques for used to the wireless local area network standard, IEEE802.11a/b/g and n. The proposed antenna can be operated on dual-band, that are 2.4 GHz and 5 GHz and without limited of polarization for use. It can be increased the channel of signal to access the application for better performance. The input impedance of proposed antenna is 50 ohms and fabricated on FR4 substrate with thickness of 1.6 mm. The width, length and height size of the proposed antenna are 75×75×1.6 mm^3, respectively. The impedance bandwidth of the antenna from simulation cover the frequency band of 2.42-2.43 GHz and 5.21-5.33 GHz, while the 3-dB axial ratio (AR) bandwidth cover all the frequency band of 2.3-2.6 GHz and 5.0-5.5 GHz. The radiation pattern is unidirectional one. The average gain of the first and second band are 2.08 dBic and 2.19 dBic, respectively.

Keywords: Circular polarization, Wireless network, Dual-band microstrip.

1. บทนำ

ปัจจุบันการสื่อสารระบบไร้สาย โดยเฉพาะระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless local area network: WLAN) ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เพื่อให้สามารถรองรับกับการใช้งานการรับส่งข้อมูลได้ทีละจำนวนมากๆ และรวดเร็ว โดยมาตรฐานสำหรับระบบ WLAN ที่ใช้งาน คือ มาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีก 6 ประเภท คือ IEEE 802.11 a/b/g/n/ac และ ad [1]

สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปในประเทศไทยในช่วง 5-10 ปีที่ผ่านมานิยมใช้เพียงมาตรฐาน IEEE 802.11 /b/g และ n หรือใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz เพียงเท่านั้น เนื่องจากอุปกรณ์การเชื่อมต่อในรูปแบบ แบบต่างๆ เช่น อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) โมเดมเร้าเตอร์ (Modem router) และอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Access point) ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดนั้นส่วนใหญ่รองรับเพียงการใช้งานกับอุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 /b/g และ n

ต่อมาเมื่อความต้องการเข้าถึงข้อมูลมีปริมาณมากขึ้น อุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 a และ n หรือย่านความถี่ 5 GHz (ที่แม้จะเกิดขึ้นมานานแล้ว) จึงได้เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติที่มีแบนด์วิดธ์ในการนำพาข้อมูลที่กว้างทำให้เข้าถึงข้อมูลได้จำนวนมากและรวดเร็ว [2] ซึ่งอุปกรณ์สำหรับระบบ WLAN รุ่นใหม่จะสามารถทำงานได้สองย่านความถี่พร้อมกัน

แต่เนื่องจากสายอากาศที่ติดตั้งที่ตัวเครื่องกระจายสัญญาณนั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นสายอากาศไดโพล ซึ่งมีการโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น (Linear polarized) ขณะที่อุปกรณ์รับสัญญาณเช่น สมาร์ทโฟน (Smartphone) และ แท็บเล็ต (Tablet) นั้นไม่อาจทำนายการโพลาไรซ์ที่แท้จริงได้ หรือเป็นไปได้ยากเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้งานตามรูปแบบและความสะดวกของผู้ใช้

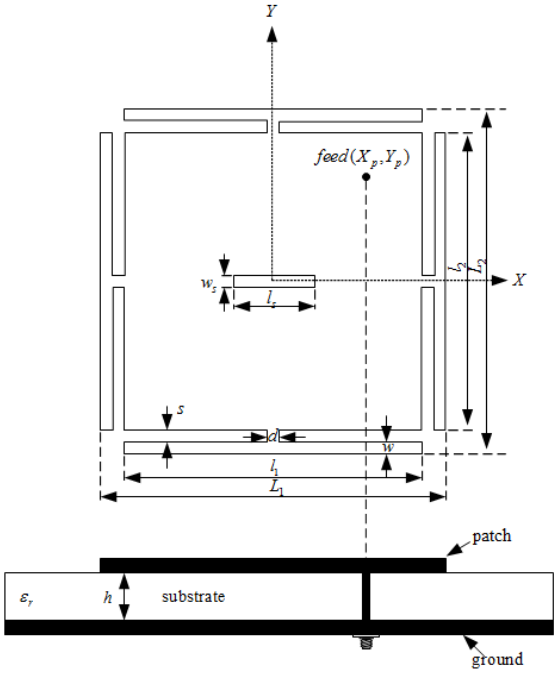
ดังนั้นถ้าสายอากาศที่มีโพลาไรซ์แบบวงกลมถูกนำไปติดตั้งทดแทนสายอากาศไดโพลที่ตัวเครื่องกระจายสัญญาณอาจจะช่วยเพิ่มโอกาสในการติดต่อสื่อสารข้อมูลในทิศทางต่างๆ ได้มากขึ้น แม้ว่าจะเกิดการสูญเสียอันเนื่องมาจากการสูญเสียจากแนวโพลาไรซ์ (Polarized Loss Factor : PLF) ระบบก็ยังสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ในทุกทิศทางเหมือนๆ ตามหลักการและทฤษฎีของสายอากาศ และสมการการส่งผ่านของ Friis [3]

บทความฉบับนี้จึงนำเสนอการออกแบบสายอากาศแบบไมโครสตริปสำหรับใช้งานในย่านความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz ชนิดโพลาไรซ์แบบวงกลมเพื่อให้รองรองกับการใช้งานในระบบ WLAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g/n/ac และ ad

2. การกำหนดค่าของสายอากาศเริ่มต้น

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์เริ่มต้นสายอากาศ

พารามิเตอร์	ขนาด (มม.)
L_1	36.0
L_2	36 .0
l_1	30.6
l_2	30.6
s	0.9
w	1.8
d	1.8
w_s	0.9
l_s	12 .0
h	1.6



รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศไมโครสตริปสองย่านความถี่เริ่มต้น

สายอากาศโพลาไรซ์แบบวงกลมเกิดขึ้นได้จากสองโครงสร้างทางสนามไฟฟ้าจะต้องมีแอมพลิจูดที่เหมือนกัน แต่มีความต่างของเฟสอยู่ที่ 90° โดยทั่วๆ ไปการป้อนสัญญาณที่จุดป้อนสามารถทำสองวิธี คือ การป้อนแบบขั้วเดียว (Single feed) และการป้อนแบบสองขั้ว [3] ซึ่งในบทความฉบับนี้จะใช้วิธีการป้อนแบบขั้วเดียว เพื่อให้ง่ายต่อการสร้าง และเหมาะสมกับการนำไปต่อที่ขั้วต่อของตัวกระจายสัญญาณ

โครงสร้างของสายอากาศเริ่มต้นใช้วิธีการกำหนดโครงสร้างคล้ายกับงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้าของ Kin-Lu Wong [4] แต่ได้พัฒนามาสู่ในย่านความถี่ที่ใช้งานในระบบ WLAN ทั้งย่านความถี่คือ 2.4 GHz (4.4-2.484 GHz) และ 5 GHz (5.15-5.875 GHz) [5] ดังแสดงโครงสร้างและ พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปสองย่านความถี่เริ่มต้นในรูปที่ 1 และ ตารางที่ 1

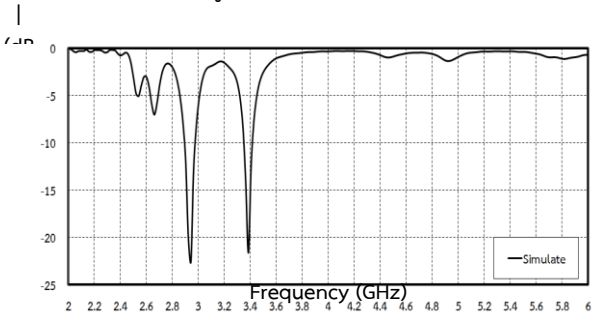
เนื่องจากสายอากาศมีโครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังนั้นขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) เริ่มต้นของสายอากาศถูกกำหนดไว้ที่ 75×75 มม.^{2} ความกว้าง L_2 และความยาว L_1 คือความกว้างของแพทช์ ระยะห่างระหว่างวัสดุฐานรอง และแพทช์คือ h มีค่าสภาพยอมไฟฟ้าสัมพัทธ์หรือ ε_r = 4.3 และมีการเพิ่มโหลดร่องรูปตัววี ที่มุมทั้ง 4 ด้านของแพทช์ โดยในส่วนของโหลดร่องรูปตัววี นั้นมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ d s w และ l โดยกำหนดขนาดของ $l >> s$ ดังแสดงในรูปที่ 1

3. $|S_{11}|$ (dB) จากการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์

3.1 $|S_{11}|$ (dB) จากการกำหนดจุดป้อนเริ่มต้น

จากการใส่โหลดร่องรูปตัววี นั้นนอกจากจะทำให้ตัวแพทช์ถูกกระตุ้นเส้นทางเดินของกระแสเชิงผิว (Current distribution) ในโหมด TM_{10} แล้วนั้น ยังทำให้เกิดโหมด TM_{30} ซึ่งในโหมด TM_{30} นี้มีแบบรูปการแผ่กำลังงานเกิดขึ้นคล้ายกับโหมด TM_{10} [6] และการเพิ่มร่องกลางที่มีขนาดแคบ ๆ ขนาด $l_s \times w_s$ ($l_s >> w_s$) ในตำแหน่งกลางของแพทช์สี่เหลี่ยมตามแนวเส้นกึ่งกลางของแกน X ทำให้ถูกรบกวนทั้งสองโหมดและสามารถแยกทั้งสองโหมดนี้ให้เป็นโหมดใกล้จางหาย (Near-degenerate mode) เพื่อให้เกิดการทำงานเป็นแบบสองความถี่โดยการป้อนจากโพรบเดียวที่ตำแหน่ง (X_p,Y_p) ตามแนวเส้นทแยงมุมของแพทช์

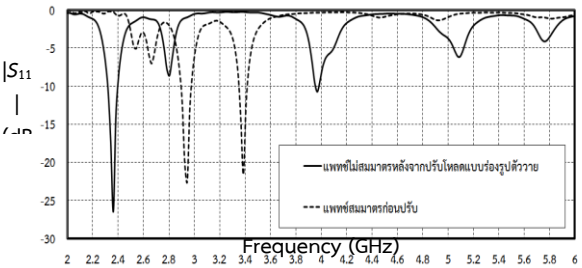
จากโครงสร้างในรูปที่ 1 ได้มีการกำหนดจุดป้อนสัญญาณไว้ที่ตำแหน่ง (9,9) โดยเทียบจากจุดกำเนิด (*0,0*) ได้ค่า $|S_{11}|$ (dB) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศเริ่มต้น

3.2 $|S_{11}|$ (dB) จากการปรับเปลี่ยนขนาดแพทช์

จากรูปที่ 2 สังเกตได้ว่าย่านความถี่ที่ตอบสนองต่อการใช้งานมีลักษณะเป็นสองความถี่ คือประมาณ 2.9 GHz และ 3.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่สูงกว่ากว่าใช้งานในระบบ WLAN ย่าน 2.4 GHz ดังนั้นจึงได้ทำการปรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศและนำเทคนิคอื่น ๆ เข้ามาร่วมด้วยโดยมีเป้าหมายในการปรับคือในย่านความถี่ต่ำที่ 2.44 GHz และย่านความถี่ด้านสูงที่ 5.25 GHz โดยเริ่มต้นจากการปรับขนาดของแพทช์ และโหลดร่องรูปตัววี ทั้งสี่ด้าน

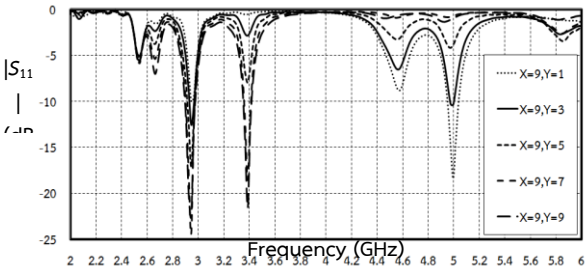


รูปที่ 3 $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศที่มีการปรับขนาดแพทช์และโหลดร่องรูปตัววี ทั้งสี่ด้าน

เมื่อพิจารณาผลที่แสดงดังรูปที่ 3 จากการปรับร่องรูปตัววีทั้งสี่ด้านให้มีขนาดที่เล็กลง จะเห็นได้ว่าที่ความถี่สูงมีความเปลี่ยนแปลง คือ ความถี่ถูกเลื่อนไปเข้าหาความถี่ 5.25 GHz ตามที่ต้องการ และที่ความถี่ต่ำถูกเลื่อนลงเข้าหาความถี่ 2.44 GHz

3.2 $|S_{11}|$ (dB) จากการปรับจุดป้อนสัญญาณ (X_p,Y_p)

ในลำดับถัดมาได้ทำการปรับตำแหน่งจุดป้อนสัญญาณ (X_p,Y_p) ดังแสดงผลในรูปที่ 4 จะเห็นการเปลี่ยนแปลงจุดป้อนสัญญาณนั้นมีผลต่อความถี่สูง แต่ก็ยังไม่สามารถทำให้การแมตช์นั้นได้ตามความถี่ที่ต้องการ ดังนั้นจึงพิจารณาตามความเหมาะสม คือ เลือกตำแหน่งที่มีส่งผลให้การแมตช์ที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ -10 dB ทั้งสองแถบความถี่ นั่นก็คือจุด X_p = 9 และ Y_p= 1



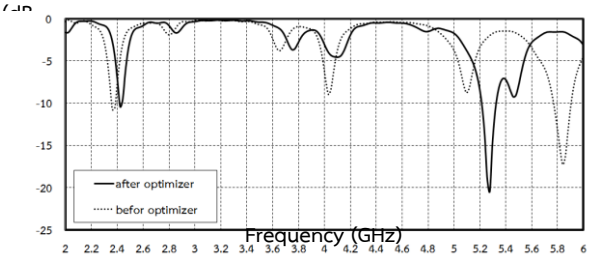
รูปที่ 4 $|S_{11}|$ (dB) จากการเปลี่ยนตำแหน่งป้อน (X_p,Y_p) ตามแนวเส้นทแยงมุม

3.3 $|S_{11}|$ (dB) จากการหาค่าที่ดีที่สุด

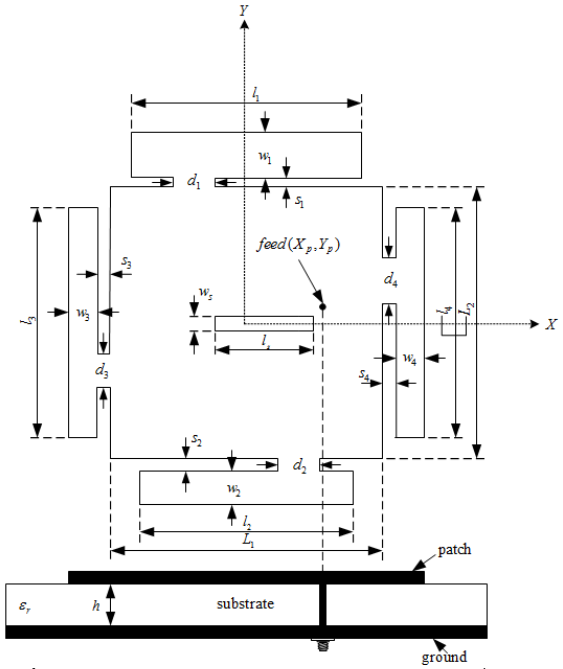
ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของสายอากาศต้นแบบจากการหาค่าที่ดีที่สุด

พารามิเตอร์	ขนาด (มม.)
L_1	32.6
L_2	32.6
l_1	27.2
l_2	27.0
l_3	27.2
l_4	27.0
s_1	0.9
s_2	1.3
s_3	1.1
s_4	1.2
w_1	4.5
w_2	3.4
w_3	3.2
w_4	2.6
d_1	4.3
d_2	4.8
d_3	2.8
d_4	4.1
w_s	1.5
l_s	10.5
h	1.6

เพื่อให้ตรงตามความถี่ที่ต้องการ จึงทำการตั้งค่าความถี่ที่ต้องการใช้งานคือ 2.44 GHz และ 5.25 GHz ลงในโปรแกรมการจำลองผลเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดซึ่งผลของ $|S_{11}|$ (dB) ที่ได้ ถูกแสดงในรูปที่ 5 ในขณะที่ ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศต้นแบบจากการหาค่าที่ดีที่สุด และรูปที่ 6 แสดงโครงสร้างของสายอากาศต้นแบบ



รูปที่ 5 $|S_{11}|$ (dB) จากการหาค่าที่ดีที่สุด

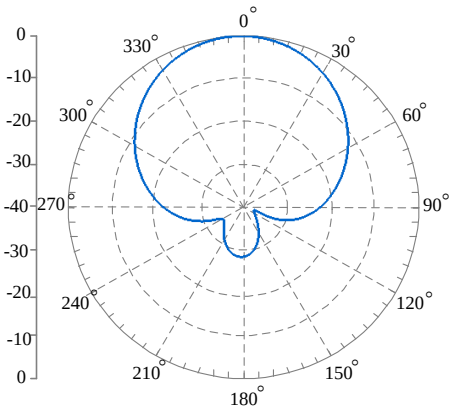


รูปที่ 6 สายอากาศไมโครสตริปสองย่านความถี่จากการจำลองต้นแบบ

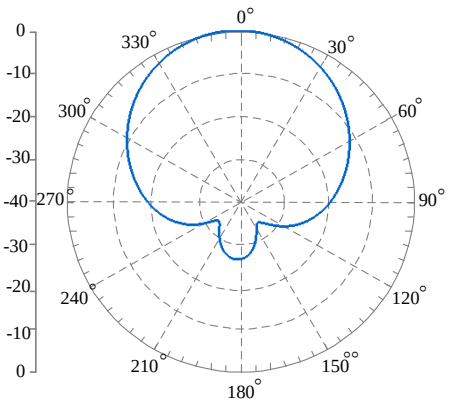
4. แบบรูปการณ์แผ่กำลังงาน อัตราขยายและอัตราส่วนแกน

4.1. แบบรูปการณ์แผ่กำลังงาน

จากรูปที่ 7 แสดงแบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศที่ความถี่ 2.44 GHz โดยรูปที่ 7 (ก) คือ ระนาบสนามไฟฟ้ามีความกว้างลำคลื่นเท่ากับ 56° และรูปที่ 6 (ข) ระนาบสนามแม่เหล็กมีความกว้างลำคลื่นเท่ากับ 57° ตามลำดับ ในขณะที่รูปที่ 8 แสดงแบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศที่ความถี่ 5.25 GHz โดยรูปที่ 8 (ก) คือ ระนาบสนามไฟฟ้ามีความกว้างลำคลื่นเท่ากับ 18° และรูปที่ 8 (ข) ระนาบสนามแม่เหล็ก ระนาบสนามแม่เหล็กมีความกว้างลำคลื่นเท่ากับ 20° ตามลำดับเช่นเดียวกัน ทั้งสองย่านความถี่ให้แบบรูปการแผ่กำลังงานแบบทิศทางเดียว



(ก) ระนาบสนามไฟฟ้า

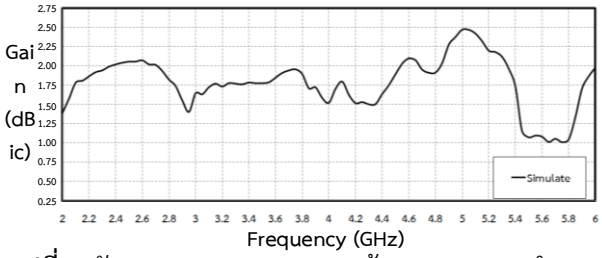


(ข) ระนาบสนามแม่เหล็ก

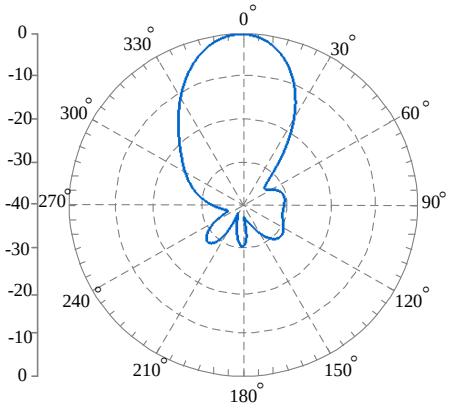
รูปที่ 7 แบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศที่ความถี่ 2.44 GHz

4.2 อัตราขยายของสายอากาศ

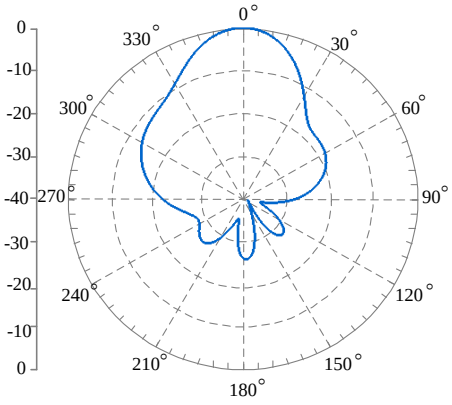
จากการจำลองผลพบว่าจะที่ความถี่ 2.44 GHz มีอัตราขยายอยู่ที่ 2.08 dBic ที่ความถี่ 5.25 GHz มีอัตราขยาย 2.19 dBic



รูปที่ 9 อัตราขยายของสายอากาศต้นแบบจากการจำลอง



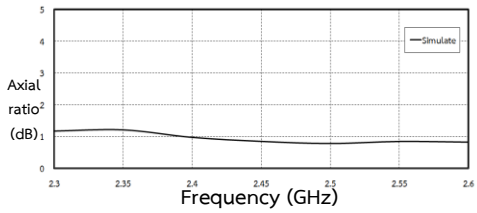
(ก) ระนาบสนามไฟฟ้า



(ข) ระนาบสนามแม่เหล็ก

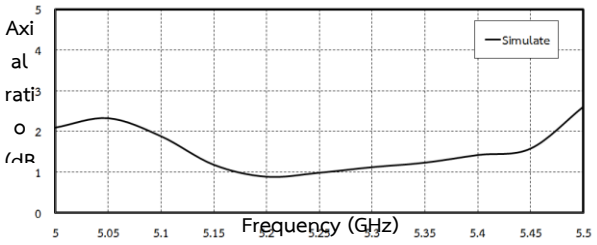
รูปที่ 8 แบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศที่ความถี่ 5.25 GHz

4.3 อัตราส่วนแกน



รูปที่ 10 อัตราส่วนแกนจากการจำลองที่ความถี่ต่ำ

จากรูปที่ 10 และรูปที่ 11 จะเห็นว่าสายอากาศมีความเป็นโพลาไรซ์วงกลมตลอดย่านความถี่ ซึ่งมีอัตราส่วนแกนต่ำกว่า 3 dB เป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับสายอากาศโพลาไรซ์วงกลม และคุณสมบัติของสายอากาศจากการจำลองนั้นถูกสรุปไว้ดังตารางที่ 3



รูปที่ 11 อัตราส่วนแกนจากการจำลองที่ความถี่สูง

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของสายอากาศจากการจำลอง

ความถี่ (GHz)	คุณสมบัติสายอากาศ	ค่าที่ได้จากการจำลอง
2.44	อัตราส่วนแกน	0.9 dB
	ความกว้างลำคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า	56°
	ความกว้างลำคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก	57°
	อัตราขยาย	2.08 dBic
5.25	อัตราส่วนแกน	1 dB
	ความกว้างลำคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า	18°
	ความกว้างลำคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก	20°
	อัตราขยาย	2.19 dBic

5. สรุป

สายอากาศไมโครสตริปสองย่านความถี่โพลาไรซ์แบบวงกลมสำหรับระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายคือสิ่งที่ได้นำเสนอในบทความฉบับนี้ โดยการได้มาซึ่งโพลาไรซ์แบบวงกลมนั้นใช้เทคนิคจากการใส่โหลดร่องรูปตัววีการปรับจุดป้อนสัญญาณในแนวทแยง และการใช้โปรแกรมจำลองผลช่วยในการหาจุดที่ดีที่สุด ซึ่งผลที่ได้ทำให้สายอากาศเกิดโพลาไรซ์แบบวงกลมชนิดวนซ้าย หรือ LCHP (Left hand side polarization) ที่มีอัตราส่วนแกนต่ำกว่า 3 dB ตลอดทั้งสองย่านความถี่ของระบบ WLAN ตามาตรฐาน IEEE 802.11a/b/g และ n มี $|S_{11}|$ (dB) ครอบคลุมตลอดย่านความถี่ 2.42-2.43 GHz และ 5.21-5.33 GHz ในขณะที่อัตราส่วนแกนมีแบนด์วิดธ์ครอบคลุมตลอดย่านความถี่ 2.3-2.6 GHz และ 5.0-5.5 GHz ให้แบบรูปการณ์แผ่กำลังงานแบบทิศทางเดียว มีอัตราขยายความถี่ 2.44 GHz มีอัตราขยายอยู่ที่ 2.08 dBic ที่ความถี่ 5.25 GHz มีอัตราขยาย 2.19 dBic

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และ นายทวีศักดิ์ นาครุทนอก ที่ให้การสนับสนุนในทุกด้าน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2018). *IEEE 802.11*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttps://th.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/06/2561.

[2] Plad (2018). *What is the difference between 2.4 GHz and 5 GHz?*, URL: https://support.stuff-fibre.co.nz/hc/en-us/articles/226438147-What-is-the-difference-between-2-4-GHz-and-5-GHz-.

[3] Balanis C. A. (2005). *Antenna Theory. Analysis and Design*, Third Edition, John Wiley & Sons, New York.

[4] Wong K. L. (2002). *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, John Wiley & Sons, New York.

[5] Wikipedia, the free encyclopedia (2018). *List of WLAN channels*, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_WLAN_channels.

[6] Maci S., Gentiti G. B., Piazzesi P., and Salvador C. (1995). Dual-band slot-loaded patch antenna. presented in *Microwaves, Antennas and Propagation*.

ชุดสื่อการสอนวงจรทวีแรงดันชนิดคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว

A bipolar Cock-Croft Walton Voltage Multiplier Training Set

นายจตุพล พากุล[1], นายสมศักดิ์แสนคำ[1], นายสำราญ เลิศคอนสาร[1], นายชัยณรงค์ หล่มช่างคำ[2]
และนายเลิศพันธ์ เพียรสร้างสรรค์[1,*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู 39000
[2] สาขาวิชาวิศวเครื่องกลและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู 39000
*ผู้ติดต่อ: piansangsan@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทวีแรงดันสูงชนิดคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้วสำหรับการเรียนวิชาวิศวกรรมแรงดันสูง วงจรทวีแรงดันสูงชนิดคอคครอฟต์-วอลตันที่นำเสนอนี้สร้างขึ้นจากการต่อร่วมกันของวงจรทวีแรงดันสูงทางด้านบวกและด้านลบที่มีจำนวนระดับชั้นที่เท่ากันโดยใช้แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเพียงตัวเดียว ออกแบบให้สามารถปรับระดับแรงดันได้ตั้งแต่ 0 ถึง 10 กิโลโวลต์ โดยใช้หม้อแปลงวาริแอคเป็นตัวปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ มีกระแสพิกัด 20 ไมโครแอมป์ จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSIM เปรียบเทียบกับชุดกำเนิดแรงดันสูงที่สร้างขึ้นจริงเพื่อยืนยันผลการออกแบบ ซึ่งผลการทดลองพบว่าชุดทวีแรงดันสูงชนิดคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้วต้นแบบสามารถสร้างแรงดันรวมสูงสุดได้เท่ากับ 11.42 กิโลโวลต์

คำหลัก: แรงดันสูง, คอดครอฟต์,-วอลตันสองขั้ว, สื่อการสอน

Abstract

This paper presents design and implementation of a bipolar Cockcroft-Walton voltage multiplier training set for high voltage engineering education. The proposed Cockcroft-Walton formed by combining positive and negative voltage multiplier of equal number of level and driving by only one AC power source. The circuit can adjustable voltage from 0 to 10 kilovoltage by using the variac transformer to slowly power up. The rated current is 20 microampere. PSIM simulated is compared with the proposed circuit. The experimental result shown that the output voltage obtained from 24 stage of a proposed bipolar Cockcroft-Walton Voltage multiplier circuit is 11.42 kV kilovolt.

Keywords: High voltage, Bipolar Cockcroft-Walton, Training set.

1. บทนำ

วงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าขนาดสูง (High voltage) ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น การยิงแสงเลเซอร์ งานเอ็กซเรย์ หรืองานไมโครสโคปอิเล็กตรอนแรงดันสูง เป็นต้น รวมไปถึงการใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ตามสถาบันการศึกษาต่างๆ

วงจรทวีแรงดันสูงชนิดคอคครอฟต์-วอลตัน (Cockcroft-Walton) [1] เป็นรูปแบบการสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1932 รูปแบบดั้งเดิมมีลักษณะเป็นแบบครึ่งคลื่น (Half-wave) จึงทำให้รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุตมีระลอกคลื่นแรงดัน (Ripple) ค่อนข้างสูง จึงได้มีการพัฒนารูปแบบวงจรเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ทั้งเรื่องระลอกแรงดันเอาต์พุตและเพื่อลดระดับแรงดันตกคร่อม วงจรคอคครอฟต์-วอลตันชนิดสมดุล (Symmetrical) เป็นวงจรที่ได้รับการพัฒนาจากวงจรในรูปแบบดั้งเดิมที่ได้รับความนิยมใช้งานมากที่สุดรูปแบบหนึ่ง เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากวงจรแบบดั้งเดิมได้ในระดับหนึ่ง

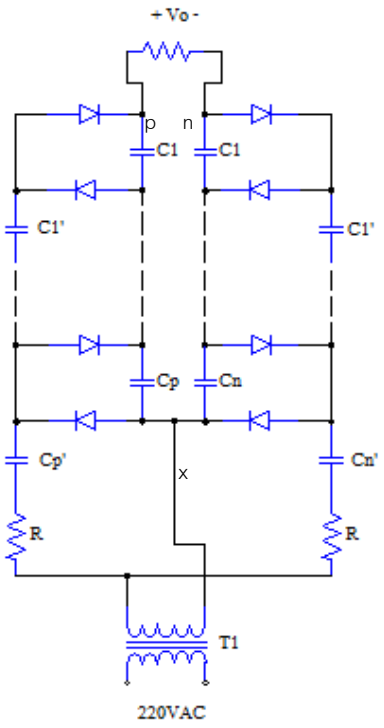
วงจรทวีแรงดันชนิดคอคครอฟ-วอลตันสองขั้ว (Bipolar Cockcroft-Walton) [2-3] เป็นการนำวงจร

คอคครอฟท์-วอลตันชนิดดั้งเดิมมาจัดรูปแบบวงจรให้สามารถเรียงกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับได้ทั้งด้านบวกและลบจึงทำให้ได้ระลอกแรงดันเอาต์พุตต่ำเช่นเดียวกับวงจรคอคครอฟต์-วอลตันชนิดสมดุล แต่ใช้อุปกรณ์สร้างน้อยกว่า

ดังนั้นงานที่นำเสนอนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ออกแบบและสร้างชุดกำเนิดแรงดันสูง 10 กิโลโวลต์ ด้วยวงจรทวีแรงดันชนิดคอค ครอฟต์-วอลตันสองขั้ว เพื่อใช้สำหรับเป็นสื่อการสอนให้แก่นักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต

2. วงจรคอคครอฟต์-วอลตัน สองขั้ว

มีรูปแบบวงจรดังรูปที่ 1 ประกอบไปด้วยกลุ่มวงจรด้านบวก (p-stage) และกลุ่มวงจรด้านลบ (n-stage) โดยที่ระดับแรงดันรวมจะเกิดจากการรวมกันของชุดกำเนิดแรงดันทั้งสองด้าน ชุดทวีแรงดันทั้งสองด้านจะถูกต่อร่วมกันอย่างขนานกับด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงโหลดของวงจรจะถูกเชื่อมต่อระหว่างขั้วเอาต์พุตของด้านบวกและลบ ตัวต้านทานในชั้นล่างสุดของวงจรทวีแรงดันของแต่ละด้านมีไว้เพื่อป้องกันความเสียหายของไดโอดในขณะเริ่มต้นการทำงานของวงจร

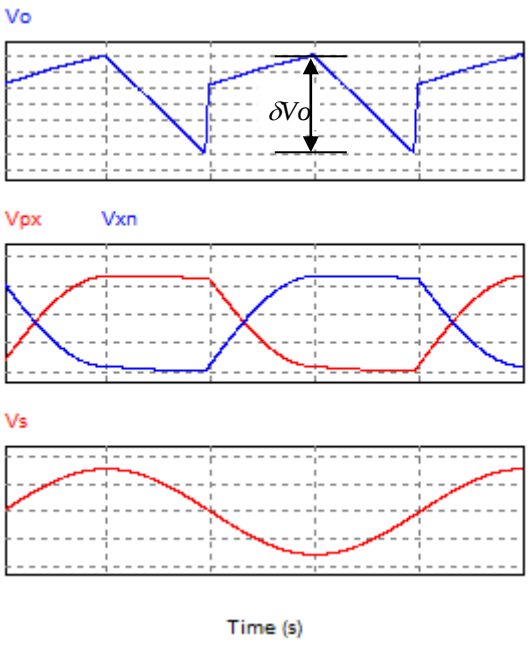


รูปที่ 1 วงจรคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว

เมื่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับด้านบวกปรากฏขึ้นไดโอดในชุดเรียงกระแสด้านบวกจะนำกระแส เพื่อชาร์จประจุไปยังตัวเก็บประจุในชั้นต่างๆ ทางด้านบวก ในขณะที่ตัวเก็บประจุในชั้นต่างๆ ทางด้านลบจะคายประจุที่เคยได้รับผ่านไดโอดไปสู่ระดับที่สูงขึ้น และจะทำงานในลักษณะเดียวกันในอีกด้านหนึ่งเมื่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับด้านลบปรากฏขึ้น ดังนั้นความถี่ของระลอกแรงดันเอาต์พุตจึงมีค่าเป็นสองเท่าของความถี่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1 ระลอกแรงดันเอาต์พุต

รูปที่ 2 เป็นรูปคลื่นของสัญญาณต่างๆ ในสภาวะคงตัว เมื่อแรงดัน V_o เป็นแรงดันเอาต์พุตที่ตกคร่อมโหลดตัวต้านทาน ซึ่งได้จากการรวมกันของแรงดันด้านบวก V_{px} และด้านลบ V_{xn} ของชุดทวีแรงดันสองขั้ว และ Vs เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของแหล่งจ่ายไฟด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง T1



รูปที่ 2 รูปคลื่นในสภาวะคงตัว

ระลอกคลื่นแรงดันเอาต์พุต (δVo) มีความสัมพันธ์กับจำนวนชั้นของวงจรทวีแรงดันและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดซึ่งจ่ายโดยชุดตัวเก็บประจุ (Smoothing capacitor) ซึ่งโดยทั่วไปค่าความจุของตัวเก็บประจุในชุดตัวเก็บประจุทั้งด้านบวกและลบจะกำหนดให้มีค่าที่เท่ากันเพื่อทำให้มีระดับแรงดันในแต่ละชั้นเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน อันจะส่งผลในเรื่องความเครียด (Stresses)

ในตัวอุปกรณ์ โดยปริมาณของระลอกแรงดันเอาต์พุตมีสมการเป็น

$$\delta Vo = \frac{I}{fC} \cdot \frac{N}{2} \quad (1)$$

เมื่อ I คือปริมาณกระแสเอาต์พุต

f คือความถี่ของสัญญาณแรงดันแหล่งจ่าย

N คือระดับชั้นโดยรวมของวงจร = $p+n$

ซึ่งขนาดของระลอกแรงดันเอาต์พุตตามสมการที่ (1) จะมีขนาดเท่ากันกับเอาต์พุตของวงจรทวีแรงดันชนิดคอคครอฟต์-วอลตันแบบสมดุล (Symmetrical CWVM) แต่ข้อดีของวงจรคอคครอฟต์-วอลตันชนิดสองขั้ว (Bipolar CWVM) นั้นคือไม่จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงที่มีแท็ปกลาง

2.2. แรงดันเอาต์พุตของคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว

เมื่อแรงดันเอาต์พุตของวงจรคอคครอฟต์-วอลตันชนิดสองขั้วเกิดจากผลรวมของชุดทวีแรงดันด้านบวกและลบ ดังนั้นสมการของแรงดันเอาต์พุตจึงมีรูปเป็น

$$Vo = Vpx + Vxn - \Delta V - \frac{\delta V}{2} \quad (2)$$

เมื่อ Vpx เป็นระดับแรงดันด้านบวกของชุดทวีแรงดัน

Vxn เป็นระดับแรงดันด้านลบของชุดทวีแรงดัน

ΔV เป็นระดับแรงดันที่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีโหลด

สำหรับวงจรคอคครอฟต์-วอลตันชนิดสองขั้ว จะมีระดับแรงดันที่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีโหลดเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\Delta V = \frac{I}{fC} \cdot \left(\frac{N^3}{6} + \frac{N^2}{4} - \frac{N}{6} \right) \quad (3)$$

เมื่อแทนสมการที่ (3) ลงในสมการ (2) จะทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตเฉลี่ยเป็นไปตามสมการดังนี้

$$Vo = 2NVs - \frac{I}{fC} \left(\frac{N^3}{6} + \frac{N^2}{4} + \frac{N}{12} \right) \quad (4)$$

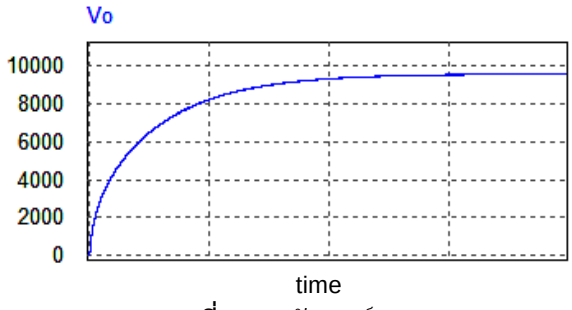
3. การออกแบบชุดทวีแรงดันคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว

ในบทความนี้กำหนดให้ออกแบบชุดวงจรทวีแรงดันคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้วที่มีระดับแรงดันเอาต์พุตสูงสุด 10 กิโลโวลต์ มีพิกัดกระแสเอาต์พุต 20 ไมโครแอมแปร์ เมื่อพิจารณาตามสมการที่ (4) โดยกำหนดให้ใช้ค่าความจุแต่ละตัวเท่ากับ 3 ไมโครฟารัด จะทำให้ได้ระดับชั้นรวมทั้งสิ้น N = 24 หรือก็คือ มีระดับชั้นของชุดทวีแรงดันด้านบวกและลบฝั่งละ 12 ชั้น ค่าความต้านทาน R ที่ต่ออนุกรมกับชุดวงรทวีแรงดันในชั้นล่างสุดของแต่ละฝั่งพิจารณาได้จากแรงดันกระแสตรงในชั้นล่างสุดต่อค่ากระแสไบอัสตรงสูงสุด (Peak Forward Surge Current , I_{FSM}) ของไดโอดที่เลือกใช้ หากเลือกใช้ไดโอดเบอร์ 1N4007 ซึ่งมีค่า I_{FSM} เท่ากับ 30 แอมแปร์ จะสามารถคำนวณหาค่าของตัวต้านนี้ได้คือ

$$R = \sqrt{2} \times Vs / I_{FSM} = 10.37 \text{ โอห์ม}$$

4. ผลการทดลอง

นำค่าอุปกรณ์และองค์ประกอบต่างๆ ที่ได้จากการออกแบบมาสร้างวงจรแล้วจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSIM พบว่ามีระดับแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 9.56 กิโลโวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 3



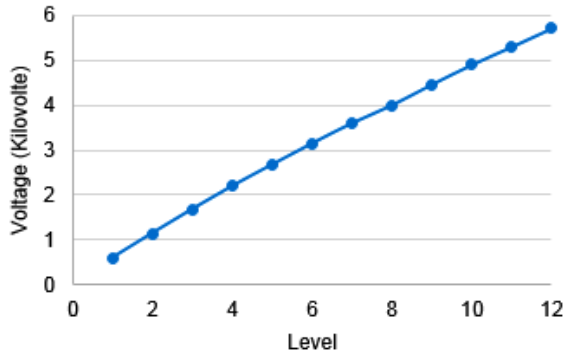
รูปที่ 3 แรงดันเอาต์พุต

การสร้างต้นแบบชุดทดลองวงจรทวีแรงดันชนิดคอคครอฟต์-วอลตันแบบสองขั้ว โดยใช้ค่าอุปกรณ์เดียวกันกับค่าอุปกรณ์สำหรับจำลองการทำงาน แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ต้นแบบวงจรคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว

เมื่อวัดค่าแรงดันในระดับชั้นต่างๆ ในแต่ละด้านของวงจรทวีแรงดันคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว จะได้ผลดังกราฟในรูปที่ 5 ซึ่งพบว่าแต่ละระดับชั้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ระดับแรงดันที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นเชิงเส้น โดยเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเท่ากับ 220 โวลต์ จะมีแรงดันสูงสุดในชั้นที่ 12 เท่ากับ 5.71 กิโลโวลต์ เมื่อรวมระดับแรงดันด้านบวกและลบเข้าด้วยกัน จึงทำให้มีระดับแรงดันรวมเท่ากับ 11.42 กิโลโวลต์



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นกับแรงดัน

5. ผลสรุป

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดลองวงจรทวีแรงดันคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้ว ขนาดแรงดันสูงสุด 10 กิโลโวลต์ เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในรายวิชาวิศวกรรมแรงสูง ออกแบบให้มีพิกัดกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 20 ไมโครแอมแปร์ จากการทดสอบพบว่าเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ จะมีระดับแรงดันกระแสตรงเอาต์พุตสูงสุด 11.42 กิโลโวลต์

จากการวิเคราะห์พบว่าวงจรทวีแรงดันคอคครอฟต์-วอลตันสองขั้วที่ได้นำเสนอนี้ มีระลอกแรงดันเอาต์พุตเท่ากับวงจรคอคครอฟต์-วอลตันแบบสมดุล แต่ใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยกว่าและไม่จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงที่มีแท็ปกลาง จึงทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการสร้าง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Wolfgang H. and Eberhard L. (2014), *High-Voltage Test and Measuring Techniques*, Springer, New York.

[2] Kei E., Shinya T. and Ichirou O. (2014), Design of a Digitally Controlled Inductor-Less Voltage Multiplier for Non-Thermal Food Processing, *International Journal of Information and Electronics Engineering*, Vol. 4(6), pp. 438-445.

[3] Iqbal S. and Besar R. (2007), A Bipolar Cockcroft-Walton Voltage Multiplier for Gas Lasers, *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 4(10), pp.795-801.

การศึกษาการประยุกต์ใช้งานโรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลัง

A Review of Fuel Cell Power Plant Application in Power Systems

มงคล ตรีกิจจานนท์[1] รุ่งเพชร ก่องนอก[2] มงคล ด่านบำรุงตระกูล[2] พินิจ ศรีธร[2] กฤติเดช บัวใหญ่[2] และ กาญฑ์ เกิดชื่น[2*]

[1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 200 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพ 10900
[2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: kaan.kerdchuen@gmail.com, โทรและไลน์ 081-7003242

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้ศึกษาการประยุกต์ใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงในระดับขนาดโรงไฟฟ้าเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้ากำลัง การศึกษาจะใช้วิธีการสืบค้นจากข้อมูลออนไลน์ทั้งแบบเปิดและแบบปิด การศึกษาในบทความนี้มุ่งเน้นที่หลักการทำงาน ส่วนประกอบ และผลกระทบของระบบเซลล์เชื้อเพลิงต่อระบบไฟฟ้ากำลังและด้านสังคม จากผลการสำรวจบทความและข้อมูลระบบเซลล์เชื้อเพลิงเชิงการค้าพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่จากเซลล์เชื้อเพลิงมีการใช้งานในหลายระดับ ประกอบด้วยการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบสำรองไฟฟ้า การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กในพื้นที่ขาดแคลนระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า และการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้า
คำหลัก: เซลล์เชื้อเพลิง, เซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจน, โรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง

Abstract

This paper reviews the application of fuel cells in power plant scale for energizing into the power systems. The reviewing is online searching both open and closed databases. In this study, the principle, components and the impacts of fuel cell on power systems and societies are concerned. The study results show that the commercial fuel cell have been implemented into many level power systems such as the power system backup, the rural without utility grid and utility grid energizing.
Keywords: Fuel Cell, Hydrogen Fuel Cell, Fuel Cell Power Plant

1. บทนำ

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันและอนาคตมีแนวโน้มสูงขึ้น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าสามารถทำได้แต่มีข้อจำกัดด้านปริมาณและผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานหมุนเวียนทดแทนอย่างเช่นพลังงานลมหรือพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นพลังงานสะอาด แต่ไม่มีเสถียรภาพเป็นตามสภาพลมและแสงอาทิตย์ ถ้าต้องการเสถียรภาพการจ่ายพลังงานจากพลังลมหรือแสงอาทิตย์อาจต้องอาศัยระบบกักเก็บพลังงาน เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) หรือเซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจน (Hydrogen Fuel Cell) เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนพลังงานเคมีจากเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งให้เป็นพลังงานไฟฟ้า [1] ซึ่งเริ่มมีการนำมาจ่ายพลังงานไฟฟ้าไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้า

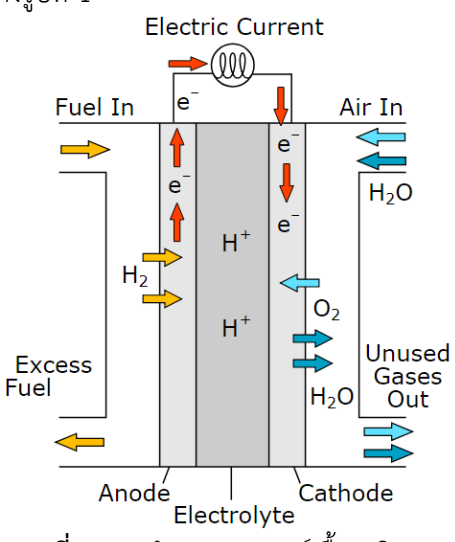
เซลล์เชื้อเพลิงมีการอ้างอิงถึงครั้งแรกเมื่อปี 1893 โดย William Grove [1] และได้รับการพัฒนาเรื่อยมา ในประเทศไทยมีการศึกษาให้ความรู้แก่ผู้สนใจดังใน [2-3] ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นการประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ ใน [3] เป็นชุดเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อการศึกษาขนาดเล็กที่แสดงการประยุกต์ใช้งานในยานพาหนะ ในระดับงานวิจัยของต่างประเทศดังใน [4] เป็นการศึกษาเพื่อการจัดการพลังงานในระบบไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีการใช้โรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงแล้วเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยโรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงมีการต่อกับโรงไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานได้ไม่แน่นอน ในบทความดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าการควบคุมที่บทความนำเสนอสามารถควบคุมการจ่ายโหลดจากทั้งสองแหล่งเพื่อให้โหลดได้อย่างเพียงพอ ในบทความ [5] มีการศึกษาการนำโซลาร์เซลล์มาต่อ

ร่วมกับเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อจ่ายโหลดทางไฟฟ้า ในการทดลองแสดงให้เห็นว่าเซลล์เชื้อเพลิงสามารถร่วมกันจ่ายโหลดได้ โดยกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อกระแสจากโซลาร์เซลล์มีการจ่ายโหลด ในขณะที่กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดมีค่าคงที่ ในส่วนการใช้งานโรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงจริง ในประเทศเกาหลีใต้ [6] ได้ติดตั้งระบบโรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 59 เมกกะวัตต์ เมื่อปี พ.ศ. 2557 และใน [7] เป็นการติดตั้งขนาด 300 กิโลวัตต์เพื่อการจ่ายไฟฟ้าขนานเข้ากับระบบไฟฟ้าในโรงงานในประเทศจีน และ 200 กิโลวัตต์ในประเทศเกาหลีใต้

บทความนี้จะทำการศึกษาจากข้อมูลออนไลน์ที่เกี่ยวกับพื้นฐานเซลล์เชื้อเพลิง การควบคุมและการใช้งานที่เกี่ยวกับเซลล์เชื้อเพลิง ตลอดจนศึกษาถึงการติดตั้งใช้งานจริงในระดับขนาดโรงไฟฟ้า ผลที่คาดหวังของบทความนี้คือให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือผู้สนใจผลิตพลังงานที่ผลิตโดยเซลล์เชื้อเพลิงเกิดความมั่นใจในการติดตั้งโรงไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงในประเทศไทย

2. หลักการผลิตไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงจะทำงานคล้ายกับแบตเตอรี่ แต่เซลล์เชื้อเพลิงจะต้องใช้เชื้อเพลิงป้อนเข้าไปตลอดเวลาเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้ออกมาตลอดเวลา รูปแสดงส่วนประกอบเพื่ออธิบายการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงแสดงดังรูปที่ 1

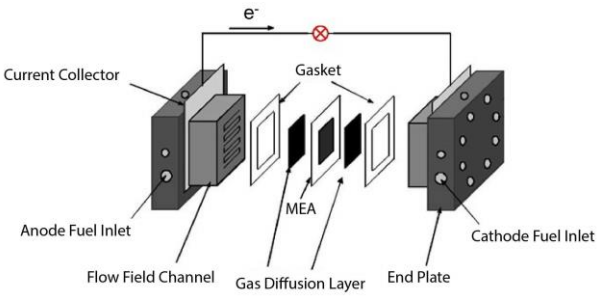


รูปที่ 1 การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง [1]

จากรูปที่ 1 เซลล์เชื้อเพลิงจะมีส่วนประกอบสำคัญคือ แอโนด (Anode) แคโทด (Cathode) และอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) โดยอิเล็กโทรไลต์จะยอมให้ไอออนไฮโดรเจนประจุบวกเคลื่อนที่ผ่านจากแอโนดไปหาแคโทด

แอโนด และแคโทดประกอบด้วยตัวเร่งปฏิกริยาที่ทำให้เชื้อเพลิงเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันที่สร้างไอออนไฮโดรเจนประจุบวกและอิเล็กตรอน ไอออนไฮโดรเจนจะเคลื่อนที่ผ่านอิเล็กโทรไลต์ ในขณะที่อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านวงจรไฟฟ้าภายนอกในรูปแบบวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่ด้านแคโทดนั้นไอออนไฮโดรเจน อิเล็กตรอน และออกซิเจนจะทำปฏิกริยากันกลายเป็นน้ำออกมาที่ด้านนี้ นอกจากนี้ยังมีการผลิตความร้อน ปริมาณขนาดเล็กมากของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ

การที่จะให้เซลล์เชื้อเพลิงกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงออกมาตลอดเวลาเราจะต้องป้อนเชื้อเพลิงเข้าเซลล์เชื้อเพลิงตลอดเวลา ซึ่งเชื้อเพลิงที่ว่านี้คือไฮโดรเจนและออกซิเจนนั่นเอง จากรูปการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงอาจแสดงเป็นส่วนประกอบของเซลล์เชื้อเพลิงได้ดังรูปที่ 2

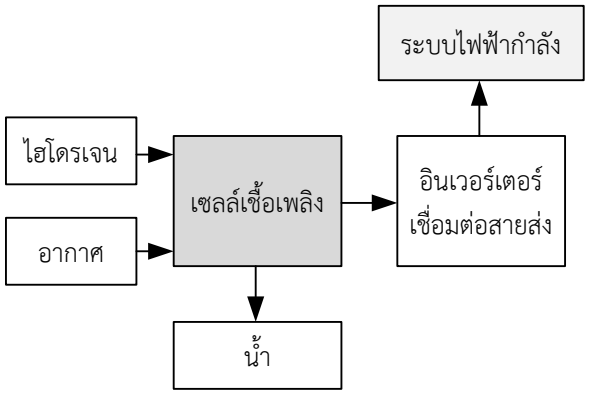


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของเซลล์เชื้อเพลิง [8]

จากรูปที่ 2 ส่วนประกอบจะสอดคล้องกับรูปที่ 1 เป็นรูปของเซลล์เชื้อเพลิงหนึ่งเซลล์ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เยื่อหุ้มขั้วไฟฟ้า (Membrane Electrode Assembly, (MEA)) และแผ่นเพลทที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 ถึง 1 โวลต์ ซึ่งจะคล้ายกับแบตเตอรี่ ถ้าต้องการแรงดันสูงขึ้น เราจะต้องต่ออนุกรมกันเข้าไป ในรายละเอียดมากขึ้นเราสามารถค้นคว้าได้จาก [9]

3. การประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลัง

ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิงแล้วเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้ากำลังจะใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดเชื่อมต่อสายส่ง (Grid-connected Inverter) เป็นตัวแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์เชื้อเพลิง ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่เหมาะสมสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้ากำลัง ภาพรวมของระบบทั้งหมดเป็นดังรูปที่ 3

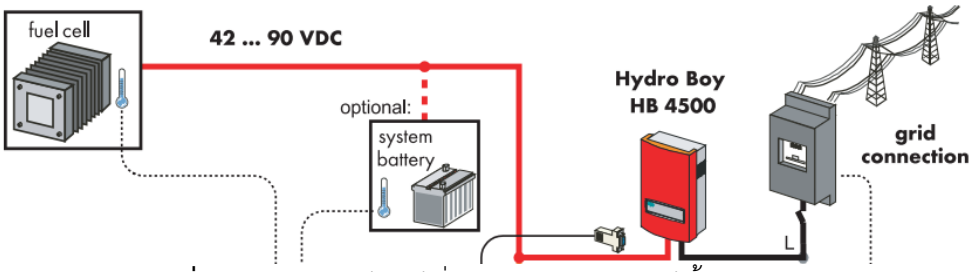


รูปที่ 3 ภาพรวมระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิงเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลัง

จากรูปที่ 3 ในส่วนเซลล์เชื้อเพลิงเราอธิบายได้ดังหัวข้อที่ 2 สำหรับส่วนของอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อสายส่งนั้น ควรต้องพิจารณาให้มีมาตรฐานการเชื่อมต่อเช่นเดียวกับที่รัฐบาลไทยสนับสนุนในเรื่องการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ กล่าวคืออาร์มอนิกส์ของกระแสไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ต้องไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ และมีระบบการตัดวงจรการผลิตไฟฟ้าถ้าหากระบบไฟฟ้ากำลังดับลงเป็นต้น [10]

สำหรับการออกแบบอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อสายส่งนั้น การเป็นการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์เชื้อเพลิงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถเชื่อมต่อระบบของการไฟฟ้าได้ เนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงมีการตอบสนองตั้งแต่เริ่มให้ผลิตไฟฟ้านั้นช้ามาก โดยเซลล์เชื้อเพลิงเยื่อหุ้มแลกเปลี่ยนโปรตรอน (Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEM fuel cells, or PEMFC)) ใช้เวลาประมาณ 1 นาที และ เซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์แข็ง (Solid Oxide Fuel Cells, SOFC) ต้องใช้เวลาถึง 10 นาที [1] ดังนั้นในด้านไฟฟ้ากระแสตรงเราสามารถจำลองเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังใน [11] ลักษณะภายนอกและภาพรวมการต่อวงจรเพื่อร่วมควบคุมของอินเวอร์เตอร์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งเชิงการค้าของผู้ผลิตรายหนึ่ง เป็นดังรูปที่ 4

ในการติดตั้งใช้งานจริงที่พบในข้อมูล [7] และ [12] เป็นชุดผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิงขนาดใหญ่ที่สามารถใช้เป็นโรงไฟฟ้าเพื่อจ่ายโหลดช่วงฐานของระบบไฟฟ้ากำลังได้ โดยในชุดดังกล่าวต้องใช้ไฮโดรเจนป้อนเข้าไป 750 ลูกบาศเมตรต่อชั่วโมง และกำลังไฟฟ้าป้อนเข้า 35 กิโลวัตต์ เพื่อการผลิตไฟฟ้าเข้าระบบได้ 1 เมกกะวัตต์



รูปที่ 4 ระบบอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อสายส่งของเซลล์เชื้อเพลิง [13]

จากรูปที่ 4 เซลล์เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าได้ที่แรงดันอยู่ระหว่าง 42 – 90 โวลต์ เราสามารถนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปประจุแบตเตอรี่ได้ หรือนำไปเข้าอินเวอร์เตอร์ชนิดเชื่อมต่อสายส่งได้ทันทีโดยไม่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ก็ได้

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้มีการทดลองนำเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 300 กิโลวัตต์มาใช้งานป้อนไฟฟ้าเข้าอาคารเพื่อการทดลอง โดยระบบดังกล่าวจะใช้ไฟฟ้าจากกังหันลมต่อร่วมเพื่อการผลิต [3]

สำหรับการติดตั้งระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้าในระดับหลายกิโลวัตต์นี้สามารถทำได้สะดวก โดยผู้ผลิตได้ออกแบบเป็นลักษณะคล้ายตู้สินค้าดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การติดตั้งเซลล์เชื้อเพลิง 200 กิโลวัตต์ [7]

4. สรุปผล

เซลล์เชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อให้ได้ขนาดใหญ่เป็นโรงไฟฟ้าได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อุปกรณ์ที่จะเชื่อมต่อจากไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับเป็นอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อสายส่งก็ได้รับการพัฒนาเช่นเดียวกัน ดังเช่นอินเวอร์เตอร์ในระบบโซลาร์เซลล์ที่พบได้ทั่วไปในปัจจุบัน การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิงยังต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกประมาณ 3.5% ของกำลังการผลิต และไฮโดรเจนป้อนเข้าไป ในปัจจุบันมีการติดตั้งใช้งานจริงในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยเฉพาะที่ประเทศเกาหลีใต้มากกว่า 59 เมกกะวัตต์ ดังนั้นโรงไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิงจึงนับเป็นพลังงานทางเลือกอีกทางที่น่าสนใจในการนำมาใช้ในประเทศไทย

อย่างไรก็ตามในประเด็นราคาค่าเชื้อเพลิงก๊าซไฮโดรเจนนั้นยังไม่ได้มีการพิจารณาในบทความนี้

5. เอกสารอ้างอิง

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell // เข้าถึงเมื่อ 11 มิ.ย. 61

[2] “เอกสารเผยแพร่การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน จาก http://e-lib.dede.go.th/mm-data/Bib14831.pdf

[3] https://www.fuelcell.co.th//เข้าถึงเมื่อ11 มิ.ย. 61

[4] L. Sun, G. Wu, Y. Xue, J. Shen, D. Li, and K. Y. Lee, “Coordinated Control Strategies for Fuel Cell Power Plant in a Microgrid,” IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 33, No. 1, March 2018 pp.1-9.

[5] J. Paska and P. Biczel, “Hybrid Photovoltaic-Fuel Cell Power Plant,” IEEE Russia Power Tech 2005.

[6] http://www.powermag.com/worlds-largest-fuel-cell-plant-opens-in-south-korea/ //เข้าถึงเมื่อ 11 มิ.ย. 61

[7] HORIZON FUEL CELL TECHNOLOGIES, Company Profile, March 2018

[8] http://www.fuelcellstore.com/blog-section/fuel-cell-characterization //เข้าถึงเมื่อ 18 มิ.ย. 61

[9] C. S. Spiegel, “Designing and Building Fuel Cells,” McGraw-Hill, 2007

[10] “ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559” การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

[11] A. M. Tuckey, J. N. Krase, “A Low-Cost Inverter for Domestic Fuel Cell Applications,” IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference, February 2002

[12] http://www.hydrogenics.com/wp-content/uploads/Fuel-Cell-MW-Power-Plant-Platform.pdf //เข้าถึงเมื่อ 18 มิ.ย. 61

[13] http://files.sma.de/dl/11199/HB4500-11-BE3705.pdf //เข้าถึงเมื่อ 18 มิ.ย. 61

การศึกษาเชิงวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่เกิดจากหลอดแอลอีดี

Analytical Study of Harmonics Originated from LED Lamps

สุริยา แก้วอาษา* วิชัย ครองกิจศิริ, ปิยศักดิ์ ลาภนูน และ อมร สุขเมือง

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ที่อยู่ 199 หมู่ 3 ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47160
*ผู้ติดต่อ: suriya_ka@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 087-2347853, เบอร์โทรสาร 042-772392

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงวิเคราะห์ฮาร์มอนิกของหลอดแอลอีดีซึ่งมีการทำงานโดยใช้ชุดขับหลอด โดยชุดขับหลอดเป็นวงจรสวิตชิงที่ก่อทำให้เกิดฮาร์มอนิกในระบบ ในการศึกษาได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างหลอดแอลอีดีที่มีขายในท้องตลาดของประเทศไทยนำมาทดสอบ ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC ผลการศึกษา พบว่า หลอดแอลอีดี 3 ยี่ห้อ มีค่ากระแสฮาร์มอนิกเกินค่ามาตรฐาน IEC 1000-3-2 และได้มีการใช้ตัวกรองแบบพาสซีพเพื่อลดค่ากระแสฮาร์มอนิก ผลการทดลองพบว่า ค่ากระแสฮาร์มอนิกลดลงอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐาน IEC 1000-3-2

คำหลัก: ฮาร์มอนิก, ตัวกรองพาสซีฟ, หลอดแอลอีดี

Abstract

This paper presents an analytical study of harmonics originated from LED lamps usually used a drive circuit. Since the most drivers were switching devices, they generate harmonics into the system. To investigate the harmonics of LED lamps, a sample of LED lamps in Thailand were tested. The experiments were tested by using a standard IEC power quality analyzer. The results showed that the 3 brands of LED lamps originated current harmonics exceeded the limitations of the standard IEC 1000-3-2. In order to reduce harmonics production, a passive harmonic filtering technique was proposed and applied. The experimental results showed that the current harmonics reduce effectively by comparing with IEC 1000-3-2 standard.

Keywords: Harmonics, passive filter, LED lamps.

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้ใช้ไฟฟ้าได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพไฟฟ้ามากขึ้น โดยสิ่งรบกวนในระบบไฟฟ้ามีหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เกิดในระบบไฟฟ้า แต่การแก้ไขปัญหาอาจกระทำแยกกันในแต่ละชนิดของสิ่งรบกวนในแต่ละแห่งที่เกิดปัญหา โดยในการแก้ไขปัญหาคุณภาพไฟฟ้าจะต้องมีการพิจารณาอย่างเป็นระบบ ซึ่งปัญหาคุณภาพไฟฟ้าเกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีความไวในการตอบสนองต่อคุณภาพไฟฟ้ามากกว่าอุปกรณ์ที่เคยใช้ในอดีต อีกทั้งยังมีการควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น วงจรขับหลอดแอลอีดี (LED) เป็นต้น [1] ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงหรือหลอดแอลอีดีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากหลอดแอลอีดีมีการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน รวมทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะไม่มีองค์ประกอบของสารพิษ โดยในอนาคตอันใกล้หลอดแอลอีดีจะถูกนำมาใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดไฟประเภทอื่นๆ [2] แต่ในการทำงานของหลอดแอลอีดีจำเป็นต้องมีชุดวงจรขับหลอดเพื่อให้หลอดเกิดความสว่าง โดยวงจรขับหลอดมีส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้า โดยวงจรขับ

หลอดจะก่อให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกรบกวนระบบไฟฟ้า โดยฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ แม้ว่าปัจจุบันหลอดแอลอีดีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีมาตรฐานที่ใช้กำหนดค่าฮาร์มอนิกที่ไม่ทำให้อุปกรณ์และระบบข้างเคียงเกิดความเสียหาย เช่น มาตรฐาน IEC 1000-3-2 [3] แต่หลอดแอลอีดีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีคุณภาพหลากหลาย และราคาแตกต่างกันมาก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับฮาร์มอนิกที่เกิดจากหลอดแอลอีดีและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาฮาร์มอนิกโดยใช้วงจรกรองกระแส เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกใช้หลอดแอลอีดีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอันจะเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อตรวจวัดค่ากระแสฮาร์มอนิกของหลอดแอลอีดีที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

2) เพื่อประเมินคุณภาพหลอดแอลอีดีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยพิจารณาจากระดับค่ากระแสฮาร์มอนิกตามมาตรฐาน IEC 1000-3-2

3) เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรกรองฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟ โดยพิจารณาจากระดับค่ากระแสฮาร์มอนิก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2) ทำการตรวจวัดค่าฮาร์มอนิกของหลอดแอลอีดีโดยใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า ยี่ห้อ Chauvin Arnux โดยพิจารณาเลือกหลอดแอลอีดี จำนวน 3 ยี่ห้อ ชนิด Tube (T8) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

3) เปรียบเทียบระดับค่าความผิดเพี้ยนของกระแสฮาร์มอนิกที่ตรวจวัดได้ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน IEC 1000-3-2

4) ออกแบบและทดสอบวงจรกรองแบบฟาสซีฟเพื่อกรองกระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ใช้วงจรกรองกระแสฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟ

5) สรุปและอภิปรายผล

4. วิธีการออกแบบวงจรกรองกระแสฮาร์มอนิก

การออกแบบวงจรกรองกระแสฮาร์มอนิกจะใช้ในการกรองฮาร์มอนิกที่เกิดจากชุดขับหลอด โดยในบทความนี้พิจารณากรองกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 เนื่องจากเป็นอันดับกระแสฮาร์มอนิกที่พบทั่วไป [4] และมีผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้า โดยการออกแบบวงจรกรองกระแสฮาร์มอนิกจะใช้สมการที่ (1)

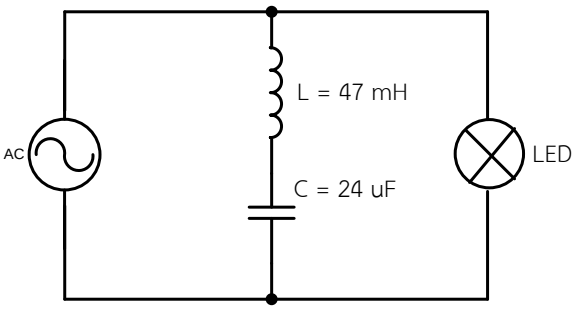
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (1)$$

เมื่อ f คือ ความถี่ฮาร์มอนิก (Hz)

L คือ ความเหนี่ยวนำ (H)

C คือ ความจุ (F)

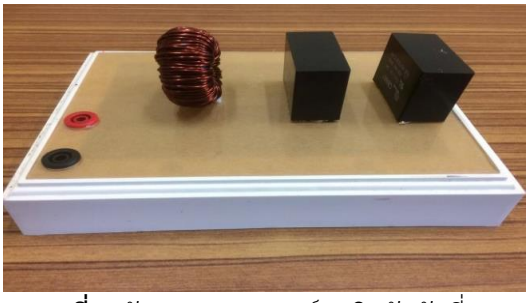
โดยวงจรกรองกระแสฮาร์มอนิกของหลอดแอลอีดีแสดงดังวงจรในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรกรองฮาร์มอนิกแบบ Single Tuned



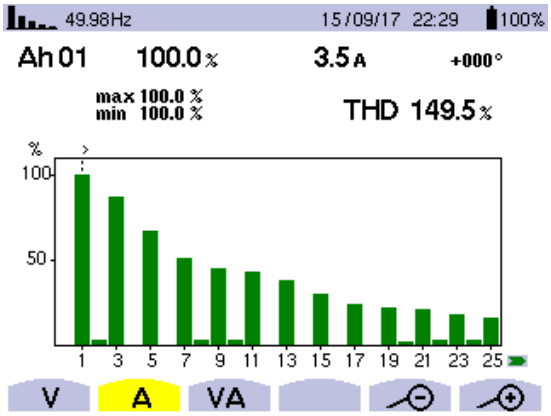
รูปที่ 2 ชุดทดสอบตรวจวัดฮาร์มอนิกของหลอดแอลอีดี



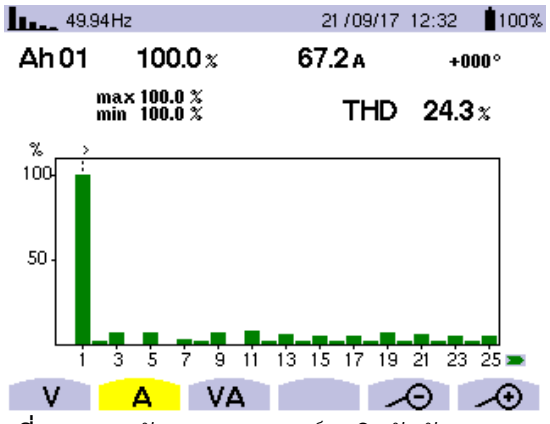
รูปที่ 3 ตัวกรองกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3

5. ผลการวิจัย

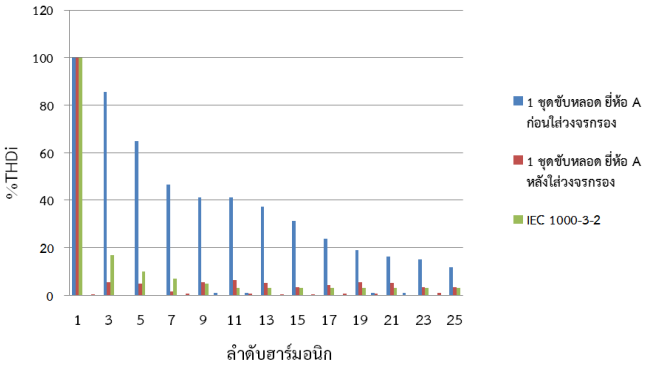
ผลการตรวจวัดค่าฮาร์มอนิกของหลอดแอลอีดีแบบ Tube (T8) ยี่ห้อ A B และ C ในกรณีที่ไม่ติดตั้งและติดตั้งวงจรกรองฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟ ได้ผลการตรวจวัดสเปกตรัมกระแสฮาร์มอนิกของหลอดแอลอีดีทั้ง 3 ยี่ห้อ ดังนี้



รูปที่ 4 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดียี่ห้อ A กรณีไม่ติดตั้งตัวกรอง

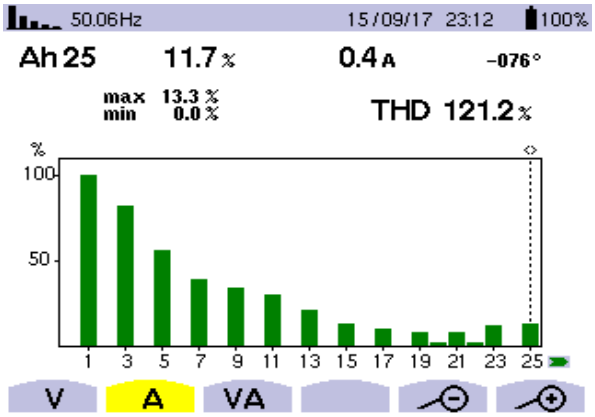


รูปที่ 5 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดียี่ห้อ A กรณีติดตั้งตัวกรอง

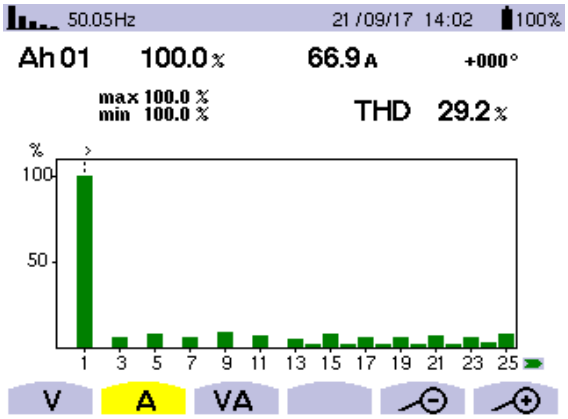


รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่า $\%THD_i$ อันดับ 3 ของหลอดยี่ห้อ A กับมาตรฐาน IEC 1000-3-2

จากรูปที่ 6 พบว่า ค่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดีชนิด Tube ยี่ห้อ A มีค่าเกินมาตรฐาน IEC 1000-3-2 และเมื่อติดตั้งวงจรกรองฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟ พบว่า ค่ากระแสฮาร์มอนิกผ่านเกณฑ์มาตรฐาน IEC 1000-3-2

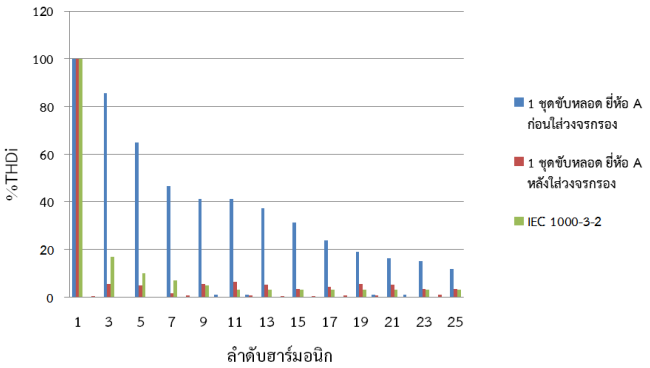


รูปที่ 7 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดียี่ห้อ B กรณีไม่ติดตั้งตัวกรอง

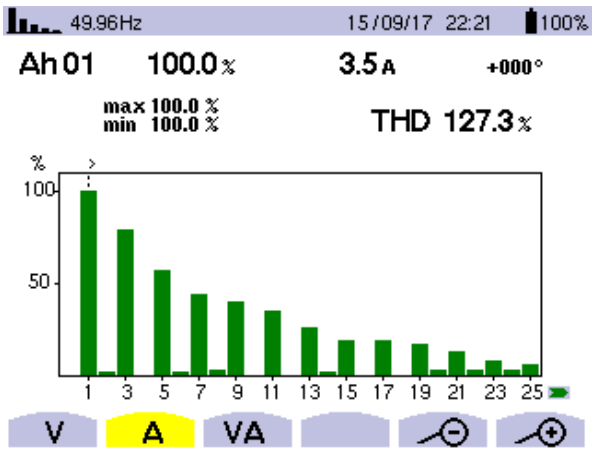


รูปที่ 8 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดียี่ห้อ B กรณีติดตั้งตัวกรอง

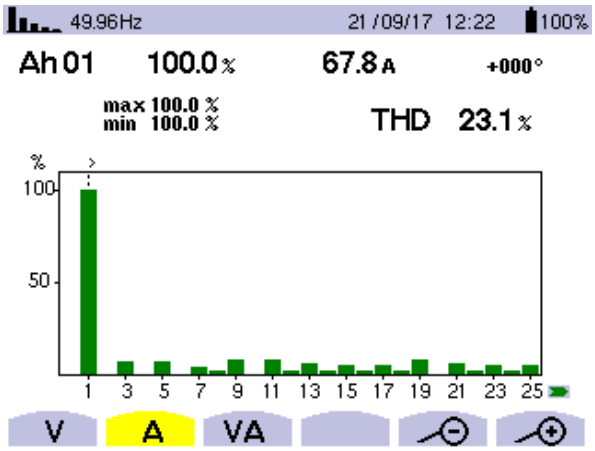
จากรูปที่ 9 พบว่า ค่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดีชนิด Tube ยี่ห้อ B มีค่าเกินมาตรฐาน IEC 1000-3-2 และเมื่อติดตั้งวงจรกรองฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟ พบว่า ค่ากระแสฮาร์มอนิกผ่านเกณฑ์มาตรฐาน IEC 1000-3-2



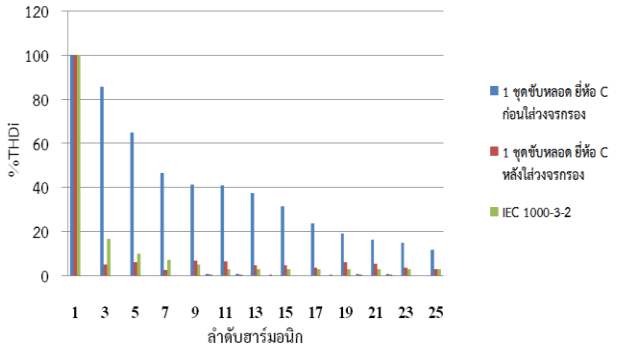
รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่า %THD$_i$ อันดับ 3 ของหลอดยี่ห้อ B กับมาตรฐาน IEC 1000-3-2



รูปที่ 10 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดียี่ห้อ C กรณีไม่ติดตั้งตัวกรอง



รูปที่ 11 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดียี่ห้อ C กรณีติดตั้งตัวกรอง



รูปที่ 12 เปรียบเทียบค่า %THD$_i$ อันดับ 3 ของหลอดยี่ห้อ C กับมาตรฐาน IEC 1000-3-2

จากรูปที่ 12 พบว่า ค่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ของหลอดแอลอีดีชนิด Tube ยี่ห้อ C มีค่าเกินมาตรฐาน IEC 1000-3-2 และเมื่อติดตั้งวงจรกรองฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟ พบว่า ค่ากระแสฮาร์มอนิกผ่านเกณฑ์มาตรฐาน IEC 1000-3-2

ดังนั้นหลอดแอลอีดีชนิด Tube ที่สุ่มมาทดสอบเพื่อตรวจวัดระดับค่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 เป็นหลอดที่มีค่าระดับกระแสฮาร์มอนิกเกินมาตรฐาน IEC 1000-3-2 ทุกยี่ห้อ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกชัย ชัยดี และคณะ [5] ที่ได้ศึกษาตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้าและประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย และเมื่อติดตั้งวงจรกรองฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟจะช่วยให้ค่าระดับกระแสฮาร์มอนิกผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้

6. สรุปผล

การศึกษาเชิงวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่เกิดจากหลอดแอลอีดี เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เนื่องจากหลอดแอลอีดีจะมีชุดขับหลอดที่มีส่วนประกอบของวงจรสวิตชิง และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิก โดยหลอดแอลอีดีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีราคาแตกต่างกัน ซึ่งในบทความนี้ได้ทำการสุ่มหลอดแอลอีดีชนิด T8 จำนวน 3 ยี่ห้อ โดยกำหนดชื่อยี่ห้อ A B และ C เพื่อทำการตรวจวัดระดับค่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับ 3 ผลการวิจัยพบว่า หลอดแอลอีดีทั้ง 3 ยี่ห้อ มีค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกสูงเกินมาตรฐาน IEC 1000-3-2 ซึ่งหากมีการนำไปใช้งานจะเกิดสัญญาณรบกวนต่ออุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมอยู่ในระบบไฟฟ้า ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน รวมถึงอาจทำให้อายุการใช้งานของหลอดไฟสั้นลง ในงานวิจัยนี้ได้มีการปรับปรุง

คุณภาพไฟฟ้าโดยใช้ตัวกรองกระแสฮาร์มอนิกแบบพาสซีฟต่อในวงจรการใช้งานหลอดแอลอีดี ผลการทดสอบพบว่า เมื่อมีการต่อวงจรกรองกระแสฮาร์มอนิกจะทำให้ค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิก อันดับ 3 ของหลอดแอลอีดีทั้ง 3 ยี่ห้อ มีค่าผ่านเกินตามมาตรฐาน IEC 1000-3-2 โดยวงจรกรองกระแสฮาร์มอนิกแบบ Single Tuned Filter ที่นำเสนอเป็นตัวกรองแบบพาสซีฟที่มีราคาถูกกว่าวิธีอื่นๆ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ตฤน แสงสุวรรณ (2556). คุณภาพไฟฟ้า, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] Wendt M. and Andriesse J.-W. (2006). LEDs in Real Lighting Applications: from Noche Markets to General Lighting, paper presented in the 2006 IEEE Industry Applications Conference, FL, USA.

[3] International Electrotechnical Commission. (1998). Standard IEC 61000-3-2, Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 3-2, Limit-Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current ≤ 16 A per phase).

[4] Dugan R. C., MaGranaghan, M. F., Santoso S. and Beaty H. W. (2002). Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, New York, USA.

[5] เอกชัย ชัยดี กิตติศักดิ์ คำตา ชัชวาล ผ่านดอยแดน และ ฉัตรพล เชียงแรง (2556). การตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้าและประสิทธิภาพของหลอดไฟเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย, วารสารวิจัยและพัฒนา, 36, เมษายน-มิถุนายน 2556, 153-170.

ระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกต

Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic System Using Perturbation and Observation Method

สุริยา แก้วอาษา* วีระ ธันยาภิรักษ์ และ ปิยะพงษ์ ย้อยดวงชัย

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ที่อยู่ 199 หมู่ 3 ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47160
*ผู้ติดต่อ: suriya_ka@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 087-2347853, เบอร์โทรสาร 042-772392

บทคัดย่อ

บทความนี้นำระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการรบกวนและสังเกต ซึ่งออกแบบให้ระบบสามารถทำงานในสภาวะที่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลง โดยทดสอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่ออนุกรม จำนวน 2 แผง ซึ่งแต่ละแผงมีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 80 วัตต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 18 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 4.45 แอมแปร์ สำหรับการควบคุมการทำงานของระบบที่นำเสนอจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ในการรับค่าอินพุตมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของวงจรทบระดับแรงดัน เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าสำหรับติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการทดสอบ พบว่า ระบบที่นำเสนอสามารถติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะที่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงช้าๆ ได้ดีกว่าระบบดั้งเดิมที่ไม่มีวงจรติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

คำหลัก: ระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด, เซลล์แสงอาทิตย์, วิธีการรบกวนและสังเกต

Abstract

This paper presented the maximum power point tracking system of photovoltaic by using perturbation and observation method. This design method allows the proposed system to work in conditions where the sunlight has changed. The proposed system was tested with 2 solar panels in a series connection and each solar panel has a maximum power rating of 80 W., a maximum voltage of 18 V, and a maximum current of 4.45 A. The control of the proposed system, the Arduino UNO R3 microcontroller has been used to receive inputs and control the voltage level of boost converter circuit for controlling the maximum power point tracking of the solar cells. The results of this study indicated that this system able to track the maximum power of the solar cells in a slow-changing sunlight. It is better thanconventional systems without a maximum power point tracking circuit.

Keywords: MPPT, photovoltaic, perturbation and observation method

1. บทนำ

ปัจจุบันการวิจัยด้านพลังงานเป็นเรื่องที่สำคัญเรื่องหนึ่งของประเทศและโลกที่ประสบปัญหาสภาวะโลกร้อน ในปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน พลังงานน้ำจากการเสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา นอกจากนี้น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหินลิกไนต์ ก็มีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคต ทำให้มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น โดยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหนึ่งที่ได้รับความสนใจและมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น กอรปกับประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องสว่างมายังโลกนั้นมีพลังงานมากมาย แต่ไม่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการทำให้ต้องมีการวิจัยเพื่อพัฒนาการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในด้านเทคโนโลยี

การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจะมีการใช้ซิลิกอน เป็นวัสดุหลักในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ยังมีการศึกษาวิจัยการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จากวัสดุธรรมชาติ และนาโนเทคโนโลยี เป็นต้น สำหรับด้านเทคนิคในการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ใช่แหล่งพลังงานแบบแรงดันคงที่หรือกระแสคงที่ เนื่องจากกำลังเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับกระแสที่จ่ายไปยังโหลด โดยปกติคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงของกระแสขึ้นอยู่กับความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์จะสัมพันธ์กับกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่อกับโหลด การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานเป็นแหล่งจ่ายพลังงานเพื่อจ่ายโหลดหรืออัดประจุแบตเตอรี่นั้น ผู้ใช้งานจะต้องเข้าใจในข้อจำกัดของการเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปหากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำงานที่ให้ผลคูณของกระแสและแรงดันมีค่ามากที่สุดหรือเข้าใกล้จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยการควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์เพื่อปรับเข้าหากำลังสูงสุด ก็จะทำให้การแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดีที่สุด ปัจจุบันการวิจัยงานวิจัยเพื่อสร้างชุดคอนเวอร์เตอร์ปรับเข้าหากำลังสูงสุดที่สามารถทำงานร่วมกับแผงเซลล์อาทิตย์โดยใช้การควบคุมมีหลายเทคนิค ซึ่งแต่ละวิธีจะมีวิธีการควบคุมค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องแตกต่างกันไป เช่น เทคนิคการเพิ่มความนำไฟฟ้า [1] เทคนิคอัตราส่วนของแรงดันเปิดวงจร เทคนิคอัตราส่วนของกระแสปิดวงจร เทคนิคการควบคุมด้วยฟัซซี่ลอจิก เทคนิคเครือข่ายประสาทเทียม [2] เทคนิคการกวาดกระแส [3] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอเทคนิคที่สามารถเข้าสู่จุดสูงสุดได้อย่างแม่นยำแต่จะใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นตามไปด้วยและยังไม่สามารถรับประกันได้ทุกเงื่อนไขสภาวะ [4]

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกต (P&O) เป็นวิธีการที่ง่ายในการควบคุมและใช้พารามิเตอร์น้อย [5] เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์แบบทบระดับ เพื่อติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อแบบอนุกรม ซึ่งจะเกิดปัญหาของจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีหลายจุด จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้วิธีการรบกวนและสังเกต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบระบบการติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกต

2) เพื่อรักษากำลังไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแสงอาทิตย์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2) ออกแบบวงจรระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ประกอบด้วย วงจรทบระดับแรงดัน วงจรขับมอสเฟต แบบแยกกราวด์ วงจรตรวจจับแรงดัน วงจรตรวจจับกระแส และวงจรควบคุม

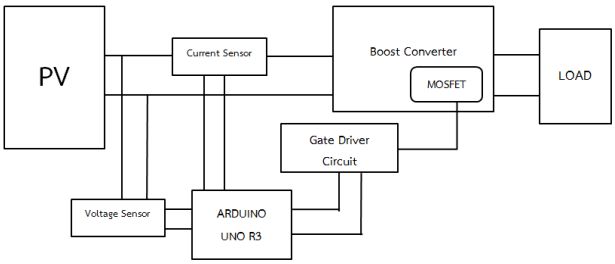
3) ออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3

4) ทดสอบการทำงานระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่พัฒนาขึ้น โดยการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม จำนวน 2 แผง และปรับปรุงแก้ไข

5) สรุปและอภิปรายผล

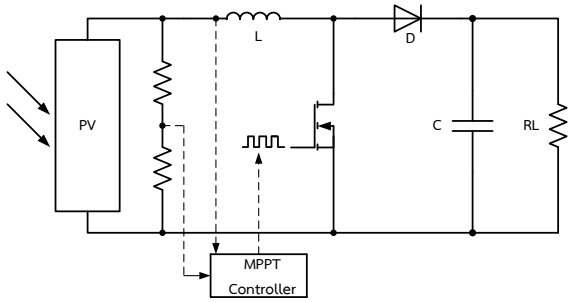
4. การออกแบบวงจรติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ในการออกแบบระบบติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด จะมีวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประกอบด้วย วงจรทบระดับแรงดัน (Boost Converter) วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์ (Gate Drive Circuit) ตัวตรวจจับแรงดัน (Voltage Sensor) ตัวตรวจจับกระแส (Current Sensor) และวงจรควบคุมโดยใช้ Arduino UNO R3 ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของระบบ MPPT

4.1 การออกแบบวงจรทบระดับ (Boost Converter)



รูปที่ 2 วงจรทบระดับ

1) ค่าตัวเหนี่ยวนำ (L)

เมื่อกำหนดให้วงจรทบระดับแรงดันทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่อง การออกแบบจึงต้องเลือกตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าความเหนี่ยวนำมากกว่าค่า $L_{\min}$ ที่ได้จากการคำนวณดังสมการที่ (1)

$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R_L}{2 f_s} \qquad (1)$$

เมื่อ f_s คือ ความถี่ในการสวิตชิง เท่ากับ 20 kHz

D คือ ค่าดิวตี้ไซเคิล เท่ากับ 0.5 หรือ 50%

R_L คือ โหลดความต้านทานเท่ากับ $10\,\Omega$

แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้ $L_{\min}$ เท่ากับ 31.25 μH ในงานวิจัยนี้เลือกค่า $L_{\min}$ เท่ากับ 200 μH

2) ค่าตัวเก็บประจุ (C)

การหาค่าตัวเก็บประจุของวงจรทบระดับแรงดันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$C = \frac{D}{r R_L f_s} \qquad (2)$$

เมื่อ f_s คือ ความถี่ในการสวิตชิง เท่ากับ 20 kHz

D คือ ค่าดิวตี้ไซเคิล เท่ากับ 1 หรือ 100%

R_L คือ โหลดความต้านทานเท่ากับ $10\,\Omega$

r คือ ค่าระลอกคลื่น เท่ากับ 1%

แทนค่าในสมการที่ (2) จะได้ C เท่ากับ 334.17 μF ในงานวิจัยนี้เลือกค่า C เท่ากับ 390 μF 470 V

3) ค่าความต้านทานของโหลด (R_L)

ในการทดลองจะใช้การวัดค่ากระแสขาเข้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์จากการอ่านค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทาน ดังนั้นการเลือกตัวต้านทานต้องสามารถทนค่ากระแสสูงสุดจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ซึ่งกำลังไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน สามารถคำนวณจากค่ากระแสลัดวงจรของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

$$R_L = \frac{P}{I_{mp}^2} \qquad (3)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในตัวต้านทานเท่ากับพิกัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ 160 W

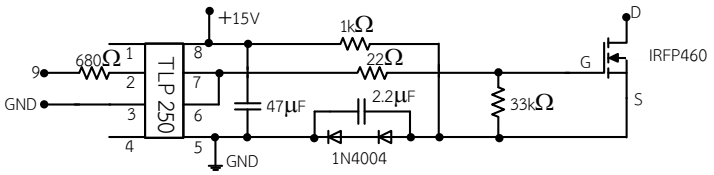
I_{mp} คือ ค่ากระแสสูงสุดของแผงเท่ากับ 4.45 A

R_L คือ โหลดความต้านทาน

แทนค่าในสมการที่ (3) จะได้โหลดความต้านทานเท่ากับ 8.10 Ω ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่า 10 Ω

4) วงจรขับมอสเฟส

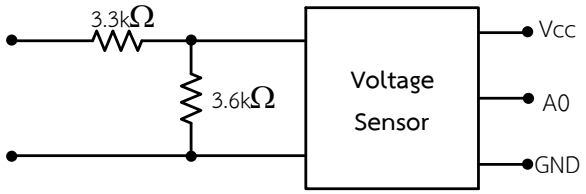
ในงานวิจัยนี้เลือกใช้มอสเฟต เบอร์ IRFP 460 มีพิกัด 500 V 20 A โดยในการออกแบบวงจรขับมอสเฟตจะใช้ไอซีเบอร์ TLP250 ซึ่งแสดงรายละเอียดการต่อวงจรดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรขับมอสเฟตแบบแยกกราวด์

5) วงจรตรวจจับแรงดัน

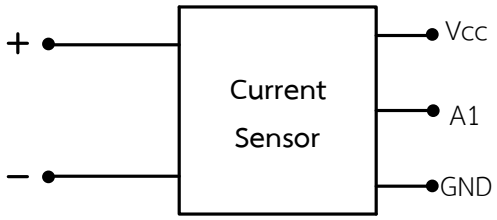
ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Arduino Standard Voltage Sensor Module พิกัด 0-24 V เพื่อทำหน้าที่ตรวจจับแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเปิดวงจร (V_{OC}) โดยมีวงจรดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรตรวจจับแรงดัน

6) วงจรตรวจจับกระแส

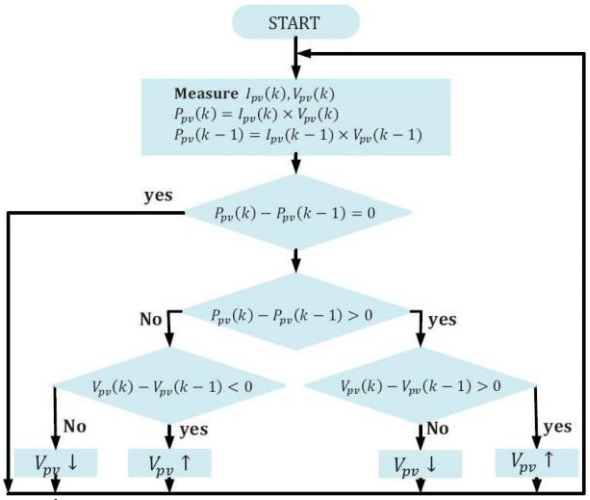
วงจรตรวจจับกระแสเลือกใช้ Arduino Standard Current Sensor Module พิกัด 0-10 A เพื่อตรวจจับค่ากระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรตรวจจับกระแส

7) การออกแบบโปรแกรมการทำงานของระบบ

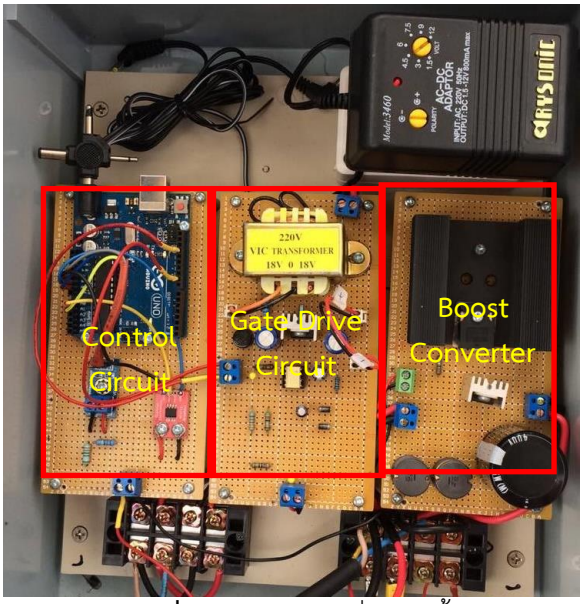
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกต เพื่อแก้ปัญหาการติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่จุดสูงสุดสัมพัทธ์จากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ โดยมีอัลกอริทึมในการทำงานของระบบดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 อัลกอริทึมของเทคนิคการรบกวนและสังเกต [5]

ในการวิจัยนี้ได้ทำการสร้างวงจรต้นแบบระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกตเพื่อทำการทดสอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่ออนุกรมกันจำนวน 2 แผง โดยในการหาจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดนั้น จะทำการเขียนโปรแกรมควบคุมเพื่อลงในบอร์ด Aduino UNO R3 โดยหลักการเปลี่ยนแปลงแรงดันของเทคนิคการรบกวนและสังเกตจะพิจารณาจากกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าลดลงไปจากเดิม ระบบที่พัฒนาขึ้นจะเปลี่ยนทิศทางการเปลี่ยนแปลงแรงดันไปในทิศทางตรงกันข้ามเพื่อให้ค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้จะถูกทำซ้ำไปซ้ำมาจนในที่สุดค่ากำลังไฟฟ้าของระบบจะแกว่งอยู่รอบๆ จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งสามารถลดค่าการแกว่งนี้โดยการลดค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลง (ΔV)

สำหรับวงจรต้นแบบระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกตแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

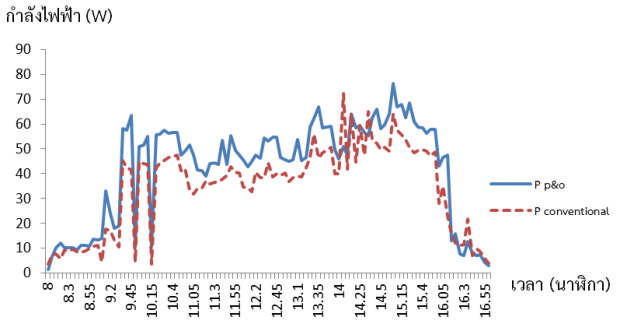
5. ผลการวิจัย

ในการทดสอบระบบติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะทดสอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 2 แผง โดยการต่อแบบอนุกรม ซึ่งมีพิกัดของแต่ละแผงดังรายละเอียดใน

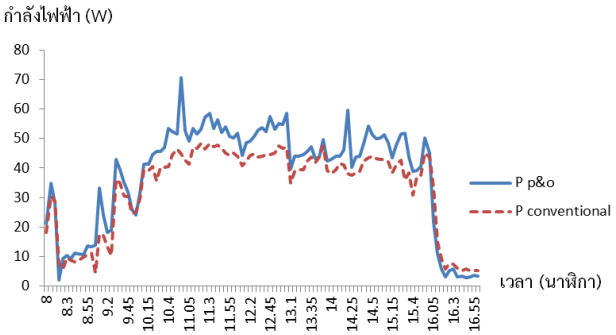
ตารางที่ 1 พิกัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทดสอบ

รายละเอียด	พิกัด
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc})	4.82 A
แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (V_{oc})	21.6 V
กระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{mp})	4.45 A
แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_{mp})	18 V
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max})	80 W

ในงานวิจัยนี้แบ่งการทดสอบ 2 กรณี คือ กรณีที่ไม่มีระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด และกรณีที่มีระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งทดสอบในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 น. ถึง 17.00 น. จำนวน 2 วัน ในช่วงเดือนมิถุนายน โดยได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 8-9



รูปที่ 8 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ ครั้งที่ 1



รูปที่ 9 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 8-9 ผลการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า ในสภาวะที่แสงอาทิตย์ไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ระบบติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคการรบกวนและสังเกตสามารถหาจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดีกว่าระบบที่ไม่มีการติดตั้งระบบติดตามกำลังไฟฟ้า แต่ในกรณีที่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือเกิดการบังเงา พบว่า ระบบติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะให้ค่าแรงดันเอาต์พุตมีค่าต่ำ ส่งผลทำให้ระบบติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่สามารถหาจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้องในบางช่วงเวลา ซึ่งถือว่าเป็นข้อจำกัดของเทคนิคการรบกวนและสังเกต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdel-Salam และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการปรับปรุงเทคนิคการรบกวนและสังเกต ซึ่งในสภาวะที่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เทคนิคการรบกวนและสังเกตจะไม่สามารถหาจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาสั้นๆ

6. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการรบกวนและสังเกต โดยออกแบบให้ระบบสามารถทำงานในสภาวะที่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลง และทดสอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่ออนุกรม จำนวน 2 แผง ซึ่งแต่ละแผงมีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 80 W ผลการทดสอบ พบว่า ระบบที่นำเสนอสามารถติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะที่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงช้าๆ ได้ดีกว่าระบบดั้งเดิมที่ไม่มีวงจรติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ในงานวิจัยต่อไปจะมีการปรับปรุงเทคนิคการรบกวนและสังเกตเพื่อให้สามารถติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดในสภาวะที่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ระบบตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการทำงานในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกสภาพการณ์

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Houssamo I., Loement F. and Sechilariu M. (2010). Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Power System: Development and Experimental Comparison of Two Algorithms, *Renewable Energy*, vol. 35 (10), October 2010, pp. 2381-2387.

[2] Esram T. and Chapman P. L. (2007). Comparison of Photovoltaic Arrays Maximum Power Point Tracking Techniques, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 22(2), June 2007, pp. 439-449.

[3] Bodur M. and Ermis M. (1994). Maximum Power Point Tracking for Low Photovoltaic Solar Panels, paper presented in the 7th *Meditarranean Electrotechnical Conference*, Antalya, Turkey.

[4] Chowdhury S. R. and Saha H. (2010). Maximum Power Point Tracking of Partially Shaded Solar Photovoltaic Array. *Solar Energy Material and Solar Cells*, vol. 94(9), September 2010, pp. 1441-1447.

[5] Ahmed N. A. and Miyatake M. (2008). A Novel Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Applications Under Partially Shaded Isolation Conditions, *Electric Power System Research*, vol. 78(5), April 2008, pp. 777-784.

[6] Abdel-Salam M., El-Mohands M.-T. and Goda M. (2018). An Improved Perturb-and-Observe Based MPPT Method for PV Systems Under Varying Irradiation Levels, Solar Energy, vol. 171, September 2018, pp. 547-561.

การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำโดยใช้การผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM

Audio-Replay Attack Detection using Score Combination of GMM and SVM

คมเดช ภาพัฒนบุรี*, สุภาธิณี กรสิงห์, กษิดิศ กกขุนทด[1], เมธาวัฒน์ กัลยา[1] และ เฉลิมเกียรติ สุตาชา[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครือข่ายคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี 2 อาคาร 50 ถ.ราชธานี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

*ผู้ติดต่อ; Khomdet.ph@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้การพิสูจน์ผู้พูดเป็นที่นิยมอย่างมากสำหรับการวิจัยด้านการประมวลสัญญาณเสียง ซึ่งสามารถนำไปใช้กับแอปพลิเคชั่นทางธุรกิจได้หลากหลาย โดยการยืนยันตัวตนของผู้พูดยังมีข้อผิดพลาดจากการเปิดเล่นซ้ำของเสียงด้วยอุปกรณ์บันทึกเสียง ดังนั้นเพื่อป้องกันภัยคุมคามนี้ งานวิจัยนี้จึงประยุกต์การประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ (Gaussian Mixture Model; GMM) และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine; SVM) เพื่อแยกแยะเสียงที่ไม่ผ่านการถูกเปิดเล่นซ้ำกับเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำด้วยอุปกรณ์บันทึกเสียง ยิ่งไปกว่านั้น การผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM ถูกนำเสนอเพื่อให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการแยกแยะโดยวิธี GMM หรือ SVM ในงานวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูลเสียงจาก ASVspoof 2017 database เพื่อนำมาประมวลผล และใช้เทคนิค EER (Equal Error Rate) เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง จากผลการทดลองพบว่าการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์มีข้อผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 7.51 และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนมีข้อผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 9.17 และวิธีการผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM มีข้อผิดพลาดที่น้อยที่สุดซึ่งเท่ากับร้อยละ 5.59

คำหลัก; การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำ, วิธีการผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM, ASVspoof 2017

Abstract

Recently, speaker verification (SV) is receiving more and more attention in speech processing. This is due to the fact that it has reached the point of several mass-market adoptions. However, it is well known to be vulnerable to audio-replay attack. To address such a threat, this paper applies Gaussian Mixture Model (GMM) and Support Vector Machine (SVM) to distinguish between non-replay (Genuine) from replay speech. Moreover, the combination of GMM and SVM is proposed to achieve better performance, compared to individual GMM and SVM. In the experiment, ASVspoof 2017 database is used. Equal error rate (EER) is implemented for the relative comparison. The results show that GMM-based detection provides an EER of 7.51%, SVM-based detection gives an EER of 9.17, and the proposed combination of GMM and SVM provides the least EER of 5.59 %

Keywords; replay attack detection, combination of GMM and SVM, ASVspoof 2017

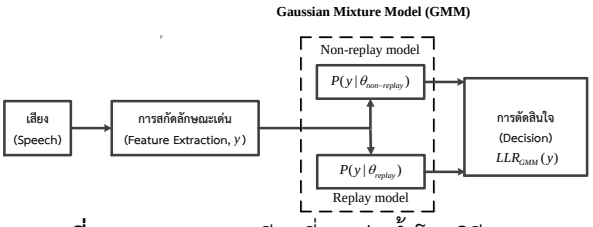
1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ การพิสูจน์ผู้พูด (Speaker verification) กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากมันสามารถประยุกต์ใช้ในแอปพลิเคชั่นทางธุรกิจ ตัวอย่างเช่น ในปี 2013 [1] การพิสูจน์ผู้พูดถูกนำไปใช้เพื่อปลดล็อกสมาร์ทโฟนของโทรศัพท์ Baidu-Lenovo ในขณะเดียวกัน การพิสูจน์ผู้พูดก็ถูกพยายามนำไปใช้กับอุปกรณ์ในระบบของ Google และ Android [2] แม้ว่าการพิสูจน์ผู้พูดจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับธุรกิจทางการตลาดมากมาย แต่ระบบยังด้อยประสิทธิภาพจากการลอกเลียนแบบจากเสียงที่เปิดเล่นซ้ำ (Replay attack) โดยอุปกรณ์บันทึกเสียง โดยการลอกเลียนแบบถ้าผู้บุกรุกสามารถเก็บตัวอย่างเสียงของผู้พูดเป้าหมายได้ พวกเขาเหล่านั้นก็สามารถเปิดเสียงที่ถูกบันทึกเพื่อปลดล็อกระบบการยืนยันตัวตน (Authentication process) ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [3,4] ยืนยันให้เห็นว่าการแยกแยะเสียงที่ไม่ถูกการเปิดเล่นซ้ำออกจากเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการพิสูจน์ผู้พูด เนื่องจากสามารถใช้เป็นกลั่นกรองพื้นฐาน ดังนั้น งานวิจัยจึงสนใจในการแยกแยะความแตกต่างเสียงที่ไม่ถูกการเปิดเล่นซ้ำกับเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำ

เพื่อแยกแยะเสียงที่ไม่ถูกการเปิดเล่นซ้ำกับเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำ มีหลายงานวิจัยถูกศึกษาและนำเสนอ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัย [5] การประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ (Gaussian Mixture Model; GMM) ร่วมกับการหาคุณลักษณะพิเศษด้วยเทคนิค MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficient) ถูกนำเสนอผลการทดลองพบว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพในการคัดแยกเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำ ในขณะเดียวกันงานวิจัย [6] ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine; SVM) ที่ใช้ร่วมกับการหาคุณลักษณะพิเศษด้วยเทคนิค MFCC พบว่าระบบสามารถลดความผิดพลาดในการพิสูจน์ผู้พูดเมื่อผู้บุกรุกพยายามเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำปลดล็อกระบบ แม้ว่า การประมาณรูปร่างผสมของเกาส์และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนจะสามารถให้ประสิทธิภาพที่น่าพอใจ แต่งานวิจัยในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่า การสกัดคุณลักษณะพิเศษด้วยเทคนิค CQCC (Constant Q Transform Cepstral Coefficient) [7] มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเทคนิค MFCC เนื่องจากมีการแก้ไข้ปัญหาในความถี่ต่ำ ดังนั้นงานวิจัยจึงนำการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการการสกัดคุณลักษณะพิเศษด้วยเทคนิค CQCC

ในงานวิจัยนี้ การประมาณรูปร่างผสมของเกาส์และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนจะถูกนำมาประยุกต์เพื่อแยกแยะเสียงที่ไม่ผ่านการเปิดเล่นซ้ำกับเสียงที่มีการเปิดเล่นซ้ำ ยิ่งไปกว่านั้นการรวมองค์ประกอบของลักษณะเด่น (Complementary feature) ในการทำนายของสมมติฐานการกระจายของเกาส์ร่วมกับการใช้ตัวแบ่งเชิงเส้นในการจำแนกข้อมูลการผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM ถูกนำเสนอเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแยกแยะระหว่างเสียงที่ถูกเล่นซ้ำและเสียงไม่ถูกเล่นซ้ำ ซึ่งวิธีถูกนำเสนอเป็นคาดหวังว่าจะสามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการแยกแยะที่เป็นอิสระโดยวิธี GMM หรือ SVM

2. การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำโดยวิธี GMM



รูปที่ 1 การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำโดยวิธี GMM

การประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ (Gaussian Mixture Model; GMM) เป็นเทคนิคที่นิยมสำหรับการวิเคราะห์ในสัญญาณเสียง [8] เนื่องด้วยการสมมุติฐานการกระจายของเกาส์ที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น งานวิจัยนี้ประยุกต์การประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ เพื่อแยกแยะความแตกต่างของเสียงที่เปิดเล่นซ้ำกับเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำจากเครื่องบันทึกเสียง ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม MATLAB ที่เป็นมาตรฐานจาก ASVspoof 2017 challenge [9] ซึ่งมีหลักการตัดสินใจตามรูปที่ 1 ซึ่งมีสองโมเดลการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ โดยที่ 512 องค์ประกอบจะถูกฝึกสอนกับวิธีหาค่าคาดหมายสูงสุด (Expectation Maximization; EM) ขั้นตอนแรกโมเดลการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์จะถูกฝึกสอนด้วยเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำ ในขั้นตอนที่สองโมเดลการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์จะถูกฝึกสอนด้วยเสียงที่เปิดเล่นซ้ำ

จากอุปกรณ์บันทึก โดยการตัดสินการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์จะอยู่บนพื้นฐานในสมการที่ (1)

$$LLR_{GMM}(y) = \log P(y|\theta_{non-replay}) - \log P(y|\theta_{replay}) \quad (1)$$

เมื่อ P หมายถึง ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น

y หมายถึง เวกเตอร์ข้อมูลที่จะถูกทดสอบ

$\theta_{non-replay}$ และ θ_{replay} คือพารามิเตอร์ของโมเดลการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ถูกฝึกสอนด้วยเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำและฝึกสอนด้วยเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำตามลำดับ

3. การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำโดยวิธี SVM



รูปที่ 2 การแยกแยะเสียงที่ถูกเล่นซ้ำโดยวิธี SVM

ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine; SVM) [10] เป็นวิธีเทคนิคในจำแนกกลุ่มแบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ที่ได้รับความนิยมในการประมวลภาพและเสียง เทคนิคนี้อาศัยการใช้ตัวแบ่งเชิงเส้นในการจำแนกข้อมูล (Separating hyperplane) ออกเป็นสองคลาส (Class) ในการตัดสินของซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนตามรูปที่ 2 ซึ่งมีการตัดสินใจตามสมการที่ (2)

$$f(y) = \sum_{i=1}^{N} a_i K(x_i, y) + b \quad (2)$$

เมื่อ y หมายถึง เวกเตอร์ข้อมูลที่จะถูกทดสอบ

a_i หมายถึง เวกเตอร์ค่าน้ำหนักของการเรียนรู้จำที่ได้จากกระบวนการให้น้ำหนัก

x_i หมายถึง ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน

b_i หมายถึง ค่าไบอัส (bias) สำหรับระบบรู้จำ

$K(x, y)$ หมายถึง เคอร์แนลฟังชั่น (Kernel Function)

ในการบทความนี้ใช้เคอร์แนลฟังชั่นแบบเชิงเส้น $K(x, y)$ เพื่อแยะแยะกลุ่มข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

4. การผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM

จากวิธีที่ถูกนำในเสนอในก่อนหน้า แม้ว่าทั้งสองเทคนิคอาจจะให้ผลที่น่าพอใจ [5, 6] จากแนวโน้มดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจด้วยการผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM โดยใช้เทคนิคการทำนายสมมติฐานการกระจายของเกาส์ร่วมกับการใช้ตัวแบ่งเชิงเส้นในการจำแนกข้อมูล โดยการผสมผสานผลการทำนายนี้สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3)

$$LLR_{comb} = (2-\rho)LLR_{GMM}(y) + \rho LLR_{SVM}(y) \quad (3)$$

$$\rho = \frac{LLR_{GMM}}{LLR_{GMM} + LLR_{SVM}}$$

เมื่อ LLR_{GMM} หมายถึง ค่าความแตกต่างเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำกับเสียงที่เปิดเล่นซ้ำจากอุปกรณ์มือถือ โดยเทคนิค GMM

LLR_{SVM} หมายถึง ค่าความแตกต่างเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำกับเสียงที่เปิดเล่นซ้ำจากอุปกรณ์มือถือ โดยเทคนิค SVM

5. การทดลอง

5.1 การดำเนินการทดลอง

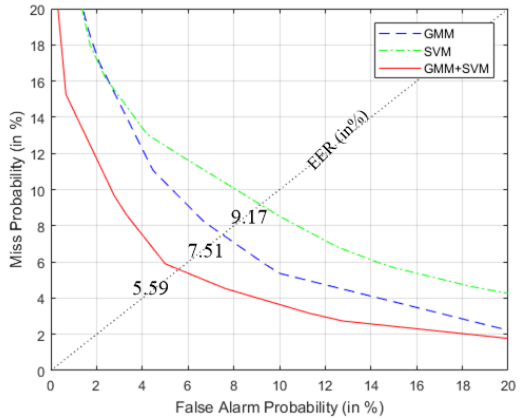
งานวิจัยนี้ใช้ ASVspoof 2017 database เพื่อทดสอบวิธีที่นำเสนอ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 สำหรับการฝึกสอน เทคนิค GMM และ SVM ใช้การสกัดลักษณะเด่นด้วยเทคนิค Constant Q Cepstral Coefficients (CQCC) ซึ่งรายละเอียดของการสกัดลักษณะเด่นสามารถดูเพิ่มเติมที่ [7] สำหรับงานวิจัยนี้ข้อมูลการฝึกสอน GMM และ SVM ได้มา Train dataset ซึ่งจะประด้วยเสียงจากการเปิดเล่นซ้ำของเสียงจากอุปกรณ์ บันทึกเสียงจำนวน 1509 เสียง และเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำของเสียงซ้ำ จำนวน 1509 เสียง ส่วนข้อมูลในการทดสอบงานวิจัยนี้ใช้ Development dataset ซึ่งจะประด้วยเสียงจากการเปิดเล่นซ้ำของเสียงจากอุปกรณ์บันทึกเสียงจำนวน 960 เสียง และเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำของเสียงซ้ำ จำนวน 760 เสียง โดยการทดสอบประสิทธิภาพจะใช้หลักการของ EER เพื่อวัดค่าความผิดพลาดมาตรฐาน [9]

ตารางที่ 1 ข้อมูลเสียงที่ใช้ในการทดลอง

เซตข้อมูล	จำนวนผู้พูด (คน)	จำนวนเสียง	
		ไม่เล่นซ้ำ	เล่นซ้ำ
training	10	1509	1509
development	8	760	950

5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ (GMM) มีความผิดผลาด (EER) ที่ 7.51 % ซึ่งน้อยกว่าซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (SVM) ที่ 9.71 % สาเหตุนี้อาจเพราะ ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนใช้เคอร์แนลฟังชั่นแบบเชิงเส้นซึ่งทำให้การทำนายที่ผิดพลาดในแยกแยะ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงรวมองค์ประกอบลักษณะเด่น (Complementary feature) ในการทำนายของสมมุติฐานการกระจายของเกาส์ร่วมกับการใช้ตัวแบ่งเชิงเส้นในการจำแนกข้อมูล ซึ่งพบว่ามีค่าคามผิดพลาดที่ 5.59 % ซึ่งน้อยกว่า วิธีการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์หรือ ซัพพอร์ทเวกเตอร์ แมชชีน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบของการแยกแยกในแต่ละวิธี

6. สรุปผล

งานวิจัยนี้ประยุกต์การประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ (GMM) และ ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (SVM) เพื่อหาแยกแยะเสียงที่ไม่ผ่านการบันทึกจากเสียงที่ถูกเปิดเล่นซ้ำ ยิ่งไปกว่านั้น การผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM ก็ถูกนำเสนอเพื่อให้ประสิทธิภาพที่มากขึ้น ในผลการทดลองพบว่าการผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM ให้ค่าความผิดพลาดที่น้อยกว่า วิธีการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์ หรือ ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน ดังนั้นงานวิจัยนี้ยืนยันในประสิทธิภาพของการผสมผสานผลการทำนายของ GMM และ SVM ในการแยกแยกความแตกต่างระหว่างเสียงที่ถูกเล่นซ้ำกับเสียงไม่ถูกเล่นซ้ำ ซึ่งงานวิจัยต่อไปผู้วิจัยจะทำการทดสอบการแยกแยะเสียงจากการเปิดเล่นซ้ำของเสียงจากอุปกรณ์บันทึกเสียง และเสียงที่ไม่เปิดเล่นซ้ำของเสียงซ้ำ โดยใช้หลักการ Long term short term memory neural network และ Convolutional neural network [11, 12] เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] https://signalprocessingsociety.org/technical-committees/list/sl-tc/spl-nl/2013-02/SpeakerVerificationMakesItsDebutinSmartphone, access on 27/02/2013.

[2] https://thehackernews.com/2015/04/android-trusted-voice.html, access on 30/04/2015.

[3] Alegre, F., Janicki, A., and Evans, N. (2014). Re-assessing the threat of replay spoofing attacks against automatic speaker verification. *In 2014 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG), (pp. 1-6). IEEE.*

[4] Wu, Z., & Li, H. (2016). On the study of replay and voice conversion attacks to text-dependent speaker verification. *Multimedia Tools and Applications, 75(9), pp.5311-5327.*

[5] Villalba, J., & Lleida, E. (2011). Preventing replay attacks on speaker verification systems. *In 2011 IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST), pp. 1-8.*

[6] Villalba, J., & Lleida, E. (2011). Detecting replay attacks from far-field recordings on speaker verification systems. *In European Workshop on Biometrics and Identity Management*, pp. 274-285). *In Workshop on Biometrics and Identity Management*, pp. 274–285.

[7] Todisco, M., Delgado, H., & Evans, N. (2016). A new feature for automatic speaker verification anti-spoofing; Constant Q cepstral coefficients. In Speaker Odyssey Workshop, Bilbao, Spain ,Vol. 25, pp. 249-252.

[8] Phapatanaburi, K., Wang, L., Sakagami, R., Zhang, Z., Li, X., and Iwahashi, M. (2016). Distant-talking accent recognition by combining GMM and DNN. *Multimedia Tools and Applications, 75(9), pp.5109-5124.*

[9] http;//www.asvspoof.org/, access on 27/12/2017

[10] Kinnunen, T., Chernenko, E., Tuononen, M., Fränti, P., & Li, H. (2007). Voice activity detection using MFCC features and support vector machine. *In Int. Conf. on Speech and Computer (SPECOM07), Moscow, Russia, Vol. 2, pp. 556-561.*

[11] Graves, A., Mohamed, A. R., & Hinton, G. (2013, May). Speech recognition with deep recurrent neural networks. *In 2013 ieee international conference on Acoustics, speech and signal processing (icassp),* pp. 6645-6649.

[12] Abdel-Hamid, O., Mohamed, A. R., Jiang, H., Deng, L., Penn, G., and Yu, D. (2014). Convolutional neural networks for speech recognition. IEEE/ACM Transactions on audio, speech, and language processing, 22(10), 1533-1545.

ระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ด้วยตนเองพร้อมโหมดแบบทดสอบอัตโนมัติ

Braille Self-Learning System with Automatic Test Mode

เอกจิต คุ้มวงศ์*, เสกสรรค์ พลศรี, สุภาธิณี กรสิงห์ และ พชร สัตตานุสรณ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนนสุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: ekajit.kh@rmuti.ac.th, 044-233000 ต่อ 3140, 3144

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ด้วยตนเอง เพื่อช่วยในการเรียนการสอนอักษรเบรลล์พื้นฐานสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ในชุดการเรียนรู้ประกอบด้วย ตัวอักษรภาษาอังกฤษ คำศัพท์ภาษาอังกฤษพื้นฐาน ตัวเลข และการนับเลข พร้อมด้วยโหมดการทดสอบความรู้ในตัว ในระบบนี้ใช้บอร์ด Arduino MEGA 2560 ในการควบคุมการทำงาน โดยจะรับค่าอินพุตจากปุ่มกดที่มีตัวอักษรเบรลล์อยู่ข้างบน แล้วประมวลผลเพื่อส่งเสียงบรรยายโดยอัตโนมัติผ่านโมดูลเสียง MP3 และแสดงผลทางจอ LCD กราฟิก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทั้งครูผู้สอนและผู้เรียนในการวางแผนการสอนและทบทวนบทเรียน จากการทดสอบการใช้งานพบว่า การกดปุ่มอักษรเบรลล์และฟังเสียงพร้อมแสดงผ่านจอ LCD กราฟิก ทำงานได้อย่างถูกต้องโดยไม่มีความผิดพลาด สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนและครูผู้สอนได้เป็นอย่างดี ซึ่งคาดว่าระบบนี้จะเกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ตัวอักษรเบรลล์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น อีกทั้งยังเป็นระบบต้นแบบที่ใช้ง่าย ต้นทุนต่ำ และนำไปพัฒนาให้มีความสามารถเพิ่มมากขึ้นได้ในอนาคต

คำหลัก: สื่อการเรียนรู้อักษรเบรลล์, ภาษาอังกฤษ, ตัวเลข, จอแสดงผลกราฟิก

Abstract

This project presents the design and development of a Braille self-learning system, which can assist in the learning and teaching of basic Braille for visually impaired persons. The learning set includes English alphabets, basic English vocabularies, numerical digits, and number counting; all equipped with the built-in test modes. In this system, an Arduino MEGA 2560 is utilized for controlling inputs from the push buttons imprinted with Braille characters. Then, it can process the inputs and output narration sounds through an MP3 module automatically, and also display via a graphic LCD, which is useful to both teachers and students for planning and reviewing their lessons. From the application tests, it was found that pressing the Braille buttons, outputting the narration sounds and displaying letters on the LCD were operated correctly, without any errors. It could fully satisfy the demands of students and teachers as well. We expect the proposed system will be useful to visually impaired persons for learning the basic Braille. Moreover, it is an easy-to-use and low-cost system, and can be further developed to have more capabilities in the future.

Keywords: Braille learning media, English language, Number, Graphical display

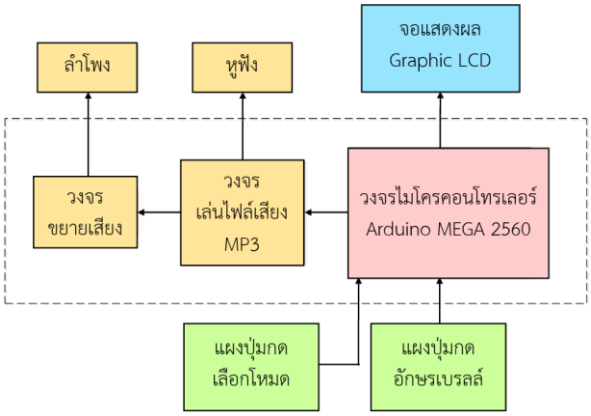
1. บทนำ

ในปัจจุบันการศึกษาสำหรับมนุษย์ถือว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก และจะมีคุณภาพมากขึ้นได้โดยอาศัยสื่อหรือสิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้พิการทางสายตานั้นจะมีอุปสรรคด้านการมองเห็น ทำให้เรียนรู้ด้านการอ่านได้ช้ากว่าคนที่มองเห็นตามปกติหลายเท่า การเรียนรู้ของผู้ที่พิการทางสายตาส่วนใหญ่จะมาจากทักษะในการฟังและการสัมผัส เนื่องจากผู้ที่พิการทางสายตาส่วนใหญ่จะเริ่มศึกษาอักษรชนิดพิเศษที่เรียกกันว่า อักษรเบรลล์ (Braille) จึงจำเป็นต้องมีครูผู้สอนคอยแนะนำอย่างใกล้ชิดเสมอ ถ้าหากผู้เรียนมีจำนวนมากขึ้นครูผู้สอนจะมีภาระที่ต้องดูแลมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การดูแลการเรียนการสอนไม่ทั่วถึงและอาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอนได้ จนถึงปัจจุบันในประเทศไทยได้มีผู้ประดิษฐ์คิดค้นระบบต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนสำหรับผู้พิการทางสายตาในหลากหลายรูปแบบ เช่น การพัฒนาบทเรียนโปรแกรมอักษรเบรลล์ประกอบอุปกรณ์ตรวจคำตอบอิเล็กทรอนิกส์ [1] การสร้างหนังสือเสียงประกอบการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อคนตาบอด [2] การพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนตาบอด [3] ระบบการเรียนรู้อักษรเบรลล์รุ่น 2 [4] และแผนที่ประเทศไทยสำหรับผู้พิการทางสายตา [5] เป็นต้น

จากระบบต่าง ๆ ที่กล่าวไปข้างต้น พบว่าเน้นการอำนวยความสะดวกเฉพาะผู้เรียนที่พิการทางสายตาเท่านั้นและบางระบบก็ไม่มีการทดสอบความรู้แบบอัตโนมัติ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้เกิดแนวคิดที่จะสร้างระบบการเรียนการสอนอักษรเบรลล์ขึ้นพื้นฐานเพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนอักษรเบรลล์ได้ทั้งผู้ที่พิการทางสายตาและไม่พิการ รวมไปถึงอำนวยความสะดวกในการเตรียมสอนของครูผู้สอนได้อีกด้วย เนื่องจากเป็นระบบที่แสดงผลด้วยจอภาพกราฟิกได้ สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองพร้อมเสียงบรรยายประกอบการเรียนรู้ตัวอักษรเบรลล์โดยอัตโนมัติ อีกทั้งยังสามารถเลือกโหมด (Mode) การทำงานให้เป็นได้ทั้งบทเรียนและแบบทดสอบความรู้ของผู้เรียนด้วยตนเองได้อีกด้วย ทางคณะผู้จัดทำคาดว่าระบบที่นำเสนอนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียนและช่วยลดภาระของครูผู้สอนให้สามารถดูแลการสอนได้ทั่วถึงมากขึ้น

2. การออกแบบระบบ

ในระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ด้วยตนเองพร้อมโหมดแบบทดสอบอัตโนมัตินี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักต่าง ๆ ซึ่งแสดงเป็นแผนภาพของระบบได้ดังรูปที่ 1

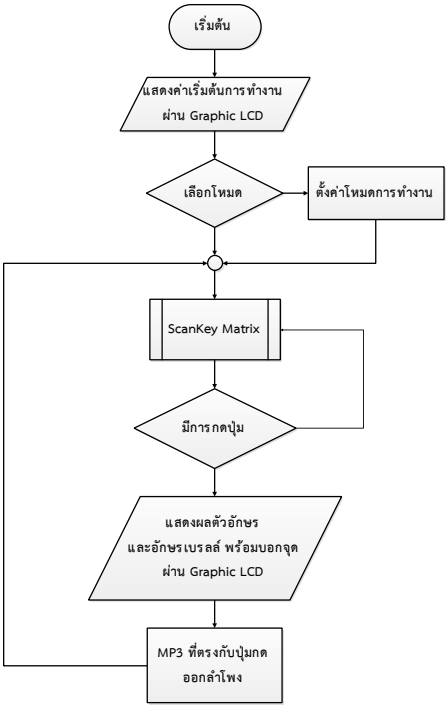


รูปที่ 1 แผนภาพของระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ที่นำเสนอ

ซึ่งมีแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 เป็นหัวใจสำคัญเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ โดยที่เริ่มจากการรับอินพุตมาจากแผงปุ่มกดเลือกโหมดและแผงปุ่มกดอักษรเบรลล์ แล้วนำมาประมวลผลคำสั่งเพื่อแสดงผลออกทางเอาต์พุตทั้ง 2 ลักษณะ ได้แก่ ทางจอภาพแสดงผลกราฟิก และผ่านวงจรเล่นไฟล์ MP3 ออกมาเป็นเสียงบรรยายอัตโนมัติทางหูฟังหรือลำโพง

2.1 การออกแบบโปรแกรมการทำงาน

รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดการออกแบบโปรแกรมการทำงานในรูปแบบผังการทำงานของระบบ เมื่ออยู่ในโหมดเรียนรู้ จะเริ่มจากการแสดงผลโหมดการทำงานเลือกเรียนรู้ได้หนึ่งใน 3 โหมดย่อย ได้แก่ 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลข 2) การผสมตัวเลขจาก 0 ถึง 999 หรือ 3) คำศัพท์ภาษาอังกฤษพื้นฐาน เมื่อตั้งค่าการทำงานในโหมดย่อยเสร็จสิ้นจะเริ่มกระบวนการในโหมดเรียนรู้เหมือนกัน กล่าวคือ เมื่อมีการกดปุ่มอักษรเบรลล์จะแสดงผล ตัวอักษรปกติ อักษรเบรลล์ พร้อมกับหมายเลขบอกจุด บนหน้าจอ LCD และส่งคำสั่งเล่นเสียงบรรยายจากไฟล์ MP3 ที่ตรงกับปุ่มอักษรเบรลล์ที่ถูกกด

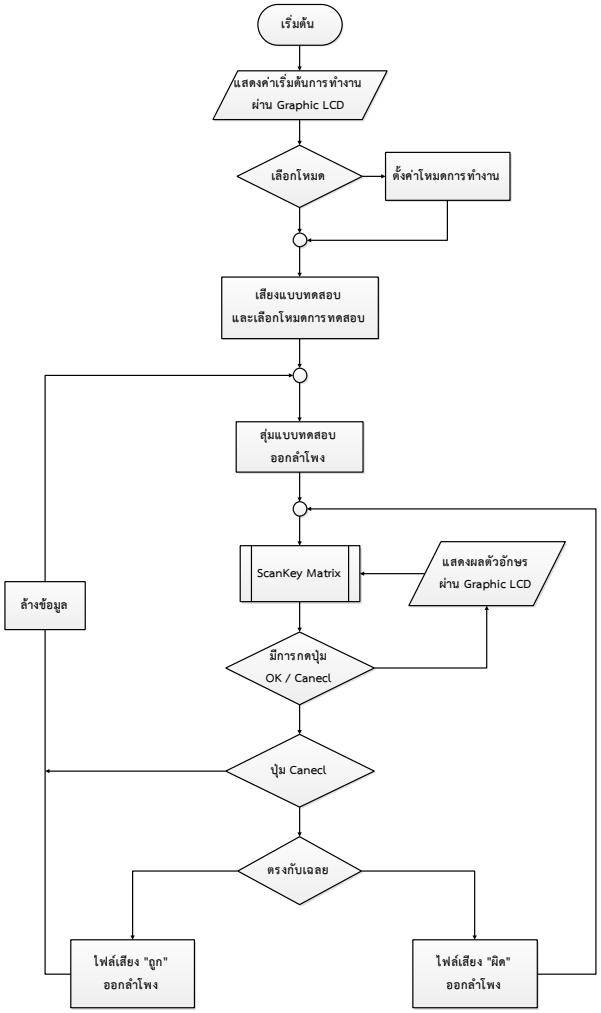


รูปที่ 2 ผังการทำงานในโหมดเรียนรู้

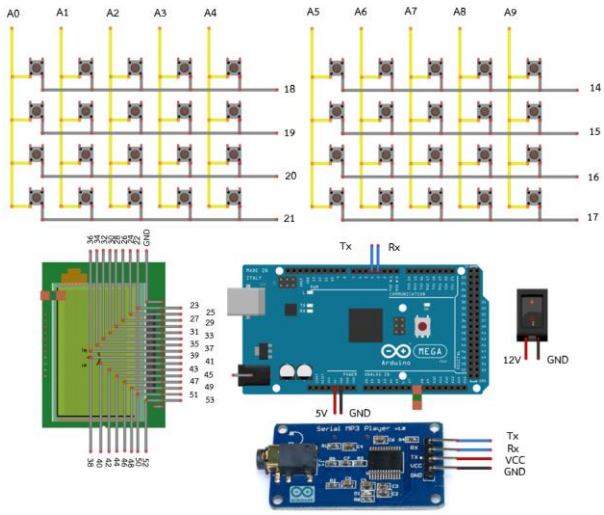
ส่วนรายละเอียดการออกแบบผังการทำงานของระบบ เมื่ออยู่ในโหมดทำแบบทดสอบ จะเริ่มจากการแสดงผลโหมดการทำงาน เลือกการทดสอบได้หนึ่งใน 3 โหมดย่อย ได้แก่ 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลข 2) การผสมตัวเลขจาก 0 ถึง 999 หรือ 3) คำศัพท์ภาษาอังกฤษพื้นฐาน เมื่อตั้งค่าการทำงานในโหมดย่อยเสร็จสิ้นจะเริ่มกระบวนการในโหมดทดสอบเหมือนกัน กล่าวคือ เริ่มด้วยการสุ่มคำถามโดยอัตโนมัติและแสดงผลตัวอักษรปกติบนหน้าจอ LCD แล้วส่งคำสั่งเล่นเสียงคำถามจากไฟล์ MP3 เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบโดยการกดปุ่มตรงตามอักษรเบรลล์ได้อย่างถูกต้องจะแจ้งสถานะว่าถูกต้องแล้วกลับไปสุ่มคำถามใหม่ขึ้นมาอีก แต่กรณีที่กดปุ่มอักษรเบรลล์ไม่ถูกต้องจะแจ้งสถานะว่าไม่ถูกต้องแล้ววนกลับไปรอการกดเลือกคำตอบใหม่จนกว่าจะถูก ในกรณีที่ผู้เรียนกดปุ่ม OK จะเป็นการฟังคำถามซ้ำ ส่วน Cancel คือกรณีที่ต้องการข้ามไปยังข้อถัดไป

2.2 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์

การออกแบบวงจรภายในแสดงได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์หลัก ๆ ได้แก่ พอร์ตควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับ แผงปุ่มกด แผงวงจรเล่นไฟล์เสียง MP3 สั่งงานผ่านพอร์ตอนุกรม (Tx, Rx) และจอแสดงผลแบบกราฟิก เป็นต้น

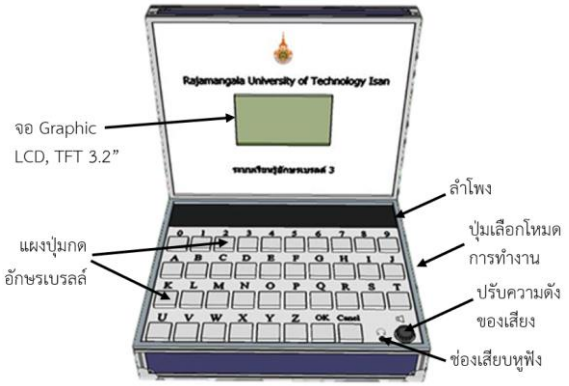


รูปที่ 3 ผังการทำงานในโหมดทำแบบทดสอบ



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อวงจรภายใน

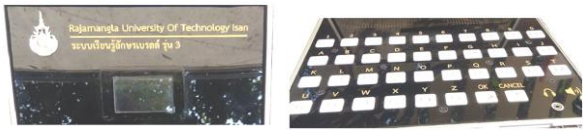
รูปที่ 5 แสดงการออกแบบโครงสร้างภายนอกของระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ด้วยตนเอง ที่จะนำไปเป็นต้นแบบในการสร้างชิ้นงานในลำดับถัดไป



รูปที่ 5 โครงสร้างภายนอกของระบบที่นำเสนอ

3. การสร้างจริงและผลการทดสอบระบบ

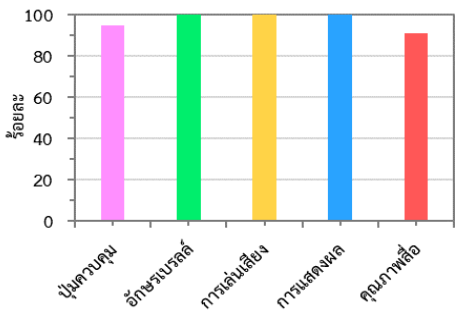
ในการสร้างจริง ใช้โครงสร้างภายนอกเป็นกล่องกระเป๋าอะลูมิเนียม ส่วนที่เป็นกรอบหน้าจอหน้าจอและแผงปุ่มกดใช้แผ่นอะคริลิกหนาตัดด้วยเลเซอร์ ดังรูปที่ 6



(ก) (ข)

รูปที่ 6 ภาพตัดชิ้นงานจริง (ก) หน้าจอ (ข) แผงปุ่มกด

และได้มีการทดสอบการใช้งานจริงของระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์นี้ ณ โรงเรียนการศึกษาคนตาบอด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จากการทดสอบพบว่า การใช้งานปุ่มควบคุม ปุ่มอักษรเบรลล์ การเล่นเสียง และแสดงผ่านจอ LCD กราฟิก ทำงานได้อย่างถูกต้องเกินกว่าร้อยละ 95 อีกทั้งมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในภาพรวมเชิงคุณภาพของสื่อในระบบที่นำเสนอนี้ดีเกินกว่าร้อยละ 91 (4.56 จากคะแนนเต็ม 5) โดยมีผู้ทดสอบร่วมกันทุกส่วนจำนวน 30 คน แสดงว่าระบบนี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี สามารถสรุปเป็นแผนภูมิเชิงประสิทธิภาพและคุณภาพได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนภูมิเชิงประสิทธิภาพและคุณภาพของสื่อ

4. บทสรุป

ในโครงการนี้ได้นำเสนอระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์ด้วยตนเองพร้อมโหมดแบบทดสอบอัตโนมัติ ที่สามารถแสดงผลทางจอ LCD กราฟิกได้ด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทั้งครูผู้สอนในการวางแผนการสอนและผู้เรียนในการทบทวนบทเรียนด้วยตนเองได้ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของทั้งผู้เรียนและครูผู้สอนได้เป็นอย่างดี ทางคณะผู้จัดทำคาดว่าระบบนี้จะเกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้อักษรเบรลล์ โดยเป็นสื่อที่ใช้งานง่าย ราคาประหยัด มีความถูกต้องในการทำงานสูงมาก และนำไปพัฒนาให้มีความสามารถเพิ่มขึ้นได้อีกในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

[1] สาคร ธรรมาภิมุข (2547). *การพัฒนาบทเรียนโปรแกรมอักษรเบรลล์ประกอบอุปกรณ์ตรวจคำตอบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการสอนเสริมสำหรับนักเรียนตาบอดที่เรียนร่วมกับนักเรียนปกติ*, วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา, สถาบันราชภัฏนครราชสีมา

[2] อุบลวัลย์ อินทรปัญญา (2552). *การสร้างหนังสือเสียงประกอบการเรียนรู้วิชา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อคนตาบอด*, ปริญญานิพนธ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[3] นงนุช ศิลป์กอบ (2549). *การพัฒนาหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนตาบอด*, วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[4] ชัยชนะ บุญสุข (2557). *ระบบเรียนรู้อักษรเบรลล์รุ่น 2*, ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[5] นำพล แรดกระโทก (2559). *แผนที่ประเทศไทยสำหรับผู้พิการทางสายตา*, ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟชนิดแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสองย่านความถี่ใกล้กัน โดยใช้เทคนิคแผ่นสตริปเหนี่ยวนำแม่เหล็กและสตับปรับจูน

Printed-circuit-board Microwave Absorber with Two Adjacent Bands using Magnetic-inducing Strip and Tuning Stub Techniques

เอกจิต คุ้มวงศ์[1,*], วัชรพล นาคทอง[1], ธัชชัย พุ่มพวง[1] และ ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
*ผู้ติดต่อ: ekajit.kh@rmuti.ac.th, 044-233000 ต่อ 3140, 3144

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟชนิดแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสองย่านความถี่ที่อยู่ใกล้กัน โดยอาศัยเทคนิคการใส่แผ่นสตริปเพื่อเพิ่มการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก รวมไปถึงการเพิ่มสตับสำหรับปรับจูนย่านความถี่ใช้งานเพื่อให้สามารถใช้งานได้ในความถี่ย่านต่ำของแถบความถี่ไมโครเวฟ ในการศึกษาและออกแบบได้ใช้วิธีการจำลองแบบและการวิเคราะห์เชิงเลขเป็นหลักเพื่อให้ได้ผลการออกแบบที่ต้องการ จากผลพบว่าตัวดูดซับนี้สามารถปรับจูนการออกแบบให้ดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้แบบสองย่านความถี่ใกล้กันซึ่งอยู่ภายในย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน UMTS LTE2300 LTE2500 และ/หรือ WLAN 2.4GHz ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่ามีคุณสมบัติการดูดซับคลื่นดีเกินกว่า 80% ขึ้นไปที่จุดสูงสุด และมีแบนด์วิดธ์ในทุกย่านที่เลือกออกแบบไม่น้อยกว่า 80 MHz ที่ค่าการดูดซับ 50% จุดเด่นที่สำคัญของตัวดูดซับที่นำเสนอ คือ เป็นแผ่นเรียบ บาง ราคาไม่แพง และสามารถใช้เทคนิคนี้ปรับปรุงการออกแบบได้ง่ายเพื่อให้ใช้งานได้ในแบบสองย่านความถี่พร้อมกันที่มีย่านความถี่อยู่ใกล้กันได้ ซึ่งคาดว่าจะนำไปประยุกต์ใช้ด้านการลดการรบกวนกันทางแม่เหล็กไฟฟ้าและด้านการปรับปรุงคุณลักษณะบางอย่างของสายอากาศ

คำหลัก: ตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟ, แผ่นวงจรพิมพ์, สองย่านความถี่ที่อยู่ใกล้กัน

Abstract

This research presents the design of a printed-circuit-board microwave absorber with two adjacent bands by utilizing the techniques of magnetic-inducing strip and some stubs for the frequency tuning purpose, obtaining the application in the lower microwave frequency range. In the study and design, simulations and numerical analysis are mainly performed to achieve the required design results. From the results, the absorber can be tuned for absorbing the microwave frequency with two adjacent bands within some standards such as UMTS, LTE2300, LTE2500 and/or WLAN 2.4GHz. The overall analysis reflects that the absorber possesses good absorption capability better than 80% at their peaks with bandwidths (at 50% absorption) at least 80 MHz for the selected designs. The key features of the proposed absorber are flat, thin, inexpensive, and capable of using these techniques to improve the design easily for obtaining two adjacent bands. It is expected for applications in reducing electromagnetic interference and improving some characteristics of antennas.

Keywords: Microwave absorber, Printed-circuit board, Two adjacent bands

1. บทนำ

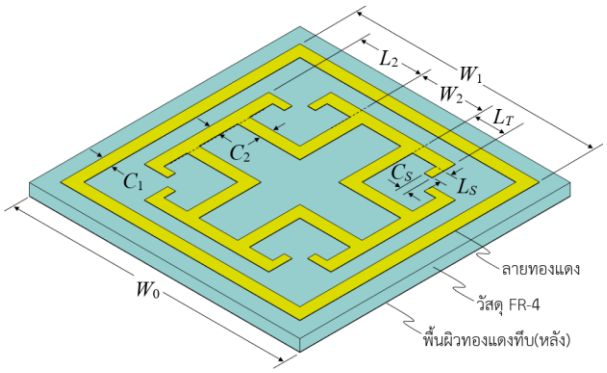
ในราวปี ค.ศ. 2008 N. I. Landy และคณะ [1] ได้แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้าสังเคราะห์บางอย่าง หรือในปัจจุบันอาจเรียกว่า อภิวัสดุ (Metamaterial, MM) ที่สามารถใช้ในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ ซึ่งหลังจากนั้นได้จุดประกายการคิดค้นตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟชนิดใหม่ วัสดุเหล่านี้สามารถลดทอนหรือกำจัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาตกกระทบได้โดยการเปลี่ยนรูปพลังงานคลื่นให้เป็นความร้อน จากมุมมองเชิงสะสารในทางฟิสิกส์การลดทอนหรือค่าการสูญเสียในตัวดูดซับคลื่นประเภทนี้จะสัมพันธ์กับส่วนจินตภาพของค่าประสิทธิผลเชิงซ้อนของสภาพยอมทางไฟฟ้าและความซึมซาบทางแม่เหล็กในวัสดุเป็นหลัก

ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ที่หลากหลายมาก ทำให้ได้โครงสร้างที่บางและมีราคาประหยัด และการนำไปใช้เกี่ยวกับตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟก็เช่นเดียวกัน ในด้านงานวิจัย ตัวดูดซับคลื่นชนิดแผ่นวงจรพิมพ์แบบหลายย่านความถี่ ก็เป็นหัวข้อหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เช่น การออกแบบให้มีคุณสมบัติสองแถบความถี่และ/หรือมีแถบกว้าง [1]-[3] ในขณะที่บางงานวิจัยมีระดับสูงขึ้นเป็นสามแถบความถี่หรือมากกว่าดังที่นำเสนอใน [4]-[7] และ [8]-[9] ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในงานวิจัยเหล่านี้ได้ใช้เทคนิคพื้นฐานที่แตกต่างกันไป เช่น ใช้องค์ประกอบเรโซแนนซ์หลายตัว การปรับขนาดและ/หรือหมุนรูปร่าง เป็นต้น ถึงแม้ว่ามีงานวิจัยในทำนองนี้อยู่มากแต่พบว่ายังมีส่วนน้อยที่นำเสนอเกี่ยวกับเทคนิคการทำให้เกิดจุดยอดของการดูดซับ (Absorption peak) ที่อยู่ใกล้กันได้ โดยเฉพาะในย่านความถี่ต่ำ (2 – 3 GHz) ของแถบความถี่ไมโครเวฟ

ในบทความนี้ เราจะนำเสนอการออกแบบตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟแบบสองแถบความถี่ที่อยู่ใกล้กัน โดยใช้เทคนิคการเพิ่มแผ่นสตริปเหนี่ยวนำแม่เหล็กและสตับปรับจูน เราสามารถเลือกออกแบบตัวดูดซับคลื่นนี้ให้รองรับการใช้งานอยู่ภายในย่านความถี่ตามมาตรฐาน UMTS LTE2300 LTE2500 และ/หรือ WLAN 2.4GHz เป็นต้น ซึ่งจะพบว่าตัวดูดซับคลื่นนี้มีโครงสร้างที่ง่ายและช่วยลดความผิดพลาดในขั้นตอนการผลิตต่อไปได้ ในการออกแบบจะใช้ซอฟต์แวร์ CST Microwave Studio ในโดเมนความถี่ ร่วมกับการใช้พอร์ตในรูปแบบ Floquet

2. ลักษณะของตัวดูดซับคลื่น

ในรูปที่ 1 แสดงรูปร่างของตัวดูดซับคลื่นเพียง 1 เซลล์ ซึ่งในทางทฤษฎีและการนำไปใช้จริงจะต้องใช้หลายเซลล์ต่อกันเป็น 2 มิติในแนวราบจึงจะได้คุณสมบัติการดูดซับที่ดี วิธีสร้างจริงที่ง่ายที่สุด คือ การกัดลายทองแดงบนแผ่น PCB ที่ด้านหน้า ส่วนด้านหลังเป็นพื้นผิวทองแดงทึบตามปกติ ในงานวิจัยนี้จะออกแบบโดยอ้างอิงแผ่น PCB ชนิด FR-4 ซึ่งมีค่า ε_r = 4.0, $tan\delta$ = 0.025, หนา 1.6 mm และเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้าง W_0



รูปที่ 1 รูปร่างของตัวดูดซับคลื่น 1 เซลล์

ลายทองแดงใน 1 เซลล์มีองค์ประกอบเรโซแนนซ์หลัก 2 ส่วน ได้แก่ 1) ลูปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสข้างนอก กว้าง W_1 เส้นขอบหนา C_1 และ 2) ลูปรูปกากบาทข้างใน มีความกว้างและยาวของแขนกากบาท W_2 และ L_2 ตามลำดับ มีเส้นขอบหนา C_2 ส่วนองค์ประกอบที่ใช้ในการปรับจูนอยู่ที่ปลายแขนรูปกากบาททุกมุม ได้แก่ แผ่นสตริปเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กยาว L_T และสตับสี่เหลี่ยมที่ปลายแผ่นสตริปยาวและหนาเป็น L_S และ C_S ตามลำดับ

3. การศึกษาและออกแบบ

3.1 หลักการพื้นฐานในการออกแบบ

ในการออกแบบและจำลองแบบโครงสร้างที่มีพารามิเตอร์หลายตัวนั้น ต้องอาศัยการกำหนดค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลการจำลองลู่เข้าสู่ผลลัพธ์ที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น ในที่นี้จะใช้หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับความยาวทางไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับความถี่เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบเรโซแนนซ์หลักทั้ง 2 ส่วนดังที่เกริ่นไปแล้วข้างต้น

องค์ประกอบหลักชิ้นแรกเป็นวงลูปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่ข้างนอกจะเป็นตัวควบคุมการดูดซับในแถบความถี่ที่ 1 (ย่านที่ต่ำกว่า) มีความสัมพันธ์ของความยาวทางกายภาพกับความยาวทางไฟฟ้าดังต่อไปนี้

$$W_1 - C_1 \cong \frac{\lambda_1}{4} \qquad (1)$$

โดยที่ λ_1 คือ ความยาวคลื่นของความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ (f_1) ในแถบความถี่ที่ 1 ซึ่งมีนิยามดังนี้

$$\lambda_1 \cong \frac{3\times10^8}{f_1\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \qquad (2)$$

ซึ่ง ε_{reff} เป็นค่าเฉลี่ยของค่าคงที่สารไดอิเล็กตริกระหว่างวัสดุฐานรองและอากาศ $(\varepsilon_r + 1)/2$ แล้วเลือกออกแบบความถี่เรโซแนนซ์แรก เช่น ที่ f_1 = 2.0 GHz เมื่อได้ขนาดของ W_1 จะสามารถประมาณขนาดเริ่มต้นของแผ่นวัสดุฐานรองและระนาบกราวด์ที่พื้นหลังได้ โดยให้ W_0 มีขนาดกว้างกว่า W_1 เล็กน้อย เช่น $W_0 \cong W_1 + (\lambda_1/50)$

องค์ประกอบหลักชิ้นที่สองเป็นวงลูปรูปกากบาทที่อยู่ข้างในซึ่งใช้ควบคุมการดูดซับในแถบความถี่ที่ 2 (ย่านที่สูงกว่า) โดยยังไม่เพิ่มแผ่นสตริปเหนี่ยวนำและสตับ เมื่อใช้หลักการเดียวกันกับ (1) และ (2) จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของความยาวทางกายภาพกับความถี่ได้ดังนี้

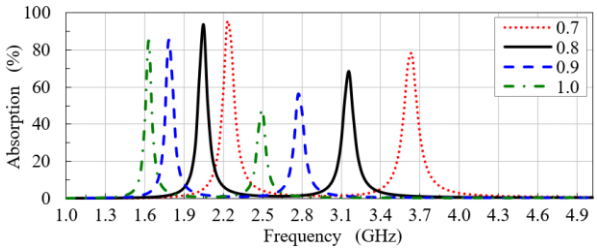
$$W_2 - C_2 + 2L_2 \cong K_C \frac{1}{4}\frac{3\times10^8}{f_2\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \qquad (3)$$

โดยที่ f_2 คือ ความถี่เรโซแนนซ์ในแถบความถี่ที่ 2 เช่น 2.5 GHz เป็นต้น สังเกตว่ามีสัมประสิทธิ์ K_C อยู่ ซึ่งเป็นค่าคงที่ในช่วง 0.9 ถึง 1.1 เพื่อชดเชยความไม่เป็นอุดมคติของวงลูปข้างใน เนื่องจากผลกระทบของการเชื่อมร่วม (Coupling) กับลูปข้างนอก และขึ้นกับ L_2 / W_2 ด้วย

จากสมการ (1) ถึง (3) เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ย่อยมีค่าเริ่มต้นน้อย ๆ เช่น C_1 = 0.5 mm และ C_2 = 0.3 mm และให้ค่าเริ่มต้น $L_2 \cong 1.5W_2$ จะสามารถหาค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์หลักได้เป็น $W_0 \cong$ 26.1 mm, $W_1 \cong$ 24.2 mm, $W_2 \cong$ 4.8 mm และ $L_2 \cong$ 7.2 mm

3.2 การศึกษาค่าพารามิเตอร์และผลการออกแบบ

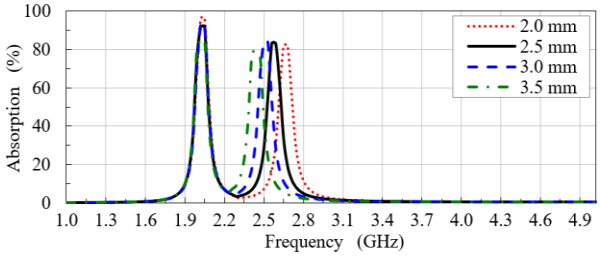
เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นมาทำการจำลองแบบโดยพิจารณาผลของค่าการดูดซับ (Absorption, %) ซึ่งนิยามจาก $(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2)\times100$ โดย S_{21} = 0 เพราะ ด้านหลังเป็นโลหะทึบ ได้ผลว่าความถี่เรโซแนนซ์ที่ดูดซับ อยู่ต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้ตามค่าเริ่มต้น ซึ่งเกิดจากการประมาณใน (2) ทำให้ค่า ε_{reff} น้อยเกินไป (ได้ λ_1 มากเกินจริง) ดังนั้นจึงต้องมีการปรับขนาดเซลล์ (Scaling) ด้วยตัวแปร k_s ซึ่งเป็นตัวคูณมิติขององค์ประกอบเรโซแนนซ์ทุกตัว โดย k_s ควรจะน้อยกว่า 1 เพื่อลดขนาดเซลล์ ทำให้ความถี่สูงขึ้น จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าที่ค่า $k_s \cong$ 0.8 ให้ความถี่ที่ดูดซับใกล้ 2 GHz ที่ต้องการ เราสามารถใช้วิธีนี้เลือกออกแบบให้อยู่ในย่าน LTE2300 ได้เช่นกัน



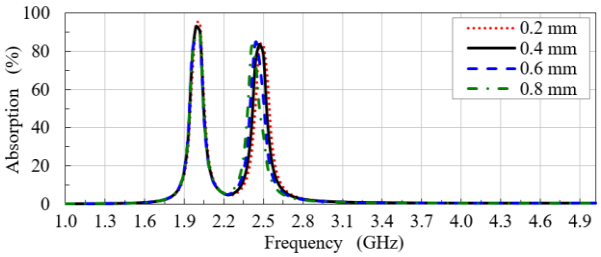
รูปที่ 2 การปรับขนาดเซลล์ (Scaling) ด้วยตัวแปร k_s

จากการปรับปรุงผลการจำลองแบบหลายครั้งให้ละเอียดขึ้น และการคำนึงถึงค่าแบนด์วิดธ์ที่ต้องกว้างถึง 80 MHz จึงต้องปรับความหนาเส้นขอบของวงลูปด้วย ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมชุดใหม่เป็น C_1 = 0.65 mm และ C_2 = 0.35 mm, W_0 = 18.96 mm, W_1 = 18.02 mm, W_2 = 4.03 mm และ L_2 = 5.69 mm

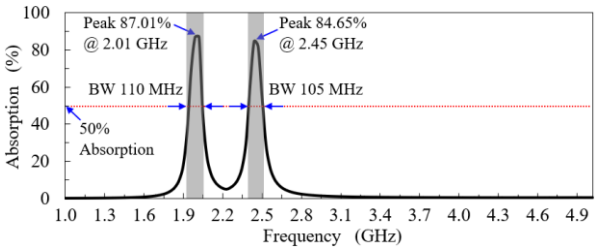
รูปที่ 3 แสดงการใช้เทคนิคแผ่นสตริปเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กทำให้เห็นชัดเจนว่าย่านความถี่ที่ 2 เข้าใกล้ย่านความถี่แรกยิ่งขึ้น โดยเฉพาะที่ $L_T \cong$ 3 mm ให้จุดยอดใกล้กับความถี่ 2.5 GHz ที่กำหนดไว้ ส่วนในรูปที่ 4 เป็นการปรับจูนความถี่ของการดูดซับอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ความถี่กลางในย่าน WLAN ที่ 2.45 GHz โดยการเพิ่มสตับที่ยาว L_S และให้ C_S = 0.25 mm สังเกตได้ว่าที่ $L_S \cong$ 0.6 mm เป็นค่าที่ใกล้ที่สุด เมื่อจำลองแบบต่อไปโดยแปรค่า L_T และ L_S พร้อมกัน จะได้ผลการออกแบบดีที่สุด คือ L_T = 3.15 mm และ L_S = 0.55 mm ดังรูปที่ 5



รูปที่ 3 การแปรค่าของแผ่นสตริปเหนี่ยวนำ (L_T)



รูปที่ 4 การแปรค่าของความยาวสตับ (L_S)



รูปที่ 5 ผลการออกแบบที่ดีที่สุด

ผลการออกแบบค่าพารามิเตอร์ดีที่สุดของตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟที่นำเสนอ โดยเลือกออกแบบให้อยู่ภายในย่านความถี่ UMTS/GSM 2 GHz และ WLAN 2.45 GHz สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 (กำหนด C_S = 0.25 mm)

ตารางที่ 1 ผลการออกแบบค่าพารามิเตอร์ (หน่วย: mm)

พารามิเตอร์	ค่า	พารามิเตอร์	ค่า
W_0	18.96	C_1	0.65
W_1	18.02	C_2	0.35
W_2	4.03	L_T	3.15
L_2	5.69	L_S	0.55

4. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบตัวดูดซับคลื่นไมโครเวฟซึ่งมีสองย่านความถี่ที่อยู่ใกล้กัน โดยใช้รูปแบบเป็นแผ่น PCB ใช้เทคนิคแผ่นสตริปเพื่อเพิ่มการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กร่วมกับสตับเพื่อปรับย่านความถี่ จากผลการออกแบบพบว่าตัวดูดซับนี้สามารถปรับจูนเลือกการออกแบบให้เป็นแบบสองย่านความถี่ที่ใกล้กันได้ และเลือกให้อยู่ภายในมาตรฐาน UMTS/GSM LTE2300 LTE2500 และ/หรือ WLAN 2.4GHz ได้ มีจุดเด่นที่สำคัญ คือ เป็นแผ่นเรียบ บาง ราคาไม่แพง และออกแบบได้ง่ายเพื่อใช้งานในแบบสองย่านความถี่พร้อมกัน สามารถนำไปใช้เพื่อลดการรบกวนกันทางแม่เหล็กไฟฟ้า หรือปรับปรุงคุณสมบัติบางอย่างของสายอากาศ เป็นต้น

5. เอกสารอ้างอิง

[1] F. Dincer *et al* (2014). Design of polarization and incident angle insensitive dual-band metamaterial absorber based on isotropic resonator, *PIER*, vol.144, pp. 123 – 132.

[2] M. Agarwal and M. K. Meshram (2015). X-band metamaterial absorber with dual band/broadband absorption characteristics, paper presented in *2015 IEEE MTT-S Inter. Microw. and RF Conference (IMaRC)*, India.

[3] E. Khoomwong and C. Phongcharoenpanich (2017). Simple and low-cost dual-band printed microwave absorber for 2.4- and 5-GHz-band applications, *Frequenz*, vol.71, pp. 591–600.

[4] B. Bian et al (2013). A New Triple-band Polarization-insensitive Wide-angle Microwave Metamaterial Absorber, paper presented in *PIERS Proceedings 2013*, Sweden.

[5] A. Sarkhel and S.R. B. Chaudhuri (2015). Design of a compact triple-band metamaterial absorber with wide angle of incidence using connected resonator topology, paper presented in *Inter. Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA), Italy*.

[6] Y. J. Yoo *et al* (2015). Triple-band perfect metamaterial absorption, based on single cut-wire bar, *Applied Phys. Letters*, vol.106, pp. 071105-1 – 5.

[7] E. Khoomwong, C. Soemphol and C. Phongcharoenpanich (2017). A triple-band printed microwave absorber for WLAN/WiMAX applications, paper presented in *iEECON 2017*, Pattaya, Thailand.

[8] J. W. Park *et al* (2013). Multi-band meta-material absorber based on the arrangement of donut-type resonators, *Optics Express*, vol.21, No.8, pp. 1 – 10.

[9] D. Chaurasiya et al (2016). Compact multi-band polarisation-insensitive metamaterial absorber, *IET Microw. Antennas Propagat.*, vol.10, pp. 94 – 101.

สายอากาศโมโนโพลสำหรับประยุกต์ใช้งานย่านแถบกว้างมากยิ่ง

Monopole Antenna for Super-Wideband applications

วัชรพล นาคทอง[1]* เอกจิต คุ้มวงศ์[1] เสกสรร ผลศรี[1] อุบล สุริพล[1] และ อำนวย เรืองวารี [2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*E-mail: watcharaphon.na@rmuti.ac.th โทรศัพท์: 044-233000 ต่อ 3140-5
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
E-mail: amnoiy.r@rmutt.ac.th โทรศัพท์: 0-2549-4620

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เสนอการเพิ่มช่วงความถี่ใช้งานให้กับสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าด้วยการเซาะร่องรูปขั้นบันไดและรูปตัวไอที่ตัวสายอากาศ โดยโครงสร้างสายอากาศต้นแบบถูกออกแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีวัสดุฐานรองชนิด FR4 มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) เท่ากับ 4.3 ในส่วนการออกแบบโครงสร้างสายอากาศโมโนโพล เพื่อให้ตอบสนองตามมาตรฐานที่ต้องการคือ Ultra-wideband (UWB) (3.1-10.6 GHz), S-band (2-4GHz), C-band (4-8 GHz), X-band (8-12 GHz), Ku-band (12-18 GHz), operation, 3G (1.6-2 GHz) and 4G (2-8 GHz) การวัดค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศต้นแบบพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับมีค่าต่ำกว่า -10 dB ($|S_{11}|$<-10 dB) โดยมีความกว้างของความถี่ใช้งาน 154.83% (2.65-20.82 GHz) ซึ่งสายอากาศมีการแผ่พลังงานแบบรอบทิศทางตลอดย่านความถี่กว้างมากยิ่งสายอากาศมีความถี่ใช้งานครอบคลุมย่านความถี่ (3.1-18 GHz) ตามต้องการและมีอัตราการขยายเฉลี่ย 4.17 dBi

คำหลัก: การเซาะร่อง, สายอากาศโมโนโพล, การเพิ่มช่วงความถี่, ย่านแถบกว้างมากยิ่ง

Abstract

This paper presents the enhancement of bandwidth for rectangular slot antenna with stair-shaped and double I-shaped stub tuning. In designing the antenna, used with the FR4 PCB model, with the dielectric constant (ε_r) about 4.3 The main motivation for this design is to acquire a compact printed monopole antenna type radiating structure for most of the applications such as Ultra-wideband (UWB)(3.1-10.6 GHz), S-band (2-4GHz), C-band (4-8 GHz), X-band (8-12 GHz), Ku-band (12-18 GHz), operation, 3G (1.6-2 GHz) and 4G (2-8 GHz).The measured input impedance bandwidth ($|S_{11}|$<-10 dB) of the prototype antenna was 160.65% for the frequency range of about (2.4-22 GHz).The radiation patterns omni directional directional along the proposed frequency Super-bandwidth. The bandwidth covered (3.1-18 GHz) as required and the average gain was 4.17 dBi.

Keywords: slot, monopole antenna, Bandwidth enhancement, Super-bandwidth

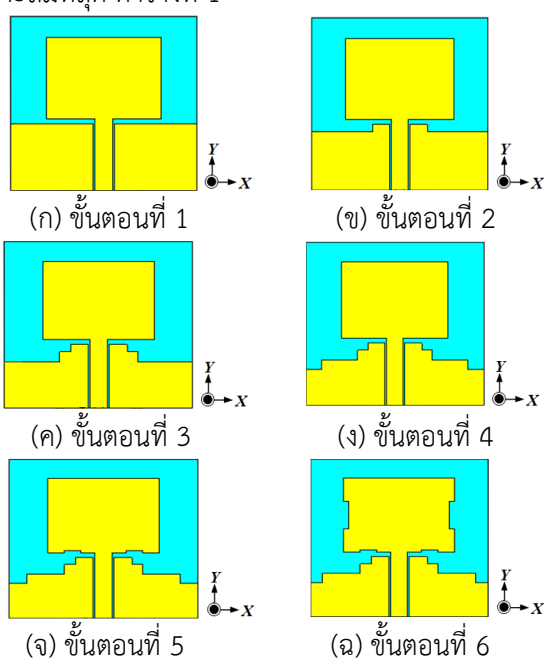
1. บทนำ

ปัจจุบันระบบการสื่อสารไร้สายย่านความถี่สูงยิ่ง (Super Ultra Wideband :SWB) ได้ถูกนิยมนำมาไปใช้งานในการติดต่อสื่อสารย่านความถี่ตามมาตรฐาน IEEE802.15.3a (3.1-10.6GHz) ,X-Band (8-12GHz) และ Ku-Band (12-18GHz) [1-4] โดยนำมาใช้งานในส่วนเอกชน และรัฐบาล เช่น ด้านภาคเอกชน โรงงานผลิตเรดาร์ ดาวเทียม เครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์สื่อสารทั่วไป และในภาครัฐบาล นิยมใช้ความถี่สูงสำหรับควบคุมเครื่องมือผ่าตัดทางการแพทย์ หรือนำไปสแกนหาความผิดพลาดของโรคต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์ ทางการทหารนำไปควบคุมการติดต่อสื่อสารด้านเครื่องบินรบ จานดาวเทียม ยานอวกาศ ดาวเทียมนอกโลกและอาวุธหรือเครื่องมือสื่อสารทางการทหารและด้านการเรียนการสอนหรือด้านงานวิจัย เป็นต้น จึงมีผู้คิดวิจัยสร้างสายอากาศขึ้นมาเพื่อตอบสนองย่านความถี่ดังกล่าว (3.1-18GHz) เพื่อนำมาทดสอบใช้งานและนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคต จึงเป็นสิ่งที่ผู้จัดทำโครงงานมีความสนใจที่จะศึกษานำโครงสร้างสายอากาศมาเพิ่มประสิทธิภาพให้ตอบสนองช่วงย่านความถี่ ดังกล่าวโดยศึกษาเทคนิคการปรับจูนโครงสร้างสายอากาศ โมโนโพลระนาบร่วมโดยใช้เทคนิคจากงานวิจัย[5-9] ทำให้สายอากาศมีค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์กว้างมากยิ่งขึ้น สามารถตอบสนองในระบบ UWB, X-Band และKu-Band ตามที่ต้องการ ซึ่งการปรับจูนโครงสร้างจะแสดงผลต่อไป

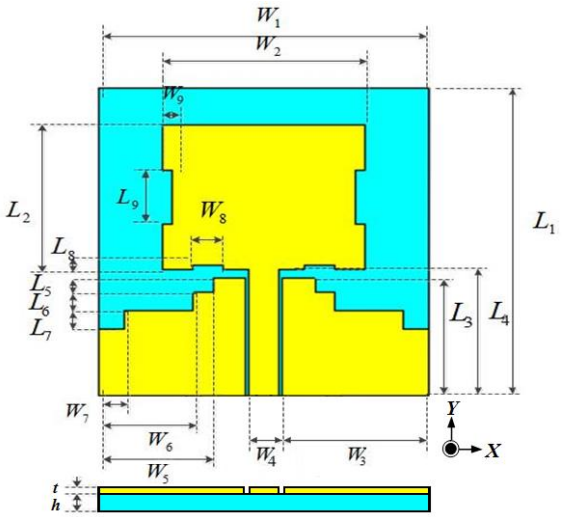
2. การออกแบบและผลการจำลองแบบ

2.1 โครงสร้างสายอากาศ

การออกแบบโครงสร้างสายอากาศโมโนโพลระนาบร่วม โดยศึกษาเทคนิคการป้อนแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (Coplanar Waveguide: CPW) ร่วมกับการปรับจูนโครงสร้างด้วยการเซาะร่องที่ระนาบกราวด์และที่ตัวสายอากาศ [5-9] โดยมีขั้นตอนการปรับจูนดังรูปที่ 1 ในส่วนของแผ่นวัสดุถูกออกแบบบนแผ่นวงจรปริ้นชนิด FR4 ที่มีความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 0.764 มม. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) เท่ากับ 4.3 ค่าความหนาของวัสดุตัวนำทองแดง (t) เท่ากับ 0.017 มม.ออกแบบที่ความถี่เริ่มต้น 2.45 GHz [7-9] ซึ่งจำลองแบบโครงสร้างผลบนโปรแกรม (Computer Science Technology: CST) ซึ่งเมื่อปรับจูนพบว่าโครงสร้างสายอากาศมีขนาดความยาว (L) เท่ากับ 34 มม. ขนาดความกว้าง (W) เท่ากับ 34 มม. ดังรูปที่ 2 และมีค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ตารางที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการปรับจูนโครงสร้างสายอากาศต้นแบบ



รูปที่ 2 โครงสร้างสายอากาศโมโนโพลต้นแบบ

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศต้นแบบ

ขนาดความกว้าง		ขนาดความยาว	
ตัวแปร	ขนาด (มม.)	ตัวแปร	ขนาด (มม.)
W_1	34	L_1	34
W_2	21	L_2	16
W_3	15	L_3	13
W_4	3.4	L_4	14
L_5	1.5	W_5	11.7
L_6	2	W_6	9.7
L_7	2	W_7	2.7
L_8	0.5	W_8	3
L_9	6	W_9	1
h	0.764	g	0.3

2.2 ผลการจำลองแบบของสายอากาศ

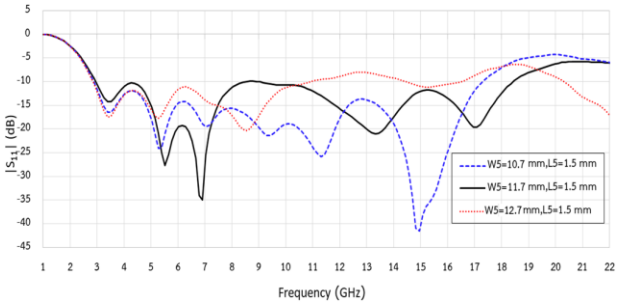
การออกแบบโครงสร้างสายอากาศเลือกใช้แบบโมโนโพลระนาบร่วมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าพื้นฐานดังรูปที่ 1(ก) การปรับจูนในส่วนที่ 1 เซาะร่องระนาบกราวด์ดังรูปที่ 1(ข) โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ค่าความยาว L_5 ค่าคงที่เท่ากับ 1.5 มม. และค่าความกว้าง W_5 ในการปรับจูนเลือกปรับตั้งแต่ 9.7 มม. 10.7 มม.และ 11.7 มม. โดยการปรับจูนพบว่าได้ค่าที่ดีที่สุดคือ W_5 = 11.7 มม. และค่าความยาว L_5 = 1.5 มม. โดยมีค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ144.37% (2.98 - 18.45GHz) ดังรูปที่ 3

ส่วนที่ 2 เซาะร่องระนาบกราวด์ชั้นที่ 2 ดังรูปที่ 1(ค) โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ค่าความยาว L_6 ค่าคงที่เท่ากับ 2 มม. และค่าความกว้าง W_6 ในการปรับจูนเลือกปรับตั้งแต่ 8.7 มม. 9.7 มม.และ 10.7 มม. โดยการปรับจูนพบว่าได้ค่าที่ดีที่สุดคือ W_6 = 9.7 มม. และค่าความยาว L_6 = 2 มม. โดยมีค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 148.25% (2.74 - 18.44GHz) ดังรูปที่ 4 ซึ่งช่วยลดช่วงความถี่ 4 GHz และ 8 11 GHz ให้ต่ำกว่าเส้น 10dB แต่ยังไม่คลอบคลุมช่วงความถี่ 18 GHz ตามที่ต้องการ

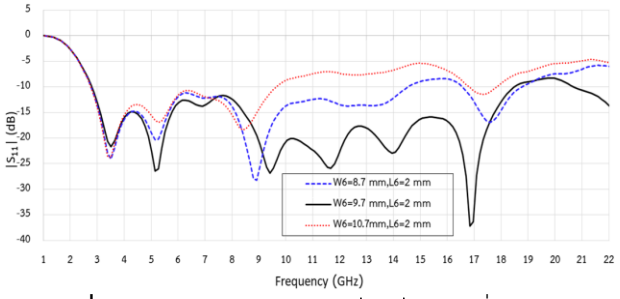
ส่วนที่ 3 เซาะร่องระนาบกราวด์ชั้นที่ 3 ดังรูปที่ 1(ง) โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ค่าความยาว L_7 ค่าคงที่เท่ากับ 2 มม. และค่าความกว้าง W_7 ในการปรับจูนเลือกปรับตั้งแต่ 1.7 มม. 2.7 มม.และ 3.7 มม. โดยการปรับจูนพบว่าได้ค่าที่ดีที่สุดคือ W_7 = 2.7 มม. และค่าความยาว L_7 = 2 มม. โดยมีค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ช่วงความถี่ต่ำเท่ากับ148.25% (2.74 - 18.44GHz) และช่วงความถี่สูงเท่ากับ13.92% (19.32- 22.21GHz) ดังรูปที่ 5

ส่วนที่ 4 เซาะร่องด้านล้างที่ตัวสายอากาศ ดังรูปที่ 1(จ) โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ค่าความยาว L_8 ค่าคงที่เท่ากับ 0.5 มม. และค่าความกว้าง W_8 ในการปรับจูนเลือกปรับตั้งแต่ 2 มม. 3 มม.และ 4 มม. โดยการปรับจูนพบว่าได้ค่าที่ดีที่สุดคือ W_8 = 2.7 มม. และค่าความยาว L_8 = 0.5 มม. โดยมีค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 155.55% (2.74 – 21.92 GHz) ดังรูปที่ 6

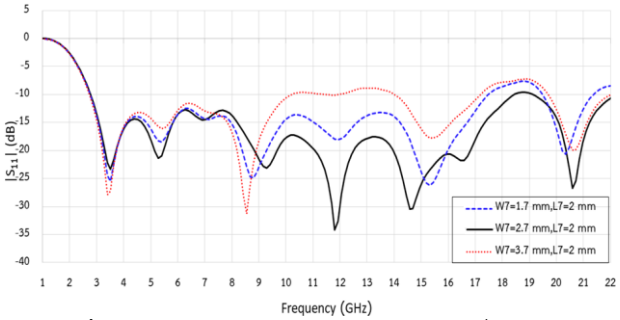
ส่วนที่ 5 เซาะร่องด้านข้างที่ตัวสายอากาศ ดังรูปที่ 1(ฉ) โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ค่าความยาว L_9 ในการปรับจูนเลือกปรับตั้งแต่เท่ากับ 5 มม. 6 มม.และ 7 มม. และค่าความกว้าง W_9 ค่าคงที่เท่ากับ 1 มม. โดยการปรับจูนพบว่าได้ค่าที่ดีที่สุดคือ W_9 = 1 มม. และค่าความยาว L_9 = 6 มม. โดยมีค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 155.59% (2.74 – 21.94 GHz) ดังรูปที่ 7 ซึ่งมีข้อดีกว่าส่วน 4 ด้านช่วงความถี่ที่7-8GHz ลงต่ำกว่าเส้น -10 dB มากกว่า



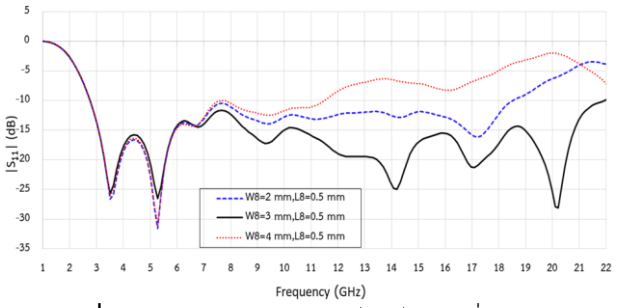
รูปที่ 3 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB) เมื่อปรับ W_5 และ L_5



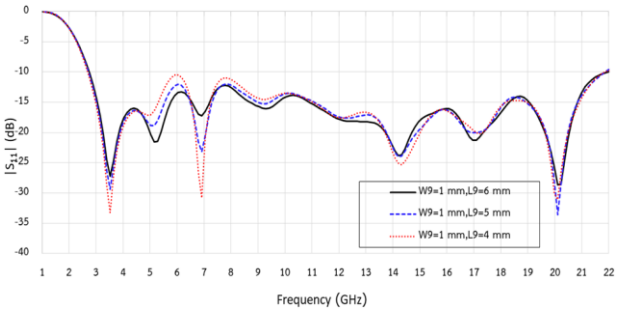
รูปที่ 4 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB) เมื่อปรับ W_6 และ L_6



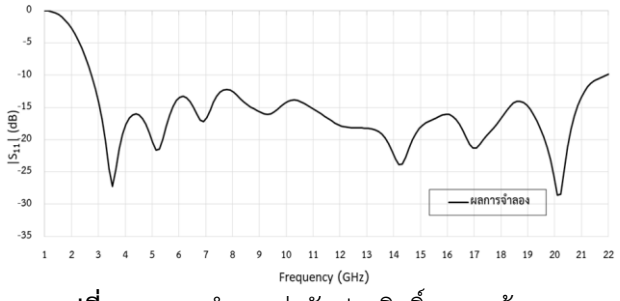
รูปที่ 5 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB) เมื่อปรับ W_7 และ L_7



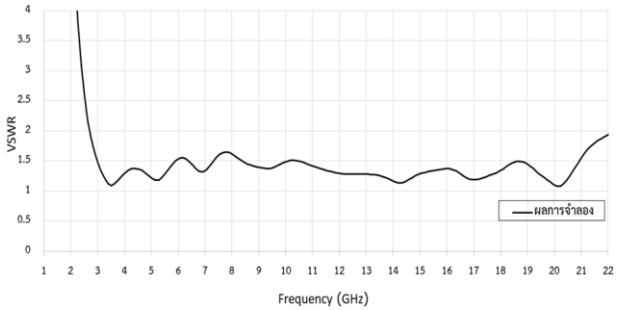
รูปที่ 6 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB)เมื่อปรับ W_8 และ L_8



รูปที่ 7 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB) เมื่อปรับ W_9 และ L_9

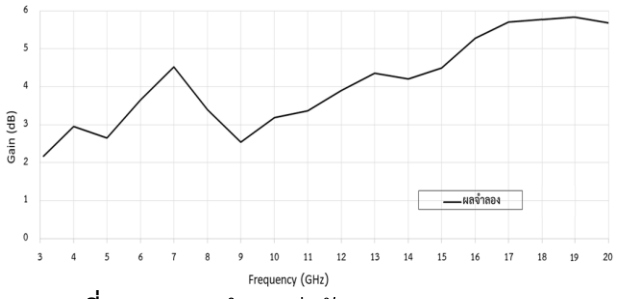


รูปที่ 8 ผลการจำลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$(dB) ของสายอากาศโมโนโพล

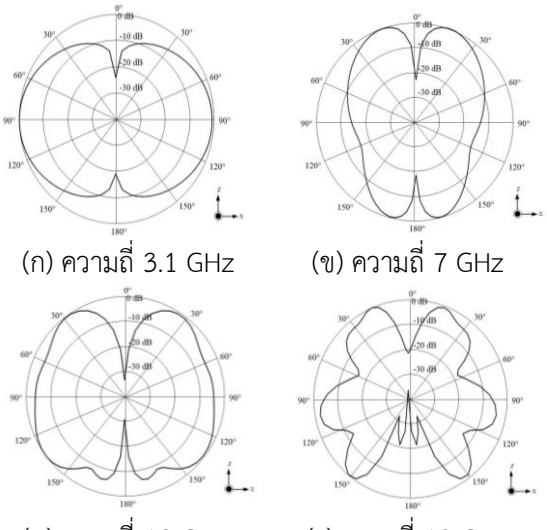


รูปที่ 9 ผลการจำลองค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน VSWR

ในส่วนสุดท้ายค่าอัตราขยายจากความถี่ตั้งแต่ 3 - 20 GHz มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 dB ดังรูปที่ 10 ในระนาบสนามไฟฟ้าดังรูปที่ 11 และระนาบสนาม แม่เหล็กดังรูปที่ 12 พบว่าสายอากาศมีแบบรูปการแผ่พลังงานเป็นรอบทิศทาง



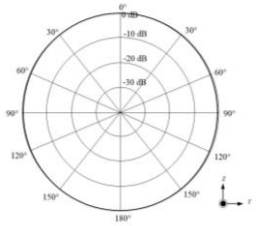
รูปที่ 10 ผลการจำลองค่าอัตราขยาย Gain ของสายอากาศโมโนโพล



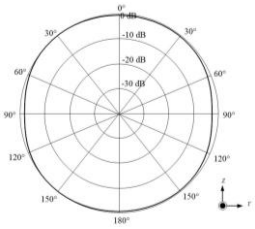
(ก) ความถี่ 3.1 GHz (ข) ความถี่ 7 GHz

(ค) ความถี่ 12 GHz (ง) ความถี่ 18 GHz

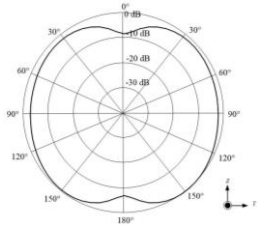
รูปที่ 11 รูปแบบการแผ่กระจายคลื่นในระนาบสนามไฟฟ้า



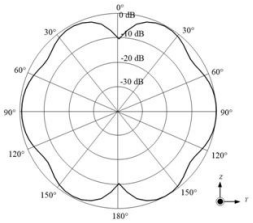
(ก) ความถี่ 3.1 GHz



(ข) ความถี่ 7 GHz



(ค) ความถี่ 12 GHz



(ง) ความถี่ 18 GHz

รูปที่ 12 รูปแบบการแผ่กระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก

3. สรุปผล

จากการออกแบบสายอากาศโมโนโพล สำหรับประยุกต์ใช้งานย่านความถี่ Monopole Antenna for Super-WB applications (3.1-18 GHz) โดยเริ่มจากการคำนวณออกแบบขนาดต่าง ๆ โดยการใช้เทคนิคการเซาะร่องที่ตัวสายอากาศและระนาบกราวด์ ซึ่งโครงสร้างสายอากาศต้นแบบมีขนาดความยาว L และความกว้างW เท่ากับ 34 mm จากการปรับจูนได้กล่าวซึ่งได้ค่า $|S_{11}|$(dB) ตอบสนองอยู่ที่ย่านความถี่154.83% (2.65-20.82 GHz) สอดคล้องกับค่า VSWR ที่ต่ำกว่า 2 ที่ช่วงความถี่ (3.1-18GHz) มีค่าอิมพีแดนซ์เข้าใกล้ 50Ω และมีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง (Omnidirectional) มีอัตราขยายตลอดย่านความถี่ (3.1-18 GHz)มีค่าอัตราขยายเฉลี่ย 4.17 dB

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้งานด้านโปรแกรม CST

5.เอกสารอ้างอิง

[1] Yeoh W. S. and Wayne R. S. T. (2015). An UWB Conical Monopole Antenna for Multiservice Wireless Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 14, 2015, pp. 1085-1088.

[2] Datta. B., Sarkar. G. S. and Das. A. (2015). Compact Monopole Patch Antenna for X & Ku Band Microwave Communication. *2015 International Conference on Communication Networks (ICCN)*, 2015, pp. 65-70.

[3] Suraj P. and Aslam R. (2017). Horn Shape Compact Printed Monopole Antenna for Super Ultra-Wideband (SUWB) Applications Using DGS. *International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC 2017),* 2017.

[4] Dhakad S. Ku. and Bhandari T. (2017). A Hexagonal Broadband Compact Microstrip Monopole Antenna for C Band, X Band and Ku Band Applications. *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA2017)*, 2017, pp 1532-1536.

[5] Vyas K. and Singhal P. K. (2014). Bandwidth Enhancement in CPW Fed Rectangular Patch Antenna by Modified Ground Structure. *International Journal of Modern Communication Technologies & Research (IJMCTR),* Vol. 2, February 2014.

[6] Naktong W. Innok A. kornsing S. and Ruengwaree A. (2016). Mushroom Shaped Monopole Antenna which has Tuning on Ground Plane with Slot Etching Technique is Two Layers of Stair for Applying Ultra Wideband (UWB) Technology. 10th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium, at Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan. 22-24 February 2016.

[7] Naktong W., Kornsing S., Boonmaitree P. Dabbung P. and Ruengwaree A. (2016). Study of Geometry-Shaped Monopole Antenna with Step-Shaped Etching Technique on Ground Plane. *13th International Conference on Electrical Engineering Electronics, Compute Telecommunications and Information*

Technology (ECTI-CON 2016), Chiang Mai, Thailand, 28 june - 1 July 2016.
[8] Thongbor P., Ruengwaree A., Pirajnanchai V., Naktong W. and Fhafhiem N. (2016). Rectangular Monopole Antenna with Arrow-Shaped Slot Etching for UWB-MIMO Application,. *International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON),* 2016.
[9] Balanis C. A., (1997) Antenna Theory, *John Wiley & Sons, Inc.,* 1997.

รถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

Automatic Patient-Cart for Convenience with Transferring

อภิญญา อินทร์นอก* วัชรพล นาคทอง นุชนาฏ สันทาลุนัย และสุภาธิณี กรสิงห์

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000
*E-mail: apinya.io@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอรถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย สำหรับประยุกต์ใช้งานกับผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุหรือผู้ป่วยที่เกิดจากโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ผู้ป่วยสามารถใช้รถเข็นเองได้ขณะนั่ง เนื่องจากมีปุ่มควบคุมที่ค่อนข้างสะดวก คณะผู้จัดทำจึงได้นำเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้งานกับรถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติ เช่น สามารถควบคุมความเร็วได้ สามารถปรับนอน - นั่งได้ และราคาประหยัดกว่าท้องตลาด รถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติควบคุมโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพาเวอร์มอสเฟตในการขับเคลื่อน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่กระแสตรงแรงดันไฟ 24 โวลต์ สามารถควบคุมรถเข็นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้จอยสติ๊กบังคับทิศทาง เช่น เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เดินหน้า และถอยหลัง สามารถควบคุมความเร็วของรถเข็นได้ประมาณ 3.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถปรับรถเข็นผู้ป่วยจากเก้าอี้เป็นเตียงนอนได้ โดยใช้มอเตอร์ในการควบคุมการขึ้น-ลง และรับน้ำหนักได้ถึง 150 กิโลกรัม มีการควบคุมความปลอดภัยด้วยเซนเซอร์ เมื่อเกิดการชนเซนเซอร์จะทำงานทันที

คำหลัก : รถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติ, ไมโครคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์, จอยสติ๊ก

Abstract

This paper presents the automatic patient cart for convenience with transferring that applied with patients who suffer accident or patients of various ailments. A patent can used themselves while sitting. Because, it's has key control for convenience. Our team has taken electronic technology applying automatic patient cart for convenience with transferring such as control speed, up-down and low cost when comparing with the market. Automatic patient cart control by electronic circuits power MOSFET to driven by DC motor power from 24 volt battery. It's can control the automatic patient cart by microcontroller and using directional control by joystick such as turn left, turn right, forward and reverse. It's can control the average speed about 3.2 km/hr. It can adjust the automatic patient cart from a chair to a bed using motor control to up and down. It can support the weight up to 150kg and safety by sensor when it has collision, the sensor will work immediately.

Keywords: Automatic patient-cart, Microcontroller, Motor, Joystick

1. บทนำ

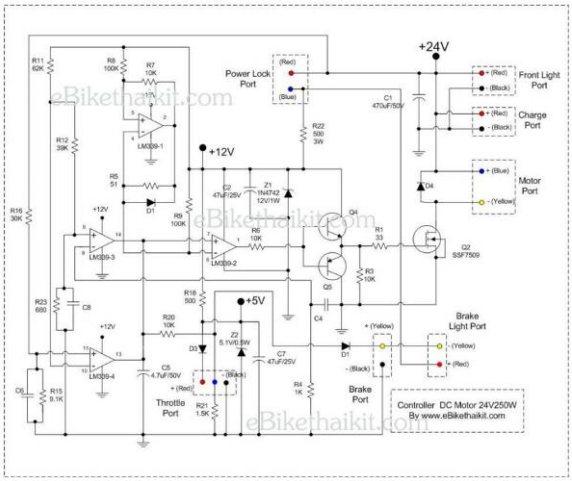
ในปัจจุบันมีผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุและผู้ป่วยที่เกิดจากโรคภัยต่างๆ จำนวนมากที่ต้องการใช้รถเข็นสำหรับการเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ทั้งที่โรงพยาบาลและที่บ้านของผู้ป่วย และเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ต้องการควบคุมรถเข็นเอง ทางคณะผู้จัดทำได้นำเสนอรถเข็นผู้ป่วย ที่ผู้ป่วยสามารถควบคุมการทำงานเองได้โดยใช้จอยสติก จากการศึกษางานงานวิจัยที่ผ่านมา มีผู้คิดค้นและพัฒนารถเข็นหลายท่าน เพื่อความสะดวกสบาย ทันสมัยและรวดเร็วในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย เช่น มีการคิดค้นรถเข็นผู้ป่วย โดยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า [1] แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถปรับองศาของเตียงได้ หรือมีอุปกรณ์รถไฟฟ้ายกผ้าสำหรับโรงพยาบาล ที่สามารถนำหลักการเคลื่อนที่มาประยุกต์ใช้กับรถเข็นผู้ป่วยได้ [2] รวมถึงเตียงผู้ป่วยที่ขายตามท้องตลาด เช่น เตียงผู้ป่วยชนิดควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรลที่มีสาย สามารถปรับระดับเตียงได้ แต่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้ [3] หรือแม้กระทั่งบางบริษัทที่จำหน่ายรถเข็นผู้ป่วยตามท้องตลาด [4] ที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อให้ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ แต่ราคาค่อนข้างสูงมาก จากการใช้เทคโนโลยีที่นำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวที่ราคาค่อนข้างสูง แต่ความต้องการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยให้สะดวก เตียงของรถเข็นสามารถปรับระดับได้ ผู้วิจัยจึงนำเสนอรถเข็นผู้ป่วยที่สามารถปรับระดับเตียงได้ สามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา มีเซนเซอร์เตือนป้องกันการชน รวมถึงมีไฟสถานะแสดงการทำงานของแบตเตอรี่ เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ต้องการใช้รถเข็นเคลื่อนที่เอง และประหยัดเวลาในการทำงานของบุรุษพยาบาลหรือญาติที่จะมาเข็นผู้ป่วยกรณีที่สามารถช่วยตัวเองได้

2. อุปกรณ์และการออกแบบรถเข็นผู้ป่วย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบรถเข็นมีหลายส่วน ได้แก่ วัสดุที่เป็นโครงรถเข็น เบาะรถเข็น รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการคอนโทรลรถเข็น เช่น มอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน แสดงดังรูปที่ 1 และมีวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 2 โดยที่มอเตอร์นี้ ขนาด 24 โวลต์ ขนาด 350 วัตต์ ใช้ 2 ตัวในการขับเคลื่อนจึงจะมีแรงม้าพอ ใช้สำหรับการออกคำสั่งเดินหน้าถอยหลัง เพิ่ม ลดระดับความเร็วในการเคลื่อนที่



รูปที่ 1 มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อน [5]

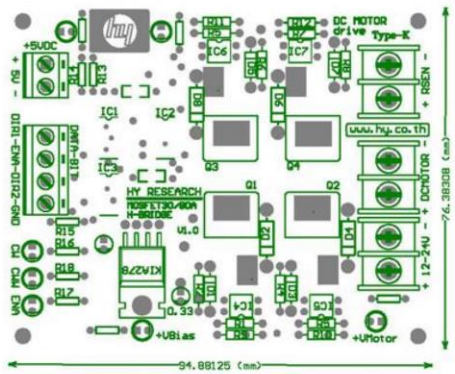


รูปที่ 2 วงจรควบคุมการทำงานมอเตอร์ 24 โวลต์ [5]

การออกแบบวงจรควบคุมการขับเคลื่อนเลือกใช้ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์แบบสำเร็จรูป บอร์ดมอเตอร์ DC แบบ H-Bridge SE-HB40-1 แสดงดังรูปที่ 3 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยมีคำสั่งการเคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ซึ่งมีวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 บอร์ดมอเตอร์แบบ H-Bridge SE-HB40-1 [6]



รูปที่ 4 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์แบบ H-Bridge SE-HB40-1 [6]

การสั่งงานของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์เข้าที่บอร์ดเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่ DIR1 5 โวลต์ และ DIR2 0 โวลต์ มอเตอร์จะหมุนพาเลี้ยวซ้าย ในทำนองกลับกัน DIR1 0 โวลต์ และ DIR2 5 โวลต์ มอเตอร์จะหมุนพาเลี้ยวขวา แสดงการสั่งงานควบคุมมอเตอร์ดังตารางที่ 1

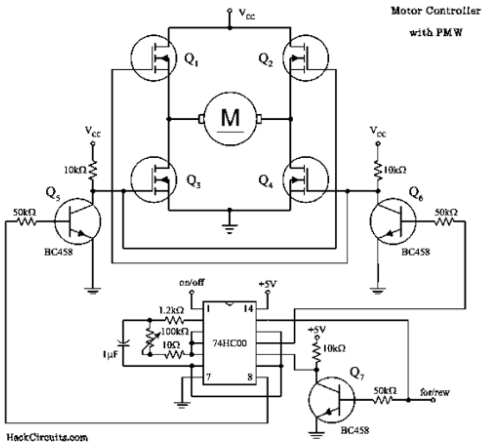
ตารางที่ 1 การสั่งงานควบคุมมอเตอร์ [6]

ENA/PWM	DIR1	DIR2	STATUS DC MOTOR
0	X	X	Slow Stop
1	0	0	Slow Stop
1	0	1	Rotate Right
1	1	0	Rotate Left
1	1	1	Fast Stop

วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำงานโดยจ่ายไฟกระแสตรงให้กับมอเตอร์ โดยต้องการควบคุมความเร็วของมอเตอร์โยการเพิ่ม ลด ขนาดแรงดันจาก มอเตอร์ Pulse Width Modulator (PWM) เป็นที่นิยมมาก ขนาดแรงดันเฉลี่ยจะเปลี่ยนไปตามความกว้างของพัลส์ สามารถควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนได้ วงจรมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ

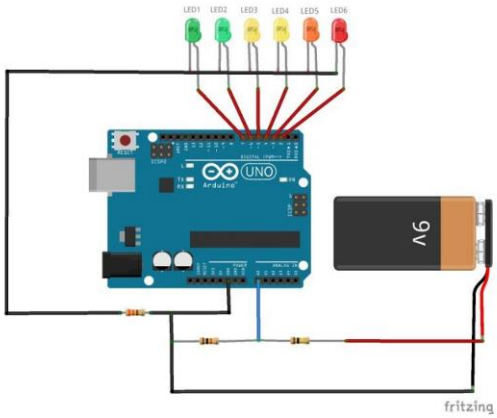
1. ส่วนที่ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ ประกอบด้วยมอสเฟต (Q1 - Q4) ถูกต่อแบบบริดจ์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์สามารถกลับทิศทางได้ รวมถึงมีทรานซิสเตอร์ (Q5 - Q6) ทำหน้าที่ขับมอสเฟต

2. ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม ออกแบบเพื่อป้องกันการลัดวงจรของมอสเฟต ด้วยการควบคุมของ IC74HC00 มีตัวต้านทานปรับค่าได้และตัวเก็บประจุทำหน้าที่ผลิตพัลส์ความถี่และความกว้างของพัลส์ รูปวงจรควบคุมแสดงดังรูปที่ 5



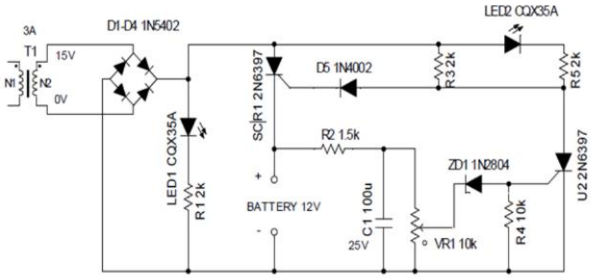
รูปที่ 5 วงจรควบคุมมอเตอร์ PWM [7]

วงจรตรวจสอบแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 6 ใช้สำหรับตรวจสอบระดับพลังงานแบตเตอรี่ที่เหลือในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า แสดงผลอยู่ในรูป LED และมีเสียงเตือนเมื่อระดับพลังงานแบตเตอรี่อ่อน (LED สีแดง) ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ arduino [8] ควบคุมการทำงานของ LED แต่ละสี โดยมีไฟเลี้ยงบอร์ด 9 โวลต์



รูปที่ 6 วงจรตรวจสอบแบตเตอรี่ [9]

วงจรชาร์จแบตเตอรี่นำไปชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 24 โวลต์ เพื่อเก็บพลังงานในการขับเคลื่อนรถเข็น วงจรชาร์จแบตเตอรี่นี้จะหยุดชาร์จอัตโนมัติเมื่อแบตเตอรี่เต็ม แสดงดังรูปที่ 7 การชาร์จแบตเตอรี่เริ่มจากป้อนไฟ AC 220 โวลต์เข้าที่หม้อแปลงเพื่อแปลงแรงดันออกมาได้ 15 โวลต์ มี LED1 แสดงสถานะ และมีการตรวจสอบแบตเตอรี่ว่าเต็มแล้วหรือยัง จะมี LED2 แสดงสถานะ ลดกระแสมี C1 เพื่อกรองแรงดันให้เรียบขึ้น



รูปที่ 7 วงจรชาร์จแบตเตอรี่ [9]

โมดูล HC-SR04 ใช้สำหรับวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิค ความถี่ประมาณ 40kHz ทำหน้าที่ส่งคลื่นออกไปวัดระยะแต่ละครั้ง เปรียบเสมือนเซนเซอร์วัดระยะ เมื่อไปกระทบกับวัตถุคลื่นเสียงจะถูกส่งออกมาสะท้อนกลับมาภาครับ แสดงอุปกรณ์โมดูล HC-SR04 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 โมดูล HC-SR04 [10]



(ก) ปุ่มควบคุมการทำงาน



(ข) ด้านข้างของรถเข็น



(ค) ด้านหลังของรถเข็น

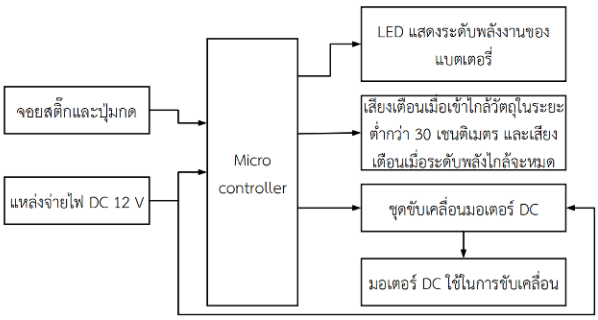


(ง) ด้านหน้าของรถเข็น

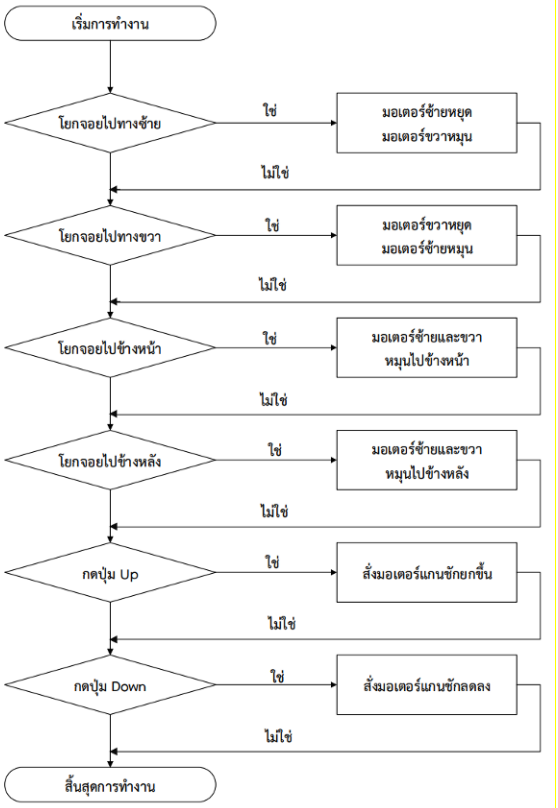
รูปที่ 9 รถเข็นผู้ป่วยที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 9 แสดงรถเข็นผู้ป่วยที่สร้างขึ้น โดย (ก) แสดงปุ่มควบคุมการทำงานของรถเข็นผู้ป่วย เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา มีไฟ LED แสดงสถานะแบตเตอรี่ มีปุ่มปรับระดับองศาขึ้นลงการทำงานของรถ

ด้านข้างของรถเข็น (ค) ด้านหลังของรถเข็น และ (ง) ด้านหน้าของรถเข็น โดยมีบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของการควบคุมระบบ และมีแผนภาพแสดงการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 10 และ 11 ตามลำดับ



รูปที่ 10 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมระบบ



รูปที่ 11 แผนภาพ (Flow Chat) แสดงการทำงาน

3. ผลการทดสอบ

การทดสอบรถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติโดยใช้จอยสติกบังคับทิศทางการเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา จำนวน 10 ครั้ง สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 2 โดยผลการทดสอบสามารถเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง 100% ตามความต้องการ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย-ขวา

คำสั่ง / ครั้งที่	เดินหน้า	ถอยหลัง	เลี้ยวซ้าย	เลี้ยวขวา
1	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : เครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงว่ารถเข็นผู้ป่วยควบคุมทางการเคลื่อนที่ได้

การทดสอบรับน้ำหนักของรถเข็นขณะมีคนนั่งและนอนบนรถ ตั้งแต่น้ำหนัก 50 กิโลกรัม ถึง 150 กิโลกรัม ผลการทดสอบรถเข็นสามารถรับน้ำหนักได้ตามต้องการ 100% แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบน้ำหนักขณะขึ้นนั่ง-นอนบนรถ

คำสั่ง / ครั้งที่	50 กก.	70 กก.	90 กก.	110 กก.	130 กก.	150 กก.
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : เครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงว่ารถเข็นผู้ป่วยรับน้ำหนักขณะนั่งได้

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการปรับระดับองศา

ระดับ / ครั้งที่	90 องศา	120 องศา	140 องศา	160 องศา	180 องศา
1	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : เครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงว่ารถเข็นผู้ป่วยสามารถปรับองศาได้

การทดสอบปรับระดับองศาของรถเข็น โดยการทดสอบจะทำการกดปุ่มขึ้น (Up) และลง (Down) โดยปรับระดับที่มุมต่างๆ ได้ตามต้องการ แสดงผลการทดสอบได้ในตารางที่ 4 โดยผลการทดสอบสามารถปรับระดับได้ตามต้องการ และถูกต้อง 100%

หลอดไฟ LED บอกระดับแบตเตอรี่ มีทั้งหมด 6 ดวง แบ่งเป็นสีแดง 2 ดวง สีเหลือง 2 ดวง และสีเขียว 2 ดวง โดยที่ แรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในค่าไหน หลอด LED ของไฟสีนั้นจะติด เช่น

หลอดที่ 1 LED สีเขียวติดแสดงสถานะแรงดันไฟ 12.46 โวลต์

หลอดที่ 2 LED สีเขียวติดแสดงสถานะแรงดันไฟ 12.46 – 12.28 โวลต์

หลอดที่ 3 LED สีเหลืองติดแสดงสถานะแรงดันไฟ 12.28 – 12.12 โวลต์

หลอดที่ 4 LED สีเหลืองติดแสดงสถานะแรงดันไฟ 12.12 – 11.50 โวลต์

หลอดที่ 5 LED สีแดงติดแสดงสถานะแรงดันไฟ 11.50 – 11.00 โวลต์

หลอดที่ 6 LED สีแดงติดแสดงสถานะแรงดันไฟน้อยกว่า 10.98 โวลต์ และจะมีเสียงเตือน ควรนำไปชาร์จ โดยผลการทดสอบหลอด LED ทั้ง 6 ดวงติดถูกต้อง 100% แสดงผลตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสถานะของหลอด LED

ระดับแบตเตอรี่ / หลอดLED	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%
หลอดที่ 1 สีเขียว	✓	✓	×	×	×	×	×
หลอดที่ 2 สีเขียว	×	✓	✓	×	×	×	×
หลอดที่ 3 สีเหลือง	×	×	✓	✓	×	×	×
หลอดที่ 4 สีเหลือง	×	×	×	✓	✓	×	×
หลอดที่ 5 สีแดง	×	×	×	×	✓	✓	×
หลอดที่ 6 สีแดง	×	×	×	×	×	✓	✓

หมายเหตุ : เครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงว่ามีไฟติดที่หลอด LED
เครื่องหมาย × เพื่อแสดงว่าไม่มีไฟติดที่หลอด LED

จากนั้นทำการทดสอบระยะเซนเซอร์ด้านหน้าและด้านหลังของรถเข็น เมื่อรถเข็นขับเคลื่อนเจอสิ่งกีดขวาง ผลการทดสอบในตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าระยะการเคลื่อนที่เมื่อเข้าใกล้สิ่งกีดขวางในระยะ 30 เซนติเมตร เซนเซอร์จะมีเสียงเตือนทันทีในทุกๆ ครั้งที่ทำการทดสอบ โดยทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบระยะเซนเซอร์ด้านหน้า-ด้านหลัง

ระยะทาง / ครั้งที่	20 ซม.	25 ซม.	30 ซม.	35 ซม.	40 ซม.
1	✓	✓	✓	×	×
2	✓	✓	✓	×	×
3	✓	✓	✓	×	×
4	✓	✓	✓	×	×
5	✓	✓	✓	×	×
6	✓	✓	✓	×	×
7	✓	✓	✓	×	×
8	✓	✓	✓	×	×
9	✓	✓	✓	×	×
10	✓	✓	✓	×	×

หมายเหตุ : เครื่องหมาย ✓ เพื่อแสดงว่าระบบเซนเซอร์ทำงาน
เครื่องหมาย × เพื่อแสดงว่าระบบเซนเซอร์ไม่ทำงาน

ทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ของรถเข็น โดยใช้ไฟ 220V ผ่านหม้อแปลง 15V, 3A ไปยังวงจรบริดจ์ โดยจะชาร์จ เมื่อรถเข็นมีไฟแสดงสถานะสีแดงเตือนให้ชาร์จแบตเตอรี่ ทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ทั้งหมด 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยของการชาร์จไฟเพื่อจะทำให้แบตเตอรี่เต็มประมาณ 1 ชั่วโมง 37 นาที

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่

ครั้งที่	ระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่
1	1 ชั่วโมง 35 นาที
2	1 ชั่วโมง 30 นาที
3	1 ชั่วโมง 36 นาที
4	1 ชั่วโมง 35 นาที
5	1 ชั่วโมง 38 นาที
6	1 ชั่วโมง 37 นาที
7	1 ชั่วโมง 39 นาที
8	1 ชั่วโมง 40 นาที
9	1 ชั่วโมง 40 นาที
10	1 ชั่วโมง 39 นาที
ค่าเฉลี่ย	**1 ชั่วโมง 37 นาที**

และขั้นตอนสุดท้ายทำการทดสอบความเร็วในการขับเคลื่อนที่เวลา 1 ชั่วโมง ในแต่ละครั้ง ทำการทดสอบ 10 ครั้ง โดยทดสอบจากน้ำหนักผู้ป่วยตั้งแต่ 50 – 150 กิโลกรัม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 8 โดยความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ยอยู่ที่ 3.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ ที่เวลา 1 ชั่วโมง

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ระยะทาง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
50	4.3	4.4	4.4	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.4	4.3	4.35
70	3.9	3.8	3.8	3.9	3.9	3.8	3.9	3.8	3.8	3.9	3.85
90	3.6	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.5	3.6	3.6	3.5	3.55
110	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.87
130	2.6	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	2.42
150	1.7	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.57
รวม	ความเร็วเฉลี่ย										3.2

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบรถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติที่สร้างขึ้นเทียบกับท้องตลาด

รายการ	รถเข็นตามท้องตลาด	รถเข็นที่สร้างขึ้น
ขนาด	สูง 62 cm ยาว 192 cm กว้าง 50 cm	สูง 62 cm ยาว 192 cm กว้าง 50 cm
น้ำหนักที่รับได้	159 กิโลกรัม	140 กิโลกรัม
ราคา	55,000 บาท	15,300 บาท
ปรับเอนนอนได้	ปรับได้	ปรับได้
ระบบควบคุม	ควบคุมด้วยมือผู้เข็น	ใช้จอยสติกควบคุม
องศาการปรับเอน	180 องศา	180 องศา
ควบคุมความเร็ว	ควบคุมความเร็วไม่ได้	ควบคุมความเร็วได้
ระบบความปลอดภัย	ไม่มีเซนเซอร์	มีเซนเซอร์ควบคุม

จากการผลการทดสอบในตารางที่ 2 – 8 พบว่าเป็นไปตามความต้องการของผู้วิจัยที่ต้องการสร้างรถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติ โดยสามารถเปรียบเทียบรถเข็นที่สร้างขึ้นกับรถเข็นตามท้องตลาด [4] ได้ดังตารางที่ 9 เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบแล้ว รถเข็นที่สร้างขึ้นนี้มีจุดเด่นหลายอย่างที่ดีกว่ารถเข็นตามท้องตลาด เช่น ราคาค่อนข้างถูกคือต่างกันกับท้องตลาดประมาณ 3 เท่า รวมถึงสามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้โดยมีการทดสอบที่ชัดเจน และมีเซนเซอร์ที่คอยเตือนเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุเมื่อรถเข็นเจอสิ่งกีดขวางในระยะที่กำหนด

4. สรุปผลการทดสอบ

งานวิจัยรถเข็นผู้ป่วยอัตโนมัติเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ใช้แบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนอาศัยพลังงานกลจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 2 ลูก แต่ละลูกมีกำลัง 0.469 แรงม้า ซึ่งมอเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลความเร็วของมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยชุดขับมอเตอร์เพื่อควบคุมสวิตชิ่งของเพาเวอร์มอสเฟต โดยที่เพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์สวิตชิ่งให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การที่เพาเวอร์มอสเฟตสามารถขับกระแสได้สูงนั้นจำเป็นต้องใช้เพาเวอร์มอสเฟตหลายตัวมาขนานกันเพื่อลดการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟต ให้กระแสที่ไหลผ่านแบ่งไปที่มอสเฟตตัวอื่น ๆ เฉลี่ยกัน เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับมอสเฟต และเลือกใช้มอสเฟตที่สามารถทนกระแสสูง ๆ ได้ จากผลการทดสอบรถเข็นผู้ป่วยสามารถทำงานได้จริงตามต้องการ คือสามารถเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เดินหน้า และถอยหลังได้ ตัวรถสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 150 กิโลกรัม สามารถปรับองศาเตียงได้ถึง 180 องศา การแสดงระดับพลังงานของแบตเตอรี่แสดงที่จอ LCD และไฟแสดงสถานะ มีระบบป้องกันความปลอดภัยด้วยเซนเซอร์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ในตัวได้ และสุดท้ายรถเข็นสามารถความคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ประมาณ 3.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและพื้นที่สำหรับทดสอบการสร้างงานวิจัยชิ้นนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] นายธราพงษ์ หาญวงศ์ และคณะ, รถเข็นผู้ป่วย, วิทยานิพนธ์ปริญญา (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 2556.

[2] นายวรวุฒิ ดิษบรรจง, รถไฟฟ้ายกผ้าสำหรับโรงพยาบาล, วิทยานิพนธ์ปริญญา (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 2554.

[3] บริษัท Good car medical, จำหน่ายเตียงผู้ป่วยแบบไฟฟ้า (Online), 2541, Available: http://goodcaremedical.com.

[4] บริษัท สยามนิชชิน จำกัด, จำหน่ายรถเข็นผู้ป่วยและวีลแชร์ (Online), 2538. Available: http://www.siamnissin.com

[5] ณัฐกิจ NATTAKIT, มอเตอร์ไฟฟ้า (Online), Available: http://www.nattakit.com/.
[6] ห้างหุ้นส่วนไฮรีเสิร์ช, บอร์ดชุดควบคุม ดี.ซี.มอเตอร์ H-Bridge/Power MOSFET 80A V1.1 (Online), Available: http://www.hy.co.th/product.
[7] Kongkawee Plapol, วงจรควบคุมมอเตอร์ PWM กลับทิศการหมุน (Online), Available:http://hackcircuits.blogspot.com/2121/08/pwm.html.
[8] SumTech, บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ arduino (Online), 2534. Available: http:www.sumtech.co.th/pd_microcontroller.php.
[9] Engineo Energy Car, วงจรวัดระดับแบตเตอรี่ (Online), Available: http://edu.e.tech.ac.th.
[10] EmbeddedSpace, หลักการทำงานของโมดูลวัดระยะห่างด้วยอัลตร้าโซนิค, (Online), Available:http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=hc-sr04-ultrasonic.

สายอากาศไดโพลรูปตะขอสี่เหลี่ยมผืนผ้าย่านความถี่คู่สำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบ GSM/WLAN

Dual-Band Hook-Rectangular Shape Monopole Antenna for GSM/WLAN Application

วัชรพล นาคทอง[1*] ธัชชัย พุ่มพวง[1] กชิดิศ กกขุนทด[1] กฤษณะ นิลวิเวก[2] และ อำนวย เรืองวารี [2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[*]E-mail: watcharaphon.na@rmuti.ac.th โทรศัพท์: 044-233000 ต่อ 3140-5
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
E-mail: amnoiy.r@rmutt.ac.th โทรศัพท์: 0-2549-4620

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศไดโพลรูปตะขอสี่เหลี่ยมผืนผ้าย่านความถี่คู่สำหรับประยุกต์ใช้งานย่านระบบ GSM และ WLAN จำลองผลบนโปรแกรม CST โดยสายอากาศที่ออกแบบสร้างบนแผ่นแผ่นฟิล์มไม่ล่าร์โพลีเอสเทอร์ ที่มีค่าไดอิเล็กตริก **(ε_r)** เท่ากับ 3.2 และมีค่าความขนาน **(*h*)** เท่ากับ 0.3 mm. ซึ่งสายอากาศมีขนาดเท่ากับ 61.2 มม. x 127.4 มม. โดยมีการเพิ่มสตับปรับจูนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อช่วยเพิ่มช่วงความถี่ใช้งานและอัตราขยาย จากผลการจำลองแบบพบว่าค่าความถี่ใช้งานมีค่าเท่ากับ 24.27% (0.76 – 0.97 GHz) และ 53.77% (1.89 - 3.28 GHz) มีค่าอัตราขยาย 1.484 dBi and 4.813 dBi. โดยทิศทางการแผ่พลังงานเป็นแบบรอบทิศทาง

คำหลัก: สายอากาศไดโพล, รูปตะขอสี่เหลี่ยมผืนผ้า, ความถี่คู่, อัตราขยาย

Abstract

This research presents the design of spur-rectangular shape monopole antenna for support GSM system and WLAN application which is using CST program for simulate results. The antenna was make-up on polyester film with the dielectric constant (ε_r) = 3.2 and thickness (*h*) = 0.3 mm. The prototype antenna was the dimension of 61.2 mm. x 127.4 mm. with spur-rectangular plate at center on patch and tuning matching impedance both sides on polyester film structure for expand on frequency bandwidth and gain. The Simulation of results of the antenna have the resonance frequencies of 24.27% (0.76 – 0.97 GHz) and 53.77% (1.89 - 3.28 GHz), the gains are between 1.484 dBi and 4.813 dBi. The radiation pattern of the proposed antenna is omni-directional pattern.

Keywords: monopole antenna, Hook-shape, Dual-Band, Gain

1. บทนำ

ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless Local Area Network) ได้ถูกนิยมนำมาใช้งานทั่วโลก นำมาส่งสัญญาณในทางด้านธุรกิจหรือหน่วยงานราชการต่าง ๆ และซึ่งระบบสื่อสารนั้น ช่วยลดค่าให้จ่ายในการเดินทางลดเวลาการติดต่อสัญญาณทำให้รวดเร็วสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยเครื่องที่ใช้นั้นจะถูกนิยมติดต่อสื่อสารด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ มือถือ แท็บเล็ต และไอแพด เป็นต้น แต่ยังมีอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการติดต่อสื่อสารคือ สายอากาศสำหรับรับส่งข้อมูลสื่อสารไร้สาย [1-3] จึงมีการพัฒนาโครงสร้างสายอากาศกันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะนิยมปรับจูนโครงสร้างเพื่อทำให้ตอบสนองช่วงความถี่ตาม GSM (0.9 GHz) DCS (1.72-1.88 GHz) PCS (1.85 - 1.99 GHz) IMT- 2000 (1.92 - 2.17 GHz)

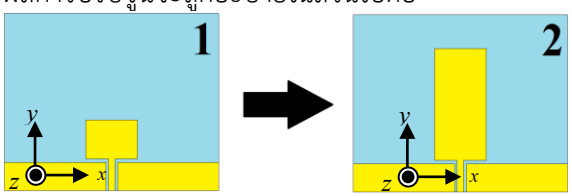
และ Wireless Fidelity (WiFi) IEEE 802.11 2.4 GHz (2.4 - 2.48 GHz) เป็นต้น

จากการที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ผู้วิจัยสนใจศึกษาใช้โครงสร้างสายอากาศโมโนโพล ที่มีรูปแบบที่ปรับจูนง่ายโดยใช้เทคนิคการเพิ่มสตับ [4-7] และมีฐานรองวัสดุแผ่นฟิล์มไม่ล่าร์โพลีเอสเทอร์ เพื่อสามารถประกอบร่วมกับเครื่องมือสื่อสารความถี่สูงที่มีขนาดบางน้ำหนักเบา โดยโครงสร้างสายอากาศจะจำลองบนโปรแกรม CST เพื่อหาค่าเพิ่มอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ใช้งานและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของตัวสายอากาศต้นแบบ โดยจะอธิบายในเนื้อของงานวิจัยต่อไป

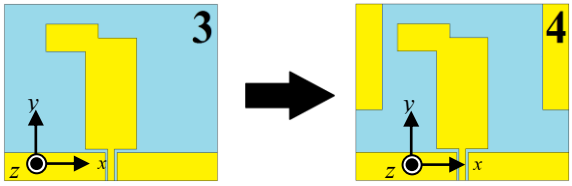
2. การออกแบบและการจำลองแบบสายอากาศ

2.1 การออกแบบโครงสร้างของสายอากาศ

การออกแบบโครงสร้างสายอากาศโมโนโพลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าพื้นฐาน ดังรูปที่ 1(ก) เลือกใช้โลหะทองแดงที่มีค่าความนำของวัสดุตัวนำทองแดง $\sigma = 5.8\times10^{7}$ S/m และค่าความหนาของแผ่นทองแดง t = 0.01 มม. ซึ่งการออกแบบสายอากาศที่ความถี่ f = 2.45 GHz ในส่วนของฐานรองเลือกใช้วัสดุแผ่นฟิล์มไม่ล่าร์โพลีเอสเทอร์ [7-9] ที่มีคุณสมบัติของค่าไดอิเล็กตริก ε_r = 3.2 ความหนาของวัสดุตัวนำ h = 0.3 มม. โดยโครงสร้างสายอากาศจะมีขั้นตอนการปรับจูนหลักโดยการเพิ่มสตับ 2 ส่วนคือ ที่ด้านบนสายอากาศและด้านข้างของสายอากาศดังรูปที่ 1 เพื่อเพิ่มช่วงความถี่ใช้งานและเพิ่มอัตราขยายให้กับสายอากาศ และในส่วนของการอธิบายผลการปรับจูนจะถูกอธิบายในส่วนไปต่อ



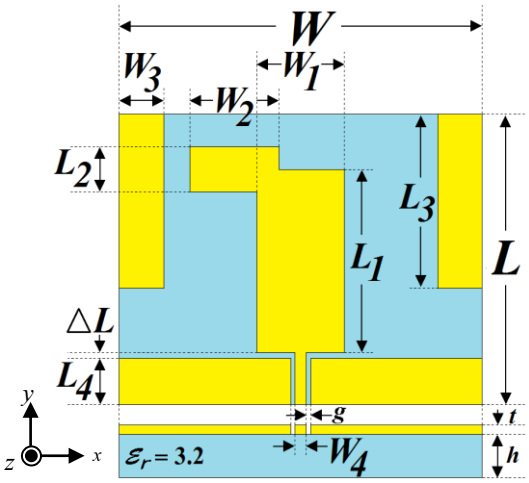
(ก) สายอากาศโมโนโพลต้นแบบ (ข) การปรับจูนความยาวสายอากาศ



(ค) การเพิ่มสตับที่ตัวสายอากาศ (ง) การเพิ่มสตับที่ตัวระนาบกราวด์

รูปที่ 1 การปรับจูนโครงสร้างสายอากาศ

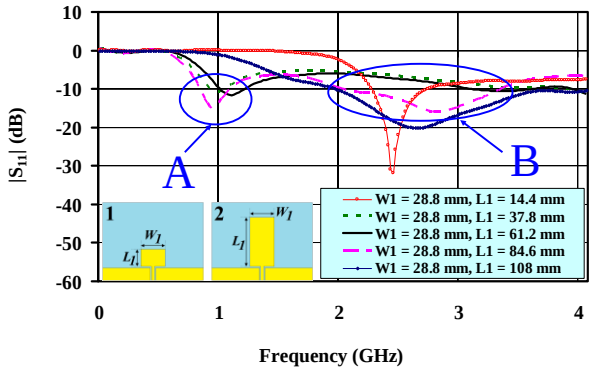
จากการแสดงขั้นตอนการปรับจูนโครงสร้างสายอากาศจนได้สายอากาศต้นแบบ มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการปรับจูนได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด คือ ความกว้าง W = 127.425 มม., W_1 = 28.8 มม., W_2 = 61.2 มม., W_3 = 15.3 มม. W_4 = 3.825 มม. และความยาว L = 100 มม.



รูปที่ 2 โครงสร้างสายอากาศต้นแบบ

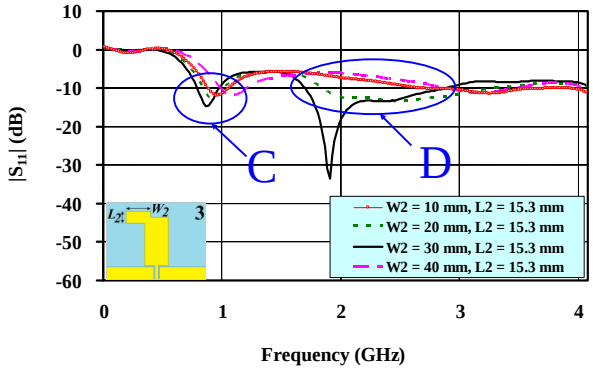
2.2 การจำลองแบบสายอากาศ

โดยการออกแบบโครงสร้างสายอากาศมีขั้นตอนปรับจูนโครงสร้าง 3 ส่วนดั้งนี้ ส่วนที่หนึ่งทำการปรับเพิ่มขนาดของความยาวสายอากาศ ดังรูปที่ 1(ข) โดยค่าพารามิเตอร์ที่ทำการปรับคือ W_1 และ L_1 พบว่าเมื่อปรับค่าความกว้าง W_1 = 28.8 มม. และค่าความยาว L_1 ตั้งแต่ 14.4, 37.8, 61.2, 84.6 และ 108 มม. พบว่าได้ความถี่กว้าง 61.2 มม. ส่งผลให้ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับต่ำกว่า -10 dB มากขึ้น ที่ช่วงความถี่ 850MHz และช่วงความถี่ 2.45GHz ในจุดที่ A และ B รูปที่ 3 โดยมีแบนด์วิดท์กว้างใช้งานอยู่ที่ความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำมีค่าเท่ากับ 20.68% (0.91 - 1.12 GHz) และความถี่เรโซแนนซ์ช่วงสูงมีค่าเท่ากับ 45.18% (2.09 - 3.31 GHz) แต่ยังไม่ตอบสนองตามที่ต้องการ



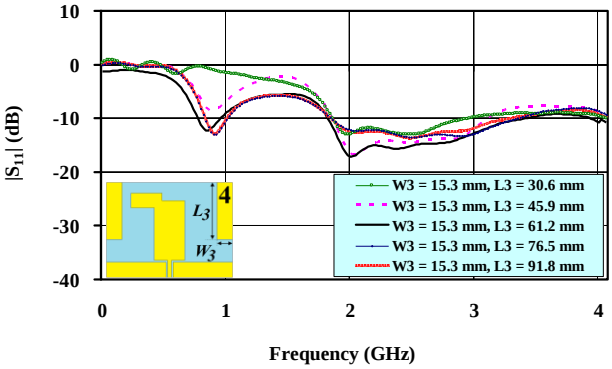
รูปที่ 3 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB) เมื่อปรับ W_1 และ L_1

ส่วนที่สองทำการเพิ่มสตับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ตัวด้านบนสายอากาศเพื่อเพิ่มความยาวให้กับสายอากาศดังรูปที่ 1 (ค) ทำให้ตอบ สนองช่วงความถี่ 850 MHz ดีมากยิ่งขึ้น โดยค่าพารามิเตอร์ที่ทำการปรับคือ W_2 และ L_2 พบว่าเมื่อปรับค่าความกว้าง W_2 ตั้งแต่ 10, 20, 30 และ 40 มม. และค่าความยาว L_2 = 15.3 มม. พบว่าได้ความถี่กว้าง 30 มม. ส่งผลให้ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับต่ำกว่า -10 dB มากขึ้น ที่ช่วงความถี่ 850MHz และช่วงความถี่ 2.45GHz จุดที่ C และ D รูปที่ 5 โดยมีแบนด์วิดท์ใช้งานอยู่ที่ความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำมีค่าเท่ากับ 25.28% (0.76 - 0.98GHz) และความถี่เรแนนซ์ช่วงสูงมีค่าเท่ากับ 48.98 (1.68 - 2.77GHz) ตามที่ต้องการ



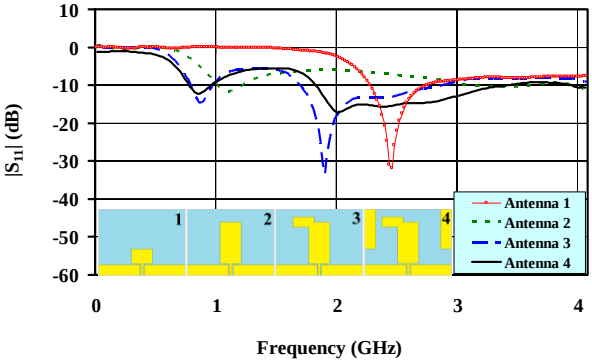
รูปที่ 4 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB)เมื่อปรับ W_2 และ L_2

ส่วนที่สามทำการเพิ่มสตับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเข้าที่ด้าน ข้างของสายอากาศบนแผ่นฟิล์มดังรูปที่ 1(ง) เพื่อนำมาเพิ่มอัตราการขยายให้กับช่วงความถี่ใช้งานในระบบมือถือและระบบ WiFi โดยค่าพารามิเตอร์ที่ทำการปรับคือ W_3 และ L_3 พบว่าเมื่อปรับค่าความกว้าง W_3 ตั้งแต่ 30.6, 45.9, 61.2, 76.5 และ 91.8 มม. พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดคือ ค่าความกว้าง 61.2 มม. และค่าความยาว L_3 = 15.3 มม. ช่วงทำให้ตอบสนองช่วงความถี่ใช้งาน โดยที่ช่วงความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำมีค่าเท่ากับ 24.27% (0.76 - 0.97GHz) และช่วงความถี่เรโซแนนซ์ช่วงสูงมีค่าเท่ากับ 53.77% (1.89 - 3.28GHz) ตามที่ต้องการ



รูปที่ 5 ผลการจำลองแบบค่า $|S_{11}|$(dB)เมื่อปรับ W_3 และ L_3

จากการปรับจูนโครงสร้างสายอากาศที่ผ่านมานำโครงสร้างเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นช่วงความถี่ใช้งานชัดเจนมากยิ่งดังรูปที่ 6 และตารางที่ 1

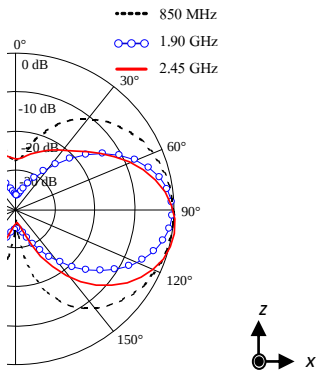


รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่า $|S_{11}|$(dB) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างสายอากาศทั้ง 3 ขั้นตอน

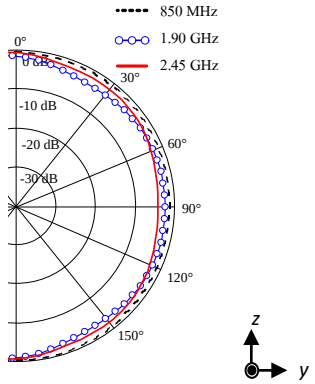
ตารางที่ 1 ผลการจำลองคุณสมบัติของสายอากาศต้นแบบ

Frequency (GHz)	VSWR	Gain ไม่มีสตับ	Gain มีสตับ	Z_{in} (Ω)
0.85	1.79:1	1.487 dBi	2.136 dBi	29.69 +j20.38
0.9	1.83:1	1.482 dBi	2.650 dBi	48.31 +j28.56
1.8	1.71:1	2.148 dBi	4.467 dBi	45.82 +j18.13
1.9	1.65:1	2.493 dBi	4.947 dBi	42.91 +j12.83
2.45	1.57:1	2.926 dBi	5.026 dBi	59.04 –j18.38

ส่วนสุดท้ายทำการวัดแบบรูปการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern) ของสายอากาศสร้างจริงและนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองแบบโดยจะทำการวัดที่ความถี่ 850MHz, 1.9 GHz และ 2.45 GHz พบว่าสายอากาศมีการแผ่พลังงาน ในรูปแบบสนามไฟฟ้า (E-plane) ระนาบ x-z ดังรูปที่ 7 และรูป แบบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ระนาบ y-z ดังรูปที่ 8 โดยมีลักษณะการแผ่พลังงานที่ช่วงความถี่ต่ำ 850MHz ช่วงความถี่กลาง 1.9 GHz มีรูปแบบรอบทิศทาง และที่ช่วงความถี่สูง 2.45GHz มีรูปแบบสองทิศทาง เนื่องจากโครงสร้างสายอากาศตอบสนองตอบช่วงความถี่ต่ำและช่วงความถี่กลางได้ดีกว่าช่วงความถี่สูง



รูปที่ 7 แบบรูปการแผ่พลังงานระนาบสนามไฟฟ้าที่ความถี่ 850MHz, 1.9 GHz และ 2.45 GHz



รูปที่ 8 แบบรูปการแผ่พลังงานระนาบสนามแม่เหล็กที่ความถี่ 850MHz, 1.9 GHz และ 2.45 GHz

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ การปรับจูนโครงสร้างสายอากาศโมโนโพลออกแบบเริ่มต้นที่ความถี่ 2.45GHz ร่วมกับการปรับเพิ่มสตับเพื่อเพิ่มช่วงความถี่ใช้งานมือถือและระบบ WiFi 2.45GHz และการเพิ่ม Gain ให้กับสายอากาศ โดยมีแบนด์วิดท์กว้างใช้งานอยู่ที่ความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำมีค่าเท่ากับ 24.27%(0.76 - 0.97GHz) และความถี่ เรโซแนนซ์ช่วงสูงมีค่าเท่ากับ 53.77%(1.89 - 3.28GHz) ซึ่งจากการปรับเพิ่มสตับดังกล่าวช่วยให้สายอากาศทำช่วงความถี่ตาม GSM (0.9 GHz) DCS (1.72-1.88 GHz) PCS (1.85 - 1.99 GHz) IMT- 2000 (1.92 - 2.17 GHz)และ Wireless Fidelity (WiFi) IEEE 802.11 2.4 GHz (2.4 - 2.48 GHz) และด้าน Gain เพิ่ม 51% จากการปรับเพิ่มรูปตัวไอทั้งสองด้าน สายอากาศมีโดยมีลักษณะการแผ่พลังงานแบบสองทิศทาง (Bidirectional) และโครงสร้างสายอากาศที่ได้นำเสนอนั้นมีข้อดีคือ โครงสร้างสายอากาศไม่ซับซ้อนและมีจุดปรับจูนน้อยจาก

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้งานด้านโปรแกรม CST

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kunturkar G. S. and Zade P. L., (2015). Design of Fork-shaped Multiband Monopole antenna using defected ground structure. *Communications and Signal Processing (ICCSP), 2015 International Conference on,* pp. 0281 - 0285, 2-4 April 2015.

[2] Sakulchat S. and Ruengwaree A., (2008). Dual Band Microstrip Antenna with Triangular Tuning Stubfor WLAN Applications. *International Symposium on Antennas Propagation and EM Theory (ISAPE), China,* 2008, pp. 546-549.

[3] ปิยดนัย บุญไมตรี, วัชรพล นาคทอง, อภิญญา อินทร์นอก และ อำนวย เรืองวารี (2559). สายอากาศวงแหวนที่มีการป้อนสัญญาณด้วยโพรบรูปวงกลมสำหรับการประยุกต์ใช้งานการสื่อสารแบบไร้สาย, *การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 39 (EECON-39), เพชรบุรี, ประเทศไทย,* 2-4 พฤศจิกายน 2559.

[4] Boonmaitree P., Naktong W., Kornsing S. and Ruengwaree A. (2016). Rectangular Slot Antenna with Bobbin Shaped Stub Tuning for Wireless CommunicationApplication. *13th International Conference on Electrical Engineering Electronics, Compute Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2016),* Chiang Mai, Thailand, 28 june – 1 July 2016.

[5] Chanramard S., Naktong W., Thongbor P. and Ruengwaree A., (2017). The Structure Tuning of Plugs-Shaped Monopole Antenna for Wireless Communication Applications. *International Symposium on Antennas Propagation (ISAP 2017), Phuket, Thailand,* 30 October – 2 November 2017.

[6] Kornsing S., Innok A., Naktong W. and Ruengwaree A., (2017). The Ring Antenna with Circular Probe Feeding for MIMO Systems. *International Symposium on Antennas Propagation (ISAP 2017), Phuket, Thailand,* 30 October – 2 November 2017.

[7] Naktong W., Ruengwaree A. and Kaewchan B. (2017) Development of Top-Shaped Planar monopole antenna on Polyester film material for wireless network. *Proceedings of the 9th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017),* pp. 447-450, 2-4 May 2017.

[8] Kai S., Takahashi M. (2016). Investigation of the Film Antenna for Wireless Power Transmission to the Capsular Endoscope. *Antennas and Propagation (ISAP), 2016 International Symposium on* , 24-28 Octamber 2011.

[9] Rammal M., Huitema, L., Crunteanu, A., Passerieux D., Cros D., Monediere T., Madrangeas V., Dutheil P., Champeaux C., Dumas-Bouchiat F., Marchet P., L., Trupina L., Banciu G. and Cernea M. (2016). BST thin film capacitors integrated within a frequency tunable antenna. *Antenna Technology (iWAT), 2016 International Workshop on* 29 Feb.-2 March 2016

การศึกษาและพัฒนาระบบการกักเก็บพลังงานจากคลื่นความถี่

The System of Energy Harvesting from Frequency

วัชรพล นาคทอง[1*] ธัชชัย พุ่มพวง[1] เมธาวัฒน์ กัลยา[1] สาริน จันระมาด และ อำนวย เรืองวารี [2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
*ผู้ติดต่อ: oachi525@gamil.com, 044-233000 ต่อ 3140, 086-8698253

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้การออกแบบเพื่อกักเก็บพลังงานจากความถี่วิทยุ ความถี่ทีวีดิจิตอล และความถี่สัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สาย ผู้วิจัยเลือกใช้พลังงานด้านความถี่มาประยุกค์ใช้ เพราะพลังงานความถี่เป็นสิ่งที่ใช้ในชีวิตประจำวัน แต่กลับถูกมองข้าม ทั้งนี้ทางผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะนำพลังงานแฝงที่อยู่ในรูปแบบของความถี่กลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง โดยใช้สายอากาศเฮลิกซ์ สายอากาศโมโนโพล และสายอากาศไมโครสตริป ใช้สายอากาศทั้งสามตัวต่อเข้ากับวงจรแปลงกระแสร่วมกับวงจรทวีแรงดันและนำกระแสไฟฟ้าเข้าวงจรชาร์จเพื่อเพิ่มอัตราขยายแรงดันที่ละตัว ผลการวัดค่าของสายอากาศเฮลิกซ์ (93.75 MHz to 104.87 MHz) เท่ากับ 95.55 mV สายอากาศโมโนโพล (585.94 MHz ถึง 758.61 MHz) เท่ากับ 91.42 mV และสายอากาศไมโครสตริป (2.4532 GHz ถึง 3 GHz) เท่ากับ 85.63 mV

คำหลัก: กักเก็บพลังงาน, สายอากาศเฮลิกซ์, สายอากาศโมโนโพล, สายอากาศไมโครสตริป, วงระแปลงพลังงาน

Abstract

This research proposes about energy harvesting from radio station, tv digital base station and Wireless Internet Access systems. Researcher chose the frequency energy because it is used in everyday, but it is not interested. Researchers are aware about the possibility of reusing latent energy by using the Helix antenna the Monopole antenna and micro-strip antenna to connected the converter circuit with the dual voltage circuits to bring electricity into the charging circuit and increase the high voltage. The measurement of the Helix antenna (93.75 MHz to 104.87 MHz) is 95.55 mV, the monopole antenna (585.94 MHz to 758.61 MHz) is 91.42mV, and the micro-strip antenna (2.4532 GHz to 3 GHz) is 85.63 mV.

Keywords: Energy harvesting, Helix antenna, Monopole antenna, Micro-strip antenna, Converter circuit

1. บทนำ

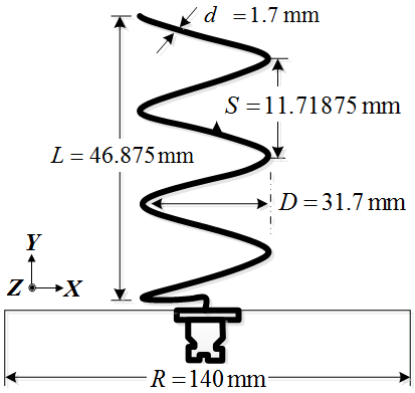
พลังงานไฟฟ้ากระแสต่ำมีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากเทคโนโลยีในประเทศไทยเข้าสู่ยุค 4.0 คือเป็นการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายเป็นส่วนมาก จึงมีผู้วิจัยคิดค้นแปลงพลังงานจากคลื่นความถี่ที่อยู่ในอากาศไม่ว่าจะเป็นคลื่นความถี่วิทยุ คลื่นความถี่ TV Digital หรือระบบ WiFi [1-3] ซึ่งดังกล่าวพัฒนาเป็นเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ มีใช้งานในปัจจุบัน เช่น ไอโฟน ไอแพด ไอแพดมินิ กำลังพัฒนาให้สามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย เพื่อสะดวกในการใช้งานทุกพื้นที่ที่ต้องการ หรือจะเป็นไฟฉุกเฉิน ตามสถานที่ต่าง ๆ และระบบที่ใช้แผ่น RFID ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสต่ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านระยะทางหรืออัตราขยายในการตรวจจับ RFID ให้กว้างไกลมากยิ่งขึ้น จากข้อดีในการนำพลังงานคลื่นความถี่มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสต่ำที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้สนใจพัฒนาศึกษาโครงสร้างสายอากาศแบบ เฮลิกซ์ สายอากาศโมโนโพลระนาบร่วมและสายอากาศ ไมโครสตริป [4-6] ใช้งานร่วมกับการระบบแปลงพลังงานจากคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency) ทั้ง 3 ระบบคือระบบ FM ระบบ TV

Digital ระบบ WiFi ในการออกแบบโครงสร้างสายอากาศและระบบแปลงพลังงานไฟฟ้าจะอธิบายในส่วนต่อไป

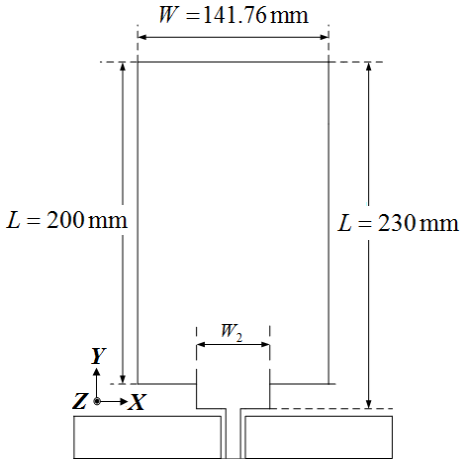
2. การออกแบบและการจำลองแบบสายอากาศ

2.1 โครงสร้างของสายอากาศ

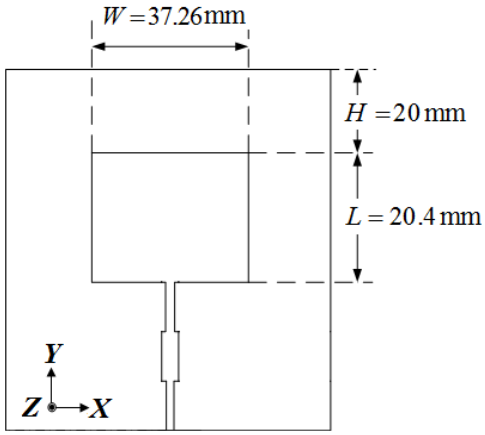
โครงสร้างของสายอากาศทั้ง 3 รูปแบบคือ สายอากาศแบบเฮลิกซ์จะออกแบบที่ความถี่ 97.5 MHz โดยสร้างด้วยเส้นทองแดง ถูกสร้างมาใช้งานในระบบ FM ดังรูปที่ 1(ก) สายอากาศโมโนโพลระนาบร่วมจะออกแบบที่ความถี่ 650 MHz โดยสร้างโลหะทองแดงที่มีค่าความนำของวัสดุตัวนำทองแดง σ = 5.8x10^7 S/m และค่าความหนาของวัสดุฐานรอง t = 0.01 มม. ในส่วนของฐานรองเลือกใช้วัสดุแผ่นฟิล์มไม่ล่าร์โพลีเอสเทอร์ ที่มีคุณสมบัติของค่าไดอิเล็กตริก ε_r = 3.2 ความหนาของวัสดุตัวนำ h = 0.3 มม. ถูกสร้างมาใช้งานในระบบ TV Digital ดังรูปที่ 1(ข) และสายอากาศไมโครสริปจะออกแบบที่ความถี่ 2.45 GHz โดยสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ FR4 มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) เท่ากับ 4.3 ค่าความหนาของแผ่นทองแดง t = 0.017 มม. ค่าความหนาของวัสดุฐานรอง h = 0.764 มม. ถูกสร้างมาใช้งานในระบบ WiFi ดังรูปที่ 1(ค)



(ก) สายอากาศแบบเฮลิกซ์

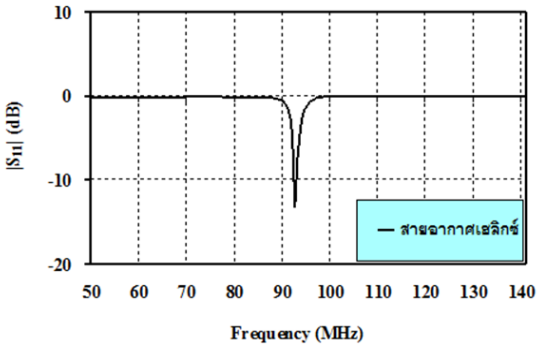


(ข) สายอากาศโมโนโพลระนาบร่วม

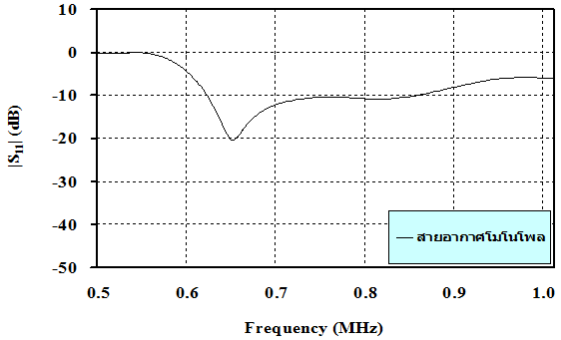


(ค) สายอากาศไมโครสตริป

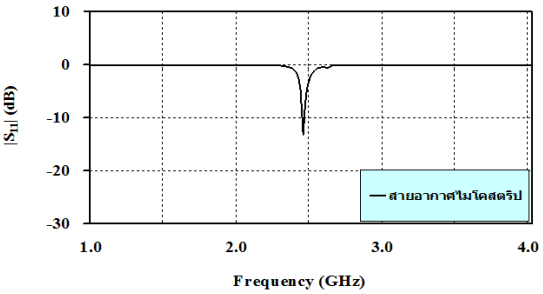
รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศทั้ง 3 แบบ



(ก) ผลการจำลอง $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศแบบเฮลิกซ์ใช้งานในระบบ FM



(ข) ผลการจำลอง $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศโมโนโพลใช้งานในระบบ TV Digital



(ค) ผลการจำลอง $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศไมโครสตริปใช้งานในระบบ WiFi

รูปที่ 2 ผลการจำลอง $|S_{11}|$ (dB) สายอากาศทั้ง 3 แบบ

3. การสร้างสายอากาศต้นแบบและการวัดทดสอบ

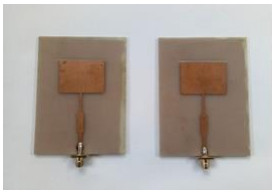
การวัดผลเพื่อที่หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศทั้ง 3 แบบ ใช้เครื่องมือในการทดสอบ คือ เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า รุ่น E5071c ดังรูปที่ 3วัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ และนำสายอากาศมาสร้างจริงดังรูปที่ 4 ซึ่งจะการวัดผลจริงพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับมีแนวโน้นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบเฮลิกซ์ 92.55-96.11 MHz ค่าของสายอากาศโมโนโพล 589.21-932.14 MHz และค่าของสายอากาศไมโครสตริป 2.33-2.56 GHz ในรูปที่ 5 - 7 ตามลำดับ



รูปที่ 3 เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย

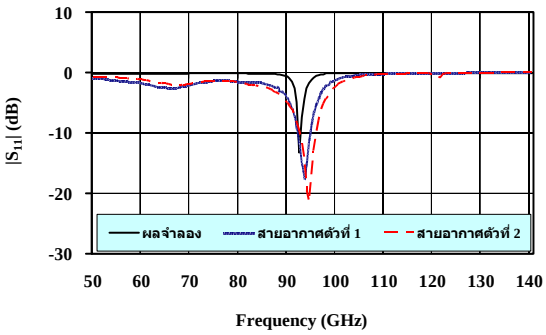


(ก) สายอากาศแบบเฮลิกซ์ (ข) สายอากาศโมโนโพล

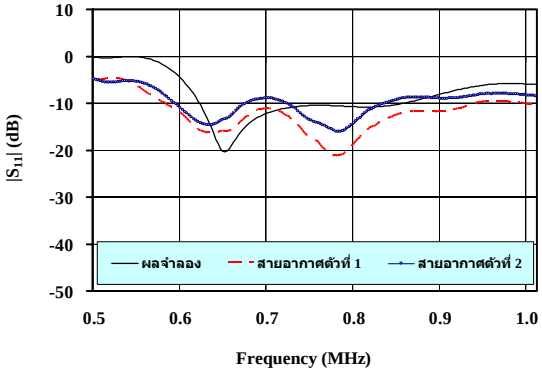


(ข) สายอากาศ WiFi

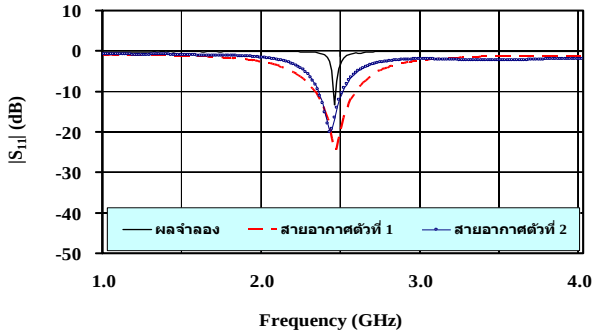
รูปที่ 4 สายอากาศไมโครสตริป



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบผลการวัดและการจำลองผลของค่า $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศแบบเฮลิกซ์



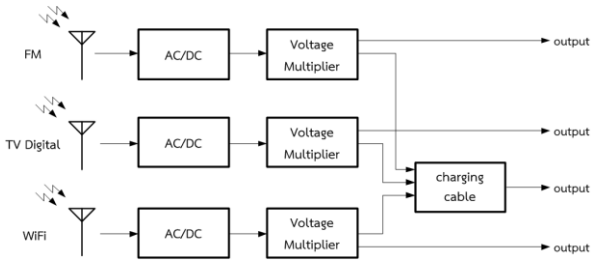
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลการวัดและการจำลองผลของค่า $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศโมโนโพล



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบผลการวัดและการจำลองผลของค่า $|S_{11}|$ (dB) ของสายอากาศไมโครสตริป

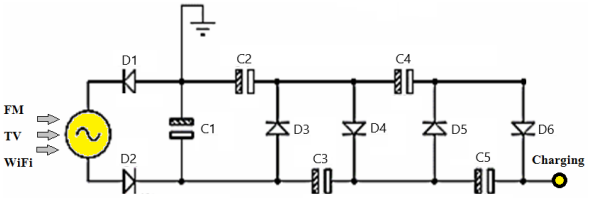
4. การแปลงพลังงาน

การแปลงพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากระบบส่งสัญญาณไร้สายจะเลือกย่านความถี่ 3 ระบบคือ ระบบวิทยุ 98-108MHz ระบบทีวีดิจิตอล 510-790MHz และระบบ WiFi 2.40-2.48GHz โดยนำสายอากาศที่สร้างจริงมาต่อร่วมกับระบบแปลงพลังงาน ดังบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 8 โดยระบบจะรับคลื่นสัญญาณเข้ามายังภาควงจรแปลงเป็นกระแส ไฟฟ้าตรง ซึ่งจากการทดลองค่าแรงดันที่วัดได้มีวัดที่สายอากาศวิทยุ ที่ระยะห่าง 2 กิโลเมตร ค่าเฉลี่ย 95.55 mV สายอากาศ TV วัดที่ระยะห่าง 5 กิโลเมตร ได้ค่าแรงดันเฉลี่ย 91.42 mV และสายอากาศ WiFi วัดที่ระยะห่าง 1.5 เมตร ได้ค่าแรงดันเฉลี่ย 85.63 mV ตามลำดับ ดังตารางที่ 1



รูปที่ 8 บล็อกไดอะแกรมระบบการแปลง

ในส่วนของการออกแบบวงจรทวีแรงดันทำหน้าที่วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง [7-9] โดยเลือกใช้ไดโอดเป็นตัวแปลงร่วมกับการเก็บประจุด้วยคาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุจนได้แรงดันที่จ่ายเข้ามาผ่านวงจรชาร์จไฟ เพื่อไว้ในแบตเตอรี่ ดังรูป 9



(ก) การจำลองวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้าพื้นฐาน



(ข) วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงสร้างจริง

รูปที่ 9 วงจรทวีแรงดัน

ตารางที่ 1 ผลการวัดแรงดันทั้ง 3 ระบบ

ครั้งที่	FM	TV	WiFi
	V (mV)	V (mV)	V (mV)
1	96.10	92.23	86.22
2	95.62	91.70	85.71
3	95.41	91.54	85.62
4	95.10	91.13	85.54
5	94.81	91.12	85.31
6	96.01	91.12	85.12
7	96.12	91.24	86.21
8	96.41	91.42	85.21
9	94.50	91.32	85.67
10	95.47	91.41	85.69
เฉลี่ย	95.55	91.42	85.63

5. สรุปผลการวิจัย

จากการนำสายอากาศทั้ง 3 ระบบ คือสายอากาศแบบเฮลิกซ์สำหรับใช้งานระบบวิทยุ สายอากาศแบบโมโนโพลระนาบร่วมสำหรับใช้งานระบบ TV และสายอากาศแบบไมโครสตริปสำหรับใช้งานระบบ WiFi นำไปสร้างจริง จากการวัดพบว่าสายอากาศมีช่วงความถี่ตอบสนองตาม มาตรฐานในช่วงความถี่วิทยุ 98-108MHz ในช่วงความถี่ทีวีดิจิตอล 510-790MHz และในช่วง

ความถี่ WiFi 2.40-2.48GHz และนำสายอากาศมาต่อร่วมกับระบบแปลงพลังงานวัดผลการทดลอง 10 ครั้ง สถานที่ในการทดลอง จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีค่าแรงดันเฉลี่ย 95.55 mV กระแสไฟฟ้า 8.20uA สายอากาศ TV ได้ ค่าแรงดันเฉลี่ย 91.42 mV กระแสไฟฟ้า 5.37uA และ สายอากาศ WiFi ได้ ค่าแรงดันเฉลี่ย 85.63 mV กระแสไฟฟ้า 2.28uA ตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้งานด้านโปรแกรม CST และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Javier B., Ferran B., Ana C. and Apostolos G. (2015). RF-energy harvesting and wireless power transfer efficiency from digitally modulated signals. *IEEE 15th Mediterranean Microwave Symposium (MMS), Lecce Italy,* 30 November -9 December 2015, pp. 1-4.

[2] Daniel B. L., Syed A. R.Zaidi, D. M. and Mounir G. (2016). Improving Radio Energy Harvesting in Robots Using Mobility Diversity. *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 64(8), April 2016, pp. 2065 - 2077.

[3] คมกฤช บุญยิ่ง, พชิชานันท์ วงศ์ศิริธร และ ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณชิย์ (2560). การศึกษาทดลองสายอากาศจัดเรียงกระแสโพลาไรซ์คู่สำหรับการส่งผ่านกำพลังงานไร้สาย 2.45 GHz. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (EENET-9), จันทบุรี,* 2-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2560.

[4] Balanis, C. A. (1997). Antenna Theory, *John Wiley & Sons, Inc.,* 1997.

[5] Naktong W., Fhafhiem N., Innok A. and Ruengwaree A. (2016). Study of Rectanna using Directive Antenna at Frequency of 2.45 GHz. *10th South East Asian Technical Uuiversity Consortium (SEATUC) Symposium,at Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan.* 22-24 February 2016, pp. 1-4.

[6] วัชรพล นาคทอง, ปิยดนัย บุญไมตรี, นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม และ อำนวย เรืองวารี (2560). *การศึกษาโครงสร้างสายอากาศแบบเจาะจงทิศทางร่วมกับแผ่นอภิวัสดุที่ความถี่ใช้งาน 2.45 GHz*, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (EENET-9), จันทบุรี, 2-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2560.

[7] วัชรพล นาคทอง, ปิยดนัย บุญไมตรี, เอกจิต คุ้มวงศ์ และ รุ่งเพชร ก่องนอก (2556). การศึกษาการประยุกต์ใช้สายอากาศยากิแบบแถวลำดับเพื่อดักเก็บพลังงานไฟฟ้าในสามย่านความถี่. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 4, ขอนแก่น,* 10 กันยายน 2556, หน้า 12.

[8] Naktong W., Fhafhiem N., Innok A.and Ruengwaree A. (2016). Study of Recteana using Dirctive Antenna at Frequency of 2.45 GHz" *10th South East Asian Technical Uuiversity Consortium (SEATUC) Symposium, at Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan.* 22-24 February 2016, pp. 1-4.

[9] นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม, วัชรพล นาคทอง, สำราญ สันทาลุนัย, อเนก เอกจำนง และ อำนวย เรืองวารี (2559). การประยุกต์ใช้สายอากาศช่องเปิดที่มีเซาะร่องรูปตัวแอลสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานต่ำ, *ประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 7 7th Engineering, Science, Technology and Architecture Conference 2016 (ESTA-CON 2016), นครราชสีมา, ไทย,* 25-26 กรกฎาคม 2559.

การศึกษาและออกแบบสายอากาศวงแหวนสองทิศทางแถบความถี่กว้างยิ่ง กระตุ้นด้วยโพรบพื้นผิววงรีซุปเปอร์ โดยใช้ MoM-RWG

A Study and Design of an Ultra-Broadband Bidirectional Ring Antenna Excited by a Superellipse Surface Probe using MoM-RWG

เอกจิต คุ้มวงศ์[1,*] และ ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
*ผู้ติดต่อ: ekajit.kh@rmuti.ac.th, 044-233000 ต่อ 3140, 3144

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศแถบความถี่กว้างยิ่งอย่างง่ายที่มีแบบรูปการแพร่คลื่นเป็นสองทิศทาง ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญเพียงสองส่วน ได้แก่ วงแหวนรูปวงรี และโพรบพื้นผิววงรีซุปเปอร์ สายอากาศที่นำเสนอนี้ครอบคลุมย่านความถี่ที่รู้จักกันดี เช่น GSM, UMTS, LTE, WLAN, WiMAX และ UWB เป็นต้น ในการศึกษาและออกแบบได้ประยุกต์ใช้วิธีโมเมนต์พร้อมด้วยฟังก์ชันฐานแบบ RWG ในการจำลองแบบเชิงเลข จากผลการจำลองแบบพบว่า ได้แถบความถี่กว้างยิ่งประมาณ 9.05 GHz (1.75 - 10.8 GHz) มีแบบรูปการแพร่คลื่นเป็นชนิดสองทิศทางตามต้องการโดยมีค่าอัตราขยายเฉลี่ยในระดับที่สามารถนำไปใช้ได้ประมาณ 7.5 dBi สายอากาศนี้มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ มีโครงสร้างง่ายสำหรับกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนต่ำ มีแถบความถี่กว้างยิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้แบบสองทิศทาง และครอบคลุมหลากหลายมาตรฐานย่านความถี่ ซึ่งเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจมากที่สุดสำหรับเส้นทางการสื่อสารที่มีลักษณะตามแนวยาวและแคบ

คำหลัก: สายอากาศสองทิศทาง, แถบความถี่กว้างยิ่ง, โพรบพื้นผิววงรีซุปเปอร์, วิธีโมเมนต์

Abstract

This article presents the study and design of a simple ultra-broadband antenna with bidirectional radiation patterns, which consists of only two key elements: an elliptical ring and a superellipse surface probe. The proposed antenna covers many well-known frequency bands such as GSM, UMTS, LTE, WLAN, WiMAX and UWB. In the study and design, the method of moments (MoM) with RWG basis function was utilized to perform numerical simulations. From the simulation results, the ultra-broadband of approximately 9.05 GHz (1.75 - 10.8 GHz) was achieved. The radiation patterns are of bidirectional type as required with the applicable average gain of around 7.5 dBi. The proposed antenna has the advantages of simple structure for low-complexity manufacturing process, ultra-broadband for bidirectional applications and covering various frequency-band standards, which is one of the most interesting candidates for long and narrow communication paths.

Keywords: Bidirectional antenna, Ultra-broadband, Superellipse surface probe, Method of moments

1. บทนำ

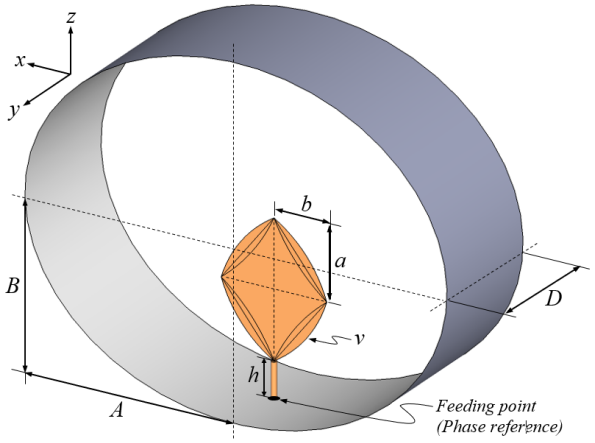
สายอากาศแบบสองทิศทางเป็นตัวเลือกหนึ่งที่เหมาะสมที่สุดเพื่อตอบสนองความต้องการสำหรับการประยุกต์ใช้งานในบริเวณการสื่อสารไร้สายที่มีลักษณะเป็นทางยาวและแคบ จนถึงปัจจุบันมีการนำเสนอโครงสร้างสายอากาศหลากหลายรูปแบบที่ให้แบบรูปการแพร่คลื่นเป็นสองทิศทาง เช่น โครงสร้างรูปวงแหวนที่เป็นส่วนตัดของท่อนำคลื่นที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม [1] รูปวงรี [2] และรูปสี่เหลี่ยม [3]-[4] ซึ่งสามารถนำไปใช้และครอบคลุมย่านความถี่ GSM/UMTS [1]-[3] และแบบสองย่านความถี่ WLAN 2.4/5GHz [4] เป็นต้น อีกทั้งมีโครงสร้างรูปแบบอื่นที่พบได้ในปัจจุบันสำหรับกรณีแถบความถี่กว้างและกว้างยิ่งดังในงานวิจัยตัวอย่าง [5]-[7]

วิธีโมเมนต์ (The method of moments, MoM) เป็นเทคนิคในโดเมนความถี่ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการคำนวณเชิงเลขในทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ในปัญหาที่เกี่ยวกับการแพร่กระจายและการกระเจิงของคลื่น เป็นต้น ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาระเบียบวิธีนี้มาแล้วหลายสิบปี [8] รวมถึงการนำเสนอบทความทบทวนเกี่ยวกับพัฒนาการอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน [9] ข้อดีที่สำคัญของวิธีการนี้ คือ การใช้ทรัพยากรทางการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะรูปแบบของปัญหาที่มีพื้นผิวในการคำนวณน้อย (เช่น มีพื้นผิวตัวนำเป็นส่วนน้อย) เมื่อเทียบกับปริมาตรทั้งหมดที่เป็นอวกาศว่างที่ไม่ต้องการทรัพยากรในการคำนวณ และถือว่าวิธีนี้มีกระบวนการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนมากนัก

ในบทความนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศสองทิศทางที่มีโครงสร้างหลักเป็นรูปวงแหวนวงรีและกระตุ้นด้วยโพรบพื้นผิวรูปวงรีซุปเปอร์ โดยสายอากาศที่นำเสนอมีแบนด์วิดธ์เกินกว่าย่านความถี่กว้างยิ่ง (UWB) ธรรมดา กล่าวคือสามารถครอบคลุมย่านความถี่ GSM (1800/1900 MHz) UMTS (2100 MHz) LTE (2300/2500 MHz) IEEE 802.11b/g/n (WLAN 2.4/5 GHz) IEEE 802.16 (WiMAX 2.3/2.5/5.8 GHz) และ UWB (3.1-10.6 GHz) ได้พร้อมกัน และยิ่งกว่านั้นมันเป็นโครงสร้างสายอากาศที่ค่อนข้างง่ายเนื่องจากมีส่วนประกอบหลักเพียงสองส่วนเท่านั้น ในส่วนของการศึกษาและออกแบบจะใช้เทคนิควิธีโมเมนต์ร่วมกับฟังก์ชันฐานแบบ RWG ในการจำลองแบบเชิงเลข

2. โครงสร้างของสายอากาศ

สายอากาศที่จะออกแบบมีโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยโลหะวงแหวนรูปวงรีมีความยาวครึ่งแกนหลักและรองเป็น A และ B ตามลำดับ และกว้าง D ส่วนโพรบพื้นผิวเป็นโลหะที่มีเส้นขอบเป็นรูปวงรีซุปเปอร์ (Superellipse) หรือเส้นโค้ง Lamé มีความยาวครึ่งแกนหลักและรองเป็น a และ b ตามลำดับ พร้อมด้วยพารามิเตอร์ v ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะความโค้งของเส้นขอบ และที่ด้านล่างของโพรบพื้นผิวเชื่อมต่อกับโพรบเชิงเส้นที่มีความสูง h ซึ่งมีด้านล่างติดอยู่กับวงแหวนเพื่อทำการจำลองจุดป้อนสัญญาณ ในการจำลองแบบทั้งหมดจะสมมติว่าโลหะบางมากและเป็นตัวนำสมบูรณ์



รูปที่ 1 โครงสร้างหลักของสายอากาศที่นำเสนอ

เราสามารถอธิบายวงรีซุปเปอร์ด้วยสมการเส้นโค้งได้ดังนี้

$$\left(\frac{x}{b}\right)^{v}+\left(\frac{z}{a}\right)^{v}=1 \qquad (1)$$

โดยที่ v มักถูกเรียกว่าพารามิเตอร์ความเป็นสี่เหลี่ยม (Squareness) เนื่องจากถ้า v มีค่ามากขึ้นเข้าใกล้ค่าอนันต์จะทำให้จุดกึ่งกลางเส้นโค้งของทั้ง 4 ด้านยื่นออกข้างนอกจนเข้าใกล้รูปสี่เหลี่ยมในที่สุด แต่ถ้า v น้อยกว่า 1 จุดกึ่งกลางเส้นโค้งทั้ง 4 นั้นจะเว้าเข้าข้างใน ดังนั้นการแปรค่า v เพียงตัวเดียวจะได้รูปร่างเส้นโค้งที่หลากหลายมาก ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้กับการจำลองแบบเชิงเลข เช่น วิธีโมเมนต์ โดยจะสามารถโปรแกรมให้มีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของโพรบพื้นผิวได้โดยอัตโนมัติ เป็นต้น จาก (1) สามารถเขียนเป็นจุดพิกัด (x, z) บนเส้นโค้งได้

$$x = b \cdot \psi(\beta) \cdot \cos(\beta) \quad (2.1)$$

$$z = a \cdot \psi(\beta) \cdot \sin(\beta) \quad (2.2)$$

$$\psi(\beta) = \left(\left|\cos(\beta)\right|^{v} + \left|\sin(\beta)\right|^{v} \right)^{-1/v} \quad (2.3)$$

โดยที่ β เป็นมุมในช่วง 0 ถึง 2π เพื่อให้เส้นโค้งเป็นวงปิด

3. หลักพื้นฐานในการออกแบบ

3.1 หลักการของวิธีโมเมนต์ร่วมกับฟังก์ชันฐาน RWG

หลักในการสร้างสูตรคำนวณด้วยวิธีโมเมนต์จะเริ่มจากการพิจารณาสมการอินทิกรัลของสนามที่เหมาะสมกับปัญหาที่สนใจ ในที่นี้จะเลือกเป็นสมการอินทิกรัลของสนามไฟฟ้า (Electric field integral equation, EFIE) ภายใต้เงื่อนไขขอบเขตแบบเปิดเนื่องจากเป็นปัญหาเกี่ยวกับการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศออกสู่ภายนอก เมื่อแทนสมการอินทิกรัลที่ต่อเนื่องนี้ด้วยค่าประมาณเป็นจุด ๆ ที่ไม่ต่อเนื่อง (Discretized) ด้วยหลักการของวิธีโมเมนต์ร่วมกับฟังก์ชันฐาน RWG (Rao-Wilton-Glisson) ดังรายละเอียดใน [8] ทำให้สามารถประมาณค่าความหนาแน่นกระแสบนพื้นผิวตัวนำของสายอากาศได้ดังนี้

$$\bar{J} \cong \sum_{n=1}^{N} \bar{I}_n \cdot \bar{f}_n(\bar{r}) \quad (3)$$

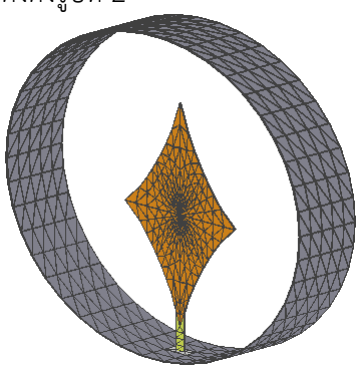
โดยที่ J คือ ความหนาแน่นกระแสเชิงผิว I_n คือ สัมประสิทธิ์การกระจายของความหนาแน่นกระแส f_n คือ ฟังก์ชันฐานแบบ RWG เมื่อโครงสร้างของสายอากาศถูกประมาณโดยการเปลี่ยนเป็นชิ้นส่วนสามเหลี่ยม (Triangulation) ร่วมกับสมการ EFIE และสมการ (3) จะสามารถประมาณค่าของกระแส J ได้ และสามารถหาคุณสมบัติอื่น ๆ ของสายอากาศต่อไปได้ ซึ่งมีรายละเอียดและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ นำเสนอไว้ใน [8]

ต่อไปจะนำเสนอตัวอย่างหลักในการเปลี่ยนโครงสร้างสายอากาศให้เป็นชิ้นส่วนสามเหลี่ยมด้วยวิธีแบ่งชิ้นส่วนที่แปรค่าพารามิเตอร์แบบคงที่จากสมการทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากสายอากาศมีส่วนประกอบที่อธิบายได้แน่นอนในรูปแบบของสมการ เช่น รูปวงรีซุปเปอร์ของโพรบพื้นผิว จาก (2) เขียนให้เป็นจุดที่ไม่ต่อเนื่องได้

$$x_k = b_j \cdot \psi(\beta_i) \cdot \cos(\beta_i) \quad (4.1)$$

$$z_k = a_j \cdot \psi(\beta_i) \cdot \sin(\beta_i) \quad (4.2)$$

ซึ่ง $\beta_i = i\Delta\beta$ แทนมุมที่ไม่ต่อเนื่องบนเส้นโค้งวงรีซุปเปอร์ โดยที่ i = 0, 1, 2, ..., $N\beta$ และ $\Delta\beta = 2\pi/N\beta$ ในทิศทางตามแนวรัศมีจะถูกแบ่งเป็นชั้น ๆ ของ $a_j = j\Delta a$ และ $b_j = j\Delta b$ โดยที่ j = 0, 1, 2, ..., N_r, $\Delta a = a/N_r$ และ $\Delta b = b/N_r$ ดังนั้นการประมาณบนรูปร่างของโพรบพื้นผิวจะใช้จุด (x_k, z_k) จาก (4.1) และ (4.2) ในการระบุตำแหน่งจุดยอดของชิ้นส่วนสามเหลี่ยม ในกรณีของโครงสร้างวงแหวนก็อาศัยหลักการเดียวกันนี้แต่ใช้สมการวงรีธรรมดา ตัวอย่างการประมาณโครงสร้างสายอากาศด้วยชิ้นส่วนสามเหลี่ยม เมื่อ v = 0.8 และ a = 1.5b แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างการประมาณโครงสร้างสายอากาศ

3.2 การหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของสายอากาศ

ในการจำลองแบบโครงสร้างที่มีพารามิเตอร์หลายตัวนั้นโดยปกติจะใช้เวลามาก ดังนั้นจึงต้องอาศัยการกำหนดค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมเพื่อให้ผลการออกแบบลู่เข้าสู่ผลลัพธ์ที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว ต่อไปนี้จะใช้หลักการทางทฤษฎีเพื่อออกแบบค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมขององค์ประกอบหลักทั้ง 2 ส่วน ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

การออกแบบเบื้องต้นสำหรับวงแหวนรูปวงรีนั้นจะใช้การประมาณเทียบเคียงกับกรณีวงแหวนรูปวงกลมซึ่งมีสมการในทางทฤษฎีสำหรับออกแบบท่อนำคลื่นหน้าตัดรูปวงกลมอยู่แล้ว แต่จะมีสัมประสิทธิ์ตัวคูณการเลื่อนของความถี่ตัด ($K_{A/B}$) เพื่อชดเชยผลกระทบจากรูปวงรี ดังนี้

$$f_{c\,(TE\,11)} \cong K_{A/B} \frac{1.8412(3\times10^{8})}{2\pi A} \quad (5)$$

โดยที่ $f_{c\,(TE\,11)}$ คือความถี่ตัดของท่อนำคลื่นหน้าตัดวงกลมในโหมดเป็นใหญ่ (TE_{11}) และ A คือ ความยาวครึ่งแกนหลักของวงแหวนรูปวงรี โดยปกติแล้วกรณีที่กระตุ้นด้วยโพรบเชิงเส้น พบว่าถ้าอัตราส่วนแกนของวงรี A/B มีค่า

มากกว่า 1 จะได้ค่า $K_{A/B}$ มีค่าน้อยกว่า 1 เพื่อชดเชยผลการเลื่อนของความถี่ตัดเมื่อหน้าตัดเป็นรูปวงรี

ส่วนกรณีโพรบพื้นผิวรูปวงรีซุปเปอร์นั้น ในที่นี้จะเลือกใช้การประมาณเบื้องต้นอย่างง่าย โดยอาศัยความสัมพันธ์ของความยาวทางไฟฟ้ากับความยาวทางกายภาพ ได้ดังนี้

$$2a+b+h \cong K_p \lambda/4 \qquad (6)$$

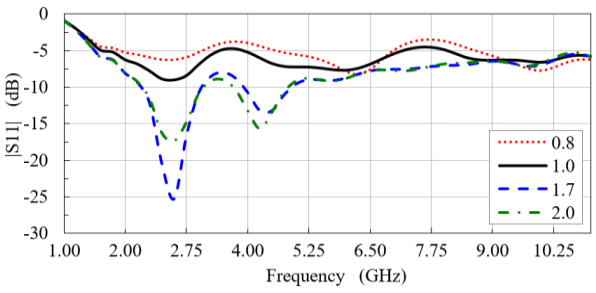
ซึ่ง λ คือความยาวคลื่นของความถี่ที่ต้องการออกแบบ จากการประเมินโดยการจำลองแบบของโพรบลักษณะนี้พบว่าตัวคูณ K_p ควรมีค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 5.3a/b

จากสมการ (5) เมื่อเลือกความถี่ด้านต่ำที่จะใช้งานเป็น 1.8 GHz (ประมาณย่าน GSM) โดยจะเลือกใช้ค่าความถี่ตัดของวงแหวน $f_{c\,(TE\,11)}$ เป็นค่านี้ และใช้ $K_{A/B}$ = 0.8 และ A/B = 1.2 จะได้ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับตัววงแหวนเป็น A = 3.9 cm และ B = 3.3 cm โดยเลือกใช้ค่า D = 3 cm และจาก (6) เมื่อกำหนดให้ h เริ่มต้นจากค่าน้อย ๆ เช่น 0.25 cm ให้ a/b = 1.1 และเลือกความถี่กึ่งกลางของย่านที่จะใช้ประมาณ 6.2 GHz จะได้ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับตัวโพรบพื้นผิวเป็น a = 2.28 cm และ b = 1.9 cm

4. การศึกษาค่าพารามิเตอร์และผลการออกแบบ

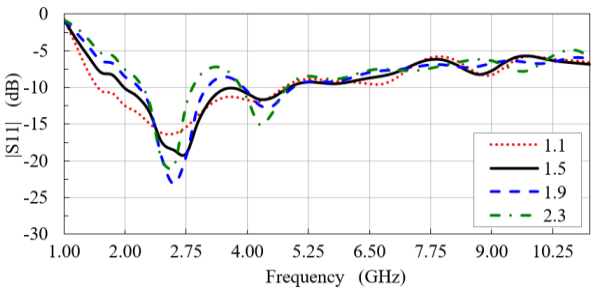
เมื่อทำการจำลองแบบโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น โดยพิจารณาผลของค่า $|S_{11}|$ ซึ่งแสดงถึงการแมตช์อิมพีแดนซ์ของสายอากาศเทียบกับโหลด 50Ω และพิจารณาความเป็นไปได้ของแบด์วิดธ์ที่เหมาะสม

ในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นกรณีการแปรค่า v ซึ่งทำให้เกิดโพรบพื้นผิวที่มีรูปร่างแตกต่างกัน จากผลเบื้องต้นพบว่ากรณีที่ $v \cong 1.7$ ให้แนวโน้มของค่า $|S_{11}|$ ดีและเหมาะสมกับวงแหวนรูปวงรีในโครงสร้างนี้

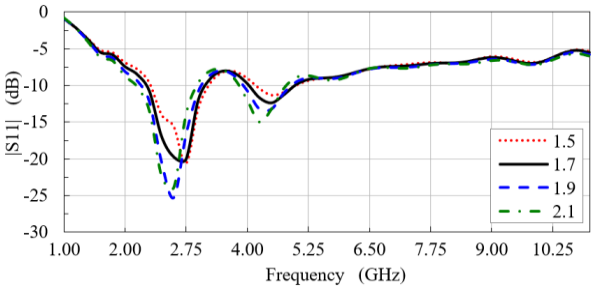


รูปที่ 3 การแปรค่าพารามิเตอร์ v

ต่อไปเป็นการแปรค่าความสูง a และความกว้าง b ของโพรบพื้นผิว โดยเลือกรูปร่างเป็น v = 1.7 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ สังเกตได้ว่าจุดที่อิมพีแดนซ์แมตช์ดีที่สุดอยู่ที่ a และ b ประมาณ 1.9

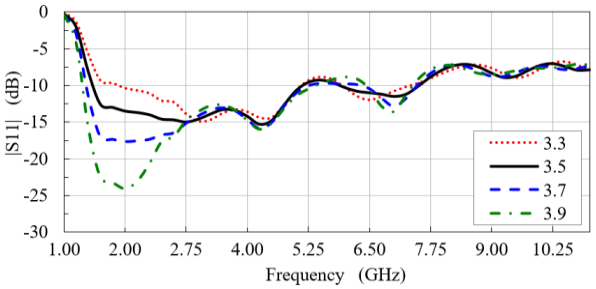


รูปที่ 4 การแปรค่าพารามิเตอร์ a

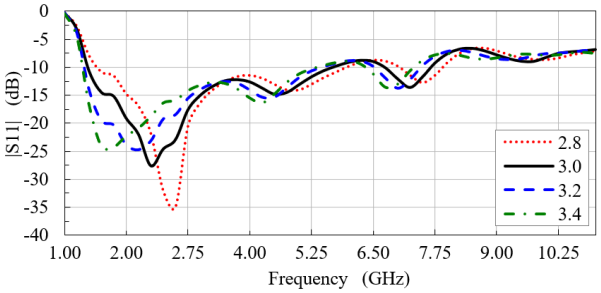


รูปที่ 5 การแปรค่าพารามิเตอร์ b

ในลำดับถัดไปจะแปรค่าความกว้าง A และความสูง B ของวงแหวนรูปวงรี ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 6 และ 7



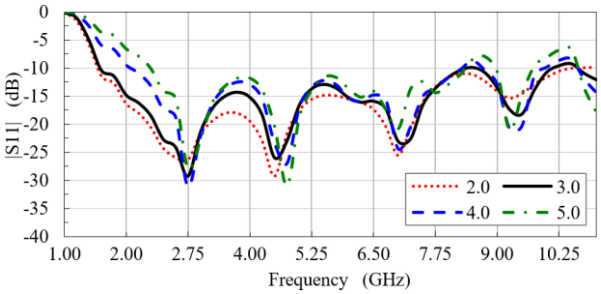
รูปที่ 6 การแปรค่าพารามิเตอร์ A



รูปที่ 7 การแปรค่าพารามิเตอร์ B

โดยในรูปที่ 6 และ 7 นั้น ยังคงใช้ค่า *a* และ *b* เป็นค่าเดิม (จากค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น) เมื่อพิจารณาผลพบว่าค่าที่เหมาะสมโดยประมาณ คือ $A \cong 3.7$ และ $B \cong 3.2$

เมื่อทำการจำลองแบบในรอบต่อไป จะสามารถปรับความกว้างของวงแหวน (*D*) เพื่อพิจารณาค่าที่เหมาะสมได้ดังรูปที่ 8 โดยในรอบนี้ได้ใช้ค่าประมาณที่เหมาะสมของ *a, b, A* และ *B* ล่าสุด จากการจำลองก่อนหน้านี้

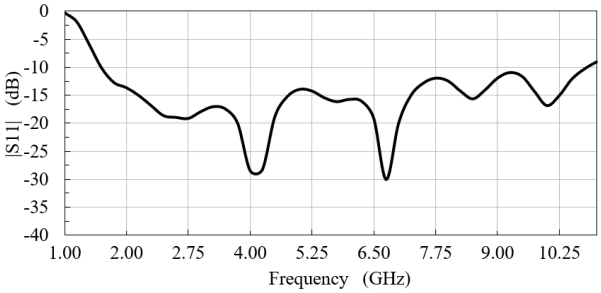


รูปที่ 8 การแปรค่าพารามิเตอร์ *D* (ใช้ *a, b, A, B* ล่าสุด)

เมื่อทำการจำลองแบบในรอบสุดท้าย โดยการปรับ จูนอย่างละเอียดในทุก ๆ ค่าพารามิเตอร์ โดยเฉพาะที่จุดป้อนสัญญาณ (*h*) จะได้การแมตช์ของอิมพีแดนซ์ในภาพรวมที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งได้ผลการออกแบบค่าพารามิเตอร์ดีที่สุดของสายอากาศที่นำเสนอนี้ สรุปได้ดังตารางที่ 1 และผลของค่า $|S_{11}|$ ที่ดีที่สุดแสดงดังรูปที่ 9

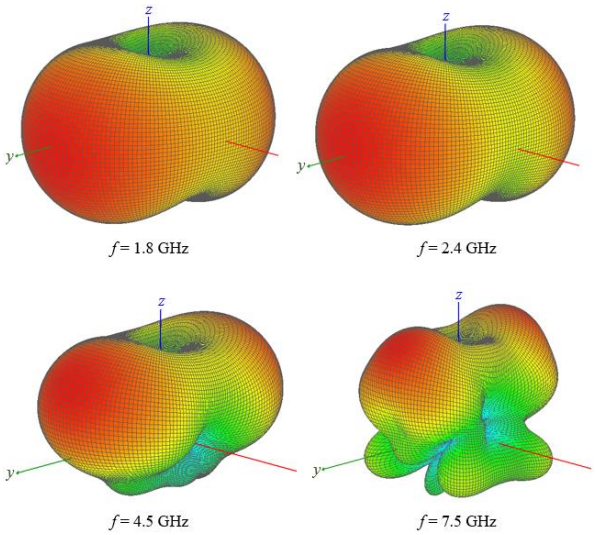
ตารางที่ 1 ผลการออกแบบค่าพารามิเตอร์ (หน่วย: cm)

พารามิเตอร์	ค่า	พารามิเตอร์	ค่า
A	3.72	*b*	1.8
B	3.21	*v*	1.75
D	2.5	*h*	0.2
a	1.9		



รูปที่ 9 ผลของค่า $|S_{11}|$ ที่ดีที่สุด

ตัวอย่างลักษณะของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศที่บางความถี่ แสดงดังรูปที่ 10 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่ามีลักษณะเป็น 2 ทิศทางตามต้องการ และมีอัตราขยายเฉลี่ย (ที่ความถี่ 1.8 GHz และในช่วง 2.0 – 10.5 GHz โดยใช้ความละเอียดขั้นละ 0.5 GHz) จากการคำนวณได้ค่าเฉลี่ยประมาณ 7.5 dBi โดยสมมติว่าโครงสร้างโลหะทั้งหมดไม่มีการสูญเสียจากค่าความนำ



รูปที่ 10 ตัวอย่างของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

5. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศแถบความถี่กว้างยิ่งอย่างง่าย ที่มีแบบรูปการแพร่คลื่นเป็นสองทิศทาง โดยได้ประยุกต์ใช้วิธีโมเมนต์พร้อมด้วยฟังก์ชันฐานแบบ RWG ในการจำลองแบบเชิงเลข โครงสร้างสายอากาศประกอบด้วย 2 ชิ้นส่วนที่สำคัญ ได้แก่ วงแหวนรูปวงรี และโพรบพื้นผิววงรีซุปเปอร์ จากผลการจำลองแบบพบว่า ได้แถบความถี่กว้างยิ่งประมาณ 9.05 GHz (1.75 - 10.8 GHz) ครอบคลุมย่านความถี่หลากหลายมาตรฐาน เช่น GSM, UMTS, LTE, WLAN, WiMAX และ UWB เป็นต้น และมีแบบรูปการแพร่คลื่นเป็นชนิดสองทิศทางตามต้องการ มีค่าอัตราขยายเฉลี่ยประมาณ 7.5 dBi สายอากาศที่นำเสนอนี้มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ มีโครงสร้างที่ง่ายสำหรับกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนต่ำ มีแถบความถี่กว้างยิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้แบบสองทิศทางและครอบคลุมหลากหลายมาตรฐานย่านความถี่ ซึ่งเป็น

ตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจมากสำหรับประยุกต์ใช้งานในเส้นทางการสื่อสารที่มีลักษณะแคบและเป็นทางยาว

6. เอกสารอ้างอิง

[1] S. Kosulvit et al (2001). A simple and cost-effective bidirectional antenna using a probe excited circular ring, *IEICE Trans. on Electronics*, Vol.E84-C, No. 4, pp. 443-450.

[2] K. Chawanonphithak et al (2007). Characteristics of an elliptical ring antenna excited by a linear electric probe, *Inter. Jour. of Electronics*, Vol. 94, No. 10, pp. 973-984.

[3] S. Lamultree et al (2009). Analysis of radiation characteristics of a probeexcited rectangular ring antenna by the dyadic Green's function approach, *PIER B*, Vol. 11, pp. 79-101.

[4] E. Khoomwong, A. Innok, and C. Phongcharoenpanich (2016). Bidirectional ring antenna fed by a superellipse surface probe for 2.4/5GHz WLAN applications, paper presented in 2016 *13th International Conference ECTI-CON*, Chiang Mai, Thailand.

[5] H. Liu et al (2014). A Multi-Broadband Planar Antenna for GSM/UMTS/LTE and WLAN/WiMAX Handsets, *IEEE Trans. Antenn. Propag.*, Vol. 62, No. 5, pp. 2856-2860.

[6] M. Geethananda, Z. C. Alex and K. Shambavi (2015). Design of planar multiring monopole antenna for UWB applications, paper presented in *2015 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS)*, Coimbatore, India.

[7] P. Moeikham, N. Chudpooti and P. Akkaraekthalin (2016). A printed UWB antenna using embedded slits for 3.5/5.5 GHz band notching, paper presented in *2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)*, Okinawa, Japan.

[8] S. M. Rao, D. R. Wilton, and A. W. Glisson (1982). Electromagnetic scattering by surfaces of arbitrary shape, *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, Vol. 30, pp. 409-418.

[9] C. Delgado, E. Garcia, J. Moreno, I. Gonzalez, and F. Catedra (2015). An overview of the evolution of method of moments techniques in modern EM simulators, *Progress in Electromagnetic Research*, vol. 150, pp. 109–121.

การใช้โปรแกรมแมตแล็บในการจำลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบโอเอฟดีเอ็ม

Using MATAB in Simulation to Study the Operation of OFDM System

เสกสรรค์ พลศรี*, เอกจิต คุ้มวงศ์, วัชรพล นาคทอง และ ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนนสุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: seksan@rmuti.ac.th, 044-233000 ต่อ 3140, 3144

บทคัดย่อ

ระบบการส่งสัญญาณมัลติเพล็กซ์แบ่งแถบความถี่และสเปกตรัมตั้งฉาก (OFDM) ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการกับผลกระทบของการรับสัญญาณสะท้อนแบบหลายเส้นทางโดยการแบ่งช่องสัญญาณจางหายเลือกความถี่แถบกว้างไปสู่ช่องสัญญาณย่อยแบบแบนราบขนาดแคบหลายช่องสัญญาณ ระบบนี้สามารถส่งผ่านข้อมูลด้วยอัตราความเร็วสูงบนช่องสัญญาณสื่อสารไร้สายในรูปแบบการส่งแบบขนานโดยอาศัยหลายคลื่นพาหะ ซิมโบลของ OFDM ที่อยู่ในลำดับติดๆ กันจะถูกแยกออกจากกันด้วยการ์ดแบนด์เพื่อหลีกเลี่ยงการแทรกสอดระหว่างซิมโบล (ISI) อันเนื่องจากการแพร่กระจายสัญญาณสะท้อนแบบหลายเส้นทาง ระบบ OFDM ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในแวดวงระบบสื่อสารแบบมีสายและไร้สายซึ่งเห็นได้จากการเลือกใช้หลักการของ OFDM ในการประยุกต์ใช้ในการสื่อสารไร้สายในปัจจุบันเช่น การกระจายภาพและเสียงแบบดิจิตอล เครือข่ายการสื่อสารเฉพาะที่แบบไร้สาย WLAN มาตรฐาน IEEE 802.11a และ 802.16 รวมทั้ง LTE บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบเครื่องส่งและเครื่องรับในระบบโอเอฟดีเอ็มและทำการจำลองโดยใช้โปรแกรมแมตแล็บ

คำหลัก: ระบบโอเอฟดีเอ็ม, หลายคลื่นพาหะ, การแทรกสอดระหว่างซิมโบล, แพร่กระจายสัญญาณแบบหลายเส้นทาง

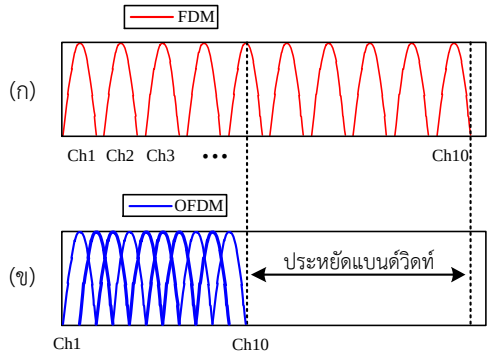
Abstract

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) system is principally created to cope with the effect of multipath reception by mean of dividing the wideband frequency selective fading channel into several narrow flat sub-channels. This system can transmit data with high speed rate on wireless channel in parallel transmitting form through multicarrier. The consecutive OFDM symbols are isolated by guard band to circumvent inter symbol interference (ISI) owing to multipath propagation. The OFDM system has rapidly developed and become widely popular in the area of wired and wireless communication systems. This is manifested by selection of such a technique in current wireless applications like digital audio/video broadcasting, WLAN IEEE 802.11a and 802.16, as well as LTE. This paper introduces the design of OFDM system transmitter and receiver using MATLAB simulation.

Keywords: OFDM system, multicarrier, inter symbol interference, multipath propagatio

1. บทนำ

การส่งสัญญาณมัลติเพล็กซ์แบ่งแถบความถี่และสเปกตรัมตั้งฉาก (OFDM) เป็นรูปแบบเฉพาะของการมอดูเลชันหลายคลื่นพาหะซึ่งเหมาะสำหรับการส่งกระจายไปทั่วช่องสัญญาณ ในที่นี้คลื่นพาหะต่างๆ จะตั้งฉากซึ่งกันและกันอีกทั้งยังเป็นอิสระต่อกันอย่างสิ้นเชิง ระบบ OFDM ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในแวดวงระบบสื่อสารแบบมีสายและไร้สายซึ่งเห็นได้จากการเลือกใช้หลักการของ OFDM เช่น เครือข่ายการสื่อสารเฉพาะที่แบบไร้สาย WLAN มาตรฐาน IEEE 802.11a และ 802.16 รวมทั้ง LTE [1] ระบบ OFDM เป็นระบบการมอดูเลชันแถบความถี่กว้างที่ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการกับปัญหาของการรับสัญญาณสะท้อนแบบหลายเส้นทาง [2] โดยพื้นฐานแล้วช่องสัญญาณจางหายเลือกความถี่แถบกว้างจะถูกแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณย่อยแถบความถี่แคบหลายช่องสัญญาณ ถ้าจำนวนของช่องสัญญาณย่อยมีมากพอก็สามารถพิจารณาแต่ละช่องสัญญาณย่อยเป็นแบบแบนราบได้เพราะว่าเราส่งสัญญาณดิจิตอลแถบความถี่แคบหลายสัญญาณซ้อนทับกันในแบบขนานภายในหนึ่งแถบความถี่กว้าง



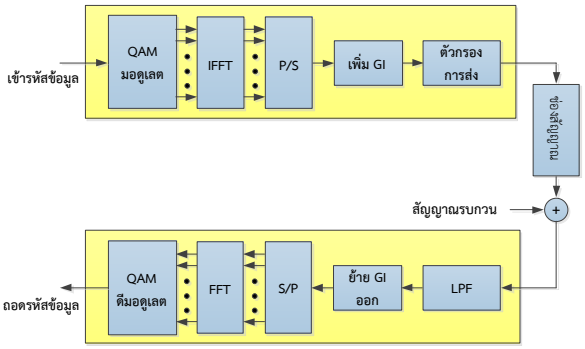
รูปที่ 1 (ก) สเปกตรัมของ FDM แสดงให้เห็นการ์ดแบนด์ (ข) สเปกตรัมของ OFDM แสดงให้เห็นการซ้อนทับกันของคลื่นพาหะย่อย

การเพิ่มจำนวนของช่องสัญญาณส่งแบบขนานจะลดอัตราข้อมูลที่แต่ละคลื่นพาหะต้องขนส่งและจะเพิ่มขนาดความยาวช่วงของซิมโบล เพราะฉะนั้นช่วงเวลาหน่วงของคลื่นสะท้อนจะถูกจำกัดภายในช่วงเวลาหนึ่งซิมโบล รูปที่ 1 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของการส่งสัญญาณมัลติเพล็กซ์แบ่งความถี่ (FDM) และการส่งสัญญาณมัลติเพล็กซ์แบ่งแถบความถี่และสเปกตรัมตั้งฉาก (OFDM)

การพัฒนาของระบบ OFDM สามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วน เริ่มจากการมัลติเพล็กซ์แบ่งความถี่ ตามด้วยการสื่อสารหลายคลื่นพาหะ และพัฒนาไปสู่การมัลติเพล็กซ์แบ่งแถบความถี่และสเปกตรัมตั้งฉากหรือ OFDM [3] การมัลติเพล็กซ์แบ่งความถี่เป็นรูปแบบของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดช่องสัญญาณหรือช่วงความถี่ที่ไม่ซ้อนทับกันให้กับสัญญาณต่างๆ หรือให้กับผู้ใช้แต่ละช่องสัญญาณ โดยที่ช่องว่างหรือการ์ดแบนด์ที่เหลือไว้ระหว่างแต่ละช่องสัญญาณเหล่านี้ก็เพื่อรับรองว่าสัญญาณของช่องสัญญาณหนึ่งจะไม่ซ้อนทับกับอีกสัญญาณที่มาจากช่องสัญญาณที่อยู่ติดกัน การสื่อสารหลายคลื่นพาหะเกี่ยวข้องกับการแบ่งแยกของสัญญาณเพื่อที่จะยอมให้หลายๆ สัญญาณข้ามผ่านไปที่ช่วงความถี่นั้น สัญญาณเหล่านี้จะถูกมอดูเลตเฉพาะในแต่ละสัญญาณและถูกส่งไปตลอดช่องสัญญาณ ที่ปลายทางเครื่องรับนั้นสัญญาณเหล่านี้จะถูกป้อนเข้าไปสู่ตัวดีมัลติเพล็กซ์โดยที่แต่ละสัญญาณจะถูกดีมอดูเลตปรับคลื่นสัญญาณและรวมกันอีกครั้งเพื่อที่จะได้สัญญาณเดิม

2. การประยุกต์ใช้ระบบโอเอฟดีเอ็ม

ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2 เราต้องประยุกต์ใช้ระบบ OFDM ดังบล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของโอเอฟดีเอ็ม

2.1 การมอดูเลต

การมอดูเลตเป็นเทคนิคในการแปลงคลื่นสัญญาณเพื่อจะส่งมันข้ามช่องสัญญาณสื่อสารเพื่อที่จะลดผลกระทบของสัญญาณรบกวนให้ได้ต่ำสุด เทคนิคนี้ถูกกระทำเพื่อที่จะรับรองว่าข้อมูลที่รับมาสามารถถูกดีมอดูเลตเพื่อที่จะนำข้อมูลเดิมกลับคืนมา ข่าวสารอัตราข้อมูล

สูงในระบบโอเอฟดีเอ็มจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มข้อมูลเล็กๆ ซึ่งวางตั้งฉากซึ่งกันและกัน สิ่งนี้ได้มาโดยการทำมอดูเลตข้อมูลด้วยเทคนิคการมอดูเลตที่ต้องการเช่น การมอดูเลตควอเดรเจอร์-แอมพลิจูด (QAM) [4] ต่อจากนั้นจะทำกระบวนการ IFFT บนสัญญาณดีมอดูเลตซึ่งจะถูกประมวลผลเพิ่มขึ้นโดยผ่านตัวแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรม (P/S) หลังจากนั้นช่วงป้องกัน (GI) จะถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อจะหลีกเลี่ยงการแทรกสอดระหว่างซิมโบล (ISI)

2.2 ช่องสัญญาณสื่อสาร

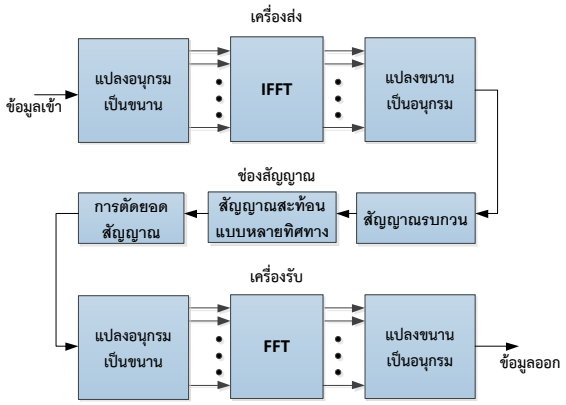
ข้อมูลจะถูกขนย้ายส่งผ่านช่องสัญญาณนี้ การมีอยู่ของสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณนี้จะส่งผลกระทบต่อสัญญาณและจะทำให้เกิดการผิดเพี้ยนกับจำนวนข้อมูลของสัญญาณ

2.3 การดีมอดูเลต

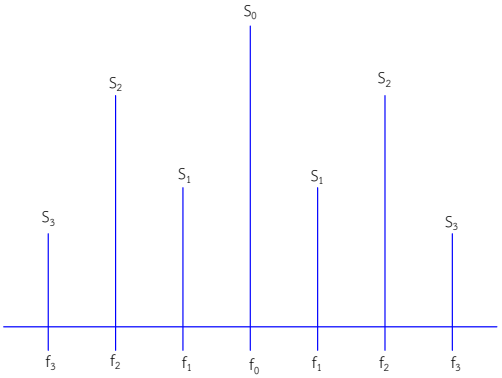
ดีมอดูเลตเป็นเทคนิคที่ข้อมูลเดิมถูกนำกลับคืนมาจากสัญญาณมอดูเลตที่รับมาจากปลายทางเครื่องรับ ในกรณีนี้ข้อมูลที่รับมาจะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF) เป็นอันดับแรก และช่วงป้องกัน (GI) จะถูกย้ายออกไป กระบวนการ FFT ของสัญญาณจะดำเนินการหลังจากสัญญาณได้ผ่านตัวแปลงข้อมูลในแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน (S/P) ตัวดีมอดูเลตถูกใช้เพื่อที่จะนำสัญญาณเดิมกลับคืนมา อัตราบิตผิดพลาด (BER) และอัตราส่วนกำลังสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) โดยการพิจารณาข้อมูลของสัญญาณที่ยังไม่ถูกมอดูเลตและข้อมูลที่ปลายทางด้านรับ

3. การจำลองระบบ

ผังงานกระบวนการจำลองระบบ OFDM แสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 บล็อกผังงานการจำลองโอเอฟดีเอ็ม



รูปที่ 4 การกระจายของซิมโบลในโดเมนความถี่

อันดับแรกตัวเครื่องส่งแปลงข้อมูลอินพุตที่ไหลในแบบอนุกรมเป็นชุดข้อมูลแบบขนานมากกว่าหนึ่งชุดข้อมูล แต่ละชุดข้อมูลบรรจุอยู่ในหนึ่งซิมโบลแสดงด้วย S_i ที่แทนในแต่ละคลื่นพาหะย่อย ตัวอย่างเช่นชุดข้อมูลสี่ชุดจะเป็น [S_0 S_1 S_2 S_3] ก่อนทำการการแปลง IFFT ชุดข้อมูลตัวอย่างนี้ถูกจัดเรียงบนแกนแนวนอนในโดเมนความถี่ดังแสดงในรูปที่ 4 การจัดเรียงแบบสมมาตรในส่วนของแกนแนวตั้งนั้นจำเป็นสำหรับการใช้ IFFT เพื่อที่จะจัดการกับข้อมูลนี้

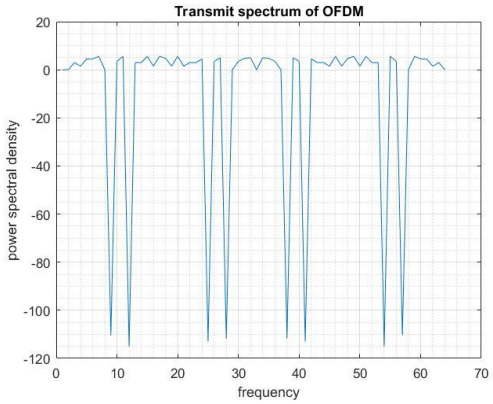
กระบวนการ IFFT แปลงชุดข้อมูลโดเมนความถี่เป็นแซมเปิลที่แสดงข้อมูลในโดเมนเวลาที่สอดคล้องกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการ IFFT เป็นประโยชน์สำหรับ OFDM เพราะว่ามันสร้างแซมเปิลของรูปคลื่นที่ประกอบด้วยองค์ประกอบความถี่ตั้งฉาก ดั้งนั้นบล็อกแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นอนุกรมก็จะสร้างสัญญาณ OFDM โดยส่งลำดับแซมเปิลเอาต์พุตออกมาในโดเมนเวลา

การจำลองระบบช่องสัญญาณจะให้การทดสอบผลกระทบของสัญญาณรบกวน สัญญาณสะท้อนแบบหลายทิศทาง และการตัดปลายสัญญาณ โดยการบวกข้อมูลการสุ่มเพิ่มเข้าไปกับสัญญาณส่ง สัญญาณรบกวนธรรมดาสามารถจำลองขึ้นมาได้อย่างง่ายๆ สัญญาณสะท้อนแบบหลายทิศทางเกี่ยวข้องกับการจำลองสัญญาณให้เหมือนกับสัญญาณส่งแต่ถูกลดทอนและหน่วงเวลาบวกเข้ากับสัญญาณต้นแบบ สถาการณ์นี้เป็นการจำลองปัญหาในการสื่อสารแบบไร้สายเมื่อสัญญาณแพร่กระจายในหลายทิศทาง ยกตัวอย่างเช่นเครื่องรับอาจจะเห็นสัญญาณโดยทางตรงเช่นเดียวกับเส้นทางที่สะท้อนออกมาจากตึก และสุดท้ายการตัดปลายสัญญาณ

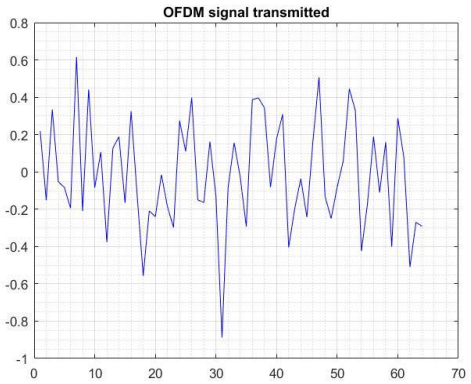
ที่จำลองปัญหาของจุดอิ่มตัวของตัวภาคขยาย สถานการณ์นี้จัดการปัญหาในการประยุกต์ใช้งานจริงใน OFDM โดยที่จุดยอดของอัตราส่วนกำลังเฉลี่ยมีค่าสูง เครื่องรับจะกระทำในสิ่งตรงกันข้ามกับเครื่องส่ง เริ่มแรกข้อมูลของ OFDM จะถูกแยกออกจากการไหลต่อเนื่องแบบลำดับเป็นชุดข้อมูลแบบขนานมากกว่าหนึ่งชุดข้อมูล กระบวนการ FFT แปลงแซมเปิลในโดเมนเวลากลับไปเป็นการแสดงในโดเมนความถี่ ขนาดขององค์ประกอบความถี่ตรงกันกับข้อมูลต้นแบบ ท้ายที่สุดแล้วบล็อกขนานเป็นอนุกรมจะแปลงข้อมูลในรูปแบบขนานไปเป็นข้อมูลไหลต่อเนื่องแบบลำดับเพื่อที่จะนำข้อมูลอินพุตเดิมกลับคืนมา

4. ผลการทดลอง

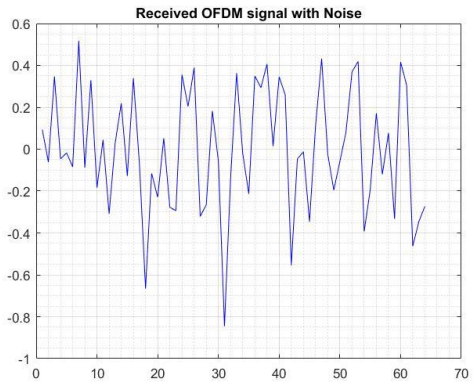
ทำการจำลองการทำงานของระบบโอเอฟดีเอ็มด้วยโปรแกรมแมตแล็บเวอร์ชัน 2015b ผลที่ได้จากการจำลองแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 5 6 7 และ 8



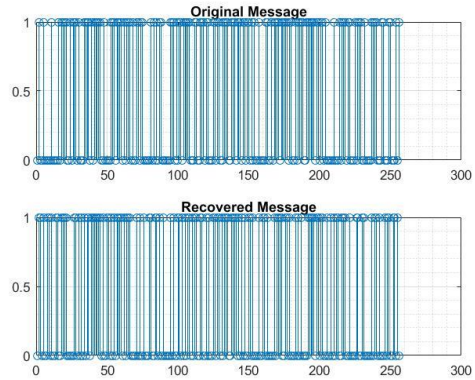
รูปที่ 5 สเปกตรัมที่ถูกส่งของโอเอฟดีเอ็ม



รูปที่ 6 สัญญาณโอเอฟดีเอ็มที่ถูกส่ง



รูปที่ 7 สัญญาณโอเอฟดีเอ็มที่ด้านรับซึ่งมีสัญญาณรบกวนปะปนอยู่



รูปที่ 8 ข่าวสารต้นฉบับและข่าวสารที่ได้กลับคืนมา

6. สรุปผล

จุดประสงค์หลักของโครงการวิจัยจะต้องประยุกต์ใช้บล็อกประมวลผลสัญญาณของระบบโอเอฟดีเอ็ม ชุดออกแบบถูกทดสอบสำหรับระบบข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้ถูกแสดงผลดังรูป ผลลัพธ์ที่ได้เข้าคู่ตรงกับผลผลที่คาดการณ์ไว้ ในโครงการวิจัยนี้ระบบโอเอฟดีเอ็มถูกจำลองขึ้นโดยใช้ 64 พาหะย่อย การจำลองนี้เป็นการประยุกต์ใช้ขึ้นพื้นฐานมากและก็มีข้อดีคือต้องการเวลาในการประมวลผลน้อยกว่าและไม่ค่อยมีความซับซ้อนมากเท่าไร การเพิ่มประสิทธิภาพของสเปกตรัมสามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนพาหะย่อย ปัญหาของอัตรากำลังค่ายอดต่อกำลังเฉลี่ยสามารถลดลงได้โดยใช้ตัวขยายกำลังซึ่งมีช่วงกว้างเชิงเส้นที่ฟรอนต์เอ็นของเครื่องส่ง วิธีอื่นๆ เช่น การตัดค่ายอดของสัญญาณ การตัดค่าสูงสุดสามารถนำมาใช้ได้ การเข้าจังหวะซิงโครไนซ์ให้เป็นจังหวะเดียวกันสามารถบรรลุผลได้โดยใช้การขยายวงรอบของโอเอฟดีเอ็ม

7. เอกสารอ้างอิง

[1]Nilesh C., Shreyas D., Prof.P.B.B. (2013). Implementation of OFDM System using IFFT and FFT. *International Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 3, Issue 10, June 2013, pp. 67 – 71.

[2]Richard V. N., Ramjee P. (2000). *OFDM for Wireless Multimedia Communications Norwood*, ISBN:0890065306, Massachusetts: Artech House.

[3]Herbert T., Donald L S., Goutam S. (2008), *Taub's Principles of Communication Systems*. ISBN: 978-0-07-064811-1, McGraw-Hill.

[4]Botaro H. (1981). An Orthogonally Multiplexed QAM System Using the Discrete Fourier Transform. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 29, Issue: 7, July 1981, pp. 982 989.

เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์

Solar Water Pump Sun Tracking Type

นิธิพัฒน์ จัตุรงค์, บัญชา สวะรัมย์, ณัฐพงศ์ นมัสศิลา, วิชัย สายคติกรณ์, รุ่งเพชร ก่องนอก,ญ ถ กิตติวุฒิ จีนนะบุตร พันธ์พงศ์ อภิชาตกุล และสุทธินันท์ ต้นโพธิ์*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง นครราชสีมา 30000
* E-mail – nuntichar@gmail.com, krungphet@gmail.com Tel. 081 – 877 - 5404, 044 – 252 - 659

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการออกแบบสร้าง และทดสอบเครื่องสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ควบคุมการทำงานโดยใช้บอร์ด อาร์ดูโน่ อาร์ 3 โดยตรวจจับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นตัวบอกตำแหน่งดวงอาทิตย์ และควบคุมการเคลื่อนที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยให้บอร์ดอาดูโนอ่านค่า ประมวลผล เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า และสั่งให้มอเตอร์ปั๊มชัก ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 450 วัตต์ ควบคุมระดับน้ำด้วยชุดลูกลอยไฟฟ้า ปั๊มน้ำขึ้นถังเก็บน้ำไว้ใช้ สามารถสูบน้ำได้ 5,000 ลิตรต่อวัน ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์ 1 แผง แรงดันไฟฟ้า 43 โวลต์ ผลการทดสอบการทำงานในรอบเวลา 7 วัน พบว่าสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่าสูงสุด 8.11 แอมป์ แรงดัน 20.62 โวลต์ คิดเป็นค่าพลังงานสูงสุด 167.23 วัตต์ แผงทำมุมอียง 34˚ และมีค่ากระแสไฟฟ้าต่ำสุดของแผงโซลาร์เซลล์มีค่า 6.27 แอมป์ แรงดัน 6.97 โวลต์ คิดค่าพลังงาน 43.70 วัตต์ แผงทำมุมอียง 43˚ ระบบสามารถสูบน้ำขึ้นถังเก็บน้ำได้ 4.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งระบบสามารถช่วยสนับสนุนแนวคิดการใช้งานระบบพลังงานทดแทนให้ใช้งานอย่างแพร่หลาย ต่อไปในอนาคตได้

คำหลัก: เครื่องสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ อาร์ดูโน่ อาร์ 3 และการเคลื่อนที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์

Abstract

The paper presents creating, designing and testing of solar tracking controller for water pump using Arduino R3 board. Method of the system is to detecting solar irradiation for specify of the sun position and controlling movement of PV panel. The Arduino board is used for data reading and processing, voltage comparing and controlling seizure pump, 450 W. Water level is controlled by electric float ball. The water pump has ability to pump water up to 5,000 liters per day. The system uses a PV 300 Wp, 43 volt.

The test result in 1 week, PV had maximum current of 8.11 A, maximum voltage was 20.67 volts, maximum energy was 167.23 W and tile angle of PV panel was 34°. The minimum current was 6.27 A, minimum voltage was 6.97 volte, minimum energy was 43.70 W and tile angle of PV panel was 43°. The system could pump water up to 4.3 m^3 per day. This system can support the idea of using renewable energy system popularly in the future.

Keywords: Solar water pump machine, Arduino R3 board and solar panel movement

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้ในปัจจุบันเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีอัตราเพิ่มสูงขึ้น ทำให้สถานประกอบการและผู้บริโภคสนใจพลังงานทางเลือกมากขึ้น ปัจจุบันรัฐบาลได้สนับสนุนนำพลังงานทางเลือกมาใช้การผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เอง และยังสามารถทำสัญญาซื้อขายกับการไฟฟ้าได้ ในอดีต

การใช้พลังงานทางเลือกจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน พลังงานทางเลือกจากโซลาร์เซลล์ ถือเป็นอีกทางเลือกที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เพราะการติดตั้งง่าย ไม่มีส่วนที่เป็นมลพิษ หลักการของโซล่าร์เซลล์ อาศัยหลักการโดยการเปลี่ยนค่าพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อใช้กับโหลดทางไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1954 โดยแซปปิน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) โดยใช้หลักการเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ P-N ของผลึกซิลิคอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นมา

เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากซิลิคอนซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกับ Transistors และวงจรรวม (Integrated Circuit :IC) โดยผลึกซิลิคอนจะถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ (Dope) โดยการเติมธาตุในกลุ่ม 3 และ 5 ของตารางธาตุซึ่งจะได้ผลึกซิลิคอน (P-Type และ N-type) ตามลำดับที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันเมื่อนำมาต่อเชื่อมกันด้วยกรรมวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกทำให้ระหว่างรอยต่อมีสภาวะที่เป็นกลาง (Depletion Region) ผลึกซิลิคอนจะวางซ้อนกันเป็นชั้นบาง (Layer) เมื่อมีแสงซึ่งมีอนุภาคโฟตอน (Photon) มาตกกระทบแผ่นชั้นซิลิคอนอิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานจะเกิดการไหลความไม่สมดุลของประจุระหว่างชั้นเซลล์ เมื่อต่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าออกไปจะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้า และนำมาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรไฟฟ้าจะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างขั้วทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้น

2.2 มุมเอียงของดวงอาทิตย์ในประเทศไทย

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถติดตั้งได้บนพื้นที่ว่างทั้งบนหลังคาบ้านบนหลังคาโรงจอดรถ บนหลังคาอาคารต่างๆ และบนพื้นดิน ซึ่งตำแหน่งที่ดีในการเลือกติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องเป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีตลอดทั้งวัน ค่าเฉลี่ยของมุมเอียงที่ดีที่สุดของประเทศไทยคือ มุม 15 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้

2.3 บอร์ด Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ชิป AVR ขนาดเล็กในการประมวลผลและสั่งงาน ง่ายสำหรับศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ นำไปใช้งานการควบคุมอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆ ได้หลายรูปแบบ โปรแกรมภาษาของ Arduino ใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์ โครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) อื่นเพียงแต่มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ต่างไปจาก ANSI-C



รูปที่ 1 บอร์ด Arduino UNO R3 [8]

2.4 ปั๊มสูบน้ำประเภทสูบชัก (Reciprocating Pumps)

ปั๊มสูบน้ำเป็นปั๊มชักรุ่นพิเศษ ขนาดลูกสูบ 49 มม. อัตราการสูบน้ำได้ 5,100 ลิตร/ชม. ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ½ แรงม้า ใช้ท่อน้ำ เข้า – ออก ขนาด 1 นิ้ว สูบน้ำในแนวดิ่งได้ ลึกสุด 8 เมตร น้ำหนักปั๊มรวม 20 กิโลกรัม



รูปที่ 2 ปั๊มชักสูบน้ำที่ใช้งาน [4]

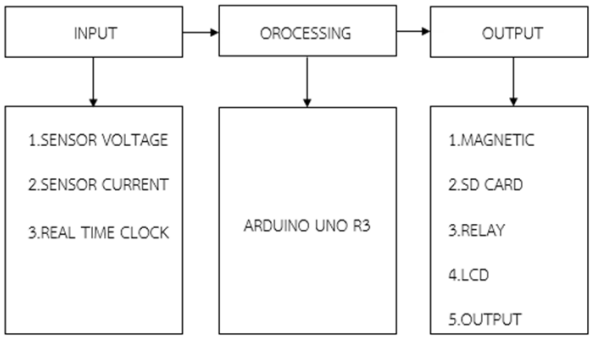
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง DC (Series Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งาน เป็นมอเตอร์กระแสตรง เป็นมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด ตัวอย่างการใช้งาน เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ ฯลฯ องค์ประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ สเตเตอร์ (Stator) คือส่วนที่อยู่กับที่หรือที่และโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งเป็นส่วนที่หมุน

3. การออกแบบระบบและการดำเนินงาน

3.1 ระบบการทำงาน

การออกแบบการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ โดยให้บอร์ด Arduino Uno R3 อ่านค่าแรงดันและประมวลผลควบคุมแรงดันไฟฟ้า โดยดำเนินการผังการทำงานในรูปที่ 5



รูปที่ 3 ผังการดำเนินงานของระบบ

3.2 การกำหนดตำแหน่งและวางอุปกรณ์

การต่อวงจรของอุปกรณ์ควบคุมระบบเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีการต่อได้ดังต่อไปนี้

อุปกรณ์หมายเลข 1 LED>A0 , BLACK>GND

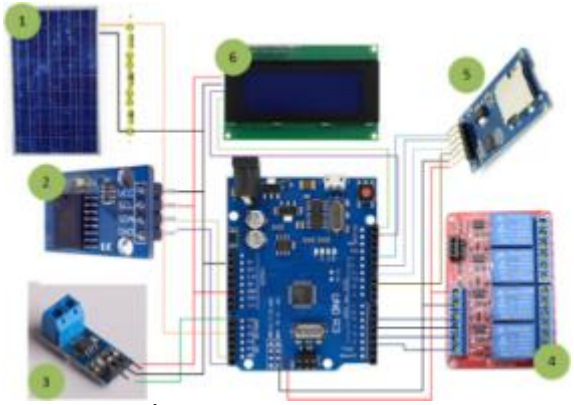
อุปกรณ์หมายเลข 2 5V>Vcc , GND>GND , A4>SDA , A5>SCL

อุปกรณ์หมายเลข 3 5V>5V , GND>GND , A0>OUTPUT

อุปกรณ์หมายเลข 4 5V>Vcc , GND>GND , IN1>2 , IN2>3

อุปกรณ์หมายเลข 5 5V>Vcc, GND>GND, 10>CS , 11>MOSI, 12>MISO , 13>SCK

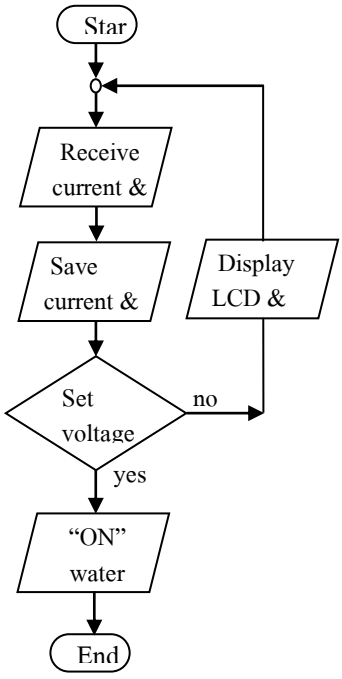
อุปกรณ์หมายเลข 6 5V>Vcc , GND>GND , A4>SDA , A5>SCL



รูปที่ 4 รูปแบบการจัดการอุปกรณ์

3.3 โปรแกรมควบคุม

การออกแบบโปรแกรมควบคุมเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จะทำการควบคุมการทำงานของปั๊มมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยอาศัยการออกแบบ และควบคุมด้วยตัวประมวลผลจากบอร์ด Arduino UNO R3 โดยทำการเรียกใช้งานโปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนโดยบริษัทผู้ผลิตบอร์ด Arduino แล้วจึงนำมาออกแบบในส่วนโปรแกรมหลัก เพื่อให้บอร์ดสามารถสั่งการควบคุมการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ และควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งการทำงานของโปรแกรมสามารถอธิบายได้เป็นรูปแบบของบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 7

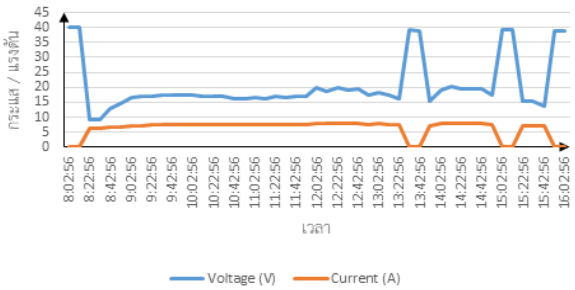


รูปที่ 5 ไดอะแกรมของโปรแกรมควบคุมการทำงานระบบพลังงานที่ทดสอบ

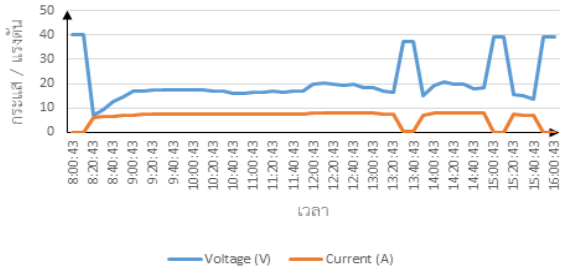
4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์

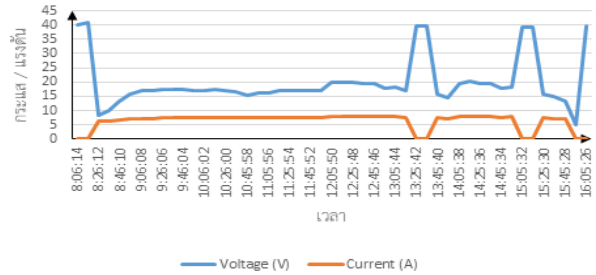
จากการทดสอบระบบ แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในขณะมอเตอร์ทำงานมีแรงดันที่ผลิตได้จากระพบบพลังงานแสงอาทิตย์ 20.531 โวลต์ โดยที่กระแสขณะทำการทดสอบโหลด 6.315 แอมป์แปร์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้เพียงพอต่อการทำงานของมอเตอร์ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลดังรูปที่ 8



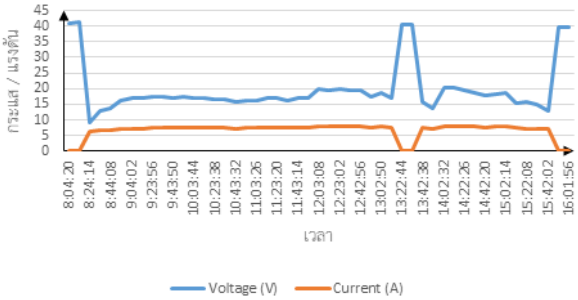
รูปที่ 6 กราฟแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในขณะที่มอเตอร์ทำงาน วันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2561



รูปที่ 7 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในขณะที่มอเตอร์ทำงาน วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2561



รูปที่ 8 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในขณะที่มอเตอร์ทำงาน วันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2561



รูปที่ 9 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในขณะที่มอเตอร์ทำงาน วันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2561

รูปที่ 8 – 10 เป็นกราฟแสดงแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ขณะที่มอเตอร์มีสถานะการทำงาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ 19 โวลต์ และกระแสมอเตอร์ปั๊มน้ำทำงานเฉลี่ยที่ 6.5 แอมป์แปร์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้า และกระแสที่ได้นี้ เพียงพอต่อการทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำ

4.2 ขั้นตอนการทำงาน และทดสอบระบบของปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำทำงานเมื่อรีเลย์สั่งให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์จ่ายไฟให้กับปั๊มมอเตอร์ปั๊ม โดยที่รีเลย์จะทำงานเมื่อบอร์ด Arduino ประมวลผลค่าแรงดันของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อเข้าเงื่อนไขที่ตั้งไว้จึงสั่งให้รีเลย์ทำงาน โดยการสั่งการ เปิด-ปิด ปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยแผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ใช้บอร์ด Arduino R3 ควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งเครื่องสูบน้ำจะรับคำสั่งจากระบบประมวลผลของบอร์ด สั่งให้เครื่องสูบน้ำทำงาน พร้อมทั้งสั่งให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้ประสิทธิภาพของพลังงานของระบบดีที่สุด โดยอาศัยการตรวจจับรังสีตรงดวงอาทิตย์ เพื่อบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และบอร์ด Arduino R3 ควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงโซลาร์เซลล์ โดยเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า โดยใช้บอร์ด อ่านค่า และประมวลผล และสั่งมอเตอร์ให้ทำงาน ระบบสามารถปรับมุมเอียงได้ 0˚ ถึง 43˚ การสูบน้ำขึ้นถังเก็บใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 450 วัตต์ ขับปั๊มชักขนาด 5,100 ลิตรต่อชั่วโมง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 43 โวลต์ 300 วัตต์ จำนวน 1 แผง ในการทำงาน ควบคุมระดับน้ำด้วยชุดลูกลอยไฟฟ้า

5. สรุปผล

จากการทดลอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระยะเวลา 7 วัน พบว่าจะได้ค่ากระแสสูงสุดที่ 8.11 แอมป์ แรงดัน 20.62 โวลต์ เอียง 34˚ และค่ากระแสต่ำสุดที่ 6.27 แอมป์ แรงดัน 6.97 โวลต์ มุมเอียง 43˚ สูบน้ำขึ้นถังเก็บน้ำได้ 4.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 474.163 บาทต่อเดือน และช่วงที่เหมาะสมที่สุดของการทำงานของปั๊มสูบน้ำ อยู่ในช่วง 08.00 - 16.00 น ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ได้ค่าพลังงานจากแสงอาทิตย์ ของแผงโซลาร์เซลล์นั่นเอง

6. เอกสารอ้างอิง

[1]ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นที่ประเทศไทย http://www.tds.tu.ac.th/jars/download/ 5 มกราคม 61

[2]แผงแสงอาทิตย์ http://www.engineo.co.th/actical/solar%20pamodule% 7 มกราคม 61

[3]นครินทร์ รินพล คู่มือการออกแบบการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 1 2558

[4] ปั๊มชักสูบน้ำ http://www.interportthailand.com 24 มีนาคม 61

[5]แมกเนติกคอนแทคเตอร์ www.pballtechno.com 5 กุมภาพันธ์ 60

[6] มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง www.thanaisawanjeendon.com 17 มีนาคม 61

[7]ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ https.retc.ac.th/v3/kru_pitoon/1/9.docx 4 มีนาคม 61

[8]บอร์ด Arduino http://www.robotsiam.com/product/2/arduino-uno-r3-made-in-italy 4 กุมภาพันธ์ 60

[9]ตารางภาพมูดี้ https://www.mathworks.com 3 กุมภาพันธ์ 60

[10] ธวัชชัย จารุวงศ์วิทยา เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมความร้อนและของไหล สาขาการทำความเย็นและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา, ม.ป.ท

การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโซลาร์ฟาร์ม

Effect of Temperature on The Solar Farm Power Plant: Case Study of Khao Samo Khon Soalr Farm

รุ่งเพชร ก่องนอก

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง นครราชสีมา 30000
* E-mail – krungphet@gmail.com Tel. 088 – 344 - 8332, 044 – 252 - 659

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอผลการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการศึกษาระบบทั้งแบบติดบนพื้นดิน ในพื้นที่ติดตั้งอำเภอท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวจะอยู่ในส่วนของภาคกลางตอนบนของประเทศไทย โดยทำการศึกษาร่วมกับบริษัทเอกชนรายหนึ่งที่ให้การสนับข้อมูลในการทำการศึกษา จากการศึกษาข้อมูลการผลิตไฟฟ้าในรอบปี 2017 ตลอดทั้งปี ซึ่งพบว่าระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนพื้นดิน ขนาดติดตั้ง 2.386 เมกะวัตต์ ผลจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิสะสมของแผงส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยที่ประมาณ 45 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด จากผลการศึกษานี้จะช่วยให้ผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์นำไปพัฒนาให้การระบายความร้อนของแผงได้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ในอนาคต

คำหลัก: โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, อุณหภูมิสะสม, และการระบายความร้อน

Abstract

This paper presents a case study of temperature effect for PV power plant at solar farm area Khao Samo Khon sub – district, Tha Wung district in Lopburi Province Thailand. This region is located in north-central of Thailand. The study collaboration with the private company, which has been provided the energy data of the PV power plant since 2017. The analytical data showed that the ground installed PV Systems with installation capacities of 2.386 MW, that the accumulated temperature affected to the generated energy of the PV power plant. The average temperature around 45 oC could produce the maximum power. This result could help the PV panel's manufacturers to develop the cooling system for higher energy conversion efficiency in the future.

Keywords: PV power plant, accumulated temperature and cooling system

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทย มีการใช้พลังงานทางเลือกอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่น การใช้ กังหันลมที่ใช้ผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ การใช้งานไบโอแก๊ส ไบโอแมส และการใช้งานพลังงานโซลาร์เซลล์ ในรูปแบบต่างๆ ทั้งแบบบนพื้นดิน (Solar farm) หรือแม้กระทั่งระบบที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร (Solar rooftop) ซึ่งทั้งสองระบบดังกล่าวทางภาครัฐได้ให้การสนับสนุน และส่งเสริมในหลายปีที่ผ่านมา

ในบทความนี่ สนใจศึกษาในส่วนของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำงาน ที่ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อหาข้อปรับปรุง หรือเสนอแนะปรับปรุงให้ส่วนที่เกี่ยวข้องดำเนินการในขั้นต่อไป โดยได้ทำการเข้าศึกษา ข้อมูล สภาพการติดตั้งโดยทั่วไป เป็นต้นกำเนิดพลังงาน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกียวข้อง ของการศึกษานี้ ประกอบส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้งาน ได้แก่ โซลาร์เซลล์ที่ใช้งาน และเรื่องผลกระทบด้านอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการใช้งาน และการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยตรง

2.1 ข้อมูลทั่วไป

ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ค่าพลังงานที่ได้จากที่ได้จากการวัดของหน่วยงานเอกชน ที่อนุญาติ ให้เข้าไปศึกษา และเก็บข้อมูล โดยทำการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบ ผลกระทบที่อาจส่งผลต่อการผลิตพลังงานของ ระบบโซลาร์เซลล์ที่ บริษัททำกาติดตั้ง

บริษัทฯ ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนดิน ขนาดติดตั้ง 2.386 เมกะวัตต์ และแบบติดตั้งบนหลังคา 999.99 กิโลวัตต์ ซึ่งการผลิตพลังงานทั้งสองแบบนี้ ติดตั้งในพื้นที่บริเวณเดียวกัน นั่นคือ เขา ต.เขาสมอคอน อ.ท่าวุ้ง จ.ลพบุรี ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ที่ตั้ง ระบบโซลาร์เซลล์ ที่เข้าศึกษา [1]

วงกลมที่ 1 เป็นการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ แบบติดตั้งบนหลังคาอาคาร (PV rooftop system) พิกัด 999.99 กิโลวัตต์ ซึ่งลักษณะการติดตั้ง จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของหลังคาอาคารที่มีอยู่เดิม ส่วนกรอบที่ 2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์แบบติดตั้งบนดิน (PV on ground system) ขนาด 2.386 เมกะวัตต์ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบโซลาร์เซลล์ขนาดติดตั้ง 2.386 เมกะวัตต์ [1]



รูปที่ 3 การติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน ขนาดติดตั้ง 2.386 เมกะวัตต์

รูปที่ 3 ภาพถ่ายในพื้นที่ติดตั้งจริง ของระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ ในพื้นที่ บริษัทฯ ที่ทำการศึกษา ระบบที่ศึกษานี้ เป็นพื้นที่ติดตั้งที่ใช้พื้นที่เดียวในการติดตั้งใช้แผงขนาด 235 และ 240 วัตต์ ใช้อินเวอร์เตอร์ประกอบด้วย 15,000 20,000 และ 25,000 วัตต์

2.2 โซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้งาน มีขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง 235 วัตต์สูงสุด ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของตัวแผงเองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของโซลาร์เซลล์ที่ใช้งาน [2]

No.	Detail	Unit
1	Nominal Power Output (P_{nom})	235/240 W
2	Power Class Range	-0/+3 %
3	Maximum Power Voltage (V_{mpp})	29.76 V
4	Maximum Power Current (I_{mpp})	7.98 A
5	Open Circuit Voltage (V_{oc})	36.64 V
6	Open Circuit Current (I_{oc})	8.45 A
7	Maximum System Voltage	1000 V
Certificate according to IEC 61215 Ed.2, IEC 61730		

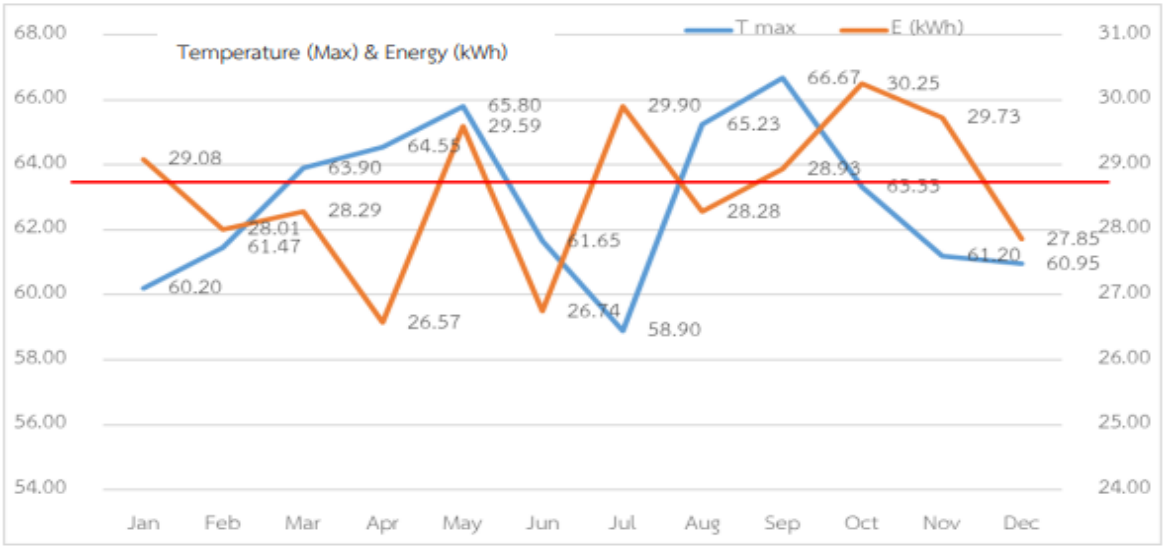
2.3 ผลกระทบอุณหภูมิต่อการผลิตพลังงานของโซลาร์เซลล์

การศึกษานี้ ทำโดยการวัดค่าพลังงานสูงสุดเปรียบเทียบกับอุณหูมิโดยรอบ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตพลังงาน ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สำคัญอีกส่วนคือ ผลกระทบที่เกิดจากความร้อน ซึ่งจะเห็นได้จาก ในฤดูกาลที่แตกต่างกัน ความร้อนที่สูงขึ้นในฤดูร้อน จะทำให้ค่าพลังงานลดลง และค่าพลังงานสูงสุดที่ได้ จะเกิดจากอุณหภูมิที่ต่ำด้วยเหมือนกัน ซึ่งแสดงในตารางที่ 2

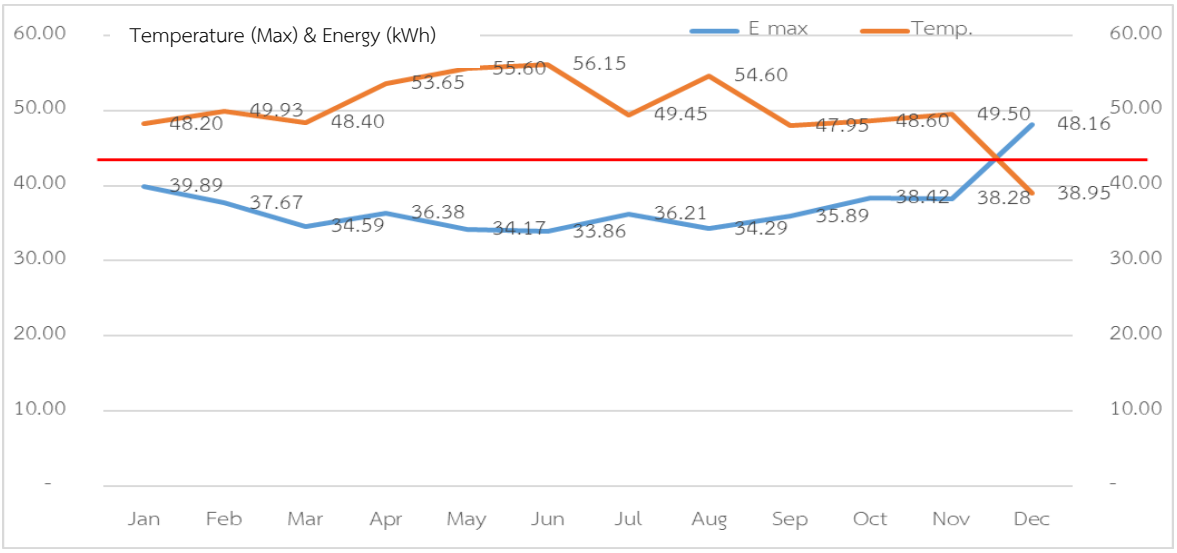
ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับพลังงานที่ได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Month	Maximum temperature (°C)		Maximum Energy	
	$Temp_{max}$	E(kWh)	E_{max}	Temp.
Jan	60.20	29.08	39.89	48.20
Feb	61.47	28.01	37.67	49.93
Mar	63.90	28.29	34.59	48.40
Apr	64.55	26.57	36.38	53.65
May	65.80	29.59	34.17	55.60
Jun	61.65	26.74	33.86	56.15
Jul	58.90	29.90	36.21	49.45
Aug	65.23	28.28	34.29	54.60
Sep	***66.67***	***28.93***	35.89	47.95
Oct	63.33	30.25	38.42	48.60
Nov	61.20	29.73	38.28	49.50
Dec	60.95	27.85	***48.16***	***38.95***

จากผลการศึกษา พบว่าในเดือนกันยายน ที่ค่าอุณหภูมิสูงสุด 66.67 องศาเซลเซียส สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 28.93 หน่วย และวัดพลังงานสูงสุดในเดือน ธันวาคม ได้พลังงานไฟฟ้า 48.16 หน่วย โดยค่าอุณหภูมิที่วัดได้ของเดือนนี้ 38.95 องศาเซลเซียส ซึ่งผลของการศึกษาจากตารางที่ 2 นี้ สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าพลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบอุณหภูมิได้ในรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 5 ค่าพลังงานสูงสุดและอุณหภูมิที่สัมพันธ์กันของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ค่าพลังงานที่ได้จากระบบจะมีความแปรผันตามอุณหภูมิแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และค่า Irradiation ซึ่งจากข้อมูลที่วัดได้นั้น อุณหภูมิโดยรอบของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีค่าต่ำ จะช่วยให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตพลังงานได้ดีกว่าอุณหภูมิโดยรอบที่สูง ซึ่งค่าที่ได้จากการศึกษาพบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ประมาณ 45 องศาเซลเซียส ในรูปที่ 5 จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ที่ประมาณ 45 หน่วยเหมือนกัน ซึ่งจากผลที่ได้นี้ หากนำไปพัฒนาในส่วนของวัสดุที่ใช้ สำหรับระบายความร้อน หรือใช้ทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะช่วยให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อไปได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร บริษัท อินโด-รามา เท็กไทล์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลศึกษา ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ศึกษา https://www.google.co.th/maps/search สืบค้น มิ.ย. 61

[2] รายละเอียดของแผงโซลาร์เซล์ที่ใช้งาน https://www.superiorsolar.com.au/wp-ontent/uploads/2011/07/PowerPlus-235-255P_SupSol.pdf สืบค้น พ.ค. 61

[3] บริษัท อินโด-รามา เท็กไทล์ (ประเทศไทย) จำกัด สืบค้น พ.ค. 61

[4] เกียรติศักดิ์ พรรณจำปา สุ่งเพชร ก่องนอก และ บุญยัง ปลั่งกลาง “การศึกษาผลกระทบจากอุณหภูมิโดยรอบที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์”วารสารเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า EENET Journal Vol. 1, No.1 (1), Jan-Jun 2017

[5] การติดตั้งระบบสเปรย์น้ำเพื่อลดอุณหภูมิ Bangchak Solar Energy Co.,Ltd. 99/1 Moo 9 Bang krasan Sub District, Bang Pa-In District, PhraNakorn Si Ayutthaya 13160 PV Power Plant Bang Pa-Hun (16 MW) สืบค้น กุมภาพันธ์ 2560

การออกแบบและสร้างเครื่องคั่วชาควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน่ อาร์ทรี สำหรับโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น

Design And Construction Tea Roasting Machine With Microcontroller Arduino R3 For Royal Project Huai Nam Khun

นพคุณ คำคึง, ปฏิภาณ จีปน, ปกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์ และ วิวัฒน์ ทิพจร*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
เลขที่ 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120
*นายนพคุณ คำคึง:nopzxczxc@gmail.com,0947327307

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วชาควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน่ อาร์ทรี สำหรับโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น เพื่อลดต้นทุนทางการเกษตรและลดความเสียหายของมอเตอร์ที่เกิดจากกระแสกระชากขณะสตาร์ท โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาชุดสตาร์มอเตอร์แบบซอฟต์สตาร์ท ด้วยอุปกรณ์โซลิตสเตทควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega R3 ทำให้กระแสขณะสตาร์ทลดลง และลดการกระชากทางกลของมอเตอร์ ซึ่งผลการทดสอบพบว่า เมื่อมีการเปรียบเทียบการคั่วชาที่เริ่มเดินมอเตอร์แบบโดยตรง (Direct Starter) ได้ค่ากระแสเท่ากับ 27.14แอมป์และเริ่มเดินมอเตอร์แบบ (Soft Starter) ได้ค่ากระแสเท่ากับ19.59แอมป์ จึงได้ทราบว่าวงจรที่ออกแบบสามารถลดกระแสกระชาก ทำให้สามารถป้องกันมอเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆที่จะมีผลกับการกระชากของมอเตอร์ และทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยไม่ได้มีผลเสียต่ออัตราการคั่วชาและมอเตอร์

คำหลัก: เครื่องคั่วชา, มอเตอร์เหนี่ยวนำ, การสตาร์ทแบบนุ่มนวล

Abstract

This article presents techniques for design and construction tea roasting machine with microcontroller arduino R3 for royal project huai nam khun .To reduce costs, and reduce agricultural damage caused by current surges during motor starting. In this study, we designed and developed a series of Star motor soft start. with solid-state controlled by a microcontroller arduino mega R3 flow while starting to decline. And reduce the surge of mechanical motors. The results showed that When comparing the bark coffee cherries to start the motor directly (Direct Starter) has a current equal to 27.14 and start motor (Soft Starter) has a current equal to 19.59 have to know that the circuit design can reduce the surge. This makes it possible to protect motors and other equipment that will affect the motor's surge. and reduce electricity consumption. It does not affect the rate of roasting tea and motor.

Keyword: crackers, induction motor, soft start

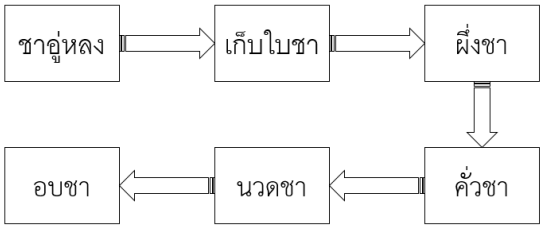
1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมวิถีชีวิตคนส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับเกษตรกรทั้ง ทำสวน ทำไร่ ซึ่งในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมีการทำการเกษตรที่แตกต่างกันไป เช่น ในเขตพื้นที่ภาคเหนือเกษตรกรที่อาศัยอยู่บนภูเขามีอาชีพในการปลูกชาของโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น ขาดแคลนแรงงานที่มีความชำนาญและผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตค่อนข้างล้าสมัย อีกทั้งยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

ปัญหาที่สำคัญมากสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกชา คือ เครื่องมือสำหรับใช้แปรรูปชาทุกชนิดมีราคาแพง และเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาสูงเกินกว่าเกษตรกรจะสามารถซื้อเครื่องจักรนั้นได้การที่จะทำให้เกิดการพัฒนาชาให้ดีได้ต้องมีเครื่องมือแปรรูปที่ดีสำหรับใช้ในการแปรรูปชาแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมด้วยดั้งนั้น การวิจัยพัฒนาเครื่องแปรรูปชาต้นแบบ หรือทดสอบพัฒนาเครื่องแปรรูปที่นำเข้ามาจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ และทำเครื่องมือให้มีราคาถูกลงสามารถผลิต เครื่องมือแปรรูปในประเทศได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1หลักการกระบวนการผลิตและแปรรูปชา [1]



รูปที่1 ขั้นตอนการแปรรูปชา

จากรูปที่ 1 เป็นขั้นตอนการแปรรูปชาโดยเริ่มจากการเก็บยอดชาสดจากต้นจากนั้นนำมาผึ่งแดดประมาณ4-5 ชั่วโมงเพื่อให้ใบชาที่ชื้นเกิดการแห้งตัวแล้วนำไปเข้าเครื่องคั่วเพื่อกำจัดความชื้นออกไปและยังทำให้ใบชามีกลิ่นหอมหลังจากคั่วได้ที่แล้วจะนำไปสู่การนวดชาเพื่อเป็นการนวดน้ำมันที่อยู่ในใบชาออกมาขั้นตอนสุดท้ายคือการนำไปอบเพื่อให้ชา แห้งและยังสามารถนำไปบริโภคหรือจำหน่ายได้

2.2 หลักการหาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า [2]

มอเตอร์ (Motors) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในการใช้งานนั้นจะต่อแกนมอเตอร์เข้ากับพู่เล่ย์หรือล้อสายพาน เพื่อส่งแรงบิดไปยังยังเครื่องจักรกล ให้ทำงานได้ ความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นรอบ/นาที (rpm) ขนาดของมอเตอร์ต้องคำนึงถึงแรงที่ใช้ในการหมุนถังคั่วด้านในถึงจะสามารถหากำลังของมอเตอร์ได้

การคำนวณหากำลังของมอเตอร์

จากสมการ $P = Fr \times V$ (2.1)

เมื่อ P คือ กำลัง (วัตต์)

V คือ ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)

Fr คือ แรงเสียดทาน (นิวตัน)

การคำนวณหาแรงเสียดทาน

จากสมการ $Fr = \mu o \times Fn$ (2.2)

เมื่อ Fr คือ แรงเสียดทาน (นิวตัน)

μo คือ สัมประสิทธิ์การเสียดทาน

Fn คือ แรงแนวดิ่ง (นิวตัน)

การคำนวณหากำลังของมอเตอร์

จากสมการ $P = \dfrac{2\pi Tn}{60}$ (2.3)

เมื่อ P คือ กำลัง (วัตต์)

n คือ ความเร็วรอบ (รอบ)

T คือ แรงบิดบนเพลา (นิวตัน-เมตร)

การคำนวณแรงบิดสายพานที่กระทำต่อเพลา

จากสมการ $T = Fa \times r$ (2.4)

เมื่อ T คือ แรงบิดบนเพลา (นิวตัน-เมตร)

r คือ รัศมีของเพลา (เมตร)

Fa คือ แรงตึงสายพานที่กระทำต่อเพลา (นิวตัน)

2.3 หลักการไมโครคอนโทรลเลอร์Arduino Mega R3 [3]

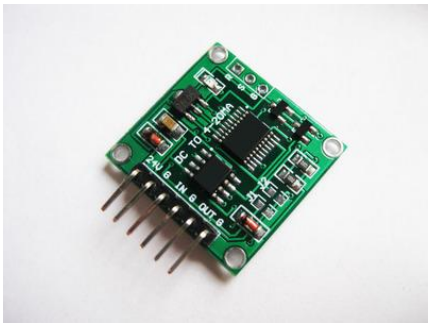
เป็นบอร์ดArduinoที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่าArduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจากSensorหรือควบคุมมอเตอร์Servoหลายๆตัว ทำให้PinI/Oของบอร์ดArduino Uno R3ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ดMega R3ยังมีความหน่วยความจำแบบFlashมากกว่าArduino Uno R3ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า



รูปที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์Arduino Mega R3

2.4 หลักการการแปลงแรงดัน 0-5V เป็นกระแส 4-20MA [4]

โมดูลแปลงแรงดัน 0-5V เป็นกระแส 4-20 โดยใช้ไฟเบี้ยง 9-24V เมื่อจ่ายแรงดันที่ 0-5v กระแสจะแปรผันตามแรงดันเมื่อแรงดันสูงสุดที่ 5V กระแส Output จะเป็น 20ma เพื่อนำไปต่อกับโซลิสสเตต รีเลย์



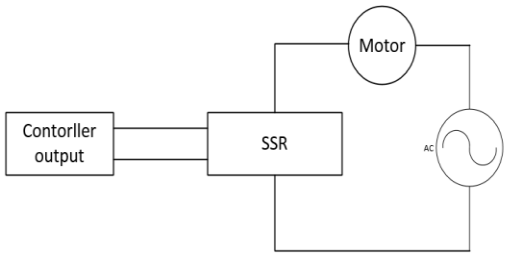
รูปที่ 3 โมดูลแปลงแรงดัน 0-5V เป็นกระแส 4-20

2.5 หลักการควบคุมการสตาร์มอเตอร์โดยใช้โซลิดสเตตรีเลย์ [5]

โซลิดสเตตรีเลย์ (SSR) โครงสร้างจะประกอบด้วยขั้วทางด้านอินพุต 2 ขั้วสำหรับป้อนสัญญาณควบคุม ได้ทั้งสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบของกระแสไฟฟ้า และแรงงดันไฟฟ้า และอีก 2 ขั้วทางด้าน เอาต์พุตที่จะถูกควบคุมโดยอินพุตให้เปิดหรือปิดวงจร

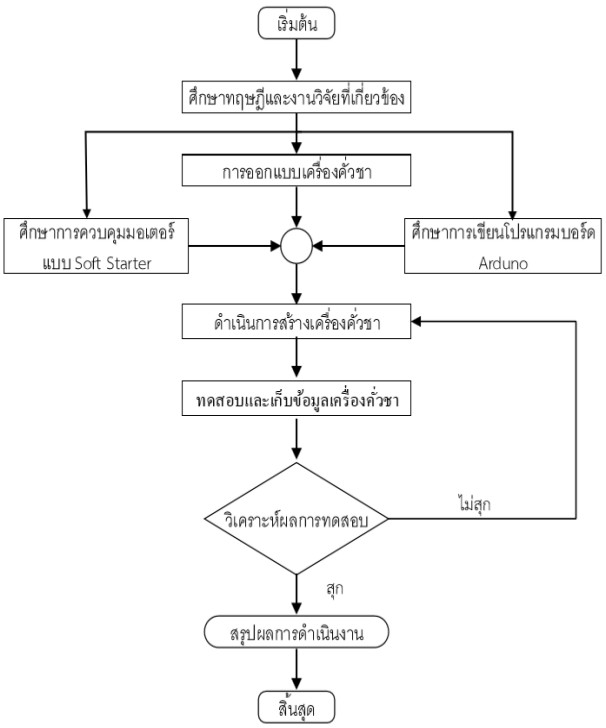


รูปที่ 4 โซลิดสเตตรีเลย์



รูปที่ 5 วงจรภายในและการต่อใช้งานของเอาต์พุตแบบแรงดันขับโซลิดสเตตรีเลย์

จากรูปที่ 5 แสดงวงจรภายในและการต่อใช้งานของเอาต์พุตแบบแรงดันขับโซลิดสเตตรีเลย์นิยมใช้กับงานที่ต้องการความเที่ยงตรงในการควบคุมสูงและปริมาณเอาต์พุตจะแปรเปลี่ยนไปตามเปอร์เซ็นต์ที่ตัวควบคุมคำนวณได้ ยกตัวอย่าง ถ้าเอาต์พุตเป็นแบบกระแสะ 4-20mAเอาต์พุตที่ตัวควบคุมจ่ายออกมาที่0%จะเท่ากับ



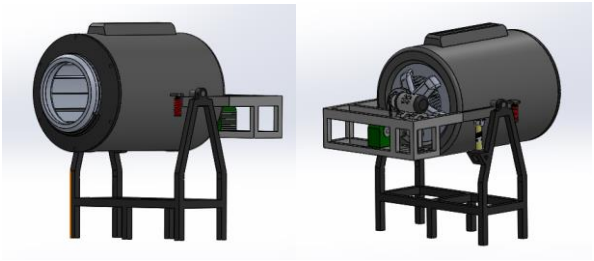
4mAในขณะที่100%จะเท่ากับ20mA

รูปที่ 6 แผนผังการดำเนินงาน

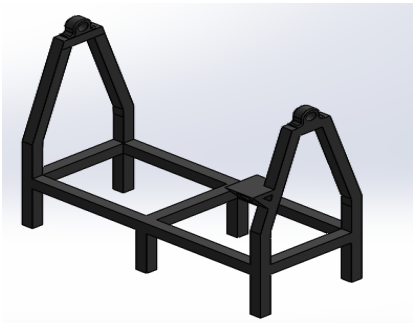
3 .วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบเครื่องคั่วชาใช้โปรแกรม

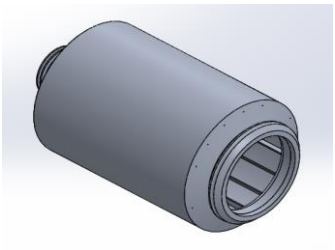
SOLIDWORKในการการออกแบบดังแสดงรูปที่7-11



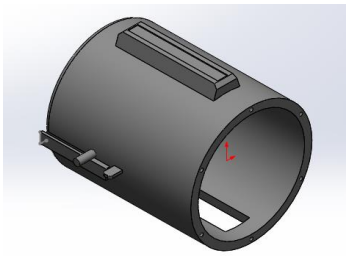
รูปที่ 7 การออกแบบเครื่องคั่วชา



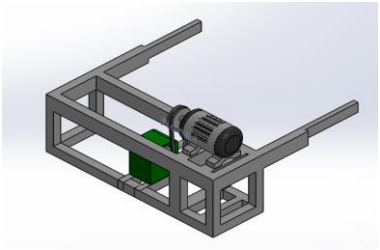
รูปที่ 8 โครงของเครื่องคั่วชา



รูปที่ 9 ถังคั่วชา



รูปที่ 10 ถังครอบด้านนอก(Body)

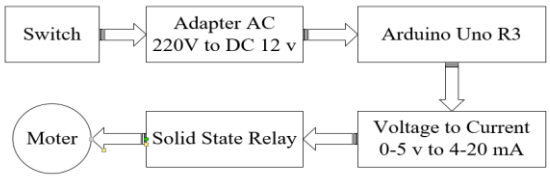


รูปที่ 11 ชุดต้นกำลัง



รูปที่ 12 เครื่องคั่วชา

3.2 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 13 บล็อกไดอะแกรมระบบการควบคุมมอเตอร์

จากรูปที่ 13 บล็อกไดอะแกรมระบบการควบคุมมอเตอร์ บอร์ดอาดูโน่เริ่มทำงาน เพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบได้การปรับรูปคลื่น PWM โดยทำงานเป็นขั้นบันไดจาก 0-5v เพิ่มขึ้นทีละ 0.25v แต่เริ่มต้นที่ 0.50v ผ่านไปยังวงจรแปลงแรงดันให้เป็นกระแส 4-20 mA เพื่อมาควบคุมลิตสเตทรีเลย์แบบ 1 เฟส คอนโทรล เพื่อไปสตาร์ทมอเตอร์แบบซอฟต์สตาร์ท

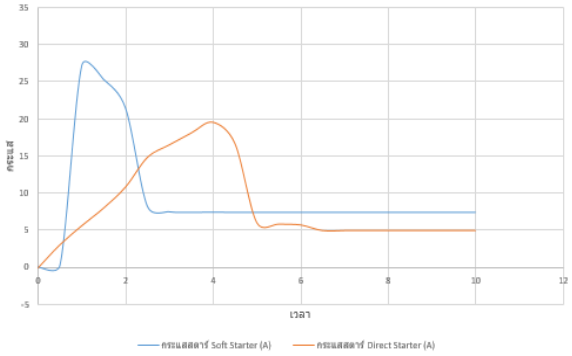
4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดสอบการสตาร์ทมอเตอร์

ตารางที่ 1 การทดสอบการสตาร์ทมอเตอร์แบบซอฟต์สตาร์ทและแบบโดยตรง

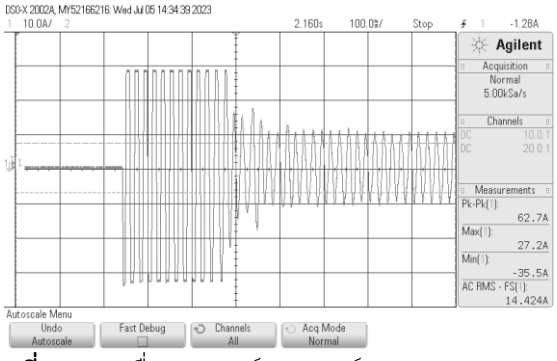
เวลา	กระแสสตาร์ Direct Starter (A)	กระแสสตาร์ Soft Starter (B)
0	0	0
0.5	0.24	3.1
1	27.14	5.67
1.5	25.23	8.05
2	21.36	10.88
2.5	8.13	14.86
3	7.42	16.55
3.5	7.34	18.14
4	7.36	19.59
4.5	7.34	16.73
5	7.34	6.07
5.5	7.34	5.58
6	7.34	5.77
6.5	7.34	5.01
7	7.34	5.01
7.5	7.34	5.01
8	7.34	5.01
8.5	7.34	5.01
9	7.34	5.01
9.5	7.34	5.01
10	7.34	5.01

จากตารางที่ 1 แสดงการทดสอบการสตาร์มอเตอร์แบบซอฟสตาร์ทและแบบโดยตรงและใช้การจับเวลาการทำงานของมอเตอร์ ทำการทดลอง 2 แบบ ได้แก่ A)การทดลองสตาร์ทมอเตอร์แบบ Direct Starter ผลที่ได้จะเห็นว่ากระแสตอนสตาร์ทจะเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็วในเวลาหนึ่ง และจะลดลงเป็นกระแสรันซึ่งผลเสียต่อพลังงานที่สูญเสียไปมาก B)การทดลองสตาร์ทมอเตอร์แบบ Soft Starter โดยการสร้างชุดความคุมขึ้นมาเพื่อลดกระแสตอนสตาร์ทซึ่งใช้โซลิดสเตตรีเลย์เข้ามาช่วย โดยจ่ายสัญญาณแรงดันออกจากบอร์ดออดูโน่ 0-5Vแล้วผ่านวงจรแปลงแรงดันให้เป็นกระแส 4-20mAโดยจ่ายสัญญาณให้โซลิดสเตตรีเลย์ผลที่ได้กระแสสตาร์ทเริ่มต้นจะค่อยๆขึ้นช้าๆจนถึงกระแสสูงสุดจะเห็นได้ว่าช่วยลดกระแสลงครึ่งหนึ่งและกระแสจะลดลงมาอยู่ที่กระแสรันจากผลที่ได้จึงเลือกใช้งานการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Soft Starter



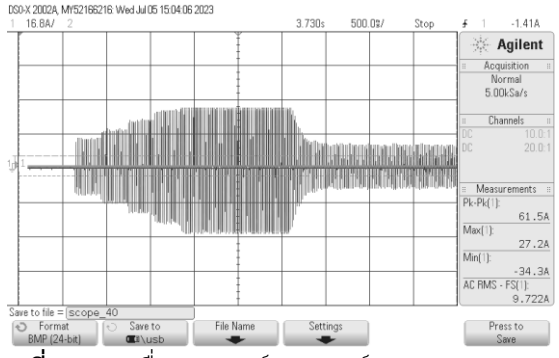
รูปที่ 14 การเปรียบเทียบเวลาและกระแสในการสตาร์ทแบบซอฟต์สตาร์ทและการสตาร์แบบโดยตรง

จากรูปที่ 14 พบว่าการเริ่มเดินมอเตอร์แบบโดยตรง (Direct Starter)จะมีค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 27.14 แอมป์ ซึ่งมีผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานกับมอเตอร์และระบบเพลาข้อเหวี่ยงทางกลจึงจำเป็นต้องใช้งานแบบ(Soft Starter) ทำการลดกระแสเริ่มเดินมอเตอร์สูงสุดเหลือ19.59 แอมป์ และมอเตอร์จะค่อยๆ หมุนวนจากความเร็วรอบต่ำไปจนถึงพิกัดจึงลดปัญหาทางกลของข้อเหวี่ยงต่างๆได้ ยังสามารถลดค่ากระแสตอนสตาร์ทได้ 38.54 เปอร์เซ็นต์และลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับทางกลในขณะเริ่มเดินมอเตอร์แบบโดยตรงได้



รูปที่ 15 รูปคลื่นการสตาร์ทมอเตอร์แบบDirect Starter

จากรูปที่ 15 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์โดยตรงจะเห็นได้ว่ารูปคลื่นในช่วงระยะแรกกระแสจะขึ้นสูงโดยใช้แรงดันพิกัดทันทีทันใดทำให้กระแสที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 6 – 8 เท่าของกระแสพิกัดและจะลดลงไปถึงตำแหน่งมอเตอร์รันกระแสจึงจะคงที่



รูปที่ 16 รูปคลื่นการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Soft Starter

จากรูปที่ 16 แสดงการสตาร์ทมอเตอร์แบบซอฟท์สตาร์ทโดยจากรูปเห็นได้ว่ากระแสค่อยๆเพิ่มขึ้นและจะลดลงไปถึงตำแหน่งมอเตอร์รันกระแสจึงจะคงที่ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการกระชากเนื่องจากกระแสที่สูงเหมือนการสตาร์ทมอเตอร์แบบDirect Starter

5. บทสรุป

จากตารางการทดลองข้างต้นทั้งหมดนี้ พบว่าเมื่อทำการสตาร์สมอเตอร์แบบโดยตรง นั้นกินกระแสมากกว่าการสตาร์ทมอเตอร์แบบซอฟต์สตาร์ท เนื่องจากการสตาร์ทมอเตอร์แบบโดยตรงนั้นเมื่อทำการสตาร์ทนั้นทำให้เกิดกระแสกระชากที่สูง จากนั้นค่อยลดลงมา จึงทำให้เกิดการสึกหลอหรือการเสื่อมของอุปกรณ์ ต่างๆ เช่น สายพาน มู่เล่ย์ เกียร์ทด และ อื่นๆ แต่การสตาร์ทมอเตอร์แบบซอฟต์สตาร์ท เมื่อทำการสตาร์ทผ่านอุปกรณ์โซลิดสเตตรี เลย์ จะทำให้มอเตอร์ค่อยๆหมุนและทำให้กระแสสตาร์ทนั้นค่อยๆขึ้น และลดลงไปยังจุดที่กระแสคงที่ ดังนั้น วิธีการเดินมอเตอร์แบบ (Soft Starter) ที่นำวงจรมาประยุกต์ใช้กับเครื่องคั่วชานี้ จึงลดการกระชากของมอเตอร์ และลดเสื่อมหรือสึกหลอของอุปกรณ์ที่ทำงาน ทำให้สามารถป้องกันมอเตอร์ ทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่นที่ได้ให้แนะนำและความรู้เกี่ยวกับชา กระบวนการผลิตของชา ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย ที่ได้อนุเคราะห์งบประมาณเวลาสถานที่ในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

งานวิจัยสำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ปกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมซึ่งเป็นผู้ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ทักษะและประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนมาจนสามารถนำความรู้ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้และท่านอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องแต่มิได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1]สถาบันชามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง(2546).กระบวนการผลิตชา,แหล่งที่มาhttp://web2.mfu.ac.th/other/teainstitute/?page_id=131&lang=th,เข้าดูเมื่อวันที่16/08/2560

[2] กรมพลังงานมดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน(2557).มอเตอร์ไฟฟ้า,แหล่งที่มา,http://hrd.rmutl.ac.th/qa/docUpload/pj/3630100384632/150930091531fullpp.pdf,เข้าดูเมื่อวันที่16/08/2560

[3]thaieasyelec(2555).Arduinoคืออะไร,https://www.thaieasyelec.com/articlewiki/basicelectronics/บทความเริ่มต้นใช้งานarduinoเลือกใช้บอร์ดarduinoตามความเหมาะสมกับการใช้งาน.html,สืบคนเมื่อวันที่16/08/2560

[4] Thai Embedded (2552).วงจรการแปลงสัญญาณ0-5 V เป็นกระแส 4-20 MA,แหล่งที่มา, http://www.thaiembedded.com/blog/?p=615, สืบค้นเมื่อวันที่ 16/08/2560

[5].phannita (2560). Solid State Relay กับหลักการทำงานที่คุณควรรู้, /structure-and-principle-of-solid-state-relay/,สืบค้นเมื่อวันที่16/08/2560

การออกแบบและสร้างระบบติดตามและระบุตำแหน่งวัตถุด้วยการประมวลผลภาพ

Design and construction of tracking and positioning systems With image processing

ชินกฤต สามล้าน, บุษบา คันธาทิพย์ และอนุสรณ์ ยอดใจเพ็ชร*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตเชียงราย 99
โทรศัพท์ 086-6653086 E-mail: anusorn@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบติดตามและระบุตำแหน่งวัตถุด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอลโดยใช้ทรัพยากรราคาถูกที่มีขายและแพร่หลายทั่วไปในประเทศ อันได้แก่ บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ ราสเบอร์รี่ พาย (Raspberry pi) และชุดคำสั่งโอเพนซีวี (OpenCV) ที่เป็นแบบโอเพนซอร์ส (Open source) เพื่อใช้ประโยชน์ในงานต่างๆที่ต้องการการประมวลผลภาพ เช่น ระบบตรวจสอบมาตรฐานสินค้าหลังผลิต การตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในระหว่างการผลิต หรือแม้กระทั่งการคัดแยกวัตถุอัตโนมัติด้วยการประมวลผลภาพ ในบทความนี้นำเสนอการทดสอบตรวจการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุกลมอย่างง่าย โดยวัตถุทรงกลมที่ตรวจจับนี้มีสีแตกต่างกัน อยู่ในตำแหน่งต่างกันในพื้นที่ที่กล้องวิดีโอสามารถจับภาพได้ การพัฒนาโปรแกรมนี้ใช้ภาษาไพธอนซึ่งเป็นภาษาระดับสูงที่แพร่หลายเนื่องจากง่ายในการพัฒนา ในบทความจะแสดงตัวอย่างการประมวลผลภาพด้วยการแปลงภาพจากโดเมน RGB เป็น โดเมน HSV และการใช้ฟังก์ชันของ OpenCV ในการตรวจหาวงกลม บทความนี้เสนอตัวอย่างการทดลองประมวลผลภาพเพื่อค้นหาฝาขวดน้ำที่แตกต่างกัน 3 สี ทรงเดียวกัน โดยผลที่ได้รับคือ ผลการตรวจหาและตำแหน่งของฝาขวดน้ำ

คำหลัก: บอร์ดราสเบอร์รี่ พาย, การประมวลลผลภาพ, ภาษาไพธอน, ชุดคำสั่งโอเพนซีวี

Abstract

This article presents the development of digital image processing systems for tracking and positioning using cheap and widely available local resources. These include the Raspberry Pi board and the open source OpenCV for use in various applications that require image processing such as the product inspection system, the detection of foreign matter during production and automatic object classification using image processing. This article provides the simple circle object location detection. This object has a different color in different locations in the area where the camera can be captured. We use Python in development because it is a high level language and famous. In the method, we will show an example of image processing by converting an image from the RGB to HSV domain and calling the OpenCV function to detect the circle object. This article presents an example of an image processing experiment to find three different water bottle caps. The experimental result is the detection result and the location of water bottle cap

Keywords: raspberry pi, image processing, python, OpenCV

1. บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาโปรแกรมทางด้าน การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) คือ สามารถประมวลผลภาพดิจิตอลได้ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวในการตรวจจับหาวัตถุทรงกลม ความแตกต่างแบ่งแยกกันออกไปเป็นหัวข้อ ตามที่ได้กำหนดไว้ โดยหลักการทำงานนั้น จะรับภาพมาจากกล้องวีดีโอ หรือชิพประมวลผลภาพ เข้ามาสู่ โอเพนซีวี เป็นไลบารี่ในภาษาไพธอน

งานในเชิงระบบการประมวลผลภาพนั่นได้มีการจัดทำขึ้นอย่างแพร่หลายในช่วงที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าไปเรื่อยๆ จึงได้มีการจัดทำในเชิงของการประมวลผลภาพขึ้นมา โดยมีการใช้งานแบ่งตามประเภทของการทำงานไปตามวัตถุประสงค์หรือความต้องการในการใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวก การแยกประเภทจำแนกสิ่งของหรือวัตถุามที่ต้องการในส่วนของงานวิจัยต่างๆที่ได้สืบค้นได้มีการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพในการใช้งานที่ต่างกันออกไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบและสร้างระบบติดตามและระบบตำแหน่งวัตถุด้วยการประมวลผลภาพ โดยวิธีการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งทำการประมวลผลภาพได้กำหนดให้ทำการตรวจจับหาวัตถุทรงกลมในวีดีโอโดยเงื่อนไขคือสามารถแยกชนิดของฝาขวดแต่ละประเภทได้ เพื่อทำการระบุชนิดของฝาขวดโดยอาศัยการทำงานของฟังก์ชั่นในตัวไลบารี่ของ โอเพนซีวี

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใด ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร [1]

2.2 Raspberry Pi

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน Spreadsheet Word Processing ท่องอินเทอร์เน็ต ส่งอีเมล หรือเล่นเกมส์ อีกทั้งยังสามารถเล่นไฟล์วีดีโอความละเอียดสูง (High-Definition) [2]



รูปที่ 1 raspberry pi 3 b+

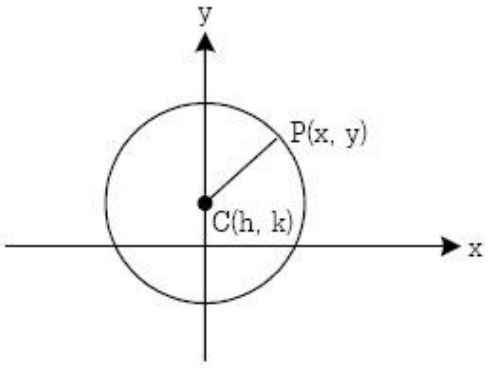
2.3 ภาษา Python

Python คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถรันภาษา Python ได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD อีกอย่างหนึ่งภาษาตัว นี้เป็น Open Source เหมือนอย่าง PHP ทำให้ทุกคนสามารถที่จะนำ Python มาพัฒนาโปรแกรมของเราได้ฟรีๆโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย [3]

2.4 หลักการหาวงกลมในรูปภาพ

นิยามของสมการวงกลมคือ

วงกลม (circle) คือเซตของจุดทั้งหมดในระนาบที่ห่างจากจุดๆหนึ่งตรึงอยู่กับที่เป็นระยะทางคงตัว จุดที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า จุดศูนย์กลาง (center) ของวงกลม และระยะทางคงตัวดังกล่าวเรียกว่า รัศมี (radius) ของวงกลม



รูปที่ 2 สมการวงกลม

เมื่อ $C(h,k)$ เป็นจุดศูนย์กลาง

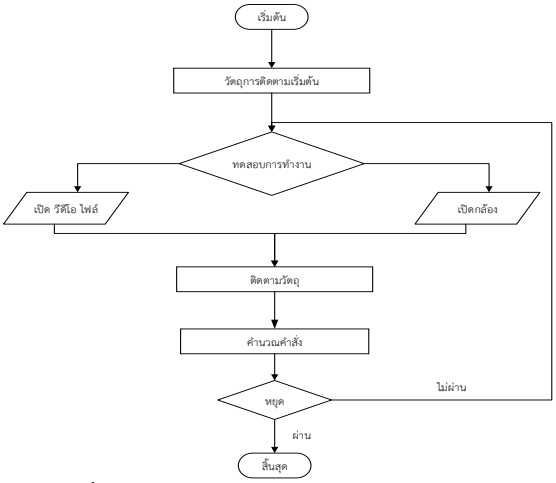
$|CP|$ เป็นรัศมี

วงกลมถูกแสดงทางคณิตศาสตร์คือ

$(X-X_{ศก})^2 + (Y-Y_{ศก})^2 = r^2$ โดยที่ $(X_{ศก}, Y_{ศก})$ เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมและ r คือรัศมีของวงกลม จากสมการข้างต้นจะเห็น 3 ตัวแปร คือต้องใช้ 3 มิติสำหรับ Hough Transform ดังนั้น Open CV จะใช้ทฤษฎีมาช่วย เช่น Hough Gradient Method โดยใช้การไล่ระดับสีของ Edges [4]

2.5 OpenCV กับการตรวจจับวัตถุ

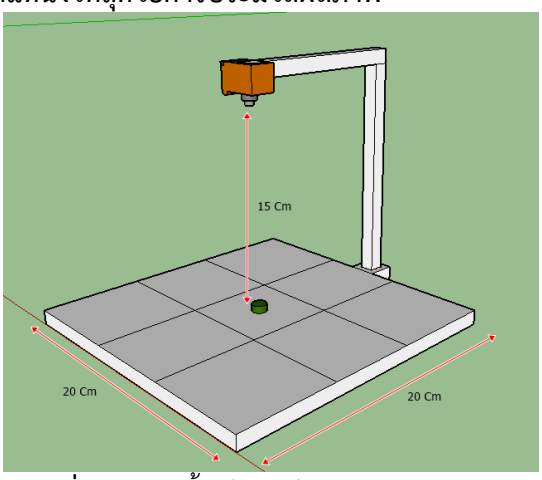
การคำนวณการตรวจจับวัตถุ นั้นจะทำโดยการใช้กล้องเป็นตัวรับอินพุต เพื่อนำวัตถุไป Track การเคลื่อนที่และสามารถนำไปต่อยอดส่วนอื่นๆ ได้อีก โดยส่วนมาก Python เป็นภาษาที่เขียนง่ายหรือเรียกอีกอย่างว่า High Level Language Programming หลากหลาย Module ในการเลือกใช้งาน ทั้งยังมี Third Party Software ที่รองรับกับ Python อยู่มากมาย อย่างเช่น OpenCV ที่เป็น Library สำหรับการทำงาน Image Processing มี Function หลากหลาย [5]



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานโปรแกรมตรวจหาวัตถุ

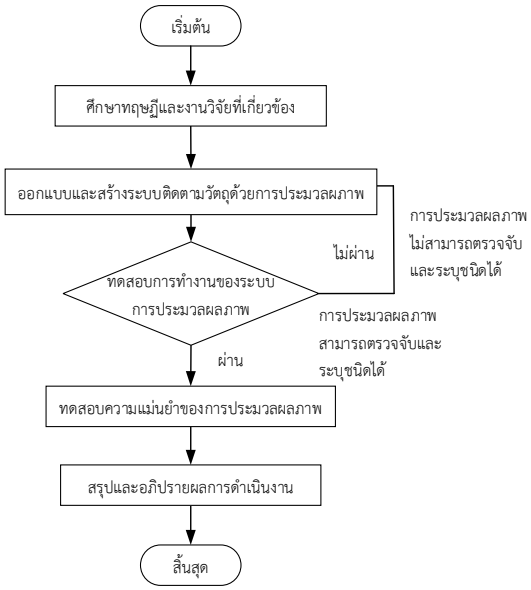
3 .วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบโครงของระบบติดตามและระตำแหน่งวัตถุด้วยการประมวลผลภาพ



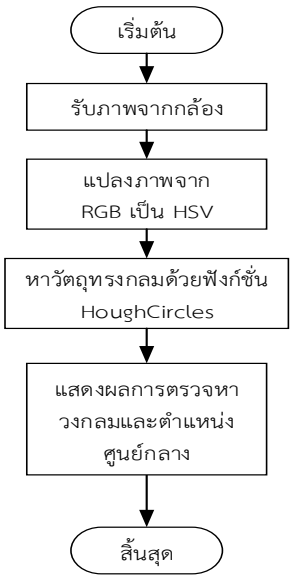
รูปที่ 4 การติดตั้งกล้องวิดีโอสำหรับการทดลอง

จากรูปที่ 4 ลักษณะโครงสร้างของตัวเครื่องตรวจจับวัตถุด้วยการประมวลผลภาพ มีขนาดพื้นที่สีขาวในการตรวจจับอยู่ที่ขนาด 20*20 เซนติเมตร มีกล้องอยู่สูงจากพื้นที่สีขาว 15 เซ็นติเมตร ต่อเข้ากับ raspberry pi 3 b+



รูปที่ 5 แผนผังการดำเนินงานวิจัย

3.2การออกแบบอัลกอริทึม

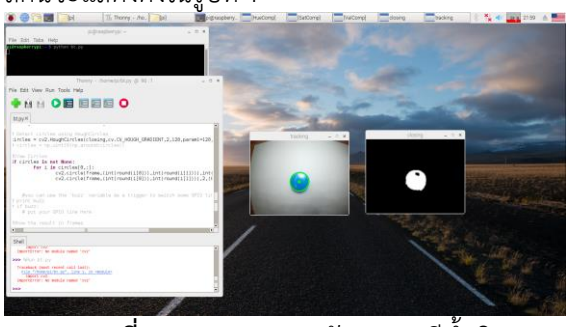


รูปที่ 6 อัลกอริทึมการตรวจหาฝาขวดน้ำ

4. ผลการดำเนินงาน

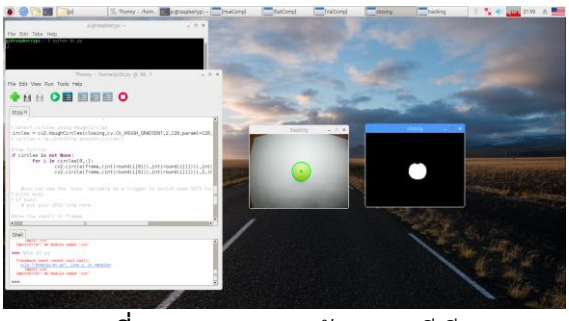
4.1 ผลการทดสอบตรวจจับฝาต่างชนิดกัน

ผลการทดลองตรวจจับภาพฝาขวดที่ต่างชนิดต่างสีกันจะแสดงดังในรูปที่ 7



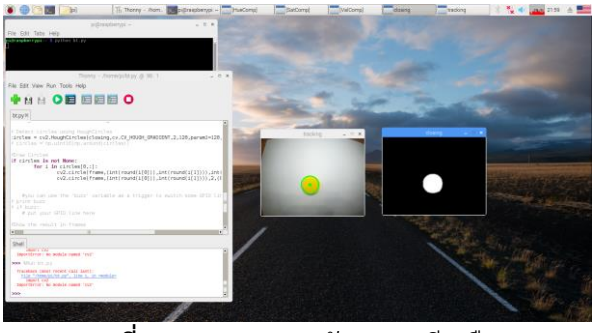
รูปที่ 7-1 ผลการตรวจจับฝาขวดสีน้ำเงิน

จากรูปที่ 7-1 จากการทดลองในการตรวจจับฝาสีฟ้าทั้งหมด 35 ฝา ยังจุดต่างๆบนพื้นที่ที่กำหนดไว้นั้นสามารถตรวจจับได้ทั้งหมด 33 ฝา จาก 35 ฝา โดยมีค่าเปอเซ็นความผิดพลาดอยู่ที่ 5.7% การวางฝาไว้ยังจุดต่างๆภายในพื้นที่ตรวจจับมีความผิดพลาดเนื่องจากสภาพแสงสว่าง อัตราส่วนของภาพ ความโค้งของหน้าเลนส์กล้อง



รูปที่ 7-2 ผลการตรวจจับฝาขวดสีเขียว

จากการทดลองในการตรวจจับฝาสีเขียวทั้งหมด 35 ฝา ยังจุดต่างๆบนพื้นที่ที่กำหนดไว้นั้นสามารถตรวจจับได้ทั้งหมด 32 ฝา จาก 35 ฝา โดยมีค่าเปอเซ็นความผิดพลาดอยู่ที่ 8.5% การวางฝาไว้ยังจุดต่างๆภายในพื้นที่ตรวจจับมีความผิดพลาดเนื่องจากสภาพแสงสว่าง อัตราส่วนของภาพ ความโค้งของหน้าเลนส์กล้อง



รูปที่ 7-3 ผลการตรวจจับฝาขวดสีเหลือง

จากรูปที่ 7-3 จากการทดลองในการตรวจจับฝาสีเหลืองทั้งหมด 30 ฝา ยังจุดต่างๆบนพื้นที่ที่กำหนดไว้นั้น สามารถตรวจจับได้ทั้งหมด 28 ฝา จาก 30 ฝา โดยมีค่าเปอเซ็นความผิดพลาดอยู่ที่ 7.4% การวางฝาไว้ยังจุดต่างๆภายในพื้นที่ตรวจจับมีความผิดพลาดเนื่องจากสภาพแสงสว่าง อัตราส่วนของภาพ ความโค้งของหน้าเลนส์กล้อง

5. บทสรุป

จากการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่าเราสามารถพัฒนาระบบและโปรแกรมการตรวจจับวัตถุทรงกลมจากบอร์ไมโครโปรเซสเซอร์ราคาถูกที่มีขายทั่วไปในท้องตลาดและชุดโปรแกรมการประมวลผลภาพที่เป็นโอเพนซอร์สได้ โดยความสามารถในการตรวจจับฝาขวดน้ำที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมและมีสีที่ต่างกันได้เฉลี่ยประมาณ 93% โดยความถูกต้องนี้พบว่าปัจจัยที่มีผลคือสภาพแสงภายนอก จุดโฟกัส และเลนส์ของกล้อง จากงานวิจัยนี้ผู้ทำวิจัยจะขยายผลการวิจัยให้ระบบสามารถตรวจจับวัตถุที่มีรูปทรง ขนาด และสีที่แตกต่างกันได้ เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีต้นทุนไม่สูงมากสำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็กในภายหน้า

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยสำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อนุสรณ์ ยอดใจพ็ชร ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ทักษะและประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนมาจนสามารถนำความรู้ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้และท่านอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องแต่มิได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Image processing เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ. กรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม, แหล่งที่มา http://www.dstd.mi.th/home/index.php/201011-20-14-53-12/162-2010-11-20-14-24-35/272image-processing , เข้าดูเมื่อวันที่ 12/07/2561.

[2] Raspberry Pi. PounXI blog, URL: https://poundxi.com/raspberry-pi, access on 12/07/2561.

[3] Python. Home Technology Programming Python, URL: https://saixiii.com/python-programming/, access on 12/07/2561.

[4] OpenCV : HoughCircleTransform. PROJETLAB, URL: http://projectlab.co.th/tag/hough-circle/, access on 12/07/2561.

[5] OpenCV, 9P Programming [OpenCV] What is OpenCV?, URL: http://www.9pong.com/2012/05/opencv.html, access on 12/07/2561.

[6] สุชาติ แย้ม (2559). การจำแนกประเภทเมล็ดข้าวขาวด้วยการประมวลผลภาพ, วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, ปีที่ 10, ฉบับที่, 2559, หน้า 1-14.

[7] อัษฎาวุธ อัศวมหาพงษ์ (2559). การประมวลผลวีดีโอแบบขนานโดยใช้เว็บซีแอล, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, 2559, หน้า 57-71.

[3] ชาญชัย นามพล (2558), การตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวแดงปนในข้าวขาวโดยวิธีการประมวลผลภาพดิจิตอล, วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, 2558, หน้า 59-71.

[8] พนัสชัย ศรีบำรุง (2550), การศึกษาการตรวจจับไฟสัญญาณจราจรโดยใช้การประมวลผลภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2550.

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ เพื่อรายงานผลตามเวลาจริงสำหรับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

Rain Gauge System by Cloud Network to Real Time Report for Disaster Prevention and Mitigation

นายธาตรี สุภาระโยธิน [1] นายวชิรปัญญา ปัญญาว่อง [1*] ผศ.สาท คำมูล [2]

[1] วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ3 67 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ซ. ฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
*ผู้ติดต่อ: wachirapunyapu@kktech.ac.th, 08 0460 8810, 043-222064

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆเพื่อรายงานผลตามเวลาจริงสำหรับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เนื่องจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติในปัจจุบันต่างไปจากอดีตที่ผ่านมาทำให้เกิดฝนตกที่กระจายไปทั่วโดยเฉพาะในเขตตัวเมืองมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีระบบการรายงานแจ้งเตือนเพื่อการป้องกันการเกิดความเสียหายต่างๆ ระบบที่ออกแบบและพัฒนาประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ส่วนคำนวณค่าปริมาณน้ำฝนจากเซนเซอร์โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูยโน ยูโน อาร์ 3 (Arduino Uno R3) ควบคุมการส่งข้อมูลไปยังส่วนที่ 2 ส่วนควบคุมการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆสำหรับการรายงานข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วีมอส ดี1 (WeMOS D1) ESP8266 ผลจากการทดสอบปรากฏว่า 1) ค่าของปริมาณน้ำฝนที่เครื่องวัดได้ที่เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานมีค่าแตกต่างเพียง ±0.3 มิลลิเมตร และ 2) เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ออกแบบสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ ไม่พบข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนตามเวลาจริง จึงกล่าวได้ว่าเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ออกแบบนี้สามารถนำไปใช้ในการแจ้งเตือนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้

คำหลัก: เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน, เครือข่ายกลุ่มเมฆ, ตามเวลาจริง, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research proposes the design and development of rain gauges using a cloud network to provide real-time reporting for disaster prevention and mitigation. At present, natural conditions are changing from the past, causing widespread rain, especially in the metropolitan area and requiring a proper reporting system to prevent damage. The system consists of two parts, Part 1. the calculation of the rainfall from the sensor using the Arduino Uno R3 microcontroller to control the transmission of data to Part 2 to control the transmission of data over the cloud network for data reporting using the WeMOS D1 ESP8266 microcontroller. The results of the tests show that 1) the measured rainfall value relative to the standard gauge is only ± 0.3 mm and 2) the rain gauge design can send data over the cloud network for report results without error, resulting in real time rainfall data. It can be said that this rain gauge design can be used to prevent and mitigate the disaster.

Keywords: Rain Gauge System, Cloud Network, Real Time, Microcontroller

1. บทนำ

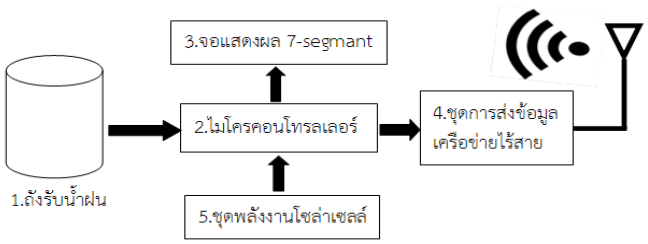
เนื่องจากสภาพภูมิอากาศโลกมีความเปลี่ยนแปลงผิดสภาวะปกติจากในอดีตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ ทำให้เกิดฝนตกบนพื้นดินที่มากขึ้นและกระจายไปทั่ว ปริมาณน้ำฝนที่ตกนับว่าเป็นข้อมูลอุทกวิทยาพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์สถานการณ์ทางน้ำของแต่ละพื้นที่ [1] เช่น ข้อมูลจากการรายงานปริมาณฝนของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน - จังหวัดขอนแก่น ที่ได้มีการรายงานค่าปริมาณฝนตกไม่ตรงกับค่าที่แท้จริง สาเหตุเพราะสถานีวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาไม่พอเพียงต่อพื้นที่ที่ต้องการรายงานข้อมูล จึงไม่มีการรายงานหรือรายงานที่ไม่ตรงกับการเกิดฝนตก ทำให้การเข้าช่วยเหลือประชาชนและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นมีความล่าช้า เกิดความเสียต่อหลายภาคส่วน ทั้งด้านชีวิต ทรัพย์สินและธุรกิจในแต่ละปีที่ผ่านมา จึงมีความจำเป็นต้องมีเครื่องมืออุปกรณ์วัดข้อมูลฝนที่มีประสิทธิภาพ ถูกต้องแม่นยำ ตรงตามสภาวการณ์ของในพื้นที่ และสามารถส่งข้อมูลถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการวิเคราะห์ประมวลผลค่าได้อย่างรวดเร็ว เป็นปัจจุบันตามเวลาจริง [2-5]

จากปัญหาดังกล่าวมาข้างต้น จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดฝนปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้ในการวัดค่าปริมาณน้ำฝนที่มีประสิทธิภาพ ถูกต้องรวดเร็วและสามารถส่งข้อมูลตามเวลาจริงให้หน่วยงานที่จะได้เฝ้าระวังและเตรียมการวางแผนในการปฏิบัติงานป้องกันบรรเทาอุทกภัย โดยระบบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ออกแบบและพัฒนานี้ใช้พลังงานน้อย ราคาที่ถูกกว่าอุปกรณ์นำเข้าจากต่างประเทศ แต่มีประสิทธิภาพ และสามารถติดตั้งได้ง่าย ทำให้มีความสะดวกและเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานอื่นๆ ได้อีก เช่น การเฝ้าระวังเตือนภัยทางการเกษตรฯ และทางคมนาคม เป็นต้น

2. การออกแบบระบบและโครงสร้าง

การออกแบบและสร้างเครื่อง เมื่อทำการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้วสามารถออกแบบบล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดฝนอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 1

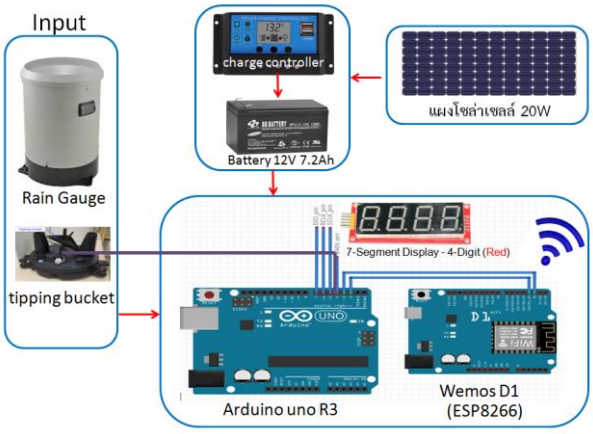
โดยทำการออกแบบและดำเนินการสร้างประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ ดังนี้ คือ 1) ถังรับน้ำฝนทรงกระบอกขนาดปากถังกว้าง 8 นิ้วแบบคานกระดกรับน้ำ 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชุดนับและคำนวณปริมาณฝน 3) ชุดจอแสดงผลแบบ 7-Segment 4 หลัก 4) ชุดการส่งข้อมูลแบบเครือข่ายกลุ่มเมฆในที่นี้ได้เลือกใช้ Thing speak cloud เพื่อส่งค่าปริมาณฝนแบบเวลาจริง และ 5) ชุดพลังงานโซล่าร์เซลล์ ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหลักให้กับวงจร



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องวัดปริมาณฝนผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ

บล็อกไดอะแกรมเมื่อนำมาออกแบบเป็นระบบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่สมบูรณ์แล้วดังแสดงในรูปที่ 2 โดยการออกแบบชุดนับค่าคำนวณปริมาณฝนที่รับค่าปริมาณน้ำฝน ออกแบบโดยใช้อาร์ดูยโน ยูโน อาร์ 3 [6,7] ต่อวงจรร่วมกับ reed switch ซึ่งทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ตรวจนับการกระดกจากคานรับน้ำครั้งละ 0.2 มิลลิเมตร

การส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆได้ใช้บอร์ดวีมอส ดี1 ESP8266 [8,9] รับค่าปริมาณน้ำฝนจากบอร์ดอาร์ดูยโน ยูโน อาร์ 3 โดยต่อสัญญาณจากขาพอร์ตสื่อสารอนุกรม ขา RX (ขา 0) ขารับสัญญาณสื่อสารแบบอนุกรม ขา TX (ขา 1) ขาส่งสัญญาณสื่อสารแบบอนุกรมเชื่อมต่อสื่อสารกันระหว่างบอร์ดทั้งสอง (RX+TX) และ (TX+RX) เพื่อส่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เป็นแบบเวลาจริง



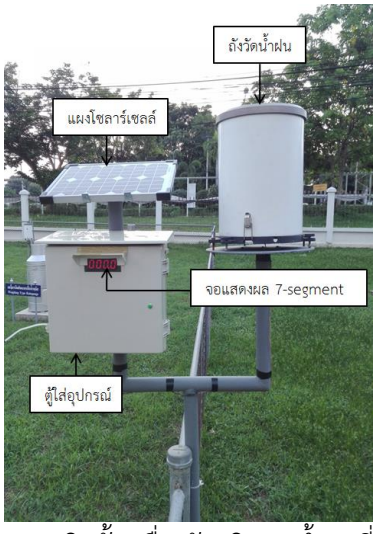
รูปที่ 2 ระบบเครื่องวัดปริมาณฝนผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ

วงจรแหล่งจ่ายไฟสำหรับเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนออกแบบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีโซล่าร์เซลล์รับพลังงานและแปลงค่าเป็นไฟกระแสตรงส่งให้แก่ชุดควบคุมการชาร์จ (Charge Controller) เพื่อชาร์จประจุไฟให้กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์สำหรับจ่ายไฟให้ระบบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนด้วยพอร์ต USB 5Vdc

3. ผลการทดสอบ

การทดสอบนี้มีจุดประสงค์การทดสอบที่สามารถแบ่งการออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ทดสอบการวัดปริมาณน้ำฝนจากเครื่องวัดปริมาณฝน เทียบกับเจ้าหน้าที่ที่สถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา และ 2) ทดสอบการรายงานการวัดค่าปริมาณน้ำฝนที่ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ พร้อมกับตรวจสอบค่าที่ส่งเป็นข้อมูลว่ามีความถูกต้องและมีความผิดพลาดเพียงใด โดยทำการตรวจวัดค่าปริมาณฝนเป็นระยะ เวลา 1 เดือน

การทดสอบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนได้ทำการติดตั้งที่สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสำหรับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยไว้ในพื้นที่บริเวณสนามอุตุนิยมวิทยาของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน แสดงดังในรูปที่ 3 เพื่อทำการตรวจวัดเปรียบเทียบระหว่างเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งทำการตรวจวัดค่าปริมาณน้ำฝนกับเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนเป็นเวลา 1 เดือน (พฤษภาคม 2560) แล้วคำนวณค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างการวัดปริมาณทั้งสองวิธี (หน่วยการวัด มม. ย่อมาจาก มิลลิเมตร) ดังแสดงผลตามตารางที่ 1



รูปที่ 3 การติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่สนามตรวจอากาศของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคะวันออกเฉียงเหนือ-ตอนบน จังหวัดขอนแก่น

การหาค่าความแตกต่าง (Different value : Diff) สามารถคำนวณหาได้โดย

$$Diff = XT - XM \quad (1)$$

เมื่อ XT = ค่าปริมาณน้ำฝนที่เจ้าหน้าที่ตรวจวัดได้

XM = ค่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากเครื่อง

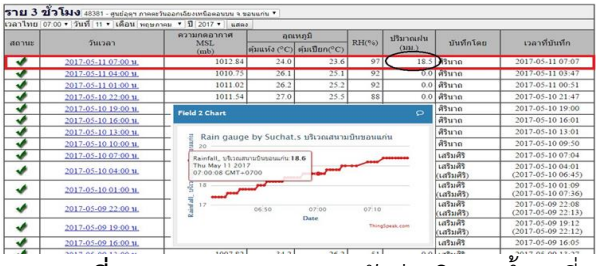
ตารางที่ 1 ผลการวัดปริมาณน้ำฝน เดือนพฤษภาคม 2560

วันที่	เจ้าหน้าที่ตรวจวัด (มม.)	เครื่องวัดปริมาณฝน (มม.)	ค่าความแตกต่าง
1	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
2	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
3	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
4	27.7	27.6	-0.1
5	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
6	3.3	3.2	-0.1
7	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
8	3.5	3.4	-0.1
9	21.5	21.6	+0.1
10	18.6	18.6	0
11	2.1	2.0	-0.1
12	3.0	2.8	-0.2
13	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
14	6.7	6.6	-0.1

วันที่	เจ้าหน้าที่ตรวจวัด (มม.)	เครื่องวัดปริมาณฝน (มม.)	ค่าความแตกต่าง
15	7.5	7.4	-0.1
16	44.7	44.4	-0.3
17	9.7	9.6	-0.1
18	15.4	15.4	0
19	3.3	3.2	-0.1
20	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
21	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
22	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
23	5.0	5.0	0
24	0.4	0.4	0
25	13.2	13.2	0
26	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
27	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
28	0.01	0	0
29	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0
30	2.6	2.4	-0.2
31	ไม่มีรายงานฝนตก	0	0

ผลการทดสอบการวัดปริมาณน้ำฝนเปรียบเทียบกับการตรวจวัดโดยเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยาในเดือนพฤษภาคม 2560 พบว่าค่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้มีค่าสอดคล้องกันและมีค่าความแตกต่างเพียง ±0.3 ม.ม. เท่านั้น

เมื่อทดสอบการรายงานการวัดค่าปริมาณน้ำฝนของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ https://thingspeak.com/channels/251599 โดยทำการตรวจวัดค่าปริมาณฝนเป็นระยะเวลา 1 เดือน หน้าเว็บเพจจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แสดงผลบอกตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน และส่วนที่ 2 แสดงผลค่าปริมาณฝนตามเวลาจริง โดยเมื่อนำเม้าส์ชี้ที่จุดในเส้นกราฟก็จะปรากฏกรอบการแสดงค่าปริมาณน้ำฝนพร้อมวันที่, เดือน, ปีคริสต์ศักราช ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการรายงานการวัดค่าปริมาณน้ำฝนที่ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆ

ในหน้าเว็บจากส่วนของการแสดงผลการบอกค่าปริมาณฝนซึ่งจะแสดงปริมาณน้ำฝน โดยเมื่อนำเมาส์ไปแตะที่เส้นกราฟในตำแหน่งใดแล้วจะทำการแสดงข้อมูลของปริมาณน้ำฝนทันที่ เช่น จากรูปที่ 4 จะแสดงปริมาณน้ำฝน 2.0 ม.ม. ของวันพฤหัสบดีที่ 11 พฤษภาคม 2017 เวลา 07.00 น.

4. สรุปและอภิปราย

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆเพื่อรายงานผลตามเวลาจริงสำหรับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ประกอบด้วยบอร์ดอาร์ดูยโน ยูโน อาร์ 3 ทำหน้าที่คำนวณค่าปริมาณน้ำฝนจากเซนเซอร์ คือ reed switch เพื่อส่งข้อมูลต่อไปยังบอร์ดวีมอส ดี1 ESP8266 สำหรับควบคุมการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆเพื่อการรายงานและบันทึกข้อมูลตามเวลาจริง

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การวัดปริมาณน้ำฝนที่เทียบเคียงกับเครื่องวัดมาตรฐาน และ 2) การทดสอบการส่งข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆตามเวลาจริง ผลการทดสอบปรากฏว่า 1) ค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนที่เครื่องวัดที่เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานมีค่าแตกต่างไม่เกิน ±0.3 มิลลิเมตร และ 2) เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ออกแบบสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายกลุ่มเมฆได้โดยไม่พบข้อผิดพลาดทำให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนตามเวลาจริง จึงกล่าวได้ว่าเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ออกแบบและพัฒนานี้สามารถนำไปใช้ในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้

5.เอกสารอ้างอิง

[1] Sa-Ngiamvibool W., Angkawisittpan N., Nuan-On A., Photong C. and Kangrang A. (2013), A Rain Gauge System using a Capacitance Sensor. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, Vol 5, No 4, Aug-Sep 2013, PP 3596-3600.

[2] กนกวลี พันธ์คำ, มูฮัมหมัดอามีน มีเหาะและกัณฐิกา รักด่านกลาง (2559). *รายงานการวิจัยการวัดปริมาณน้ำฝนและแจ้งเตือนน้ำป่าไหลหลาก*, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3] อภิศันย์ ศิริพันธ์, สันติ ขำตรี, ปิติ จันทรุไทย และสุวัฒนา นิคม (2555). *รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบจำลองเตือนภัยน้ำท่วม*, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[4] Cañiza D. and Mitjans F. (2018), Remote Monitoring System of Automatic Rain Gauges using Machine-to-Machine application, *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, Vol. 13, Issue 1, Ver. I (Jan.- Feb. 2018), PP 04-13.

[5] M. M. Rashid, M. Rabani bin M. Romlay, M. M. Ferdaus and Abdullah Al-Mamun (2015), Development of Electronic Rain Gauge System. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, Vol. 3, No. 4, PP 245-249.

[6] ดอนสัน ปงผาบ (2560). ภาษาซีและ Arduino, กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

[7] เอกชัย มะการ(2559), เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ด้วย Arduino, กรุงเทพฯ: บริษัท อีทีที จำกัด

[8] A medium corporation (US), *ส่งข้อมูลจาก NodeMCU (ESP8266) ไปยัง ThingSpeak*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://medium.com/@mintkhwan/iot-การส่งข้อมูลจาก-nodemcu-esp8266-ไปยัง-thingspeak-951348531c5f,เข้าดูเมื่อวันที่ 6/11/2559.

[9]_ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2557). *การทดลองใช้งาน Thingspeek.com สำหรับงานบริการด้าน IOT*,[ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=iot-thingspeak, เข้าดูเมื่อวันที่ 18/10/2559.

การศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังอาคาร ด้วยโปรแกรมจำลอง

Feasibility Study of to install solar panels. Case mounting building wall By using Simulation Software

รณยุทธ นนท์พละ , อาจศึก มามีกุล, กิตติวัฒน์ จีบแก้ว

สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970053
E-mail: [1]nettong@hotmail.com, [2]mameekul22@gmail.com, [3]J_kittiwath@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ผู้จัดทำมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบการหาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ และศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังอาคาร ด้วยโปรแกรมจำลอง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้สมาร์ทโฟนเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงโดยใช้พื้นที่หน้าต่างของอาคาร 14 ชั้น 3 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิดคือ mono-crystalline, poly-crystalline และ thin film สรุปผลดังนี้ ผลรวมความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์หน้าแผงโซล่าเซลล์ตลอดปีแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิด (tilted surface: (kWh/a)) พบว่าแผงโซล่าเซลล์ชนิด mono-crystalline มีค่าผลรวมความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์หน้าแผงโซล่าเซลล์ตลอดปีสูงสุด คือ 125,922 kWh/a จากการวัดค่าทุกห้องเรียนชั้น 3 อาคาร 14 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

คำหลัก: โซล่าเซลล์

Abstract

The research was conducted with the objective of finding the right design to install solar cells. And study the suitability of installing solar panels. Wall mounted with simulator by collecting data from the smartphone, store data from real locations using the window area of the building 14. At Faculty of Industrial Technology Sakon Nakhon Rajabhat University The three types of solar cells. mono-crystalline, poly-crystalline and thin film Conclusion, Total solar radiation intensity in front of the solar cell throughout the year. (tilted surface: (kWh/a)) It was found that solar cells. mono-crystalline the total intensity of solar radiation, solar cells face all year maximum is 125,922 kWh / a. All three classrooms, Building 14, Faculty of Industrial Technology Sakon Nakhon Rajabhat University

Keywords: Solar cell

1. บทนำ

ประเทศไทยได้เริ่มมีการใช้งานจากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อปี พ.ศ. 2519 โดยหน่วยงานกระทรวงสาธารณสุข และมูลนิธิแพทย์อาสาฯ มีจำนวนประมาณ 300 แผง แต่ละแผงมีขนาด 15/30 วัตต์ และนับเป็นครั้งแรกที่ได้มีนโยบายและแผนระดับชาติ ด้านเซลล์แสงอาทิตย์ บรรจุลงในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524) การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ติดตั้งใช้งานอย่างจริงจังในปลายปีของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) โดยมีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กรมโยธาธิการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เป็นหน่วยงานหลัก ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้งานในด้านแสงสว่าง ระบบโทรคมนาคม และเครื่องสูบน้ำ

ข้อมูลของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานในประเทศไทย จนถึงปี พ.ศ. 2540 มีหน่วยงานต่างๆ ได้ติดตั้งเซลล์ขึ้นสาธิตใช้งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 3,734 กิโลวัตต์ ลักษณะการใช้งานจะเป็นการติดตั้งใช้งานในพื้นที่ที่ห่างไกลเป็นสถานีเติมประจุแบตเตอรี่ 39% ระบบสื่อสารหรือสถานีทวนสัญญาณขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย 28% ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 22% ระบบไฟฟ้าหมู่บ้านที่ห่างไกล 5% และ สัดส่วนที่เหลือจะติดตั้งในโรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และ ไฟสัญญาณไฟกระพริบ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 เพื่อใช้งานในกิจการต่างๆ ของ กฟผ. ปัจจุบันติดตั้งใช้งานไปแล้วประมาณ 70 กิโลวัตต์ โดย กฟผ. ได้ทำการสาธิตการผลิตไฟฟ้า โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชนิดอื่นๆ เช่น พลังน้ำ พลังงานลม แล้วส่งพลังงานที่ผลิตได้เข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าภูมิภาคต่อไป กฟผ. ยังได้สาธิตการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ [1]

ในระบบบ้านแสงอาทิตย์เป็นหลังแรกของประเทศไทย ตั้งอยู่ในบริเวณสถานีพลังงานแสงอาทิตย์สันกำแพง หมู่บ้านสหกรณ์ 2 อ. สันกำแพง จ.เชียงใหม่ โดยทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 44 แผง รวมกำลังการผลิต 2.5 กิโลวัตต์

ปัจจุบันในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์มีหลายหลายอย่างเช่น การติดตั้งบนพื้นดิน บนผิวน้ำ หรือบนอาคาร จะเห็นได้ว่ามีการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์หลายวิธี แต่ทุกวิธีจะมีการออกแบบมุมที่ใช้ในการติดตั้งเหมือนกันคือ การเอียงแผงโซล่าเซลล์ที่มุมประมาณ 10-15 องศา ในพื้นที่ประเทศไทยเนื่องจากเป็นการวางมุมที่ได้ประสิทธิภาพค่อนข้างดีตลอดทั้งปี แต่ยังไม่มีคนนิยมนำแผงโซล่าเซลล์มาติดตั้งที่ผนังอาคารเนื่องจากประสิทธิภาพน้อยกว่าพื้นที่ผิวระนาบ ซึ่งหากเรามองอีกมุมคือการใช้พื้นที่ของผนังอาคารให้เกิดประโยชน์ในกรณีที่สถานที่นั้นๆ ไม่มีบริเวณให้ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ ผนังอาคารก็เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดอย่างหนึ่ง

2. การออกแบบ

2.1 การออกแบบการเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรมจำลอง

ในการศึกษาความเหมาะสมเลือกพื้นที่ศึกษาคือผนังอาคาร 14 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ผู้วิจัยได้มีการกำหนดขอบเขตและประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1.1 ศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังของอาคาร 14 (บริเวณชั้น 3 ฝั่งด้านหน้าและหลัง) มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

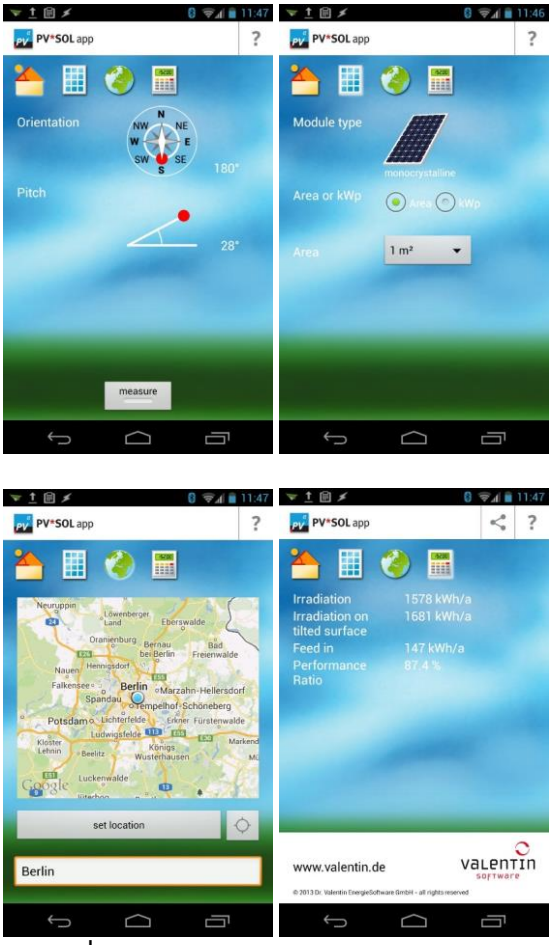
2.1.2 ศึกษาความเหมาะสมของแผงโซล่าเซลล์ 3 ชนิด คือ แบบ mono-crystalline แบบ poly-crystalline และ thin film

2.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าต่างๆ ดังนี้ คือ year irradiation (kWh/a), yearly irradiation on the tilted surface (kWh/a), Feed-in (kWh/a) และ performance ratio

2.1.4 โปรแกรมจำลอง



รูปที่ 1 ตัวอย่างหน้าเริ่มต้นโปรแกรม



รูปที่ 2 ภายในโปรแกรมและกำหนดค่าแต่ละส่วน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและสร้าง

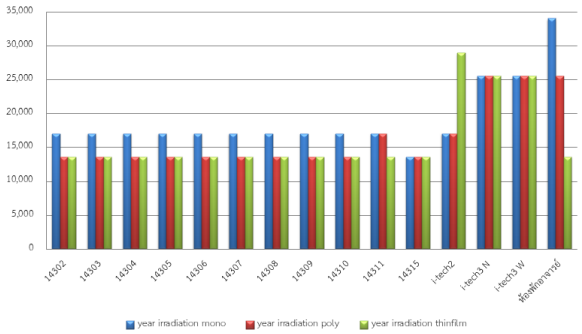
การรวบรวมข้อมูลนี้ผู้วิจัยอาศัยการบันทึกผลจากการใช้โปรแกรมจำลอง PV*Sol app จากการติดตั้งลงโทรศัพท์สมาร์ทโฟน มี 4 อย่าง คือ year irradiation (kWh/a), yearly irradiation on the tilted surface (kWh/a), Feed-in (kWh/a), และ performance ratio โดยใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟน โดยโปรแกรมจะจำลองค่าตลอดทั้งปี

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากการจำลองโปรแกรมการหาความเหมาะสมการติดตั้งโซล่าเซลล์ของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิด โดยบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

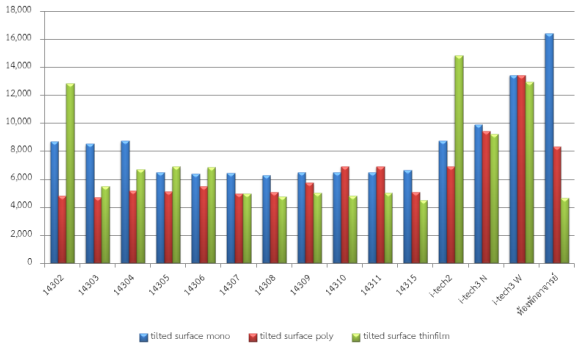
3. ผลการดำเนินงาน

จากการรวบรวมผลจากโปรแกรมจำลองจากแอปพลิเคชั่นมือถือของการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังอาคาร ทั้ง 3 ชนิดแผงโซล่าเซลล์ สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้



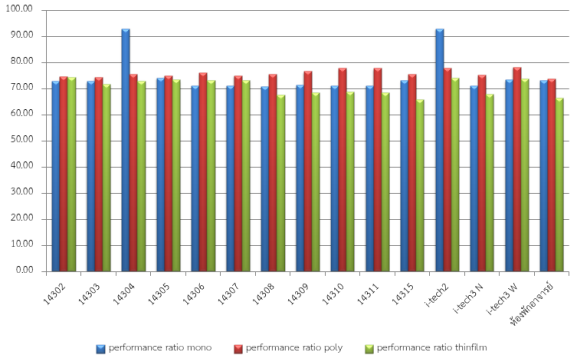
รูปที่ 3 ความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปี

ความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปี (year irradiation: kWh/a) จากแผง โซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิดคือ mono-crystalline, poly-crystalline และ thin film พบว่าแผงโซล่าเซลล์ชนิด mono-crystalline มีค่าความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปีสูงสุด จากการวัดค่าทุกห้องเรียนชั้น 3 อาคาร 14 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



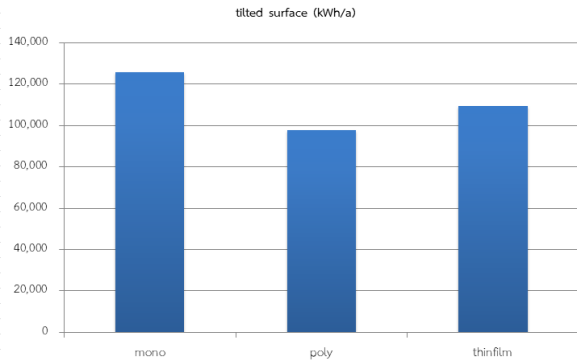
รูปที่ 4 ความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์หน้าแผงโซล่าเซลล์ตลอดปี

ความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์หน้าแผงโซล่าเซลล์ตลอดปี (yearly irradiation on the tilted surface: kWh/a) จากแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิดคือ mono-crystalline, poly-crystalline และ thin film พบว่าแผงโซล่าเซลล์ชนิด mono-crystalline มีค่าความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปีสูงสุด จากการวัดค่าทุกห้องเรียนชั้น 3 อาคาร 14 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการทำงาน

ประสิทธิภาพการทำงาน (performance ratio: %) จากแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิดคือ mono-crystalline, poly-crystalline และ thin film พบว่าแผงโซล่าเซลล์ชนิด mono-crystalline มีค่าความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปีสูงสุด จากการวัดค่าทุกห้องเรียนชั้น 3 อาคาร 14 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



รูปที่ 6 ผลรวมประสิทธิภาพการทำงานแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิด

ผลรวมประสิทธิภาพการทำงานแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิด (tilted surface: (kWh/a)) พบว่าแผงโซล่าเซลล์ชนิด mono-crystalline มีค่าผลรวมประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด จากการวัดค่าทุกห้องเรียนชั้น 3 อาคาร 14 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้ผู้จัดทำมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบการหาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ และศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังอาคาร ด้วยโปรแกรมจำลอง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้สมาร์ทโฟนเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง โดยใช้พื้นที่หน้าต่างของอาคาร 14 ชั้น 3 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิดคือ mono-crystalline, poly-crystalline และ thin film สรุปผลดังนี้

งานวิจัยเรื่องการหาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ และศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังอาคาร ด้วยโปรแกรมจำลอง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้สมาร์ทโฟนเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงโดยใช้พื้นที่หน้าต่างของอาคาร 14 ชั้น 3 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ผลรวมความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์หน้าแผงโซล่าเซลล์ตลอดปีแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 ชนิด (tilted surface: (kWh/a)) พบว่าแผงโซล่าเซลล์ชนิด mono-crystalline มีค่าผลรวมความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์หน้าแผงโซล่าเซลล์ตลอดปีสูงสุด คือ 125,922 kWh/a จากการวัดค่าทุกห้องเรียนชั้น 3 อาคาร 14 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

5. ข้อเสนอแนะ

ในการหาความเหมาะสมในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กรณีติดตั้งกับผนังอาคาร ด้วยโปรแกรมจำลองควรมีการนำข้อมูลจริงมาเปรียบเทียบด้วยหรือเทียบกับโปรแกรมจำลองอื่นๆ เช่น PVsys

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณที่ปรึกษางานวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ ของการวิจัยมาโดยตลอดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

7. เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือการพัฒนาและการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554

[2] ดร.สถาพร ทองวิค, มทร. ธัญบุรี พลังงานแสงอาทิตย์, 2554
[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน: www.dede.go.th (กันยายน พ.ศ.2559)
[4] วรนุช แจ้งส่าง. พลังงานทดแทน: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2551
[5] นายนพรุจ สกลรัตน์ การวิจัยผลงานสิ่งประดิษฐ์ “ชุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ”
[6] ธีรยุทธ์ เจนวิทยา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. บัณฑิตวิทยาลัย : เรื่อง ระบบเชื่อมต่อระบบโซล่าเซลล์กับสายส่งระดับบ้านพักอาศัย
[7] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญณรงค์ น้อยบางยาง, นายถาวร สุวรรณกิจ เรื่องการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับระบบเฝ้าระวังและสัญญาณเตือนภัยจากไฟฟ้ารั่วเนื่องจากภาวะน้ำท่วมฉับพลันระบบไร้สาย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
[8] ดร. นินนาท ราชประดิษฐ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, การศึกษาผลกระทบจากการระบายอากาศ ที่มีต่อความชื้นสัมพัทธ์, 2556
[9] อรุณ อินท์สะระ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานโซล่าเซลล์-กังหันลม-เครื่องยนต์ดีเซล ณ อุทยานแห่งชาติตะรุเตา

การศึกษาประสิทธิภาพด้านเทคนิคระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์

The technical efficiency Study of Solar cell System Case: Hybrid Inverter

อาจศึก มามีกุล , กฤษฎา พรหมพินิจ , กิตติวัฒน์ จีบแก้ว

สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970053
E-mail: [1]mameekul22@gmail.com, [2]krisada_lek@hotmail.com, [3]J_kittiwath@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ ผู้วิจัยทำการทดลองติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ขนาด 130 วัตต์ 3 แผง และแผง 171 วัตต์ 1 แผง ต่อกับระบบอินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ ใช้กับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับภายในบ้านสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ผลจากการวัดค่าแสงสว่างที่กระทบแผงโซล่าเซลล์มีค่าเฉลี่ย 61,587.50 ลักซ์ ค่าเฉลี่ยรวมของกระแสไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ คือ 3.10 แอมแปร์ ทำให้ระบบสามารถจ่ายให้กับโหลดได้ตลอดเวลา และสามารถชาร์จแบตเตอรี่ไปพร้อมๆ กัน โดยช่วงเวลา 9.00-15.00 น. ระบบใช้จ่ายแก่โหลดโดย โซล่าเซลล์และจึงเริ่มใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า

ดังนั้นการหาประสิทธิภาพด้านเทคนิคของระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ ขนาด 561 วัตต์ โดยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิค อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ขนาด 1,000 วัตต์ สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตลอดช่วงตลอดเวลา 3 วัน ระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำหลัก: พลังงานแสงอาทิตย์, โซล่าฟาร์ม, โรงไฟฟ้า

Abstract

The technical efficiency study of Solar cell System, Case Hybrid Inverter. The principle of electrical system general design. Experiment and study technical performance. And measuring the electrical unit. Can discuss the results as follows.

The results of the light measurements that hit the solar panel had an average of 61,587.50 lux. The total average of solar panels is 3.10 amperes. The system can pay to load at any time. And it can be recharged simultaneously. to use electricity from the electrical system.

Consequently, The technical efficiency study of Solar cell System, Case Hybrid Inverter. (561 watts) The results of the analysis of technical data. Hybrid inverter 1000 watts. Can supply at any time during the 3 days. Solar System Hybrid Inverter Case Built with performance objectives set.

Keywords: Solar cell, Solar Farm, Solar plant

1. บทนำ

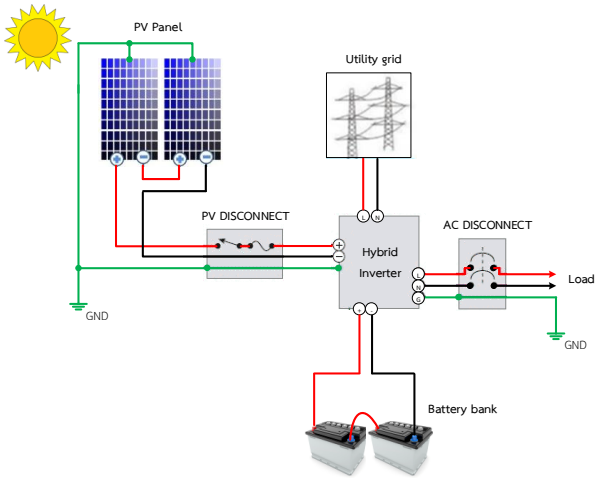
แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สะอาดและมีมากมายมหาศาล จนไม่มีวันใช้ได้หมดเพราะตราบใดที่ยังมีดวงอาทิตย์อยู่ในระบบสุริยะจักรวาลนี้ ตราบนั้นยังคงมีพลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งมายังโลกเราทุกเวลาวัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสิ่งมีชีวิตทุกสิ่งบนโลกได้ใช้ประโยชน์โดยตรงจากแสงอาทิตย์แต่ปริมาณที่ใช้กันอยู่นั้นน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ได้มา มนุษย์รู้จักการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นประโยชน์นานนับร้อยๆ ปี ถึงกระนั้นก็ตามในปัจจุบันนี้ มนุษย์ก็ยังคงคิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อที่จะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด ทั้งในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรงหรือการเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายกันมากขึ้น เพราะนอกจากจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของต้นทุนแหล่งพลังงานแล้ว ยังจะเป็นการช่วยลดมลพิษของโลกอีกด้วย

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ราคาอุปกรณ์มีราคาถูกลง หาซื้อได้ง่าย เนื่องจากการติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าระบบมีกฎระเบียบขั้นตอนในการขอติดตั้งค่อนข้างซับซ้อน และยุ่งยากสำหรับประชาชนทั่วไป จึงไม่เป็นที่นิยมมากเท่าไหร่นัก ทำให้มีการเลือกใช้ โซล่าเซลล์แบบใหม่ขึ้นคือการใช้ระบบโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน คือการใช้ระบบโซล่าเซลล์จากการชาร์จเข้าแบตเตอรี่เป็นหลักและใช้พลังงานจากการไฟฟ้าเป็นรอง โดยไม่มีการขายคืนการไฟฟ้า

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาประสิทธิภาพด้านเทคนิคของระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ เพื่อวิเคราะห์ค่าทางด้านไฟฟ้าเป็นข้อมูลในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบได้อย่างเหมาะสมร่วมกับการออกแบบระบบไฟฟ้า และแนวทางการใช้ระบบโซล่าเซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การออกแบบ

2.1 วิธีการออกแบบและสร้าง



รูปที่ 1 ระบบโซล่าเซลล์ อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์



รูปที่ 2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม

ระบบโซล่าเซลล์ ขนาด 130 วัตต์ 3 แผง และ 171 วัตต์ 1 แผงต่อผสมรวม 561 วัตต์ ใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์นี้ผู้วิจัยออกแบบการทำงานโดยให้ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เป็นหลักโดยจ่ายผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายไฟยังโหลด (พัดลมตั้งโต๊ะ) เมื่อไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มีพลังงานต่ำกว่า 60% ระบบจะตัดไปใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจำหน่ายการไฟฟ้า

2.2 วิธีการหาประสิทธิภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากการทดลอง (Experimental Method) เป็นการเก็บข้อมูลจากการทดลองจากสถานที่จริง เป็นเวลา 3 วัน โดยบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

3. ผลการดำเนินงาน

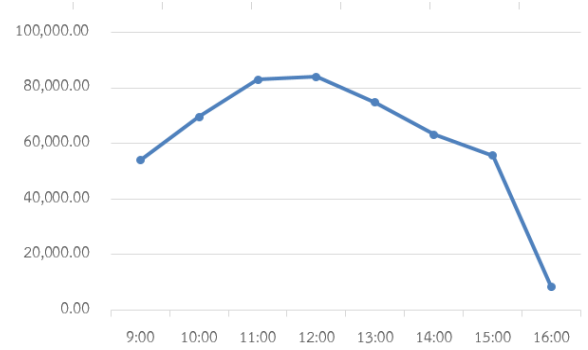
3.1 ผลการสร้าง



รูปที่ 3 ตู้ควบคุม

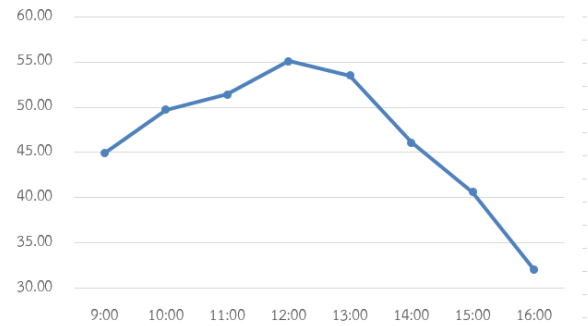
รูปที่ 3 เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้ควบคุมแบ่งเป็นตู้ควบคุม และตู้เก็บแบตเตอรี่

3.2 ผลการทดลอง



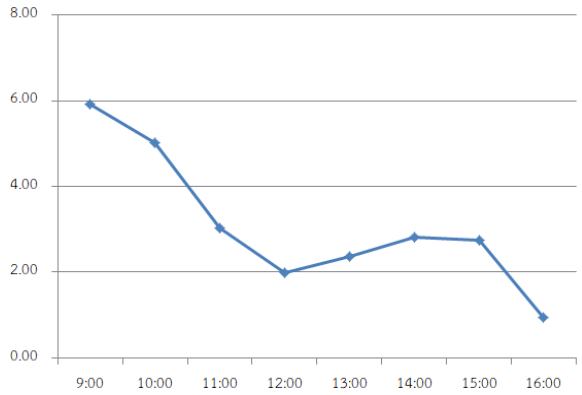
รูปที่ 4 ความสว่างเฉลี่ยแสงอาทิตย์บนแผง (ลักซ์)

จากรูปที่ 4 ค่าความสว่างเฉลี่ยแสงอาทิตย์บนแผงตลอด 3 วัน คือ 61,587.50 ลักซ์



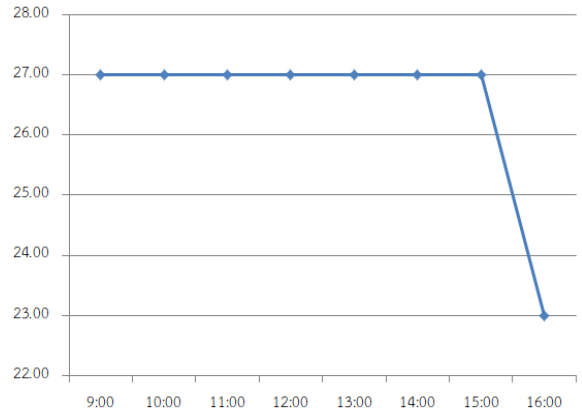
รูปที่ 5 แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยแผงโซล่าเซลล์

จากรูปที่ 5 ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยแผงโซล่าเซลล์ คือ 37.00 โวลต์



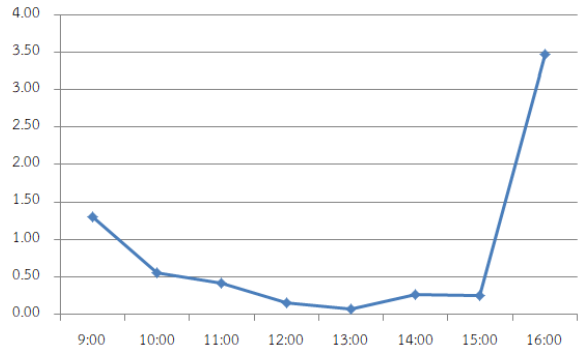
รูปที่ 6 กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยแผงโซล่าเซลล์

จากรูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยรวมของกระแสไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ คือ 3.10 แอมแปร์



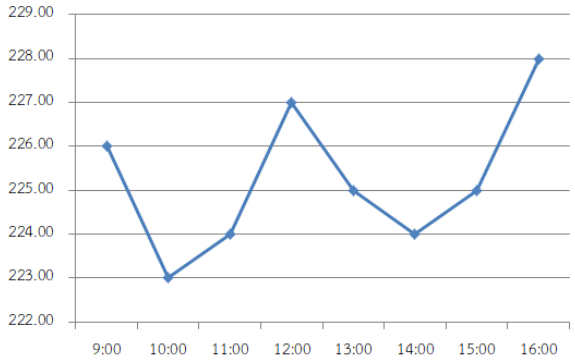
รูปที่ 7 แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยแบตเตอรี่

จากรูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยรวมของแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ คือ 26.50 โวลต์



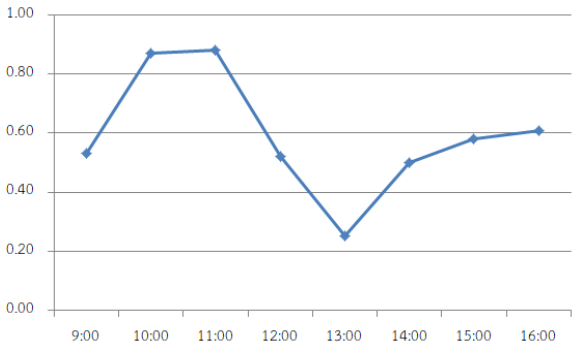
รูปที่ 8 กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยแบตเตอรี่

จากรูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยรวมของกระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ คือ 0.81 แอมแปร์



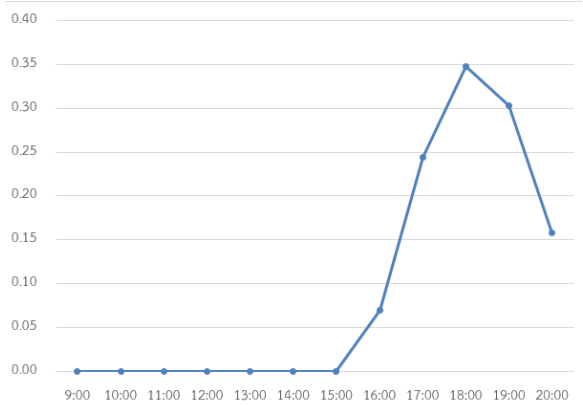
รูปที่ 9 แรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ไฮบริดจ์

จากรูปที่ 9 ค่าเฉลี่ยรวมของแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ไฮบริดจ์คือ 225.25 โวลต์



รูปที่ 10 กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอินเวอร์เตอร์ไฮบริดจ์

จากรูปที่ 10 ค่าเฉลี่ยรวมของกระแสไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ไฮบริดจ์ คือ 0.59 แอมแปร์



รูปที่ 11 จำนวนหน่วยที่ใช้จริง

จากรูปที่ 11 ค่าเฉลี่ยรวมของมีจำนวนหน่วยใช้ไฟฟ้า คือ 0.09 kWh

4. สรุปผล

งานวิจัยเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ อาศัยหลักการออกแบบระบบไฟฟ้าทั่วไป การศึกษาประสิทธิภาพระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ผลจากการวัดค่าแสงสว่างที่กระทบแผงโซล่าเซลล์มีค่าเฉลี่ย 61,587.50 ลักซ์ ค่าเฉลี่ยรวมของกระแสไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ คือ 3.10 แอมแปร์ ทำให้ระบบสามารถจ่ายให้กับโหลดได้ตลอดเวลา และสามารถชาร์จแบตเตอรี่ไปพร้อมๆ กัน โดยช่วงเวลา 9.00–15.00 น. ระบบใช้จ่ายแก่โหลดโดย โซล่าเซลล์และจึงเริ่มใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า

ดังนั้นการหาประสิทธิภาพด้านเทคนิคของระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ ขนาด 561 วัตต์ โดยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิคอินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ขนาด 1,000 วัตต์ สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตลอดช่วง ตลอดเวลา 3 วัน ระบบโซล่าเซลล์กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องระบบโซล่าเซลล์ กรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดจ์ ทำการหาประสิทธิภาพเพียงด้านเทคนิค โดยเก็บข้อมูลด้านไฟฟ้าของระบบ ไม่ได้ทดลองกับผู้ใช้จริงเป็นระยะเวลานาน โหลดที่ใช้เป็นเพียงพัดลม ทำให้ไม่สามารถเห็นผลวิจัยจากมุมมองของผู้ใช้จริงได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรออกแบบตู้ให้เป็นแบบสำเร็จ เนื่องจากผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสะดวกในการทดลอง จึงทำให้มีขนาดเครื่องที่ใหญ่

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณที่ปรึกษางานวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือการพัฒนาและการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554

[2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์: www.egat.co.th/rdo/energy/web-index_pv.htm., 2547 (พ.ศ.2559)

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน: www.dede.go.th (พ.ศ.2559)

[4] ประวิทย์ สุดประเสริฐ, แบตเตอรี่และเครื่องชาร์จ: กองบรรณาธิการหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554

[5] วิชิต มาลาเวช, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, ชุดสาธิตการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน

[6] ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. การออกแบบระบบไฟฟ้า: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์, 2530

[7] อรุณ อินท์สะระ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานโซล่าเซลล์-กังหันลม-เครื่องยนต์ดีเซล ณ อุทยานแห่งชาติตะรุเตา

[8] วรนุช แจ้งส่าง. พลังงานทดแทน: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2551

[9] ผศ.บรรจบ สุขประภาภรณ์, พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบโซล่าเซลล์: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ม.ราชภัฏเชียงราย

[10] รศ.ธานินทร์ ศิลป์จารุ, การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS, พิมพ์ครั้งที่ 9, กรุงเทพฯ, บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี, 2551

เครื่องเขย่าถุงเลือด

Blood collector monitor

ธุรจิฐ ตราชู[1] วรากรณ์ โพธิ์ศรี[1] อรพิน ชาญนำสิน[1] อรทัย สิงห์อุสาหะ[2] วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์[3]
Thurajit Trachu[1] Warakorn Phosri[1] Orapin Channumsin[1] Orathai Singusaha[2] Worapong Tangsrirat[3]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์ อ.เมือง ขอนแก่น 40000
[2] สถาบันมะเร็งแห่งชาติ 268/1 ถ.พระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
[3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กทม.10520
ผู้ติดต่อ : orapin.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการอออกแบบและสร้างเครื่องเขย่าถุงเลือดสำหรับนำไปใช้ในการรับบริจาคเลือด สามารถใช้งานได้สะดวกทั้งภายในและภายนอกสถานที่ โดยตัวเครื่องจะทำการเขย่าถุงเลือดเพื่อป้องกันเลือดเกิดการแข็งตัว และเพื่อรักษาคุณภาพของเลือดเอาไว้ โดยเครื่องเขย่าถุงเลือดที่นำเสนอ ออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกขนาดของถุงเลือดได้ 2 ขนาด คือ ขนาด 350 มิลลิลิตร และขนาด 450 มิลลิลิตร อีกทั้งยังแสดงปริมาตรได้ที่หน้าจอแสดงผลแอลซีดี นอกจากนี้ยังมีสัญญาณเสียงและไฟกระพริบแจ้งเตือน รวมทั้งยังสามารถหยุดเลือดไว้ไม่ให้ไหลเข้าไปยังถุงเลือดเมื่อครบตามปริมาตรที่กำหนดไว้ เครื่องเขย่าถุงเลือดสามารถใช้งานกับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ หรือใช้แบตเตอรี่ภายในตัวเครื่อง อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบาและสะดวกในการเคลื่อนย้ายอีกด้วย

คำหลัก: เครื่องเขย่าถุงเลือด, ไมโครคอนโทรลเลอร์, โหลดเซลล์, มอเตอร์

Abstract

This paper presents the design and implementation of the blood collector monitor for donated blood. The proposed device can be employed to support at both onsite and offsite locations. This device is use of mechanically provide rocking movement to blood and proper mixing with anticoagulants. The design of the proposed device constrains the blood flow from donor when particular limit rised to 350 ml and 450 ml which the volume value of blood bag show on LCD display. Moreover, there are also sound and light alarming functions together with the clamp and stop the rocking movement of plate when weight in blood bag is presented. The proposed device can be used 220 VAC or battery as power source. Besides, it has a lightweight and easy moveable.

Keywords: blood collector monitor, microcontroller, loadcell, motor.

1. บทนำ

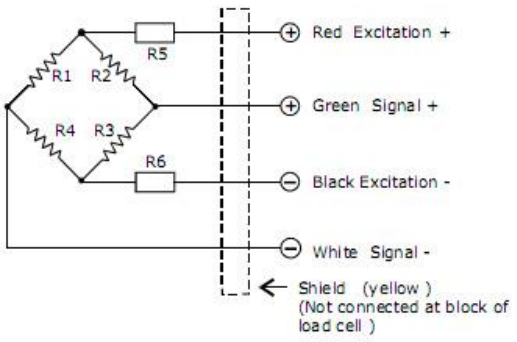
ในการให้บริการด้านการรับบริจาคเลือดทั้งภายในและนอกสถานที่นั้น จำเป็นต้องใช้บุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ทำหน้าที่รับบริจาคเลือด โดยต้องคอยตรวจสอบปริมาตรของเลือดที่แสดงบนเครื่องชั่งน้ำหนัก อีกทั้งยังคอยเขย่าถุงเลือดเพื่อไม่ให้เลือดเกิดการแข็งตัว นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ยังต้องคอยตรวจสอบผู้บริจาคเลือดว่าเกิดอาการผิดปกติในการบริจาคเลือดหรือไม่ ซึ่งพบว่าการทำงานดังกล่าวจำเป็นต้องมีบุคลากรที่คอยดูแลผู้ป่วยในขณะที่ทำการบริจาคเลือดเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งในการเขย่าเลือดอาจไม่สม่ำเสมอจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดก้อนเลือดขึ้นอีกด้วย ถึงแม้ว่าในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องจากต่างประเทศมาช่วยในการทำงาน แต่พบว่าตัวเครื่องนั้นมีราคาค่อนข้างสูงมาก และต้องใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 110 ถึง 220 โวลต์ อีกทั้งมีน้ำหนักมาก จึงไม่เหมาะที่จะนำออกไปใช้ในหน่วยรับบริจาคนอกสถานที่

ดังนั้นบทความที่นำเสนอนี้จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและพัฒนาเครื่องเขย่าถุงเลือดที่ใช้สำหรับรับบริจาคเลือด สามารถนำไปใช้ในหน่วยรับบริจาคนอกสถานที่ได้ เนื่องจากมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีแบตเตอรี่ภายในตัวเครื่อง จึงสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ทำจากวัสดุที่หาง่าย ซึ่งสามารถเลือกขนาดถุงเลือดได้ 2 ขนาด คือ ขนาด 350 มิลลิลิตร และ 450 มิลลิลิตร และแสดงปริมาตรได้ที่หน้าจอแสดงผลแอลซีดี มีสัญญาณแจ้งเตือน รวมทั้งสามารถหยุดเลือดไว้ ไม่ให้ไหลเข้าถุงเลือดเมื่อครบตามปริมาตรที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังมีราคาถูกอีกด้วย

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ (Load cell) [1] เป็นตัวเซนเซอร์ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานสเตรนเกจ (Strain Gage) [1]-[2] เพื่อวัดน้ำหนักหรือแรงกดทับ อุปกรณ์ที่ประยุกต์แล้วเรียกรวมๆว่า โหลดเซลล์ ซึ่งใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากผลของแรงหรือน้ำหนัก โดยทั่วไปมักจะใช้คานเป็นวัสดุยืดหยุ่น และติดสเตรนเกจบนส่วนที่เกิดความเครียด และจะสัมพันธ์โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและปรับระดับสัญญาณโดยบริดจ์ความต้านทานภายในโหลดเซลล์ ในการใช้งานจะต้องใช้แรงเคลื่อนกระตุ้น ขยายสัญญาณและแสดงเอาต์พุตที่พิกัดใช้งานหรือเรียกว่า ความไวในหน่วยมิลลิโวลต์ (mV) ซึ่งหมายถึงแรงเคลื่อนแตกต่างของเอาต์พุตที่ออกจากขาของวงจรบริดจ์ เกิดจากการโหลดเต็มสเกลสำหรับแต่ละโวลต์ที่จ่ายแรงเคลื่อนกระตุ้น โดยโหลดเซลล์ที่ใช้เป็นชนิด Beam ประกอบด้วย สเตรนเกจจำนวน 4 ตัว จะต่อกันเป็นวงจรวีทสโตนบริดจ์ [1] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรวีทสโตนบริดจ์

จากรูปที่ 2.1 สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

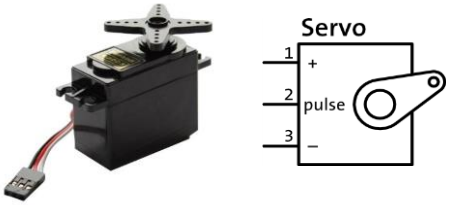
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) - \left(\frac{R_3}{R_3 + R4}\right) \qquad (1)$$

2.2. เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) [3] เป็นมอเตอร์ที่ประกอบไปด้วยชุดเฟือง (Gear) มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) และส่วนควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ที่รวมอยู่ภายในตัวมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2 เซอร์โวมอเตอร์จะทำงานได้ด้วยสัญญาณพัลส์ที่มีคาบความกว้างอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2 มิลลิวินาที (พัลส์บวกหรือลอจิก 1) โดยส่งพัลส์ดังกล่าวห่างกันเป็นระยะเวลา 20 มิลลิวินาที (พัลส์ลบหรือลอจิก 0) การส่งสัญญาณพัลส์ดังกล่าวมีผลให้มอเตอร์หมุน โดยทิศทางการหมุนนั้นจะขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลส์บวก

2.3 บอร์ด Arduino

บอร์ด Arduino [4] ที่นำมาใช้เป็นบอร์ด Arduino Nano ดังรูปที่ 3.3 ออกแบบมาให้มีขนาดเล็กและใช้กับงานทั่วๆไปใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ ATmega168 หรือเบอร์ ATmega328 (มีรุ่น 2.3 กับ 3) โปรแกรมผ่านโปรโตคอล UART มีชิป USB to UART มาให้ ใช้ Mini USB เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีพอร์ตดิจิตอลอินพุตเอาต์พุต 14 พอร์ต มีพอร์ตอนาล็อกอินพุต 8 พอร์ต บนบอร์ดยังมีเรกกูเลเตอร์ สามารถจ่ายไฟได้ตั้งแต่ 7 – 12V เพื่อให้บอร์ดทำงานได้ (จ่ายไฟที่ขา VIN) กรณีมีแหล่งจ่ายไฟ 5V อยู่แล้วก็จ่ายเข้าได้เลยที่ขา 5V



รูปที่ 2 เซอร์โวมอเตอร์และสัญลักษณ์ [3]

3. การออกแบบเครื่องเขย่าถุงเลือด

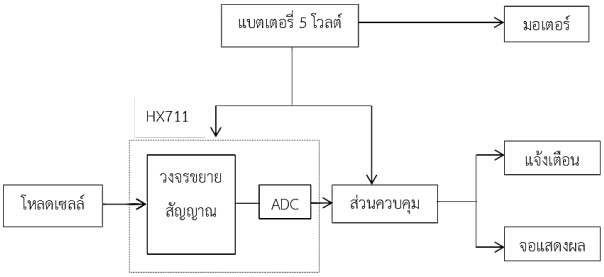
3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องเขย่าถุงเลือด

เมื่อมีแรงกดหรือแรงบิดมากระทำต่อโหลดเซลล์ จะส่งสัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า ผ่านวงจรขยายสัญญาณพร้อมแปลงค่าจากสัญญาณอนาล็อกเป็น

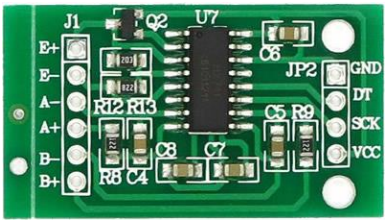
สัญญาณแบบดิจิตอลไปยังส่วนควบคุม เพื่อควบคุมมอเตอร์ การแจ้งเตือน และแสดงผลปริมาตรของเลือดบนหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 3

3.2 การคำนวณน้ำหนักแปลงเป็นค่าของปริมาตรเลือด

การเปรียบเทียบปริมาตรของเลือด ความหนาแน่นของเลือดจะอยู่ที่ประมาณ ในการทำโครงงานนี้ได้คำนวณปริมาตรของน้ำเลือดเปรียบเทียบกับปริมาตรของเลือด [7] เช่น ถ้าน้ำหนัก 100 คิดเป็นปริมาตรของเลือดจะได้ (100/1.06) = 94.34 กรัม



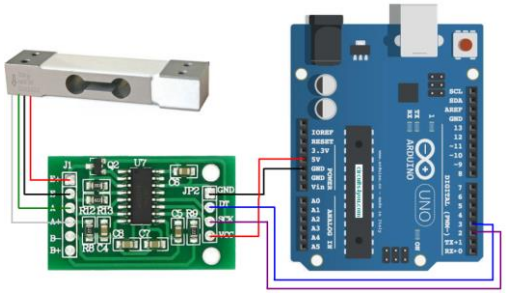
รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมเครื่องเขย่าถุงเลือด



รูปที่ 4 โมดูลขยายสัญญาณ Hx711

3.2 วงจรขยายสัญญาณ

การทำงานของวงจรขยายสัญญาณ วงจรขยายสัญญาณในโครงงานนี้ใช้โมดูลเบอร์ HX711 ดังรูปที่ 4 เพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์ให้กับบอร์ด Arduino เพียงต่อเข้ากับบอร์ด Arduinoก็สามารถอ่านสัญญาณได้ทันที สัญญาณที่อ่านได้นั้นเป็นแบบดิจิตอล 24 bit มีช่องสำหรับต่อเข้ากับโหลดเซลล์ได้โดยตรงสะดวก และใช้แรงดันไฟเลี้ยง 2.6VDC–5.5VDC อีกทั้งยังเป็น ADC (Analog to Digital Converter) ในตัวอีกด้วย โดยการต่อโหลดเซลล์และโมดูลขยายสัญญาณ Hx711 เข้ากับบอร์ด Arduino แสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 การต่อโหลดเซลล์และโมดูลขยายสัญญาณ Hx711 เข้ากับบอร์ด Arduino [6]

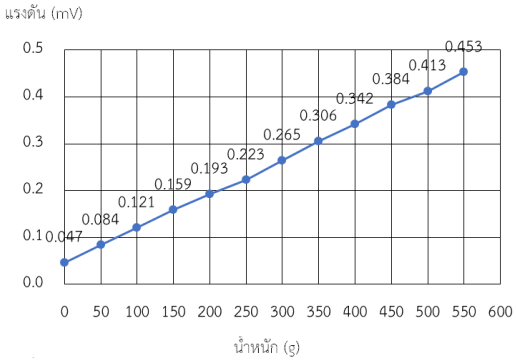
4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการทำงานของโหลดเซลล์

ทำการทดลองค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโหลดเซลล์เทียบกับน้ำหนักค่าต่างๆ โดยใช้ตุ้มมาตรฐาน โครงงานนี้ได้ใช้โหลดเซลล์ที่สามารถรับน้ำหนักได้ 5kg ซึ่งทดลองโดยใช้เครื่องเขย่าถุงเลือดที่ได้อกแบบไว้ดังรูปที่ 6 ผลที่ได้นำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเทียบกับแรงดันเอาต์พุตของโหลดเซลล์จะเป็นดังรูปที่ 7



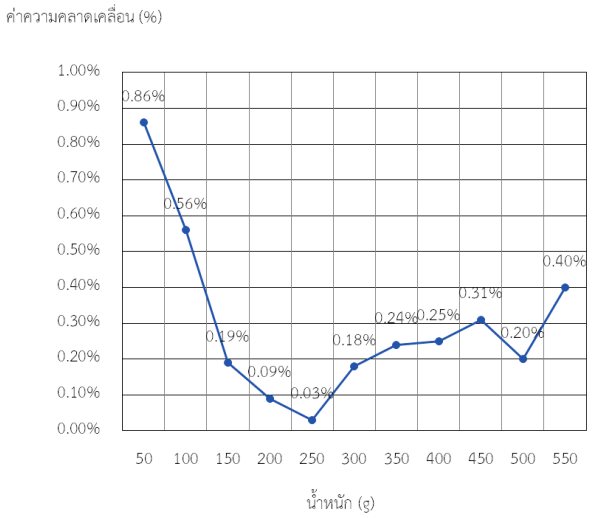
รูปที่ 6 เครื่องเขย่าถุงเลือด [5]



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเปรียบเทียบกับแรงดันเอาต์พุตของโหลดเซลล์ [5]

4.2 การทดลองชั่งน้ำหนักถุงเลือด

ในการทดลองจะใช้ลูกตุ้มมาตรฐานที่มีน้ำหนัก 50g ถึง 550g ซึ่งขณะที่ทำการทดลองได้วางลูกตุ้มมาตรฐานอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากขนานกับพื้น ในการทดลองชั่งน้ำหนักตุ้มมาตรฐานหน่วยที่ได้เป็นกรัม (g) จึงจำเป็นต้องทำการแปลงหน่วยให้เป็นมิลลิลิตร (ml) เนื่องจากปริมาตรถุงเลือดมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร นอกจากนี้ได้ทำการทดลองการทำงานของเครื่องเขย่าถุงเลือดเทียบกับลูกตุ้มมาตรฐานจำนวน 10 ครั้ง และนำผลมาพล็อตกราฟดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งพบค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่า 0.86% ที่น้ำหนัก 50g และค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดมีค่า 0.03% ที่น้ำหนัก 250g ขณะที่น้ำหนัก 350g มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.24% และที่น้ำหนัก 450g มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 0.31%



รูปที่ 8 ค่าความเคลื่อนของน้ำหนักตุ้มมาตรฐาน [5]

ในการเปรียบเทียบปริมาตรของเลือดพบว่าความหนาแน่นของเลือดมีค่าประมาณ 1.06 g/cm^3 [7] โดยพบความคลาดเคลื่อนของเลือดหนึ่งถุงที่สามารถยอมรับได้หรือตามเกณฑ์มาตรฐานด้านการสอบเทียบเครื่องมือแพทย์ คือ ±10% ดังนั้นจากผลการทดลองเครื่องเขย่าถุงเลือดสามารถตรวจวัดน้ำหนักของถุงเลือดขนาดความจุ 350ml และความจุ 450ml ได้ และพบว่ามีความคลาดเคลื่อนตามเกณฑ์มาตรฐาน

4.3 ทดสอบการแจ้งเตือนและการแสดงผลของเครื่องเขย่าถุงเลือด

ผลจากการทดลองชั่งน้ำหนักถุงเลือดทั้ง 2 ขนาด คือ 350ml และ 450ml เมื่อน้ำหนักถุงเลือดได้ตามที่กำหนดจะทำการหนีบสาย (Clamp) เพื่อหยุดเลือดไม่ให้มีเลือดเข้าถุงรับบริจาคเลือด พร้อมทั้งมีไฟแสดงผลกระพริบและเสียงแจ้งเตือน นอกจากนี้มีการแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง และปริมาตรที่ได้บนจอแอลซีดี โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 โดยทำการทดลองจำนวน 10 ครั้ง ซึ่งผลที่ได้ไม่พบความคลาดเคลื่อนในการทดลอง หรือมีค่าความแม่นยำ 100%

ตารางที่ 1 การแจ้งเตือนและการแสดงผลของเครื่องเขย่าถุงเลือด เมื่อน้ำหนักถุงเลือดได้ตามที่กำหนด

ลำดับการทดลอง	ความจุ 350 มิลลิลิตร (มากกว่าหรือเท่ากับ 350 มิลลิลิตร)				ความจุ 450 มิลลิลิตร (มากกว่าหรือเท่ากับ 450 มิลลิลิตร)			
	ไฟสถานะ	เสียงเตือน	แสดงผล	Clamp	ไฟสถานะ	เสียงเตือน	แสดงผล	Clamp
1	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
2	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
3	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
4	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
5	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
6	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
7	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
8	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
9	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ
10	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ	กระพริบ	ดัง	ตรง	หนีบ

เมื่อ	กระพริบ	คือ	ไฟสถานะจะมีการกระพริบเมื่อปริมาตรของเลือดได้ตามปริมาตรที่กำหนด
	ดัง	คือ	จะมีเสียงแจ้งเตือนดังเป็นจังหวะเมื่อปริมาตรเลือดได้ตามที่กำหนด
	ตรง	คือ	การแสดงปริมาตร และสถานะการทำงานของเครื่องดังแสดงบนจอแสดงผล
	หนีบ	คือ	จะมีเสียงแจ้งเตือนดังเป็นจังหวะเมื่อปริมาตรเลือดได้ตามที่กำหนด

5 สรุปผลการทดลอง

บทความนี้มีนำเสนอเครื่องเขย่าถุงเลือดพร้อมทั้งสามารถชั่งน้ำหนักปริมาตรถุงเลือดได้ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220V หรือสามารถใช้แบตเตอรี่ภายในเครื่อง 5V ซึ่งเครื่องเขย่าถุงเลือดนี้สามารถเลือกปริมาตรได้ 2 ขนาด คือ 350ml และ 450ml ครั้งละ 1 ถุง และแสดงผลบนจอแอลซีดี โดยขณะที่รับบริจาคเลือดเครื่องจะเขย่าถุงเลือดตลอดเวลาด้วยความเร็วประมาณ 30 รอบต่อนาที เมื่อน้ำหนักถุงเลือดได้ตามที่กำหนดจะ Clamp สายรับบริจาคเลือดเพื่อหยุดรับเลือดเข้าถุงรับบริจาคเลือด พร้อมทั้งมีไฟกระพริบและเสียงแจ้งเตือน จากการทดลองชั่งน้ำหนักถุงเลือดโดยใช้น้ำหนักของลูกตุ้มมาตรฐานแทนปริมาตรถุงเลือด พบว่ามีความ

คลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.30% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนางานสร้างสรรค์สู่งานวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี งบประมาณรายได้ ประจำปี 2561 ประจำปีการศึกษา 2560 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ผศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. 2556. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ทฤษฎีและการประยุกต์ในระบบการวัดและระบบควบคุม. พิมพ์ครั้งที่ 9 สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[3] การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) แหล่งที่มา http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/บทความตัวอย่างการควบคุม-rc-servo-motor-ด้วย-arduino.html

[4] การติดตั้ง Arduino IDE. แหล่งที่มา https://netpie.gitbooks.io/nodemcu-esp8266-on-netpie/content/chapter1.html. (วันที่ค้นหา: 14 กันยายน 2560)

[5] ธุรจิฐ ตราชู และ วรากรณ์ โพธิ์ศรี, เครื่องเขย่าถุงเลือด ปริญญานิพนธ์ 2561. วศ.บ. อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[6] การใช้งานของโหลดเซลล์ และ HX711 Amplifier Module แหล่งที่มา http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-loadcell- and-hx711-amplifier-module.html (วันที่ค้นหา : 9ตุลาคม 2560)

[7] ขนิษฐา สุตพันธ์ และ มงคล มงคลวงศ์โรจน์, การจำลองเชิงคำนวณของการไหลในหลอดเลือดตีบ และหลอดเลือดบายพาส วิศวกรรมสาร มก. 2552. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อุปกรณ์แจ้งเตือนการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุ

Fall Detection Device for the Elderly

ฤทธิเกียรติ ศิริแก้วเลิศ[1], อินทิวานนท์ อุ่นทะวงษ์[1], จิรพันธ์ พิมพล[1], อรพิน ชาญนำสิน[1] และอรทัย สิงห์อุสาหะ[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
[2]สถาบันมะเร็งแห่งชาติ
268/1 ถ.พระราม6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
e-mail: jirapun.pi@rmuti.ac.th, orapin.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุ อุปกรณ์ตรวจสอบการลื่นล้มที่นำเสนอสามารถตรวจสอบการลื่นล้มด้วยเซนเซอร์วัดความเร่ง เซนเซอร์วัดความเอียง และประมวลผลสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อตรวจสอบแล้วหากพบว่ามีการหกล้มหรือลื่นล้ม จะทำการส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของบุคคลที่ดูแลทันทีด้วยระบบอัตโนมัติ นอกจากนี้อุปกรณ์ดังกล่าวยังมีฟังก์ชันกึ่งอัตโนมัติเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง โดยผู้ใช้งานสามารถกดปุ่มเพื่อส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของบุคคลผู้ดูแลได้อีกด้วย ซึ่งอุปกรณ์ตรวจสอบการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุนี้ ยังออกแบบให้สามารถใช้งานจากแบตเตอรี่ภายในตัวเครื่อง มีน้ำหนักเบาพกพาสะดวก เพื่อไม่เป็นอุปสรรคในการดำเนินชีวิตประจำวัน

คำหลัก: ผู้สูงอายุ, การลื่นล้ม, โทรศัพท์เคลื่อนที่

Abstract

The objective of this paper is to design and create fall detection for device the elderly. The proposed device presents the design of the fall detection sensor by accelerometer, on signal processing with microcontroller. This device detects falls of oldder adult, it sends alert call to mobile phone of a caregiver, with automatic system. Moreover, the proposed device has manual function and this function sends alert call to mobile phone when a user pushs switch. This device can be use battery as power source. In addition, it has a light weight for convenient in daily life.

Keywords: the elderly, fall detection, mobile phone

1. บทนำ

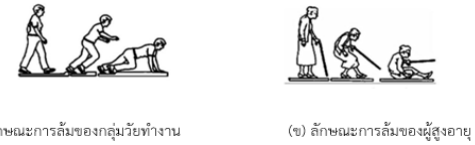
ในปัจจุบันคนไทยเสียชีวิตจากการพลัดตกหรือหกล้ม สูงถึงปีละ 1,600 คน ซึ่ง 1 ใน 3 ของจำนวนที่หกล้มนั้นเป็นผู้สูงอายุ อีกทั้งการหกล้มหรือลื่นล้มของผู้สูงอายุนั้นยังเกิดผลที่ตามมาคือการพิการและเสียชีวิต ดังนั้นเมื่อมีระบบการตรวจสอบการหกล้มและระบบระบุตำแหน่งจะส่งผลให้สามารถลดผลที่ตามมาจากหกล้มหรือลื่นล้มของผู้สูงอายุได้ เนื่องจากระบบจะทำการตรวจสอบการลื่นล้มของผู้สูงอายุ เมื่อระบบตรวจพบการลื่นล้มแล้วระบบจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนและระบุตำแหน่งของผู้สูงอายุให้กับบุคคลที่คอยดูแลหรือลูกหลาน ทำให้บุคคลที่คอยดูแลหรือลูกหลานสามารถเข้าไปให้การช่วยเหลือหรือนำตัวส่งโรงพยาบาลเพื่อพบแพทย์ได้ทันท่วงที อุปกรณ์การระบุตำแหน่งภายในที่อยู่อาศัยและอุปกรณ์ตรวจสอบการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุนั้น จำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ประเภทเซนเซอร์ (Sensor) ต่างๆเพิ่มขึ้นมา ซึ่งส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันอุปกรณ์สำหรับส่งสัญญาณอินเตอร์เน็ตประเภท Router ถือได้ว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ติดตั้งมาภายในที่อยู่อาศัยอยู่แล้ว และสมาร์ทโฟนยังเป็นที่นิยมและมีใช้กันเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของสมาร์ทโฟนก็คือ มี

เซนเซอร์วัดความเร่ง (Gyro sensor) ภายในตัว ทำให้สามารถตรวจสอบการลื่นล้มได้

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การล้มในลักษณะต่างๆและปัจจัยเสี่ยงของการล้ม

การล้มพบประมาณ 1 ใน 3 ของผู้สูงอายุ (ผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป) แต่การเกิดอุบัติเหตุที่รุนแรงถึงขั้นทำให้เกิดกระดูกหักจะพบเพียง ร้อยละ 3-5 ของการล้มทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการล้มขึ้นผลที่ตามมาก็คือ ตัวของผู้สูงอายุจะกลัวการล้มครั้งต่อไป ทำให้ไม่ยอมเดินหรือเดินน้อยลง ปัญหาที่ตามมาจึงเกิดความเสื่อมของข้อกระดูก ฯลฯ จากการไม่ใช้งานได้เช่นกัน จากงานวิจัยทางการแพทย์พบว่าตำแหน่งที่กระดูกหักจากการล้มได้บ่อย สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มตามลักษณะการล้มซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวเนื่องกับอายุได้แก่

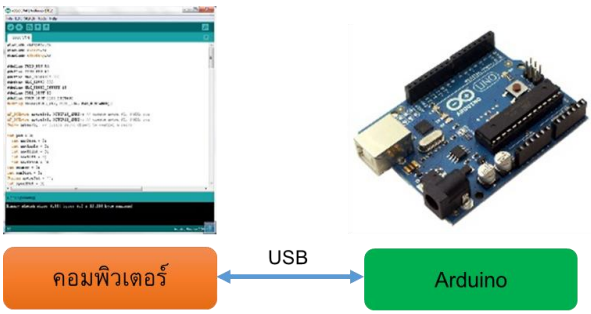


(ก) ลักษณะการล้มของกลุ่มวัยทำงาน (ข) ลักษณะการล้มของผู้สูงอายุ

รูปที่ 1 ลักษณะการล้มของคน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

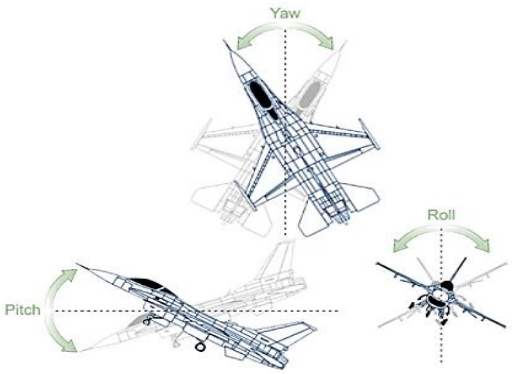
Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ซึ่งถูกสร้างมาจาก Controller ตระกูล ARM ของ ATMEL ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดคือเรื่องของ Open Source ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่างๆได้ และความสามารถในการเพิ่ม Boot Loader เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การ Upload Code เข้าตัวบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้นและ ยังมีการพัฒนา Software ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ดของ Arduino มีลักษณะเป็นภาษา C++



รูปที่ 2 การเชื่อมต่อ Arduino กับคอมพิวเตอร์

เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer

เซนเซอร์วัดความเร่ง พบการใช้งานอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอุปกรณ์โทรศัพท์ประเภทสมาร์ทโฟน เช่น Iphone, Samsung galaxy เป็นต้น ทั้งนี้อุปกรณ์ดังกล่าวนอกจากเป็นอุปกรณ์วัดความเร่งแล้วยังสามารถวัดความเอียงได้อีกด้วย สำหรับตระกูล ADXL345 สามารถวัดความเร่ง ความเร็วเชิงมุม สนามแม่เหล็ก สามารถวัดความเร่งได้ทั้ง 3 แกน คือ X Y Z สำหรับหัวข้อโครงงานเพื่อหาค่าการเอียงหรือแจ้งเตือนการล้มจึงเลือกใช้โมดูล GY-291 การคำนวณค่า roll และ pitch จากเซนเซอร์วัดความเร่ง



รูปที่ 3 ลักษณะการเอียงแต่ละแบบ

วิธีคำนวณ roll และ pitch นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของ accelerometer ในที่นี้เราจะอ้างถึงตระกูล ADXL345 เนื่องจากมี library ช่วยแปลงค่าสัญญาณ analog ที่อ่านได้จาก accelerome ter ให้อยู่ในรูปของแรง “g” (หรือความเร่ง) ถ้าไม่ใช้ library นี้เราก็จะต้องเขียนโปรแกรมในส่วนของการแปลงนี้เองโดยใช้สูตร

$$G_{acc} = Raw_{acc} \cdot \frac{Range}{2^{resolution-1}} \qquad (1)$$

โดยที่ค่า range และ resolution เป็นค่าเฉพาะของแต่ละ accelerometer สำหรับ ADXL345 ค่าทั้งสองนี้ คือresolution = 10-bit และ Range = +-2 g

โดยทั่วไปค่าความเร่งที่วัดได้ในแต่ละแกน (Xg, Yg, Zg) จะมีสัญญาณรบกวนผสมอยู่จึงควรทำการลดปริมาณสัญญาณรบกวนนี้ออกไปก่อนบ้าง โดยใช้ Low-Pass Filter ซึ่ง implement ได้ดังนี้

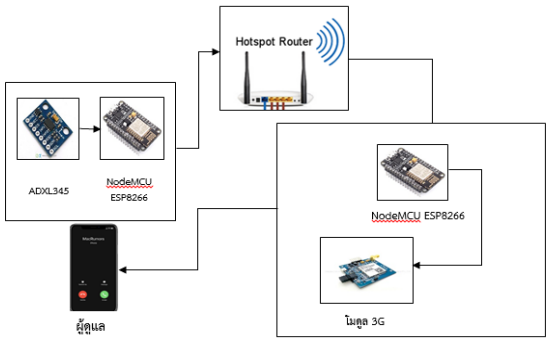
$$y(k) = \alpha \cdot x(k) + (1-\alpha) \cdot y(k-a) \quad (2)$$

หลังจากที่ได้ความเร่งที่ถูก filter ของทั้ง 3 แกนมา (fXg, fYg, fZg) เราสามารถคำนวณ หา pitch และ roll ได้ดังนี้

$$pitch = \arctan\left(\frac{fYg}{\sqrt{fX_g^2 + fZ_g^2}}\right), \quad (3)$$

$$roll = \arctan\left(\frac{-fX_g}{fZ_g}\right)$$

3. วิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 4. บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์แจ้งเตือนการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุ

การเลือกค่า Threshold

เมื่อทำการทดสอบการล้มทั้ง 4 ท่า สามารถหาค่าเฉลี่ย Threshold ได้จากสมการ ซึ่งพบว่าในช่วงเวลาใดๆ หากค่าความเร่งมีค่ามากกว่า Threshold แสดงว่ามีการลื่นล้มเกิดขึ้น

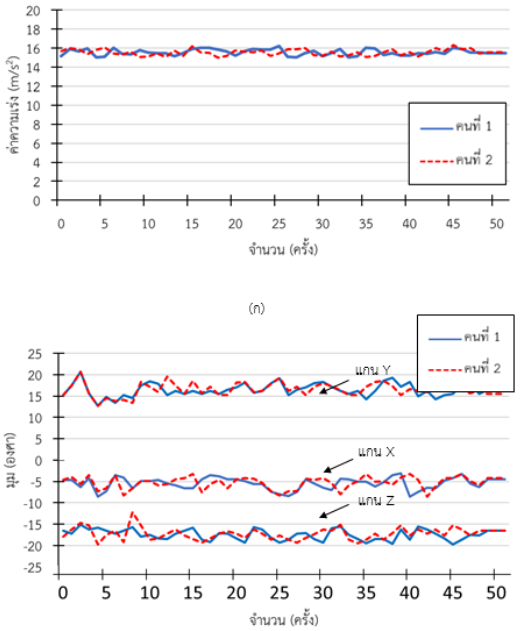
$$Threshold = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \quad (4)$$

โดยที่ *Threshold = ค่าเฉลี่ยความเร่งในการล้ม, X_i = ค่าความเร่งขณะล้มในแต่ละครั้ง, N = จำนวนครั้งที่ล้ม*

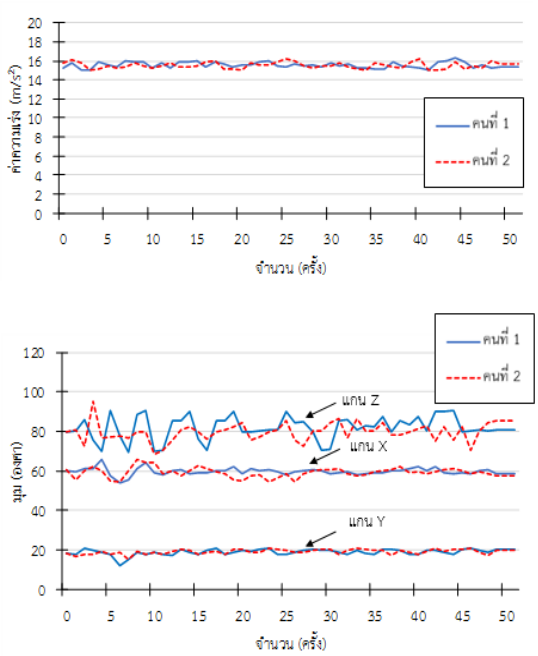
ภาคส่งทำการส่งค่าความเร่งจากฮาร์ดแวร์ที่ประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดค่าความเร่งของทั้ง 3 แกนเชื่อมต่อกับ Nodemcu ESP8266 โดยส่งผ่าน Nodemcu ESP8266 ตัวที่เป็น Router การประมวลผลจะทำการประมวลผลผ่านโปรแกรมที่สร้างไว้ ใน Arduino โดยใช้ค่า Threshold ในการเปรียบเทียบและประมวลผล ภาครับจะทำการรับค่าจาก Nodemcu ESP8266 ที่ต่อใช้งานกับโมดูล 3G เพื่อจะทำการแจ้งเตือนโดยโทรเข้าโทรศัพท์มือถือของผู้ดูแลในกรณีที่มีการลื่นล้มเกิดขึ้น

4. ผลการทดสอบ

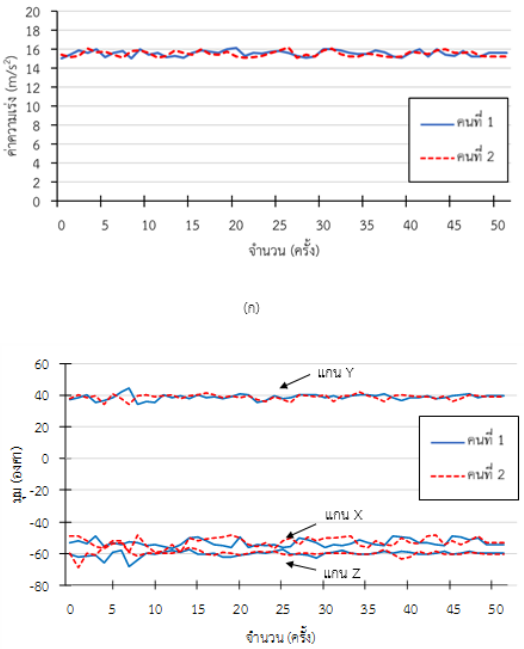
ทำการทดสอบโดยตรวจสอบพฤติกรรมการลื่นล้มทั้งหมด 4 ท่า ประกอบด้วย การล้มไปข้างหน้า ล้มไปข้างหลัง ล้มไปทางซ้าย และล้มไปทางขวา โดยมีอาสาสมัครทำการทดสอบ 2 คน โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ระบบคือ ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติและระบบกดปุ่มแจ้งเตือนด้วยตนเอง สามารถแสดงค่าความเร่งและมุมที่ได้จากการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง



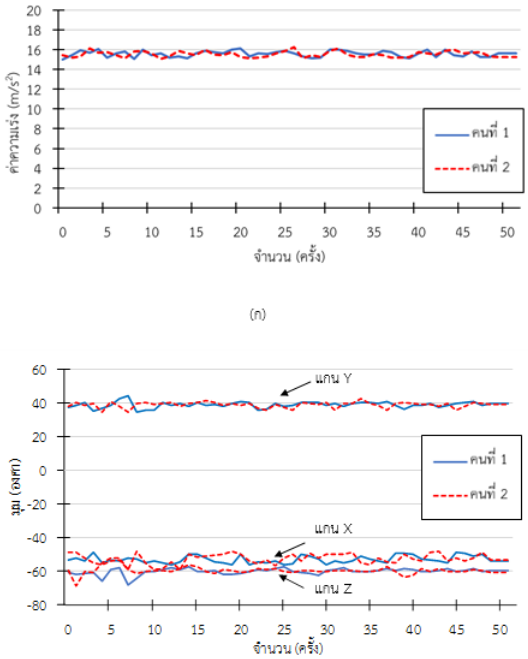
รูปที่ 5. ทดสอบการล้มไปด้านหน้า



รูปที่ 6. ทดสอบการล้มไปด้านหลัง

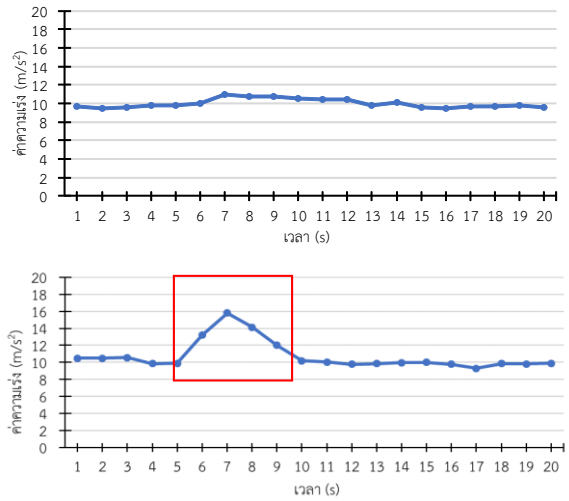


รูปที่ 7 ทดสอบการล้มไปด้านซ้าย



รูปที่ 8 ทดสอบการล้มไปด้านขวา

จากการทดสอบอุปกรณ์การแจ้งเตือนการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุจะพบว่า การแจ้งเตือนด้วยระบบอัตโนมัติโดยทำการเลือกใช้ค่า Threshold ให้มีความเหมาะสม จะทำให้อุปกรณ์ตรวจสอบที่นำเสนอเกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และผลการทดสอบการแจ้งเตือนด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติหรือด้วยการกดปุ่ม พบว่ามีค่าความแม่นยำในการส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล 100% เมื่อกล่าวถึงพฤติกรรมการลื่นล้มทั้งหมดที่ได้ทำการทดสอบไปแล้วนั้น ซึ่งทำการทดสอบโดยอาสาสมัครจำนวน 2 คน ที่มีรูปร่าง น้ำหนักและความสูงแตกต่างกัน ซึ่งพบว่ารูปร่าง น้ำหนักและความสูงของอาสาสมัครทั้ง 2 คน ไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งและมุมในขณะที่มีการล้ม โดยผลของค่าความเร่งและมุมที่ได้จากอาสาสมัครมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน



รูปที่ 9. ค่าความเร่งขณะเดินปกติและขณะล้ม

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบการลื่นล้มสำหรับผู้สูงอายุ สามารถแบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบอัตโนมัติ และระบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สามารถกดปุ่มแจ้งเตือนด้วยตัวเอง ซึ่งระบบดังกล่าวจะแบ่งอุปกรณ์เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ กล่องภาครับและกล่องภาคส่ง โดยกล่องภาคส่งจะติดตั้งไว้บริเวณเอวของผู้ใช้งาน และในกรณีที่มีการลื่นล้มเกิดขึ้น กล่องภาคส่งจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังกล่องภาครับ เพื่อทำการแจ้งเตือนด้วยการโทรศัพท์ไปยังบุคคลที่ดูแลต่อไป จากหลักการทำงานดังกล่าว ผู้จัดทำจึงได้ทำการทดสอบการลื่นล้มด้วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งพบว่า ในการทดสอบโดยอาสาสมัครจำนวน 2 คน ที่มีรูปร่างน้ำหนักและความสูงแตกต่างกัน ดังนั้นค่าความเร่งและมุมที่ได้จากการลื่นล้มในแต่ละท่าจึงมีค่าแตกต่างกัน และการทดสอบด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนทุกครั้งที่ทำการกดปุ่ม ซึ่งไม่พบความคลาดเคลื่อนหรือมีความแม่นยำ 100%

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับงบการสนับสนุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ในโครงการพัฒนางานสร้างสรรค์สู่งานวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี งบประมาณรายได้ ประจำปี 2561

7. เอกสารอ้างอิง

[1] จันทนิภา กาญจนนพวงศ์ และกรชนก พุทธะ. 2556. ระบบตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน. วารสารวิชาการและงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] ธีรศักดิ์ โชติกวณิชย์. 2555. ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับตรวจจับการล้มขณะอาบน้ำด้วยกล้องที่รักษาความเป็นส่วนตัว. พิมพ์ครั้งที่ 1 วารสารวิชาการและงานวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[3] นิพา ศรีช้าง. 2560. การพยากรณ์พลัดตกหกล้มของผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560-2564. พิมพ์ครั้งที่ 1 วารสารวิชาการและงานวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[4] นิติกร ดรกันยา. 2555. การสำรวจความรุนแรง และความถี่ของการล้ม ของผู้สูงอายุตามสถานที่ ต่างๆในวัดภายในเขตจังหวัดนครราชสีมา. พิมพ์ครั้งที่ 1 วารสารและงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[5] สิต กุลเกษม และสุวรรณา รัศมีขวัญ. 2558. การตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุในห้องพักในบ้านพักคนชรา. พิมพ์ครั้งที่ 1 วารสารวิชาการและงานวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา

[6] การใช้งาน NodeMCU. [ออนไลน์]. เข้าได้จาก https://legacy.gitbook.com/@netpie. (วันที่ค้นหา : 22 ธันวาคม 2560)

[7] การติดตั้ง Arduino IDE. [ออนไลน์]. เข้าได้จาก https://netpie.gitbooks.io/nodemcu-esp8266-on-netpie/content/chapter1. html. (วันที่ค้นหา : 20 ธันวาคม 2560)

ระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยเสียงพูด

Voice operated home appliance control system

สุรัฐ เพชรน้อย[1], ขจรยศ สกุลวงศกร[1], จิรพันธ์ พิมพล[1], อรพิน ชาญนำสิน[1] และอรทัย สิงห์อุสาหะ[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
[2]สถาบันมะเร็งแห่งชาติ
268/1 ถ.พระราม6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
e-mail: jirapun.pi@rmuti.ac.th, orapin.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีการสร้างระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยคำสั่งเสียง เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้พิการและผู้สูงอายุที่เคลื่อนไหวร่างกายได้ลำบาก โดยระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยเสียงพูด จะใช้การสั่งงานด้วยเสียงผ่านระบบ Android และส่งไปยัง NodeMCU ESP8266-12E ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมการทำงานของระบบผ่านระบบ WIFI โดยการโปรแกรมคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลสัญญาณ ทำให้สามารถควบคุมการเปิดหรือปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 3 อย่าง คือ หลอดไฟ พัดลม และโทรทัศน์ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบสถานะการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: ผู้พิการและผู้สูงอายุ, เสียงพูด, WIFI

Abstract

This paper is intended to create Voice operated home appliance control system. To accommodate the disabled and the elderly are physically active. The Voice operated home appliance control system use Android voice commands and send them to NodeMCU ESP8266-12E. The microcontrollers that control the system via WIFI. Programming the command to the microcontroller. To perform the signal processing. It can control the opening or closing of electrical appliances, such as light fans and televisions. It also monitors the status of home appliances using the Android operating system.

Keywords: the disabled and the elderly, voice operated, WIFI

1. บทนำ

ในปัจจุบันสังคมและรูปแบบการดำเนินชีวิตได้เปลี่ยนไปจากอดีต มีการพัฒนาไปเรื่อยๆจนปัจจุบันเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากเมืองอุตสาหกรรม ไปเน้นทางด้านเทคโนโลยีมากขึ้น เพื่อให้รูปแบบการดำเนินชีวิตสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ระบบอัตโนมัติจึงเริ่มมีบทบาทในสังคม มีผู้คนให้ความสนใจเป็นจำนวนมากสังเกตได้จากสิ่งต่างๆรอบตัว เริ่มเกี่ยวข้องกับระบบอัตโนมัติมากขึ้น มีกระบวนการคิด การตัดสินใจโดยไม่จำเป็นต้องมีบุคลากรมาควบคุม เช่น ประตูที่เปิดปิดอัตโนมัติเมื่อมีคนเดินเข้าหรือออก เครื่องป้องกันและส่งสัญญาณกันขโมย หรือจะเป็นหลอดไฟที่สามารถติดได้เองเมื่อเวลามืด และอื่นๆอีกมากมายการใช้คำสั่งเสียงในการสั่งการระบบอัตโนมัตินั้นเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน เนื่องจากโดยปกติเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ภายในบ้านผู้ใช้จะต้องกดปุ่มสวิทช์เพื่อทำการเปิดหรือปิดด้วยตนเอง ซึ่งหากมีระบบที่สามารถเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียง ก็จะสามารถอำนวยความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้ได้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มผู้พิการทางมือหรือขาและผู้สูงอายุที่เคลื่อนไหวร่างกายได้ลำบากก็จะสามารถใช้งาน

เครื่องใช้ไฟฟ้าได้สะดวกขึ้น จึงเป็นที่มาในการสร้างระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยเสียง

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บอร์ด NodeMCU ESP8266-12E

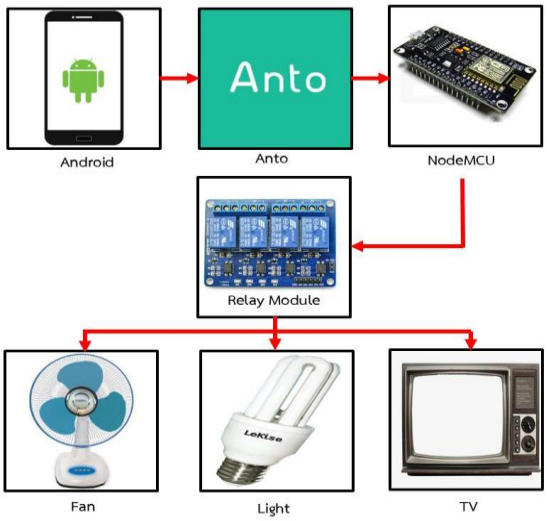
แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตนั่นเอง ซึ่งการใช้งานโดยรวมของ NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมาก โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi



รูปที่ 1. บอร์ด NodeMCU ESP8266-12E

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ เน็ตบุ๊ก ทำงานบนลินุกซ์ เคอร์เนล เริ่มพัฒนาโดยบริษัทแอนดรอยด์ (อังกฤษ: Android Inc.) จากนั้นบริษัทแอนดรอยด์ถูกซื้อโดยกูเกิล และนำแอนดรอยด์ไปพัฒนาต่อ ภายหลังถูกพัฒนาในนามของ Open Handset Alliance[2] ทางกูเกิลได้เปิดให้นักพัฒนาสามารถแก้ไขโค้ดต่างๆ ด้วยภาษาจาวา และควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางชุด Java libraries ที่กูเกิลพัฒนาขึ้น โดยแอนดรอยด์ (Android) ถูกตั้งชื่อเลียนแบบหุ่นยนต์ในเรื่อง สตาร์วอร์ส ที่ชื่อดรอยด์ ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมาเลียนแบบมนุษย์เป็นซอฟท์แวร์ระบบปฏิบัติการที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อนหรือแบบสแต็ก (Stack) โดยใช้ลินุกซ์ เคอร์เนล(Linux Kernel) เป็นพื้นฐานของระบบ และใช้ภาษา Java ในการพัฒนา มี Android SDK เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ อีกทีหนึ่ง โดยระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ เริ่มพัฒนาเมื่อปี พ.ศ. 2550 โดยบริษัทแอนดรอยด์ร่วมกับ Google เมื่อปี พ.ศ. 2550 ได้มีการร่วมมือกันกว่า 30 บริษัทชั้นนำเพื่อพัฒนาระบบ



รูปที่ 2. การเชื่อมต่อ Arduino กับระบบปฏิบัติการ

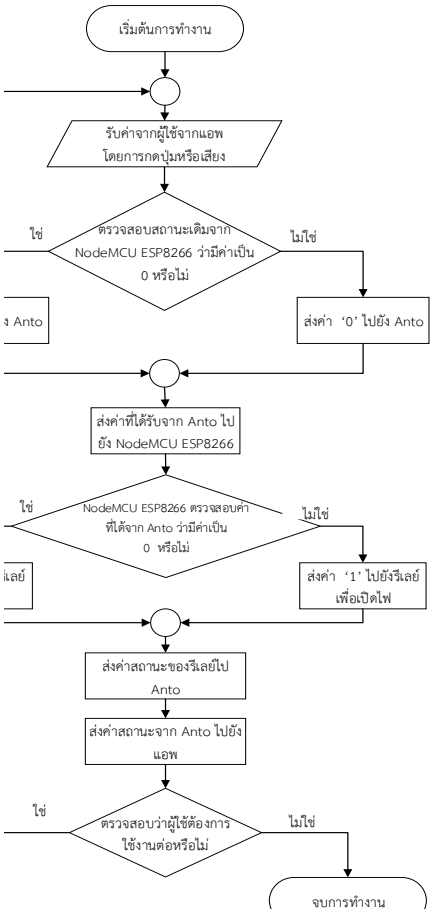
3. วิธีการดำเนินงาน

ในส่วนของการออกแบบแอปพลิเคชั่นจะมีแผนผังการทำงานของแอปพลิเคชั่นซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3. จะใช้การเขียนแอปพลิเคชั่นบนเว็บไซต์ Thunkable ซึ่ง Thunkable ใช้หลักการเขียนโปรแกรมแบบ Visual Programming Language ซึ่งเป็นแนวทางการเขียนโปรแกรมรุ่นใหม่ เน้นความง่ายต่อการเขียนโดยใช้การต่อบล็อกแบบเลโก้ โดยยังรักษาหลักการเขียนโปรแกรมทุกอย่าง จึงเหมาะสำหรับมือใหม่ที่สนใจด้านการเขียนโปรแกรม แอปพลิเคชั่นที่ใช้ควบคุมระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยเสียงพูด ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ

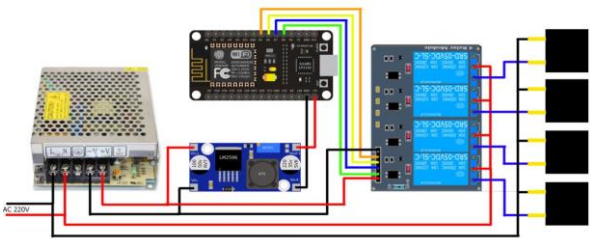
3.1. อินเตอร์เฟสของแอปพลิเคชั่น
3.2. การตั้งค่าแอปพลิเคชั่น
3.3. การเขียนแอปพลิเคชั่น

3.4. การรับและส่งค่าจาก Anto

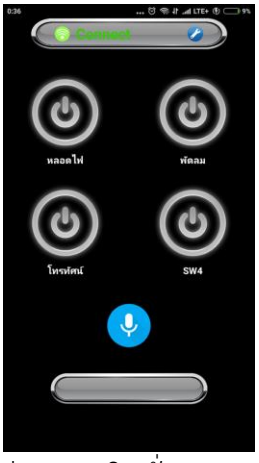
3.5. การเขียนโปรแกรมควบคุม NodeMCU ESP 8266



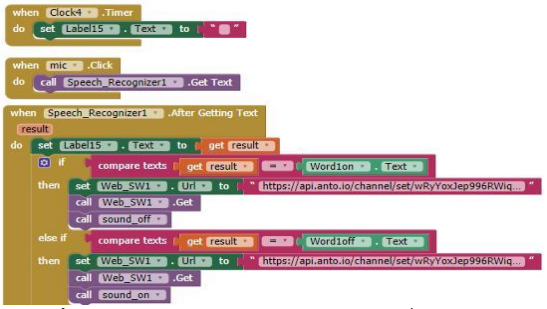
รูปที่ 3. แผนผังการทำงานของระบบ



รูปที่ 4. การต่ออุปกรณ์ของระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยเสียงพูด



รูปที่ 5 หน้าต่างแอปพลิเคชั่นแสดงสถานะปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 6 การเขียนโปรแกรมควบคุมคำสั่งด้วยเสียง

4. ผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างวงจรระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วยเสียงพูดเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการทดสอบว่าระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมานั้น มีความสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ สำหรับการการทดสอบระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามขอบเขตการทำงานที่ได้กำหนดไว้คือ สามารถสั่งการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้จำนวน 3 ชนิด คือ หลอดไฟ พัดลม ทีวี สามารถเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยแอปพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สามารถเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ด้วยคำสั่งเสียง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการทำงานของระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงพูดมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงพูด

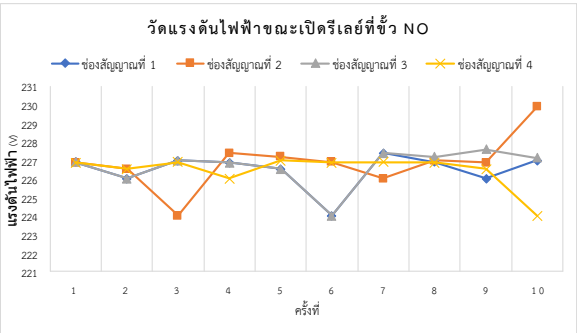
รายการ	จำนวน
โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	1 เครื่อง
กล่องเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงพูด	1 เครื่อง
หลอดไฟ	1 หลอด
พัดลม	1 เครื่อง
โทรทัศน์	1 เครื่อง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อกล่องเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
2. เปิดสวิตช์กล่องเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า
3. เชื่อมต่อกล่องเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้ากับสัญญาณ Wi-fi
4. ผู้ใช้ป้อนคำสั่งผ่านแอปพลิเคชั่นในโทรศัพท์มือถือไปที่กล่องเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 2 ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดรีเลย์ที่ขั้ว NO

ครั้งที่	ช่องสัญญาณที่ 1		ช่องสัญญาณที่ 2		ช่องสัญญาณที่ 3		ช่องสัญญาณที่ 4	
	NC (V)	NO (V)	NC (V)	NO (V)	NC (V)	NO (V)	NC (V)	NO (V)
1	0	226.9	0	226.89	0	226.9	0	226.89
2	0	226.01	0	226.54	0	226.01	0	226.54
3	0	227	0	224	0	227	0	226.9
4	0	226.89	0	227.4	0	226.89	0	226.01
5	0	226.54	0	227.2	0	226.54	0	227
6	0	224	0	226.9	0	224	0	226.89
7	0	227.4	0	226.01	0	227.4	0	226.9
8	0	226.9	0	227	0	227.2	0	226.89
9	0	226.01	0	226.89	0	227.6	0	226.54
10	0	227	0	226.9	0	227.14	0	224



รูปที่ 7 ผลการทดลองระบบเปิดปิดโทรทัศน์ด้วยเสียงพูด

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการทำงานของรีเลย์ด้วยการสั่งงานด้วยเสียงผ่านแอปพลิเคชั่น

ครั้งที่	ช่องสัญญาณที่ 1		ช่องสัญญาณที่ 2		ช่องสัญญาณที่ 3		ช่องสัญญาณที่ 4	
	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ = สามารถเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ ✕ = ไม่สามารถเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการทำงานโดยคนจำนวน 3 คน และแต่ละคนทดสอบคนละ 10 ครั้ง ด้วยการสั่งงานด้วยเสียงผ่านแอปพลิเคชั่น

ครั้งที่	คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3	
	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓สามารถเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ ✕ไม่สามารถเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

5. สรุปผลการทดลอง

จากขอบเขตในการสร้างระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงพูดโดยควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าจำนวน 3 ชนิด คือ หลอดไฟ โทรทัศน์ และพัดลม ด้วยการควบคุมผ่านแอปพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการดำเนินโครงงานนี้พบว่า ระบบเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยเสียงพูดสามารถควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยการกดปุ่มคำสั่งผ่านแอปพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และสามารถแสดงสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าในขณะนั้นได้ ซึ่งการควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าจากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นี้ จะสามารถอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันของผู้พิการทางมือหรือขารวมไปถึงกลุ่มผู้สูงอายุอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับงบการสนับสนุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ในโครงการพัฒนางานสร้างสรรค์สู่งานวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี งบประมาณรายได้ ประจำปี 2561

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. 2556. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ทฤษฎีและการประยุกต์ในระบบการวัดและระบบควบคุม. พิมพ์ครั้งที่ 9 สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[2] การติดตั้ง Arduino IDE. [ออนไลน์]. เข้าได้จาก https://netpie.gitbooks.io/nodemcu-esp8266-on-netpie/content/chapter1.html. (วันที่ค้นหา : 15 ธันวาคม 2560)

[3] การใช้งาน NodeMCU. [ออนไลน์]. เข้าได้จาก https://legacy.gitbook.com/@netpie. (วันที่ค้นหา : 22 พฤศจิกายน 2560)

[4] บัญชา ปะสีละเตสัง. 2552. พัฒนาแอปพลิเคชั่นด้วย Visual C# 2008. ซีเอ็ดยูเคชั่น

[5] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. 2556. คู่มือเขียนแอพ Android ฉบับสมบูรณ์. บจก. โปรวิชั่น

รูปแบบการตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยสายตาสำหรับชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่ออลูมิเนียมแบบฉีด

Visual defect inspection pattern for motorcycle wheel hub part forming by aluminum die casting process

พลศักดิ์ เลิศหิรัญปัญญา*

กลุ่มวิจัยทางเทคโนโลยีการผลิตและอุตสาหการ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

*ผู้ติดต่อ: phonsak.ler@kmutt.ac.th, 02-4708559, 02-4708557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการค้นหาด้วยสายตาที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบจุดบกพร่องบนชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่ออลูมิเนียมแบบฉีด โดยทำการศึกษาทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การวัดระดับการมองเห็นสายตาปกติ (20/20) และมีประสิทธิภาพการค้นหาที่ระดับ 40-60 % รูปแบบการค้นหาด้วยสายตาที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพประกอบด้วย รูปแบบการค้นหาแบบ Horizontal แบบ Vertical แบบ Spiral และแบบ Random โดยประสิทธิภาพของรูปแบบการค้นหาจะวัดจาก เวลา และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหา ผลจากการวิจัยพบว่ารูปแบบการค้นหาแบบ Spiral เป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพทั้งในด้านเวลา และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่องที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการค้นหาแบบอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้เวลาในการค้นหาจุดบกพร่องเฉลี่ย 55.40 วินาที/ชิ้น และมีเปอร์เซ็นต์วามถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่องเฉลี่ยเท่ากับ 63.66 % ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ค้นพบรูปแบบการค้นหาที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้สำหรับฝึกปฏิบัติให้พนักงานที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยสายตาชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผู้ตรวจสอบให้ดียิ่งขึ้น

คำหลัก: การตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยสายตา, ดุมล้อรถจักรยานยนต์, กระบวนการฉีดอลูมิเนียม, จุดบกพร่อง

Abstract

The objective of this research is to study the efficacy of visual search patterns for defect inspection on motorcycle wheel hub part forming by aluminum die casting process. The experiment is conducted with the sample groups, studies have found normal vision (20/20) and effective search at 40-60%. The visual search patterns that studies the efficacy analysis consists of horizontal search, vertical search, spiral search, and random search pattern. The efficacy of search patterns is measured by search time and percentage of defects detected. The results of research found that, the spiral search was the best pattern of visual search on aspect of time and defect detection accuracy for inspection, when compared to other search patterns, significantly at the level of 0.05. Takes the defect search time was 55.40 seconds/piece and percentage of defect detected was 63.66%. The

results of studies found that the effective search pattern, and can be used for the practice of visual inspection employees. In order to increase the efficiency of the inspector employees.

Keywords: Visual defect inspection, Motorcycle wheel hub, Aluminum die casting process, Defect

1. บทนำ

การแข่งขันทางด้านอุตสาหกรรมในยุควิวัฒนาการของระบบอุตสาหกรรมที่ได้เข้าสู่ช่วงอุตสาหกรรม 4.0 (Indrustry 4.0) ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตที่ปรับไปสู่ระบบการผลิตที่มีความยืดหยุ่นสูงด้วยเครื่องจักรและวิธีการทำงานที่ทันสมัย [1] เช่นเดียวกันกับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ที่มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจากปี 2559 จากข้อมูลพบว่า ปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ ในช่วงเดือน ม.ค.-ธ.ค. ปี 2560 มีจำนวนมากถึง 2,055,193 คัน เพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาเดียวกันในปี 2559 ร้อยละ 12.90 อีกทั้งประมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ในปี 2561 ได้ประมาณการผลิตมากยิ่งขึ้นจากเดิมเป็น 2,200,000 คัน ซึ่งเพิ่มขึ้น ถึงร้อยละ 10 [2] นั้นหมายความว่าจะต้องมีการผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ในจำนวนที่มากขึ้นตาม

การผลิตชิ้นส่วนและอะไหล่รถจักรยานยนต์ โดยส่วนใหญ่ใช้กระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยวิธีการการฉีดน้ำโลหะเข้าสู่แบบงานด้วยความดันสูง โดยมีวัสดุเป็นอลูมิเนียมผสม (Aluminium Alloy) เป็นวัตถุดิบหลัก เรียกว่ากระบวนการ Aluminium Die-casting เนื่องจากกระบวนการผลิตดังกล่าวสามารถผลิตชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อน ในเชิงปริมาณได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำอีกทั้งยังมีความเรียบของผิวสูง [3] ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนก้ามเบรก ดุมล้อ แผ่นดิสเบรก มือเบรก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตก็ยังคงมีปัญหาการเกิดจุดบกพร่อง (Defect) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ชิ้นงานมีคุณภาพต่ำ และหากมีชิ้นงานที่มีจุดบกพร่องหลุดไปยังกระบวนการผลิตถัดไป หรือหลุดไปยังมือลูกค้าย่อมส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดความเชื่อมั่นและความไม่พึงพอใจในผลิตภัณฑ์ โดยสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ คือกระบวนการตรวจสอบคุณภาพที่ไม่มีประสิทธิภาพที่มากพอ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของวิธีการตรวจสอบ หรือแม้แต่ทักษะของบุคคลผู้ที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบ ฉะนั้นกระบวนการตรวจสอบโดยเฉพาะการตรวจสอบหาจุดบกพร่องบนชิ้นงานด้วยสายตาซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญหลังจากทำการผลิตชิ้นงาน เป็นการป้องกันและตรวจจับของเสียในกระบวนการผลิต โดยอาศัยพนักงานในการตรวจสอบเป็นหลัก ดังนั้นผู้ที่ทำการตรวจสอบจึงควรจะต้องมีวิธีการ เทคนิค ตลอดจนกลยุทธ์ในการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในกระบวนการตรวจสอบเพื่อค้นหาจุดบกพร่องอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยสายตานั้น จะทำการตรวจสอบโดยใช้สายตาของผู้ตรวจสอบเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีการตรวจสอบที่เป็นพื้นฐานและทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยที่ซับซ้อนในการตรวจสอบ [4] โดยอาศัยหลักการในการตรวจสอบอยู่ 2 หลักการ คือ การค้นหาด้วยสายตา และการตัดสินใจ [5] โดยทั้งสองหลักการจะเป็นปัจจัยหลักที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของการตรวจสอบ โดยวัดจากความเร็ว (Speed) และความแม่นยำ (Accuracy) ของบุคคลผู้ที่ทำการตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยสายตา [6,7] โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักการในการค้นหาด้วยสายตาที่เป็นหลักการที่สำคัญเนื่องจากเป็นกระบวนการแรกในการตรวจสอบนั้นก็คือการเคลื่อนที่สายตาเพื่อค้นหาจุดบกพร่อง ตำหนิ หรือสิ่งแปลกปลอมที่เป็นเป้าหมาย ด้วยรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งโดยปกติลักษณะการค้นหาด้วยสายตาสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การค้นหาแบบสุ่ม (Random Search) และการค้นหาแบบเป็นระบบ

(Systematic Search) [8] และเมื่อค้นพบเป้าหมายแล้วจึงตัดสินใจว่า สิ่งนั้นเป็นจุดบกพร่องที่เป็นเป้าหมายในการค้นหาหรือไม่

อีกทั้งจากสภาพปัจจุบันของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ ซึ่งได้ทำการผลิตชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ จากกระบวนการไดคาสติ้งที่ใช้วัสดุอลูมิเนียมผสม ได้ประสบปัญหาชิ้นงานที่มีจุดบกพร่องจากกระบวนการไดคาสติ้งหลุดออกไปยังกระบวนการผลิตในขั้นตอนถัดไป ร้อยละ 0.2 ทำให้ส่งผลกระทบในด้านระยะเวลา ต้นทุนการผลิต รวมถึงผลกระทบอื่นๆ โดยจุดบกพร่องที่พบเห็นส่วนใหญ่ คือ จุดบกพร่องผิวแบบเป็นลาย (Cold Shut) และ จุดบกพร่องชิ้นงานไม่เต็มแม่พิมพ์ (Misrun) ซึ่งเป็นจุดบกพร่องที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ดังนั้นจึงจะต้องมีการตรวจสอบจุดบกพร่องที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดปัญหาของเสียหลุดไปยังกระบวนการถัดไป

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการค้นหาด้วยสายตาที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบจุดบกพร่องบนชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่ออลูมิเนียมแบบฉีด สำหรับใช้เป็นรูปแบบในการปรับปรุงวิธีการในการตรวจสอบ ให้กับพนักงานที่ทำการตรวจสอบ ลดปัญหาการเกิดชิ้นงานที่มีจุดบกพร่อง หลุดไปยังกระบวนการถัดไป ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพอีกทางหนึ่งด้วยนั่นเอง

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยมีขอบเขตในการศึกษา ดังนี้

2.1 กลุ่มตัวอย่างการทดลอง

นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาการ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีระดับสายตาปกติ ที่ระดับ 20/20 และมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบจุดบกพร่อง ที่ระดับ 40-60 เปอร์เซ็นต์ ที่คัดเลือกมาด้วยวิธีการสุ่มผู้เข้าร่วมการทดลอง จำนวน 20 คน

2.2 ตัวแปรในการทดลอง

2.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการค้นหาด้วยสายตา ประกอบด้วย การค้นหาแบบ Horizontal การค้นหาแบบ Vertical การค้นหาแบบ Spiral และการค้นหาแบบ Random

2.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพในการตรวจสอบจุดบกพร่อง โดยวัดจากเวลาที่ใช้ในการค้นหาและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่อง

2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

2.3.1 ชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ดุมล้อรถจักรยานยนต์ รุ่น KR150 และ WAVE125 ที่ขึ้นรูปจากกระบวนการไดคาสติ้ง เป็นชิ้นงานที่ไม่มีจุดบกพร่อง และชิ้นงานที่มีจุดบกพร่องแบบฉีดน้ำโลหะไม่เต็มแม่พิมพ์และผิวลาย แสดงตัวอย่างชิ้นงาน ดังรูปที่ 1

2.3.2 แผ่นตัวอักษร Snellen's chart สำหรับการตรวจสอบระดับสายตาปกติ เพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลอง

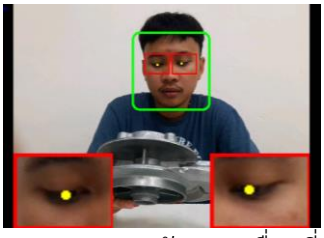
2.3.3 แบบทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาจุดบกพร่องด้วยสายตา เพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมการทดลอง

2.3.4 เอกสารประกอบการทดลอง ได้แก่ เอกสารการให้ข้อมูลพื้นฐาน เอกสารให้ข้อมูลป้อนก่อน เอกสารใบระบุตำแหน่งจุดบกพร่อง

2.3.5 แอพพิเคชั่นตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา สำหรับตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาของกลุ่มตัวอย่างขณะทำการทดลอง แสดงลักษณะการตรวจจับ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ตัวอย่างชิ้นงานดุมล้อรถจักรยานยนต์ที่ใช้สำหรับการทดลอง



รูปที่ 2 ลักษณะการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาขณะทำการทดลอง

2.4 วิธีการดำเนินการทดลอง

2.4.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้น รวมทั้งศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.4.2 ศึกษาสภาพการทำงานของพนักงานในกระบวนการตรวจสอบด้วยสายตา และวัดประสิทธิภาพในการตรวจสอบจากการทำงานในปัจจุบัน

2.4.3 ออกแบบแผนการทดลองและขั้นตอนการดำเนินการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) กับตัวแปรอิสระในการทดลอง 1 ตัวแปร 4 ระดับ (Treatment)

2.4.4 ออกแบบและสร้างเอกสารประกอบการทดลองเพื่อใช้ประกอบในขั้นตอนการทดลอง

2.4.5 ดำเนินการทดลอง ทำการทดลองตามแผนการทดลองและขั้นตอนการทดลองที่ออกไปไว้ซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. ตรวจสอบระดับสายตา บุคคลผู้เข้าร่วมการทดสอบด้วยแผ่นตัวอักษร Snellen's chart และคัดเลือกบุคคลที่มีระดับสายตาปกติ ที่ระดับ 20/20 เพื่อเข้าร่วมการทดลอง

2. ทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาจุดบกพร่องด้วยสายตา โดยนำบุคคลที่ผ่านการทดสอบระดับสายตาปกติ ทดสอบประสิทธิภาพการค้นหา และสุ่มคัดเลือกกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาที่ระดับ 40-60 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 20 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. สุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าการทดลองครั้งละ 1 คน จากนั้นให้ข้อมูลพื้นฐานแก่กลุ่มตัวอย่าง

2. ให้กลุ่มตัวอย่างค้นหาจุดบกพร่องบนชิ้นงาน จำนวนคนละ 5 ชิ้นงาน ด้วยรูปแบบการค้นหาที่ได้รับในแผนการทดลอง โดยขณะกลุ่มตัวอย่างทำการค้นหา จะมีการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของดวงตาด้วยแอพพิเคชั่นการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของดวงตาตลอดเวลา และบันทึกเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบในแต่ละชิ้นงาน

3. ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 1-2 จนครบตามจำนวนการทดลองตามแผนการทดลองที่ออกแบบไว้

4. รวบรวมข้อมูลจากการทดลอง ได้แก่ ข้อมูลระยะเวลาในการค้นหา และความถูกต้องในการตรวจสอบแต่ละชิ้นงาน ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน

5. วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบการค้นหาแต่ละรูปแบบ โดยทำการวิเคราะห์ความปกติของข้อมูล การวิเคราะห์ผลการทดลองตามหลักสถิติอนุมาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One -Way ANOVA) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงพหุคูณ

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

3.1 ผลประสิทธิภาพจากการค้นหาจุดบกพร่องด้านเวลาและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่อง

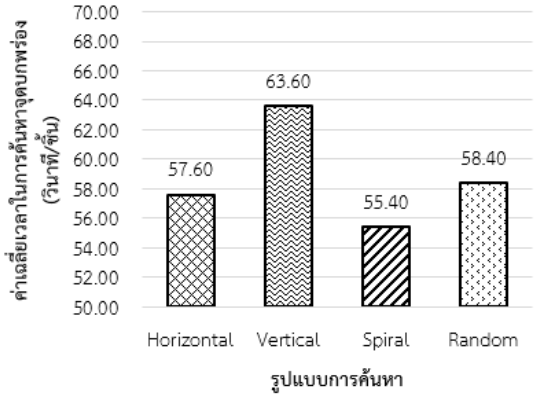
ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลในส่วนของประสิทธิภาพในการตรวจสอบจุดบกพร่อง โดยวัดจากเวลาที่ใช้ในการค้นหาและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่อง แสดงผลการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเวลาและเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่อง

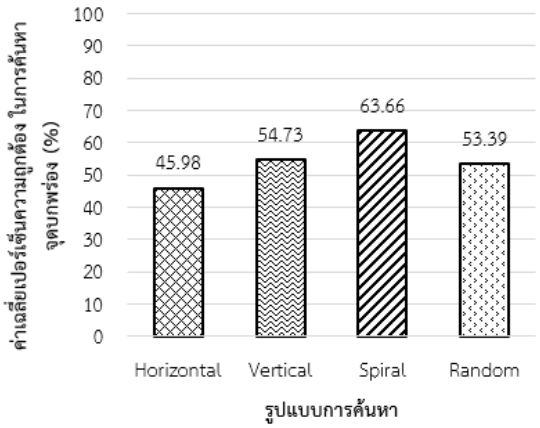
รูปแบบการค้นหาจุดบกพร่อง	เวลาการค้นหาจุดบกพร่อง (วินาที/ชิ้น)		เปอร์เซ็นความถูกต้อง (%)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Horizontal	57.60	4.61	45.98	16.53
Vertical	63.60	7.33	54.73	3.78
Spiral	55.40	5.85	63.66	11.20
Random	58.40	4.15	53.39	16.04
F-test	4.014		6.256	
P-value	0.026*		0.005*	

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 1 ทำการเปรียบเทียบผลการทดลอง โดยแสดงเป็นแผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลา และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่องในแต่ละรูปแบบการค้นหา แสดงดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 4 การเปรียบค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการค้นหาจุดบกพร่องของแต่ละรูปแบบการค้นหา



รูปที่ 5 การเปรียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่องของแต่ละรูปแบบการค้นหา

จากตารางที่ 1 แสดงผลค่าเฉลี่ยเวลา และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่อง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรตามในแต่ละระดับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่า ค่าเฉลี่ยเวลา และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่องในแต่ละรูปแบบการค้นหามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value $<\alpha$) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงพหุคูณ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบผลต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด (Fisher's Least – Significant Different; LSD) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ผลจากการวิเคราะห์แสดงผลสรุปได้ดังตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงผลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยเวลาในการค้นหา ในแต่ละรูปแบบการค้นหา

รูปแบบการค้นหาจุดบกพร่อง	Horizontal	Vertical	Spiral	Random
Horizontal	-	-6.00	5.20	-0.80
Vertical	6.00	-	11.20*	5.20
Spiral	-5.20	-11.20*	-	-6.00
Random	0.80	-5.20	6.00	-

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่

ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 แสดงผลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหา ในแต่ละรูปแบบการค้นหา

รูปแบบการค้นหาจุดบกพร่อง	Horizontal	Vertical	Spiral	Random
Horizontal	-	-8.74	-30.81*	-7.41
Vertical	8.74	-	-22.07*	1.33
Spiral	30.81*	22.07*	-	23.40*
Random	7.41	-1.33	-23.40*	-

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ จากตารางที่ 2 พบว่า มีเพียงค่าเฉลี่ยเวลาในการค้นหาจุดบกพร่องระหว่างรูปแบบการค้นหาแบบ Vertical กับ Spiral มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value <α) ในส่วนของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่องผลการทดสอบดังตารางที่ 3 พบว่า รูปแบบการค้นหาแบบ Spiral มีความแตกต่างจากรูปแบบ Horizontal Vertical และ Random อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value <α)

4. สรุปและอภิปรายผล

ผลจากการศึกษาทดลอง พบว่ารูปแบบการค้นหาแบบ Spiral เป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่ดีสุดสำหรับการตรวจสอบจุดบกพร่อง ชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ โดยส่งผลให้ผู้ตรวจสอบใช้เวลาในการค้นหาจุดบกพร่อง 55.40 วินาที/ชิ้น และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการค้นหาจุดบกพร่อง 63.66 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการตรวจสอบแบบเดิมของพนักงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจากการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่าวิธีการค้นหาในแบบดังกล่าวใช้เวลาตรวจสอบได้เร็วขึ้น 5 วินาทีต่อชิ้น และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเพิ่มขึ้น 12 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเคลื่อนที่สายตาเพื่อการค้นหาแบบ Spiral นั้นมีการเคลื่อนที่สายตาที่ปรับเปลี่ยนองศาทิศทางของการเคลื่อนที่สายตาน้อย จึงทำให้มีลักษณะการเคลื่อนที่สายตาที่ต่อเนื่อง และมีทิศทางที่เป็นระบบสัมพันธ์กับลักษณะรูปทรรงชิ้นงานที่ตรวจสอบ ผู้ตรวจสอบสามารถจดจำเส้นทางการค้นหาได้ โดยไม่เกิดการค้นหาซ้ำพื้นที่ ทำให้ใช้เวลาในการค้นหาที่รวดเร็วและครอบคลุมทุกพื้นที่ของชิ้นงานส่งผลให้โอกาสในการตรวจสอบจุดบกพร่องได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lau, Goonetilleke, and Shih [9] ได้ทำการ ศึกษาวิจัยและพบว่า รูปแบบการเคลื่อนที่ของสายตาอย่างเป็นระบบ เป็นวิธีการค้นหาที่สามารถเคลื่อนที่สายตาได้ครอบคลุมทุกพื้นที่ในการค้นหาทำให้ได้ผลการตรวจสอบมีความถูกต้องสูงสุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Watts [10] ที่ได้อธิบายว่าผู้ตรวจสอบที่ฝึกอบรมโดยใช้กลยุทธ์การค้นหาอย่างเป็นระบบจะมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการตรวจสอบจุดบกพร่องบนชิ้นงานจากกระบวนการหล่อโลหะ

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำให้ค้นพบวิธีการเคลื่อนที่สายตาเพื่อการค้นหาจุดบกพร่องบนชิ้นส่วนดุมล้อรถจักรยานยนต์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่ออลูมิเนียมแบบฉีดที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นงานดุมล้อในรุ่นอื่น ๆ หรือใช้กับชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากกระบวนการไดคาสติ้งที่มีลักษณะพื้นที่หน้าตัดกลม ที่คล้ายคลึงกับดุมรถจักรยานยนต์ เช่น หน้าแปลนท่อ กังหันมอเตอร์ เป็นต้น รวมไปถึงใช้เป็นข้อมูลในการฝึกอบรมผู้ที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบจุดบกพร่องให้มีประสิทธภาพในการตรวจสอบที่ดียิ่งขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

[1] จำลักษณ์ ขุนพลแก้ว (2560). *ผลิตภาพในอนาคตกับบริบทใหม่การแข่งขัน*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/641476, เข้าดูเมื่อวันที่ 23/09/2560.

[2] สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2560). *ข่าว สอ.ท* [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.fti.or.th/2016/thai/ftinews.aspx, เข้าดูเมื่อวันที่ 23/09/2560.

[3] พีรกิตต์ วิริยะรัตนศักดิ์, Nagasawa Osamu และ Itamura Masayuki. (2552). การปรับปรุงเงื่อนไขการฉีดไดคาสติ้งในช่วง Pre-Filling Optimization of Die Casting Injection Conditions during Pre-Filling Period, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23*, จังหวัดเชียงใหม่

[4] See J. E. (2012). *Visual Inspection: A Review of the Literature*, Sandia National Laboratories. United States of America, America.

[5] George M. Nickles Illa, Brian J. Melloyb and Anand K. Grampadhyeb. (2003). A comparison of three levels of training designed to promote systematic search behavior in visual inspection, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 32, pp. 331-339.

[6] Deepthi Nalanagula, Joel S. Greenstein, and Anand K. Gramopadhye. (2006). Evaluation of the effect of feedforward training displays of search strategy on visual search performance, *International Journal of Industrial Ergonomics,* vol. 36, pp. 290.

[7] Jiang, X., Kaewkuekool, S., Khasawneh, M.T., Bowling, S.R., Gramopadhye, A.K., and Melloy, B.J. (2003). Communication between humans and machines in a hybrid inspection system, *Proceedings of Industrial Engineering Research Conference*, May 2003, Oregon.

[8] Phonsak Lerthiranphanya, Sumalee Chanchalor and Anucha Watanpa. (2016). The effect of visual search patterns of non-geometric shape inspection tasks, *Journal of Engineering and Technology*, vol.4 No.1, pp. 42-47.

[9] Lau, W.C., Goonetilleke, R.S., and Shih, H.M. (2002). Visual search strategies and eye movements when searching Chinese character screens, *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 57 (6), December 2002, pp. 447-468.

[10] Watts, K.P. (2011). The effect of visual search strategy and overlays on visual inspection of castings (Master's thesis). Iowa State University, Ames, IA.

การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของแท่งห้ามล้อรถไฟ

The study of microstructure and mechanical properties of train brake shoe.

นิพนธ์ คงทนแท้, ธนานุพงษ์ ศรีเมืองซอง, วีรยุทธ คัชมา*, พีรวิทย์ โชคเหมาะ

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต*ขอนแก่น*
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.*ขอนแก่น* 40000 โทรศัพท์ 043-336370-1 http://www.kkc.rmuti.ac.th.
ผู้ติดต่อ: E-mail, niphon_khong@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 090-5800907

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของแท่งห้ามล้อด้วยกระบวนการทดสอบสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาค กระบวนการทดสอบแรงกระแทก, ทดสอบแรงเสียดสี, ทดสอบความแข็ง และโครงสร้างจุลภาค จุดประสงค์ของการทดสอบคือต้องการศึกษาโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของแท่งห้ามล้อต้นแบบ เพื่อทำการหล่อขึ้นรูปชิ้นทดสอบ เพื่อใช้ในการศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ชิ้นงานหลังจากการหล่อจะนำไปทดสอบสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคเพื่อจะให้ได้ใกล้เคียงกับชิ้นงานต้นแบบ ผลการวิจัยพบว่า แท่งห้ามล้อที่หล่อขึ้นรูปมีค่าความแข็งอยู่ในเกณฑ์ ซึ่งมีค่าความแข็งที่ 216 HB ค่าความทนต่อแรงกระแทก 0.013 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ค่าความต้านทานแรงดึง 260 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และจะให้ค่าทนต่อการสึกหรอ 91.50 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะเป็นแนวทางในการศึกษากระบวนการหล่อแท่งห้ามล้อ

Abstract

This research is to study the microstructure and mechanical properties of the brake rods with the microstructure and mechanical tests. The impact test, Testing wear-resistant, hardness test. And the microstructure the purpose of the experiment is to study the microstructure and mechanical properties of brake shoe master. To cast specimens In order to study the Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Compus. After casting the specimen is taken to test the mechanical properties and microstructure in order to get as close to the master. The results showed that Brake shoe are built with a different master. This will give 216 HB hardness values, impact resistance 0.013 N/mm^2, Tensile strength 260 N/mm^2 and to withstand the wear and tear. 91.50 mm^3 This will guide the process of casting billet brake.

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจนั่นก็คือการขนส่งการคมนาคมที่มีประสิทธิภาพ และล่าสุดรัฐบาลได้มียุทธศาสตร์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของไทยขึ้นรองรับการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและการขนส่ง ขณะเดียวกันการขนส่งทางรางเป็นทางเลือกที่จะมาทดแทนการขนส่งทางถนนได้เพราะประหยัดค่าใช้จ่าย ปลอดภัย และลดการใช้พลังงานลง ปัจจุบันรัฐบาลมีโครงการรถไฟทางคู่ ซึ่งจะช่วยให้การขนส่งทางรางมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และรถไฟก็จะสามารถวิ่งได้เร็วขึ้น ซึ่งในส่วนนี้จำเป็นที่จะต้องพัฒนาระบบการเดินรถไฟให้มีประสิทธิภาพควบคู่กับการรองรับการพัฒนาระบบการขนส่งทางรางต่อไป

การรถไฟแห่งประเทศไทย ใช้รถไฟเพื่อให้บริการผู้โดยสารและการขนส่งสินค้า ทั้งนี้มีอุปกรณ์ระบบเบรก (ห้ามล้อ) โดยใช้เป็นแท่งห้ามล้อชนิด High Phosphorus ใช้กับรถดีเซลรางปรับอากาศ Sprinter, Daewoo และรถโดยสารปรับอากาศ ITR ลักษณะเป็นแท่งเหล็กหล่อตามความโค้งของล้อรถไฟ นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในระบบเบรกของรถไฟ มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อจะทำการหยุดรถที่กำลังวิ่งด้วยความเร็ว โดยการผลิตแท่งห้ามล้อใช้เหล็กหล่อเทาที่มีส่วนผสมของฟอสฟอรัสที่สูง ซึ่งฟอสฟอรัสจะช่วยให้แท่งห้ามล้อทนต่อการสึกหรอ และยังช่วยให้แท่งห้ามล้อไม่ละลายติดกับล้อที่อุณหภูมิสูงอีกด้วย โดยหลักการทำงานคือแท่งห้ามล้อจะสัมผัสกับล้อโดยตรง ทำให้เกิดการเสียดสีและเกิดความร้อนขึ้น สมบัติทางกลของแท่งห้ามล้อจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการใช้งาน เพราะจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการใช้งานของแท่งห้ามล้อรถไฟ

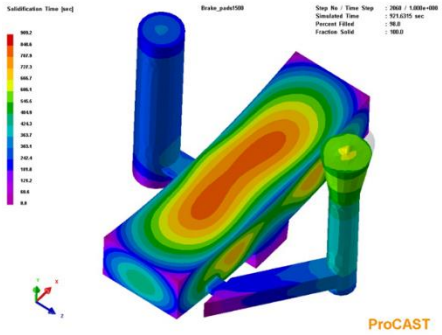
ดังนั้นแท่งห้ามล้อจึงเป็นชิ้นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในระบบการเดินรถไฟ เพราะเป็นวัสดุสิ้นเปลือง โดยแต่ละปีจะใช้แท่งห้ามล้อจำนวนมาก ในส่วนของการให้ความปลอดภัยแก่ผู้โดยสารเรื่องของระบบเบรก ประสิทธิภาพการใช้งานจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างมาก ทางคณะผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญนี้ จึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาสมบัติทางกลและความต้านทานการสึกหรอของแท่งห้ามล้อรถไฟที่ใช้กับรถไฟดีเซลรางของไทย จากนั้นทำการหล่อขึ้นรูปแท่งห้ามล้อขึ้นเพื่อศึกษากระบวนการผลิต และทดลองส่วนผสมฟอสฟอรัสสูงสุดที่ 3.5%wt ดำเนินการทดสอบ จากนั้นนำผลการทดสอบของแท่งห้ามล้อทั้ง 3 ชนิด มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาต่อไป

2. การทดลอง

ในการดำเนินโครงการ ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์แท่งล้อล้อของการรถไฟมา 2 ชนิด คือ ชนิด A และ ชนิด B จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการหล่อขึ้นรูปแท่งห้ามล้อขึ้นโดยกำหนดส่วนผสมตามข้อกำหนดการผลิตแท่งห้ามล้อของการรถไฟแห่งประเทศไทย โดยจะกำหนดเป็นแท่งห้ามล้อชนิด C จากนั้นจะดำเนินการทดสอบโดยจะใช้มาตรฐานเดียวกันในการทดสอบแท่งห้ามล้อทั้ง 3 ชนิด ดังนี้

2.1 ดำเนินการหล่อแท่งห้ามล้อที่ทดลอง(ชนิด C)

ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้แท่งห้อมล้อชนิด High Phosphorus ที่มีส่วนผสมตามข้อกำหนดของการรถไฟ คือ C 3.0-3.5%, Si 1.7-2.0%, Mn 0.45-0.6%, S 0.12% MAX, P 2.5-3.5% และแท่งห้ามล้อที่หล่อขึ้น มีส่วนผสม C 3%, Si 2.0%, Mn 0.6%, S 0.12% และจะใช้ปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุดที่ P 3.5% จากนั้นออกแบบกระบวนการหล่อโลหะและจำลองการไหลของน้ำโลหะด้วยโปรแกรม Procast เพื่อจำลองว่าน้ำโลหะสามารถเติมเต็มแบบได้อย่างสมบูรณ์หรือไม่ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การจำลองการไหลของน้ำโลหะและการเย็นตัวของชิ้นงาน

จากนั้นดำเนินการหล่อแท่งห้ามล้อที่ทดลองโดยใช้ส่วนผสมทางเคมีที่ได้กว่างไว้ข้างต้น จะแสดงดังรูปที่ 2



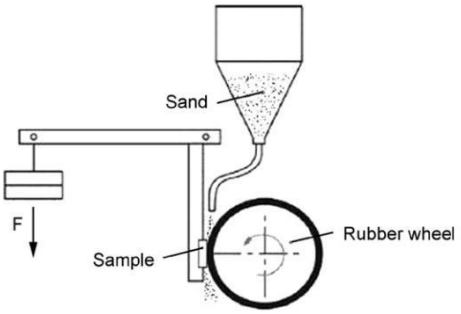
รูปที่ 2 แสดงการเทน้ำโลหะลงแบบหล่อ

2.2 การทดสอบค่าความแข็ง

ในการทดสอบความแข็งของแท่งห้ามล้อ โดยข้อกำหนดของการผลิตแท่งห้ามล้อที่การรถไฟกำหนด คือ ค่าคามแข็ง HARDNESS 200-230 HB ใช้เครื่องทดสอบแบบ Brinell. HB. ขนาดหัวกด 2.5 mm. ยี่ห้อ LTF รุ่น GALILEO น้ำหนักที่ใช้ในการกดวัดความแข็ง 294.2 นิวตัน. โดยทำการวัดทั้งหมด 3 จุด บนชิ้นทดสอบโดยเว้นระยะห่างให้เหมาะสม

2.3 การทดสอบการสึกหรอ

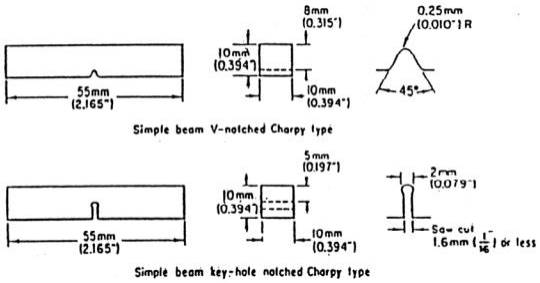
การทดสอบอัตราการสึกหรอแบบขัดสีได้ใช้การทดสอบแบบ Dry Sand Rubber Wheel : DSRW มาตรฐาน ASTM G95 ผลิตภัณฑ์ E ระยะในการทดสอบ 4308 เมตร ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ทรายที่ใช้ในการทดสอบเป็นทรายแก้ว มีขนาด 355 Microns อัตราการไหลอยู่ที่ 300-400 กรัมต่อนาที ลักษณะเครื่องทดสอบการสึกหรอแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงเครื่องทดสอบ Dry Sand Rubber Wheel

2.4 การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี

เครื่องทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีปกติจะมีขนาด 220 ปอนด์ฟุตสำหรับทดสอบโลหะ และ 4 ปอนด์ฟุตสำหรับชิ้นงานพลาสติก (ASTM E23) แรงที่ใช้ทดสอบ 150 จูล ชิ้นงานทดสอบนำมาอย่างละ 3 ชิ้นในการทดสอบ

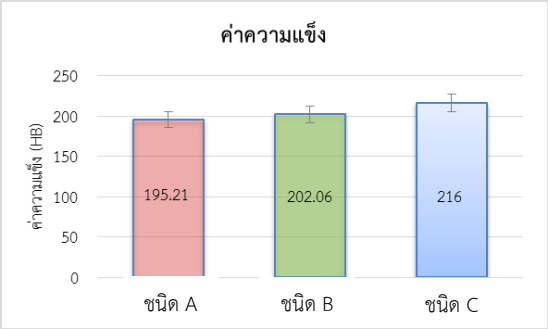


รูปที่ 4 แสดงขนาดชิ้นงานมาตรฐานแบบชาร์ปี

3. ผลการทดลอง

3.1 การทดสอบความแข็งแบบบริเนลล์

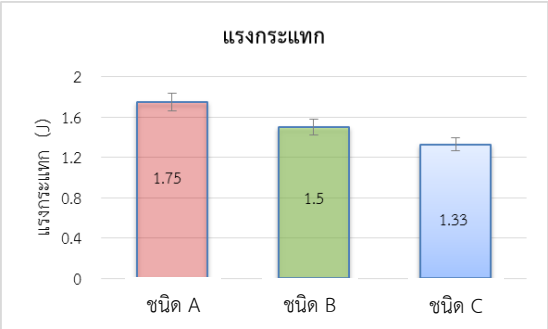
ผลการวัดค่าความแข็งของแท่งห้ามล้อต้นแบบและค่าความแข็งของแท่งห้ามล้อที่ทำการทดลอง จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งแต่ละจุดนั้นไม่เท่ากัน สำหรับการวัดความแข็งนั้น เราทำการวัดทั้ง 3 จุด โดยเฉลี่ยตามความเหมาะสมของชิ้นงานทดสอบจึงได้ค่าความแข็งดังกราฟ



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าความแข็งแท่งห้ามล้อ

3.2 การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี

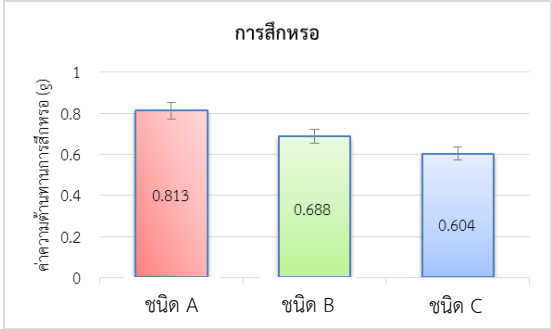
ในการทดสอบสมบัติทางกลนี้ จำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติความเหนียว (Toughness) ของวัสดุ เพื่อประเมินโอกาสการแตกหักเสียหาย และความปลอดภัยในขณะใช้งานในสภาวะต่างๆ ของแท่งห้ามล้อ ดังกราฟ



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงกระแทก

3.3 การทดสอบการสึกหรอ

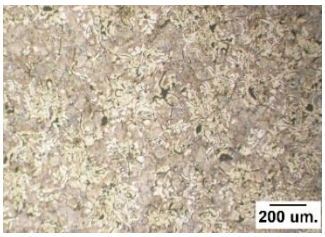
การทดสอบการสึกหรอนั้น จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการดำเนินงานวิจัยชิ้นนี้ เพราะจะศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการสึกหรอของแท่งห้ามล้อว่ามีความทนต่อการสึกหรอมากน้อยเพียงใด เพราะการใช้งานจริงแล้วแท่งห้ามล้อจะรับแรงเสียดสีที่เกิดจากการเบรกของรถไฟ ซึ่งแท่งห้ามล้อจะสัมผัสกับล้อรถไฟโดยตรง ดังนั้นสมบัติการทนต่อการสึกหรอจึงมีผลอย่างมากกับการสร้างแท่งห้ามล้อเพื่อใช้งาน



รูปที่ 7 กราฟแสดงการสึกหรอของแท่งห้ามล้อ

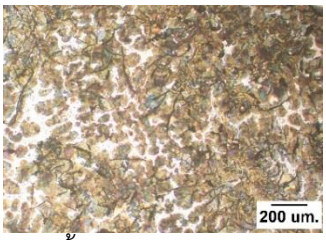
3.4 โครงสร้างจุลภาค

3.4.1 แท่งห้ามล้อชนิด A



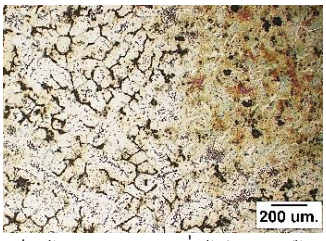
โครงสร้างจุลภาคแท่งห้ามล้อรถไฟ ชนิด A เป็นโครงสร้างแกร์ไฟท์ชนิด C มีสักษณะเป็นเส้นเล็กและใหญ่กระจายสลับกัน มีพื้นหลังเป็นเฟอร์ไรท์ส่วนมากจะทำให้ชิ้นงานอ่อนมาก

3.4.2 แท่งห้ามล้อชนิด B



โครงสร้างจุลภาคแท่งห้ามล้อรถไฟชนิด B เป็นโครงสร้างแกร์ไฟท์ชนิด B มีแกร์ไฟท์ ชิ้นเล็กๆ เหล่านี้จะอยู่ตรงกลางและแกร์ไฟท์ขนาดใหญ่กว่าจะอยู่รอบๆ เรียงตามรัศมี มีพื้นหลังเป็นเพิร์ลไรท์ส่วนมาก แกร์ไฟท์ชนิดนี้จะมีความหนาแน่นในเหล็กหล่อที่มีเปอร์เซ็นคาร์บอนสูง ดังนั้นจะทำให้ชิ้นงานเปราะ

3.4.3 แท่งห้ามล้อชนิด C



โครงสร้างจุลภาคแท่งห้ามล้อรถไฟของชนิด C เป็นโครงสร้างแกร์ไฟท์ชนิด E ลักษณะเป็นไพรมารีรูปกิ่งไม้ แกร์ไฟท์ชนิดนี้เกิดขึ้นเมื่อ % คาร์บอนต่ำจะเกิดการลดความแข็งแรงเพราะชิ้นแกร์ไฟท์อยู่ติดๆ กันแต่บางครั้งความแข็งแรงก็สูงเพราะ % คาร์บอนต่ำจึงมีแกร์ไฟท์

4. สรุป

จากการดำเนินงานหล่อและปรับส่วนผสมทางเคมีสามารถสรุปได้ว่า ผลการจำลองการวิเคราะห์การไหลของน้ำโลหะพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเทน้ำโลหะอยู่ที่ 1,350-1,450°C มีการเติมเต็มอย่างสมบูรณ์ ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคพบว่าโครงสร้างแท่งห้ามล้อรถไฟชนิด A เป็นแกรไฟต์ชนิด C ส่วนของชนิด B เป็นแกรไฟต์ชนิด B และโครงสร้างของแท่งห้ามล้อชนิด C เป็นแกรไฟต์ชนิด E ผลการทดสอบสมบัติทางกล การทดสอบที่ 1 การทดสอบความแข็งแบบบริเนลล์ ค่าความแข็งแท่งห้ามล้อแท่งห้ามล้อรถไฟแท่ง A เท่ากับ 195.21 HB แท่ง B เท่ากับ 202.06 HB และค่าความแข็งแท่ง C เท่ากับ 216 HB สรุปว่าค่าความแข็งแท่ง A ต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนความแข็ง B และ C อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การทดสอบที่ 2 การทดสอบแรงกระแทก แท่งห้ามล้อรถไฟแท่ง A เท่ากับ 1.75 J แท่ง B เท่ากับ 1.5 J และแท่ง C เท่ากับ 1.33 J ทั้งสามเป็นการแตกหักแบบเปราะ การทดสอบที่ 3 การทดสอบการสึกหรอแบบ Dry Sand แท่งห้ามล้อรถไฟแท่ง A เท่ากับ 0.813 g แท่ง B 0.688 g และที่ แท่ง C เท่ากับ 0.604 g สรุปผลการสึกหรอแท่งห้ามล้อรถไฟแท่ง C มีค่าการสูญเสียน้อยที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่าการทดลองหล่อแท่งห้ามล้อโดยใช้ส่วนผสมของฟอสฟอรัสสูงถึง 3.5%wt ส่งผลทำให้แท่งห้ามล้อมีความแข็งที่สูง และสามารถทนต่อการสึกหรอได้สูงขึ้นด้วย

4.1 ข้อเสนอแนะ

4.1.1 แนะนำให้ทำการทดลองปรับเปลี่ยนปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มเติม

4.1.2 ในกระบวนการหล่อแท่งห้ามล้อ ควรให้ความร้อนแก่เหล็กแทรกในชิ้นงานหล่อก่อนทำการเทน้ำโลหะเข้าสู่แบบหล่อ

4.1.3 การเตรียมชิ้นทดสอบและขึ้นรูปชิ้นทดสอบ จะต้องหลีกเลี่ยงการทำให้ชิ้นงานเกิดความร้อนเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อโครงสร้างและสมบัติทางกลของชิ้นทดสอบ

4.1.4 แนะนำให้ผู้สนใจศึกษาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมบัติการเสียดทาน เนื่องจากการใช้งานแท่งห้ามล้อจะใช้แรงเสียดทานในการเบรก

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือให้คำปรึกษา และคำแนะนำจากบุคคลหลายๆฝ่าย ซึ่งทางคณะผู้จัดทำโครงการต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์พีรวิทย์ โชคเหมาะ เป็นอย่างยิ่งซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ให้คำชี้แนะในการจัดทำโครงการมาด้วยดี รวมถึงคณะกรรมการสอบโครงการทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาและให้คำปรึกษาแนะนำจนทำให้โครงการฉบับนี้มีความสมบูรณ์ได้ ซึ่งผู้จัดโครงการขอขอบพระคุณทุกท่านไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ อาจารย์ศุภฤกษ์ รัศมีแพทย์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ และสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อการใช้โปรแกรม ProCAST ในการจำลองงานหล่อโลหะ ที่ให้การสนับสนุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานหล่อ ที่ให้การสนับสนุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมหล่อโลหะและโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนการใช้เครื่องมือและคำแนะนำองค์ความรู้ต่างๆ

ท้ายนี้ คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณบิดามารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการทำโครงการฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] หริส สูตะบุตรและดร.เคนยิจิยิอิวา.,2517.หล่อโลหะ. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริม ความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ.

[2] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, 2556.วัสดุวิศวกรรม.พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพมหานคร : บริษัท ส.เอเชีย เพรสจำกัด.

[3] ปนัดดา นิรนาทล้าพงศ์ และคณะ , การสึกหรอในงานอุตสาหกรรม : ความรู้เบื้องต้นและการ ป้องกัน , ท.ส. สำนักพิมพ์ ส, หน้าที่ 44 – 49 และ 186 – 192

[4] มานพ ตันตระบัณฑิตย์,2546.งานทดสอบวัสดุอุตสาหกรรม.พิมพ์ครั้งที่ 6.กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[5] พยูร เกตุกราย,2523.การหล่อโลหะภาคผลิต.ครั่งที่ 1.กรุงเทพมหานคร : สมาคม ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[6] มนัส สถิรจินดา,2540.วิศวกรรมการอบชุบเหล็ก. ครั่งที่ 6.กรุงเทพมหานคร :สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมชูปถัมภ์

[7] ASTM International, Standard Test Method For Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus, Designation G65-00.

[8] W.J.Wang, Investigation on braking tribological properties of metro brake shoe materials, Chongqing University, Chongqing 400044

[9] H.R. Abbasi, Effect of phosphorus as an alloying element on microstructure and mechanical properties of pearlitic gray cast iron, Tehran University 2006

[10] W.J. Wang, Investigation on braking tribological properties of metro brake shoe Materials, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031

การศึกษาอิทธิพลของกรรมวิธีทางความร้อนที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของวัสดุโคบอลย์เบสอัลลอยบ์ FSX 414

A Study on the Influence of Heat Treatment on the Mechanical Properties and Microstructure of Cobalt base alloy FSX 414

สุทธิพงษ์ โสภา*, นรินทร์ สุนทรพันธุ์*, จิรดา บุญสวน* และนัยนา กิติกรเศรษฐ์*

กลุ่มวิจัยทางเทคโนโลยีการผลิตและอุตสาหการ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
*Suttipong.sop@mail.kmutt.ac.th, 02-470-8554, 02-470-8557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของกรรมวิธีทางความร้อนที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของวัสดุ FSX 414 โดยทำการศึกษา 3 ปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิในการอบละลาย อุณหภูมิในการบ่มแข็ง และเวลาในการบ่มแข็ง ที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลทางด้านความแข็ง และโครงสร้างจุลภาค ผลการศึกษาพบว่า ค่าความแข็งของชิ้นงาน FSX 414 ที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนพบว่ามีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 299.53 HV เมื่ออบละลายที่อุณหภูมิ 1280 องศาเซลเซียส บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการบ่มแข็ง 12 ชั่วโมง ส่วนค่าความแข็งเฉลี่ยต่ำที่สุดอยู่ที่ 260.69 HV เมื่ออบละลายที่อุณหภูมิ 1280 องศาเซลเซียส บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 950 องศาองศาเซลเซียส และใช้เวลาในการบ่มแข็ง 12 ชั่วโมง ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค พบว่าชิ้นงานมีเมื่อผ่านกรรมวิธีทางความร้อนพบโครงสร้างพื้น และ สารประกอบเชิงโลหะตามขอบเกรนและมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลาในการบ่มแข็ง ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิในการอบละลาย อุณหภูมิในการบ่มแข็ง และเวลาในการบ่มแข็ง มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็งอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

คำหลัก: โลหะผสมพิเศษ FSX414, อุณหภูมิการอบละลาย, อุณหภูมิบ่มแข็ง, เวลาบ่มแข็ง, สารประกอบเชิงโลหะ

Abstract

The aim of this research is to study the influence of heat treatment on the mechanical properties and microstructure of Cobalt based alloy FSX 414. In this study, 3 main factors, including solution temperature, aging temperature and aging time, were investigated to determine the results of hardness and microstructure. The results showed that the highest average hardness is 299.53 HV when the specimen is processed under the solution temperature of 1280°C, aging temperature of 1000 °C and aging time of 12 hours. In addition, the lowest average hardness is 260.69 HV when the specimen is processed under the solution temperature of 1280°C, aging temperature of 950°C and aging time of 12 hours. From the microstructure analysis, it was found that matrix and intermetallic compound in grain boundary are different in sizes and quantities depending on various aging temperature and aging

time. These sizes and quantities affected the hardness of the heat treated specimens. The statistical analysis revealed that solution temperature, aging temperature and aging time affected the mechanical properties in the aspect of hardness with a statistically significant level of 0.05.

Keywords: Cobalt Base FSX414, Solution temperature, Aging temperature, Aging time, Intermetallic Compound

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการผลิตและพัฒนาโลหะผสมพิเศษ (Super alloy) เป็นอย่างมากเพราะเป็นโลหะที่มีสมบัติพิเศษกว่าโลหะผสมทั่วไปคือ การทนต่อการคืบ (Creep Resistant) ทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistant) มีความแข็งแรงสูงและสามารถคงความแข็งแรงไว้ได้เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง มักจะถูกใช้งานเป็นชิ้นส่วนต่างๆที่ใช้งานในสภาวะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง เช่น หัวฉีดกังหันก๊าซโรงไฟฟ้า เครื่องยนต์เจ๊ทการบินที่ต้องการสมบัติการทนความร้อนและความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง [1]

Cobalt base เป็นกลุ่มโลหะผสมที่มีสมบัติทางแม่เหล็ก มีความแข็งแรงและความแกร่งที่สูง มีความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนและการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ที่ดีมาก และที่อุณหภูมิสูงยังสามารถให้ความแข็งแรงที่สูงได้ โลหะผสมพิเศษกลุ่มนี้ถูกใช้งานในเครื่องยนต์ไอพ่น และเป็นอุปกรณ์จำพวกอวัยวะเทียม ใช้งานในส่วนของแม่เหล็ก การเป็นตัวยึดประสาน เครื่องมือตัด โคบอลต์ยังเป็นธาตุผสมที่สำคัญในเครื่องมือตัดและเหล็กกล้ากลุ่มต่างๆ เพื่อเพิ่มความสามารถการทนต่อการคืบ (Creep Resistant) ทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistant) [1]

การใช้งานภายในสภาวะความดันและอุณหภูมิที่สูงจะทำให้โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมพิเศษเปลี่ยนแปลงไปและส่งผลลบกับสมบัติต่างๆของโลหะผสมพิเศษ เฟสอินเตอร์เมทาลิกมีการเปลี่ยนรูปร่างเป็นทรงกลมเพื่อลดพลังงานพื้นผิว (Free-surface energy) ส่งผลให้ความแข็งแรงลดลง และยังเกิดการรวมตัวกันทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลให้ความเปราะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ซึ่งค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่ผลิตจากโลหะผสมพิเศษมีราคาที่สูงมากจึงมีการพัฒนากระบวนการปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคของโลหะผสมพิเศษที่ผ่านการใช้งานจนมีสมบัติที่เปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือชิ้นส่วนใหม่ ในปัจจุบันวิศวกรและนักวิจัยในประเทศให้ความสนใจการทำวิจัยเกี่ยวกับโลหะที่อุณหภูมิสูงมากขึ้น จึงได้เริ่มมีการศึกษาแนวคิดการเพิ่มอายุการใช้งานของหัวฉีดกังหันก๊าซที่ทำจากโลหะผสมพิเศษเบสโคบอลต์ ภายใต้เงื่อนไขการปรับปรุงสมบัติด้วยกระบวนการทางความร้อนและความรู้ทางโลหะวิทยาการปรับปรุงโครงสร้างจุลภาคเพื่อให้สมบัติด้านต่างๆกลับคืนสู่สภาพใกล้เคียงชิ้นส่วนใหม่เป็นการต่ออายุการใช้งานให้นานขึ้น ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาอิทธิพลของกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของ FSX 414 ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ให้สามารถนำกลับมาใช้งานได้ใกล้เคียงเดิมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการววิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ โลหะผสมพิเศษโคบอลต์เบส (Cobalt base super alloy) เกรด FSX 414 โดยมีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมพิเศษ เกรด FSX 414 [2]

Chemical Composition %wt.				
Co	Cr	W	Ni	C
52.0	29.0	7.0	10.0	0.25

FSX-414 (Cobalt base super alloy) ส่วนผสมทางเคมีหลัก คือโคบอลต์ร้อยละ 52 และโครเมียมร้อยละ 29 ซึ่งความแข็งแรงของโลหะกลุ่มนี้เกิดจากการผสมผสานระหว่างคาร์ไบด์ชนิดต่างๆ ส่วนมากจะใช้ในการผลิตหัวฉีด (Nozzle) โดยจะถูก ใช้งานในส่วนที่มีอุณหภูมิของแก๊สที่สูงที่สุดภายในเครื่องแก๊สเทอร์ไบน์ [3]

2.2 กรรมวิธีทางความร้อน

การอบละลาย (Solution Treatment) ทำการอบละลาย (Solution) ที่อุณหภูมิ 1280องศาเซลเซียส ในเวลา 4 ชั่วโมงและทำการบ่มแข็ง(Aging)ที่อุณหภูมิ900,950 และ 1000 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการบ่มแข็ง 11,12 และ 13 ชั่วโมง โดยทำตามการออกแบบตารางการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางออกแบบการทดลองกรรมวิธีทางความร้อน

Solution Temp. (°C)	Aging Temp. (°C)	Aging Time (hr.)
1280	900	11
		12
		13
	950	11
		12
		13
	1,000	11
		12
		13

2.3 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีและการทดสอบสมบัติทางกล

2.3.1 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microstructure Analysis)

นำชิ้นงานขัดกระดาษทรายตั้งแต่เบอร์ 180 – 1,200 จากนั้นทำการขัดผิวมันด้วยเครื่องขัดผิวมันและอะลูมิน่า 1 ไมครอนและทำการกัดขึ้นรอยโดยใช้กรด Villera's Reagent ในการกัดขึ้นรอยและถ่ายรูปโครงสร้างจุลภาคด้วย Optical Microscope Optika Vision Pro และกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด Scanning Electron Microscope เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

2.3.2 การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

ทำการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของ Alloy Carbide ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างจุลภาค โดยใช้เครื่อง Energy Dispersive X-ray spectrometer

2.3.3 การทดสอบสมบัติทางกล

ทดสอบค่าความแข็งด้วยเครื่องทดสอบแบบ Micro Vickers Hardness Test โดยใช้หัวกดเพชร น้ำหนักทดสอบที่ 200 g ใช้เวลาในการกด 10 วินาทีตามมาตรฐาน ASTM E92-16 Standard Test Methods Vicker Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของอิทธิพลของกรรมวิธีทางความร้อนที่ส่งผลต่อค่าความแข็ง โดยใช้ Two-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05

3.สรุปผลการวิจัย

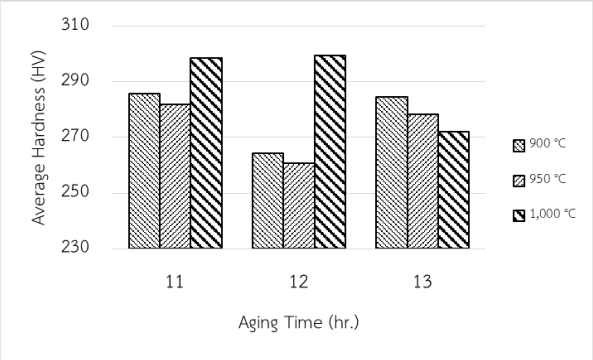
3.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกลทางด้านความแข็ง

จากการทดลองเพื่อหาค่าความแข็งของ FSX 414 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อน โดยมีการทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละปัจจัย เมื่อทำการทดสอบความแข็ง Micro

Vickers Hardness Test ผลที่ได้จากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความแข็ง

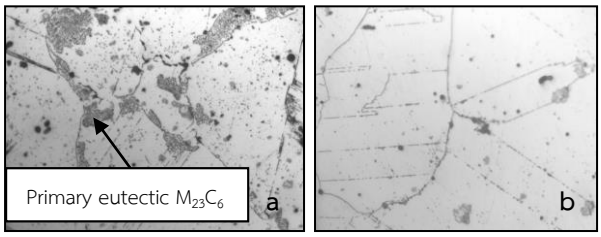
Solution Temp. (°C)	Aging Temp. (°C)	Aging Time (hr.)	Average Hardness (HV)
1280	900	11	285.67
		12	264.20
		13	284.64
	950	11	282.00
		12	260.69
		13	278.48
	1,000	11	298.49
		12	299.53
		13	272.16



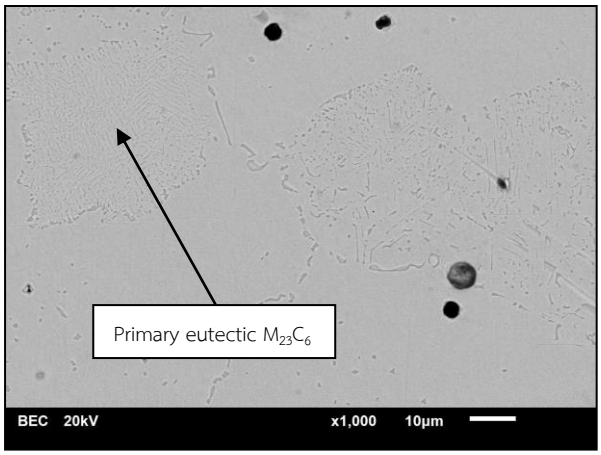
รูปที่ 1 แสดงค่าความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน

ผลจากการวิจัยพบว่า ค่าความแข็งสูงสุดอยู่ที่ 299.53 HV ซึ่งมีอุณหภูมิในการบ่มแข็งที่ 1000 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการบ่มแข็ง 12 ชั่วโมง และค่าความแข็งต่ำสุดอยู่ที่ 260.69 HV ซึ่งมีอุณหภูมิในการบ่มแข็งที่ 950 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการบ่มแข็ง 12 ชั่วโมง

3.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (Microstructure Analysis)



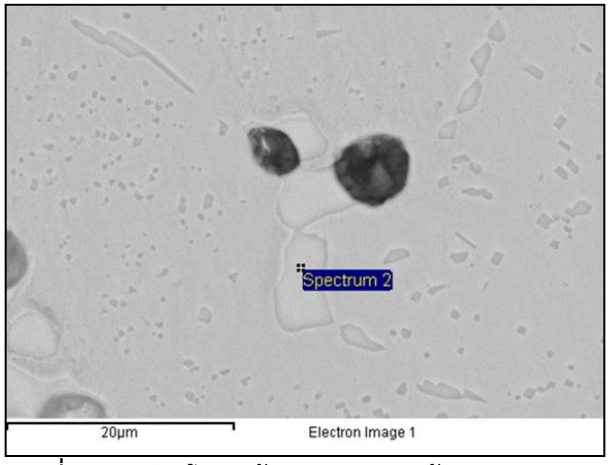
รูปที่ 2 (a) แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน อุณหภูมิบ่มแข็ง 1000องศาเซลเซียส และเวลาบ่มแข็ง12 ชั่วโมง (b) แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน อุณหภูมิบ่มแข็ง 950องศาเซลเซียส และเวลาบ่มแข็ง 12 ชั่วโมง



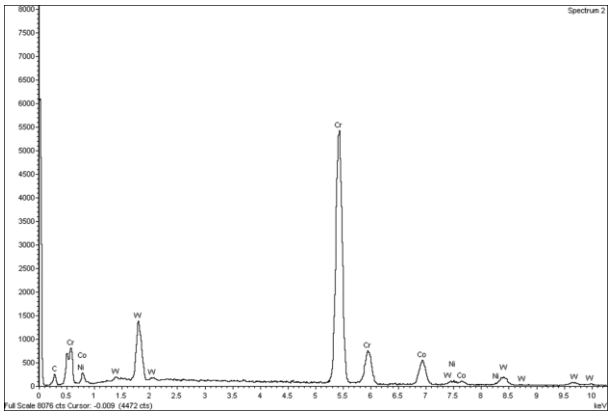
รูปที่ 3 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างพื้นและ Primary eutectic $M_{23}C_6$ ตามขอบเกรน

จากรูปที่ 2 (a) รูปโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่มีค่าความแข็งสูงที่สุด และรูป (b) เป็นโครงสร้างชิ้นงานที่มีค่าความแข็งต่ำที่สุด เมื่อทำวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน แบบส่องกราด (SEM) รูปที่ 3และรูปที่ 4 พบว่าชิ้นงานมีเมื่อผ่านกรรมวิธีทางความร้อนพบโครงสร้างพื้น γ และ รูปแบบของเดนไดท์ Primary eutectic $M_{23}C_6$ ตามขอบเกรน [4,5] และทำการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของ Primary eutectic $M_{23}C_6$ โดยใช้ เครื่องElectron Dispersive Spectrum (EDS) ผลจากการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของบริเวณ Primary eutectic $M_{23}C_6$ ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างจุลภาค

บริเวณขอบเกรณ พบส่วนผสมทางเคมีของธาตุ โครเมียม ร้อยละ 63.89 ทังสเตนร้อยละ 16.36 และโคบอลต์ ร้อยละ11.18 เป็นส่วนประกอบหลักดังแสดงในรูปที่ 5 และมีปริมาณส่วนผสมทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4



รูปที่ 4 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคจากกล้อง Scanning Electron Microscope



รูปที่ 5 ส่วนผสมทางเคมีของ Primary eutectic $M_{23}C_6$

ตารางที่ 4 ส่วนผสมทางเคมีของ Primary eutectic $M_{23}C_6$ ในโครงสร้างจุลภาค

Element	C	Cr	Co	Ni	W
% wt.	6.95	63.89	11.18	1.62	16.36

ดังนั้นจึงสามารถสรุปว่า Primary eutectic $M_{23}C_6$ มีส่วนผสมทางเคมีประกอบไปด้วยธาตุ โครเมียม และทังสเตนเป็นส่วนผสมหลัก จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลอง ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความแข็งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA)

Source	DF	SS	MS	F	P
Temp	2	1787.955	893.977	1.956	.012*
Time	2	873.024	436.512	.955	.400
Error	22	10053.717	456.987		
Total	27	2153094.397	665.245		
Corrected Total	26	12714.695			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าอุณหภูมิและเวลาในกรรมวิธีทางความร้อนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.อภิปรายผลการวิจัย

โลหะผสมพิเศษ FSX-414 (Cobalt base super alloy) ที่ผ่านกรรมวิธีทางงความร้อนจะส่งผลทำให้สมบัติทางกลทางด้านความแข็งแตกต่างกัน โดยที่อุณหภมิและเวลาจะส่งผลเกิดสารประกอบเชิงโลหะ Primary eutectic $M_{23}C_6$ ตามขอบเกรนและมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลาในการบ่มแข็ง อีกทั้งลักษณะความหยาบและละเอียดของ Primary eutectic $M_{23}C_6$ ยังส่งผลต่อสมบัติทางกลทางด้านความแข็งเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Devid L Oates, [4] เมื่อเพิ่มเวลาและอุณหภูมิในกรรมวิธีทางความร้อนจะส่งผลให้เกิด Primary eutectic $M_{23}C_6$ ที่มีความละเอียดมากขึ้นและส่งผลต่อสมบัติทางกลทางด้านความแข็ง และจากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิในการอบละลาย อุณหภูมิในการบ่มแข็ง และเวลาในการบ่มแข็งมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็งอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ธเนศ ณ วิเชียร, (2556), โลหะผสมพิเศษ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mic.org.ku.ac.th/materails-resourcces-detail.php ,เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2561.

[2] สุอังคณา ลี, (2550), Non-Ferrous Heavy Alloys, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.material.chula.ac.th/Radio47/March/Radio3-2.htm เข้าดูเมื่อวันที่ 25/06/2561.

[3]. W.H Jiang., (1999). Effects of heat treatment on microstructures and mechanical properties of a directionally solidified cobalt-base super alloy, November, 1st 1999 , Vol 271 , pp 101-108.

[4] Devid L Oates, (2007). Microstructural changes as a time temperature indicator in cobalt superalloys and a NiCoCrAlTaY coating, Institute of Polymer Technology and Materials Engineering Loughborough University,pp72-101

[5] Ekrami A., (2015). Microstructure Mechanical Properties Relation of TLP-Bonded FSX-414 Superalloy : Effect of Homogenization Design, 24 February 2015, Vol 24, pp.1687-1696.

การศึกษาปัจจัยสำหรับการใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากหินปูนในกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง

The Study Factors for Using Energizer from Lime Stone Powder in the Pack Carburizing Process

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ[1], วรรณา หอมจะบก[1,3,*], ปริญ นาชัยสิทธิ์[4], สุภัทรวิทย์ ศรีนอก[2], อมรศักดิ์ มาใหญ่[1,2], ชัยวัฒน์ พีรทัตสุวรรณ[1,3] และ วิชยุทธ จันทะรี[2]

[1] หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุบความร้อนโลหะ
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
[3] สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่อยู่ 744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[4] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่อยู่ 150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: E-mail : whomjabok@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0877769920

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกล อันได้แก่ ค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกของมีดตัดอ้อยทดสอบที่ถูกตีขึ้นรูปจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 และเพิ่มคาร์บอนที่ผิวด้วยกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากหินปูน โดยปัจจัยที่ศึกษามีสองปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบเพิ่มคาร์บอน ซึ่งทั้งสองปัจจัยจะทำการศึกษาอย่างละ 3 ระดับ โดยใช้อุณหภูมิในการแพ็กคาร์เบอไรซิงที่ 900, 950 และ 1,000°C และใช้เวลาในการแพ็กคาร์เบอไรซิงที่ 30, 60 และ 90 นาที มีดที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงจะถูกอบที่อุณหภูมิออสเทนไนต์ 780°C เป็นเวลา 15 นาที และให้เย็นตัวในน้ำเพื่อเป็นการชุบแข็ง จากนั้นจะถูกนำไปอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 60 นาที ในการทดสอบจะวัดค่าความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์สและทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกแบบชาร์ปี้ การวิเคราะห์ผลจะใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) ในเชิงสถิติและนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมีดตามท้องตลาด พบว่า สภาวะที่ให้ผลทางสมบัติทางกลใกล้เคียงกับมีดตามท้องตลาดคือการอบแพ็กคาร์เบอไรซิงที่อุณหภูมิที่ 956.5°C เวลา 90 นาที โดยให้ค่าความแข็ง 510.4 MHV และค่าความต้านทานแรงกระแทก 2.68 Joules

คำหลัก: หินปูน, มีดตัดอ้อย, แพ็กคาร์เบอไรซิง

Abstract

This research objective is to study the influence of parameters that affected on mechanical properties such as hardness and impact strengths of the sugarcane cutting knives. These knives were conducted by forging from low carbon steel grade AISI 1010. The low carbon steels were added carbon in pack carburizing process by using lime stone powder as energizer. There were 2 parameters in this study such as carburizing temperature and carburizing time. Those of 2 parameters had three levels such as 900, 950 and 1,000°C for carburizing temperature and 30, 60 and 90 minute for carburizing time. After carburizing, the knives were then austenitized at 780°C for 15 minutes and quenched in to water. Then, the knives were tempered at temperature of 180°C for 60 minutes. The hardness and impact strength of the specimens were checked by Micro-Vikers hardness testing and charpy impact testing, respectively. The principle of Design of Experiment (DOE) was used to analized in statistical and compared with commercial knives. The results showed that the mechanical

properties were nearby to commercial knives at carburizing condition was 956.5°C, 90 minutes, which had the hardness value of 510.4 MHV and the impact resistance value of 2.68 Joules.

Keywords: lime stone, sugar cane knives, carburizing

1. บทนำ

มีดทางการเกษตรถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างยิ่งต่อวิถีชีวิตของเกษตรกรไทย จากการศึกษาจากชุมชนตีมีดที่ผ่านมาพบว่า วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการตีมีดคือเหล็กแหนบ ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการหาวัตถุดิบที่หาได้ง่าย มีราคาถูก เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมาใช้ทดแทน แต่เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีสมบัติทางกลที่ด้อยกว่า และไม่สามารถทำการชุบแข็งเพื่อปรับปรุงสมบัติให้ดีขึ้นได้ เพราะมีปริมาณคาร์บอนที่ต่ำ [1, 2] จึงจำเป็นต้องหากรรมวิธีเพิ่มปริมาณคาร์บอน เพื่อให้สามารถทำการชุบแข็งที่ผิวได้ และงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้กระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง เนื่องจากเป็นกรรมวิธีที่มีต้นทุนต่ำที่สุดและมีขั้นตอนในการดำเนินงานที่ไม่ยุ่งยาก

จากการศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่ได้ประยุกต์ใช้การเพิ่มคาร์บอนที่ผิวด้วยกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงที่ผ่านมา [3, 4] พบว่า เป็นการศึกษาในลักษณะของสมบัติเชิงกลและโครงสร้างจุลภาค อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยในกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงในเชิงสถิติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้วิธีทางสถิติในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยในกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment; DOE) [5] เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีหลายปัจจัยและมีมากกว่าหนึ่งระดับ โดยจะศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้อบเพิ่มคาร์บอนที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกล อันได้แก่ ค่าความแข็ง และค่าความต้านทานแรงกระแทกของมีดทดสอบและนำมาเปรียบเทียบกับมีดตัดอ้อยที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดซึ่งผลิตมาจากเหล็กแหนบ

2. วิธีการการทดลอง

2.1 ชิ้นงานทดสอบ

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 จะถูกตีขึ้นรูปเป็นมีดตัดอ้อย แล้วนำมาผ่านกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง ชุบแข็ง และอบคืนตัว

นำมีดตัดอ้อยที่มีขายตามท้องตลาดของแต่ละจังหวัดทั่วทั้งประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดน่าน นครราชสีมา พระนครศรีอยุธยา และสงขลา มาทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยของสมบัติเชิงกล

2.2 กระบวนการทางความร้อน

2.2.1 กระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง

สารแพ็กคาร์เบอไรซิงที่ใช้ประกอบด้วยถ่านไม้ 90 : สารเร่งปฏิกิริยาจากหินปูน 10 โดยน้ำหนัก ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกล ได้แก่ ปัจจัยของอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบเพิ่มคาร์บอน ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อค่าความแข็ง [6] โดยการศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 900, 950 และ 1,000°C และปัจจัยของเวลาจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 30, 60 และ 90 นาที

2.2.2 กระบวนการชุบแข็งและอบคืนตัว

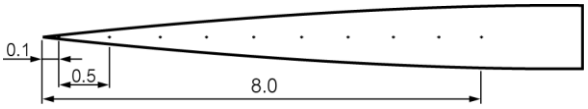
ทำการชุบแข็งโดยการอบที่อุณหภูมิออสเทนไนซ์ 780°C เวลา 15 นาที แล้วจุ่มชุบในน้ำ ตามด้วยอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 180°C เวลา 60 นาที แล้วเย็นตัวในอากาศ

2.3 การทดสอบและการวิเคราะห์ผล

ชิ้นงานทดสอบหลังการอบชุบจะถูกนำมาทำการทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ส และค่าความต้านทานแรงกระแทกแบบชาร์ปี้ โดยจะตัดชิ้นงานทดสอบเป็น 2 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 1 ตำแหน่งแรกจะถูกนำไปทดสอบค่าความแข็งจากปลายด้านคมมีดที่ระยะ 0.1 มม. และจุดถัดไปจะอยู่ห่างออกไปทุก ๆ 0.5 มม. จนไปสิ้นสุดที่ระยะ 8.0 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 ตำแหน่งการตัดเพื่อทำชิ้นทดสอบทดสอบ



รูปที่ 2 ระยะในการวัดค่าความแข็ง (หน่วย: มม.)

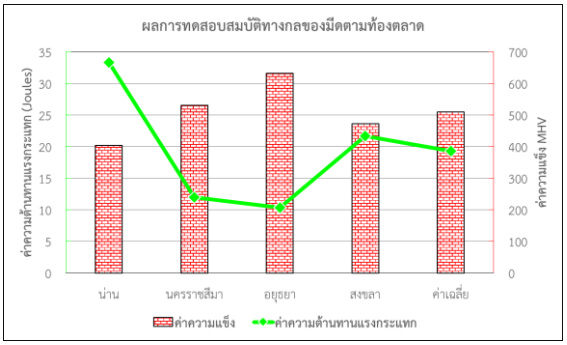
ส่วนการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกจะใช้บริเวณตำแหน่งที่มีดได้รับแรงจากการฟัน โดยจะตัดให้ได้ขนาด 2x7 ซม.^{2} (ตำแหน่งที่ 2 รูปที่ 1) โดยจะวางชิ้นงานทดสอบดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะการวางชิ้นงานทดสอบการรับแรงกระแทก

การวิเคราะห์ผลในเชิงสถิติ จะใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) เพื่อใช้พิจารณาอิทธิพลของปัจจัยซึ่งส่งผลต่อค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก

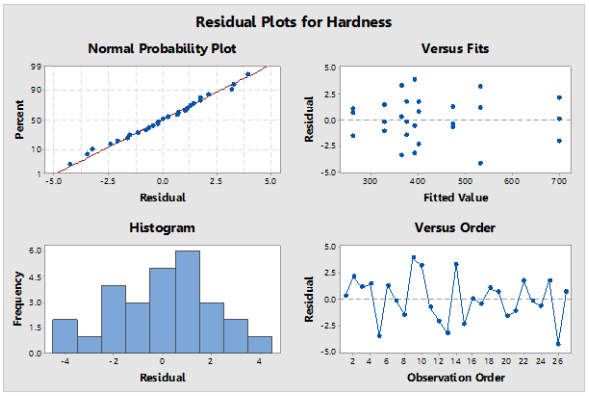
3. ผลการทดลอง



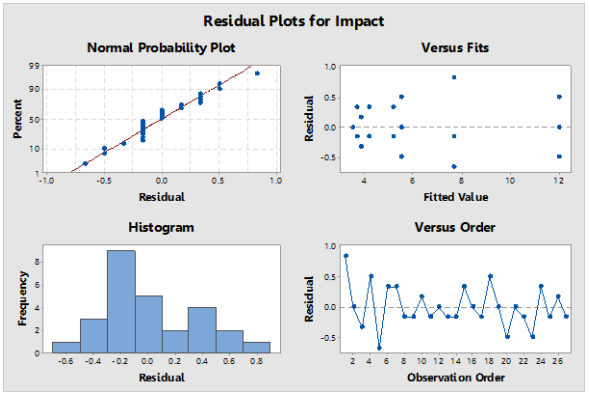
รูปที่ 4 สมบัติเชิงกลของมีดตัดอ้อยตามท้องตลาด

ผลการทดสอบค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกของมีดที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แสดงดังรูปที่ 4 โดยผู้วิจัยจะเลือกใช้เป็นค่าเฉลี่ย เพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบและเป็นเป้าหมายในการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม โดยมีค่าความแข็งเฉลี่ย 510.31 MHV และมีค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ย 19.3 Joules

3.1 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล



รูปที่ 5 ส่วนตกค้างของค่าความแข็ง



รูปที่ 6 ส่วนตกค้างของค่าความต้านทานแรงกระแทก

ผลของแบบจำลองของค่าความแข็ง แสดงดังรูปที่ 5 และค่าความต้านทานแรงกระแทก แสดงดังรูปที่ 6 พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวรอบเส้นตรง และจากการตรวจสอบความเป็นปกติ โดยมีค่า P–value = 0.985 และ 0.060 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ จึงเชื่อได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ส่วนการกระจายตัวของค่าเศษเหลือ (Residual) จากกราฟ Versus fits เห็นได้ว่าการกระจายสม่ำเสมอไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนและจากการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน Residual versus fits ของค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกแบบ Bartlett's test มีค่า P–value = 0.694 และ 0.786 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าค่า Residual versus fits ไม่มีความแตกต่างกัน และข้อมูลมีการกระจายแบบสุ่ม [5]

3.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ 1 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความแข็ง

Factor Information				
Factor	Levels	value		
temp	3	900	950	1000
time	3	30	60	90

Analysis of Variance for Hardness test						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model		8	400018	50002.2	8038.39	0.0000
Linear		4	369288	92322	14841.74	0.0000
	temp	2	193353	96676.6	15541.8	0.0000
	time	2	175935	87967.3	14141.69	0.0000
2-Way Interactions		4	30730	7682.5	1235.04	0.0000
	temp*time	4	30730	7682.5	1235.04	0.0000
Error		18	122	6.2		
Total		26	400130			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.49408	99.97%	99.96%	99.94%

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความต้านทานแรงกระแทก

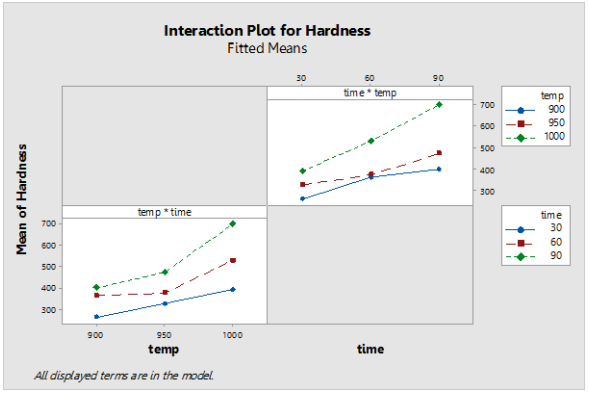
Factor Information				
Factor	Levels	value		
temp	3	900	950	1000
time	3	30	60	90

Analysis of Variance for Impact test						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model		8	182.241	22.7801	136.68	0.0000
Linear		4	145.204	36.3009	217.81	0.0000
	temp	2	79.796	39.8981	239.39	0.0000
	time	2	65.407	32.7037	196.22	0.0000
2-Way Interactions		4	37.037	9.2593	55.56	0.0000
	temp*time	4	37.037	9.2593	55.56	0.0000
Error		18	3	0.1667		
Total		26	185.241			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.408248	98.38%	97.66%	96.36%

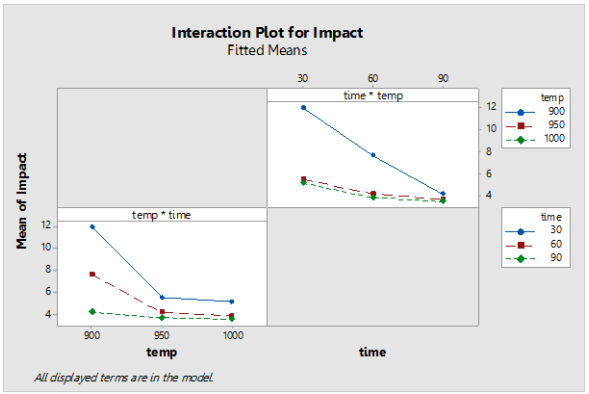
จากตารางที่ 1-2 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม มีค่า P–Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยของทั้งอุณหภูมิและเวลาในการอบเพิ่มคาร์บอนมีผลต่อค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาค่า R–sq (adj) พบว่ามีค่าสูงถึง 99.96% และ 97.66% ตามลำดับ จึงทำให้เชื่อมั่นได้ว่าข้อมูลมีความถูกต้องสูง ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ [1, 2, 4] ที่กล่าวว่าเวลาที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้คาร์บอนแพร่เข้าผิวเหล็กได้มากขึ้น ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเพิ่มคาร์บอนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแตกตัวของอะตอมคาร์บอน ส่งผลให้คาร์บอนแพร่เข้าผิวเหล็กได้ดี ส่งผลให้ค่าความแข็งสูงขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงกระแทก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบเพิ่มคาร์บอนจะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกลดต่ำลง ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [1, 3, 4]

3.3 อิทธิพลของปัจจัย



รูปที่ 7 อิทธิพลของปัจจัยร่วมต่อค่าความแข็ง

เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมของค่าความแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบเพิ่มคาร์บอนที่อุณหภูมิ 950–1,000°C ส่งผลต่อค่าความแข็งมากกว่าที่อุณหภูมิ 900–950°C โดยสังเกตจากความชัน ส่วนปัจจัยของเวลาที่ใช้ในการอบเพิ่มคาร์บอนต่ออุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า ที่อุณหภูมิ 900°C เมื่อทำการเพิ่มเวลาในการอบเพิ่มคาร์บอนที่ 30, 60 และ 90 นาที ทำให้มีดมีค่าความแข็งสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 950°C และ 1,000°C ตามลำดับ โดยระดับของปัจจัยร่วมที่ให้ค่าความแข็งสูงที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 1,000°C เวลา 90 นาที โดยมีค่าความแข็ง 698.67 MHV กล่าวคือเมื่อเพิ่มระดับของปัจจัย ก็จะยิ่งส่งผลต่อค่าความแข็งให้มีค่าสูงขึ้น [1, 2, 7]



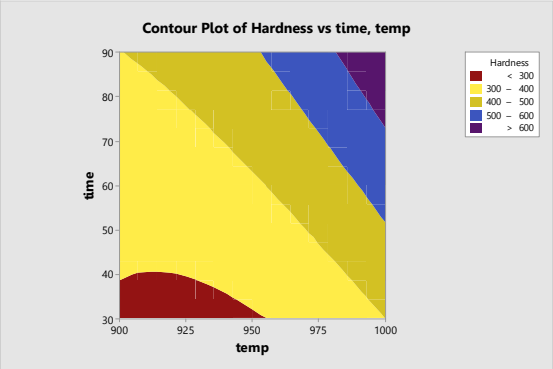
รูปที่ 8 อิทธิพลของปัจจัยร่วมต่อค่าความต้านทานแรงกระแทก

เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมของค่าความต้านทานแรงกระแทก ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่า อิทธิพลของอุณหภูมิในการอบเพิ่มคาร์บอนที่ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงที่สุดคือที่อุณหภูมิ 900°C โดยที่อุณหภูมิ

950–1,000°C ทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกต่ำลงเพียงเล็กน้อย ส่วนเวลาในการอบที่ 30 นาที จะมีค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงที่สุด เมื่อพิจารณาที่เวลา 90 นาที พบว่าค่อนข้างเป็นเส้นตรงซึ่งอาจเป็นเพราะมีดมีขนาดเล็กและบาง (บริเวณคมที่นำมาทดสอบ) เมื่อใช้เวลาในการอบเพิ่มคาร์บอนนานทำให้ปริมาณคาร์บอนแพร่เข้าสู่มีดได้มากขึ้นทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกมีค่าลดลง

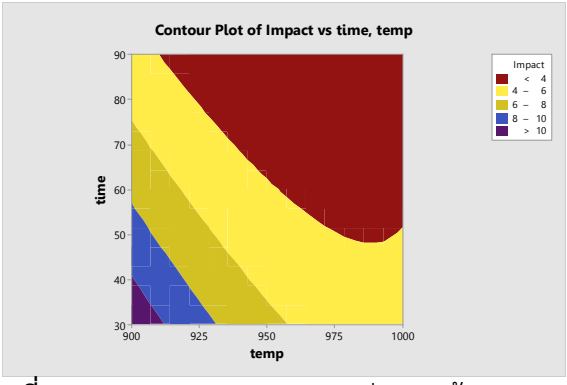
3.4 ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่อสมบัติทางกลของมีดทดสอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของเวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก แสดงดังรูปที่ 9-10 ซึ่งเป็นกราฟ Contour Plot ของค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกภายใต้ปัจจัยของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบเพิ่มคาร์บอน พบว่าเมื่อเพิ่มระดับของของปัจจัยจะทำให้ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีสมการทำนายในสมการที่ 1 และมีค่าความต้านทานแรงกระแทกลดต่ำลง ตามสมการทำนายในสมการที่ 2



รูปที่ 9 กราฟ Contour Plot ของค่าความแข็ง

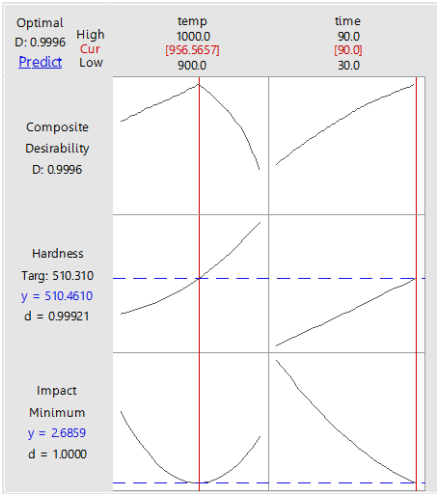
$$\text{Hardness} = 17672 - 37.10\ \text{temp} - 23.57\ \text{time} + 0.01969\ \text{temp}^*\text{temp} + 0.00276\ \text{time}^*\text{time} + 0.02793\ \text{temp}^*\text{time} \quad (1)$$



รูปที่ 10 กราฟ Contour Plot ของค่าความต้านทานแรงกระแทก

$$\text{Impact} = 686 - 1.324\ \text{temp} - 1.099\ \text{time} + 0.000644\ \text{temp}^*\text{temp} + 0.000494\ \text{time}^*\text{time} + 0.001028\ \text{temp}^*\text{time} \quad (2)$$

3.5 ระดับปัจจัยที่เหมาะสม



รูปที่ 11 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

จากเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ มีดจะต้องมีค่าความแข็งเท่ากับ 510.31 MHV และค่าความต้านทานแรงกระแทกเท่ากับ 19.3 Joules เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชิ้นงานทดสอบที่ผ่านกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากหินปูน โดยเมื่อพิจารณาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบเพิ่มคาร์บอน จากการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Optimization ในรูปที่ 11 จะอยู่ที่อุณหภูมิ 957°C เวลา 90 นาที โดยมีค่าความพึงพอใจ (Desirability) เท่ากับ 0.9996 โดยค่าที่ได้จากการใช้ปัจจัยดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงเป้าหมาย 94.93% โดยมีค่าความแข็งที่เป็นไปได้จากการใช้ระดับดังกล่าวจะอยู่

ในช่วง 461.62–559.31 MHV และค่าความต้านทานแรงกระแทกอยู่ในช่วง 1.010–4.361 Joules

เมื่อได้ระดับของปัจจัยแล้วผู้วิจัยได้นำระดับดังกล่าวมาทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 การทดลอง โดยใช้อุณหภูมิ 957°C เวลา 90 นาที แล้วนำข้อมูลของผลการทดสอบสมบัติเชิงกลมาทำการทดสอบทางสถิติแบบ T-test พบว่า ค่า P-value ของค่าความต้านทานแรงกระแทกและค่าความแข็งมีมากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 3 จึงสรุปได้ว่าค่าสมบัติทางกลของเป้าหมายจากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการทดลองยืนยันผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเท่ากันทางสถิติ T-test

สมบัติทางกล	ชิ้นที่					Target	P-value
	1	2	3	4	5		
ความต้านทานแรงกระแทก	3.5	3.0	2.5	3.0	2.0	2.7	0.715
ความแข็ง	516.96	502.21	500.08	504.99	513.30	510.46	0.417

4. สรุปผล

การนำการออกแบบการทดลองมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยในกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาจากหินปูน ซึ่งปัจจัยที่ให้สมบัติทางกลใกล้เคียงกับมีดที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด คือ อุณหภูมิที่ 957°C เวลา 90 นาที โดยให้ค่าความแข็ง 510.5 MHV และค่าความต้านทานแรงกระแทก 2.69 Joules ซึ่งจากการทดลองซ้ำพบว่าค่าสมบัติทางกลจากการออกแบบการทดลองและการทดลองยืนยันผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มความแข็งที่ผิวด้วยกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงให้กับมีดตัดอ้อยที่ตีขึ้นรูปจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำได้เป็นอย่างดีอีกทั้งเป็นวิธีที่ต้นทุนในการดำเนินการต่ำ ซึ่งวิธีการนี้สามารถประยุกต์ใช้กับชิ้นส่วนที่เป็นคมตัดอื่น ๆ ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นควรศึกษากระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิงกับชิ้นส่วนที่เป็นคมตัดอื่น ๆ เช่น แม่พิมพ์ปั๊มตัด เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ในการสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมวัสดุ ในความเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, *โลหวิทยา*, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2556.

[2] Anil Kumar Sinha, Physical Metallurgy Handbook, McGraw-Hill Company Inc., USA, 2003.

[3] Kharia Salman Hassan, 2015, Comparative of Wear Resistance of Low Carbon Steel Pack Carburizing Using Different Media, International Journal of Engineering & Technology, Vol.4 No.1, pp. 71-77.

[4] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, วรรณา หอมจะบก และนฤดม ทาดี, 2556, การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของหินปูนและแคลเซียมคาร์บอเนตในการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวของมีดตัดอ้อยที่ชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง, *การประชุมวิชาการทางโลหะวิทยาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 (๗TMETC).*

[5] Montgomery Douglass C., Design and Analysis of Experiments International Student Version, John Wiley & Sons Inc., 2009.

[6] Naroongsak Thammachot, Prin Nachaisit, Wanna Homjabok, Chayawat Peeratatsuwan, Amorsak Mayai and Jittiwat Nithikarnjanathorn, 2016, The Effect of Energizer and Carburizing Temperature and Time on Mechanical Properties of Hardened Big Knives in the Pack Carburizing Process, *KKU Engineering Journal*, 43(4), pp. 172-177.

[7] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, วรรณา หอมจะบก และนฤดม ทาดี, 2557, ประสิทธิภาพการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวในเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำของถ่านไม้ชนิดต่าง ๆ ในกระบวนการแพ็กคาร์เบอไรซิง, *วิศวกรรมสาร มข*, ปีที่ 41 ฉบับที่ 3, หน้า 383-391.

การศึกษาเวลาที่เหมาะสมเพื่อสลัดน้ำมันกล้วยฉาบ

The right time to drain the oil from the banana crispy.

พงษ์ศักดิ์ นาใจคง*, ภูมิบุญ พลต้าง และ สุทัศน์ ยอดเพ็ชร

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอ เมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: E-mail: pongsak@rmuti.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 0819978910

บทคัดย่อ

การศึกษาเวลาที่เหมาะสมของการสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบ โดยใช้หลักการเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เพื่อใช้ลดปัญหากล้วยฉาบมีปริมาณน้ำมันมากเกินไป กล้วยฉาบมีกลิ่นหืน การสลัดแบบการเหวี่ยงหนีศูนย์เป็นกระบวนการที่ง่ายและสะดวก ทำให้กล้วยฉาบมีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น การศึกษานี้ใช้เครื่องสลัดแบบเหวี่ยงหนีศูนย์ บรรจุกล้วยฉาบที่ 250 กรัม ความเร็วขอบการเหวี่ยงที่ 502.26 เมตร/นาที โดยใช้ผลต่างของน้ำหนักกล้วยฉาบก่อนและหลังการสลัดเป็นตัวชี้วัด จากการศึกษาพบว่า การสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่สองนาทีผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการสลัดกล้วยฉาบเฉลี่ยที่ 9.13 กรัม เหมาะสมที่สุด

คำหลัก: กล้วยฉาบ, สลัดน้ำมัน

Abstract

Study time to drain the oil from banana crispy. The centrifuge is centrifuged. To reduce oil from banana crispy. Rancidity. Centrifugation is easy and convenient. Quality is increasing. The centrifugal machine have capacity 250 gram. It is edge speed at 502.26 M / min. Study results. Centrifugation at two minute reduce weight at 9.13 gram. It right time.

Keywords **:** Banana crispy, Centrifuged,

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้เกษตรรวมกลุ่มเพื่อผลิตสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ OTOP โดยมุ่งเน้นให้ความสำคัญของการนำภูมิปัญญาชาวบ้านและทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาพัฒนา และสร้างมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น มีคุณภาพ มีจุดเด่น มีเอกลักษณ์เพื่อพัฒนาท้องถิ่นสร้างชุมชนให้เข้มแข็งสามารถพึ่งตัวเองได้ สร้างงาน สร้างรายได้ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ที่ผ่านกระบวนการทอด ที่กลุ่มเกษตรกรให้ความสนใจ คือ กล้วยฉาบ เพราะใช้วัตถุดิบที่หาได้ภายในชุมชน เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยหักมุก ฯลฯ ซึ่งสามารถผลิตออกสู่ตลาดได้ตลอดทั้งปี ในกระบวนการแปรรูปกล้วยเป็นกล้วยฉาบ กลุ่มเกษตรกรจะใช้วิธีการทอดและฉาบ หลังจากนั้นจะนำกล้วยฉาบมาบรรจุใส่บรรจุภัณฑ์เพื่อการจำหน่าย เมื่อปล่อยบรรจุภัณฑ์ทิ้งไว้เป็นระยะ 15-30 วัน จะพบว่ามีน้ำมันคายตัวออกมาจากกล้วยฉาบเกาะอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ จากประเด็นปัญหาของกลุ่มเกษตรกร คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเวลาสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบโดยใช้น้ำหนักที่หายไปหลังการสลัดเป็นดัชนีชี้วัด

1.1 จุดมุ่งหมายงานวิจัย

1. ศึกษาเวลาที่เหมาะสมสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบ

2. ปรับปรุงกระบวนการผลิตกล้วยฉาบให้มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เกษตรกรได้เวลาตั้งเครื่องสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบ

2. กระบวนการผลิตกล้วยฉาบให้มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น

1.3 กรอบแนวคิด ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

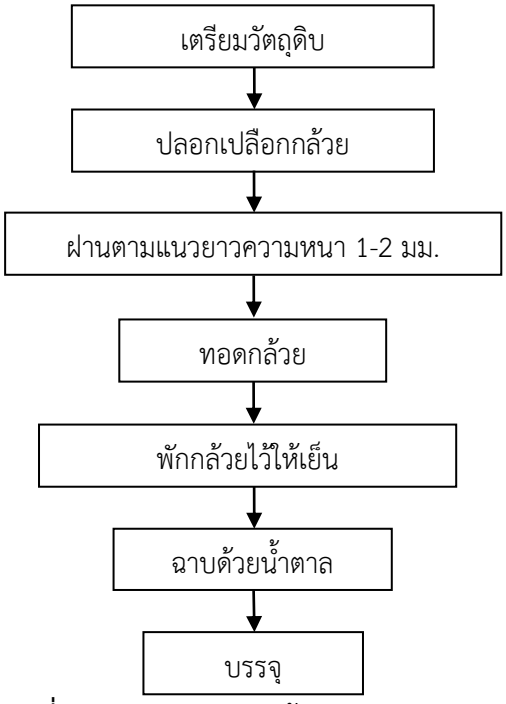
จากปัญหากล้วยฉาบมีน้ำมันคายตัวออกมาเกาะติดภายในบรรจุภัณฑ์ จึงสมมุติฐานว่า ถ้ามีการศึกษาเวลาที่เหมาะสมสลัดน้ำมันกล้วยฉาบ จะส่งผลให้กล้วยฉาบไม่มีน้ำมันคายตัวออกมาติดบรรจุภัณฑ์ ทฤษฎีที่ประยุกต์ใช้ได้แก่ ทฤษฎีการศึกษางาน(Work Study) ศึกษากระบวนการแปรรูปกล้วยฉาบ ทฤษฎีการหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) ศึกษาการสลัดกล้วยฉาบ

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเพื่อศึกษาเวลาที่เหมาะสมสลัดน้ำมันกล้วยฉาบ มีแนวทางศึกษา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ศึกษากระบวนการแปรรูปกล้วยฉาบ

ในบางฤดูกาลผลผลิตของกล้วยจะมีมากกว่าการบริโภคทำให้บริโภคไม่ทันและราคาตกต่ำจึงต้องมีการแปรรูปกล้วย ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถจะแก้ปัญหาผลผลิตที่มีอยู่มากเกินได้ นอกจากนั้นการแปรรูปกล้วยซึ่งทำให้เก็บไว้ได้นานมากขึ้น เพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรเป็นอาชีพเสริมหรือสินค้า OTOP และสามารถสร้างรายได้ให้กับครอบครัวและพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมได้ ผลเสียของผลิตภัณฑ์ที่ปริมาณน้ำมันมากจะส่งผลต่อสุขภาพ ทำให้เป็นโรคอ้วนเนื่องจากพลังงานมากกว่าความต้องการของร่างกาย ทำให้ร่างกายทำงานผิดปกติเสี่ยงต่อการเป็นโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น เบาหวาน ความดัน มะเร็ง และนอกจากนี้ยังส่งผลให้กล้วยนั้นมีกลิ่นหืนอีกด้วย ซึ่งมีกระบวนการผลิตแบบเดิมดังรูปที่ 1 และกระบวนการผลิตแบบใหม่ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตกล้วยฉาบแบบเดิม [1]

1. การเตรียมวัตถุดิบ คือ กล้วยน้ำว้าดิบ ซึ่งมีอายุ 70-80 วัน นับจากวันออกหัวปลี ตัดออกจากหวีจากนั้นนำกล้วยน้ำว้าไปล้างน้ำ แล้วนำไปเตรียมไว้ในภาชนะเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิต

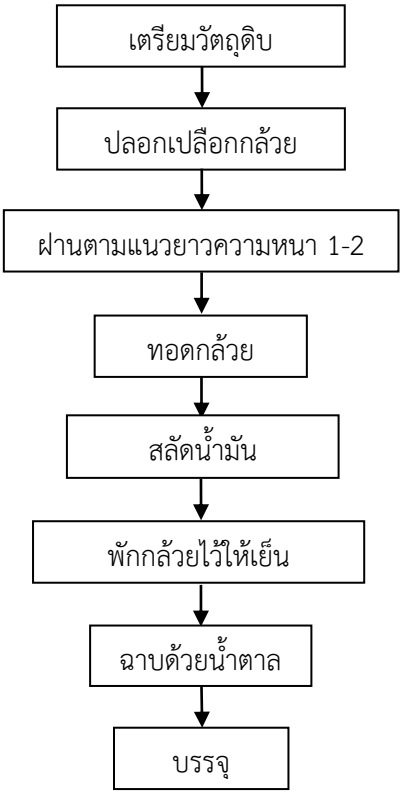
2. การปอกเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบต้องตัดที่ปลายทั้งสองด้านออกเพื่อความสะดวกในการปอกเปลือกแล้วใช้มีดกรีดตามแนวยาวของกล้วยแกะตามรอยกรีดจะทำให้ปอกเปลือกกล้วยได้ง่าย

3. การฝานกล้วยน้ำว้าดิบด้วยมีดสไลด์กล้วยฉาบนั้น ซึ่งจะนำกล้วยที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วมาฝานโดยการวางกล้วยลงบนมีดสไลด์แล้วสไลด์ไปข้างหน้า

4. การทอดกล้วยในแต่ละครั้งจะต้องสังเกตว่าน้ำมันร้อนจัดและมีครันลอยขึ้นมาเพื่อไม่ให้กล้วยติดกันและใช้ระยะเวลาในการทอด 5 นาที

5. กล้วยที่ทอดแล้ว พักกล้วยไว้ให้เย็นใช้เวลาอย่างน้อย 1 นาที

6. การฉาบ ตั้งไฟอ่อนใส่น้ำลงบนกระทะ 100 มิลลิลิตร ใส่น้ำตาลทรายลงไป 45 กรัม เคี่ยวจนน้ำตาลละลาย ใส่กล้วยลงไปในกระทะคลุกเคล้าให้น้ำตาลเคลือบจนทั่วกล้วยประมาณ 3 นาที



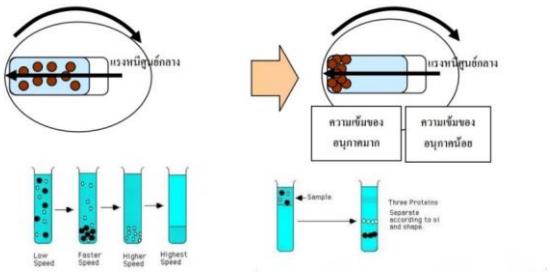
รูปที่ 2 กระบวนการผลิตกล้วยฉาบแบบใหม่ [1]

กระบวนการผลิตกล้วยฉาบแบบใหม่ได้เพิ่มอีกหนึ่งขั้นตอนคือ การสลัดน้ำมัน

2.2 การหมุนเหวี่ยง [2]

มนุษย์รู้จักการเหวี่ยง (Centrifugation) มาตั้งแต่ในสมัยโบราณซึ่งในอดีตใช้เป็นอุปกรณ์ แยกเนยออกจากนม เนยกับนมจะมีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน เครื่องจักรในสมัยนั้นจะใช้การหมุนเพื่อให้เกิดการเหวี่ยง

การเหวี่ยง เป็นกระบวนการบำบัดทางกายภาพ ที่ทำให้องค์ประกอบของของผสมในน้ำ ถูกแยกด้วยแรงหนีศูนย์กลางโดยอาศัยการหมุนมวลของของเหลวในถังรูปทรงกระบอกด้วยความเร็วสูงแรงหนีศูนย์กลางจะทำให้อนุภาคต่างๆ ในของเหลวแยกออกมาด้านนอกของขอบถัง ทำให้สามารถแยกของผสมออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่มีความเข้มข้นของอนุภาคมาก กับส่วนที่มีความเข้มข้นของอนุภาคน้อยหรือแทบไม่มีเลยดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 หลักการเหวี่ยง [2]

2.3 การศึกษาเวลาการสลัดกล้วยฉาบ

การศึกษาเวลาการสลัดกล้วยฉาบ คณะผู้วิจัยใช้เครื่องสลัดน้ำมันแบบหมุนเหวี่ยงที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 4 และมีการทดลองดังรายละเอียดนี้

2.3.1 เครื่องสลัด มีสมบัติดังนี้

1) ขนาดเครื่อง กxยxส 44x44x77.8 ซ.ม
2) ขนาดมอเตอร์ 1/4 แรงม้า
3) ขนาดถังสลัด โต 26 ซ.ม. และสูง 30 ซ.ม.
4) ขนาดบรรจุมากสุด 1.4 กิโลกรัม
5) ความเร็วรอบคงที่ 614.9 รอบต่อนาที และความเร็วขอบ 502.26 เมตรต่อนาที
6) ชนิดวัสดุถังสลัดเป็นเหล็กกล้าไรสนิม SUS 304



รูปที่ 4 เครื่องสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบ

2.3.2 การทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาเวลาสลัดกล้วยฉาบ มีขั้นตอนตามรูปที่ 2 และมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

1.กำหนดน้ำหนักกล้วยก่อนทอดที่ 500 กรัม

2.ทอดไฟแรงที่ 5 นาที

3.ใช้เวลาสลัด ที่ 1, 2 และ 3 นาที อย่างละ 3 ครั้ง

ตัวแปรที่ต้องบันทึกเพื่อนำมาวิเคราะห์

1) เวลาสลัด

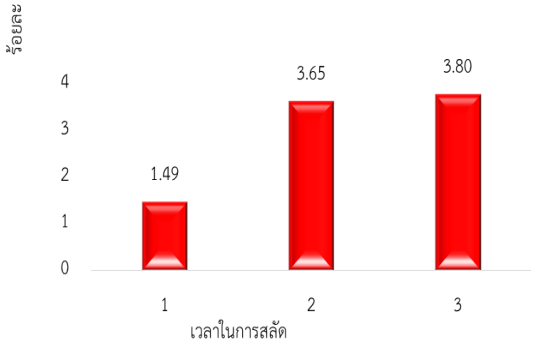
2) น้ำหนักก่อนทอด

3) น้ำหนักก่อนการสลัดน้ำมัน

4) น้ำหนักหลังการสลัดน้ำมัน

3. ผลการวิจัย

การทดลองการสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบ หลังการทอด ใช้เวลาสลัดที่ 1, 2 และ 3 นาที และชั่งน้ำหนักก่อนการสลัดน้ำมันและหลังการสลัดน้ำมันบันทึกข้อมูลหาผลต่างน้ำหนักก่อนและหลังสลัดน้ำมัน ตัวอย่างละ 3 ครั้ง ผลที่ได้ดังตารางที่ 1-3 และเปรียบเทียบดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เปรียบเทียบการสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ เวลา 1, 2 และ 3 นาท

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ 1 นาที

เวลาในการสลัด 1 นาที					
ครั้งที่	น้ำหนักก่อนทอด (กรัม) (A)	น้ำหนักก่อนสลัดน้ำมัน (กรัม) (B)	น้ำหนักหลังสลัดน้ำมัน (กรัม) (C)	ผลต่างก่อนและหลังสลัดน้ำมัน (กรัม) (D) = B – C	ร้อยละของผลต่างน้ำหนักที่ลดลง (E) = $\frac{D}{B}\times 100$
1	500.00	241.30	237.60	3.70	1.53
2	500.00	259.70	255.90	3.80	1.46
3	500.00	244.90	241.30	3.60	1.47
เฉลี่ย	500.00	248.63	244.93	3.70	1.49
S.D.	0.00	9.75	9.68	0.10	0.04

จากตารางที่ 1 การทดสอบของเครื่องสลัดน้ำมันโดยกำหนดเวลาในการสลัดที่ 1 นาทีจำนวน 3 ครั้ง พบว่าน้ำหนักก่อนสลัดน้ำมันเฉลี่ย 248.63 กรัม น้ำหนักหลังสลัดน้ำมันเฉลี่ย 244.93 กรัม ผลต่างก่อนและหลังสลัดน้ำมันเฉลี่ย 3.70 กรัม ร้อยละของผลต่างน้ำหนักที่ลดลงเฉลี่ย 1.49 ของน้ำหนักกล้วยที่สลัด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบ เวลา 2 นาที

เวลาในการสลัด 2 นาที					
ครั้งที่	น้ำหนักก่อนทอด (กรัม) (A)	น้ำหนักก่อนสลัดน้ำมัน (กรัม) (B)	น้ำหนักหลังสลัดน้ำมัน (กรัม) (C)	ผลต่างก่อนและหลังสลัดน้ำมัน (กรัม) (D) = B – C	ร้อยละของผลต่างน้ำหนักที่ลดลง (E) = $\frac{D}{B}\times 100$
1	500.00	239.80	230.40	9.40	3.92
2	500.00	263.10	253.20	9.90	3.76
3	500.00	247.70	239.60	8.10	3.27
เฉลี่ย	500.00	250.20	241.07	9.13	3.65
S.D.	0.00	11.85	11.47	0.93	0.34

จากตารางที่ 2 การทดสอบของเครื่องสลัดน้ำมันโดยกำหนดเวลาในการสลัดที่ 2 นาทีจำนวน 3 ครั้ง พบว่า น้ำหนักก่อนสลัดน้ำมันเฉลี่ย 250.20 กรัม น้ำหนักหลังสลัดน้ำมันเฉลี่ย 241.07

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบ เวลา 3 นาที

เวลาในการสลัด 3 นาที					
ครั้งที่	น้ำหนักก่อนทอด (กรัม) (A)	น้ำหนักก่อนสลัดน้ำมัน (กรัม) (B)	น้ำหนักหลังสลัดน้ำมัน (กรัม) (C)	ผลต่างก่อนและหลังสลัดน้ำมัน (กรัม) (D) = B – C	ร้อยละของผลต่างน้ำหนักที่ลดลง (E) = $\frac{D}{B}\times 100$
1	500.00	258.00	247.70	10.30	3.99
2	500.00	256.20	246.30	9.90	3.86
3	500.00	263.10	253.80	9.30	3.53
เฉลี่ย	500.00	259.10	249.27	9.83	3.80
S.D.	0.00	3.58	3.99	0.50	0.24

จากตารางที่ 3 การทดสอบของเครื่องสลัดน้ำมันโดยกำหนดเวลาในการสลัดที่ 3 นาทีจำนวน 3 ครั้ง พบว่า น้ำหนักก่อนสลัดน้ำมันเฉลี่ย 259.10 กรัม น้ำหนักหลังสลัดน้ำมันเฉลี่ย 249.27กรัม ผลต่างก่อนและหลังสลัดน้ำมันเฉลี่ย 9.83 กรัม ร้อยละของผลต่างน้ำหนักที่ลดลงเฉลี่ย 3.80 ของน้ำหนักกล้วยที่สลัด

4. สรุปผล

สรุปการสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบโดยมีการกำหนดเวลาในการสลัดที่ 1 2 และ3 นาที พบว่าช่วงเวลาที่ 1 นาที ร้อยละของผลต่างน้ำหนักลดลงเฉลี่ย 1.49 ของน้ำหนัก ที่เวลา 2 นาทีร้อยละของผลต่างน้ำหนักลดลงเฉลี่ย 3.65 ของน้ำหนัก และที่ 3 นาทีร้อยละของผลต่างน้ำหนักลดลงเฉลี่ย 3.80 ของน้ำหนัก พบว่าที่เวลา 2 นาที และ 3 นาที ผลต่างน้ำมันที่ลดลงต่างกันเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ประหยัดเวลาในการปฏิบัติงานทางคณะผู้วิจัยจึงเสนอใช้เวลาในการสลัดที่ 2 นาที

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ร้านกล้วยฉาบตลาดสุรนคร. 11 มกราคม 2560. ตลาดสุรนคร ถนนมิตรภาพ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา.

[2] ศุภกร วงศ์ชัยพานิชย์ (2557). เครื่องคัดแยกกะกอนน้ำมันงาด้วยการเหวี่ยง. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,

การใช้อรรถประโยชน์จากเถ้าแกลบ, เศษแก้วสีเขียว และ ดินขาวโคกไม้ลาย สำหรับผลิตกระเบื้องบุผนังเทอราคอตตา

Wastes Utilization from Rice Husk Ash, Green Glass Cullet and Kok Mai Lai Clay for Terra Cotta Wall Tile.

ภูริณัฐ ใหม่งาม*, อุบลรัตน์ หวังรักษ์ดีสกุล

วิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ แขวงวงศ์สว่าง กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10800
*Email : nutt_purinut@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : 0924826698

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำ เถ้าแกลบ ผสมกับเศษแก้วสีเขียว และดินขาวโคกไม้ลาย จากจังหวัดปราจีนบุรี เพื่อผลิตเป็นกระเบื้องบุผนังเทอราคอตตา โดยนำเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลซึ่งเป็นกากเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการต้มน้ำของกระบวนการผลิตไฟฟ้า ส่วนเศษแก้วสีเขียวนำมาใช้เพื่อให้อุณหภูมิในการเผาต่ำและเพิ่มสีสันใหม่ให้ผลิตภัณฑ์ ในการเตรียมชิ้นงาน จะทำการอบวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ร่อนวัตถุดิบผ่านตะแกรงขนาด 295 ไมโครเมตร เมื่อทำการผสมสูตรจากแผนภาพสามแกนแล้ว ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบทางเดียวด้วยแรงดัน 100 บาร์ ได้ชิ้นงานขนาด 50x100x7 มม. และเผาชิ้นงานทดลองที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส/ชั่วโมง และคงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดัด น้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผา การหดตัวหลังเผา ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความหนาแน่น ผลการทดลองพบว่าสูตรที่ดีที่สุด คือ สูตร A-1 ประกอบด้วย เศษแก้วสีเขียวร้อยละ 70 และดินขาวโคกไม้ลายร้อยละ 30 มีค่าความต้านทานแรงดัดร้อยละ 35.70 และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.91 ซึ่งเหมาะสมสำหรับเป็นกระเบื้องบุผนัง BIII ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2508-2555

คำหลัก: กระเบื้องบุผนังเทอราคอตตา, เถ้าแกลบ, เศษแก้วเขียว, ดินขาวโคกไม้ลาย

Abstract

This study focused on the utilization of rice husk ash (RHA), green glass cullet and Kok Mai Lai clay from Prachinburi for producing the terra cotta wall tiles. The rice husk ash was waste from burning rice husk for boiling water to produce heat and generating electricity in the biomass power plant. Used of green glass cullet was for low sintering temperature and adding new color in the products. For preparing specimens, all raw materials were dried at 200 °C for 2 hours. They were all sizing with 295 micrometer sieve mesh. Blending formulas had been formulated by tri-axial diagram. All mixed formulas are formed by hydraulic uniaxial pressing at 100 bars in dimension 50x100x7 mm. They were all sintered at temperature 950 °C, heating rate of 100 °C/h and soaking for 1 hour. Properties tests of all specimens were carried out on bending strength, weight loss, shrinkage, water absorption, bulk

density. The experiment has found that the best formula was A-1 formula is 10 with a 70% mixture of green glass cullet and 30% rice husk ash with 35.70 MPa of bending strength and water absorption 1.9%. Suitable for the wall tile type BIII in Thai Industrial Standard; TIS 2508-2555.

Keywords: Terra Cotta Wall Tiles, Rice Husk Ash, Green Glass Cullet, Kok Mai Lai Clay

1. บทนำ

ปัจจุบันแกลบเป็นกากเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการต้มน้ำของกระบวนการผลิตไฟฟ้า เช่น การใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบริษัทอู่ทองไบโอแมส จำกัด ขนาด 6 เมกะวัตต์ โดยใช้เชื้อเพลิงแกลบในการผลิตไฟฟ้าจำนวน 64,367 ตันต่อปี ซึ่งจะผลิตไฟฟ้าจำหน่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ 43.36 ล้านหน่วย หลังทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบจะเกิดขี้เถ้าแกลบออกมาร้อยละ 20 คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 12,600 ตันต่อปี ซึ่งจะเกิดปัญหาในการกำจัดทิ้งและเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เถ้าแกลบได้มีการนำไปใช้ผสมกับวัสดุอื่นในการผลิตกระเบื้อง อิฐ และวัสดุก่อสร้างต่างๆ [1] รวมไปถึงการนำเศษแก้วสีเขียวมาใช้สำหรับการช่วยลดความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์สมานกันได้ดี นอกจากนั้นยังช่วยลดจุดหลอมตัวในการเผาเพื่อลดต้นทุนในการผลิต [2] อีกทั้งการใช้ดินขาวโคกไม้ลาย จากจังหวัดปราจีนบุรี ที่มีความเหนียว และมีส่วนประกอบของอลูมิน่าสูง เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมวัสดุทนไฟตั้งแต่ 1300 องศาเซลเซียส ขึ้นไป และนิยมใช้ผลิตสุขภัณฑ์ [3]

การใช้อรรถประโยชน์วัสดุของเสียจาก เถ้าแกลบ และเศษแก้วสีเขียว เพื่อพัฒนาเป็นกระเบื้องบุผนังเทอราคอตตา ด้วยสีสันใหม่ โดยผสมเข้ากับดินท้องถิ่น คือ ดินขาวโคกไม้ลาย นอกจากจะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาเรื่องกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรม แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุของเสีย และเพิ่มโอกาสทางการตลาดให้กับโรงงานอุตสาหกรรมท้องถิ่น อีกด้วย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีนักวิจัยหลายท่านที่ทำการศึกษาและใช้อรรถประโยชน์วัสดุของเสียจากภาคอุตสาหกรรม ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง และผลิตภัณฑ์เซรามิก เช่น ดนุพล ตันนโยภา และคณะ ได้ใช้ประโยชน์จากการนำเถ้าแกลบดำร้อยละ 20 ผสมกับหางแร่ดินขาว ใช้อุณหภูมิในการเผา 1050-1090 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง สมบัติของตัวอย่างกระเบื้องเหมาะสำหรับผลิตกระเบื้องมุงหลังคาในมาตรฐาน มอก. 158-2518 [4] D. Eliche-Quesada, el al. ได้นำเถ้าแกลบผลิตอิฐดินเหนียว โดยใช้เถ้าแกลบร้อยละ 10 และเถ้าไม้ร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตอิฐดินเหนียวและเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส [5] Ghassan Abood Habeeb, el al. ได้ใช้ประโยชน์จากเถ้าแกลบเพื่อทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ โดยใช้คอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบร้อยละ 10 ด้วยการบ่มอายุ 28 วัน ทำให้เถ้าแกลบสามารถทดแทนปูนซีเมนต์ได้ [6] ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์ และคณะ ได้ลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิก โดยการใช้เศษแก้วทดแทนแร่ลอยอุณหภูมิในการเผาที่ 1200 องศาเซลเซียส จะช่วยให้การหลอมตัวเป็นเนื้อเดียวกันและความพรุนตัวต่ำ [7] Ahmad Shayan ได้เติมเศษแก้วร้อยละ 50 ในคอนกรีตเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเศษแก้ว โดยบ่มอายุ 7 วัน สามารถรับแรงอัดได้สูงกว่ามาตรฐานคอนกรีต [8] Bianka Mangutova, el al. ได้ผลิตแก้วเซรามิก โดยใช้ประโยชน์จากขี้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าถ่านหินและเติมเศษขวดแก้วร้อยละ 50 โดยใช้อุณหภูมิในการเผา 1050 องศาเซลเซียส ในการผลิตเป็นแก้วเซรามิก [9] Leonard D. Akwilapo, el al. ได้ผลิตวัสดุพอร์เลนจากดินขาว

PUGU โดยใช้อุณหภูมิในการเผาที่อุณหภูมิ 1100-1350 องศาเซลเซียส พบว่าชิ้นงานที่ไม่มีค่าความพรุนอยู่ที่อุณหภูมิ 1250 และ 1300 องศาเซลเซียส ทำให้เหมาะสำหรับในการผลิตเป็นวัสดุพอร์เลน [10] ยุพดี สินมาก ได้ศึกษาความเหมาะสมของดินจังหวัดสระแก้วเพื่อใช้ผลิตเป็นเครื่องปั้นดินเผา โดยใช้ประโยชน์จากดินขาวโคกไม้ลายร้อยละ 30 และดินตำบลศาลาลำดวน เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา และเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส [11]

จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นนั้น พบว่าการศึกษาเพื่อผลิตกระเบื้องบุผนังเทอราคอตตา จากเถ้าแกลบ เศษแก้วสีเขียว และดินขาวโคกไม้ลาย จังหวัดปราจีนบุรี ยังไม่มีผู้ทำการวิจัย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

3. วิธีการศึกษา

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 3 ชนิด คือ เถ้าแกลบ เศษแก้วสีเขียว และดินขาวโคกไม้ลายจากจังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบทางเคมี แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

สารประกอบ	วัตถุดิบ (ร้อยละ)		
	เถ้าแกลบ	เศษแก้วสีเขียว	ดินขาวโคกไม้ลาย
SiO_2	92.67	69.91	58.38
K_2O	1.96	0.36	0.19
CaO	1.18	10.81	0.04
P_2O_5	1.50	-	0.06
MgO	0.78	1.24	0.13
Fe_2O_3	0.54	0.43	2.11
Al_2O_3	0.56	1.91	37.87
Cl	0.16	0.05	-
SO_3	0.34	0.07	0.09
MnO	0.13	-	-
Na_2O	0.07	14.64	-
TiO_2	0.03	0.08	1.06
Cr_2O_3	0.03	0.30	0.01
ZnO	0.01	0.03	-
Rb_2O	0.01	-	-
CuO	0.01	-	-
ZrO_2	-	0.03	0.06
NiO	-	-	0.01
BaO	-	0.09	-
SrO	-	0.04	-
PbO	-	0.01	-

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

โดยนำวัตถุดิบแต่ละชนิดอบไล่ความชื้น 2 ชั่วโมง จากนั้นผ่านขั้นตอนการบดละเอียดด้วยเครื่องบด (Bill mill) เถ้าแกลบ ใช้เวลาในการบด 30 นาที ดินขาวโคกไม้ลาย ใช้เวลาในการบด 20 นาที และเศษแก้วสีเขียว ใช้เวลาในการบด 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำวัตถุดิบที่บดแล้วร่อนผ่านตะแกรง 50 mesh (297 microns)

3.2.2 กำหนดสูตรการทดลอง

กำหนดสูตรการทดลองตามแผนภาพสามแกนทั้ง 18 สูตร โดยใช้เถ้าแกลบไม่เกินร้อยละ 60 เศษแก้วสีเขียวไม่เกินร้อยละ 70 ทั้งนี้หากใช้วัสดุสองชนิดนี้ในอัตราส่วนที่มากกว่านี้จะทำการขึ้นรูปชิ้นงานได้ยาก เนื่องจากไม่มีความเหนียว โดยแบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้ดินขาวโคกไม้ลายร้อยละ 30 กลุ่มที่ 2 ใช้ดินขาวโคกไม้ลายร้อยละ 40 และกลุ่มที่ 3 ใช้ดินขาวโคกไม้ลายร้อยละ 50 โดยกำหนดอัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบและเศษแก้วสีเขียวตามแผนภาพสามแกน ซึ่งแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการทดลอง

สูตรที่	วัตถุดิบ (ร้อยละ)		
	เถ้าแกลบ	เศษแก้วสีเขียว	ดินขาวโคกไม้ลาย
A-1	0	70	30
A-2	10	60	30
A-3	20	50	30
A-4	30	40	30
A-5	40	30	30
A-6	50	20	30
A-7	60	10	30
B-8	0	60	40
B-9	10	50	40
B-10	20	40	40
B-11	30	30	40
B-12	40	20	40
B-13	50	10	40
C-14	0	50	50
C-15	10	40	50
C-16	20	30	50
C-17	30	20	50
C-18	40	10	50

3.2.3 ผสมวัตถุดิบตามสูตรเข้าด้วยกัน

ผสมวัตถุดิบด้วยการผสมแห้งคลุกให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นสเปรย์น้ำด้วยอัตราส่วนร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัตถุดิบ หลังจากนั้นร่อนผ่านตะแกรง 20 mesh (841 microns)

3.2.4 ทำการอัดขึ้นรูปผงวัตถุดิบ

อัดขึ้นรูปด้วยด้วยวิธีอัดขึ้นรูปทางเดียว (Uni-Axial Pressing) โดยใช้แรงดันขนาด 100 bar จะได้ชิ้นงานทดสอบที่มีขนาด 50×100×7 mm. ขึ้นรูปแต่ละสูตรอย่างน้อย 15 แผ่น เพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ

3.2.5 อบไล่ความชื้น

นำชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปมาอบไล่ความชื้นโดยใช้อุณหภูมิในการอบ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.6 เผาชิ้นงานทดลอง

เผาชิ้นงานด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส/ชั่วโมง และคงอุณหภูมิสูงสุดที่ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.2.7 ทดสอบคุณสมบัติ

3.2.7.1 ความต้านทานแรงดัด (Bending Strength)

$$B = \frac{3PL}{2a^2b} \quad (1)$$

เมื่อ P คือ แรงกดสูงสุด, N

L คือ ความกว้างของบ่ารอง, mm

a คือ ความหนาเฉลี่ยตรงรอยแตก, mm

b คือ ความกว้างของชิ้นงาน, mm

3.2.7.2 น้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผา (%Weight Loss)

$$\%\text{Wt. loss} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} x100 \quad (2)$$

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักก่อนเผา, g

w_2 คือ น้ำหนักหลังเผา, g

3.2.7.3 การหดตัวหลังเผา (%Shrinkage)

$$\%\text{Shrinkage} = \frac{L_0 - L}{L_0} x100 \quad (3)$$

เมื่อ L_0 คือ ความยาวก่อนเผา, mm

L คือ ความยาวหลังเผา, mm

3.2.7.4 ค่าการดูดซึมน้ำ (%Water Absorption)

$$W = \frac{w_w - w_d}{w_d} x100 \quad (4)$$

เมื่อ w_d คือ น้ำหนักชิ้นงานแห้ง, g

w_w คือ น้ำหนักชิ้นงานหลังแช่น้ำ, g

3.2.7.5 ค่าความหนาแน่น (Bulk Density)

$$p = \frac{m}{v} \quad (5)$$

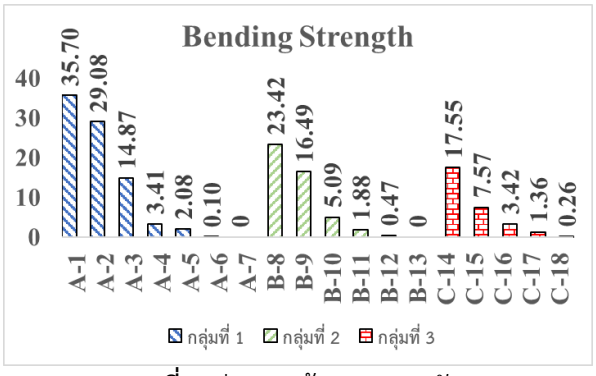
เมื่อ m คือ น้ำหนักชิ้นงานหลังเผา, g

v คือ ปริมาตรหลังเผา, cm^3

4. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength)

ค่าความต้านทานแรงดัดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเศษแก้วสีเขียวเพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดัดจะเปรียบเทียบกับ มอก. 2508-2555 มาตรฐานกระเบื้องบุผนัง BIII แสดงในตารางที่ 3 โดยสูตร A-2, B-9 และ C-14 มีเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 10 จะช่วยให้กระเบื้องมีสีสันที่หน้าสนใจมากยิ่งขึ้น



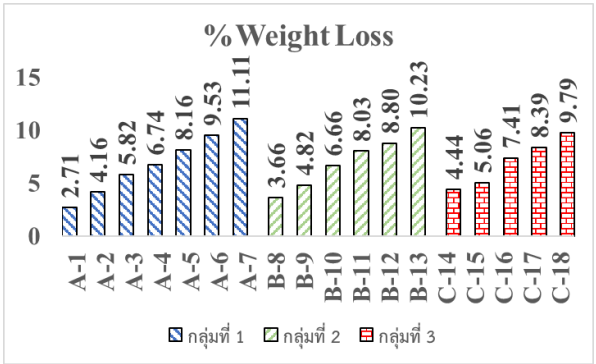
รูปที่ 1 ค่าความต้านทานแรงดัด

ตารางที่ 3 ค่าความต้านทานแรงดัดที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 2508-2555 กระเบื้องบุผนัง BIII (มากกว่า 15 MPa)

	กลุ่มที่				
	1		2		3
สูตรที่	A-1	A-2	B-8	B-9	C-14
ค่าความต้านทานแรงดัด (MPa)	35.7	29.08	23.42	16.49	17.55

4.2 น้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผา (%Weight Loss)

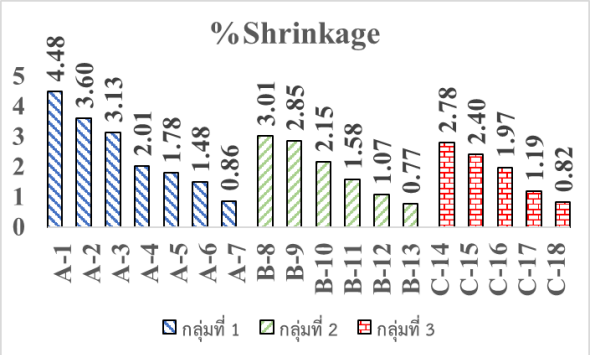
การใช้เถ้าแกลบที่เพิ่มขึ้น ของกลุ่ม A ถึงกลุ่ม C จะ ส่งผลให้ค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผาสูงขึ้น เนื่องจากทิ้งรูพรุนไว้ในชิ้นงานมากทำให้มีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำ และพบว่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผามีแนวโน้มที่ลดลง เมื่อปริมาณเศษแก้วสีเขียวและดินขาวโคกไม้ลายเพิ่มขึ้น โดยสูตร A-1 มีค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผาน้อยที่สุดร้อยละ 2.71 ซึ่งจะมีค่าความต้านทานแรงดัดสูงสุด เนื่องจากชิ้นงานมีรูพรุนน้อย และค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผาจะแปรผกผันกับค่าการหดตัวหลังเผาแต่จะแปรผันตรงกับค่าความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 2 น้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผา

4.3 การหดตัวหลังเผา (%Shrinkage)

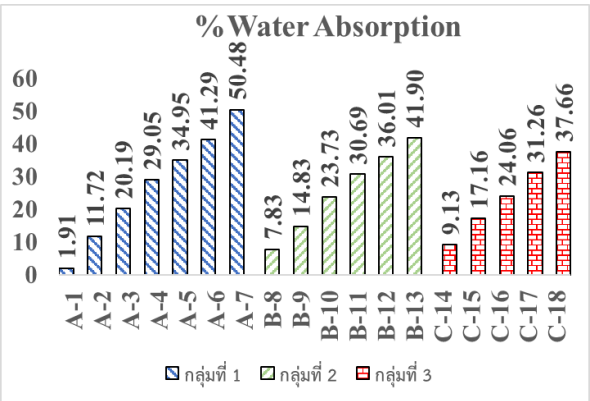
เมื่อมีปริมาณเถ้าแกลบมากจะส่งผลให้ค่าการหดตัวหลังเผาลดลง เนื่องจากชิ้นงานยังคงมีรูพรุนในโครงสร้างที่สูง โดยสูตร B-13 มีค่าการหดตัวหลังเผาน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.77 แสดงให้เห็นความสอดคล้องเมื่อการหดตัวหลังเผาน้อย ค่าความต้านทานแรงดัดจะมีค่าต่ำลง



รูปที่ 3 การหดตัวหลังเผา

4.4 ค่าการดูดซึมน้ำ (%Water Absorption)

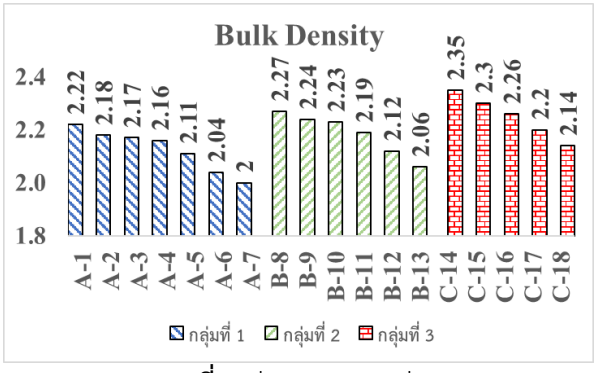
การดูดซึมน้ำจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำ พบว่าสูตร A-1 มีค่าดูดซึมน้ำต่ำที่สุดร้อยละ 1.91 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความต้านแรงดัดที่มีค่าสูง และค่าการดูดซึมน้ำเปรียบเทียบกับ มอก. 2508-2555 กระเบื้องบุผนัง BIII



รูปที่ 4 ค่าการดูดซึมน้ำ

4.5 ค่าความหนาแน่น (Bulk Density)

ค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อดินขาวโคกไม้ลายเพิ่มมากขึ้น พบว่า สูตร C-14 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด คือ 2.35 และค่าความหนาแน่นจะต่ำลงเมื่อเถ้าแกลบมีปริมาณมาก อีกทั้งค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับค่าการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 5 ค่าความหนาแน่น

5. สรุปผลการทดลอง

เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างค่าความต้านทานแรงดัด (มากกว่า 15 MPa) กับค่าการดูดซึมน้ำ (มากกว่าร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 20) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2508-2555 กระเบื้องบุผนัง BIII แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความต้านทานแรงดัดและค่าการดูดซึมน้ำที่สามารถผ่านมาตรฐานมอก. 2508-2555 กระเบื้องบุผนัง BIII

	กลุ่มที่				
	1		2		3
สูตรที่	A-1	A-2	B-8	B-9	C-14
ความต้านทานแรงดัด (MPa)	35.7	29.08	23.42	16.49	17.55
ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	1.91	14.83	7.83	14.83	9.13

พบว่าสูตรที่ดีที่สุด คือ สูตร A-1 มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงสุด และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด ซึ่งเหมาะสมสำหรับผลิตเป็นกระเบื้องบุผนัง BIII ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2508-2555

สูตร A-2, B-9 เหมาะสำหรับที่จะใช้ผลิตในอนาคตเนื่องจากมีส่วนผสมของเถ้าแกลบร้อยละ 10 ซึ่งจะช่วยลดภาระในการกำจัดเถ้าแกลบที่เป็นกากเสียจากโรงไฟฟ้าชีมวลและช่วยให้กระเบื้องมีสีสันที่หน้าสนใจมากยิ่งขึ้น และผ่านมาตรฐานมอก. 2508-2555 กระเบื้องบุผนัง BIII

เถ้าแกลบจะช่วยเพิ่มสีสันใหม่ให้กับกระเบื้อง

เศษแก้วสีเขียวจะช่วยลดจุดหลอมตัวในการเผาและช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระเบื้อง

ดินขาวโคกไม้ลายจะทำให้เกิดการหดตัวหลังเผาที่สูงขึ้นส่งผลให้กระเบื้องมีความหนาแน่นมากขึ้น และกระเบื้องมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

ค่าความต้านทานแรงดัดจะแปรผันตรงกับค่าการหดตัวแต่จะแปรผกผันกับค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผาและค่าการดูดซึมน้ำ ส่วนค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับค่าการดูดซึมน้ำ

ผลของงานวิจัยนี้จะช่วยลดภาระในการกำจัดเถ้าแกลบที่เป็นกากเสียจากโรงไฟฟ้าชีวมวล นอกจากนี้ยังเป็นการใช้เถ้าแกลบให้เกิดประโยชน์ และช่วยเพิ่มมูลค่าอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อเครื่องมือในการทำวิจัยและขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่อุดหนุนทุนวิจัย ช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สรเดช เจริญวัย และ ศศิมา เหมทานนท์ (2559). กระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบโดยเถ้าแกลบ เศษแก้ว และดินตะกอนน้ำประปา, *ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*.

[2] รัฐฎาภรณ์ พัฒนะ (2560). การใช้เศษแก้วเพื่อลดความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านทุ่งหลวง ตำบลทุ่งหลวง อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัย, รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ จังหวัดพิษณุโลก.

[3] ชาญ จรรยาวนิชย์ (2522). การค้นคว้าทดลองตรวจสอบดินขาวเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมเซรามิคส์, การประชุมผลงานทางวิชาการเหมืองแร่, หน้า 11-16

[4] ดนุพล ตันนโยภา และ ธารา เหมมิจฉา (2554). การวิวัฒนาการของสมบัติ โครงสร้างจุลภาค และวิทยาแร่ในระหว่างเผาหางแร่ดินขาวกับเถ้าแกลบดำเน้นกระเบื้องเซรามิก, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดภูเก็ต.

[5] D. Eliche-Quesadaa, M.A. Felipe-Sesé, J.A. López-Pérez, A. Infantes-Molina (2017). Characterization and evaluation of rice husk ash and wood ash in sustainable clay matrix bricks, *Ceramics International*, Vol. 43, pp. 463-475.

[6] Ghassan Abood Habeeb, Hilmi Bin Mahmud (2010). Study on Properties of Rice Husk Ash and Its Use as Cement Replacement Material, *Materials Research*, Vol. 13(2), pp. 185-190.

[7] ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์, วิภานันท์ เอียประเสริฐ, และ สรรค์ สยามิภักดิ์ (2554). การศึกษาการใช้เศษแก้วเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์, *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 5, พฤษภาคม-สิงหาคม 2554, หน้า 211-218.

[8] Ahmad Shayan (2002). Value-added utilisation of waste glass in concrete, *Iabse symposium melbourne* 2002.

[9] Bianka Mangutova, Biljana Angjuševa, Darko Miloševski, Emilija Fidanevska,Jörg Bossert and Milosav Miloševski1 (2004). Utilisation of fly ash and waste glass in production of glass-ceramics composites, *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*, Vol. 23, No. 2, pp. 157–162.

[10] Leonard D. Akwilapo1 and Kjell Wiik (2003). Ceramic properties of pugu kaolin clays, *Bull. Chem. Soc. Ethiop*, Vol. 17(2), pp. 147-154.

[11] ยุพดี สินมาก (2559). ได้ศึกษาการศึกษาความเหมาะสมของดินในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้วเพื่อใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา, *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 9, มกราคม 2559 – มิถุนายน 2559.

การผลิตกระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบด้วยสีสันใหม่จากเถ้าแกลบ, เศษแก้วใส และดินขาวระนอง

New Texture Unglazed Wall Tile Produced from Rice Husk Ash, Clear Glass Cullet and Ranong Clay.

ณัฐกฤตา ปิยะรัตน์* , อุบลรัตน์ หวังรักษ์ดีสกุล

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ แขวงวงศ์สว่าง กรุงเทพมหานคร 10800
*E-mail : p.natthakitta@hotmail.com , เบอร์โทรศัพท์ 081-9886244

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบโดยใช้เถ้าแกลบ เศษแก้วใส และดินขาวระนองเป็นส่วนผสม กำหนดอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A มีส่วนผสมของเศษแก้วใสและดินขาวระนอง กลุ่ม B มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ 10% เศษแก้วใส และดินขาวระนอง และกลุ่ม C มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ 20% เศษแก้วใส และดินขาวระนอง ผสมโดยการเติมน้ำ 10% ของน้ำหนักส่วนผสมแต่ละสูตร ขึ้นรูปโดยวิธีการอัดแบบทางเดียวด้วยแรงกด 100 บาร์ ขนาด 50 x 100 x 7 มิลลิเมตร โดยทำการอบไล่ความชื้นวัตถุดิบหลังการขึ้นรูป อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และเผาทดลองที่อุณหภูมิ 950 °C เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 100 °C/ชั่วโมง คงอุณหภูมิเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวลง ณ อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังเผาของกระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบทั้ง 3 กลุ่ม และพิจารณาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับคุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานมอก. 2508-2555 พบว่า สูตร A1 มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด โดยมีเศษแก้วใส 70% และดินขาวระนอง 30% มีค่าความต้านทานแรงดัด 18.3 MPa และมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 13.89% ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2508-2555 กระเบื้องบุผนัง BIII สามารถเป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งผนังภายในบ้านและอาคารได้

คำหลัก: เถ้าแกลบ, เศษแก้วใส, ดินขาวระนอง, กระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบ

Abstract

The purposes of this research were to study the physical properties and characteristics of unglazed wall tile by using rice husk ash, clear glass cullet and Ranong clay. Formulation of mixing raw materials was divided into three groups. In the A group, it was the mixed of using clear glass cullet and Ranong clay. The B group, three materials were mixed with rice husk ash 10%, clear glass cullet and Ranong clay. The C group, three materials were mixed with rice husk ash 20%, clear glass cullet and Ranong clay. Water was used as an additive at proportion 10% by weight of mixtures. Then, they all were pressed by uniaxial pressing at 100 bar to form the specimens with dimension 50 x 100 x 7 mm. After that, all specimens were dried by electric kiln at temperature 200°C for 2 hours and fired at temperature 950°C, heating rate 100°C/h and soaked for 1 hour and cool down to room temperature. Fired specimens were test properties. Comparing properties of three group's formulations were performed. Furthermore, the appropriate formula had been considered by comparing the physical

properties with Thai Industrial Standard TIS 2508-2555. The A1 best ratio of clear glass 70% and Ranong clay 30% have Bending Strength 18.3 MPa and 13.89% Water Absorption. Criteria Thai Industrial Standard TIS 2508-2555. Wall Tile BIII. Can be used wall tile including building.

Keywords: Rice Husk Ash, Clear Glass Cullet, Ranong Clay, Unglazed Wall Tile

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์กระเบื้องเซรามิกเป็นการใช้ดินและส่วนผสมชนิดต่างๆ เพื่อความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การเตรียมวัตถุดิบนั้นมีส่วนทำให้เกิดมลพิษที่เกิดจากการระเบิดภูเขาเพื่อนำแร่บางชนิดมาใช้สำหรับการผลิตกระเบื้องเซรามิก ในปัจจุบันกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้วัสดุทดแทนจากการใช้วัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มและประโยชน์สูงสุด [1]

ในพื้นฐานของประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งแกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกนั้นก็เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าชีวมวล เถ้าแกลบจึงเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาไหม้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลมีองค์ประกอบของธาตุทางเคมีที่เป็นซิลิกาสูง เหมาะสำหรับการนำมาเป็นวัสดุในการทำกระเบื้องเซรามิกในการเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพและสีสันของกระเบื้องเซรามิกได้ [2]

การนำเศษแก้วใสที่เป็นวัสดุเหลือใช้และมีราคาถูกซึ่งสามารถหาได้ทุกพื้นที่ เป็นวัตถุดิบนำมาผสมในเนื้อกระเบื้องเซรามิก ซึ่งเป็นอีกวิธีในการลดต้นทุนการผลิตและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการเผาเนื่องจากเศษแก้วใสมีองค์ประกอบหลักของธาตุทางเคมี คือ แคลเซียม โซเดียม และซิลิกา จึงมีคุณสมบัติช่วยลดอุณหภูมิในการสุกตัวของผลิตภัณฑ์เซรามิกลงได้ [3]

ดินขาวหรือดินเคโอลิน เป็นวัตถุดิบที่สำคัญอย่างหนึ่งในงานด้านอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิก ดินขาวที่จังหวัดระนองเป็นแหล่งดินขาวที่สำคัญของงานอุตสาหกรรมเซรามิกแห่งหนึ่งในประเทศไทย แหล่งกำเนิดของดินขาวแห่งนี้เกิดในลักษณะปฐมภูมิ มักพบในพื้นที่ลักษณะเป็นภูเขา ดินมีลักษณะสีเหลืองนวลหรือออกแดงเล็กน้อย เนื้อดินมีลักษณะร่วนและมีแร่ไมก้าปนอยู่ค่อนข้างสูง จึงมีคุณสมบัติทนไฟ [4]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตกระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบด้วยสีสันใหม่ จากการใช้ดินขาวและเถ้าแกลบ โดยใช้เศษแก้วใสเพื่อช่วยลดอุณหภูมิในการเผา ทั้งนี้ยังเป็นการใช้อรรถประโยชน์ของเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรม คือ เถ้าแกลบ และ เศษแก้วใส แล้วยังช่วยส่งเสริมผลิตภัณฑ์แนวใหม่ทางการตลาดอีกด้วย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า เลิศชาย สถิตพนาวงศ์ และคณะ พัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 °C มีส่วนผสมดินพื้นบ้านอำเภอบางประหัน ดินขาว ทราย และขี้เลื่อย ขึ้นสูตรตามตารางสี่เหลี่ยมและศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา [5] แสงโสม จิตต์วารี และคณะ เปรียบเทียบคุณสมบัติของเนื้อกระเบื้องปูพื้นที่ใช้ดินขาวระนองผสมกับควอตซ์และแร่ฟันม้า หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,100 และ 1,150 °C เทียบกับเนื้อกระเบื้องที่ใช้เศษแก้วบดแทนแร่ฟันม้า [6] M.R.Sahar, et al. วิจัยเรื่องโครงสร้างของเซรามิกที่มีส่วนผสมคือแก้วและดินใช้ในการทำอิฐดินเผาโดยดูการตกผลึกด้วย SEM เผาที่อุณหภูมิ 900 °C [7] ดนุพล ตันนโยภาส และคณะ ทำเซรามิกจากผงแก้วขวดโซดาและเถ้าปาล์มน้ำมัน อัดขึ้นรูปโดยปราศจากวัสดุประสาน เผาที่อุณหภูมิ 750-1,000 °C และทดสอบคุณสมบัติ [8] ทนารัช จิตชาญวิชัย ศึกษาคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่มีขี้เถ้าแกลบแทนวัตถุดิบที่ให้ซิลิกา โดยมีขี้เถ้าแกลบ ดินขาวระนอง หินเขี้ยวหนุมาน

และหินฟันม้า เผาที่อุณหภูมิ 1200 °C [9] คณาธิป อิสระกุล ทดลองคุณสมบัติของส่วนผสมที่มี เถ้าแกลบและเถ้าลอย โดยผสมกับดินเซรามิกสูตร W03 เผาที่อุณหภูมิ 800-1,200 °C [10] E. Furlani, et al. ศึกษาพฤติกรรมการเผาที่มีส่วนผสมของตะกอนกระดาษและเศษแก้วผสมกับดินแดง ดินเหลือง และดินขาว เผาที่อุณหภูมิ 1,040-1,140 °C [11] S. Maschio, et al. ศึกษาพฤติกรรมการเผาและวัดคุณสมบัติกระเบื้อง โดยมีส่วนผสมของตะกอนกระดาษ เศษแก้วใน และดินแดงในอัตราส่วนต่างๆ เผาที่อุณหภูมิ 1,100-1,140 °C [12]

จากงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นพบว่าการผลิตกระเบื้องบุผนังแบบไม่เคลือบจากเถ้าแกลบ, เศษแก้วใส และดินขาวระนอง ยังไม่มีผู้ทำการวิจัย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 3 ชนิด คือ เถ้าแกลบ เศษแก้วใส และดินขาวระนอง โดยองค์ประกอบธาตุทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการ X-ray Fluorescence (XRF) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบธาตุทางเคมีของวัตถุดิบ

องค์ประกอบธาตุ	วัตถุดิบ (%)		
	เศษแก้วใส	เถ้าแกลบ	ดินขาวระนอง
SiO_2	72.1	92.67	46.80
K_2O	0.2	1.96	1.30
CaO	10.6	1.18	0.01
P_2O_5	-	1.50	-
MgO	2.4	0.78	0.01
Fe_2O_3	0.1	0.54	0.85
Al_2O_3	1.6	0.56	37.50
Cl	-	0.16	-
SO_3	0.15	0.34	-
MnO	-	0.13	-
Na_2O	12.9	0.07	0.01
TiO_2	0.05	0.03	0.03
Cr_2O_3	-	0.03	-
ZnO	-	0.01	-
Rb_2O	-	0.01	-
CuO	-	0.01	-
L.O.I	-	-	13.00

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 กำหนดสูตรการทดลอง

นำวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ผสมในอัตราส่วนที่กำหนดตามแผนภาพสามแกน จำนวน 18 สูตร โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A มีส่วนผสมของเศษแก้วใสและดินขาวระนอง กลุ่ม B มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ 10% เศษแก้วใส และดินขาวระนอง กลุ่ม C มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ 20% เศษแก้วใส และดินขาวระนอง แสดงในตารางที่ 2

3.2.2 วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด อบไล่ความชื้นอุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำเถ้าแกลบและดินขาวระนองบดด้วยหม้อบดเป็นเวลา 30 นาที ในส่วนแก้วใสบดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้ละเอียดและนำวัตถุดิบแต่ละชนิดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช (อนุภาคมีขนาดน้อยกว่า 297

ไมครอน) หลังจากผสมวัตถุดิบตามสูตรที่กำหนดและทำการคลุกวัตถุดิบให้เข้ากันจากนั้นสเปรย์น้ำในอัตราส่วนร้อยละ 10 ของน้ำหนักส่วนผสมของแต่ละสูตรและทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (อนุภาคมีขนาดน้อยกว่า 841 ไมครอน)

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการทดลอง

สูตรที่	วัตถุดิบ (%)		
	เศษแก้วใส	เถ้าแกลบ	ดินขาวระนอง
A1	70	0	30
A2	60	0	40
A3	50	0	50
A4	40	0	60
A5	30	0	70
A6	20	0	80
A7	10	0	90
B8	60	10	30
B9	50	10	40
B10	40	10	50
B11	30	10	60
B12	20	10	70
B13	10	10	80
C14	50	20	30
C15	40	20	40
C16	30	20	50
C17	20	20	60
C18	10	20	70

3.2.3 การขึ้นรูปชิ้นงาน

อัดขึ้นรูปโดยวิธีการอัดแบบทางเดียวด้วยแรงกด 100 บาร์ จะได้ชิ้นงานที่มีขนาด 50 x 100 x 7 มิลลิเมตร

3.2.4 การอบไล่ความชื้นก่อนเผา

นำชิ้นงานที่ทำการขึ้นรูปแล้วมาอบไล่ความชื้นอุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.5 การเผาชิ้นงาน

เผาชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 950 °C เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 100 °C/h คงอุณหภูมิเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวลง นำชิ้นงานที่ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติ ดังแสดงในหัวข้อย่อย ถัดไป

3.2.6 ทดสอบคุณสมบัติ

นำชิ้นงานที่ทำการเผาจำนวนสูตรละ 15 แผ่นไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยสมการคำนวณค่าทดสอบมีดังนี้

3.2.6.1 ความต้านทานแรงดัด (Bending Strength)

โดยคำนวณจากสมการที่ 1

$$\text{Bending Strength} = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

เมื่อ P คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานหัก, N

L คือ ความกว้างของบ่ารอง, mm

b คือ ความกว้างบริเวณหัก, mm

d คือ ความหนาบริเวณหัก, mm

3.2.6.2 การสูญเสียน้ำหนักหลังเผา (%Weight Loss) โดยคำนวณจากสมการที่ 2

$$\%\text{Weight Loss} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \text{ x } 100 \quad (2)$$

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักชิ้นงานก่อนเผา, g

w_2 คือ น้ำหนักชิ้นงานหลังเผา, g

3.2.6.3 การหดตัวหลังเผา (%Shrinkage)

โดยคำนวณจากสมการที่ 3

$$\%\text{Shrinkage} = \frac{(L_0 - L)}{L_0} \text{ x } 100 \quad (3)$$

เมื่อ L_0 คือ ความยาวชิ้นงานก่อนเผา, mm

L คือ ความยาวชิ้นงานหลังเผา, mm

3.2.6.4 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

โดยคำนวณจากสมการที่ 4

$$\text{Bulk Density} = \frac{m}{v} \quad (4)$$

เมื่อ m คือ น้ำหนักชิ้นงานหลังเผา, g

v คือ ปริมาตรชิ้นงานหลังเผา, cm^3

3.2.6.5 การดูดซึมน้ำ (%Water Absorption)

โดยคำนวณจากสมการที่ 5

$$\%\text{Water Absorption} = \frac{(w_w - w_d)}{w_d} \times 100 \quad (5)$$

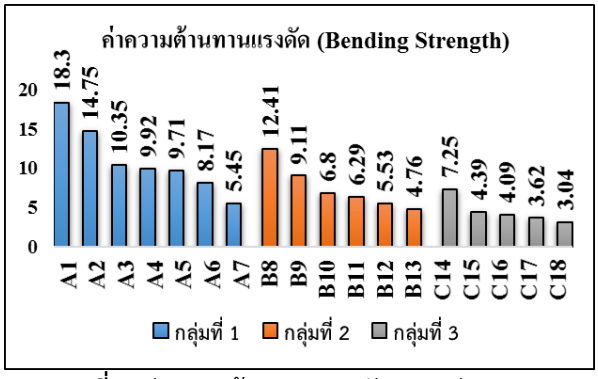
เมื่อ w_d คือ น้ำหนักชิ้นงานก่อนต้ม, g

w_w คือ น้ำหนักชิ้นงานหลังต้ม, g

4. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength)

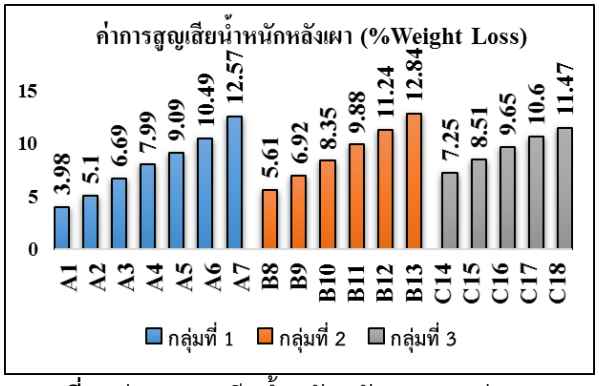
จากการทดสอบพบว่ากลุ่ม A มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงสุด 18.3 MPa และมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำสุด 5.45 MPa กลุ่ม B มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงสุด 12.41 MPa และมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำสุด 4.76 MPa กลุ่ม C มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงสุด 7.25 MPa และมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำสุด 3.04 MPa ค่าความต้านทานแรงดัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเศษแก้วใสเพิ่มขึ้นและจะต่ำลงเมื่อเถ้าแกลบและดินขาวระนองมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 1 ค่าความต้านทานแรงดัดของแต่ละสูตร

4.2 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังเผา (%Weight Loss)

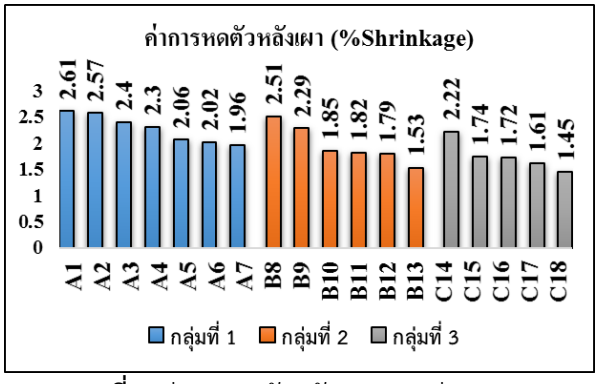
จากการทดสอบพบว่ากลุ่ม A มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด 12.57% และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 3.98% กลุ่ม B มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด 12.84% และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 5.61% กลุ่ม C มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด 11.47% และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 7.25% ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังเผาจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของดินขาวระนองและปริมาณของเถ้าแกลบที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังเผาของแต่ละสูตร

4.3 ค่าการหดตัวหลังเผา (%Shrinkage)

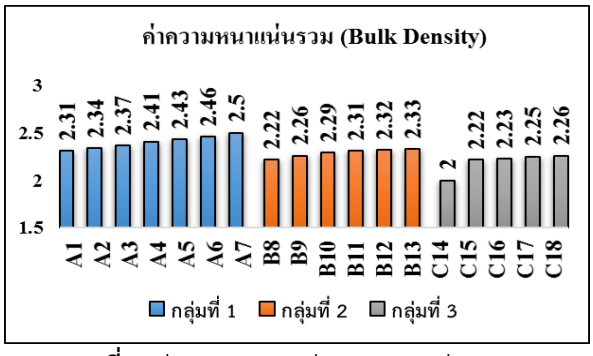
จากการทดสอบพบว่ากลุ่ม A มีค่าการหดตัวสูงสุด 2.61% และมีค่าการหดตัวต่ำสุด 1.96% กลุ่ม B มีค่าการหดตัวสูงสุดอยู่ที่ 2.51% และมีค่าการหดตัวต่ำสุด 1.53% กลุ่ม C มีค่าการหดตัวสูงสุดอยู่ที่ 2.22% และมีค่าการหดตัวต่ำสุด 1.45% ค่าการหดตัวหลังเผาจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเศษแก้วใสที่เพิ่มขึ้นแต่ในทางกลับกันจะมีค่าการหดตัวที่ต่ำลงตามปริมาณของดินขาวระนองที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 ค่าการหดตัวหลังเผาของแต่ละสูตร

4.4 ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

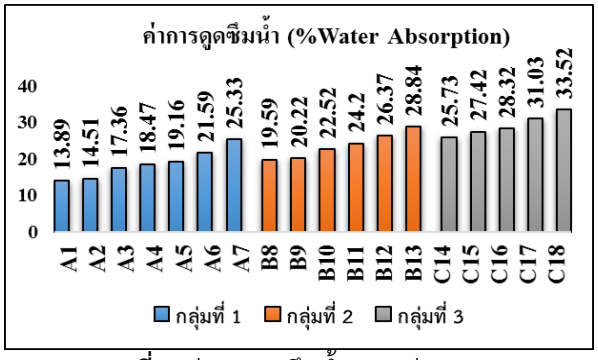
จากการทดสอบพบว่ากลุ่ม A มีค่าความหนาแน่นรวมสูงสุด 2.5 และมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำสุด 2.31 กลุ่ม B มีค่าความหนาแน่นรวมสูงสุดอยู่ที่ 2.33 และมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำสุด 2.22 กลุ่ม C มีค่าความหนาแน่นรวมสูงสุดอยู่ที่ 2.26 และมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำสุด 2.0 ค่าความหนาแน่นรวมจะมีค่ามากขึ้นตามปริมาณของดินขาวระนองที่เพิ่มขึ้นและจะมีค่าความหนาแน่นรวมที่ต่ำลงเมื่อมีปริมาณของเศษแก้วใสและเถ้าแกลบที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 ค่าความหนาแน่นรวมของแต่ละสูตร

4.5 ค่าการดูดซึมน้ำ (%Water Absorption)

จากการทดสอบพบว่ากลุ่ม A มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด 25.33% และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด 13.89% กลุ่ม B มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด 28.84% และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 19.59% กลุ่ม C มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด 33.52% และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 25.73% ค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของดินขาวระนองและเถ้าแกลบแต่จะมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำลงเมื่อปริมาณของแก้วใสเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 ค่าการดูดซึมน้ำของแต่ละสูตร

5. สรุปผลการทดลอง

ค่าความต้านทานแรงดัดและค่าการหดตัวหลังเผามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากเมื่อชิ้นงานมีการหดตัวมากขึ้นช่องว่างภายในชิ้นงานมีน้อยลงจะทำให้มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงขึ้น

ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังเผา ค่าความหนาแน่นรวมและค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากเมื่อชิ้นงานได้สูญเสียน้ำหนักหลังเผามากจึงเกิดโพรงช่องว่างในชิ้นงานมากทำให้มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงขึ้น

เถ้าแกลบเมื่อใช้ในปริมาณ 10-20% นั้นส่งผลให้ชิ้นงานมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำลงแต่ให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังเผาและค่าการดูดซึมน้ำที่มากขึ้น

เศษแก้วใสนั้นสามารถช่วยลดอุณหภูมิการสุกตัวของกระเบื้องได้ ซึ่งสามารถประหยัดเชื้อเพลิงสำหรับการเผาได้เป็นอย่างมากและยังสามารถทดแทนวัตถุดิบที่ช่วยให้กระเบื้องมีความต้านทานแรงดัดเพิ่มมากขึ้น

ดินขาวระนองมีคุณสมบัติช่วยให้กระเบื้องมีการหดตัวที่ต่ำและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและยังช่วยให้กระเบื้องมีสีสันที่สวยงามเมื่อผสมกับเถ้าแกลบ

สูตรที่ผ่าน มอก.2508-2555 คือสูตร A1 มีค่าความต้านทานแรงดัด 18.3 MPa และมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 13.89% ตามมาตรฐาน มอก. 2508-2555 กระเบื้องบุผนัง BIII ระบุว่าค่าความต้านทานแรงดัดไม่ต่ำกว่า 15 MPa (>15 MPa) และค่าการดูดซึมน้ำไม่ต่ำกว่า 10% แต่ไม่เกิน 20% (10<E≤20) และสูตรที่สามารถพัฒนาต่อได้คือสูตร B8 ซึ่งมีสัดส่วนของเถ้าแกลบ 10% โดยทำการทดลองเพิ่มอุณหภูมิในการเผาที่ 1,050 °C จะส่งผลให้ กลุ่ม B มีค่าความต้านทานแรงดัดที่เพิ่มขึ้น

งานวิจัยนี้นอกจากจะสามารถช่วยลดภาระในการกำจัดเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้เถ้าแกลบอีกด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มประโยชน์และมูลค่าให้กับเถ้าแกลบและเศษแก้วใส สามารถพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไปได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือและขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่อุดหนุนทุนวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] คณาธิป อิสระกุล และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ (2557). คุณลักษณะของกระเบื้องเซรามิกที่ผสมเถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์ภายใต้สภาวะอุณหภูมิการเผาที่ต่างกัน, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การประชุมวิชาการ มหาสารคามวิจัย*, 10, 11 – 12 กันยายน 2557, หน้า 250 – 256.

[2] สุชีพ ศรีชู (2559). *ผลกระทบของการใช้เถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลต่อกำลังอัดและการซึมผ่านน้ำของคอนกรีต*, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[3] ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์, วิภานันท์ เอียประเสริฐ และสรรค์ สยามิภักดิ์ (2554). การศึกษาการใช้เศษแก้วเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์, *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 5, พฤษภาคม – สิงหาคม 2554, หน้า 211 – 218.

[4] ประสิทธิ์ สุวรรณประทีป และชาญ จรรยาวนิชย์ (2523). แหล่งดินขาว(เคโอลิน)ที่สำคัญและการใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย, *ข่าวสารการธรณี*, 25, 7 กรกฎาคม 2523, หน้า 11 – 16.

[5] เลิศชาย สถิตพนาวงศ์ และ อภิชิต กระจ่างเย่า (2555). การพัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 องศาเซลเซียส จากดินพื้นบ้าน, *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 4, กรกฎาคม – ธันวาคม 2555, หน้า 112 – 121.

[6] แสงโสม จิตต์วารี, จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ, นันทน์ ถาวรังกูร และลดา พันธ์สุขุมธนา (2559). ผลของลิเทียมคาร์บอเนตและเศษแก้วต่อการลดอุณหภูมิสุกตัวของเนื้อดินสำหรับผลิตกระเบื้องปูพื้น, *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 9, กรกฎาคม – ธันวาคม 2559, หน้า 146 – 160.

[7] M.R.Sahar, K. Hamzah, M.S.Rohani, K.A.Samah and M.M.Razi (2011). The Microstructural Study of Cullet-Clay Ceramics, *2011 International Conference on Physics Science and Technology (ICPST 2011)*, Physics Procedia 22, pp. 125 – 129.

[8] ดนุพล ตันนโยภาส, รัตติกาล สุริยะ และสุชาติ จันทรมณีย์ (2557). แก้วเซรามิกได้จากแก้วขวดโซดาและเถ้าปาล์มน้ำมัน, *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 23, กรกฎาคม – ธันวาคม 2557.

[9] ทนารัช จิตชาญวิชัย (2558). ขี้เถ้าแกลบแทนซิลิกาสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส , *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 10, กันยายน – ธันวาคม 2558, หน้า 85 – 94.

[10] คณาธิป อิสระกุล (2557). *การพัฒนากระเบื้องเซรามิกด้วยการผสมของเถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์*, สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11] E. Furlani, G. Tonello, S. Maschio, E. Aneggi, D. Minichelli, S. Bruckner and E. Lucchini (2011). Sintering and characterization of ceramics containing paper sludge, glass cullet and different types of clayey materials, *Ceramics International (2011)*, 37, pp. 1293 – 1299.

[12] S. Maschio, E. Furlani, G. Tonello, N. Faraone, E. Aneggi, D. minichelli, L. Fedrizzi, A. Bachiorrini and S. Bruckner (2009). Fast firing of tiles containing paper mill sludge, glass cullet and clay, *Waste Management (2009)*, 29, pp. 2880 – 2885.

สมบัติทางกลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมจากพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน

Mechanical properties and morphology of polylactic acid/chitosan fibers composites

นวลละออง สระแก้ว[1,*], ณัฐกฤตา ประเสริฐโสภา[1] และ อรสุรางค์ โสภิพันธ์[2]

[1]สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
254 ถนนสุวรรณศร ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160
*ผู้ติดต่อ: n_srakaew@hotmail.com, +668 5220 5400

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมจากพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน ที่อัตราส่วน 100:0, 97.5:2.5, 95:5 และ 90:10 %w/w สารตั้งต้นหลอมและผสมรวมกันด้วยเครื่องผสมแบบปิดที่อุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลา 20 นาที ที่ความเร็วรอบของสกรู 50 รอบต่อนาที จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 180 °C ให้ความร้อน 10 นาที ใช้เวลาในการอัดขึ้นรูป 5 นาที ปล่อยให้เย็นตัวเป็นเวลา 3 นาที ศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมจากพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซานเปรียบเทียบกับพอลิแลคติกบริสุทธิ์ และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุคอมโพสิตที่ได้ด้วยเทคนิคการภาพถ่ายอิเล็กตรอนแบบส่องกราด ผลการวิจัยพบว่าการเพิ่มปริมาณของเส้นใยไคโตซานในพอลิแลคติกแอซิดมีผลต่อคุณสมบัติทางกลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมพลาสติกชีวภาพ

คำหลัก: พอลิแลคติกแอซิด, เส้นใยไคโตซาน, วัสดุผสม

Abstract

The purpose of this work is to study the mechanical properties and morphology of polylactic acid/chitosan fibers composites at ratios of 100:0, 97.5:2.5, 95:5 and 90:10 %w/w. The starting materials were melt-mixed in an internal mixer at 180 °C for 20 min at a rotor speed of 50 rpm. The compression molding were carried out at 180 °C with a heating step of 10 min, a pressing step of 5 min and a cooling step of 3 min. The mechanical properties of polylactic acid/chitosan fibers composites were studied and compared with pure polylactic. Additionally, the morphology of the composites was studied by SEM techniques. Results indicated that increasing amount of chitosan fibers in polylactic acid affected to the mechanical properties and morphology of bioplastic composites.

Keywords: Polylactic acid, Chitosan fibers, Composites materials

1. บทนำ

ปัจจุบันขยะพลาสติกซึ่งทำลายได้ยากและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความสนใจพลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เห็นได้จากงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับพลาสติกชีวภาพ การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดมลภาวะหลังจากการใช้งานแล้ว วัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวถาพมีหลายชนิดส่วนใหญ่ได้มาจากพืช เช่น เซลลูโลส (Cellulose) คอลลาเจน (Collagen) เคซีน (Casein) พอลิเอสเตอร์ (Polyester) แป้ง (Starch) และโปรตีนจากถั่ว (Soy Protein) เป็นต้น [1]

พลาสติกชีวภาพที่ได้รับความสนใจอย่างมากที่สุดในประเภทพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพคือพอลิแลคติคแอซิค (Poly (lactic acid, PLA) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มของ พอลิเอสเทอร์ (Polyester) มีลักษณะใส มีความมันวาวสูง มีสมบัติทางกลที่ดี รวมทั้งไม่เป็นพิษต่อร่างกาย [2] แต่ PLA ยังมีข้อเสียหลายประการเช่น มีลักษณะแข็งแต่เปราะ เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ เส้นใยไคโตซาน (Chitosan fiber) ถูกเลือกนำมาใช้เป็นวัสดุผสมกับ PLA เพื่อช่วยเสริมและเพิ่มสมบัติทางกล ซึ่งเส้นใยไคโตซานมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย อีกทั้งสามารถย่อยสลายได้จึงเหมาะที่จะนำมาผลิตพลาสติกชีวภาพ [3-5]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาสมบัติทางกลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมระหว่างพอลิแลคติคแอซิคกับเส้นใยไคโตซาน เพื่อให้ได้วัสดุผสมพลาสติกชีวภาพชนิดใหม่

2. วิธีการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยคือ พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid: PLA) เกรด 3052D ซื้อมาจากบริษัท NatureWorks, LLC และเส้นใยไคโตซาน (Chitosan fiber) ซื้อมาจากบริษัท G.T.C. UNION GROUP (HK)

ทำการผสมวัสดุผสมพอลิแลกติกแอซิค/เส้นใยไคโตซาน ในอัตราส่วน 100:0, 95:2.5, 90:5 และ 85:10 %w/w โดยใช้เครื่องผสมแบบปิด (Internal mixer) รุ่น MX500-D75L90 บริษัท Chareon TUT CO., LTD. ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของสกรูที่ 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที [5,6] และจากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบตามมาตรฐานต่างๆ โดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) รุ่น PR2D-W300L350 PM-WCl-HMI บริษัท Chareon TUT Co., LTD ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ให้ความร้อน 5 นาที อัดขึ้นรูป 5 นาที และทำให้เย็นตัว 3 นาที [5,6] แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์

การทดสอบความแข็ง (Hardness test) ตามมาตรฐาน ASTM D2240 โดยใช้เครื่อง Durometer รุ่น GS-612 หัวกดรุ่น G-S-720 ใช้การวัดแบบ Shore D อ่านค่าความแข็งหลังจากกดชิ้นงาน 10 วินาที [6]

การทดสอบความแข็งแกร่งต่อการโค้งงอ (Flexural test) ตามมาตรฐาน ASTM D790 ทดสอบโดยใช้เครื่อง Universal testing machine รุ่น LR 10 K Plus โดยใช้อัตราในการกด 10 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะ Span ที่ใช้คือ 48 มิลลิเมตร [6]

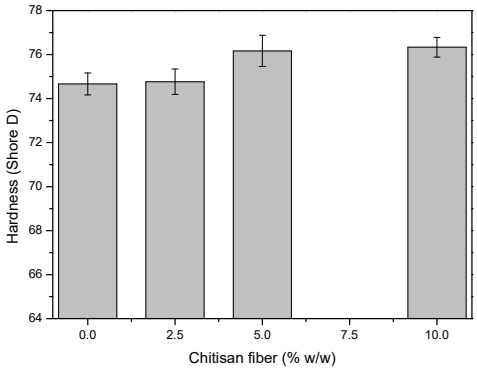
การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) ตามาตรฐาน ASTM D638 ทดสอบโดยใช้เครื่อง Universal testing machine รุ่น LR 10 K Plus โดยใช้อัตราในการกด 5 มิลลิเมตรต่อนาที [6] ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองคือ ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด (%Elongation) และค่ามอดูลัสของยัง (young's modulus)

วิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope (SEM)) รุ่น S-3400N บริษัท Hitachi โดยวิเคราะห์ผิวหน้าแตกหักของชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความแข็งแกร่งต่อการโค้ง ที่ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 5 kV กำลังขยาย 100 และ 1,000 เท่า ตามลำดับ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 การทดสอบความแข็งของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน

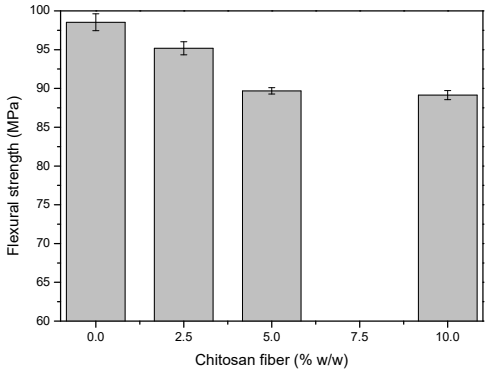
รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบความแข็ง พบว่าค่าความแข็งของวัสดุผสมมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณของเส้นใยไคโตซานเพิ่มมากขึ้น เป็นผลมาจากการเสริมแรงด้วยเส้นใยไคโตซานเข้าไปในโครงสร้างของวัสดุผสม ซึ่งเส้นใยไคโตซานจะไปขัดขวางการเริ่มต้นแตก (Crack Initial) ของวัสดุ จึงทำให้วัสดุนั้นมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น [6]



รูปที่ 1 ผลการทดสอบความแข็งของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยไคโตซานที่ปริมาณต่างๆ

3.2 การทดสอบความแข็งแกร่งต่อการดัดโค้งของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน

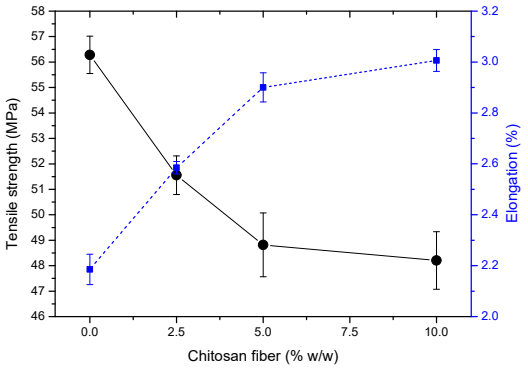
จากการทดลองในรูปที่ 2 พบว่าความแข็งแกร่งต่อการดัดโค้งของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซานมีค่าลดลงเมื่อปริมาณไคโตซานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมากจากการกระจายตัวไม่ดีของเส้นใยไคโตซานในเมทริกซ์ PLA และการรวมตัวกันไม่ดีของพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 5 ทำให้ค่าความแข็งแกร่งต่อการดัดโค้งของวัสดุมีค่าลดลง [7]



รูปที่ 2 ผลการทดสอบความแข็งแกร่งต่อการดัดโค้งของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยไคโตซานที่ปริมาณต่างๆ

3.3 การทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด ของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน

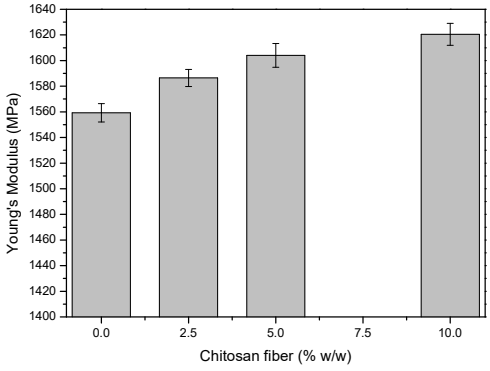
จากผลการทดลองในรูปที่ 3 พบว่า ค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยไคโตซาน เนื่องจากปริมาณเส้นใยที่มากเกินไป ทำให้แรงดึงดูดระหว่างเส้นใยกับเส้นใยเพิ่มมากขึ้น เกิดการรวมตัวของเส้นใย (agglomeration) หรือบางส่วนของเนื้อเมทริกซ์ปราศจากเส้นใยเสริมแรง (Resin pocket) การกระจายตัวของเส้นใยลดลง การกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ขัดขวางการถ่ายโอนความเค้นในชิ้นงาน [7-9] ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดของวัสดุผสมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยไคโตซาน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากลักษณะความขรุขระของเส้นใยในเมทริกซ์พอลิเมอร์ ทำให้โครงสร้างของวัสดุผสมมีความเปราะลดลง ทำให้ความเหนียวเพิ่มมากขึ้น [6]



รูปที่ 3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด ของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยไคโตซานที่ปริมาณต่างๆ

3.4 การทดสอบมอดูลัสของยังของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน

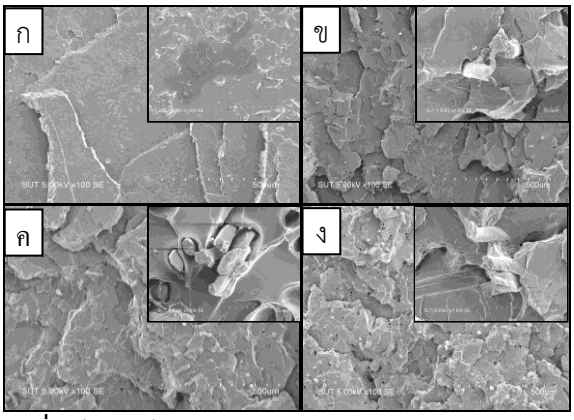
จากผลการทดลองในรูปที่ 4 พบว่าค่ามอดูลัสของยังของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยไคโตซานเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยไคโตซาน ซึ่งคาดว่าเป็นผลเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างหมู่ฟังชันก์เอสเทอร์ (Ester) ใน PLA และหมู่ฟังชันก์เอไมด์ (Amine) ในไคโตซาน และเนื่องจากเส้นใยมีความแข็งตึงมากกว่าพอลิเมอร์เมทริกซ์ ดังนั้นเมื่อมีการเติมปริมาณเส้นใยที่เพิ่มมากขึ้นจึงเหมือนเป็นการนำให้วัสดุเสริมองค์ประกอบ ทำให้ค่ามอดูลัสของยังเพิ่มมากขึ้น [6]



รูปที่ 4 ผลการทดสอบมอดูลัสของยังของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยไคโตซานที่ปริมาณต่างๆ

3.5 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน

รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างจุลภาคจากเทคนิค SEM ของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน รูปที่ 5(ก) แสดงถึงเอกลักษณ์ของ PLA มีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันของพอลิเมอร์ รูปที่ 5(ข)-(ง) พบว่ามีเส้นใยไคโตซานในเมทริกซ์ของ PLA ซึ่งบริเวณผิวแตกหักมีลักษณะค่อนข้างขรุขระ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการแตกหักแบบเหนียว จากลักษณะผิวหน้าแตกหักของชิ้นงานทดสอบสามารถอธิบายได้สอดคล้องกับผลการทดสอบความแข็งแกร่งต่อการโค้งงอ ค่าความต้านทานแรงดึงที่ลดลง และสอดคล้องกับค่ามอดูลัสของยังและค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด ที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 โครงสร้างทางจุลภาคจากเทคนิค SEM ของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยไคโตซาน : (ก) 0, (ข) 2.5, (ค) 5 และ (ง) 10 %w/w เส้นใยไคโตซาน

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุผสมพอลิแลค ติกแอซิด/เส้นใยไคโตซาน พบว่าค่าความแข็ง ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด และค่ามอดูลัสของยังของวัสดุผสมพอลิแลกติกแอซิดเส้นใยไคโตซานที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยไคโตซาน และค่าความต้านทานแรงดึงและค่าความแข็งแกร่งต่อการโค้งงอมีค่าลดลง

ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยเทคนิค SEM พบว่าบริเวณผิวหน้าแตกหักมีลักษณะค่อนข้างขรุขระ แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการแตกหักแบบเหนียว

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ NKR2560INC003 และได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุและหน่วยวิจัยวัสดุฉลาดและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วิลาส รัตนานุกูล (2554). พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://biology.ipst.ac.th/?p=927, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/06/2561.

[2] Raquez J.M., Habibi Y., Murariu M. and Dubois P. (2013). Polylactide (PLA)-based nanocomposites. *Progress in Polymer Science*, Vol. 38(10–11). pp. 1504-1542.

[3] Yang Z., Song B., Li Q., Fan H. and Ouyang F. (2004). Effects of surfactant and acid type on preparation of chitosan microcapsules. *China Particuology,* Vol. 2(2). Pp. 70-75.

[4] Xu H. K. X. and Simon Jr, C. G. (2005). Fast setting calcium phosphate–chitosan scaffold: mechanical properties and biocompatibility. *Biomaterials*, Vol. 26(12). pp. 1337-1348.

[5] Marguerite R. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Sciece*, Vol. 31(7). pp. 603-632.

[6] Tanase C. E. and Spiridon I. (2014). PLA/chitosan/keratin composites for biomedical applications. *Materials Science and Engineering C,* Vol. 40. pp. 242-247

[7] นวลละออง สระแก้ว, ธัญญารัตน์ แก้วพิมาย, วิภาพร ยางกลาง, วิษณุ เจริญถนอม, อรณิช ทองศรี, ปาริทัศน์ ไทยทะเลย และ ศิริรัตน์ ทับสูงเนิน รัตนจันทร์ (2561). ลักษณะเฉพาะของวัสดุชีวภาพที่เตรียมจากวัสดุพอลิแลกติกแอซิค/ไฮดรอกซีอะพาไทต์, การประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 12, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

[8] Wu C. S., Liao H. T. and Jhang J. J. (2013). Palm fibre-reinforced hybrid composites of poly(butylene succinate): characterization and assessment of mechanical and thermal properties. *Polymer Bulletin,* Vol. 70. Pp. 3443–3462

[9] ธนวดี ลี้จากภัย (2549), พลาสติกย่อยสลายได้เพื่อสิ่งแวดล้อม, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

[10] จินตมัย สุวรรณประทีป (2547). สมบัติทางกลของพลาสติก, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

การออกแบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ โดยการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในระบบอีแว๊ปโปเรชั่นร่วมกับระบบแอโรโพนิกส์

Design of Hydroponic Cultivation by Studying Air Flow Simulation with Aeroponic and Evaporation System.

อามิณฑ์ หล้าวงศ์, อุ้มบุญ เชลียงรัชย์ชัย และ ปิยณัฐ โตอ่อน

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่อยู่ 62/1 ถนน เกษตรสมบูรณ์ ตำบล กาฬสินธุ์ อำเภอ เมือง จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000

*ผู้ติดต่อ: Aminlawong@hotmail.com, 081-7995035

บทคัดย่อ

ในสภาพอากาศปัจจุบันที่มีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงซึ่งมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ดังเช่นในงานทางด้านการเกษตรที่ต้องได้รับผลกระทบโดยตรงทางด้านอุณหภูมิและความชื้นที่เป็นปัจจัยในการเพาะปลูกพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาระบบการปลูกผักโดรโปนิกส์แบบใช้ระบบอีแว๊ปโปเรชั่นร่วมกับระบบแอโรโพนิกส์ มีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ โดยการจำลองพฤติกรรมการไหลของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์การไหล ซึ่งมีปัจจัยได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการไหล อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งผลจากการศึกษา รูปแบบที่ 3 มีอัตราการฉีดที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.0219 kg/s ที่ความเร็วลม 0.001 m/s จะใช้เวลาในการฉีดแต่ละครั้ง 7.4 นาที

คำหลัก: ปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ระบบแอโรโพนิกส์, ระบบอีแว๊ปเรชั่น, พฤติกรรมการไหล

Abstract

Nowadays, the temperature has increased which it affect to organism, such as agricultural field and cultivation. Hence, this research is to study hydroponic cultivation design with evaporation concurrent and aeroponic, The goal in order to develop hydroponic cultivation by using air flow simulation and humidity flow simulation analysis, such as humidity flow rate and temperature. The result show that model 3 is optimal flow rate 0.0219 kg/s at velocity 0.001 m/s to spend time spray injections 7.4 minutes

Keywords: hydroponic flow simulation experiment design

1. บทนำ

ในปัจจุบันการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพไม่ว่าจะเป็นการปลูก ข้าว พืช ผัก ผลไม้ ที่ปลอดสารพิษ มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกซื้อ ซึ่งในการผลิตภาคเกษตรกรรมยังต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเดิมๆที่ใช้ปุยเคมีซึ่งเป็นอันตราย ให้เกษตรกรหันมาสนใจการผลิตแบบปลอดสารพิษ (Green Productivity) อย่างเช่น การปลูกผักแบบเกษตรอินทร์ การปลูกผักในโรงเรือน การปลูกพืชไร้ดิน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การผลิตภาคเกษตรกรรมของไทยในปัจจุบันมีอุปสรรคหลายๆ อย่างทั้งในด้านขาดการอบรมส่งเสริมและสนับสนุนความรู้ทางเทคโนโลยีทางการเกษตรแบบใหม่ ควบคู่ไปกับการบริหารจัดการทางการเกษตรจากภาครัฐ และมีข้อจำกัดต่อลักษณะภูมิประเทศของแต่ท้องที่ จึงทำให้ต้องมีการพัฒนาระบบการเพาะปลูกที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาในเรื่องการเพาะปลูก ในงานวิจัยนี้ได้เลือกมีวิธีการการปลูกพืชไร้ดิน(hydroponic) เป็นกรณีศึกษาที่ได้รับความนิยมต่อผู้บริโภค โดยมีวิธีที่ทำการปลูกเป็นการให้รากของต้นไม้แช่อยู่ในน้ำ[1,2,3] ที่ผสมสารอาหารตลอดเวลา และรูปแบบระบบของการปลูกพืชไร้ดิน (hydroponic) มี 6 แบบหนึ่งในนั้นเป็นระบบแขวนราก (aeroponic) เป็นการฉีดพ่นน้ำที่ผสมสารอาหารไปยังรากของพืชเป็นระยะๆเพื่อป้องกันไม่ให้รากแห้ง และให้รากได้ดูดซับสารอาหารรวมทั้งออกซิเจนที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืชและยังสามารถลดอัตราการใช้น้ำ ซึ่งข้อดีของระบบนี้ ประหยัดน้ำและสารละลาย เป็นระบบปิดกันแมลง ไม่ต้องใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูพืช รากพืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอทำให้เจริญเติบโตได้เร็ว ลดความเสี่ยงในการติดเชื้อราและแบคทีเรียบริเวณรากพืช ให้ผลผลิตต่อรอบสูง และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกได้ดี ลดการใช้น้ำได้ 98% ลดปริมาณปุยเคมีได้ 95% และลดสารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชได้ 95% [4] และมีข้อเสีย หัวพ่นมีโอกาสอุดตันได้ง่ายเนื่องจากรูที่สารละลายไหลผ่านมีขนาดเล็ก ระบบมีต้นทุนพลังงานค่อนข้างสูง และอากาศในระบบไม่ถ่ายเท(ระบบปิด) ซึ่งแก้ปัญหาโดยใช้ระบบ Evaporation มาร่วมกับระบบ areoponic เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกับการฉีดละอองน้ำ[5,6]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบโรงปลูกและจำลองการไหลของอากาศ[7,8]ภายซึ่งจะเป็นแนวทางการในการศึกษาพฤติกรรมการไหลที่เกิดขึ้นเพื่อให้มีความเหมาะสมในการออกแบบระบบเพาะปลูก

2. ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

2.1 พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

การศึกษาพฤติกรรมการไหลภายในโรงเรือนที่ได้ทำการออกแบบสำหรับโรงเรือนเพาะปลูก ในงานวิจัยนี้ใช้สมการพื้นฐานในการวิเคราะห์ ได้แก่ สมการอนรักษ์มวล (conservation of mass) สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (conservation of momentum) และสมการอนุรักษ์พลังงาน (conservation of energy) โดยใช้สมการของนาเวียร์-สโตกส์[9] จะถูกนำมาใช้ในการทำนายพฤติกรรมต่างๆ ของของไหลทั้งหมด

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \mu_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial (\rho \mu_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \mu_i \mu_j) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\tau_{ij} + \tau_{ij}{}^{R}\right) + S_i \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho H}{\partial t} + \frac{\partial \rho \mu_i H}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\mu_j\left(\tau_{ij} + \tau_{ij}{}^{R}\right) + q_i\right) + \frac{\partial p}{\partial t} - \tau_{ij}{}^{R}\frac{\partial \mu_i}{\partial x_j} + \rho\varepsilon + S_{\mu_i} + Q_H \quad (3)$$

$$H = h + \frac{\mu^2}{2}$$

ซึ่งมีตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณคือความหนาแน่น (ρ), มีหน่วยเป็น kg/m^{-3} ความเร็ว (**U**), มีหน่วยเป็น m/s^{-1}, เวลา (t), มีหน่วยเป็น s, อุณหภูมิ (T), มีหน่วยเป็น (k), ความหนืดพลวัต (μ), มีหน่วยเป็น Pa, ความดัน (p) มีหน่วยเป็น Pa ด้วยการจำลองการไหลด้วยโปรแกรม Solid Works Flow Simulation [10]

2.2 การออกแบบโรงเรือนเพาะปลูก

ขนาดของโรงเรือนที่ใช้สำหรับการทดลองมีปริมาตร 0.0244 ลูกบาศก์เมตร เป็นรูปทรงกลมกรวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 เซนติเมตร ยาว 116 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร มีจำนวนหัวฉีดสเปรย์ 5 หัว ขนาด 0.2 มิลลิเมตร และมีจำนวนที่เพาะปลูก 12 ต้น

3. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

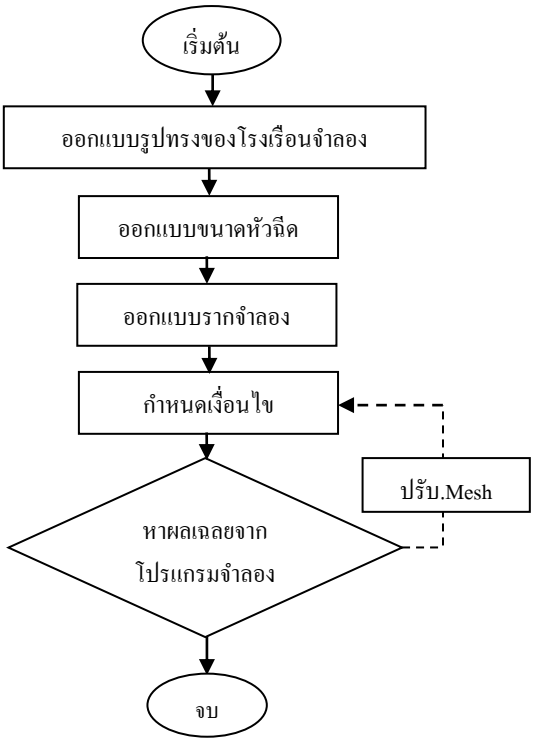
เพื่อหาปริมาณการฉีดของหัวสเปรย์ที่เหมาะสมกับปริมาตรของโรงเรือนที่ได้ออกแบบให้สัมพันธ์กับความเร็วลมของระบบอีแว๊ปโปเรชั่นด้วยโปรแกรมจำลองการไหล Solid Works Flow Simulation

4.สมมุติฐาน

กำหนดให้สภาวะแวดล้อมของระบบภายในโรงเรือนมีความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

5. วิธีการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

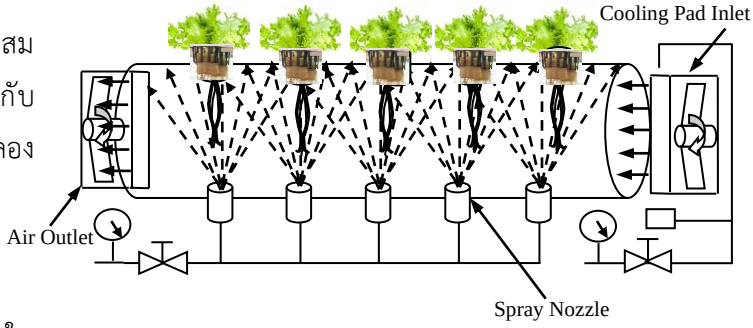


รูปที่ 1 แผนผังการดำเนิน

สมการที่ 3,4 เป็นการคำนวณหาเวลาในการฉีดแต่ละครั้งที่ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น 40% ที่คิดจากปริมาตรของโรงเรือน และอัตราการที่เหมาะสม

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \left(\frac{\text{ปริมาณไอน้ำของหัวฉีด}}{\text{ปริมาตรของโรงเรือน}}\right) \times 100 \quad (4)$$

$$\text{ปริมาณไอน้ำของหัวฉีด} = \left(\frac{\text{อัตราการฉีดของหัวฉีด } (\frac{kg}{s})}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ} (\frac{kg}{m^3})}\right) \times \text{เวลาในการฉีด} \quad (5)$$

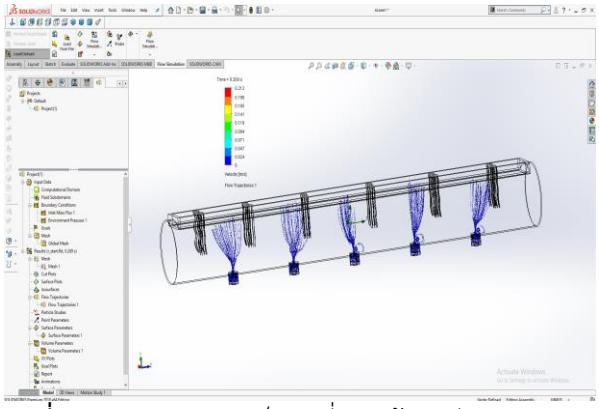


รูปที่ 2 โมเดลแบบจำลองการปลูกด้วยระบบAeroponic ร่วมกับระบบ Evaporation

6.สรุปผลการทดลอง

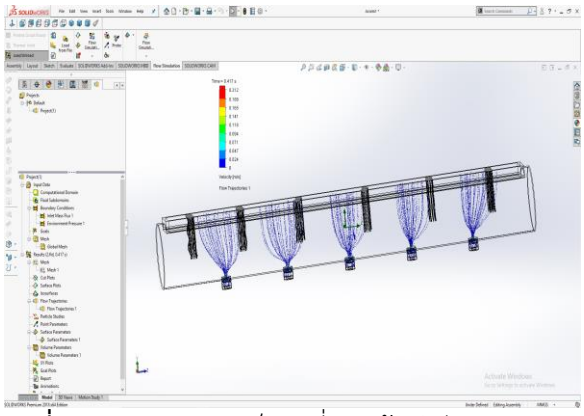
ผลจากการปรับเปลี่ยนความเร็วลมเป่าเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ที่ทำการจำลอง แบบที่ 1 ความเร็ว 0.001 m/s, แบบที่ 2 ความเร็ว 0.005 m/s และแบบที่ 3 ความเร็ว 0.100 m/s ที่จะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 40 % โดยออกแบบทางเข้าหัวฉีดที่ให้ขนาด 0.2 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และหาผลเฉลยอัตราการฉีดที่เหมาะสม ดังรูป

รูปแบบที่ 1



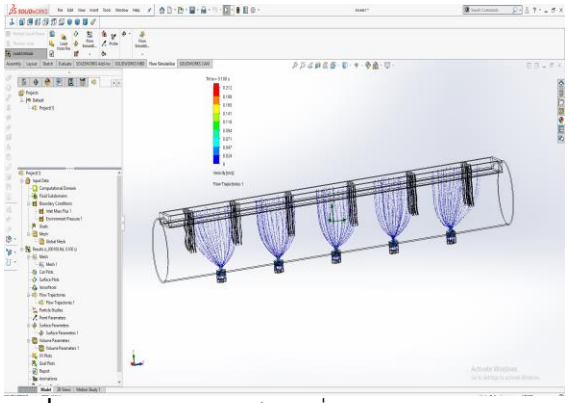
รูปที่ 3 ผลจำลองความเร็วลมที่ทางเข้าหัวฉีด 0.01 m/s เวลา 0.100 วินาที

รูปแบบที่ 2

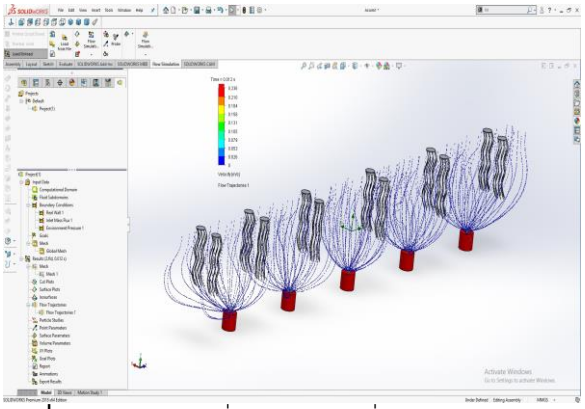


รูปที่ 4 ผลจำลองความเร็วลมที่ทางเข้าหัวฉีด 0.005 m/s เวลา 0.417 วินาที

รูปแบบที่ 3

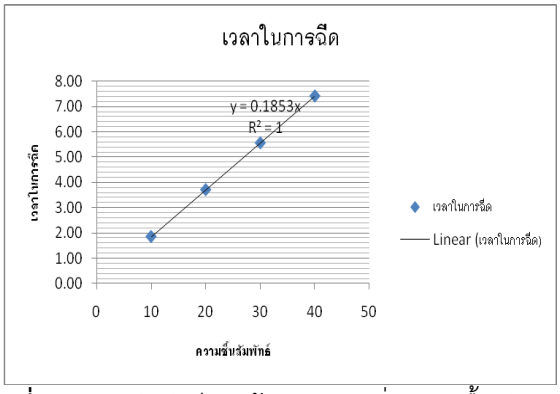


รูปที่ 5 ผลจำลองความเร็วลมที่ทางเข้าหัวฉีด 0.001 m/s เวลา 0.269 วินาที

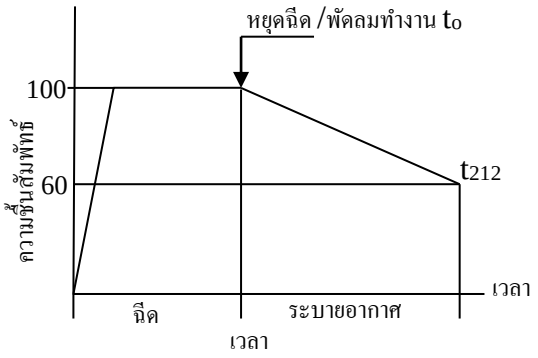


รูปที่ 6 อัตราการฉีดที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.0219 kg/s โดยใช้โปรแกรมจำลองการไหล SolidWorks Flow Simulation

เมื่อได้อัตราการฉีดที่เหมาะสมก็นำค่าไปที่ในสมการที่ 5 และสมมุติฐานที่กำหนดความชื้นสัมพัทธ์ 60% จะต้องการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น 40 % ดังรูป



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเพิ่มความชื้นกับเวลาในการฉีดแต่ละครั้ง มีค่า R =1



รูปที่ 8 กราฟวัฏจักรการทำงานของระบบ

7. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองด้วยโปรแกรมจำลองการไหล Solid Works Flow Simulation เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลที่เหมาะสมของอากาศภายในโรงเรือนที่มีปริมาตร 0.0244 ลูกบาศก์เมตร โดยที่รูปแบบที่ 3 มีอัตราการฉีดที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.0219 kg/s (ขนาดหัวฉีด 0.2 มิลลิเมตร) ที่ความเร็วลมอยู่ที่ 0.001 m/s จะใช้เวลาในการฉีดแต่ละครั้ง 7.4 นาที และเวลาในการเป่าลมแต่ละครั้ง 212 วินาที (3.53 นาที) ที่จะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนปลูกจาก 100 % ลดลงเหลือความชื้นสัมพัทธ์ 60% (ลดความชื้นสัมพัทธ์ลง 40%)

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2560 และสาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] กรีธาทัพ พงศ์ดนัย. (2554). *การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพไส้เดือนดินและปุ๋ยชนิดละลายน้ำเพื่อใช้สำหรับการปลูกพืชด้วยเทคนิคแอโรโพนิกส์ (Aeroponic).* ปริญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน). นนทบุรี: วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

[2] สมัย สังข์ทองงาม. (2554). *การใช้ปุ๋ยอินทร์เพื่อปลูกพืชในระบบไฮดรอโปนิกส์*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[3] สัญชาติ คงบัน. (2554). พฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ในจังหวัดภูเก็ต. ใน การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตแห่งชาติ ครั้งที่ 23 (น. 1213 -1216). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[4] *Bear on Top. (2560). ระบบอีแวป หรือ Evaporation cooling system.* สืบค้น 15 มีนาคม 2560, จาก https://www.bearontop.com.

[5] เกษตรอินทรีย์. (2556). *แอโรโพนิกส์*. สืบค้น 7 สิงหาคม 2559, จาก https://www.kasetorganic.com/aeroponics.html.

[6] ณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2547). *การประหยัดพลังงานระบบ Evaporative Cooling ของโรงเรือนกระจกโดยใช้ Chilled Water Night Cooling*. กรุงเทพมหานคร: ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

[7] ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์ (2557). ระบบคาบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 8(1), 98-111.

[8] นิติรงค์ พงษ์พานิช และคณะ (2558). *การพัฒนาและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนแบบ Evaporative cooling*. ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 16, (น. 361-365). กรุงเทพฯ: ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา.

[9] A. Sobachkn, G. Dumnov. (2013). *Numerical Basis of CAD-Embedded CFD*. Massachusetts : NAFEMS World Congress 2013.

[10] วสันต์ จันทร์หยวก. (2558). *SolidWorks Flow Simulation CFD Analysis by SolidWorks*. กรุงเทพฯ: แอพพลิแคด.

การวิเคราะห์การการฉีดขึ้นรูปของพลาสติกรีไซเคิลด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กรณีศึกษา พลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนรีไซเคิลจากถุงร้อน

Finite Element analysis injection molding of Plastic recycling Case study of used Polypropylene (PP)

วัชระ สุขเรืองกูล[1], นพพริษฐ์ มรกต ทิวะสิงห์[1] , สุทัศน์ ยอดเพ็ชร[1]
วสันต์ บ้งงิ้ม[2], ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ[2], จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ที่อยู่ 744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[2]หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุบความร้อนโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ที่อยู่ 744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000*
E-mail: jittiwat.ni@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ศึกษาการไหลตัวของชิ้นงานฉีดพลาสติกชนิดพอลีโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานแล้ว (r-PP) โดยการศึกษาเริ่มจากการนำพลาสติกจากถุงร้อนมาผ่านกระบวนการรีไซเคิลแล้วนำเม็ดพลาสติกที่ได้จากการรีไซเคิลไปทดสอบค่าดัชนีการไหลและคุณสมบัติทางกลและนำค่าที่ได้ไปการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS Plastics เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในการฉีดขึ้นรูปและวิเคราะห์การหดตัวของชิ้นงานโดยค่าพารามิเตอร์ในงานฉีดได้แก่ แรงดันในการฉีด เวลาในการฉีดเติมเต็ม เวลาในการหล่อเย็น อุณหภูมิในการฉีดและอุณหภูมิแม่พิมพ์ ผลจากการวิเคราะห์จากโปรแกรม เท่ากับ 7.90 เมกะปาสคาล 1.52 วินาที, 11.12 วินาที, 250 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยน้ำหนักของชิ้นงานเท่ากับ 48.69 กรัม จากนั้นนำค่าที่ได้จากโปรแกรมคำนวณ ไปทำการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการทดลองฉีดชิ้นงานจริงโดยใช้เงื่อนไขเดียวกันกับการใช้โปรแกรม SOLIDWORKS Plastics พบว่าชิ้นงานมีความสมบูรณ์และมีน้ำหนักใกล้เคียงกับที่โปรแกรมคำนวณคือ 47.67 กรัม หรือคลาดเคลื่อนประมาณ 2.1 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: พอลิโพรพิลีน, การฉีดขึ้นรูป, ไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This research aims to use a computer program to study the flow used poly propylene (r-PP) in injection molding. The research started with studying the mechanical properties and flow rate then investigate the factors affecting injection molding and shrinking parameters by analytical software. Finite Element (FE) software is SOLIDWORKS Plastics. The parameters in injection molding including the injection pressure, Fill time, cooling time, injection temperature and the mold temperature, the results of the analysis from the software. As 7.89 MPa 1.52 seconds, 11.12 seconds, 250 C and 40. D degree C respectively by the weight of the piece of 48.69 g. To set the injection molding machine, and the results

were compared with experimental injection material actually using. The same conditions apply to the program SOLIDWORKS Plastics that work is complete and weighs close to a computational error was 47.67 grams, or about 2.1 percent.

Keywords: Polypropylene, Injection molding, Finite Element analysis.

1. บทนำ

พลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน Polypropylene (PP) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนยานยนต์และนำไปใช้ประโยชน์ เป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เช่น ถุงพลาสติก ถุงบรรจุอาหาร และมีคุณลักษณะใสและเงา ทนความร้อนได้สูง มีความนิยมอย่างแพร่หลาย จึงก่อให้เกิดขยะที่เหลือจากการใช้งานจากบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวอย่างมหาศาล แต่อย่างไรก็ตามมีการนำถุงพลาสติกที่ผลิตจากพอลิโพรไพลีน นำมารีไซเคิลได้เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่และเป็นการลดปริมาณขยะลงอีกทางหนึ่ง

แต่การรีไซเคิลถุงพลาสติกต้องผ่านกระบวนการมากมายและอีกทั้งไม่สามารถคัดแยกเกรดของถุงแต่ละถุงได้อย่างชัดเจนจึงทำให้ในเม็ดพลาสติกที่ผ่านการรีไซเคิลนั้นมีคุณสมบัติทางกลแตกต่างกันไปในการนำเม็ดพลาสติกรีไซเคิลไปผสมกับเม็ดบริสุทธ์เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตหรือนำเม็ดพลาสติกรีไซเคิลไปทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานนั้นย่อมส่งผลต่อคุณสมบัติของชิ้นงานและการปรับตั้งพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลาสติกรีไซเคิลพบว่า พลาสติกรีไซเคิลหรือพลาสติกที่ผ่านการใช้งานแล้วค่าดัชนีการไหลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่คุณสมบัติทางกลมีแนวโน้มลดลง [1] จึงมีผลทำให้การปรับตั้งพารามิเตอร์ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปและคุณภาพของชิ้นงาน ทำให้เสียเวลาในการปรับตั้งนานและเสียค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงซึ่งในปัจจุบันเทคนิคการจำลองทางไฟไนท์เอลิเมนท์ได้มีความถูกต้องและแม่นยำสูงจึงได้มีการนำมาประยุกตใช้ในการจำลองการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อทำนายพฤติกรรมการไหลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยกระบวนการผลิต พร้อมทั้งหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน [2-8] แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้กับเม็ดพลาสติกรีไซเคิลชนิดพอลิโพรไพลีนจากตะกร้าและก้านหูฟังเท่านั้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่โปรแกรม SOLIDWORKS Plastics เข้ามาทำการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อศึกษาการฉีดขึ้นรูปของพลาสติกรีไซเคิลจากถุงพลาสติกโดยการนำถุงร้อนมาทำการผ่านกระบวนการรีไซเคิล (r-PP) และทำการนำ r-PP มาทำการทดสอบสมบัติทางกลจากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาศึกษาพฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอมโดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS Plastics ซึ่งสามารถจำลองการขึ้นรูปแบบฉีด ซึ่งสามารถวิเคราะห์เพื่อหาผลกระทบของลักษณะการไหล อุณหภูมิ ความดัน และเวลาในการไหลเข้าแม่พิมพ์ โดยจำลองการขึ้นรูปบนชิ้นงานเทียบกับการทดลองการฉีดพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ทดสอบ

2. กระบวนการศึกษาวิจัย

ในงานจำลองการไหลพฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์โดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS Plastics นั้นเราไม่สามารถ อ้างอิงคุณสมบัติของโพลิเมอร์จากโปรแกรมได้โดยตรงเพราะเป็นเม็ดพลาสติกที่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้วซึ่งจะทำให้คุณสมบัติทางกลเปลี่ยนไป เพื่อให้ได้ค่าที่ ใกล้เคียงกับการฉีดจริงมากที่สุดนั้นจำเป็นต้องนำเม็ดพลาสติกมาทำการขึ้นรูปเพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกลเพื่อศึกษาคุณสมบัติของพลาสติกที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลจากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และจำลองการไหลของพลาสติกหลอมเหลวในชิ้นงานใน

แบบจำลอง โดยมีการดำเนินงานดังนี้

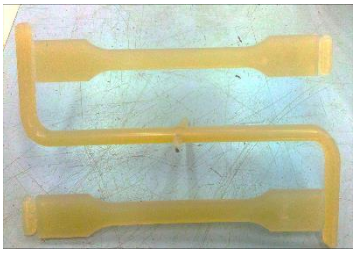
2.1 การเตรียมพลาสติกที่ผ่านการทำความสะอาดและย่อยเป็นชิ้นเล็กมาทำการอัดรีดเกลียวสกรูคู่ โดยหลังจากผ่านกระบวนการทำงานของเครื่องอัดรีดเกลียวสกรูคู่ จะได้พลาสติกที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวต่อเนื่องมาดึงผ่านอ่างน้ำเพื่อทำให้เย็นตัวลงจากนั้นนำไปบดย่อยให้เป็นเม็ดพลาสติกเพื่อให้ได้สะดวกต่อการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ 1 ถุงร้อนและเม็ดพลาสติกที่ได้จากกระบวนการรีไซเคิล

2.2 ทดสอบค่าดัชนีการไหล เมื่อได้เม็ดพลาสติกจากกระบวนการรีไซเคิลแล้วจึงนำมาทดสอบค่าดัชนีการไหลโดยใช้เครื่อง Melt Flow Index ตามมาตรฐาน ASTMD 1238 โดยใช้อุณหภูมิการหลอมไหลที่ 190°C และใช้ตุ้มน้ำหนัก 2.224 กิโลกรัม

2.3 ฉีดขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบนำเม็ดพลาสติกที่ได้หลังการกระบวนการรีไซเคิลมาทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อทำการทดสอบทางกล ด้วย ตามาตรฐาน ASTM D638 Type I



รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นงานทดสอบลักษณะชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638 Type I

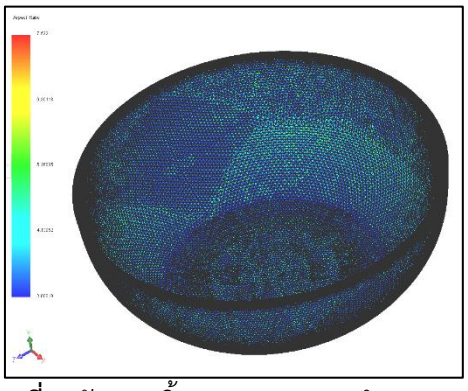
หลังจากนั้นทำการสอบสมบัติทางกลได้แก่ ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) โมดูลัสความยืดหยุ่น (Yong's Modulus) ร้อยละของการยืดตัว (% Elongation) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D638 Type I การทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการทดสอบดัชนีการหลอมไหล (Melt flow index, MFI) ตามมาตรฐาน ASTM D1238 และนำผลทดสอบมาจำลองพฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอมโดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS Plastics.

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกลจากการทดสอบ

คุณสมบัติทางกล	ค่าที่ได้
ความทนแรงดึง (Mpa)	27.116
มอดูลัสยังค์ (Mpa)	631.775
การยืดตัว (%)	70.580
ดัชนีการไหล (g/10 min)	18.48

2.4 สร้างโมเดลในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยทำการออกแบบชิ้นงานสร้างเป็น Solid model ด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS 2017 และทำการสร้าง Mesh Model เพื่อใช้ในการจำลองการไหลด้วย SOLIDWORKS Plastics หลังการการทำ Mesh Model โดยกำหนดให้เอลิเมนต์เป็นรูปทรงพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (Tetrahedral) โดยมีเอลิเมนต์ทั้งหมดเท่ากับ 456209 ชิ้น และมี 108162 โหนด นอกจากนี้จะต้องตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลองจากค่า Aspect Ratio จะต้องมีค่าน้อยกว่า 8 ซึ่งแบบจำลองที่ทำการออกแบบไว้มีค่า Aspect Ratio เท่ากับ 7.522

- เปิดชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์ จากการสร้าง Solid Model ด้วยโปรแกรม SOLIDWORK Plastic ซึ่งอยู่ในรูปแบบของไฟล์ SLSPRT file .



รูปที่ 3 ลักษณะชิ้นงานทดสอบการจำลอง

2.5 กำหนดพารามิเตอร์ในการฉีดทดสอบ

- กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปคือเหล็กเกรด P20 และคุณสมบัติของพลาสติกที่ใช้ในการฉีดซึ่งได้จากการทดสอบในตารางที่1

- กำหนดพารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter) โดยทำการกำหนดพารามิเตอร์ทำใช้ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปได้แก่ อุณหภูมิหลอมเหลวและอุณหภูมิแม่พิมพ์เพื่อให้โปรแกรมจะได้ทำการคำนวณเวลาในการเย็นตัวและการยุบตัวของชิ้นงานจากนั้นกำหนดแรงดันในการฉีดขึ้นรูปโดยกำหนดไว้สูงสุดที่ 100 MPa ในส่วนของเวลาในการฉีดเติมพลาสติกเหลวและพารามิเตอร์อื่นๆ ผู้ทำวิจัยกำหนดให้โปรแกรมคำนวณให้อัตโนมัติโดยมีค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการดังนี้

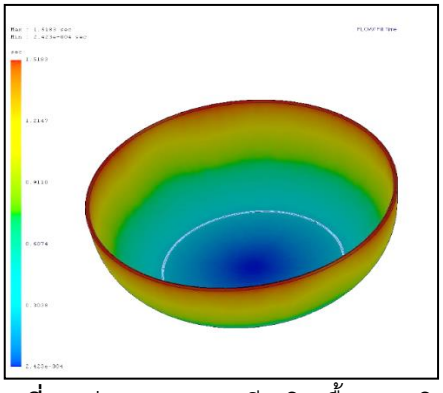
ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ในการฉีดทดสอบ

พารามิเตอร์	ค่าที่ได้
เวลาฉีกเติม	1.47 Sec
อุณหภูมิหลอมเหลว	250 °C
อุณหภูมิแม่พิมพ์	40 °C
แรงดันสูงสุดในแม่พิมพ์	100 MPa
อัตราการไหลสูงสุด	194 cc/s
ช่วงเปลี่ยนการฉีดย้ำ	100 %
เวลาในการฉีดย้ำ	3.53 Sec
เวลารวม	14.65 Sec

3. ผลการ Simulation

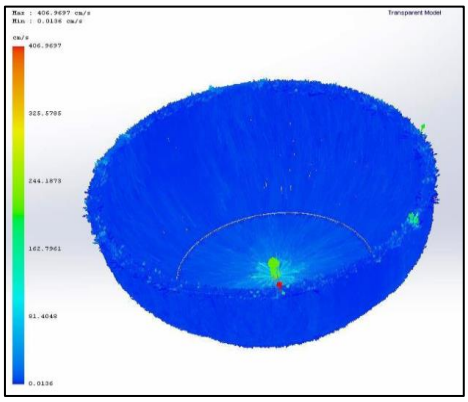
จากผลการจำลองการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกของพลาสติกรีไซเคิลพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนจากถุงร้อน พบว่าชิ้นงานสามารถฉีดขึ้นรูปได้สมบูรณ์โดยโปรแกรม SOLIDWORK plastic ได้วิเคราะห์ผลลัพธ์ต่างๆ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ค่าเวลาในการฉีด (Fill Time) เป็นการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเติมเต็มชิ้นงานโดยจำลองลักษณะการไหลของพลาสติกเหลวในช่วงเวลาต่างๆ หลังจากโปรแกรมและประมวลผลเสร็จซึ่งจะแสดงผลค่าของเวลาในการฉีดเติมเท่ากับ 1.52 วินาที ซึ่งแถบสีน้ำเงินจะเป็นบริเวณที่เนื้อพลาสติกที่เต็มก่อนและแถบสีแดงจะเป็นบริเวณที่เติมเนื้อพาสติกเข้าไปทีหลังจะสังเกตได้ว่าสีมีลักษณะสมดุลแสดงว่าตำแหน่งช่องทางเข้าของน้ำพลาสติกมีความถูกต้อง



รูปที่ 4 ค่าเวลาของการฉีดเติมเนื้อพลาสติกและลักษณะการไหล

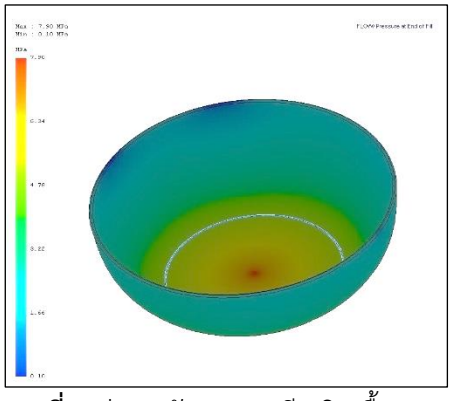
นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถแสดงทิศทางและความเร็วในการไหลของน้ำพลาสติกได้โดยมีความเร็วในการไหลสูงสุดอยู่ที่บริเวณทางเข้าน้ำพลาสติกหลอมเหลวที่อัตราการไหลที่ 406.97 เซนติเมตรต่อวินาทีและอัตราการไหลต่ำสุดอยู่ที่ 0.0136 เซนติเมตรต่อวินาที



รูปที่ 5 ทิศทางการไหลและอัตราการไหลของพลาสติกเหลว

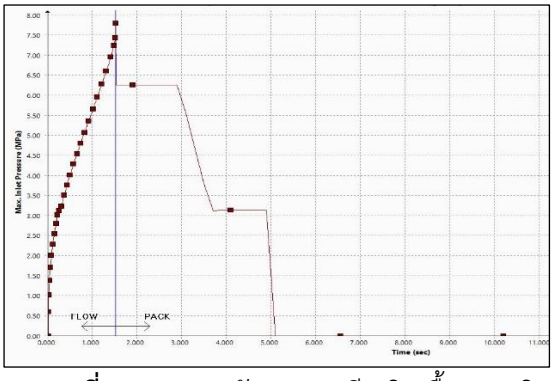
3.2 การวิเคราะห์แรงดันในการฉีดเติมเนื้อพลาสติก (Pressure)

จากการวิเคราะห์ของโปรแกรมจะต้องใช้แรงดันในการฉีดชิ้นงานให้เต็มภายในเวลาที่กำหนดจะต้องใช้แรงดันในการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานเท่ากับ 7.90 MPa โดยจะมีบริเวณที่มีแรงดันในการฉีดสูงสุดที่บริเวณทางเข้าพลาสติกโดยโปรแกรมจะแสดงผลเป็นสีแดงและแรงดันต่ำสุดได้แก่บริเวณที่เป็นสีน้ำเงินซึ่งอยู่บริเวณขอบบนของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 6 และนอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถสรุปเป็นกราฟของแรงดันในช่วงเวลาในการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 ค่าแรงดันของการฉีดเติมเนื้อพลาสติก

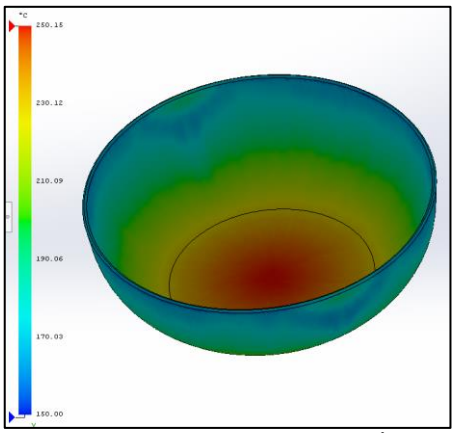
ในรูปที่ 7 จะเป็นการแสดงผลการวิเคราะห์แรงดันในช่วงฉีดเติมและช่วงเวลาในการฉีดย้ำโดยช่วงที่มีแรงดันสูงสุดจะอยู่ที่ช่วงเวลาที่ 1.52 วินาที ซึ่งเป็นช่วงสิ้นสุดการฉีดเติมเต็มชิ้นงานและหลังจากนั้นจะเป็นช่วงเวลาในการฉีดย้ำออกเป็น 2 ช่วงโดยแรงดันจะลดตามลำดับ



รูปที่ 7 กราฟแรงดันของการฉีดเติมเนื้อพลาสติก

3.3 การวิเคราะห์อุณหภูมิของชิ้นงานฉีด

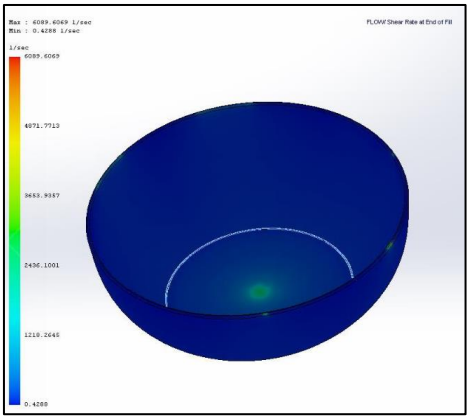
จากการจำลองการฉีดพบว่าอุณหภูมิของชิ้นงานหลังจากฉีดขึ้นรูปเสร็จมีค่าสูงสุดเท่ากับ 250.15 องศาเซลเซียส อยู่ใกล้บริเวณทางเข้าน้ำพลาสติก (Gate) และอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 62.73 องศาเซลเซียสอยู่บริเวณขอบบนของถ้วย



รูปที่ 8 การวิเคราะห์อุณหภูมิของชิ้นงานฉีด

3.4 การวิเคราะห์อัตราการเฉือนของชิ้นงานฉีด (Shear Rate) ค่าที่ได้จากโปรแกรมมีอัตราสูงสุดอยู่ที่ 6089.60 ต่อวินาทีอยู่บริเวณทางเข้าน้ำพลาสติกหลอมเหลวและค่าอัตราการเฉือนต่ำสุดอยู่ที่ 0.4288 ต่อวินาที ซึ่งเป็นบริเวณส่วนใหญ่ของชิ้นงานแสดงว่าชิ้นงาน

มีการไหลตัวได้ดีและสามารถฉีดเติมเต็มชิ้นงานได้



รูปที่ 9 การวิเคราะห์อัตราเฉือน

3.5 ผลการเปรียบเทียบกับชิ้นงานจริง

จากการจำลองการไหลทำให้เราสามารถทราบค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นในการปรับตั้งเครื่องสำหรับฉีดและนอกเหนือจากค่าพารามิเตอร์ยังสามารถทราบปริมาตรของชิ้นงานที่และน้ำหนักของชิ้นงาน โดยจากการคำนวณของโปรแกรมมีปริมาตรเท่ากับ 56 ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีน้ำหนักประมาณ 48.69 กรัมและเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจริงแล้วนั้นพบว่าชิ้นงานจริงมีน้ำหนักเท่ากับ 47.67 กรัม



รูปที่ 10 น้ำหนักของชิ้นงานที่ทดลองฉีดจริง

4. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การการวิเคราะห์ผลของโปรแกรมทำให้ทราบว่าชิ้นงานสามารถฉีดขึ้นรูปได้สมบูรณ์ โดยมีปริมาตรของชิ้นงานเท่ากับ 56 ลูกบาศก์เซนติเมตรและมีน้ำหนักน้ำหนักประมาณ 48.69 กรัม และนอกจากนั้นโปรแกรมยังประมาณคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานดังสรุปในตารางที่ 3 หลังจากได้ทำการเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ฉีดจริงโดยพบว่าชิ้นงานที่ได้มีความสมบูรณ์ตรงตามที่โปรแกรมคำนวณ และยังพบว่าน้ำหนักของการฉีดงานจริงซึ่งมีค่าประมาณ 48.69 กรัมต่อชิ้นซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการจำลองที่มีน้ำหนักประมาณ 47.92 กรัม ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 2.1 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมSOLIDWORKS Plastics

พารามิเตอร์	ค่าที่ได้
ความดันฉีดเติม	7.90 (Mpa)
เวลาในการฉีดเติม(Sec)	1.52 (Sec)
เวลาในการฉีดย้ำ(Sec)	3.57 (Sec)
เวลาในการหล่อเย็น(Sec)	11.45 (Sec)
อุณหภูมิแม่พิมพ์	40°C
อุณหภูมิหลอมเหลวพลาสติก	250°C

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สถาบันพลาสติก บริษัท เอ็นแมช จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือขึ้นรูปเครื่องมือทดสอบ บริษัท โคราชทีอาร์ซีพลาสติก จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์พอลิเมอร์ในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] จิระเชษฐ์ บุญแก้ว.2552. *"อิทธิพลของการผสมพอลิ- โพรพิลีนที่นำกลับมาหลอมใหม่ต่อคุณสมบัติเชิงกลและดัชนีการหลอมไหล".*วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] วัชระ สุขเรืองกูล และคณะ *"การวิเคราะห์การไหลตัวของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กรณีศึกษา พลาสติกชนิดพอลิออกซีเมทิลีนที่ผ่านการใช้งานแล้ว",* การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2560, 21 กรกฎาคม 2560, ขอนแก่น

[3] วัชระ สุขเรืองกูล และคณะ *"การวิเคราะห์การไหลตัวและค่าพารามิเตอร์ในการฉีดขึ้นรูปของพลาสติกรีไซเคิล กรณีศึกษา พลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนรีไซเคิลจากถุงน้ำเกลือ", การประชุมวิชาการระดับชาติ".* นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ" ประจำปี 2560, 25-26 ธันวาคม2660, จังหวัดสุรินทร์.

[4] พีระพงษ์ บัวโทน และ วิภู ศรีสืบสาย. (2555). *"การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง และคอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรมเพื่อลดการหดตัวของชิ้นงานฉีดขึ้นรูปพลาสติก."* การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

[5] Hasan Oktem ,Tuncay Erzurumlu and Ibrahim Uzman *" Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin- shell part"* Materials and Design 28 (2007) 1271–1278

[6] S. Kamaruddin, Zahid A. Khan and S. H. Foong *" Application of Taguchi Method in the Optimization of Injection Moulding Parameters for Manufacturing Products from Plastic Blend"* IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol., No.6, December 2010

[7] Elfaki E. Ali , Abdelsalam A. Balal and Ramzi A. Abbas *" Shrinkage of Plastic Raw Materials (A Comparative Study of Mold)"* SUST Journal of Engineering and Computer Sciences (JECS), Vol. 18, No.3, 2017

[8] Alias Mohd, Ainul Ayunie Roslan and Nor Bahiyah Baba. *" Effect of Injection Molding Parameters on Recycled ABS (r-ABS) Mechanical Properties"* Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(9), March 2016

สมบัติความต้านทานแรงกระแทกและความแข็งของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบ

The impact strength and hardness properties of composite materials, polycarbonate and rice husk ash

จักรายุทธ มากทอง[1*], จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร[2] โสฐิดา พูนโตนด[3] และ ศิริชัย ต่อสกุล[1]

[1]สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุบความร้อนโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[3]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติความต้านทานแรงกระแทกและสมบัติความแข็งของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและคาร์บอน (ผงเถ้าแกลบ) โดยใช้พอลิคาร์บอเนตเกรด PC-2405 ผสมผงเถ้าแกลบขนาด 17 µm ที่สัดส่วนการผสม 0, 1, 3, 5 และ 7 phr ทำการผสมโดยผสมด้วยเครื่องรีดอัดรีดแบบสกรูคู่และฉีดงานเป็นชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบแรงกระแทก ผลจากการทดสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์สัดส่วนการผสมของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบ ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณในการเติมคาร์บอนส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุคอมโพสิต และส่งผลต่อค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นสูงถึง 80.1875 Hardness (Shore D) และความต้านทานแรงกระแทกเท่ากับ 11.828 kJ / m²

คำหลัก: คอมโพสิต, พอลิคาร์บอเนต, คาร์บอน

Abstract

Study of impact strength properties and hardness properties of composite materials, polycarbonate and carbon (rice husk ash) using PC-2405 polycarbonate grade with 17 µm rice husk powder at mixing ratio of 0, 1, 3, 5 and 7 phr mixed with a double screw extruder and injection molding tester. The results of the tests will be analyzed for mixing ratio of composite materials, polycarbonate and rice husk ash. The results show that the amount of carbon added affects the impact strength of composite materials. This results in a high hardness of 80.1875 Hardness (Shore D) and a hardness of 11.828 kJ / m².

Keywords: Composite, Carbon, polycarbonate

1. บทนำ

ปัจจุบันพลาสติก ได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญอย่างหนึ่ง ที่เข้ามามีบทบาทใน ชีวิตประจำวัน เนื่องจากสามารถผลิตให้มีคุณสมบัติต่างๆ ตามที่ต้องการได้ โดยขึ้นกับการเลือกใช้ วัตถุดิบ ปฏิกิริยาเคมี กระบวนการผลิต และกระบวนการขึ้นรูปทรงต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาแทน ทรัพยากรธรรมชาติได้หลายอย่าง เช่น ไม้ เหล็ก เป็นต้น เนื่องจากพลาสติกมีราคาถูก น้ำหนักเบา และมีขอบเขตการใช้งานได้กว้างขวาง ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลาสติกยิ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากตาม ปริมาณความต้องการของผู้บริโภค [1]

Ting Huang [2] การศึกษา Polycarbonate / poly (butylene terephthalate) – (PC / PBT) การศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของวัสดุคอมโพสิต โดยใช้ Carbon nanatubes (CNTs) นำมาผสมกับพอลิคาร์บอเนต พบการกระจายตัวของวัสดุผสม PC / CNTs กระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน อีกทั้งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มมากขึ้น

J. Nithikarnjanatharn [8] ศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงไฟเบอร์คาร์บอน ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลระหว่างพอลิคาร์บอเนตและผงไฟเบอร์คาร์บอนโดยการใช้พอลิคาร์บอเนต 4 ชนิด และมี VGCF 2 ชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีอัตราส่วนที่ต่างกัน โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดสกรูคู่ ซึ่งใช้ปริมาณพอลิคาร์บอเนต 100 กรัม และใช้ VGCF 1,3,5 และ 7 phr ผลการทดลองพบว่าค่า Young's Modulus มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

Young-Kuk Choi [4] การศึกษาการผลิตแผ่นคอมโพสิตพอลิเมอร์ผสมกับเส้นใยคาร์บอนด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบหมุนและวิเคราะห์การกระจายตัวของเส้นใยคาร์บอน ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางกล จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้แสดงการกระจายตัวของ VGCF อย่างเป็นเนื้อเดียวกันในเมทริกซ์ พอลิคาร์บอเนตโดยไม่มีการรวมตัวและไม่ทำให้สั้นลงของเส้นใย ปริมาณ VGCF ที่เพิ่มขึ้นยังค่อนข้างกระจายตัวได้ดี ความต้านทานไฟฟ้าและความต้านทานแรงดึงลดลง ความพรุนเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มเส้นใยคาร์บอนขั้นตอนการขึ้นรูปแบบหมุนทำให้เกิดการกระจายตัวหลายทิศทางของเส้นใยคาร์บอนและเพิ่มสมบัติทางกล อีกทั้งแผ่นคอมโพสิตมีความต้านทานแรงดึงสูงเนื่องจากมีผลจากกระบวนการอัดขึ้นรูป

Yingjie Xu [5] ศึกษาเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการกระแทกของชิ้นส่วนพอลิคาร์บอเนตที่มีอุณหภูมิในการขึ้นรูปที่แตกต่างกันด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูป ผลลัพธ์ของพลังงานที่เกิดการแตกหักของชิ้นทดสอบถูกนำมาเปรียบเทียบกับการวัดจากการจำลองพฤติกรรมการกระแทกของพอลิคาร์บอเนต นอกจากนี้ยังมีการจำลองพฤติกรรมกระบวนการฉีดเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการฉีดขึ้นรูปและการแตกหักของชิ้นงานของพอลิคาร์บอเนต

Zvi Rosenberg and Roman Kositsk [6] การทดสอบการเจาะลึกโดยใช้หัวกดแบบกรวยและผลการเจาะของเหล็กลึก 7.62 มม. เราพบว่าความต้านทานต่อการเจาะของการทดลองเป็นไปในทางเดียวกัน ความไวของพอลิคาร์บอเนตไม่ได้มีบทบาทสำคัญในด้านความต้านทานต่อการซึมผ่าน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาสมบัติความต้านทางแรงกระแทกและความแข็งของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบเพื่อศึกษาถึงสัดส่วนในการผสมพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบที่มีผลต่อค่าความต้านแรงกระแทกและค่าความแข็งของวัสดุคอมโพสิตในอัตราส่วนที่แตกต่างกันเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการเติมผงเถ้าแกลบและคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงต่ออัตราการผสมผงเถ้าแกลบ

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย

พอลิคาร์บอเนต (PC) ที่มีค่าดัชนีการหลอมไหลเท่ากับ 19 กรัม/10นาที และสารตัวเติมจากผงเถ้าแกลบ (Husk rice) ขนาด 17 ไมครอน โดยใช้เครื่องอัดรีบแบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder) และเครื่องพลาสติกสำหรับฉีดขึ้นรูปชิ้นทดสอบ รุ่น BOY50R

2.2 ขั้นตอนการผสมและการเตรียมชิ้นงานทดสอบ

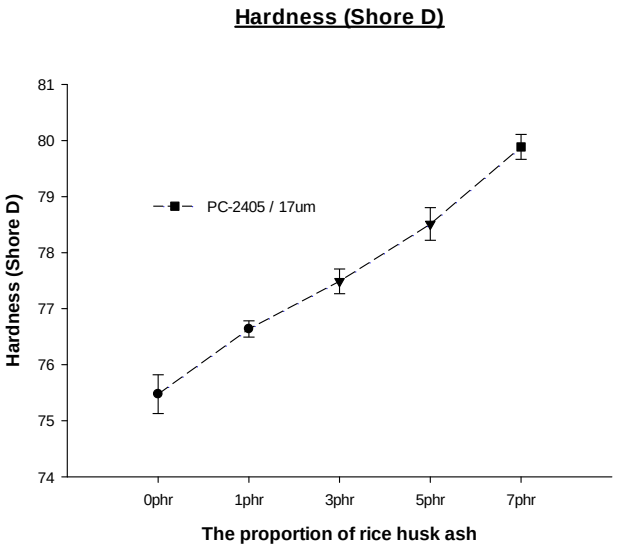
การเตรียมพอลิเมอร์ผสมในงานวิจัยนี้เริ่มจากการผสมพอลิคาร์บอเนตกับผงเถ้าแกลบที่สัดส่วนน้ำหนักพอลิคาร์บอเนต 1 กิโลกรัมต่อปริมาณการเติมผงเถ้าแกลบ 0, 1, 3, 5 และ 7 phr นำไปอบที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 3 - 5 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้น ทำการผสมตามสูตรต่างๆ ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder) ที่มีค่า L/D=40 ความเร็วรอบ 150 rpm ซึ่งได้อัตราการผลิตอยู่ที่ 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง อุณหภูมิในการผสมจากส่วนป้อน (feed zone) จนถึงส่วนหลอม (metering zone) คือ 280-300 °C ตามลำดับ จากนั้นนำพอลิเมอร์ผสมที่ได้ไปขึ้นรูปชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูป ที่อุณหภูมิ 280 – 300 °C แรงดันในการฉีด 20 bar

2.3 การทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์

การทดสอบความทนแรงกระแทกแบบไอซอดตามมาตรฐาน ASTM D256 โดยการทดสอบใช้เครื่องทดสอบแบบค้อนเหวี่ยง (Pendulum impact testing) โดยใช้แรงกระทำ 2.7 kJ ที่อุณหภูมิห้อง

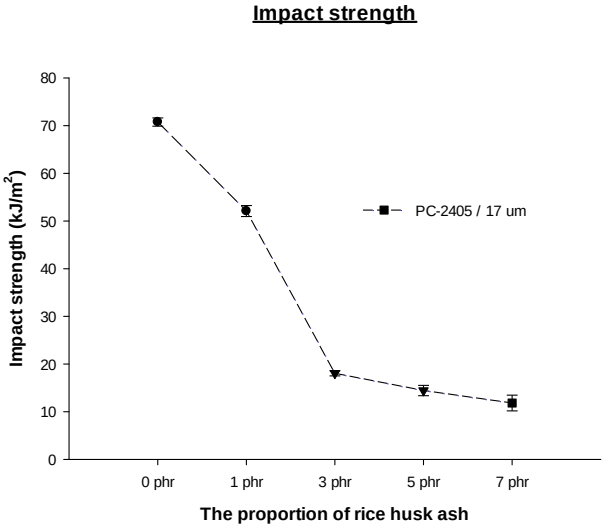
การทดสอบความแข็ง การทดสอบความแข็งแบบชอร์ดูโรมิเตอร์ (Shore D) ตามมาตรฐาน ASTMD2240 โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบยี่ห้อ TECLOK รุ่น GS-702G Type D

3. ผลการทดลอง



รูปที่ 1 ค่าความแข็งของพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบ

จากผลการทดลองค่าความแข็งของวัสดุพบว่า ปริมาณการเติมผงเถ้าแกลบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนผสม 0, 1, 3, 5 และ 7 phr ต่อพอลิคาร์บอเนต 1 กิโลกรัม ค่าความแข็งสูงสุดของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบที่สัดส่วนผสม 7 phr เท่ากับ 80.1875 Hardness Shore D ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Siddharth Bansal [7] ความแข็งของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณ Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNTs) เพิ่มความสามารถในการรับแรงทะลุผ่านได้ดีขึ้น ทั้งนี้จึงส่งผลให้วัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณส่วนผสมเนื่องจากผงเถ้าแกลบเข้าไปเพิ่มความแข็งของเนื้อวัสดุ



รูปที่ 2 ค่าความต้านทานแรงกระแทกของพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบ

จากผลการทดลองพบว่าค่าความต้านทานแรงกระแทก (Impact strength) ของพอลิเมอร์ผสมพอลิคาร์บอเนตผสมผงเถ้าแกลบที่สัดส่วนผสม 0, 1, 3, 5 และ 7 phr ต่อพอลิคาร์บอเนต 1 กิโลกรัม พบว่า พอลิคาร์บอเนตที่ไม่เติมผงเถ้าแกลบนั้นมีความต้านทานแรงกระแทก 72.09 kJ/m² ซึ่งเมื่อเติมสัดส่วนผสมผงเถ้าแกลบในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าค่าความทนแรงกระแทกมีค่าลดลงอย่างชัดเจนและเริ่มคงที่ที่สัดส่วน 3, 5 และ 7 phr ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีสมบัติเปราะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทร แย้มทะเล [8] อนุภาคของเถ้าแกลบมีลักษณะเป็นของแข็งไม่ยืดหยุ่นได้เข้าไปแทรกตัวในพอลิเมอร์ ส่งผลให้พอลิเมอร์ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกันทำให้พอลิเมอร์มีความยืดหยุ่นลดลงและสูญเสียความเหนียว

4.ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการทดลองได้นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (α=0.05) ซึ่งผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสัดส่วนการผสมพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบนั้นส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงกระแทก เนื่องจากมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และสัดส่วนการผสมพอลิคาร์บอเนตและผงเถ้าแกลบนั้นส่งผลต่อค่าความแข็ง เนื่องจากมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนการผสมผงเถ้าแกลบส่งผลต่อค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก

One-way ANOVA: Impact versus proportion/phr

Source	DF	SS	MS	F	P
proportion/phr	4	14033.75	3508.44	2237.02	0.000
Error	20	31.37	1.57		
Total	24	14065.12			

S = 1.252 R-Sq = 99.78% R-Sq(adj) = 99.73%

One-way ANOVA: Hardness versus proportion

Source	DF	SS	MS	F	P
proportion	4	57.6000	14.4000	177.92	0.000
Error	20	1.6187	0.0809		
Total	24	59.2188			

S = 0.2845 R-Sq = 97.27% R-Sq(adj) = 96.72%

รูปที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-way ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab

5.วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเติมผงเถ้าแกลบที่มากขึ้นช่วยให้ พอลิเมอร์คอมโพสิตมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเถ้าแกลบมีลักษณะเป็นอนุภาคส่งผลให้การทดสอบความแข็งเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณการเติมเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามสมบัติความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุลดต่ำลง เนื่องจากเถ้าแกลบที่เป็นสารตัวเติมนั้นมีลักษณะเป็นรูพรุนทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกลดต่ำลง

6. สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของปริมาณการเติมผงเถ้าแกลบที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกต่ำลง แต่ปริมาณการเติมผงเถ้าแกลบที่สูงขึ้นส่งผลต่อค่าความแข็งที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึง 80.1875 Hardness (Shore D) และความต้านทานแรงกระแทกเท่ากับ 11.828 kJ / m²

7. อ้างอิง

[1] Kanyakarn Lappokachai **“FEASIBILITY STUDY OF MECHANICAL PROPERTY ENHANCEMENT OF RECYCLED POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE) WITH POLYCARBONATE AND ADDITIVES”** A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Engineering Program in Polymer Science and Engineering Department of Materials Science and Engineering Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2015

[2] Ting Huang and coterie **“Carbon nanotubes induced microstructure and property changes of polycarbonate/ poly (butylene terephthalate) blend”** School of Materials Science & Engineering, Key Laboratory of Advanced Technologies of Materials (Ministry of Education), Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031, China

[3] J. Nithikarnjanatharn and coterie *“***Properties of Poly (Carbonate) / Vapor-Grown Carbon Fiber Composite Prepared by Melt compounding***” Graduate School of Engineering, University of Fukui, 3-9-1, Bunkyo, Fukui 910-8507, Japan*

[4] Young-Kuk Choi, Koh-ichi Sugimoto, Sung-Moo Song and Morinobu Endo **“Production and characterization of polycarbonate composite sheets reinforced with vapor grown carbon fiber”** Department of Mechanical Systems Engineering, University of Shinshu, 4-17-1 Wakasato, Nagano city 380-8553, Japan

[5] Yingjie Xu, Huan Lu, Tenglong Gao and Weihong Zhang **“ Predicting the low-velocity impact behavior of polycarbonate: Influence of thermal history during injection molding”** Engineering Simulation and Aerospace Computing (ESAC), Northwestern Polytechnical University, Xi’an, Shaanxi 710072, China

[6] Zvi Rosenberg and Roman Kositsk **“ Deep indentation and terminal ballistics of polycarbonate”** RAFAEL, P.O. Box 2250, Haifa, Israel

[7] Siddharth Bansal “ Effect of MWCNT Composition on the Hardness of PP/ MWCNT Composites” University Institute of Engineering & Technology, Panjab University, Chandigarh 160014,India Indian Institute of Technology Ropar, Punjab , 140001,India

[8] อาทร แย้มทะเล “Study of mechanical properties of polypropylene / rice husk ash composite” สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีการศึกษา 2560

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ ด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling

A study of factors affecting the strength of 3D workpiece formation. With Fused Deposition Modeling

รัชพัฒย์ ศาสตร์สูงเนิน[1] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร[2]*

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2]หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุบความร้อนโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
E-mail: jittiwat.ni@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

การสร้างต้นแบบ Fused Deposition Modeling (FDM) คือ การใช้เส้นพลาสติกที่ถูกทำให้ร้อนนำมาเรียงเป็นโครงสร้างขึ้นมาเป็นชั้น ๆ โดยส่วนที่เป็นชิ้นงานและส่วนรองรับจะใช้เส้นพลาสติกและรูปแบบการเรียงที่ต่างกัน โดยส่วนที่ทำหน้าที่รองรับนั้นจะช่วยเสริมความมั่นคงของชิ้นงานในระหว่างการขึ้นรูป และจะถูกเอาออกภายหลังจากที่ชิ้นงานได้รับการขึ้นรูปจนเสร็จสมบูรณ์ งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ ซึ่งเป็นการพิมพ์ชิ้นงานทดสอบสมบัติทางกลแบบ Fused Deposition Modeling (FDM) ด้วยพลาสติกชนิด PLA เพื่อทดสอบสมบัติทางกลอ้างอิง มาตรฐาน ASTM D638 สมบัติแรงดึงได้แก่ ความต้านทานแรงดึงสูงสุด ความเครียดที่จุดแตกหัก และมอดูลัส ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามีสองปัจจัยประกอบด้วยปัจจัยแรกคืออุณหภูมิการหลอมพลาสติกซึ่งมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 200, 210 และ 220 องศาเซลเซียส และปัจจัยที่สองคือความเร็วอัตราในการป้อนพลาสติกซึ่งมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 70, 80 และ 90 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยมุ่งหวังที่จะได้อัตราป้อนและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการพิมพ์ชิ้นงาน3 มิติ ที่มีความแข็งแรงที่สุด

คำหลัก: การสร้างต้นแบบ, อุณหภูมิการหลอมพลาสติก, ความเร็วอัตราป้อนพลาสติก

Abstract

Fused Deposition Modeling (FDM) is the use of hot-dip galvanized plastic as a layer. The parts and supports are plastic lines and different layouts. The supporting parts help to stabilize the workpiece during the molding process. It will be removed after the workpiece has been completely formed. This study investigates the factors affecting the strength of 3D workpiece fabrication, which is a type of Feld Deposition Modeling (FDM) mechanical testing machine with PLA plastic for mechanical properties testing according to ASTM D638. Pull Maximum tensile strength The factors used in the study were two factors, namely, the melting temperature of plastic, which had three levels: 200, 210 and 220 degrees Celsius. There are 3 levels: 70, 80 and 90 millimeters per second. It aims to obtain the ideal input and temperature to produce the most robust 3D work piece

Keywords: Prototyping, Plastic melting temperature, Rate of plastic feeding

1. บทนำ

การสร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping Technology) [1] ในยุคแรกของการทำต้นแบบ ผู้ผลิตสินค้าจะอาศัยช่างฝีมือในการขึ้นรูปต้นแบบจากวัสดุที่มีอยู่ทั่วไป เช่น ดินเหนียว ไม้ ปูนปาสเตอร์ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาเครื่องจักรกลและวัสดุที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าวัสดุเดิม การทำต้นแบบจึงได้อาศัยเครื่องจักรกลในการขึ้นรูปเพื่อให้เป็นไปตามการออกแบบและลดระยะเวลาในการทำได้เป็นอย่างมาก ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อการออกแบบและสร้างต้นแบบเป็นอย่างมาก เนื่องจากเทคโนโลยีด้านการออกแบบได้อาศัยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยจึงทำให้เกิดการพัฒนานำข้อมูลจากการออกแบบมาทำการสร้างต้นแบบได้อย่างรวดเร็ว โดยให้ชื่อกระบวนการนี้ว่า Rapid Prototype ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของอุตสาหกรรมการผลิตในการสร้างต้นแบบ โดยเป็นเทคโนโลยี ที่สนับสนุนกระบวนการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ ตลาดได้เร็วขึ้น เนื่องจากการนำเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็วมาใช้ ส่งผลให้ระยะเวลาการ ดำเนินงานของกระบวนการนี้ลดลง เมื่อเปรียบเทียบการสร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยวิธีการแบบเก่าการ สร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็วเป็นขั้นตอนการสร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยวิธีการขึ้นรูปทีละชั้น (Layering Technique) โดยตรงจากแบบจำลอง 3 มิติ การสร้างชิ้นงานต้นแบบในรูปแบบชั้นโดยจะเป็นการสร้างชิ้นงานทีละชั้น (Layer By Layer) จนได้เป็นรูปร่างชิ้นงานที่สมบูรณ์ซึ่งได้รับแบบจำลองโดยตรงจากโปรแกรมการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็วสามารถแบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธีหลักคือ กรรมวิธีการลดเนื้อวัสดุออก (Subtractive process) และกรรมวิธีการเพิ่มเนื้อวัสดุเข้า (Additive process) โดยการใช้เส้นพลาสติกที่ถูกทำให้ร้อนนำมาเรียงเป็นโครงสร้างขึ้นมาเป็นชั้นๆ โดยส่วนที่เป็นชิ้นงานและส่วนรองรับจะใช้เส้นพลาสติกและรูปแบบการเรียงที่ต่างกัน โดยส่วนที่ทำหน้าที่รองรับนั้นจะช่วยเสริมความมั่นคงของชิ้นงานในระหว่างการขึ้นรูป และจะถูกเอาออกภายหลังจากที่ชิ้นงานได้รับการขึ้นรูปจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว เทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้ในกระบวนการขึ้นรูปแบบนี้คือ Fused Deposition Modeling (FDM) [2] เป็นเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน มีหลักการทำงานคือการหลอมเส้นพลาสติกให้กลายเป็นของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นผ่านหัวฉีด (Nozzle) หากเปรียบเทียบคงเปรียบเทียบได้กับปืนกาวที่ใช้กันทั่วไป

มาตรฐาน ASTM D638 จะระบุสภาวะสำหรับการหาสมบัติแรงดึงของพลาสติกและพลาสติกเสริมแรง โดยใช้ชิ้นงานรูปทรงดัมเบลล์ (Types I – V), แท่ง หรือท่อทรงกระบอก สมบัติแรงดึงเหล่านี้ได้แก่ ความต้านทานแรงดึงสูงสุด ความเครียดที่จุดแตกหัก และมอดูลัส สมบัติทางกลของพลาสติกสามารถเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเติมสารตัวเติมบางประเภทเข้าไปในพลาสติก เช่น ความแข็งแรง การยืดตัวและ ความเหนียว

ที่ผ่านมางานวิจัย Fused Deposition Modeling (ปภากร,2559) [3] ได้วิเคราะห์การจัดวางวัตถุและทิศทางการสร้างชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับกรรมวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานแบบรวดเร็วด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling (FDM) โดยการกำหนดทิศทางการจัดวางวัตถุนั้นสามารถประยุกต์ใช้กล่องขอบเขต เพื่อระบุปริมาตรของฐานรองชิ้นงาน ซึ่งทิศทางการจัดวางวัตถุที่ก่อให้เกิดปริมาตรฐานรองชิ้นงานต่ำสุดจะถูกกำหนดเป็นทิศทางที่มีฐานรองชิ้นงานปริมาตรต่ำสุด โดยทิศทางการจัดวางวัตถุนี้จะสอดคล้องกับทิศทางการสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว แต่การจัดวางไม่ได้มองถึงสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ (O.S.Carneiro) [4] ได้กำหนดการวางแนวทิศทางหลายๆทิศทางในการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบแรงดึงด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling (FDM) นอกจากนั้น (Yelin Deng และคณะ) [5] ได้สนใจในการใช้อุณหภูมิและอัตราการป้อนพลาสติกในการการขึ้นรูป

ชิ้นงานแบบรวดเร็วด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling (FDM) ซึ่งศึกษาจะใช้การขึ้นรูปชิ้นงานจากเส้นพลาสติก2 ชนิด คือ(ABS) และ (PLA) โดยการให้ความร้อนการขึ้นรูปและอัตราป้อนที่ต่างกันในการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ (Lu Wang) [6] ได้มีการวิเคราะห์ผลพารามิเตอร์ของพอลิเมอร์ชนิด PP ที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานแบบ Fused Layer Modeling (FLM) (David Stoof) [7] ได้มีการใช้พลาสติก PP รีไซเคิลในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling (FDM) (Tomasz Kozior)[8] ได้ทำการประเมินอิทธิพลของพารามิเตอร์ของเทคโนโลยี FDM นำเสนอผลการทดลองแสดงถึงอิทธิพลของตำแหน่งและทิศทางของโมเดลบนแพลตฟอร์ม บนคุณสมบัติทางกลที่เลือกเช่นค่าโมดูลัสของ Young และความเครียดในการทดสอบการบีบอัดแบบ uniaxial ทรงกระบอก (Ravinder Sharma)[9]ได้มีการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกลของ Hap, PVC และ PP โครงสร้างที่มีรูพรุนที่ได้จากเส้นใยจากการขึ้นรูปด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling (FDM) (A.P. Valerga)[10]ได้ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับผลกระทบของสีลวด PLA ต่อรูปทรงเรขาคณิตชิ้นส่วนที่ผลิตโดยการขึ้นรูปชิ้นงานแบบ Fused Layer Modeling (FLM) แต่งานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาก็ไม่ได้มีการศึกษาคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้สนใจที่จะศึกษาการมุ่งเน้นที่จะใช้พลาสติกPLA เพื่อการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling (FDM) เพื่อการศึกษาคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

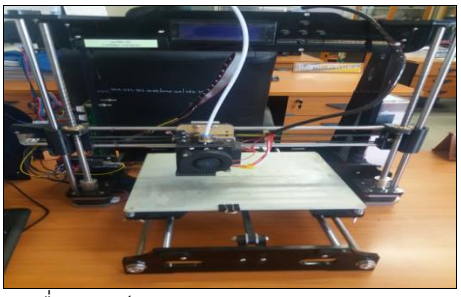
ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยโดยเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย การสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็วด้วยกรรมวิธี Fused Deposition Modeling (FDM) การออกแบบชิ้นงานทดสอบ การออกแบบการทดลอง การทดสอบสมบัติทางกล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

เส้นพลาสพลาสติก PLA ขนาดเส้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 มิลลิเมตร

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

- เครื่องพิมพ์ 3 มิติดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ Fused Deposition Modeling (FDM)

- เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงดังแสดงในรูปที่ 2

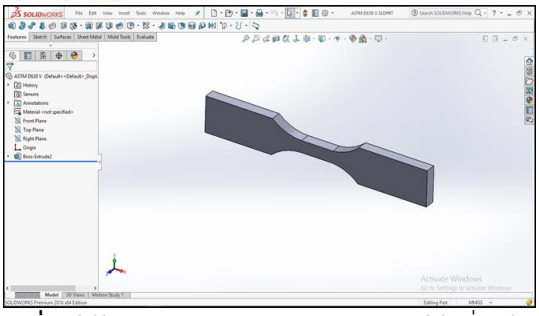


รูปที่ 2 เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง (Universal Testing Machine รุ่น.LS100 plus)

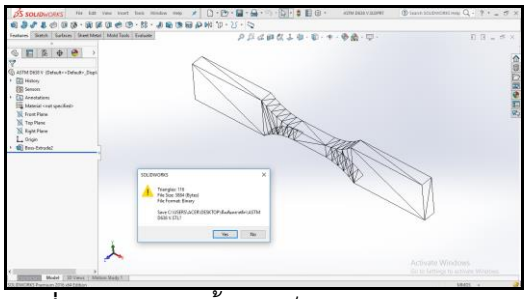
- โปรแกรม SolidWorks 2016
- โปรแกรม Repetier-Host

2.3 การออกแบบชิ้นงานทดสอบ

ใช้โปรแกรม SolidWorks 2016 ใช้เพื่อสร้างชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM 368 Type V โดยให้มีขนาด กว้าง 9.53 มม. x ยาว 63.5 มม. x หนา 4 มม.จากนั้นนำชิ้นงาน ที่ได้ไปทำการคำนวณเพื่อแปลงเป็น file แบบ STL ซึ่งเป็น format ของ file เป็นมาตรฐานสำหรับการนำข้อมูลไปสร้างชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 3-4



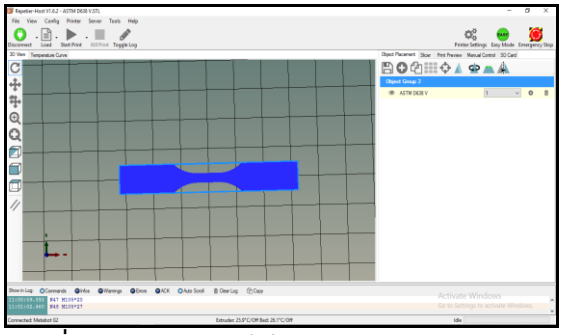
รูปที่ 3 ใช้โปรแกรม Solid Works 2016 ใช้เพื่อสร้างชิ้นงาน 3 มิติ



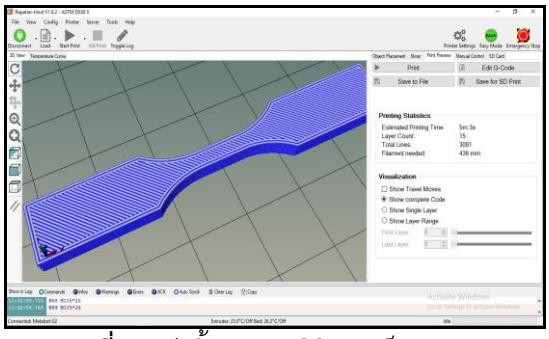
รูปที่ 4 แปลง file ชิ้นงานเป็น file นามสกุล STL

2.4 การสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็วด้วยกรรมวิธี Fused Deposition Modeling (FDM)

ทำการ import file ชิ้นงาน 3 มิติเข้าโปรแกรม Repetier-Host เพื่อที่จะสร้างชิ้นงานต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 5 ใช้โปรแกรม Repetier-Host แบ่งชิ้นงาน 3 มิติออกเป็น layer และทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบคืออุณหภูมิของหัวฉีดพลาสติกโดยตั้งค่าอุณหภูมิหัวฉีดอยู่ 3 ระดับ 200,210,220 องศาเซลเซียส และความเร็วอัตราป้อน 3 ระดับ 70,80,90 มิลลิเมตรต่อวินาทีโดยกำหนดขนาดของเส้นที่ 0.3 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 5-6



รูปที่ 5 import file เข้าโปรแกรม Repetier-Host



รูปที่ 6 แบ่งชิ้นงาน 3 มิติออกเป็น layer

2.5 การออกแบบการทดลอง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการสร้างชิ้นงานด้วยกรรมวิธี Fused Deposition Manufacturing (FDM) นั้นส่วนใหญ่จะไม่ได้ทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่า ความต้านทานแรงดึงสูงสุดและ มอดูลัสที่ดีที่สุด และศึกษาอุณหภูมิและอัตราป้อนที่มีผลต่อสมบัติทางกล โดยกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามีสองปัจจัยประกอบด้วย ปัจจัยแรกคืออุณหภูมิการหลอมพลาสติกซึ่งมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 200, 210 และ 220 องศาเซลเซียส และปัจจัยที่สองคืออัตราในการป้อนพลาสติกซึ่งมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 70, 80 และ 90 มิลลิเมตร /วินาที

ตารางที่ 1 ตารางการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	ระดับ			หน่วย
	ต่ำ	กลาง	สูง	
อุณหภูมิ	200	210	220	องศาเซลเซียส
อัตราป้อน	70	80	90	มิลลิเมตร/วินาที

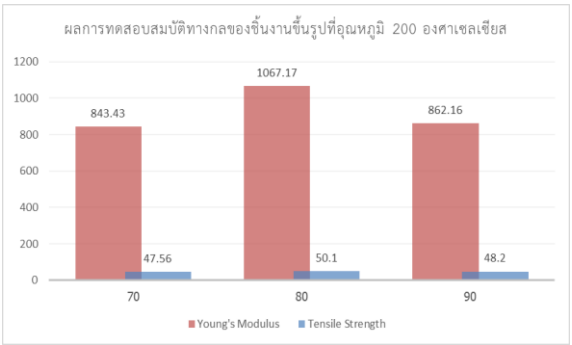
2.6 การทดสอบสมบัติทางกล

การทดสอบแรงดึงของวัสดุ[11] โดยทั่วไปแล้วเริ่มจาก การนำวัสดุมาเตรียมเป็นชิ้นตัวอย่าง ไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่ยังไม่ผ่านการขึ้นรูปหรือขึ้นรูปแล้วก็ตาม การเตรียมเป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว จะเตรียมเป็น

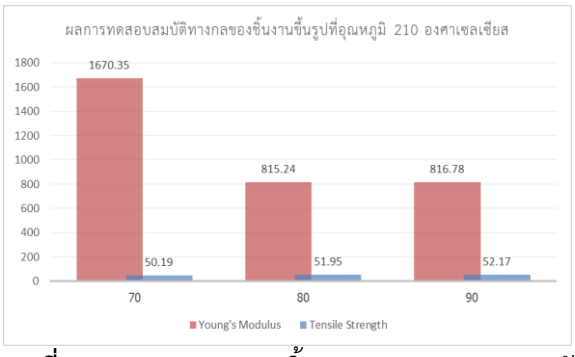
ลักษณะรูปร่างคล้ายดรัมเบลล์ (drumbell) คือปลายทั้งสองด้าน จะมีขนาดโตกว่าบริเวณส่วนกลาง ของชิ้นตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อให้การดึงเป็นไปอย่างสมบูรณ์แบบ และขาดบริเวณตรงกลาง การทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึง (Tensile Properties) จะเป็นการบอกความแกร่งของพอลิเมอร์เมื่อได้รับแรงดึง เป็นการวัดความทนทานของพอลิเมอร์ที่รับแรงคงที่หรือได้รับแรงอย่างช้าๆ (Static Load) ซึ่งสามารถบอกความแข็งแรงของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบจะเป็นชิ้นงานแบบ Dumbel ตามมาตรฐาน D638 Type V ทำการทดสอบชิ้นตัวอย่าง อย่างละ 5 ชิ้น โดยผลทดสอบที่ต้องการในงานวิจัยนี้คือ ค่ามอดุลัสแรงดึง (Tensile Modulus) ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate- Tensile Strength) ค่ามอดุลัสแรงดึง (Tensile Modulus) คือค่าความชันของกราฟระหว่างความเค้นกับความเครียด (Stress-Stain Curve) ในช่วงบริเวณที่เป็นอิลาสติก (Elastic) ค่ามอดุลัสจะเป็นการวัดความแข็งแกร่งของวัสดุ โดยวัสดุที่มีค่ามอดุลัสสูงจะมีความสามารถในการรักษารูปร่างจากการรับแรง ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) คือค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะสามารถรับได้

3.ผลการวิจัย

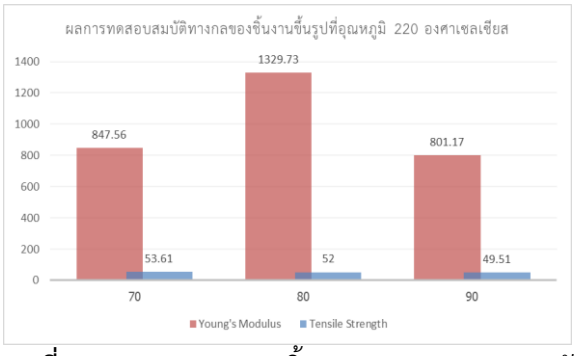
ผลจากการทดสอบแรงดึงเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ



รูปที่ 7 ผลของการทดสอบชิ้นงานจากการทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงานอุณหภูมิ 200 °c



รูปที่ 8 ผลของการทดสอบชิ้นงานจากการทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงานอุณหภูมิ 210 °c



รูปที่ 9 ผลของการทดสอบชิ้นงานจากการทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงานอุณหภูมิ 220 °c

4. วิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากผลจากรูปที่ 7-9 แสดงให้เห็นว่าผลของการทดสอบชิ้นงานจากการทดสอบแรงดึง ปัจจัยที่มีผลต่อค่ามอดูลัส ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าอัตราความเร็วป้อนที่มีผลต่อค่ามอดูลัสสูงที่สุดอยู่ที่ 70 มิลลิเมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่มีผลต่อค่ามอดูลัสสูงที่สุดอยู่ที่ 210 °C โดยมีค่ามอดูลัสที่ 1670.17 Mpa ดังแสดงรูปที่ 8 และปัจจัยที่มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุดอยู่ที่ 220 °C อัตราความเร็วป้อนที่มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุดอยู่ที่ 70 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยมีค่าความต้านทานแรงดึงที่ 53.61 MPa ดังแสดงรูปที่ 9

5. สรุปผล

ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิที่ 210 องศาเซลเซียส ใช้อัตราป้อนที่ 70 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งมีค่ามอดุลัสที่สูงที่สุด โดยค่ามอดูลัสนั้นเป็นค่าที่บอกระดับความแข็งแกร่งของวัสดุ ซึ่งชิ้นงานที่มีค่ามอดุลัสของยังสูงนั้นจะมีความสามารถในการรักษารูปร่างจากการรับแรงได้ดี

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความทางวิชาการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาที่ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นตรวจสอบ และแก้ไขร่างวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วรวุฒิ, ว., ทรงคุณ, ศ., & ปริญญา, พ (2549) เทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็ว Rapid Prototyping Technology.

[2] สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ. (2551). การสร้างต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping) หลักการละการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] ปภากร พิทยชวาล, อภิเชษฐ ก้อนคำ(2559). การศึกษาความสัมพันธ์ของการจัดวางวัตถุต่อทิศทางการสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว

[4] O. S. Carneiro, A. F. Silva, R. Gomesa (2015) Fused deposition modeling with polypropylene. Materials & Design Volume 83, (2015) 768-776

[5] Yelin Deng, Shi-Jie Cao, Ailu Chen, Yansong Guo,(2016) The impact of manufacturing parameters on submicron particleemissions from a desktop 3D printer in the perspective of emission reduction. Building and Environment 104 (2016) 311-319

[6] Lu Wang, Douglas J Gardner (2017) Effect of fused layer modeling (FLM) processing parameters on impact strength of cellular polypropylene. Polymer Volume 113 74-80

[7] David Stoof, Kim Pickering (2018) Sustainable composite fused deposition modelling filament using recycled pre-consumer polypropylene. Composite Part B 135 (2018) 110-118

[8] Tomasz Kozior(2017) Evaluation of the Influence of Parameters of FDM Technology of the Selected Mechanical Properties of Model. Procedia Engineering. Volume 192, 2017 P.463-468

[9] Ravinder Sharma(2018) Investigations for mechanical properties of Hap, PVC and PP base 3D porous structures obtained though biocompatible FDM filaments. Composites Part B: Procedia Engineering. Volume132, 2018 P.237-243

[10] A.P.Valerga (2018) Preliminary study of PLA wire colour effects ongeometric characteristics of part manufactured by FDM. Pocedia Manufacturing. Volume 13 ,2017 P.924-931

[11] ปริญญา พวงนาค, เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ, เครื่องมือวิจัยทางวัสดุศาสตร์ : ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้น, สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543, หน้า179-194.

การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วผสมกับเมล็ดมะขาม

Study of mechanical properties of polypropylene composite Materials Used with tamarind seeds

พรชัย เนียรสันเทียะ[1] วีระพงษ์ แยกโคกสูง[1] โสฐิดา พูนโตนด[1] มาโนช ริทินโย[1]
ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ[2] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร[2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2]หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุมความร้อนโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
E-mail: jittiwat.ni@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง พอลิโพรพิลีนรีไซเคิลกับเมล็ดมะขาม โดยมีสัดส่วนการผสมของพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลกับเมล็ดมะขาม ทั้งหมด 5 สัดส่วนคือ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 และมีปริมาณการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนชนิด (Vinyl trimethoxy silane; VTMS) 4 ระดับคือ 0, 1, 3 และ 5 phr โดยผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดร้อน และทดสอบสมบัติทางกล ผลที่ได้พบว่า การเพิ่มปริมาณของเมล็ดมะขามส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงลดลง ในทางตรงกันข้ามการเพิ่มปริมาณของเมล็ดมะขามส่งผลให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 424.89-444.10 MPa และเมื่อเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนเกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างพอลิเมอร์ผสมมากขึ้น

คำหลัก: สารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน, เมล็ดมะขาม, สมบัติทางกล

Abstract

A Study of mechanical properties of mixed polymers. Recycled polypropylene with tamarind seed The proportion of the mixture. Polypropylene Recycled with Total Tamarind Seeds: 5, 100: 0, 90:10, 80:20, 70:30 and 60:40, respectively. The amount of vinyl trimethoxy silane; VTMS) 4 levels are 0, 1, 3 and 5 phr By mixing with a twin screw extrusion machine, forming by hot compression. And mechanical properties testing. The results have been found. Increasing the amount of tamarind seeds resulted in lower tensile strength. On the contrary, increasing the amount of tamarind seeds resulted in increased modulus of elasticity equal to 424.89-444.10 MPa trial. When combined with silane, the bonding between the polymers was increased.

Keywords: coupling agent, Tamarind seeds, Mechanical Properties

1. บทนำ

ในการดำเนินชีวิตประจำวันเราจะพบเห็นพอลิเมอร์อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น เสื้อผ้า เครื่องใช้ภายในครัวเรือน บรรจุภัณฑ์ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์การติดต่อสื่อสารหรือโทรคมนาคมชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้สำนักงานต่างๆ ตลอดจนอุปกรณ์การแพทย์และชิ้นส่วนอวัยวะเทียม ซึ่งสมบัติทั่วไปของพอลิเมอร์ [1] โดยส่วนมากจะมีน้ำหนักเบา ทนกรด-ด่างได้ดี มีราคาถูก และมีสมบัติทางกายภาพที่เป็นประโยชน์ เช่น โปร่งแสง เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ในงานได้อย่างกว้างขวางส่วนพอลิเมอร์ในงานทางด้านวิศวกรรมจะถูกปรับปรุงสมบัติทางด้านความแข็งแรงและความสามารถในการใช้งาน ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวทำให้พอลิเมอร์เหล่านี้มีราคาสูง โดยผลการวิจัยการใช้งานพลาสติกจากทั่วโลกพบว่า [2] พอลิโพรพิลีน (Polypropylene; PP) ได้ถูกนำมาใช้งานมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้งานพลาสติกทุกชนิด พอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติที่นำไปใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ [3] โดยมีสมบัติที่เด่นชัด เช่น มีความแข็งและเหนียว คงรูปดี ทนต่อการหักงอได้ปานกลาง ทนต่อความร้อนและสารเคมี ใส โปร่งแสง ป้องกันการผ่านของความชื้นได้ดี ป้องกันการผ่านของอากาศได้ต่ำ ไม่ทนต่อความเย็น ดังนั้นพอลิโพรพิลีนจึงเป็นพอลิเมอร์ที่นิยมใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีสมบัติที่นำไปใช้งานได้หลากหลายด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ [4] จึงทำให้มีการพัฒนาสมบัติผลิตภัณฑ์ทั้งทางกลและทางเคมีให้ตรงกับความต้องการมากขึ้น ซึ่งการปรับปรุงอาจทำได้ตั้งแต่กระบวนการสังเคราะห์ การใส่สารเติมแต่ง เพื่อให้ได้สมบัติที่หลากหลายและเพื่อเป็นการลดต้นทุน ในการนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกตามความต้องการของท้องตลาดหรือผู้บริโภค

อนุชิต คงฤทธิ์ และจิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร [5] ได้ทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้งานมาแล้วโดยใช้สารควบคู่ปฏิกิริยาประเภทไซเลนชนิด (Vinyl-trimethoxy Silane; VTMS) ที่ปริมาณผสม 0, 1, 3 และ 5 phr ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ โดยผสมในอัตราการผสมของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงดังนี้ 100:0, 80:20, 50:50, 20:80, และ 0:100 ผลที่ได้คือ ค่าแรงดึง ค่าความแข็ง และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาประเภทไซเลนชนิด (Vinyl-trimethoxy Silane; VTMS) ที่อัตราการผสม 100:0, 80:20 และ 50:50 ยังมีการปรับปรุงสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว เช่น การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลระหว่างพอลิโพรพิลีนผสมกับพอลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้งานแล้ว (PP:r-HDPE) [12] พอลิโพรพิลีนผสมกับพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล (PP:r-PP) [13] พอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตผสมกับพอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตรีไซเคิล (PET:r-PET) [14] พอลิออกซีเมทิลีนผสมกับพอลิออกซีเมทิลีนรีไซเคิล (POM:r-POM) [15] โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามีสองปัจจัยคือสัดส่วนการผสมของพอลิเมอร์และปริมาณการเติมสารควบคู่ โดยศึกษาสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสม นอกจากนี้ฉกาจ จบนุช [6] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัสและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene; HDPE) เพื่อเพิ่มคุณค่าของวัสดุเหลือใช้ โดยวัสดุเชิงประกอบนี้จะนำไม้ยูคาลิปตัสมาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ซึ่งได้มาจากขวดน้ำสีขาวขุ่นที่ใช้แล้ว วัสดุเชิงประกอบถูกเตรียมโดยเครื่องบดผสมภายในและทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดร้อน ทำการศึกษาผลของการเติมสารประสานและไม่เติมสารประสาน ผลที่ได้คือเติมไม้ยูคาลิปตัสลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงในปริมาณที่มากส่งผลให้ค่ามอดูลัสแรงดึงและมอดูลัส

แรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้น และการเพิ่มปริมาณของไม้ยูคาลิปตัสส่งผลให้ความแข็งแรงกระแทกลดลง André L.N.Inácio และคณะ [7] ได้ศึกษาการประเมินปริมาณเส้นใยและสารผสมโดยใช้ r-PP/EPDM/Talc เสริมด้วยเส้นใยไม้ไผ่ ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่และฉีดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบ ผลที่ได้คือ เมื่อมีปริมาณเส้นใยไม้ไผ่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวและค่าความต้านทานแรงกระแทกมีค่าลดลง โสฐิดา พูนโตนด และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาสมบัติความทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลกับกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการเชื่อมขวางสายโซ่ โดยอัตราการผสมของพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลกับกากกาแฟ มีดังนี้ 100:0, 90:10, 80:20 และ 70:30 ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ผสมสารควบคู่ปฏิกิริยาประเภทไซเลนชนิด (Vinyl-trimethoxy Silane; VTMS) และทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดร้อน ผลที่ได้คือ ค่าความทนแรงกระแทกจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อปริมาณอัตราส่วนพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น เมล็ดมะขามยังเป็นวัสดุธรรมชาติอีกชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจ มีลักษณะเป็นเซลลูโลส มีกลิ่นเฉพาะ เป็นของแข็งอีกทั้งยังเป็นวัสดุคอมโพสิตที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเช่นเดียวกับกากกาแฟ นอกจากนี้เมล็ดมะขามยังเป็นของเหลือทิ้งจากครัวเรือนและโรงงานมะขาม ในแต่ละปีพบว่า มีเมล็ดมะขามเหลือทิ้งในปริมาณมาก เมล็ดมะขามประกอบด้วยเปลือกของเมล็ดซึ่งมีสีน้ำตาลแดง ในปริมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อในสีขาวมีปริมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการแปรรูปหรือทำประโยชน์ด้านการบริโภคและสินค้าอุปโภคเสร็จแล้ว เมล็ดมะขามก็จะกลายเป็นขยะซึ่งไม่มีคนนำมาทำประโยชน์หรือใช้สอยเท่าที่ควร

ดังนั้นงานวิจัยนี้เกิดแนวคิดมุ่งเน้นในการที่จะนำเมล็ดมะขามซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อเพิ่มมูลค่าและต่อยอดให้กับเมล็ดมะขามโดยผสมกับขยะพอลิเมอร์ ประเภทพอลิโพรพิลีนมาหลอมรวมกันใหม่และทำการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาประเภทไซเลนชนิด (Vinyl-trimethoxy Silane; VTMS) ศึกษาปรับปรุงสมบัติที่ได้ให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานศึกษาสมบัติทางกล เพื่อเป็นแนวทางในการลดขยะของพอลิโพรพิลีน เป็นแนวทางในการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตและลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบ เป็นการนำกลับมาใช้ใหม่ เพิ่มมูลค่า และสร้างความแปลกใหม่ให้กับพอลิเมอร์ไปพร้อมกัน

2. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้วผสมกับเมล็ดมะขาม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วยการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ

2.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

วัตถุดิบและสารเคมี	บริษัท
1. เม็ดพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล	โคราชทีอาร์ซีพลาสติก จำกัด
2. เมล็ดมะขาม ขนาด 300-600 ไมโครเมตร	ต.โคกกรวด จ.นครราชสีมา
3. สารริเริ่มปฏิกิริยาไดคิวเปอร์ออกไซด์ (DCP)	ออฟติมอล เทค จำกัด
4. สารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนประเภท (VTMS)	ออฟติมอล เทค จำกัด

2.2 การทดสอบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพ

1. เครื่องอัดรีดสกรูคู่
2. เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง



รูปที่ 1 เครื่องอัดรีดสกรูคู่ (Twin Screw Extruder)



รูปที่ 2 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

2.3 ขั้นตอนการผสมและเตรียมชิ้นงานทดสอบ

1. นำเม็ดพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลเข้าตู้อบลมร้อนเพื่อไล่ความชื้น โดยจะใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. นำเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลผสมกับสารริเริ่มปฏิกิริยาไดคิวเปอร์ออกไซด์(Dicumyl Peroxide; DCP) 0.1 phr จำนวน 5 ชุด ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ โดยใส่เครื่องผสมเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที เพื่อให้สารริเริ่มปฏิกิริยาไดคิวเปอร์ออกไซด์ (Dicumyl Peroxide; DCP) ละลายเคลือบผิวเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล

3. ชั่งน้ำหนักเมล็ดมะขามกับเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลผสมตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ ดังนี้

ก. สัดส่วน r-PP 100 : เมล็ดมะขาม 0

ข. สัดส่วน r-PP 90 : เมล็ดมะขาม 10

ค. สัดส่วน r-PP 80 : เมล็ดมะขาม 20

ง. สัดส่วน r-PP 70 : เมล็ดมะขาม 30

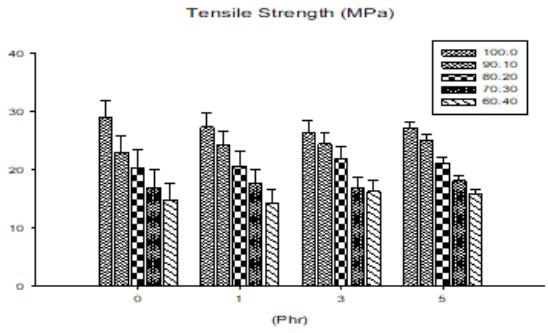
จ. สัดส่วน r-PP 60 : เมล็ดมะขาม 40

4. นำส่วนผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลกับเมล็ดมะขามผสมกับสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนประเภท (Vinyl-trimethoxy silane; VTMS) ตามสัดส่วนที่ได้กำหนดไว้ โดยใส่เครื่องผสมเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีดสกรูคู่ (Twin Screw Extruder) ที่อุณหภูมิ 160-180 °C ความเร็วรอบ 50 rpm โดยส่วนผสมจะไหลออกจากหัวดายผ่านไปยังอ่างน้ำเย็น จากนั้นนำมาทำเป็นเม็ดด้วยเครื่องตัดเม็ดพลาสติก แล้วนำเม็ดพลาสติกที่ได้ไปขึ้นรูปชิ้นทดสอบด้วยเครื่องอัดร้อน (Compression Molding) แล้วนำไปการทดสอบสมบัติทางกลได้แก่ ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และมอดูลัสความยืดหยุ่น (Young's Modulus)

3. ผลการทดสอบสมบัติทางกล

3.1 ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

1. ผลของการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน



รูปที่ 3 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม r-PP:เมล็ดมะขาม เมื่อเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนที่ปริมาณต่างๆ

จากผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงดังรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาประเภทไซเลนที่มากขึ้นช่วยทำให้เมล็ดมะขามและพอลิเมอร์เกิดการ

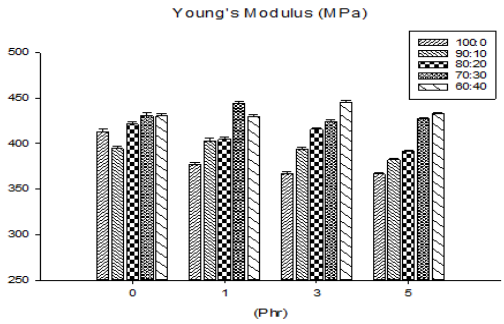
ยึดเกาะกันได้ดี ดังนั้นช่องว่างระหว่างผิวจึงลดลงตามไปด้วย ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ชัดเมื่อมีการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 5 phr และจะเห็นได้ว่ากราฟของค่าความต้านทานแรงดึง จะมีค่าตรงข้ามกับกราฟของค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น แสดงว่าเมื่อปริมาณของสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นลดลง

2. ผลของสัดส่วนการผสมพอลิเมอร์

จากผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงดังรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่า สัดส่วน 100:0 จะให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด และเมื่อเทียบสัดส่วนที่เติมเมล็ดมะขามพบว่า สัดส่วน 90:10 จะมีค่าเท่ากับ 22.61-24197 MPa ซึ่งสัดส่วน 60:40 ที่มีค่าเท่ากับ 14.05-16.44 MPa ที่เป็นเช่นนี้เกิดจากเมล็ดมะขามมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอหรืออาจเกิดการเกาะกลุ่มรวมตัวกันของเมล็ดมะขามในพอลิเมอร์เมทริกซ์ จึงส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงลดลงตามไปด้วย เมื่อมีแรงมากระทำจึงไม่สามารถรับแรงได้ดีเท่าที่ควร สอดคล้องกับงานวิจัยของฉกาจ จบนุช [6] และงานวิจัยของโสฐิดา พูนโตนดและคณะ [8-9] ได้อธิบายว่า การเพิ่มปริมาณของสารตัวเติมจะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวมีแนวโน้มลดลง

3.2 ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น (Young's Modulus)

1. ผลของการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน



รูปที่ 4 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม r-PP:เมล็ดมะขาม เมื่อเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนที่ปริมาณต่างๆ

จากผลการทดสอบค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นดังรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 0, 1 และ 3 phrส่งผลให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสมสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 5 phr กลับส่งผลให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นลดลงอย่างเห็นได้ชัดสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากสารควบคู่ปฏิกิริยาประเภทไซเลนช่วยทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรงสูงแต่ความแกร่งจะลดลงสอดคล้องกับงานวิจัยของโสฐิดา พูนโตนด และคณะ [9] และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับนิลุบล เผือกบัวขาว [10]

2. ผลของสัดส่วนการผสมพอลิเมอร์

จากผลการทดสอบค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นดังรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเมล็ดมะขามเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมล็ดมะขามเป็นอนุภาคที่มีความแข็ง มีค่ามอดูลัสมากกว่าพอลิเมอร์ เมื่อผสมลงไปตามสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เมล็ดมะขามเข้าไปแทรกตัวในเนื้อของพอลิเมอร์ซึ่งเป็นวัสดุหลักจึงทำให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นเกิดแปรผันตามสัดส่วนที่เติมลงไป และเมื่อพิจารณาสัดส่วน 70:30 กลับพบว่าให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 424.89-444.10 MPa สอดคล้องกับงานวิจัยของ โสฐิดาพูนโตนด และคณะ [9] พบว่า สัดส่วนที่มีการเติมกากกาแฟที่ปริมาณ 70:30 ให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงกว่าสัดส่วนที่ไม่มีการเติมกากกาแฟ นอกจากนี้ยังพบว่าสัดส่วน 90:10 จะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสัดส่วน 100:0 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากการกระจายตัวของเมล็ดมะขามที่ไม่มีความสม่ำเสมอจึงทำให้วัสดุเชิงประกอบมีลักษณะอ่อนกว่า

4. วิจารณ์ผลการทดสอบสมบัติทางกล

4.1 ผลของการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน

การเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนที่มากขึ้นช่วยทำให้พอลิเมอร์และเมล็ดมะขามเกิดการยึดเกาะกันได้ดี จึงส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ชัดเมื่อ

มีการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 5 phr ในทางตรงกันข้ามกลับส่งผลให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นลดลง สำหรับค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสมนั้น พบว่าเมื่อมีการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนจาก 3 phr ไปเป็น 5 phr ทำให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น (ความแกร่ง) ลดลง ทั้งนี้สามารถอธิบายได้จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนทำให้พอลิเมอร์ผสมมีค่าความแข็งสูงขึ้น ส่งผลให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นลดลง แต่โดยภาพรวมของสมบัติทางกลทั้งหมด พบว่า การเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 5 phr ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีสมบัติทางกลเหมาะสมในการ นำไปใช้งานมากที่สุด

4.2 ผลของสัดส่วนการผสมพอลิเมอร์

เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่มีการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 5 phr ที่สัดส่วน 100:0 พบว่า ค่าความต้านทานแรง-ดึง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 27.32 MPa ค่ามอดูลัสมีค่าสูงสุดเท่ากับ 367.13 MPa ซึ่งเมื่อมีปริมาณของเมล็ดมะขามเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงของพอลิเมอร์ลดลง ในทางตรงกันข้ามกลับส่งผลให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้สัดส่วน 90:10 ให้ค่าสมบัติทางกลที่ใกล้เคียงกับสัดส่วน 100:0 โดยที่สัดส่วน 90:10 มีค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 25.01 MPa, ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 383.04 MPa ตามลำดับ ดังนั้นพอลิเมอร์สัดส่วน 90:10 ที่เติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 5 phr จึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุด

5. สรุปผลการวิจัย

การเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นลดลง อย่างไรก็ตามการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยา 5 phr สามารถเพิ่มการยึดเกาะระหว่างพอลิเมอร์ผสมได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าสมบัติทางกลดีขึ้นได้ อีกทั้งการเติมเมล็ดมะขามที่สัดส่วน 90:10 ให้ค่าสมบัติทางกลที่ใกล้เคียงกับสัดส่วน 100:0 ซึ่งเหมาะสมแก่การนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณบริษัท โคราชทีอาร์ซีพลาสติก จำกัด เอื้อเฟื้อพอลิเมอร์และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินงาน งานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. **วัสดุวิศวกรรม Engineering Materials**, กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชัน. พิมพ์ ครั้งที่ 16.

[2] (2560, ธันวาคม. 1). **วิจัยพอลิเมอร์.** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.aecplastic.com

[3] (2560, ธันวาคม. 1). **Polypropylene (PP) / พอลิโพรไพลีน.** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com

[4] ประทุมมา สุโสะ. **สมบัติเชิงกลของพลาสติกผสม 3 ชนิดระหว่างพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และพอลิโพรพิลีน.** วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมศาสตร์ การผลิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, (2554).

[5] อนุชิต คงฤทธิ์ และจิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร. **การศึกษาสมบัติทางกลของพอลิเอทีลีนชนิดน่ากลับมาใช้ใหม่ที มีโครงสร้างร่างแหโดยวิเคราะห์ทางสถิติ.** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2558 6-7 สิงหาคม 2558. กรุงเทพมหานคร.

[6] ฉกาจ จบนุช. **การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัส และพอลิเอทิลีนชนิด ความหนาแน่นสูง (High Density Polyethy lene; HDPE).** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา

วิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, (2556).

[7] André L.N.Inácio, Renato C.Nonato, Baltus C.Bonse .**Recycled PP/EPDM/talc reinforced with bamboo fiber:Assessment of fiber and compatibilizer content on properties using factorial design**, (2017).

[8] โสฐิดา พูนโตนด และจิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร. **การศึกษาสมบัติความทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลกับกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการเชื่อมขวางสายโซ่**. การประชุมวิชาการระดับชาติ “นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017”, (2560).

[9] โสฐิดา พูนโตนด จตุรงค์ ขุมเกาะ ศิรินทิพย์ ศิริราชจันทึก จักรายุทธ มากทอง อนุชิต คงฤทธิ์ และจิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร **“การศึกษาสมบัติความต้านทานแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลกับกากกาแฟเติมสารควบคู่ปฏิกิริยา”** .การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ 7 - 8 ธันวาคม 2560 โรงแรมเคปราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

[10] นิลุบล เผือกบัวขาว. **สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่โดยมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเติมแต่ง**. วิทยานิพนธ์ ป ริ ญ ญ าวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวัสดุศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, (2550).

[11] สุภัทร์ชัย แสงวงศ์. **สมบัติเชิงกลพลวัตและสัณฐานวิทยาของโฟมคอมพอสิตพอลิโพรไพลีนและผงไม้ยางพารา**. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ. มหาวิทยาศิลปากร, (2550).

[12] อนุชิต คงฤทธิ์ และจิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร. **“อิทธิพลของสารคู่ควบต่อสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงรีไซเคิล”** วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 11(2), 57-66, 2559

[13] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร และอนุชิต คงฤทธิ์. (2558) **“การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้งานมาแล้วโดยใช้สารควบคู่”**การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. 6-7 สิงหาคม 2558, กรุงเทพมหานคร.

[14] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร และโสฐิดา พูนโตนด. **“การศึกษาสมบัติความต้านทานแรงกระแทก พอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว (r-PET)/พอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตเกรดขึ้นรูปผลิต- ภัณฑ์ (PET) โดยเติมสารควบคู่ Vinyl-Trimethoxy Silane”.** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ .ศ.2560. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 12-15 กรกฎาคม 2560 เชียงใหม่.

[15] วรกานต์ ทึงทา สำรวม จรจังหรีด และโสฐิดา พูนโตนด **“ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติความต้านทานแรงดึงของพอลิออกซีเมทิลีนที่ผ่านการใช้งานแล้วโดยการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยา”**. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ .ศ.2560. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 12-15 กรกฎาคม 2560 เชียงใหม่.

การศึกษาสมบัติการทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วผสมกับเศษไม้ไผ่แปรรูป

Study of Impact properties of polypropylene composite Materials Used with Bamboo scab

โสฐิดา พูนโตนด[1] เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา[1] สุทัศน์ ยอดเพ็ชร[1] มรกต ทิวะสิงห์[1]
ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ[2] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร[2]*

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2]หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุมความร้อนโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
E-mail: jittiwat.ni@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ระหว่างพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว (r-PP) และเศษไม้ไผ่แปรรูป โดยเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน (VTMS) สารก่อปฏิกิริยา (DCP) สารเพิ่มความเสถียรภาพ การเตรียมพอลิเมอร์ผสมโดยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่และขึ้นรูปด้วยวิธีอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนเพื่อวิเคราะห์สัดส่วนการผสมของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว (r-PP) และเศษไม้ไผ่แปรรูป ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเติมสารควบคู่ไซเลนโดยมีสัดส่วนการผสมทั้งหมด 4 สัดส่วนคือ 100:0, 90:10, 80:20 และ 70:30 และการเติมสารควบคู่ 4 ระดับคือ 0, 1, 3 และ 5 phr การทดลองทำการผสมพอลิเมอร์ระหว่างพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว (r-PP) กับเศษไม้ไผ่แปรรูป ผลการทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกพบว่าการผสมของพอลิเมอร์ ในสัดส่วน 70:30 ที่ปริมาณการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน 5 phr มีค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงสุดเท่ากับ 7.286 kJ/m^2 และมีค่าความแข็งเท่ากับ 60.405 Shore D

คำหลัก: สารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลน, เมล็ดมะขาม, สมบัติทางกล

Abstract

The objective of project is to study the proportion of the polypropylene and Bamboo scab mix with the silane coupling agents of Vinyl - Trimethoxy Silane; VTMS, the Dicumyl Peroxide (DCP) and Anox 240 affecting to the mechanical properties. The sample were formed by hot compression molding process. The experiment conducted to analyze the relationship between polypropylene and Bamboo scab ratio (100:0, 90:10, 80:20, 70:30 by weight %) and the among of silane coupling agents (0, 1, 3, and 5 phr).The result showed that. Mechanical properties of 70:30 polypropylene and Bamboo scab blends with 5 phr of silane was highest impact resistance at 7.286 kJ/m^2. And hardness resistance at 60.405 Shore D.

Keywords: Mechanical properties, Silane coupling agents, Polymer blends

1. บทนำ

ในปัจจุบันพลาสติกพอลิเมอร์ (Polymer) ได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น พอลิเมอร์สามารถนำมาแทนทรัพยากรธรรมชาติได้หลายอย่าง เช่น ไม้ เหล็ก เนื่องจากพลาสติกพอลิเมอร์ (Polymer) มีราคาค่อนข้างถูก น้ำหนักเบา ทนความชื้นได้ดี ไม่เป็นสนิม จึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็น ภาชนะ ขวด ถังน้ำ อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ภายในครัวเรือน ทำให้มีคุณสมบัติที่หลากหลายและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทำให้อัตราการผลิตและใช้ประโยชน์วัสดุประเภทนี้เพิ่มขึ้นอย่างมาก พอลิ-เมอร์ชนิดที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันก็คือ พอลิโพรพีลีน (Polypropylene, PP) มีคุณสมบัติเป็นของแข็ง ไม่มีสี มีทั้งโปร่งใสและโปร่งแสง ผิวเป็นมันเงา ทนสารเคมี และมีอุณหภูมิในการหลอมสูงจึงเหมาะต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ในงานอุตสาหกรรมและมีราคาค่อนข้างถูก จึงทำให้มีการพัฒนาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ทั้งทางกลและเคมีให้ตรงกับความต้องการมากขึ้น ซึ่งสามารถสังเคราะห์การปรับปรุงโดยตั้งแต่การใส่สารเติมแต่ง นำไปใช้ในการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์พลาสติกตามความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภค ในการพัฒนาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พลาสติกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือ การนำพลาสติกมาผสมกันซึ่งสามารถทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติที่หลากหลายขึ้นและได้ประโยชน์ของการนำพลาสติกมาผสมเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามความต้องการ [1]

มนัส ศรีสวัสดิ์ [1] ได้ทำการศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับอะลูมิเนียมไซด์ที่เหลือใช้จากกระบวนการหล่อฉีด โดยผสมขี้ตะกรันอะลูเนียมลงในพอลิพรอพิลีนที่สัดส่วน 1, 3, 5, 7 และ 9 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำมาขึ้นรูปชิ้นทดสอบ แล้วทดสอบสมบัติทางความร้อน ทดสอบสมบัติเชิงกล การวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อเพิ่มสมบัติต่างๆ ให้กับพอลิเมอร์ ให้มีสมบัติที่ดีขึ้นจากเดิมและยังมีการปรับปรุงสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว เช่น การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลระหว่างพอลิโพรพิลีนผสมกับพอลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้งานแล้ว (PP:r-HDPE) [2] พอลิโพรพิลีนผสมกับพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล (PP:r-PP) [3] พอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตผสมกับพอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตรีไซเคิล (PET:r-PET) [4] พอลิออกซีเมทิลีนผสมกับพอลิออกซีเมทิลีนรีไซเคิล (POM:r-POM) [5] โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามีสองปัจจัย คือสัดส่วนการผสมของพอลิเมอร์และปริมาณการเติมสารควบคู่ โดยศึกษาสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสม จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นนี้ เป็นเพียงการนำพลาสติกรีไซเคิลมาศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติทางกล แต่ยังไม่มีการนำวัสดุจากธรรมชาติมาผสมลงในพอลิเมอร์

การใช้วัสดุที่มาจากธรรมชาติโดยมีต้นแบบเพื่อพัฒนาให้พอลิเมอร์ผสมมีความแปลกใหม่มากยิ่งขึ้น โดยมีลักษณะต้นแบบพอลิเมอร์ผสมระหว่าง พลาสติกผสมแป้งมันสำปะหลัง [6] พลาสติกกับขี้เลื่อย [7] และพลาสติกผสมกากอ้อย [8] ฉกาจ จบนุช [9] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัส และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง โดยวัสดุเชิงประกอบถูกเตรียมด้วยเครื่องบดผสมภายในและทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดร้อน ส่วนใหญ่จะมีการเติมสารเติมแต่งลงไปด้วยการเติมสี ฟิลเลอร์ (Fillers) สารควบคู่ปฏิกิริยาประเภทไซเลนและใยแก้ว [10] ซึ่งสารที่เติมลงไปจะต้องกระจายตัวในพลาสติกได้ดี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับพลาสติกรีไซเคิลกับการเติมสารอื่น ทั้งนี้จึงมีแนวคิดโดยการนำเศษไม้ไผ่แปรรูปมาใช้สารเติมแต่งหรือผสมกับเม็ดพลาสติกรีไซเคิล เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทำให้พลาสติกมีจุดเด่น และมีความน่าสนใจ เนื่องจากเศษไม้ไผ่แปรรูปเป็นวัสดุจากธรรมชาติที่หาได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายในการกำจัด มีลักษณะเป็นเส้นใย และยังสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

ดังนั้น จึงมีแนวคิดนำพอลิเมอร์พอลิโพรพิลีนรีไซเคิลผสมกับเศษไม้ไผ่แปรรูปและเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนชนิด (Vinyl-trimethoxy silane; VTMS) มาหลอมรวมกันใหม่ แล้วทำการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่.เพื่อผสมให้เม็ดพลาสติกกับเศษไม้ไผ่แปรรูปเข้าด้วยกัน เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล (r-PP) เพื่อมีการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางลดต้นทุนในการผลิต แล้วยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขยะจากภาคการเกษตร

2. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาเรื่องคุณสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานมาแล้วกับเศษไม้ไผ่แปรรูปโดยใช้สารควบคู่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วยการการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ

2.1 สารเคมี วัสดุและเครื่องมืออุปกรณ์

1. พอลิโพรพิลีนรีไซเคิล (r-PP จากการรีไซเคิลถุงน้ำเกลือ) ของบริษัท โคราชทีอาร์ซีพลาสติก จำกัด

2. สารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนชนิด (Vinyl-Trimethoxy Silane) จากบริษัท ออฟติมอลเทค จำกัด

3. ตัวเริ่มปฏิกิริยาไดคิวเปอร์ออกไซด์ (Dicumyl Peroxide; DCP)

4. สารเพิ่มความเสถียรภาพ (Anox PP18P and Alkanox 240 were) บริษัท ออฟติมอลเทค จำกัด

5. เศษไม้ไผ่แปรรูปขนาด 300-600 ไมโครเมตร

2.2 ขั้นตอนการผสมและการเตรียมชิ้นงานทดสอบ

การเตรียมการผสมเริ่มต้นจากการนำเม็ดพอลิเมอร์ r-PP กับเศษไม้ไผ่แปรรูปเข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

นำไปชั่งน้ำหนัก r-PP และเศษไม้ไผ่แปรรูปผสมสัดส่วนที่ 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 โดยการใส่เครื่องผสมให้เข้าทั่วกัน แล้วนำพอลิเมอร์ r-PP กับเศษไม้ไผ่แปรรูปผสมกับสารช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพและสารริเริ่มปฏิกิริยาไดคิวมิวเปอร์ออกไซด์ (DCP) ในปริมาณ 0.1 phr โดยการใส่เครื่องผสมให้เข้าทั่วกัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นำเม็ดพอลิเมอร์ที่ได้จาก 2 ส่วนผสม ผสมกับสารควบคู่ไซเลนในปริมาณ 0, 1, 3 และ 5 phr และนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้น ก่อนนำไปผสมด้วยเครื่องอัดรีดสกรูคู่ (Twin Screw Extruder) ความเร็วรอบ 100 rpm L/D 40 โดยใช้เวลาในการผสมเท่ากันทุกสูตรครั้งละ 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง อุณหภูมิในการผสมอยู่ที่ 165-175 องศาเซลเซียส แล้วนำพอลิเมอร์ผสมที่ได้ไปขึ้นรูปชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ด้วยอัดขึ้นรูปร้อน (Hot Compression Molding) อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูป 160-165 องศาเซลเซียส แรงดัน 1,500 Psi ระยะเวลาในการให้ความร้อนก่อนอัดขึ้นรูป (Preheating) 3 นาที เวลาในการอัดขึ้นรูป (Pressing) 3 นาที และเวลาในการทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Rapid Cooling) 1 นาที

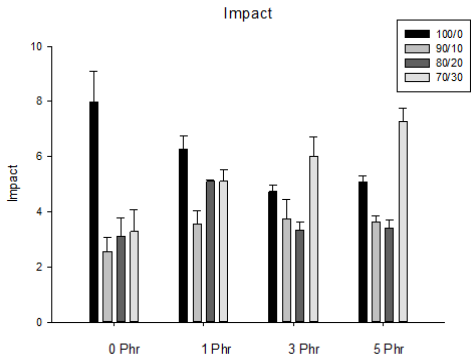
2.3 การทดสอบสมบัติทางกลของพอลิเมอร์

- การทดสอบแรงกระแทกแบบไอซอด ตามมาตรฐาน ASTM D256 สำหรับการทดสอบแรงกระแทกส่วนผสมละ 10 ชิ้นต่อการทดสอบ

- การทดสอบความแข็ง การทดสอบความแข็งแบบชอร์ดูโรมิเตอร์ (Shore D) ตามมาตรฐาน ASTMD2240 โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบยี่ห้อ TECLOK รุ่น GS-702G Type D

3. ผลการทดสอบสมบัติทางกล

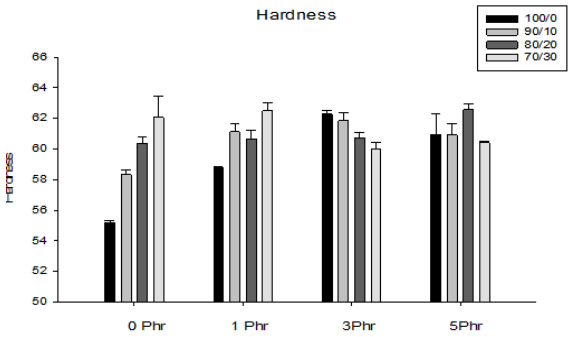
3.1 ค่าความต้านทานแรงกระแทก (Impact strength)



รูปที่ 1 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม r-PP:เศษไม้ไผ่แปรรูป เมื่อเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนที่ปริมาณต่างๆ

จากผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทก พบว่า ปริมาณของเศษไม้ไผ่แปรรูปที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อค่าความต้านทานแรงกระแทกที่ลดลงเช่นกัน จะเห็นได้ว่าพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่มีการผสมเศษไม้ไผ่แปรรูปที่ 30% มีค่าความต้านทานแรงกระแทกใกล้เคียงกับพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่ไม่มีการผสมเศษไม้ไผ่แปรรูปซึ่งเท่ากับ 7.286 KJ/m^2 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของธนกร วิรุฬมงคล และคณะ กับอิทธิพล แจ้งชัด [14,15] เนื่องจากอิทธิพลของเส้นใยธรรมชาติที่มีสมบัติเปราะจึงส่งผลกระทบต่อความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสมลดลงจึงทำให้ความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกของวัสดุผสมพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลและเศษไม้ไผ่แปรรูปลดลงเมื่อปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดช่องว่างที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัฏภาค ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการแตกหัก หรือเสียสภาพ ดังนั้นจึงส่งผลถึงความไม่ต่อเนื่องของวัฏภาคเมตริกซ์มีรอยต่อของวัฏภาคไม่แข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลง

3.2 ผลการทดสอบค่าความแข็ง (Hardness Test)



รูปที่ 2 ผลการทดสอบค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสม r-PP:เศษไม้ไผ่แปรรูป เมื่อเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาไซเลนที่ปริมาณต่างๆ

ปริมาณของเศษไมไผ่แปรรูปส่งผลต่อค่าความแข็ง เนื่องจากสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจำทำให้เศษไม้ไผ่แปรรูปสามารถที่จะกระจายตัวไปในพอลิเมอร์ได้ดีขึ้นทำให้สามารถที่จะรับและกระจายแรงที่พอลิเมอร์ผสมได้ดีขึ้น ค่าความแข็งจึงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายกับงานวิจัยของ A.K. Bledzki และคณะ [] ที่พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยไม้สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงให้กับวัสดุและเมื่อเส้นใยที่ผสมมีขนาดเล็กลง จะทำให้วัสดุคอมโพสิตมีความแข็งแรงกว่าการเติมเส้นใยไม้ขนาดใหญ่ แต่เมื่อมีการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาเข้าไปที่ 1, 3 และ 5 Phr ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน เนื่องจาก เศษไม้ไผ่แปรรูปมีการเกาะกลุ่ม (Agglomeration) กันมากขึ้น เป็นผลให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมมีค่าลดลงเล็กน้อย

4. วิจารณ์ผลการทดสอบสมบัติทางกล

จากการทดสอบค่าความทนแรงกระแทกจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อปริมาณอัตราส่วนพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้น และมีพลาสติกในปริมาณมากจะช่วยให้มีการยึดติดกันของพอลิเมอร์เมตริกซ์ได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงแข บุตรกูล [11] ได้ทำการศึกษาการผลิตคอมพาวด์วัสดุผสมพอลิเมอร์เส้นใยธรรมชาติ พบว่าค่าความทนแรง

กระแทกมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยหรือสารตัวเติม ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของเนื้อพอลิเมอร์มีรอยต่อที่ไม่แข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ความทนแรงกระแทกมีค่าลดลง ซึ่งสัดส่วน 70/30 มีค่าความทนแรงกระแทกดีที่สุดที่ 7.286 KJ/m^2 เศษไม้ไผ่แปรรูปที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความทนแรงกระแทกลดลงเล็กน้อยเนื่องจากมีบริเวณวัฏภาค ที่มีความแข็งแรงเค้นเกิดขึ้นมากโดยที่อัตราส่วน 70/30 ที่มีการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาที่ 5 Phr จะมีค่าความทนแรงกระแทกมากกว่าทุกอัตราส่วน

การทดสอบความแข็ง พบว่าความแข็งของพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลเพิ่มขึ้นตามปริมาณสัดส่วนเศษไม้ไผ่แปรรูปที่เพิ่มขึ้น เมื่อผสมลงในพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลทำให้เศษไม้ไผ่แปรรูปกระจายตัวอยู่ในพอลิเมอร์ จึงทำให้พอลิโพรพิลีนมีความแข็งเพิ่มขึ้น จากผลการทดสอบที่ได้มีแนวโน้มคล้ายกับ สมนึก สังข์หนู [12] ที่มีการผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง Ja'nos Mo'cz'o [13] ที่มีการเติมเส้นใยจากธรรมชาติลงในพอลิโพรพิลีนและ M.H.Choa ET.al [16] ที่มีการผสม MoS_2, Al_2O_3 และธาตุอื่นๆ ลงในเส้นใยเสริมแรงพอลิโพรพิลีนซัลไฟด์ จากงานวิจัยที่กล่าวมาพบว่าการผสมวัสดุที่มีความแข็งกว่าพอลิเมอร์ส่งผลให้พอลิเมอร์มีความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารตัวเติมที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

5. สรุปผลการวิจัย

การเติมสารควบคู่ปฏิกิริยาที่ 5 phr และการเติมเศษไม้ไผ่แปรรูปที่ 70:30 ส่งผลให้ค่าทดสอบแรงกระแทกมีค่าเท่ากับ 7.286 KJ/m^2 และมีค่าความแข็งเท่ากับ 60.405 Shore D ส่งผลช่วยให้ความสามารถในการเข้ากันได้ของการผสมของพอลิเมอร์กับเศษไม้ไผ่แปรรูปสูงขึ้น เมื่อมีพลาสติกในปริมาณที่มากจะช่วยให้การยึดติดกันของพอลิเมอร์เมตริกซ์ได้มากขึ้นและยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ที่สามารถจะลดปัญหาการกำจัดเศษไม้ไผ่แปรรูป รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณบริษัทโคราชทีอาร์ซีพลาสติก จำกัด เอื้อเฟื้อพอลิเมอร์และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ สาขาวิศวกรรมโยธา ศูนย์กลางมหาวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว วิทยาเขตขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินงานงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] มนัส ศรีสวัสดิ์. 2553. **"การศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับอะลูมิเนียมออกไซด์ที่เหลือใช้จากกระบวนการหล่อฉีด."** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[2] อนุชิต คงฤทธิ์ และจิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร. **"อิทธิพลของสารคู่ควบต่อสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงรีไซเคิล"** วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 11(2), 57-66, 2559

[3] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร และอนุชิต คงฤทธิ์. (2558) **"การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้งานมาแล้วโดยใช้สารควบคู่"**การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. 6-7 สิงหาคม 2558, กรุงเทพมหานคร.

[4] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร และโสฐิดา พูนโตนด. **"การศึกษาสมบัติความต้านทานแรงกระแทก พอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว (r-PET)/พอลิเอธิลีนเทเรฟทาเลตเกรดขึ้นรูปผลิต- ภัณฑ์ (PET) โดยเติมสารควบคู่ Vinyl-Trimethoxy Silane".** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี

พ .ศ.2560. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 12-15 กรกฎาคม 2560 เชียงใหม่.

[5] วรกานต์ ทึงทา สำรวม จรจังหรีด และโสฐิดา พูนโตนด **“ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติความต้านทานแรงดึงของพอลิออกซีเมทิลีนที่ผ่านการใช้งานแล้วโดยการเติมสารควบคู่ปฏิกิริยา”**. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ .ศ.2560. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 12-15 กรกฎาคม 2560 เชียงใหม่.

[6] ยูวารี แลสารี (2548). **สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.)** หนุนเอกชนผลิตพลาสติกชีวภาพมุ่งสร้างผลิตภัณฑ์ย่อยเองและมกพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ลดต้นทุน. ผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง,จุลินทรีย์อุตสาหกรรม, โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์พื้นฐานที่ 13, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

[7] ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ (2550). **“การศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุผสมระหว่างพลาสติกกับขี้เลื่อยไม้”**, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[8] กีรติ พินิจเศรษฐาวงศ์ (2556) **“เม็ดพลาสติกสำเร็จรูปจากวัสดุเชิงประกอบที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพระหว่างพอลิแลคติกแอสิกและกากอ้อย”**, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[9] ฉกาจ จบนุช (2556). **“การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัสและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง”.** สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[10] อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์. **“Additives, Engineering Materials 2109101”**, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี.

[11] ดวงแข บุตรกูล .2554. **“การศึกษาการผลิตคอมพาวด์วัสดุผสมพอลิเมอร์กับเส้นใยธรรมชาติ.”** การประชุมระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ. ครั้งที่ 5. มีนาคม 2554 17-18.

[12] สมนึก สังข์หนู และเจษฎา วงษ์อ่อน. 2551. **“การศึกษาเส้นใยผสมระหว่างพอลิเอทิลีนกับอะลูมิเนียมฟอยล์นำกลับมาใช้ใหม่.”** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[13] Ja’nos Mo’cz’o, Be’la Puka’nszky. 2009 **“ Deformation and failure of PP composites reinforced with lignocellulosic fibers: Effect of inherent strength of the particles ”** Laboratory of Plastics and Rubber

[14] ธนกร วิรุฬห์มงคล, อดิศักดิ์ ขานทอง, ฤทธิชัย จันทร์คาเรือง, อรรถกฤต ครุฑปักษี, นที ศรีสวัสดิ์, ณรงค์ชัย โอเจริญ และ สรพงษ์ ภวสุปรีย์, **การเตรียมและสมบัติเชิงกลบางประการของแผ่นอัดจากวัสดุรีไซเคิล (ขวดน้ำดื่มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับกากกาแฟ)”** การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจาปี 2554, วันที่ 27-29 มกราคม 2554 ณ ห้องมงกุฎเพชร โรงแรมโมซะ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

[15] อิทธิพล แจ้งชัด, **“การศึกษาไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิทจากเส้นใยผักตบชวา และพอลิเอทีลีนความหนาแน่นต่ำที่ใช้พอลิเอทิลีน-กราฟท์-มาลิอีกแอนไฮไดรด์เป็นสารช่วยผสม”,** การประชุมการป่าไม้ประจาปี 2445 ด้านวัสดุทดแทนไม้, วันที่ 18-20 กันยายน 2545 หน้า 29-35

[16] M.H. Choa, S. Bahadura and A.K. Pogosianb. 2005 **“Friction and wear studies using Taguchi method on polypropylene ” sulfide filled with a complex mixture of MoS2, Al2O3, and**

other compounds ”Department of Mechanical Engineering, Iowa State University USA.

การออกแบบและวางผังโรงงานตามปริมาณความต้องการสินค้า กรณีศึกษา: โรงงานผลิตมันเส้นอบแห้ง

Plant design and layout on demand. Case Study: Cassava Dried-Chip Factory

ภูมิบุญ พลต้าง*, ชัยวัฒน์ วัฒนะกุล, พงษ์ศักดิ์ นาใจคง, สุทัศน์ ยอดเพ็ชร, และ ธณัฐพงษ์ กลิ่นสระน้อย,

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

*ผู้ติดต่อ: rian.ph@rmuti.ac.th, 083 683 4153

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการผลิตมีความก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้ขบวนการผลิตสินค้าต่าง ๆ ทำได้ง่ายและรวดเร็ว มีผลทำให้เกิดการแข่งขันทางการตลาดสูง ผู้ประกอบการผลิตสินค้าจึงต้องหาวิธีลดต้นทุนการผลิตลง การออกแบบและวางผังโรงงานที่เหมาะสมก็เป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและวางผังโรงงานที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการสินค้า โดยมีโรงงานผลิตมันเส้นอบแห้งเป็นกรณีศึกษา จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการ โรงงานต้องมีกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 80 ตันต่อวันจึงจะตอบสนองความต้องการได้ จากปัญหาและความต้องการของโรงงานดังกล่าว กลุ่มผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการการออกแบบโรงงานอย่างเป็นระบบ เพื่อออกแบบโรงงานและระบบการผลิตเป็นระบบอบแห้งแบบใช้พลังงานความร้อนจากเตาชีวมวล มีขบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง เป็นโรงงานชั้นเดียว มีพื้นที่ของแผนกผลิตทั้งหมด 250 ตารางเมตร แผนกสนับสนุนการผลิต 2,037 ตารางเมตร และมีกำลังการผลิต 80 ตันต่อวัน

คำหลัก: ออกแบบโรงงาน, วางผังโรงงาน, โรงงานมันเส้นอบแห้ง

Abstract

Nowadays manufacturing technology and production processes have high advance development in progress to simplify the goods productions which have played the important role in industries and Its the main tool of the business competitive. The producer and entrepreneur have focused on the reduction of cost and time to produce the new product. To design and plant layout of the factory is one of the suitable solutions. This research has emphasized the Systematic Layout Planning (SLP) for plant design and layout to have a clearly perspective of market need by represent the cassava dried-chip as the case study. The result of this case study is the continuous process one floor layout of cassava dried-chip by Gasification Stove. This layout has a total production area of 250 square meters, has a production support area of 2,037 square meters and has a capacity of 80 tons per day.

Keywords: Plant design, Plant layout, Cassava Dried-Chip facility.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอีกทั้งยังเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ซึ่งปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 3,724,954 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.03% และมีเกษตรกรกว่า 6 ล้านคน ที่มีอาชีพปลูกมันสำปะหลัง จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์คาดการณ์ว่าในฤดูกาล 2558-2559 มีพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 8.71 ล้านไร่ โดยมันสำปะหลังที่ผลิตได้ครึ่งหนึ่งนั้นจะถูกใช้ภายในประเทศ สัดส่วนการบริโภคผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของไทยส่วนใหญ่ถูกนำมาผลิตเป็นแป้งมันสำปะหลัง โดยคิดเป็นร้อยละ55% มันเส้นและมันอัดเม็ดคิดเป็นร้อยละ 40% และ เอทานอลคิดเป็นร้อนละ 5% ส่วนที่เหลือนั้นผลิตเพื่อการส่งออก ซึ่งการส่งออกในแต่ละปีจะอยู่ที่ 20,000 – 22,000 ล้านตัน โดยที่ตลาดส่งออกส่วนใหญ่จะอยู่ในประเทศจีนเป็นหลัก ประเทศจีนได้นำเข้ามันเส้นกว่าปีละ 9.4 ล้านตัน และเป็นมันเส้นจากไทยมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 80% ของมันเส้นที่ประเทศจีนนำเข้าทั้งหมด [5]

การผลิตมันเส้นของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้วิธีตากแห้งในลานตากโดยอาศัยความร้อนธรรมชาติจากแสงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้ไม่สามารถผลิตได้ในทุกช่วงเวลา ไม่สามารถควบคุมการผลิตได้ และผลผลิตเกิดความเสียหาย โรงงานกรณีศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะสร้างโรงงานผลิตมันเส้น ที่สามารถผลิตได้ทุกช่วงเวลาทุกฤดูกาล โดยโรงงานตั้งอยู่ที่อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา เดิมทีนั้นโรงงานแห่งนี้ถูกใช้เป็นจุดรับซื้อข้าวเปลือกมีพื้นที่ทั้งหมด 30 ไร่ ผู้บริหารต้องการปรับเปลี่ยนเป็นโรงงานผลิตมันเส้นอบแห้ง โดยมีการทำการพยากรณ์ความต้องการตลาดอยู่ที่ 80 ตัน/วัน แต่พื้นที่และอาคารเดิมยังมีลักษณะไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตมันเส้นอบแห้ง ให้ตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้ คณะผู้วิจัยจึงต้องการออกแบบและวางผังโรงงานดังกล่าวนี้ ให้สามารถรองรับปริมาณความต้องการตามค่าพยากรณ์ความต้องการดังกล่าวได้ โดยมีความมุ่งหวังที่จะใช้ทรัพยากร และ ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เท่าที่จำเป็น และเกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และให้สามารถแข่งขันทางการตลาดได้ เนื่องจากการออกแบบและวางผังโรงงานที่เหมาะสมก็เป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและวางผังโรงงานที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการสินค้า เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุด ในขณะที่ปริมาณการผลิตยังตอบสนองความต้องการของสินค้าได้

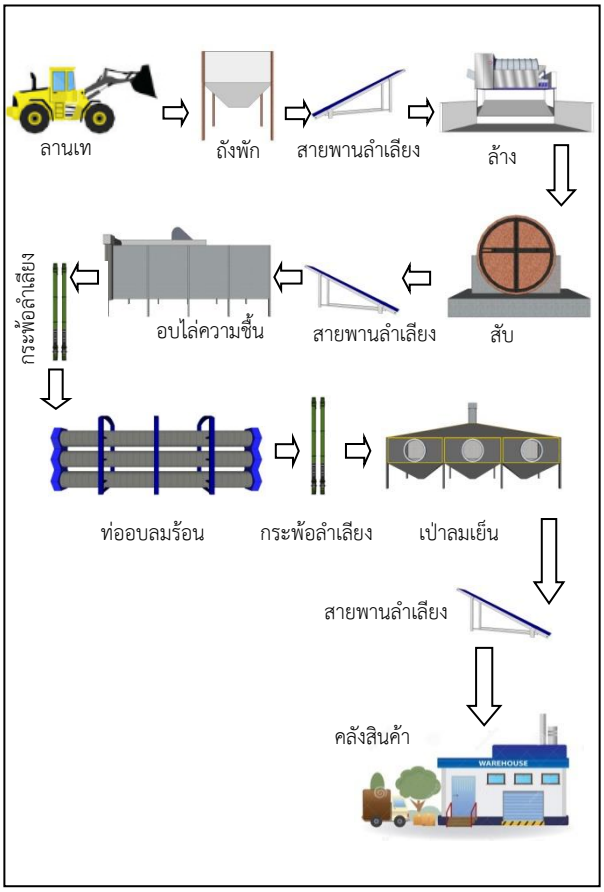
2. วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบและวางผังโรงงานมันเส้นอบแห้งโดยยึดตามปริมาณความต้องการสินค้า เริ่มต้นจากการพยากรณ์ความต้องการสินค้ามันเส้นอบแห้งอยู่ที่ 80 ตันต่อวัน จากนั้นนำค่าความต้องการดังกล่าวมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการออกแบบโรงงานดังนี้

2.1 การคำนวณปริมาณวัตถุดิบและ WIP ในแต่ละขบวนการ

2.1.1 ศึกษาขบวนการผลิตมันเส้นอบแห้ง

ทีมงานผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขบวนการผลิตมันเส้นอบแห้ง พบว่าการทำให้มันเส้นที่ผ่านขบวนการสับเป็นชิ้นเล็กที่เรียกว่ามันเส้นให้แห้งนั้น มีวิธีทำให้มันเส้นแห้งอยู่ 2 วิธี คือ การตากแดดให้แห้งโดยธรรมชาติ และ การทำให้แห้ง โดยผ่านกรรมวิธีทางความร้อน ทีมงานผู้วิจัยเลือกออกแบบโรงงานนี้ด้วยขบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนจากเตาชีวมวล เนื่องจากสามารถผลิตได้โดยไม่ต้องอาศัยการตากแดด สามารถผลิตได้ทุกฤดูกาลหากมีวัตถุดิบ นอกจากนั้นการใช้ความร้อนจากเตาชีวมวล ยังประหยัดต้นทุนการผลิตอีกด้วย ทีมผู้วิจัยได้ใช้ Operation Process Chart (OPC) และ Flow Process Chart (FPC) วิเคราะห์ขบวนการผลิต เนื่องจากเป็นขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง [1] ได้ดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2



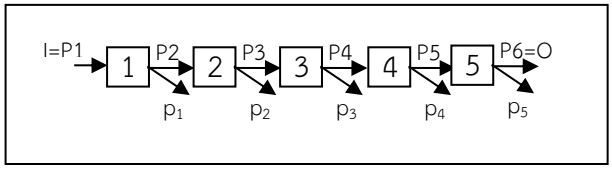
รูปที่ 1. OPC กระบวนการผลิตมันเส้นอบแห้ง

2.1.2 คำนวณวัตถุดิบและ WIP แต่ละขบวนการ วิธีการคำนวณ WIP หรือ วัตถุดิบ ที่ป้อนเข้ามาในแต่ละกระบวนการ จะคำนวณจากขบวนการสุดท้ายย้อนมายังขบวนการเริ่มต้น ก่อนคำนวณนำ OPC มาเขียนให้อยู่ในรูปการไหลของขบวนการผลิตเพื่อให้เข้าใจขั้นตอนการคำนวณง่ายขึ้น ได้ดังรูปที่ 3.

แผนภูมิกระบวนการผลิตมันเส้นอบแห้ง ประเภท คน ☐ วัสดุ ☒ เครื่องจักร ☐				
แผนภูมิหมายเลข 01	สรุป			
ชื่อบริษัท : โรงงานกรณีศึกษา	สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	นำเสนอ	ลดลง
กรรมวิธี : ผลิตมันเส้นอบแห้ง	การปฏิบัติการ ○		6	
ตำแหน่งที่ตั้ง : อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	การเคลื่อนย้าย ⇨		9	
	การรอคอย D		2	
☐วิธีปัจจุบัน ☐วิธีเสนอแนะ	การตรวจสอบ □		1	
ผู้บันทึก : ชัยวัฒน์ วัฒนะกุล	การเก็บรักษา ▽		1	

ระยะทาง	เวลา	สัญลักษณ์	คำอธิบายการทำงาน
		○ ⇨ D □ ▽	รถบรรทุกขนมันสดเข้าลาน
		○ ⇨ D □ ▽	จอดรอคิว
		○ ⇨ D □ ▽	ขนไปที่ตาชั่ง
		○ ⇨ D □ ▽	ตรวจสอบน้ำหนัก
		○ ⇨ D □ ▽	ขนไปที่ลานมัน
		○ ⇨ D □ ▽	เทลงบนลานมัน
		○ ⇨ D □ ▽	ตักขึ้นไปถังพัก
		○ ⇨ D □ ▽	รอล้าง
		○ ⇨ D □ ▽	ลำเลียงไปเครื่องล้าง
		○ ⇨ D □ ▽	ล้างหัวมัน
		○ ⇨ D □ ▽	ลำเลียงไปเครื่องสับ
		○ ⇨ D □ ▽	สับหัวมัน
		○ ⇨ D □ ▽	ลำเลียงไปเครื่องอบ
		○ ⇨ D □ ▽	อบไล่ความชื้น
		○ ⇨ D □ ▽	ลำเลียงไปท่ออบ
		○ ⇨ D □ ▽	อบ
		○ ⇨ D □ ▽	ลำเลียงไปเครื่องเป่าลมเย็น
		○ ⇨ D □ ▽	เป่าลมเย็น
		○ ⇨ D □ ▽	ลำเลียงไปสู่โกดัง
		○ ⇨ D □ ▽	เก็บพักไว้ที่โกดัง

รูปที่ 2. FPC กระบวนการผลิตมันเส้นอบแห้ง



รูปที่ 3. การไหลในกระบวนการผลิตของการผลิตมันเส้น

จากรูปที่ 3 สามารถอธิบายการไหลของกระบวนการ ดังนี้ ที่กระบวนการที่ 1 Input (I) เป็นหัวมันสดจากลานเท เข้าสู่การผลิตในกระบวนการที่ 1 คือการล้าง มีสัดส่วนของเสีย p_1 หัวมันที่ล้างแล้วเป็น Output ของกระบวนการที่ 1 ซึ่งเท่ากับ Input ของกระบวนการที่ 2 และกระบวนการ 2 ถึง 5 สามารถอธิบายได้ทำนองเดียวกัน

การคำนวณหาวัตถุดิบป้อนเข้า และ WIP ของแต่ละกระบวนการ คำนวณได้จากสมการที่ (1) [2]

$$P_j = \frac{D_j}{1-p_j} \qquad (1)$$

เมื่อ P_j คือปริมาณการผลิตสินค้าในกระบวนการ j

D_j คือความต้องการสินค้าในกระบวนการ j

p_j คือสัดส่วนของเสียสินค้าในกระบวนการ j

ตัวอย่างการคำนวณ ทำได้ดังนี้

1) เริ่มคำนวณจากขบวนการผลิตสุดท้าย ซึ่งมีความต้องการมันเส้นอบแห้ง 80 ตัน ต่อวัน จากการวิเคราะห์ขบวนการนี้เป็นขบวนการเป่าลมเย็นน้ำหนักของมันเส้นที่ผ่านการอบแห้งแล้วจึงไม่ลดลง บวนการนี้จึงไม่เกิดของเสียหรือน้ำหนักที่สูญหายไปจากกระบวนการเป่าลมเย็นเป็น 0 สามารถคำนวณอินพุตที่ป้อนเข้ากระบวนการนี้ตามสมการที่ (1) ดังนี้

$$P_5 = \frac{D_5}{1-p_5} = \frac{80 \times 10^3}{1-0} 80{,}000\ kg$$

2) คำนวณหาอินพุตในกระบวนการรองสุดท้าย หรือกระบวนการที่ 4 โดยให้ Output ของกระบวนการนี้เท่ากับ Input ของกระบวนการที่ 5 ($D4 = P5$) และสัดส่วนของเสียของกระบวนการนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลหนักของมันเส้นเมื่อผ่านกระบวนการนี้ จะลดลงไป 40% นำมาแทนค่าในสมการที่ (1) คำนวณได้ดังนี้

$$P_4 = \frac{D_4}{1-p_4} = \frac{80 \times 10^3}{1-0.40} 133{,}334\ kg$$

3) คำนวณทำนองเดียวกันนี้ย้อนไปจนถึงกระบวนการเริ่มต้น ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 1. โดยสัดส่วนของเสียในกระบวนการที่ 1 ซึ่งเป็นการล้าง ทำให้ดินโคลนที่ติดมากับหัวมันรวมถึงเปลือกบางส่วนจะหายไปประมาณ 1% โดยน้ำหนัก ส่วนกระบวนการที่ 3 และ 4 มีของเสียตามกระบวนการผลิตโดยการผลิตมันเส้นน้ำหนักจะหายไป 60% [4] ส่วนกระบวนการที่ 2 และ 5 น้ำหนักไม่สูญเสีย

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณ input และ Output ของแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	P_j (%)	P_j (Kg/day)	P_j (Kg/day)
1. ล้าง	1	168,352	166,668
2. สับ	0	166,668	166,668
3. อบไล่ความชื้น	20	166,668	133,334
4. อบแห้ง	40	133,334	80,000
5. เป่าลมเย็น	0	80,000	80,000

2.2 การคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรแต่ละกระบวนการ

เมื่อทราบค่าปริมาณที่ต้องผลิตในแต่ละกระบวนการแล้ว นำค่าดังกล่าวไปหาจำนวนเครื่องจักรของแต่ละขบวนการ โดยต้องมีข้อมูลเวลาผลิตในแต่ละเครื่องจักรของกระบวนการนั้น ๆ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลดังกล่าวจากการวิเคราะห์ขบวนการผลิตของแต่ละขบวนการ ร่วมกับผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษา และคำนวนหาจำนวนเครื่องจักรจากสมการที่ (2) [2]

$$M = \frac{PT + SN}{60 \times t \times RE} \qquad (2)$$

เมื่อ M คือจนวนเครื่องจักร ในกระบวนการ

P คือปริมาณที่ต้องผลิตในแต่ละขบวนการ

T คือเวลาการผลิตมาตรฐานต่อหน่วยเป็นนาที

S คือเวลในการติดตั้งเป็นนาที ต่อครั้ง ต่อเครื่อง

N คือจนวนครั้งในการติดตั้งต่อวัน

t คือเวลที่มีอยู่ มีหน่วยเป็นชั่วโมง

R คือความเชื่อมั่นว่าเครื่องจักรจะไม่เสียระหว่างผลิต

E คือประสิทธิภาพการทำงาน

ตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนเครื่องจักร ของกระบวนการที่ 1 (การล้าง) เมื่อเครื่องมีกำลังการผลิต ($Cap.$)เท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อนาที และเป็น เครื่องจักรใหม่จึงกำหนดให้ R = 100% ทำงานเต็มประสิทธิภาพจึงกำหนดให้ E=100% ใช้เวลา setup น้อยมาก เปิดสวิตช์ทำงานได้ทันที จึงไม่คิดเวลา setup ทำงานวันละ 2 กะ กะละ 8 ชั่วโมง ดังนั้นคำนวณหาจำนวนเครื่องล้างได้ดังนี้

$$M_1 = \frac{168{,}352\left(\frac{1}{300}\right) + 0}{1 - 0}$$
$$= 0.58 \approx 1 \text{ เครื่อง}$$

ในกระบวนการอื่น ๆ มีวิธีการคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรในทำนองเดียวกัน ซึ่งได้ดังตารางที่ 2.

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	P (กก./วัน)	SN (นาที)	RE	$Cap.$ (กก./นาที)	M (เครื่อง)
1. ล้าง	168,352	0	1	300	0.58=1
2. สับ	166,668	0	1	240	0.72=1
3. อบไล่ความชื้น	166,668	0	1	260	0.67=1
4. อบแห้ง	133,334	0	1	180	0.77=1
5. เป่าลมเย็น	80,000	0	1	120	0.69=1

2.3 การคำนวณหาพื้นที่ของแผนกผลิต

พื้นที่สำหรับผลิตสำหรับแต่ละขบวนการ สามารถหาได้จากขนาดของเครื่อง บวกกับพื้นที่การทำงาน แล้วคูณด้วยจำนวนเครื่องจักรของขบวนการนั้น ผลการคำนวณหาพื้นที่ทั้ง 5 ขบวนการ เป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การคำนวณหาพื้นที่ของแผนกผลิต

แผนกผลิต	ชนิดเครื่องจักร	จำนวน	ขนาดเครื่อง กxย(ม.)	พ.ท.ทำงาน กxย (ม.)	ความสูง (ม.)	พ.ท.รวม
1.แผนกล้าง	1.ฮอปเปอร์	1	3.20x3.0	1x4.	4.0	13.80
	2.เครื่องล้าง	1	9.08x5.6	1x4.	2.3	52.80
2. แผนกสับ	1.เครื่องสับ	1	2.70x1.5	2.5x	2.0	6.55
3. แผนกอบ	1.เตาชีว	2	3.70x2.0	4.08x1	6.0	11.78
	2.เครื่องอบ	1	3.6x11.7	4.6x0.5	6.50	44.42
	3.ท่ออบ	1	3.3x14.8	4.1x0.5	5.56	51.06
4. แผนกเป่าเย็น	1.เครื่องเป่า	1	2.80x11.	3.8x1	180	69.20
พื้นที่รวม						249.6

2.4 การหาพื้นที่จัดเก็บหัวมันสด

การเตรียมพื้นที่สำหรับเทกองหัวมันสดเพื่อเตรียมเข้าสู่ขบวนการผลิต จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องพบว่าพื้นที่ 1 ลูกบาศก์เมตร จัดเก็บหัวมันสดได้เฉลี่ย 700 กิโลกรัม หรือ 0.7 ตัน ดังนั้นสามารถคำนวณพื้นที่เทกองหัวมันสดต่อวันเท่ากับ 241 ลูกบาศก์เมตร หากเทกองสูง 4 เมตรเป็นรูปปิรามิด สามารถหารัศมีของกองมันสดได้จากสมการ (3)

$$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h \qquad (3)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรกองหัวมันสดทรงปิรามิด

r คือ รัศมีของฐานกองหัวมันสด

h คือ คือความสูงของกองหัวมันสด ทรงปิรามิด

หากกองหัวมันสดสูง 4 เมตร แทนค่าในสมการ (3) คำนวณหาขนาดของวงกลมฐานปิรามิดได้ดังนี้

$$241 = \frac{1}{3}\pi r^2(4)$$

$$r = \sqrt{\frac{3\times241}{4\pi}} = 7.6$$ เมตร

นำผลการคำนวณนี้ ไปคิดเป็นลานเทพื้นที่ เท่ากับ 231.04 ตารางเมตร

2.5 การหาพื้นที่คลังจัดเก็บมันเส้น

พื้นที่ 1 ลูกบาศก์เมตร จัดเก็บมันเส้นอบแห้งได้เฉลี่ย 550 กิโลกรัม หรือ 0.55 ตัน ดังนั้นสามารถคำนวณพื้นที่เทกองมันเส้นอบแห้งต่อวันเท่ากับ 146 ลูกบาศก์เมตร หากเทกองสูง 4 เมตรเป็นรูปปิรามิด สามารถหารัศมีของกองมันสดได้จากสมการ (3) เช่นเดียวกัน ซึ่งได้พื้นที่สี่เหลี่ยมเฉลี่ย 6.0 x 6.0 = 36.00 ตารางเมตร

2.6 การหาพื้นที่แผนกสนับสนุนการผลิต

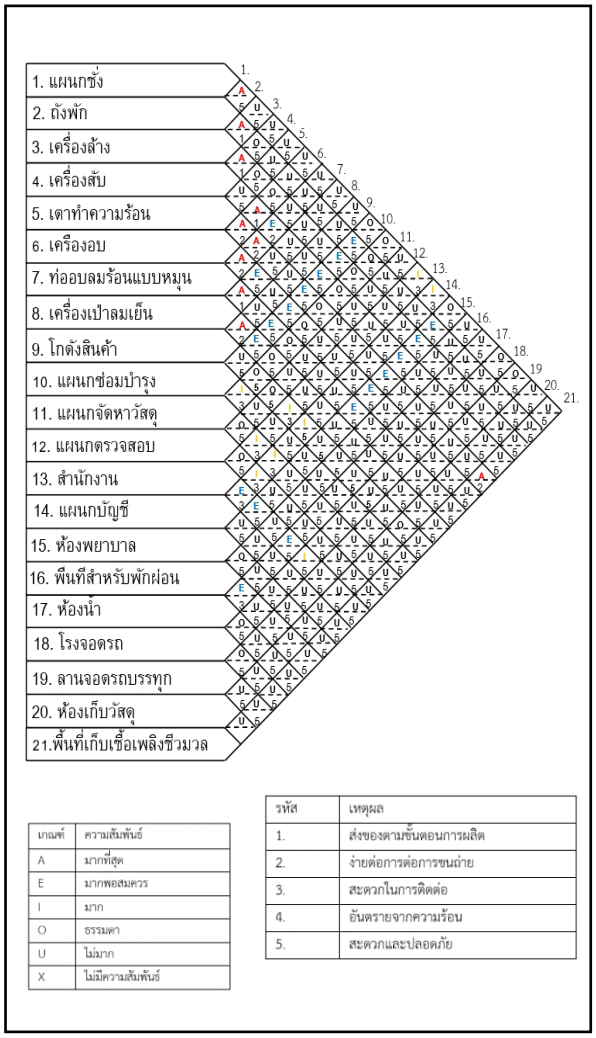
ขนาดพื้นที่แผนกสนับสนุนการผลิต ส่วนใหญ่ใช้จำนวนพนักงานในแผนกนั้น ๆ มาเปรียบเทียบหาพื้นที่ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พื้นที่ของแผนกสนับสนุนการผลิต

กิจกรรม	พื้นที่ (ม^2)
1.โกดังสินค้า	**36**
2. สำนักงาน	**374**
2.1 ห้องผู้บริหาร	23
2.2 ห้องประชุม	48
2.3 แผนกบัญชี	58
2.4 ห้องน้ำ	55
3. ตาชั่ง	**70**
4. แผนกซ่อมบำรุง	**84**
5. ห้องเก็บเครื่องมือ	**100**
6. แผนกจัดหาวัสดุ	**162**
7. แผนกตรวจสอบคุณภาพ	**40**
8. ห้องพยาบาล	**70**
9. ลานสำหรับพักผ่อน	**150.4**
9.1 โรงอาหาร	100
9.2 ห้องน้ำ	50.4
10. โรงจอดรถ	**136.5**
11. ลานจอดรถบรรทุก	**640**
12. พื้นที่เก็บเชื้อเพลิงชีวะมวล	**42**
13. พื้นที่จัดเตรียมวัตถุดิบ	**132**
พื้นที่รวม	**2,036.90**

2.7 การหาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแผนก

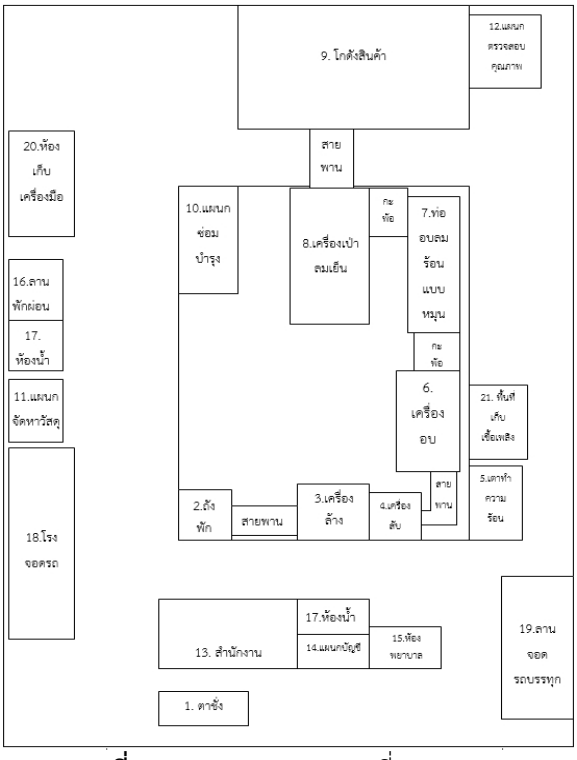
ใช้ Relationship Diagram (REL Chart) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแผนกต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การวางผังโรงงาน [3] ได้ดังรูปที่ 4



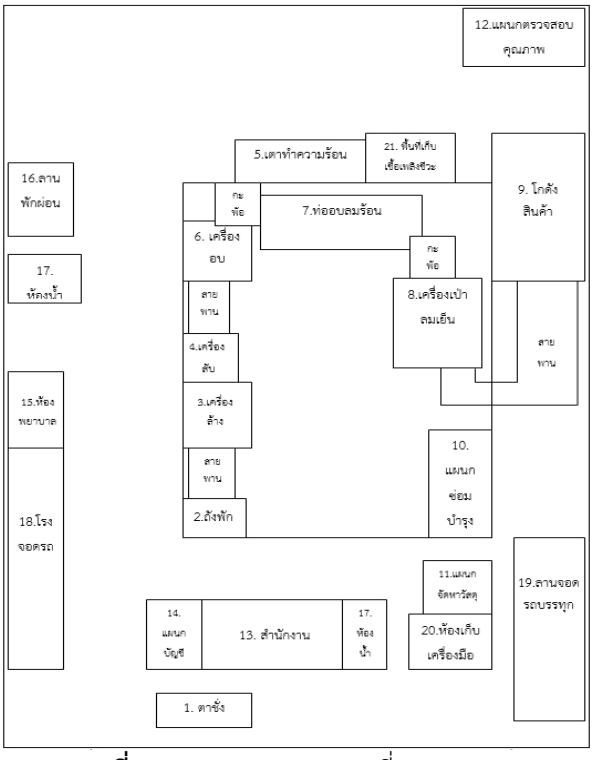
รูปที่ 4 REL Chart วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผน

2.8 การออกแบบ Block Layout

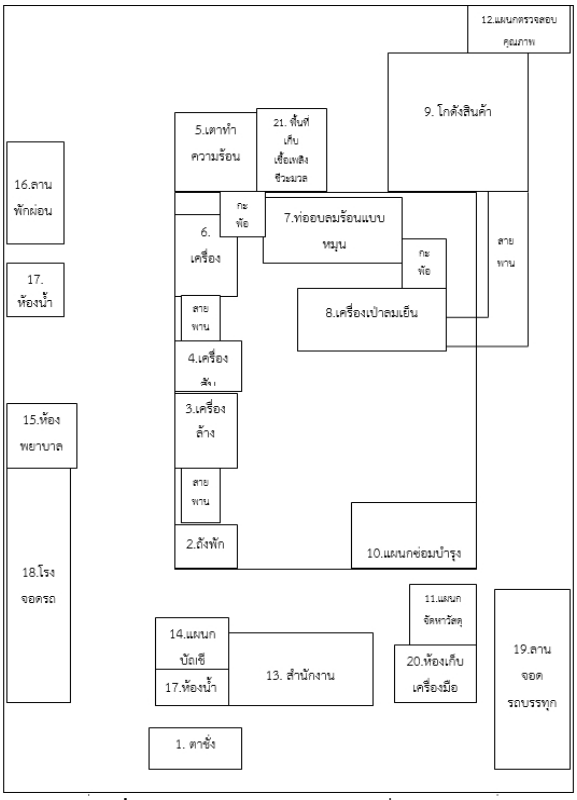
นำความสัมพันธ์ที่ได้จาก REL Chart ในรูปที่ 4 ไปจัดทำผังแบบคร่าว ๆ (Block Layout) มา 3 Block เพื่อนำมาเปรียบเทียบและประเมินเลือก Block ที่ดีที่สุด [2] ดังรูปที่ 5, 6 และ 7



รูปที่ 5 Block Layout แบบที่ 1



รูปที่ 7 Block Layout แบบที่ 3



รูปที่ 6 Block Layout แบบที่ 2

2.9 ประเมินเลือก Block Layout

ทำการประเมินเพื่อเลือก Block Layout ด้วยวิธีการประเมินเชิงปริมาณ และ ประเมินเชิงคุณภาพ นำคะแนนประเมินมารวมกัน มีวิธีประเมินดังนี้

1) ประเมินเชิงปริมาณโดยการประเมินจากระยะทางการไหลของวัสดุ ทั้ง 3 ผังได้ 21.70, 27.07 และ 39.82 เมตร ตามลำดับ
2) ประเมินเชิงคุณภาพ ด้วยวิธีให้คะแนนข้อดีข้อเสียและวิเคราะห์องค์ประกอบโดยให้พนักงานโรงงานตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง ทำการประเมิน ทั้ง 3 ผังได้คะแนน 175, 146 และ 111 คะแนน ตามลำดับ
3) รวมคะแนนตามวิธีวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ [3]

ผลปรากฏว่า Block Layout ที่ 1 ได้คะแนนสูงสุด นำไปวางผังละเอียดได้ดัง รูปที่ 8



รูปที่ 8 ผังโรงงานที่ถูกประเมินเลือก

3. ผลการดำเนินงาน

การออกแบบโรงงาน กรณีศึกษาโรงงานมันเส้นอบแห้งนี้ ใช้หลักการออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning) ได้ผลดังนี้

1) โรงงานมันเส้นอบแห้งแบบใช้เตาชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานความร้อน
2) ใช้ผังโรงงานชนิด Product Layout มีกระบวน การผลิต 5 กระบวนการ คือ ล้าง สับ อบไล่ความชื้น อบแห้ง และเป่าลมเย็น ตามลำดับ มีพื้นที่ 249.61 ม^2
3) มีแผนกสนับสนุนการผลิต 13 แผนกมีพื้นที่ 2,037 ม^2
4) ใช้สายพานลำเลียง และกระพ้อลำเลียง เป็นอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิต

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การออกแบบและวางผังโรงงานตามปริมาณความต้องการสินค้านี้ เป็นการออกแบบขนาดของโรงงานและกำลังการผลิตให้ตอบสนองความต้องการที่ 80 ตันต่อวัน สรุปผลการวิจัยได้ว่า ผังโรงงานและกระบวนการผลิตที่ออกแบบสามารถผลิตมันเส้นอบแห้งได้ 80 ตันต่อวัน เครื่องจักรในขบวนการผลิตทุกขบวนการมีกำลังการผลิตเหลือเผื่อขยายกำลังการผลิตในอนาคต อย่างไรก็ตามผังโรงงานที่ได้นี้ยังอยู่ในขั้นตอนการเตรียมนำไปใช้งานจริง จึงอาจเกิดปัญหาที่ไม่คาดคิดเมื่อนำไปใช้จริงได้ ดังนั้นการนำไปใช้จริงจึงต้องปฏิบัติตามแผนอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ออกแบบกำลังการผลิตเผื่อไว้ในทุกขบวนการผลิตแล้ว ดังจะเห็นได้จากผลการคำนวณในตารางที่ 2 จะเห็นว่า เครื่องล้างคำนวณได้ 0.58 เครื่อง แต่ต้องใช้เครื่องจำนวนเต็ม คือ 1 เครื่อง ซึ่งหมายความว่าเครื่องล้างใช้กำลังการผลิตไป 58 % ยังเหลือกำลังการผลิตว่างเปล่าอีก 42 % และหากพิจารณากระบวนการที่มีกำลังการผลิตสูงสุด คือ กระบวนการอบแห้งในท่อลมร้อนใช้ไป 77 % ดังนั้นทั้งกระบวนการผลิตมันเส้นอบแห้งของโรงงานกรณีศึกษานี้ มีกำลังการผลิตเหลือ 33 %

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณกฤษฎา อินธนพิทักษ์ ที่ปรึกษาโรงงานกรณีศึกษามันเส้นอบแห้ง ที่สนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการเข้าศึกษาข้อมูลในพื้นที่เตรียมก่อสร้างโรงงาน เพื่อการทำงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วันชัย ริจิรวนิช, 2541. **การออกแบบผังโรงงาน**. กรุงเทพ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์. 2552. **การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต**. กรุงเทพ : บริษัทไอกรุ๊ปเพรส จำกัด.

[3] สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2550. **การวางผังโรงงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพ . สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[4] พิเชษฐ ตั้งสุณาวรรณ 2554“**อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง”.** วารสารธุรกิจอาหารสัตว์หมวดงานวิจัย. E21-Agro-industry

[5] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2558 **“มันสำปะหลัง”.** ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร : http:// http://www.oae.go.th

การออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

Design and construction of photocatalytic photovoltaic reactors For ammonia gas treatment

จักรกฤษณ์ นิยม, ธวัชชัย ลุนไชยา, สรจักษ์ มั่นคง, ปัญญา วินทะไชย, วิเชียร แสงอรุณ,

คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่อยู่ 150 ถนน ศรีจันทร์ ตาบลในเมือง อาเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000
E-mail : Jakkrit.niyom@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 098-2516998

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้สารแอมโมเนียในอุสาหกรรมแปรรูปยางพาราและอุสาหกรรมอาหารแช่แข็งซึ่งในกระบวนการผลิตยางพาราแปรรูปและอาหารแช่แข็งจะทำให้เกิดไอระเหยของแอมโมเนียออกมาซึ่งส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของพนักงานในโรงงาน ชุมชนรอบข้างและปัญหาสิ่งแวดล้อม ดังนั้นทางผู้จัดทำนี้มุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์และหาทางแก้ไขปัญหา

การดำเนินการศึกษาปัญหาและหลักการเบื้องต้นของออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียจากการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสาหรับการบำบัดแก๊สแอมโมเนียในอุสาหกรรมแปรรูปยางพาราและอุสาหกรรมอาหารแช่แข็งโดยการนำเอาหลักการของกระบวนการโฟโตคะตะไลติกจะเป็นการเป็นการเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งสามารถท้าหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้โดยกระตุ้นด้วยแสง ซึ่งกระบวนการโฟโตคะตะไลติกเป็นการทำให้สารพิษสลายตัวไปโดยแอมโมเนียจะแตกตัวออกเป็น ไนโตรเจนและไฮโดรเจน ด้วยสาเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงมีแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียขึ้นมาเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

ผลการดำเนินงาน การหาประสิทธิภาพของเครื่องเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย ที่สร้างขึ้นจากการทดลองวัสดุตัวกลางที่เป็นหลอดแก้ว สามารถบำบัดแก๊สแอมโมเนียที่ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถบำบัดแอมโมเนียได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 4 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 99.58 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 5 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 99.42 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียมีประสิทธิภาพในการบำบัดแก๊สแอมโมเนียได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

Abstract

This thesis aims to design and construct photocatalytic reactor for ammonia gas treatment and to determine the efficiency of photocatalytic reactor for ammonia gas treatment. Because of problems with the use of ammonia in rubber processing and frozen food processing industries, the process of producing processed rubber and frozen food will cause the evaporation of ammonia, which affects the health of the employees. factory Surrounding communities and environmental issues Therefore, the authors focus on analyzing and solving problems.

Action due to problems and Principles of Photocatalytic Reactor Design for Photovoltaic Ammonia Solution Based on Optimal Ammonia Gas Treatment in Rubber Processing and Frozen Food Industry By applying the photocatalytic process, the catalyst is used as a catalyst by the use of titanium dioxide. It can be catalyzed by light. The photocatalytic process causes the toxin to decompose by ammonia. Nitrogen and hydrogen. For this reason, the team has developed a method to design and construct photocatalytic reactors for the treatment of ammonia gas. To treat ammonia gas

Performance Finding the efficiency of photocatalytic reactors for ammonia gas treatment. Made of glass tubes Ammonia gas treatment at ammonia concentration of 1 to 3 percent, ammonia treatment of 100 percent, ammonia concentration of 4 percent, ammonia treatment of 99.58 percent, ammonia concentration of 5 percent, ammonia treatment of 99.42 percent. Catalyst for ammonia gas treatment is effective in gas treatment. Mimania has more than 90 percent of which is based on the assumption set.

Keywords: Ammonia gas treatment

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมเคมีประเภทต่างๆ ที่ทำลายสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในหลายกระบวนการของอุตสาหกรรมเหล่านี้มีการใช้สารระเหยง่าย เช่นสารแอมโมเนีย มีฤทธิ์กัดกร่อน นอกจากนี้กลิ่นไม่พึงประสงค์ในโรงงาน เช่นโรงอาหารแช่แข็งหรือในสายการผลิตต่างๆ ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจและปอดซึ่งปัจจุบันมีเพียงการระบายอากาศทางปล่องควัน โดยไม่มีการบำบัด ทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและทางสุขภาพ มีผลกระทบต่อ คน สัตว์ พืช รวมไปถึงแหล่งน้ำต่างๆที่อยู่รอบข้าง เป็นสาเหตุการเสียชีวิตของสิ่งมีชีวิตได้ ทำให้เกิดผลเสียต่อสภาพภูมิอากาศและนอกจากนี้เมื่อแอมโมเนียถูกเผาไหม้จะเกิดเป็นสารกลุ่มน็อกซ์ ที่เป็นสาเหตุหนึ่งในการทำลายชั้นโอโซนของบรรยากาศให้เกิดปัญหาโลกร้อน สิ่งเหล่านี้เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

การศึกษาวิจัยเนื้อหาแนวทางบำบัดแอมโมเนียจากอากาศเสียได้มีขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยมีงานวิจัยใหม่ๆที่มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆเทคโนโลยีการบำบัดมีหลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับสมบัติของสารมลพิษที่ต้องการบำบัด ซึ่งในการบำบัดแก๊สแอมโมเนียนี้มีทั้งกระบวนการทางเคมี กระบวนการทางชีวภาพ เวลาที่ใช้ในการบำบัดที่นาน อีกทั้งยังต้องใช้แรงงานคนในกรรมวิธีเหล่านี้อีกด้วย ทางคณะผู้จัดทำจึงได้มีแนวคิดออกแบบเครื่องปฏิกรณ์

โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียเพื่อเข้ามาช่วยในปัญหาเหล่านี้ โดยการใช้หลักการ โฟโตคะตาลิสต์ โดยใช้ผงไทเทเนียมไดออกไซด์เคลือบหลอดแก้วและลูกแก้ว ที่อยู่ในหลอดอะคริลิก ใช้หลอดไฟที่ให้แสงยูวีทำการบำบัดแอมโมเนียที่ปนเปื้อนในอากาศโดยมีอุปกรณ์ทดลองที่มีหลอดไฟให้แสงยูวี ทำการศึกษาผลของตัวแปร 3 ชนิด คือ ความเข้มแสง อัตราการไหลของอากาศเสีย และปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ใช้หาภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง และได้แบบจำลองสำหรับบำบัดแอมโมเนียในอากาศเสีย จากประสิทธิภาพของระบบด้วยภาวะที่เหมาะสมนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาไปสู่การบำบัดอากาศเสียที่ปนเปื้อนแอมโมเนียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากการใช้แอมโมเนียในอุตสาหกรรมต่างๆนั้น ซึ่งเมื่อโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้บางโรงงานมีการปล่อยอากาศเสียออกมาโดยไม่ได้รับการบำบัด ซึ่งแอมโมเนียจัดเป็นก๊าซพิษชนิดหนึ่ง ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุนรุนแรง ข้อเสียก็คือก๊าซแอมโมเนียจัดเป็นแก๊สมลพิษที่มีบทบาทสำคัญในการเร่งปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) ของระบบนิเวศน์ โดยที่ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นคือปรากฏการณ์ที่ทำให้พืชจำพวกสาหร่ายและวัชพืชเจริญเติบโตมากกว่าปกติจากการที่แหล่งน้ำได้รับธาตุอาหารจำพวกไนเตรสและฟอสเฟตมากเกินไป พืชเหล่านั้นจะปกคลุมผิวน้ำ ทำให้น้ำขาดออกซิเจนและในที่สุดทำให้น้ำเน่าเสีย และยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์หรือสิ่งมีชีวิตต่างๆได้สูดดมเอาแก๊สแอมโมเนียเข้าไป นอกจากก๊าซชนิดนี้จะสามารถทำลายระบบนิเวศน์ได้แล้วยังเป็นจัดเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์หากสัมผัสกับก๊าซชนิดนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ เป็นเวลานาน ซึ่งระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

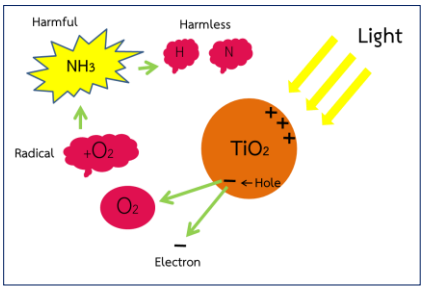
ระดับความเข้มข้น		ผลกระทบต่อร่างกาย	ระยะเวลาที่สัมผัส
ppm (v/v)	mg/m^3		
25	17.5	คนส่วนใหญ่เริ่มได้กลิ่น	ทนได้มากสุด 8 ชั่วโมง
100	70	ไม่ส่งผลกระทบร้ายแรงต่อร่างกาย ระคายเคืองเล็กน้อย	ไม่อนุญาตให้สัมผัสเป็นเวลานาน
400	280	ระคายเคืองจมูกและลำคอ	30 นาที - 1 ชั่วโมง
700	490	ระคายเคืองดวงตา	30 นาที - 1 ชั่วโมง
1700	1900	เกิดอาการชัก และระคายเคืองตาจมูกและคออย่างรุนแรง	อาจจะเสียชีวิตถ้าได้รับเกิน 30 นาที
2000 ถึง 5000	1400 ถึง 3500	ระคายเคืองคอ ปวดแสบที่ ลำคออย่างรุนแรง	อาจจ เสียชีวิต ถ้าได้รับเกิน 15 นาที
5000 ถึง 10000	3500 ถึง 7000	เกิดการชักกระตุกของกล้ามเนื้อและระบบหายใจทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนอย่างรวดเร็ว	อาจจะเสียชีวิตภายใน 2-3 นาที

2.2 กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหา

จากปัญหาที่พบ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้มีแนวคิดที่จะทำการปรับปรุงแก้ไข โดยวิธีการบำบัดแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งในการบำบัดแก๊สแอมโมเนียนี้มีทั้งกระบวนการทางเคมี กระบวนการทางชีววิทยา กระบวนการทางกายภาพและกระบวนการโฟโตคะตะไลติก จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น กระบวนการทางเคมีเป็นการบำบัดที่ใช้ต้นทุนสูง จึงได้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา จึงได้ข้อสรุปว่าจะเลือกใช้กระบวนการโฟโตคะตะไลติก ซึ่งหลักการเกิดปรากฏการณ์โฟโตคะตะไลติกเมื่อวัสดุโฟโตคะตะไลติกถูกกระตุ้นด้วยแสงจะดูดซับพลังงานเท่ากับหรือมากกว่า

แถบช่องว่างพลังงานทำให้อิเล็กตรอนในแถบวาเลนซ์ถูกกระตุ้นและจะกระโดดขึ้นไปอยู่ในแถบการนำทำให้แถบวาเลนซ์เกิดหลุมประจุบวกขึ้น จากนั้นเมื่อเคลื่อนที่ไปกระทบกับแก๊สแอมโมเนียจะทำให้แก๊สแอมโมเนียแตกตัวกลายเป็นแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สไนโตรเจนซึ่งเป็นแก๊สที่ไม่มีพิษ ดังรูปข้างล่าง

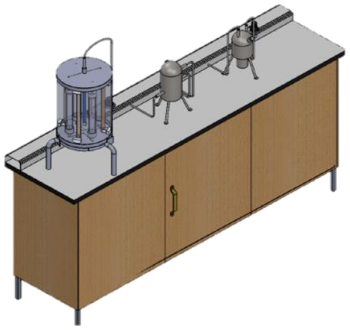
ด้วยสาเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงมีแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียขึ้นมาเป็นเครื่องต้นแบบ เพื่อบำบัดแก๊สแอมโมเนียในอากาศ



รูปที่ 1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก

2.3 ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

จากข้อมูลการใช้สารแอมโมเนียในอุสาหกรรมต่างๆ จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย โดยทำการออกแบบโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย อีกทั้งระบบการทำงานเพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมสำหรับการใช้



รูปที่ 2 แสดงการออกแบบชุดการทดลองเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

2.4 ประเมินหาประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

การทดสอบเพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย หลังจากทำการทดสอบและตรวจสอบกระบวนกาทำงานของเครื่องเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1 การทดสอบประสิทธิภาพมีข้อกำหนดดังนี้

1.1) ทำการประเมินโดยมีส่วนผสมของแอมโมเนียที่ผสมกับน้ำโดยมีอัตราส่วนความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 1 เปอร์เซ็นต์ ไปจนถึงร้อยละ 10 เปอร์เซ็นต์

1.2) ทำการประเมินผลการบำบัดของวัสดุตัวกลาง 2 ชนิดคือหลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร และลูกแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร

1.3) ทำการประเมินโดยมีอัตราการไหลของอากาศ ที่ 0.2 เมตรต่อวินาที
ซึ่งเป็นความเร็วลมที่ต่ำที่สุด จะทำให้การบำบัดมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.4) มีความเข้มของแสงไฟจากหลอดยูวี 650 ลักซ์

2 ขั้นตอนในการทดสอบ

2.1) นำแอมโมเนียและน้ำใส่ลงไปในถังแอมโมเนียในในอัตราส่วนที่กำหนด

2.2) ทำการเตรียมสารเพื่อทำการไทเทรต แล้วนำท่ออากาศจุ่มลงไปในน้ำ

2.3) ทำการเปิดหลอดไฟยูวีและตัวทำความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศา

2.4) เปิดปั๊มลมและปรับอัตราการไหลของอากาศตามที่กำหนดไว้

2.5) จับเวลาการบำบัดแต่ละครั้ง

2.6) ตรวจสอบความเรียบร้อยแล้วนำน้ำไปทำการไทเทรต

2.7) เก็บรวบรวมข้อมูลลงในตารางการทดลอง

3. ผลการวิจัย

จากการเก็บผลการทดลองของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย จะเห็นว่า ในการบำบัดแก๊สแอมโมเนียที่มีวัสดุตัวกลางทั้ง 2 ชนิดนั้น มีความแตกต่างกันในส่วนของเวลาที่สามารถบำบัดได้ ซึ่งวัสดุตัวกลางที่เป็นลูกแก้วจะสามารถบำบัดได้ในเวลาที่มากกว่าจากนั้นก็จะนำมาประเมินหาประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียดังที่แสดงที่ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ตารางการทดสอบเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียที่มีลูกแก้วเป็นวัสดุตัวกลาง (ใช้เวลาในการทดลองครั้งละ 30 นาที)

ปริมาณแอมโมเนีย (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาเปลี่ยนสีของสารละลายหลังบำบัด(นาที)
1	99	ไม่เปลี่ยนสี
2	98	ไม่เปลี่ยนสี
3	97	ไม่เปลี่ยนสี
4	96	27
5	95	25
6	94	23
7	93	21
8	92	20
9	91	18
10	90	17

ตารางที่ 3 ตารางการทดสอบเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียที่มีหลอดแก้วเป็นวัสดุตัวกลาง (ใช้เวลาในการทดลองครั้งละ 30 นาที)

ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย (ร้อยละ)	ระยะเวลาการบำบัดแก๊สแอมโมเนียของวัสดุตัวกลาง (30 นาที)		ประสิทธิภาพการบำบัดของวัสดุตัวกลาง (ร้อยละ)	
	ลูกแก้ว	หลอดแก้ว	ลูกแก้ว	หลอดแก้ว
1	30	30	100	100
2	30	30	100	100
3	30	25	100	99.61
4	27	24	99.82	99.58
5	25	22	99.71	99.42
6	23	21	99.6	99.34
7	21	19	99.43	99.3
8	20	18	99.15	98.91
9	18	16	98.8	98.66
10	17	15	98.7	98.37

4. สรุปผล

จากการดำเนินโครงการสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียซึ่งได้มีการดำเนินตามแผน และได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย ดังนี้

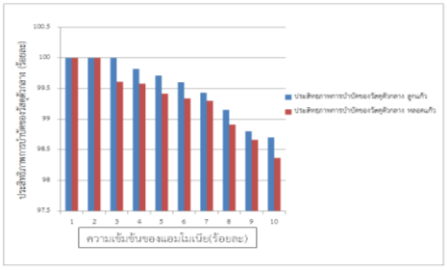
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

จากการทดสอบและเก็บข้อมูลการบำบัดแก๊สแอมโมเนีย แสดงดังตารางที่ 3.5และตารางที่ 3.6 ในการทดลองบำบัดแก๊สแอมโมเนียโดยใช้วัสดุตัวกลางที่เป็นลูกแก้วและวัสดุตัวกลางที่เป็นลูกแก้วสามรถบำบัดแก๊สแอมโมเนียได้ แสดงดังตารางที่ 4

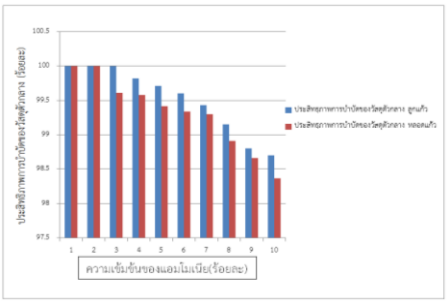
ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางที่เป็นลูกแก้วและวัสดุตัวกลางที่เป็นหลอดแก้วในการบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

ปริมาณแอมโมเนีย (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาเปลี่ยนสีของสารละลายหลังบำบัด (นาที)
1	99	ไม่เปลี่ยนสี
2	98	ไม่เปลี่ยนสี
3	97	25
4	96	24
5	95	22
6	94	21
7	93	19
8	92	18
9	91	16
10	90	15

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางที่เป็นลูกแก้วและวัสดุตัวกลางที่เป็นหลอดแก้วในการบำบัดแก๊สแอมโมเนีย ประสิทธิภาพการบำบัดแก๊สแอมโมเนียของวัสดุตัวกลางทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพการบำบัดแก๊สแอมโมเนียที่ใกล้เคียงกันหรือแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่วัสดุคัวกลางที่เป็นลูกแก้วจะให้ประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีกว่าโดยสังเกตจากระยะเวลาที่ทำการบำบัดที่ยาวนานกว่าวัสดุตัวกลางที่เป็นหลอดแก้ว ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดแก๊สแอมโมเนีย เป็นไปตามสมมติฐานมี่ตั้งไว้ คือ สามารถบำบัดแก๊สแอมโมเนีย ได้มากว่าร้อยละ 90



รูปที่ 4 แสดงแผนภูมิการเปรียบเทียบระยะเวลาการบำบัดแก๊สแอมโมเนียของวัสดุตัวกลางที่เป็นลูกแก้วและวัสดุตัวกลางที่เป็นหลอดแก้ว



รูปที่ 5 แสดงแผนภูมิการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดแก๊สแอมโมเนียของวัสดุตัวกลางเป็นลูกแก้วและวัสดุตัวกลางที่เป็นหลอดแก้ว

5. อภิปรายผล

ทางคณะผู้ดำเนินโครงการได้ทำการสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียเสร็จแล้วจึงทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องที่สร้างขึ้น สามารถบำบัดแก๊สแอมโมเนียได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

5.1 ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

สามารถใช้งานได้ตามที่วางแผนไว้โดยในการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียใช้หลอดไฟยูวีขนาด 8W จำนวน 5 หลอด มีความเข้มแสง 650 ลักซ์ มีปั๊มลมขนาด 30 ลิตร/นาที วาล์วปรับอัตราการไหลแบบกันกลับ 3 ตัว และใช้ฮิตเตอร์ขนาด ไดมิเตอร์60x50 มิลลิเมตร 220 โวลต์ 380 วัตต์

5.2 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

โดยการนำแอมโมเนียผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่กำหนดตารางที่ (2) และ (3) โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียก่อนเข้าและความเข้มข้นของแอมโมเนียหลังการบำบัด โดยใช้เวลาในการบำบัดแต่ละครั้ง 30 นาที ผลการบำบัดที่ดีที่สุดคือวัสดุตัวกลางที่เป็นลูกแก้วโดยที่ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1

ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถบำบัดแอมโมเนียได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 4 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 99.58 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 5 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 99.42 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 6 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 99.34 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 7 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 99.30 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 8 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 98.91 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 9 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 98.66 เปอร์เซ็นต์และความเข้มข้นของแอมโมเนีย 10 เปอร์เซ็นต์ บำบัดแอมโมเนียได้ 98.37 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียมีประสิทธิภาพในการบำบัดแก๊สแอมโมเนียได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

5.3ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการทดลองเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย ควรมีการดูแลรักษาชิ้นส่วนและอุปกรณ์ให้ดีโดยเฉพาะส่วนของถังบรรจุแอมโมเนีย เพื่อไม่ให้เกิดสารเคมีตกค้างและเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องที่สุด

5.3.2 ในการทดลองเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนียควรมีการตรวจสอบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องและมีการใส่อุปกรณ์ป้องกันทุกครั้งเพื่อป้องการแอมโมเนียเข้าจมูกและดวงตา

5.3.3 เครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกสำหรับบำบัดแก๊สแอมโมเนีย สามารถบำบัดแก๊สแอมโมเนียได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยขึ้นอยู่กับเวลา ในการออกแบบครั้งต่อไปควรมีการคำนวณความสัมพันธ์ของความเร็วลม ความกว้างและความยาวของหลอดอะคริลิกเพื่อที่จะได้ประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีขึ้น และสามารถบัดบัดแก๊สแอมโมเนียได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่เป็นเวลา

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.วิเชียร แสงอรุณ และอาจารย์ปัญญา วินทะไชย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนา ถ่ายทอดความรู้และคำชี้แนะ ตลอดจนควบคุมการจัดทำโครงงานจนประสบความสำเร็จได้ดี ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์อรรถสิทธิ์ เคลือคำ อาจารย์ปรเมศวร์ เบ้าวรรณ และอาจารย์บุญกิจ อุ่นพิกุล ซึ่งเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาถ่ายถอดความรู้และให้คำชี้แนะ ตลอดระยะเวลาในการจัดทำโครงการ รวมทั้งบุคคลที่ไม่สามารถกล่าวถึงได้ในที่นี้ คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์บุญกิจ อุ่นพิกุล อาจารย์ประจาวิชาโครงการ ที่กรุณาให้คำแนะนาและให้คำปรึกษา ตลอดจนช่วยตรวจการแก้ไขจนกระทั่งโครงการสำเร็จลงด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนาและอานวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา คณะผู้จัดทำโครงการ

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ความอุปการะเลี้ยงดู อีกทั้งส่งเสริมให้มีการศึกษาและสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษา

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนในด้านงบประมาณในการดาเนินโครงการ ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรโปรแกรมวิชาช่างกลโรงงานทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร รวมทั้งบุคคลที่ปรากฏตามรายการอ้างอิงที่คณะผู้จัดทำโครงการใช้อ้างอิง และขอบคุณเพื่อนๆสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่เป็นกาลังใจให้อย่างดี ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้กาลังใจในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณทุกๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวใน ณ ที่นี้

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทาโครงการขอมอบเป็นกตัญญูตาบูชาแด่ บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ธีรชัย เจ้าสกุล. 2546. การเขียนแบบเทคนิคเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[2] มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2549. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ: ส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

[3] อนันต์ชัย เชื่อนธรรม. 2549. วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: ศูนย์ผลิตตำราเรียน

[4] บรรเลง ศรนิล และ สมนึก วัฒนศรียกุล. ตารางคู่มืองานโลหะ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549

[5] ศักดิ์นรา สุวรรณบำรุง, 2552. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์.

[6] วันชัย ริจิรวนิช, ชอุ่ม พลอยมีค่า, 2539. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ

Design and build Semi-automatic silk thread twitting and spinning machine

เกียรติศักดิ์ เล้าชัยภูมิ*, จตุรงค์ ไวยาวัจกร, ธนนนท์ นาวะรัตนกุล,
ปัญญา วินทะไชย, วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี, วทัญญู เนตรสง่า, อภิกดิ์ หาญพิชาญชัย,

คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่อยู่ 150 ถนน ศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000
ผู้ติดต่อ: E-mail Kiadtisak060537@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 098-610-7796

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาปัญหาและหลักการเบื้องต้นของออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติจากการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวไหมของกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดขอนแก่น

การดำเนินการเนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับจำนวนเกลียวของเส้นไหมไม่สม่ำเสมอดังนั้นทางผู้จัดทำนี้มุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์และหาทางแก้ไขปัญหาด้วยจำนวนเกลียวตัวแปรในการตีเกลียวที่เหมาะสมคือ230–250เกลียวต่อเมตรส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการทอผ้าสูงขึ้นโดยการหาค่าความแตกต่างของและระยะการดึงเส้นไหมสำหรับการใช้ทดสอบ 50 เมตรทำการสร้างเครื่องตีเกลียวเส้นไหมทำให้สามารถพัฒนาเครื่องตีเกลียวเส้นไหมให้มีความแข็งแรงลักษณะการทำงานสามารถลดความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานและเพิ่มผลผลิตเนื่องจากในการตีเกลียวหนึ่งครั้งจะได้เส้นด้ายที่ตีเกลียวครั้งละ 2 หลอด

ผลของการดำเนินงานพบว่าจากการทดสอบและเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบทางสถิติวิเคราะห์หาความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหมที่ 1087 รอบต่อนาที ซึ่งมีจำนวนเกลียวเฉลี่ยอยู่ที่ 242.6เกลียวต่อเมตรและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.39%เป็นตัวแปร

Abstract

The research. The purpose is to design and create a silk spinning machine and a semi-automatic silk thread. And find the performance of silk spinning machine and semi-automatic silk. Operation started from problem study. Principles and principles of silk spinning and semi-automatic silk spinning. The study of uitable variables for silk spinning of Khon Kaen Hand-made Silk Group

Action due to problems with the spiral number of irregular silk. Therefore, the authors focus on analyzing and finding solutions with a number of threads. Optimal twisting parameters are 230-250 spiral per meter, resulting in higher overall fabrication efficiency. Determination of the difference and stretching of the silk for the 50 meter test. Silk twist machine can be used to develop silk twist

machine. Performance can reduce worker fatigue and increase productivity. In the case of twisting, one thread will be twisted at a time.

The results of the operation were found. From testing and archiving For statistical tests, the velocity of the twist was 1087 rpm, which had an average of 242.6 spiral per meter and a standard deviation of 6.39%

Keywords: Machine Twist Silk

1. บทนำ

ผ้าไหมเป็นหนึ่งในสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทผ้าและเครื่องแต่งกายที่มีอยู่คู่คนไทยมาช้านาน โดยการแต่งกายด้วยผ้าไหมถือว่าเป็นมรดกทางวัฒนธรรมของชาวไทยที่สืบทอดกันมาช้านาน โดยเชื่อว่ามีจุดเริ่มต้นจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากนั้นได้ขยายไปยังภาคเหนือของประเทศไทย ปัจจุบันผ้าไหมไทยได้กระจายไปยังภาคต่างๆของประเทศไทย สำหรับประเทศไทยผ้าไหมเป็นสิ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจที่สามารถช่วยสร้างอาชีพและรายได้ให้แก่ประชาชนในท้องถิ่นต่างๆได้ จากความสำคัญในด้านต่างๆที่ได้กล่าวมา และความสวยงามที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของผ้าไหมจึงเป็นสิ่งที่ชาวไทยควรรักษาไว้ให้อยู่กับชาวไทยไปช้านาน (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2559: ออนไลน์)

ขั้นตอนการตีเกลียวไหมและกรอไหมเส้นพุ่งด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า ไน ที่เป็นเครื่องมือในการเก็บไหมใส่หลอด เพื่อนำไปใส่กระสวย ส่วนที่เป็นหลักจะจับยึดกับแกนหมุนที่สามารถใช้มือในการหมุนทำงาน อีกด้านเป็นเหล็กแหลมสำหรับใส่หลอดหมุนเก็บไหมใส่หลอด ซึ่งในขั้นตอนการตีเกลียวไหมและกรอไหมเส้นพุ่งแต่ละครั้งจะต้องใช้ประสบการณ์และความชำนาญของผู้ตีเกลียวไหมและกรอไหม การตีเกลียวไหมและกรอไหมให้มีคุณภาพเป็นเรื่องที่สำคัญ หากตีเกลียวไหมและกรอไหมด้วยความเร็วมากจะทำให้เส้นไหมขาด และหากมีความเร็วที่ไม่สม่ำเสมอก็จะทำให้เส้นไหมนั้นมีเกลียวไหมที่ไม่สม่ำเสมอกันและการกรอไหมก็จะทำให้ไม่จัดเรียงตัวกันเป็นลำดับและไม่แน่นเมื่อกรอไหมใส่หลอด (คลังข้อมูลสารสนเทศไหมเชิงลึก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2553: ออนไลน์)

จากการศึกษาปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและค้นคว้าพัฒนาเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ ในกระบวนการผลิตเส้นไหมที่มีคุณภาพเพื่อนำไปผลิตผ้าไหม และลดระยะเวลาในการตีเกลียวไหมและกรอไหมจากวิธีเดิม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติให้มีระบบการทำงาน ที่ทำงานโดยช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตในส่วนของกระบวนการตีเกลียวไหมและกรอไหม เพื่อส่งผลให้ชาวบ้านมีเวลาว่างและลดความเมื่อยล้าจากการทำงาน เพราะในการปฏิบัติงานส่วนใหญ่จะเป็นผู้สูงอายุ และการตีเกลียวไหมของเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ ได้ค่าจำนวนเกลียวที่ยอมรับได้กับความต้องการของกลุ่มอาชีพทอผ้าไหม บ้านหวายหลึม ต.นาข่า อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น โดยงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ปรากฏมีอนุสิทธิบัตรและสิทธิบัตรของเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ และศึกษาจำนวนเกลียวไหมที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวไหม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติเพื่อตีเกลียวไหมและกรอไหมอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเทียบกับวิธีการตีเกลียวไหมและกรอไหมแบบเดิมของชาวบ้าน งานวิจัยนี้เป็นการนำความรู้ ในด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์เข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์และช่วยเพิ่มคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์และสินค้าท้องถิ่นให้มี

มาตรฐานมากขึ้น โดยมีกลุ่มอาชีพทอผ้าไหม บ้านหวายหลึม ต.นาข่า อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น เป็นพื้นที่สำหรับการวิจัยและทดลองประสิทธิภาพเครื่องมือ เนื่องจากบ้านหวายหลึม ต.นาข่า อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น เป็นกลุ่มทอผ้าไหมที่มีชื่อเสียง และมีลวดลายผ้าที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะท้องถิ่นที่สวยงามแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1.4.1 ออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ

1.4.1.1 ได้เครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติจำนวน 1 เครื่อง

1.4.1.2 เครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบเซนเซอร์

1.4.1.3 เครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติสามารถตีเกลียวไหมได้ 2 ม้วนต่อ 1 ครั้ง

1.4.1.4 ใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า

1.4.1.5 ใช้เหล็กฉากขนาด 50x50x2 ม.ม

1.4.1.6 ใช้ความเร็วรอบ 1,087 รอบต่อนาที

1.4.2 การหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติ

1.4.2.1 ทำการหาประสิทธิภาพโดยการนับจำนวนของเกลียวไหมโดยการเปรียบเทียบกับการผลิตเดิมและการใช้เครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติโดยการใช้ระบบในการวัดจำกัดที่ 1 เมตรต่อครั้ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้เครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพจำนวน 1 เครื่อง

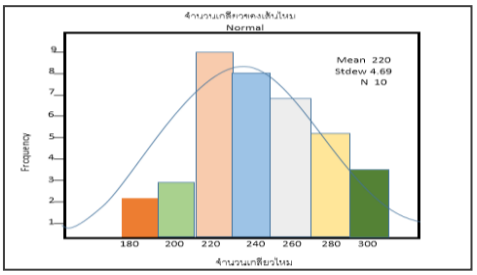
1.5.2 ได้เส้นไหมที่มีจำนวนเกลียวที่เหมาะสมกับค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.5.3 เพิ่มปริมาณการผลิตและลดเวลาในการตีเกลียวไหม

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

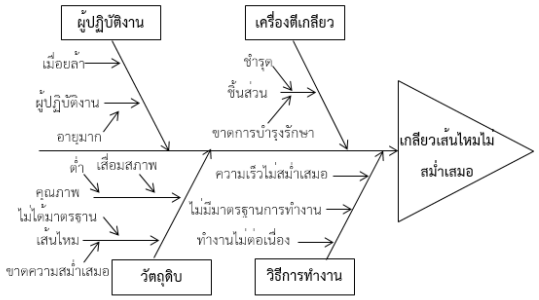
2.1การวิเคราะห์ปัญหาการตีเกลียว

การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลกระบวนการตีเกลียวไหมของกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดขอนแก่น เป็นข้อมูลสำหรับศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวไหม จากการทดสอบข้อมูลจำนวนเกลียวของเส้นไหม จำนวนตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 220 เกลียวต่อเมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ4.69ซึ่งมีค่าความแปรปรวนค่อนข้างสูงส่งผลให้จำนวนเกลียวไม่ได้มาตรฐานตามความต้องการของกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดขอน ซึ่งต้องการจำนวนเกลียวอยู่ในช่วง230–250 เกลียวต่อเมตรเพื่อคงเอกลักษณ์ของการทอผ้า



รูปที่ 1 กราฟฮิตโตแกรมจำนวนเกลียวเส้นไหม

การวิเคราะห์ปัญหาการตีเกลียวไหมด้วยแผนภูมิเหตุและผลพบว่าการตีเกลียวไหมด้วยอุปกรณ์ตีเกลียวแบบมือหมุนไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบให้สม่ำเสมอได้และระยะการดึงเส้นไหมแตกต่างกันส่งผลให้จำนวนเกลียวเส้นไหมไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 2 แผนภูมิเหตุและผลของการวิเคราะห์ปัญหาการตีเกลียวไหม

จากรูปที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิเหตุและผลพบว่ามีปัญหาอยู่ 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. อุปกรณ์ตีเกลียวแบบมือหมุนไม่สามารถกำหนดรอบการหมุนให้สม่ำเสมอได้และขาดการบำรุงรักษาส่งผลให้จำนวนเกลียวที่ได้จากการตีเกลียวไหมไม่สม่ำเสมอ

2. วิธีการทำงานจากการศึกษาการหมุนไนปั่นเส้นไหมเพื่อให้เกิดเกลียวเส้นไหม พบว่าผู้ปฏิบัติงานไม่มีมาตรฐานการทำงานโดยทำตามวิธีการของแต่ละบุคคลและทำงานไม่ต่อเนื่องเพราะเกิดความเมื่อยล้า

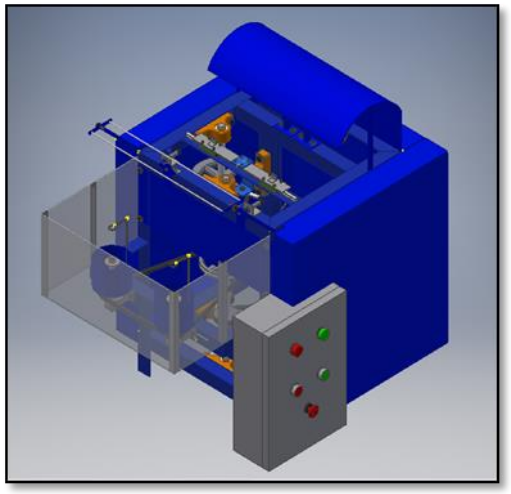
3. ผู้ปฏิบัติงานมีอายุค่อนข้างมากส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าขณะปฏิบัติงานรวมทั้งขาดทักษะการทำงานส่งผลให้ได้จำนวนเกลียว เส้นไหมไม่สม่ำเสมอ

4. วัตถุดิบ ซึ่งหมายถึงเส้นไหมที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ

แนวทางการแก้ไขจำนวนเกลียวไหมไม่สม่ำเสมอการพัฒนาเครื่องตีเกลียวเส้นไหมให้มีความเร็วรอบที่สม่ำเสมอเป็นแนวทางที่สามารถลดจำนวนเกลียวไหมไม่สม่ำเสมอลงได้

2.2 การออกแบบเครื่องตีเกลียวไหม

จากข้อมูลกระบวนการตีเกลียวไหมของกลุ่มผ้าไหมทอมือ จังหวัดขอนแก่นดำเนินการออกแบบเครื่องตีเกลียวไหมโดยอาศัยหลักการศึกษางานและเทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบเดิม



รูปที่ 3 แสดงเครื่องตีเกลียวไหมแบบที่พัฒนา

2.3 การพัฒนาเครื่องตีเกลียวไหม

การออกแบบเครื่องตีเกลียวไหม แสดงการมุ่งเน้นการแก้ไขจำนวนเกลียวไหมไม่สม่ำเสมอการวางหลอดด้าย (1) ให้ง่ายต่อการเคลื่อนที่ของเส้นไหม ชุดตีเกลียวไหม (2) ให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสม โดยใช้มอเตอร์ (3) เป็นชุดส่งกำลัง

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตีเกลียวไหม

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตีเกลียวไหม ทดสอบการตีเกลียวไหม วัดจำนวนเกลียวไหมด้วยเครื่องวัดจำนวนเกลียว ณ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 10 ข้อมูล



รูปที่ 4 แสดงเครื่องวัดจำนวนเกลียวไหม

2.5 ศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวไหม

เครื่อง ตีเกลียวไหม ใช้มอเตอร์เป็น ชุดส่งกำลังซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบ 1,087 รอบต่อนาที ด้วยพลูเล่ (d1) และส่งกำลังไปยังพลูเล่ (d2) ที่ความเร็วรอบ 363 รอบต่อนาที ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบความเร็วรอบของเครื่องตีเกลียวไหม

ชุดทดกำลังชุดที่	พลูเล่ d1 (mm)	พลูเล่ d2 (mm)	เครื่องวัดความเร็วรอบ	
			n1 (รอบ/นาที)	n2 (รอบ/นาที)
1	102	64	1,087	363
2	127	102	870	227
3	153	127	725	181

การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวไหม มีเงื่อนไขการทดสอบ 3 เงื่อนไข ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ความเร็วรอบชุดเก็บไหมที่ 363 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหมที่ 1,087 รอบ/นาที

เงื่อนไขที่ 2 ความเร็วรอบชุดเก็บไหมที่ 227 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหมที่ 870 รอบ/นาที

เงื่อนไขที่ 3 ความเร็วรอบชุดเก็บไหมที่ 181 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหมที่ 725 รอบ/นาที

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดลองการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวไหมของกลุ่มผ้าไหมทอมือ จังหวัดขอนแก่น

มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวเส้นด้ายเพื่อให้ได้จำนวนเกลียวอยู่ในช่วง 230–250 เกลียวต่อเมตร ทดสอบการตีเกลียวไหมจำนวนตัวอย่าง 10 ตัวอย่างต่อเงื่อนไข และวัดจำนวนเกลียวด้วยเครื่องวัดจำนวนเกลียวจากการพิจารณาความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหมที่ 1,087 รอบต่อนาทีพบว่าจำนวนเกลียวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 242.6 พิจารณาความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหมที่ 870 รอบต่อนาที พบว่าจานวนเกลียวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 209.41 จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าจำนวนเกลียวที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันด้วยจำนวนความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหม เมื่อความเร็วรอบชุดตีเกลียวไหมเพิ่มขึ้นจำนวนเกลียวจะเพิ่มขึ้นตามลำดับและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ6.39 เนื่องจากจะส่งผลให้จำนวนเกลียวของไหมมีจำนวนเกลียวไหมอยู่ในระหว่าง 230–250 เกลียวต่อเมตรซึ่งเป็นจำนวนเกลียวที่เหมาะสมสำหรับการทอผ้าของกลุ่มผ้าไหมทอมือ จังหวัดขอนแก่น

3.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องตีเกลียวไหมจากการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวเกลียวไหม สามารถนำไปออกแบบและพัฒนาเครื่องตีเกลียวไหมชุดใหม่ผู้วิจัยสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเกลียวไหม

4. การอภิปรายผลเชิงสถิติ

การหาจำนวนครั้งในการทดสอบนอกจากจะกำหนดระดับความเชื่อมั่นแล้วส่วนที่สำคัญคือข้อมูลที่ได้จากการทดลองต้องมีความถูกต้องโดยวิธีการคำนวณที่ให้ค่าถูกต้องและแม่นยำคือการนำโปรแกรม Minitab 15 ช่วยในการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาค่าจำนวนตัวอย่างที่มีความเชื่อมั่นได้ 95 % เป็นการวัดแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางที่ใช้การกันมากที่สุดอาจเรียกตัวกลางเลขคณิตหรือคะแนนเฉลี่ยก็ได้ค่าเฉลี่ยคือผลรวมข้อมูลทุกๆ ค่าหารด้วยตัวเลขข้อมูล

อุปกรณ์ตีเกลียวไหมแบบเดิม



รูปที่ 5 แสดงอุปกรณ์ ตีเกลียว

อุปกรณ์ ตีเกลียว : วัสดุเป็นไม้ผุกร่อนได้ง่ายเมื่อใช้ไประยะเวลานานเครื่องมีการชำรุดเสียหาย
ชุดส่งกาลัง : ใช้มือในการหมุนกงล้อ เพื่อเป็นต้นกำลังในการขับเหล็กในให้เส้นไหมเกิดการตีเกลียวทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เวลานานในการทำงาน



รูปที่ 6 แสดง ชุดเก็บเส้นด้าย

ชุดเก็บเส้นด้าย : วัสดุเป็นเหล็กอ่อนเกิดสนิมปลายด้ามไม่แข็งแรง มัดเส้นไหมกับเหล็กไน และผลผลิตในการตีเกลียวหนึ่งครั้ง ได้เส้นไหมที่ตีเกลียวครั้งละหนึ่งหลอด



รูปที่ 7 แสดงการวางหลอดไหมและการพาดเส้นไหม

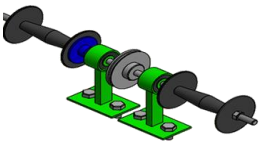
การวางหลอดไหมและการพาดเส้นไหม : หลอดไหมวางบนโต๊ะทำให้ถูกจำกัดบริเวณปฏิบัติงาน

อุปกรณ์ตีเกลียวไหมแบบใหม่



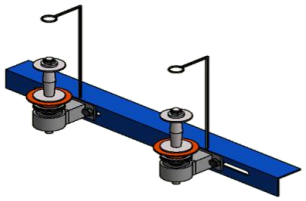
รูปที่ 8 แสดงเครื่องตีเกลียว

เครื่องตีเกลียว :วัสดุเป็นเหล็ก แข็งแรงและคงทน เมื่อใช้ไประยะเวลานานเครื่องยังสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ชุดส่งกาลัง: ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังขับพูเลย์ ให้เส้นไหมเกิดการตีเกลียว



รูปที่ 9 แสดงชุดเก็บเส้นไหม

ชุดเก็บเส้นไหม :วัสดุเป็นอะลูมิเนียม เบาไม่เป็นสนิมมั่นคงแข็งแรงและผลผลิตในการตีเกลียวหนึ่งครั้ง ได้เส้นไหมที่ตีเกลียวครั้งละ 2 หลอด



รูปที่ 10 แสดงชุดตีเกลียวไหม

ชุดตีเกลียวไหม : วัสดุเป็นอะลูมิเนียมเบาไม่เป็นสนิม มั่นคงแข็งแรง

5. สรุป

การศึกษาวิเคราะห์และหาทางแก้ปัญหาด้วยการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการตีเกลียวไหม สามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 การพัฒนาเครื่องตีเกลียวไหม

ผลจากการออกแบบเครื่องตีเกลียวไหมโดยอาศัยหลักการศึกษางานและเทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบเดิมทำให้สามารถพัฒนาเครื่องตีเกลียวไหม ที่มีความแข็งแรง สามารถควบคุมความเร็วรอบให้สม่ำเสมอ ส่งผลให้จำนวนเกลียวเส้นด้าย มีความสม่ำเสมอและสามารถ ลดความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานลงได้ โดยความแตกต่างของจำนวนเกลียวไหมแบบการผลิตเดิมมีค่าเฉลี่ยที่ 220 เกลียวต่อเมตร แบบเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ยที่ 242.6 เกลียวต่อเมตร ความแตกต่างของน้ำหนักของเส้นไหมแบบการผลิตเดิมมีค่าเฉลี่ยที่ 0.879 กรัม แบบเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ยที่ 1.502 กรัม ความแตกต่างของค่าดีเนียร์ของเส้นไหมแบบการผลิตเดิมมีค่าเฉลี่ยที่ 159.14 ดีเนียร์ แบบเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ยที่ 270.27 ดีเนียร์ ความแตกต่างของค่าความเหนียวของเส้นไหมแบบการผลิตเดิมมีค่าเฉลี่ยที่ 3.375 กรัมต่อดีเนียร์ แบบเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหมกึ่งอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ยที่ 3.692 กรัมต่อดีเนียร์ ความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเส้นไหมแบบการผลิตเดิมมีค่าเฉลี่ยที่ 13.509เปอร์เซ็นต์ แบบเครื่องตีเกลียวไหมและกรอไหกึ่งอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ยที่ 18.366 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ปัญญา วินทะไชย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้และคำชี้แนะ ตลอดจนควบคุมการจัดทำโครงงานจนประสบความสำเร็จได้ดี ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี อาจารย์วทัญญู เนตรสง่า อาจารย์อภิศักดิ์ หาญพิชาญชัย และอาจารย์บุญกิจ อุ่นพิกุล ซึ่งเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาถ่ายถอดความรู้และให้คำชี้แนะ ตลอดระยะเวลาในการจัดทำโครงการ รวมทั้งบุคคลที่ไม่สามารถกล่าวถึงได้ในที่นี้ คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์บุญกิจ อุ่นพิกุล อาจารย์ประจำวิชาโครงการ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา ตลอดจนช่วยตรวจการแก้ไขจนกระทั่งโครงการสำเร็จลงด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ความอุปการะเลี้ยงดู อีกทั้งส่งเสริมให้มีการศึกษาและสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษา

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนในด้านงบประมาณในการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรโปรแกรมวิชาช่างกลโรงงานทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร

รวมทั้งบุคคลที่ปรากฏตามรายการอ้างอิงที่คณะผู้จัดทำโครงการใช้อ้างอิง และขอบคุณเพื่อนๆสาขาวิชาวิศวกรรม
อุตสาหการ ที่เป็นกำลังใจให้อย่างดี ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณทุกๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวในณ ที่นี้

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำโครงการขอมอบเป็นกตัญญูตาบูชาแด่ บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อรทัย สายสะอาด, อรสา อินทร์น้อย 2557. ค่านิยมการและพฤติกรรมการซื้อผ้าไหมของผู้บริโภคชาวไทยในจังหวัดอุบลราชธานี ชาวกัมพูชาในจังหวัดเสียมเรียบและชาวลาวในเมืองชนะสมบูรณ์การสารศรีนาลัยวิจัย. 7:58-64.

[2] มานพ ชุ่มอุ่น. 2555. การจัดการความรู้เพื่อพัฒนาธุรกิจชุมชนในผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายทอมือ กรณีศึกษา : กลุ่มผ้า ฝ้ายทอมือบ้านดอนหลวง ตำบลแม่แรงอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน . วารสารวิจัย ราชภัฏเชียงใหม่. 2 : 15-25

[3] ศิริพร เบญจมาศ. 2553. การศึกษาปัญหาทางการผลิตและทางการตลาดผ้าไหม อำเภอชนบทจังหวัดขอนแก่น. รายงานการศึกษาอิสระปริญญาเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น : 49.

[4] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร และ **อมรศักดิ์ มาใหญ่** 2557. การพัฒนาอุปกรณ์สาวไหมกึ่งอัตโนมัติด้วยระบบส่งกำลังจากมอเตอร์. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 5, นครราชสีมา, 10-11 กันยายน 2557

[5] ส่งรักษ์ เต็งรัตนประเสริฐ. 2550. เครื่องสาวไหมยูบี 3. งานประดิษฐ์สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิม พระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ (สมมช.) สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตร และสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

[6] ธีระชัย อิฐรัตน์. 2548. การออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวไหม. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. นครราชสีมา

[7] สมยศ จันเกษม, 2523 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล กรุงเทพมหานคร หน้า 213 สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีล้านนา

[8] พรเทพ ขอขจายเกียร, 2528. ความน่าจะเป็นและสถิติวิศวกรรม.ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประสพ อนุชาติ , 2548. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ขอนแก่น: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตขอนแก่น

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

Design and construction of assisted-device for heat treatment of steel by inductioncoil

ชาญวิทย์ ทุมดี*, ชัยวัฒน์ เดชครอบ, ณัฐพงษ์ สุขสบาย, จำนงค์ อมตาริยกุล,
พีรวิทย์ โชคเหมาะ, ภูริพัส แสนพงษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่อยู่ 150 ถนน ศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000
ผู้ติดต่อ: E-mail nattapong_mb@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 088-029-8634

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำที่มีประสิทธิภาพ และเป็นสื่อในการเรียนการสอน

การดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาปัญหาและข้อมูลเบื้องต้นของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งพบปัญหาคือวิธีการชุบไม่ถูกวิธีทำให้เกิดความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ปัญหา สาเหตุ และแนวทางการแก้ไข จากนั้นจึงทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ โดยการออกแบบให้อุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ จากนั้นทำการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ที่สามารถชุบชิ้นงานได้ความแข็งที่ผิวอย่างสม่ำเสมอตลอดแท่งเหล็ก ทำการหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องแล้วหาประสิทธิภาพของเครื่อง โดยการหาประสิทธิภาพจะแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ การเปรียบเทียบค่าความแข็งกับวิธีเดิมและการเปรียบเทียบเวลา เมื่อหาประสิทธิภาพเสร็จแล้วจึงจัดทำคู่มือการใช้งานของเครื่องและการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ผลการทดลองพบว่าอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดังนี้ สามารถชุบได้ค่าความแข็งจากเดิม 69.05 HRB เพิ่มขึ้นเป็น 84.81 HRB คิดเป็น 22.64 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาในการลงจากเดิม 4.35 นาที ลดลงเหลือ 3.34 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 31.56 ของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ สามารถชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ได้ค่าความแข็งที่ผิวสม่ำเสมอและสามารถชุบได้ค่าความแข็งที่สูงกว่าใช้คนในการชุบ ซึ่งสอดคลองกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

Abstract

This research the purpose is to create a carbon steel plating device with a powerful induction coil And the media in the teaching.

The operation started with the study of problems and preliminary information of the equipment to help carbon steel with induction coils, which was a problem is the method of plating is not fatigue method of the operator, so the information. Then, the design and construction of a device to help carbon steel by induction coil Designed to help carbon steels with induction coils. Then, the carbon steel is activated by induction coil. Can harden the surface uniformly throughout the steel rod. Find out the performance of the machine and find out the performance of the machine. The efficiency is

divided into two types Stiff with original method and time comparison. Once the performance has been determined, a manual for the machine and preventive maintenance is provided

The results showed that the induction of carbon steel by induction coil can work effectively. Plated hardness from 69.05 HRB increased to 84.81 HRB as a percentage, it was 22.64 percent and decreased from 4.35 minutes to 3.34 minutes, equivalent to 31.56 percent of the AISI 1040 carbon steel. Plated steel Carbon AISI 1040 has a uniform hardness and can be hardened to a higher hardness than those used in plating. This is consistent with the assumption.

1. บทนำ

การปฏิรูปการศึกษาของประเทศไทยได้เกิดขึ้นตามเจตนารมณ์ของทุกฝ่ายในสังคมไทยโดยปรากฏในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยพุทธศักราช 2540 ซึ่งเป็นฐานที่มาของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่มุ่งหวังจะยกระดับการศึกษาของชาติให้ได้มาตรฐานและจัดให้ได้อย่างทั่วถึงมีคุณภาพจึงกำหนดให้มีการปฏิรูปการศึกษาทั้งระบบคือการปฏิรูปการเรียนรู้ปฏิบัติและระบบบริหารและการจัดการศึกษา

เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการชุบ ซึ่งมีไม่เพียงพอหรือชำรุดเสียหาย ราคาแพง หรืออุปกรณ์ที่มีก็ไม่สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ ในการศึกษาที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของโลหะชนิดต่างๆในปัจจุบันมีความสำคัญเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านวิศวกรรม กล่าวคือเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้โลหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคุณสมบัติของโลหะที่แตกต่างกันนั้นเกิดขึ้นจากปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น ชนิดของโลหะ กระบวนการผลิตโลหะ เป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าว คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะแก้ไขปัญหาเพื่อหาแนวทางที่จะปรับปรุงหรือสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 โดยการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบขึ้นมาใหม่ซึ่งจะช่วยส่งผลดีต่อการศึกษาของนักศึกษา ลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเตาอบชุบแข็งใหม่และยังได้นำความรู้ที่ได้จากการเรียนนำมาใช้ได้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

1.3 สมมุติฐานของโครงการ

1.3.1 สามารถวัดค่าความแข็งของเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ที่ชุบด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ได้ค่าความแข็ง 81-89 HRB

1.3.2 อุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ที่สร้างขึ้นสามารถลดเวลาในการชุบไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบจากวิธีการเดิม

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1.4.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

1.4.1.1 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ 1 เครื่อง

1.4.1.2 ชุบชิ้นงานเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 30 เซนติเมตร

1.4.1.3 มีระบบฉีดน้ำรอบชิ้นงานในขณะที่ชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านขดลวดด้วยแรงดันน้ำ 5 บาร์

1.4.1.4 ความเร็วรอบในการป้อนชิ้นงานเท่ากับ 1.68 มิลลิเมตร/วินาที

1.4.2 ทำการหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

1.4.2.1 หาประสิทธิภาพค่าความแข็งของชิ้นงานระหว่างกระบวนการชุบโดยใช้อุปกรณ์ช่วยในการชุบกับกระบวนการที่ใช้คนในการชุบ

1.4.2.2 หาประสิทธิภาพของเวลาในการชุบระหว่างกระบวนการชุบโดยใช้อุปกรณ์ช่วยในการชุบกับกระบวนการที่ใช้คนในการชุบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้อุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ 1 เครื่อง

1.5.2 ลดเวลาในกระบวนการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

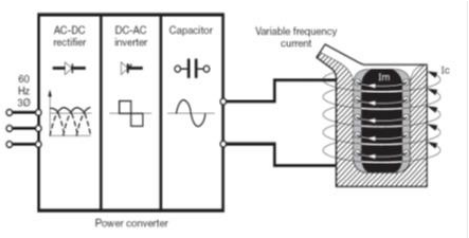
1.5.3 เป็นแนวทางในการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำแบบอื่นๆ ต่อไป

2.1 อุปกรณ์ช่วยในการชุบโลหะ

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงความร้อนและโครงสร้างจุลภาคของโลหะเพื่อที่จะนำโลหะที่ได้จากการชุบไปใช้ประโยชน์ตามโครงโครงสร้างของเนื้อโลหะ การชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ได้มีการการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1.1 หลักการและขั้นตอนทำงานของระบบการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำและประเภทของการชุบแข็งการทำงานของระบบการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ อุปกรณ์ช่วยการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิ มีส่วนประกอบสำคัญดังนี้กรรมวิธีทางความร้อนของเหล็กกล้าคาร์บอน (Heat Treatment of steel) กรรมวิธีทางความร้อน หมายถึง “การนำเอาโลหะหรือโลหะผสมที่เป็นของแข็งมาให้ความร้อนแล้วปล่อยให้เย็นตัวในอัตราที่แตกต่างกัน เพื่อให้มี Mechanical Properties ตามต้องการ” โดยทั่วไป การทำ Heat Treatment ของ Steels เป็นการทำให้ Steels มี Phase เป็น Austenite และให้ Austenite เปลี่ยนแปลงไปเป็น Phases ต่าง ๆ ตามต้องการ ซึ่งประกอบด้วยขบวนการต่าง ๆ ดังนี้ส่วนประกอบของเตาให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำ

2.1.1.1 ส่วนจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply) ในส่วนนี้เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 เฮิรตซ์ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ที่ต้องการ เพื่อป้อนเข้ากับขดลวดเหนี่ยวนำเพื่อให้ความร้อนหรือหลอมโลหะ



รูปที่ 1 วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า

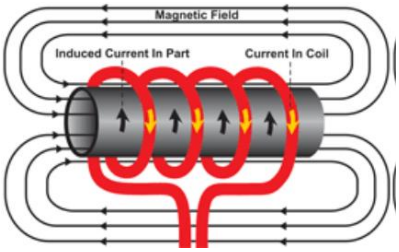
2.2 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงานดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆและสามารถเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับงานออกแบบระบบประปาหมู่บ้านหรืองานอื่นที่เกี่ยวข้องได้

2.2.7 ขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction Coil)

ทำด้วยลวดตัวนำไฟฟ้าเช่นทองแดง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและทำให้เกิดการเหนี่ยวนำในชิ้นงานโลหะเกิดเป็นพลังงานความร้อน และเนื่องจากกระแสที่ป้อนให้กับขดเหนี่ยวนำมักจะมีปริมาณที่สูงมาก จึงต้องมีระบบระบาย

ความร้อนด้วยน้ำภายในขดเหนี่ยวนำเพื่อลดกำลังสูญเสียที่ขดลวดเหนี่ยวนำ รูปแบบของขดลวดเหนี่ยวนำจะแตกต่างกันตามลักษณะของวัสดุที่ต้องการให้ความร้อน ส่วนในการหลอมโลหะจะติดตั้งขดลวดเหนี่ยวนำในลักษณะเดียวกันพันรอบเบ้าหลอม



รูปที่ 2 ขดลวดเหนี่ยวนำ

หลักการเกิดความร้อนโดยการเหนี่ยวนำในระบบการให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำในชิ้นงานโลหะนั้นมาจากองค์ประกอบ 2 ส่วนหลักๆ คือ การเกิดความร้อนจากกระแสไหลวนในชิ้นโลหะสนามแม่เหล็กจากขดลวดเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) ในทิศทางตรงกันข้ามกับสนามแม่เหล็กในชิ้นโลหะทำให้เกิดเป็นพลังงานความร้อนการเกิดความร้อนจากความต้านทานของสนามแม่เหล็กสนามแม่เหล็กที่สร้างจากขดลวดเหนี่ยวนำจะมีทิศทางของขั้วที่สลับไปมาตามทิศทางของไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งโมเลกุลภายในชิ้นงานโลหะจะเกิดการเคลื่อนที่ตามทิศทางของขั้วที่เปลี่ยนไปมานี้ทำให้เกิดการเสียดสีและเกิดความร้อน

3. ผลการวิจัย

ในการดำเนินโครงการเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์จำเป็นอย่างยิ่งต้องมีการวางแผนการดำเนินโครงการ ซึ่งในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ทางคณะผู้จัดทำได้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการถึงแนวทางในการวางแผนการดำเนินงานเพื่อให้ดำเนินโครงการเป็นไปตามขั้นตอนและประสบผลสำเร็จดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้มีการกำหนดขั้นตอน วิธีการดำเนินงาน ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

3.1 ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ เช่น ทฤษฎีที่เกี่ยวกับปั๊มน้ำ และทฤษฎีเกี่ยวกับเกลียว อีกทั้งทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่างๆดังนี้

3.1.1 เอกสารและตำราที่เป็นภาษาไทย และภาษาอังกฤษในห้องสมุดของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

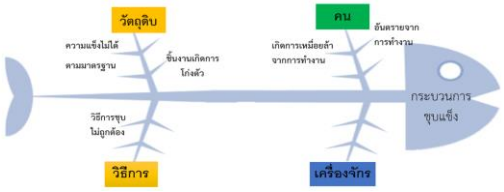
3.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องโดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

3.1.3 รวบรวมข้อมูลคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญและระดมความคิดจากกลุ่ม

3.1.4 จัดทำเอกสารเพื่อเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเมื่อสมบูรณ์ก็ดำเนินการโครงการจากแหล่งข้อมูลที่กล่าวมาขั้นต้นสามารถอธิบายให้เห็นได้ชัดยิ่งขึ้น

3.2 วิเคราะห์และหาสาเหตุปัญหาในกระบวนการชุบแข็ง

ในการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ จะใช้แผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์ซึ่งแผนภูมิก้างปลาเป็นเครื่องมือทางการบริหารรูปแบบหนึ่งช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดผลโดยจะระดมความคิดจากสมาชิกในกลุ่ม ตลอดจนขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ โดยใช้แผนภูมิก้างปลา



รูปที่ 3 แสดงแผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ

3.3 หาแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการชุบแข็ง

ในการศึกษากระบวนการชุบแข็ง โดยใช้คีบจับชิ้นงานในการชุบแข็ง คณะผู้จัดทำได้ขอคำแนะนำและหาแนวทางในการแก้ไข จากอาจารย์ จำนงค์ อมตาริยกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

วิเคราะห์ข้อมูลและหาแนวทางแก้ไข



รูปที่ 4 แสดงการชุบแบบเดิม



รูปที่ 5 แสดงการชุบแบบเดิม



รูปที่ 6 แสดงการชุบแบบใหม่



รูปที่ 7 แสดงการชุบแบบใหม่

3.4 ออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

ทางคณะผู้จัดทำโครงได้ศึกษาการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ อีกทั้งระบบการทำงานของตู้คอนโทรลเพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ซึ่งการออกแบบและเขียนแบบโดยการโปรแกรมใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยเพื่อความสะดวกและเป็นมาตรฐาน อีกทั้งสะดวกต่อการแก้ไขอีกด้วย ในการวางแผนการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ และได้กำหนดแนวทางในการดำเนินงานโดยมีขั้นตอน ดังนี้

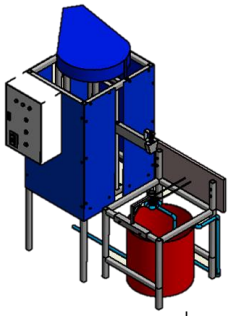
3.4.1 ออกแบบชุดป้อนเหล็กเข้าสู่ขดลวดเหนี่ยวนำ

3.4.2 ออกแบบถังรองน้ำการชุบ

3.4.3 ออกแบบสายฉีดน้ำในการชุบเหล็ก

3.4.4 นำแบบไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข

3.4.5 รวบรวมข้อมูลและเขียนแบบต่างๆ



รูปที่ 8 แสดงการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ขดลวดเหนี่ยวนำ

3.5 การดำเนินการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

การดำเนินการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ จัดทำแผนการสร้างโดยเป็นลำดับขั้นตอนการทำงาน

3.5.1 ทำการสร้างโครงสร้างเครื่อง

3.5.2 สร้างชุดควบคุมไฟฟ้า

3.5.3 สร้างถังเก็บน้ำและท่อฉีดน้ำในการชุบเหล็ก

3.5.4 อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบงานเพื่อปรับปรุงแก้ไข

3.5.5 อุปกรณ์ช่วยในการชุบเสร็จสมบูรณ์

3.6 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

การทดสอบประเมินผลการทดสอบอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ เพื่อหาประสิทธิภาพของการทำงานของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ โดยการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยอุปกรณ์ช่วยในการชุบกับใช้คนในการชุบ แล้วทำการบันทึกข้อมูลเป็นตัวอ้างอิงเป็นสมรรถนะของอุปกรณ์ช่วยชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040

3.6.1 การตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ หลังจากที่ดำเนินการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นจึงได้นำเครื่องมาตรวจสอบระบบทำงานต่างๆของเครื่องสามารถตอบสนองการใช้งานได้มากน้อยเพียงใด เพื่อให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้งาน โดยทำการตรวจสอบในด้านกลไก การทำงานความพร้อมของอุปกรณ์ใช้งาน และความปลอดภัยของตัวเครื่องเป็นต้น

3.6.2.1 ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ไว้ยังจุดที่กำหนด



รูปที่ 9 ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

3.6.2.2 เปิดเตาขดลวดเหนี่ยวนำ



รูปที่ 10 เตาขดลวดเหนี่ยวนำ พร้อมปรับขนาด Power adjunction

3.6.2.3 นำเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ใส่ไปในแขนจับยึดอุปกรณ์ช่วยในการชุบ



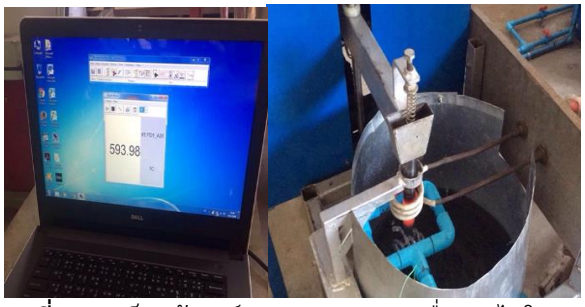
รูปที่ 11 นำเหล็กกล้าคาร์บอนใส่ไปในตำแหน่งจับยึด

3.6.2.4 เปิดเครื่องอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

3.6.2.5 เหล็กล้าคาร์บอน เลื่อนลงไปในขดลวดเหนี่ยวนำ



รูปที่ 12 เครื่องพร้อมใช้งาน กดปุ่มสีเขียวด้านล่างเพื่อทำงานชุบชิ้นงาน



รูปที่ 13 เหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 เลื่อนลงไปในขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมวัดค่าอุณหภูมิที่ได้

3.6.2.6 เหล็กกล้าคาร์บอนที่ได้จากการชุบ



รูปที่ 14 เหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ที่ผ่านการชุบแข็ง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเวลาในการชุบแบบกระบวนการเดิมและกระบวนการใหม่

ตัวอย่างชิ้นงานที่	เวลากระบวนการเดิม (นาที)	เวลากระบวนการใหม่ (นาที)
1	4.4	3.38
2	4.2	3.34
3	4.3	3.29
4	4.5	3.36
5	4.4	3.30
6	4.3	3.34
	ค่าเฉลี่ย 4.35	ค่าเฉลี่ย 3.33

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองความแข็งของเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ที่ทำการชุบด้วยคน ค่าความแข็งของชิ้นงาน

ตัวอย่างชิ้นงานเดิม	แรงที่กด (Kp)	ค่าความแข็งจุดที่ (HRB)						ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	
1	100	76	68	70	71	68	66	69.83
2	100	74	66	68	70	72	65	69.17
3	100	78	70	66	64	72	67	69.50
4	100	76	70	64	68	66	65	68.16
5	100	76	66	72	68	71	66	69.83
6	100	74	64	70	66	68	65	67.83
		ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) = 69.05						

4. การอภิปรายผล

จากการดำเนินโครงการ สร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ได้ผลการทดลองหาค่าความแข็งจากอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ด้วยการทดสอบค่าความแข็งแบบ Rockwell scale b จากการทดลอง ที่อัตราการป้อนคือ 1.68 มิลลิเมตร/วินาที ได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 84.81 HRB คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นคือ 22.64 เปอร์เซ็นต์ จากการใช้อัตราการป้อนตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ สามารถชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ได้ค่าความแข็งที่ผิวที่มากขึ้นและมีค่าความแข็งในแต่ละชุดสม่ำเสมอมากกว่าใช้คนในการชุบและยังสามารถลดเวลาที่ใช้ในการชุบลดลง 31.56 เปอร์เซ็นต์

4.1 วิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำจะมีต้นทุนและผลกำไรในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำได้ทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำมีจุดคุ้มทุนที่ 218 แห่ง

5. สรุป

5.1 สรุปผล

ทางคณะผู้ดำเนินโครงการได้ทำการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำเสร็จแล้วจึงได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าความแข็งของเหล็กที่ชุบด้วยอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำขึ้นให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผลการทดลองการหาค่าความแข็งของเหล็กที่ชุบ

5.1.1 ด้านการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำได้ทำการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ สามารถใช้งานได้ตามแผนที่วางไว้ โดย ในการทำงานของอุปกรณ์ใช้วิธีป้อนด้วยอัตราทดระบบเกลียวต่ำสุดที่ 1.68 มิลลิเมตรต่อวินาที ชุดหัวจับทำจากเหล็กเหล็ก SS 400 จับเหล็กเพลาได้ไม่เกิน 25.4 มิลลิเมตร ขนาดของมอเตอร์กับ 373 วัตต์ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ มีชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สามารถทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยมือ Manual และกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ (Reverse) ส่วนระบบฉีดนำใช้ปั๊มน้ำพุและท่อขนาด 12.7 มิลลิเมตร ระบบปล่อยชิ้นงานอัตโนมัติจะใช้เหล็กแผ่นหนา 4 มิลลิเมตรเชื่อมประกบกันขนาด 600 x 270 มิลลิเมตร และใช้เหล็กกล่องเชื่อมเป็นเสารับตัวปล่อยชิ้นงานใช้เป็นเหล็กท่อทรงกลมขนาด 50.8 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับเสาเพื่อปล่อยชิ้นงาน

5.1.2 การทดลองหาค่าความแข็งของเหล็กที่ชุบอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ที่สร้างจากการทดลองชุบเหล็กเพลา AISI 1040 ขนาด 1 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร จากการทดลองหาค่าความแข็งของเหล็กที่ใช้อุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำโดยพิจารณาจากค่าความแข็งขนาดต่อหนึ่งรอบการทำงาน สรุปได้ว่าการทำงานของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยขดลวดเหนี่ยวนำเมื่อพิจารณาจากค่าความแข็งของเหล็ก พบว่า ค่าความแข็งของเหล็กมีค่าเฉลี่ยค่าความแข็งอยู่ที่ 84.83 HRB ในแต่ละรอบของการทำ**งานและ**จะต้องใช้อัตราการป้อนอยู่ที่ 1.68 มิลลิเมตร/วินาที เพื่อให้ได้ค่าความแข็งตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 จากการดำเนินโครงการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำได้ผลการทดลองหาค่าความแข็งจากอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ด้วยการทดสอบค่าความแข็งแบบ Rockwell

scale b จากการทดลองที่อัตราการป้อนคือ 1.68 มิลลิเมตร/วินาที ได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 84.83 HRB จากการใช้อัตราการป้อนชิ้นงานของอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำจึงสามารถชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ได้ค่าความแข็งที่ผิวสม่ำเสมอและสามารถชุบได้ค่าความแข็งที่สูงกว่าใช้คนในการชุบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินโครงการการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการชุบเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1040 ด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ผลการดำเนินโครงการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการหากมีการนำไปพัฒนาต่อผู้ดำเนินโครงการขอแนะนำส่วนที่ต้องพัฒนาต่อดังนี้

5.3.1 การออกแบบพัฒนาในส่วนระบบฉีดน้ำควรปรับเป็นท่อสแตนเลสขนาด 6.350 มิลลิเมตร เพื่อให้น้ำฉีดกระจายทั่วแท่งเหล็กที่ชุบได้อย่างสม่ำเสมอ

5.3.2 การออกแบบในอัตราการป้อนชิ้นงานควรใช้ ระบบอินเวอร์เตอร์แยกจากมอเตอร์ในการปรับฟีตอัตราป้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชุบแข็งที่ผิวของชิ้นงานให้มีความแข็งมากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วรพจน์ ศรีวงษ์คล. ออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536 (วันที่ค้นข้อมูล *20* กรกฎาคม 2560)

[2] รศ. บรรเลง ศรนิล, รศ.สมนึก วัฒนศรียกุล (2552) พิมพ์ครั้งที่ 4. **ตารางคู่มืองานโลหะ (Tabellenbuch Metall)** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (วันที่ค้นข้อมูล 18 สิงหาคม 2560)

[3] บรรเลง ศรนิล, และกิติ นิงสานนท์. การคำนวณและการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2526.(วันที่ค้นข้อมูล 2 พฤศจิกายน 2560)

[4] จันทรา ประเสริฐสกุล. สถิติ 1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น. *2548* (วันที่ค้นข้อมูล 14 ธันวาคม 2560)

[5] ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทาวิศวกรรม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2545 (วันที่ค้นข้อมูล 16 ธันวาคม 2560)

[6] อาจารย์ศักดิ์นรา สุวรรณบำรุง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. สาขาวิชาวิศวกรรมอุสาหการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น. (*วันที่ค้นข้อมูล 20* มกราคม 256*1*)

[7] ผศ. ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. (2549). **วัสดุวิศวกรรม.** ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร. (วันที่ค้นข้อมูล *18* พฤศจิกายน 2560)

[8] มู่เลย์ส่งกำลัง. [ออนไลน์]. URL:http://www.centralmotorservice.com/ (วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤศจิกายน 2560)

[9] เหล็กเพลาดำ. [ออนไลน์]. URL:http://thai.stainlesssteelmetalsheet.com / (วันที่ค้นข้อมูล 20 พฤศจิกายน 2560)

การออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

Design and Building a Boiler Set with a Conveyor in Rice Noodle Production Process

กรกฎ ธรรมศร, สมเด็จ คำไชโย, อรรคเดช ไวแสน, เฉลิมชัย กุลเลียบ, และมานพ ดอนหมื่น

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอิสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ขอนแก่น ที่อยู่ 150 ถนน ศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000
ผู้ติดต่อ: E-mail : tomtamp-@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ : 064-249-8268

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน และหาประสิทธิภาพของชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน การลำเลียงเส้นขนมจีนเป็นลักษณะในการยกขึ้น-ลง โดยใช้วัสดุสแตนเลสเกรด 304 ทำการยกเส้นขนมจีนอย่างน้อยครั้งละ 2 กิโลกรัม โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1/3 แรงม้าเป็นตัวขับเคลื่อนใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ และใช้เกียร์ทดรอบขนาด 1/60 รอบ/นาที เป็นตัวทดความเร็วรอบจากมอเตอร์ แล้วใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังระหว่างเกียร์ทดรอบกับเฟืองตัวหนอนเพื่อทำการยกเส้นขนมจีนขึ้น-ลง จากนั้นทำการทดลองจำนวน 10 ครั้ง และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบระหว่างการผลิตแบบเดิมกับการผลิตหลังการปรับปรุง ผลการทดลองพบว่าชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน ทำงานตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สามารถเพิ่มผลผลิตของเส้นขนมจีนได้ 0.3525 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 26.56 ลดเวลาที่ใช้ในการผลิตเส้นขนมจีนได้ 1.14 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 35.18 และลดการใช้น้ำที่ใช้ในการผลิตเส้นขนมจีนได้ 327.11 ลิตรต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 42.50 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Abstract

The purpose of this research is to design and build a boiler set with a conveyor in the process of producing rice noodle or Chinese noodle; and to find the efficiency of the boiler set with a conveyor in the production process. The research team has designed and built a set of boilers with a conveyor in the production process by up-down lifting the noodles, using grade 304 stainless steel, lifting at least 2 kg of the noodles, using 1/3-horsepower motors, using 220 volts of power and using 1/60 rpm as a speed reducer from the motor. Then the belt was used as a transmission between the gear and the worm gear to lift the noodle up and down. Then 10 trials were performed and the statistical analysis was compared between conventional and post-production. The results showed that the boiler set with the conveyor in the production process can work as intended. the yield of the noodles 0.352 5 kg or 26.56%; the reduction of the time used to produce the noodles was 1 .1 4 minutes or 35.18 %; water consumption in the production of the noodles was reduced to 327.11 liters per day or 42.50%, respectively, with the statistical significance level at 0.05.

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการทำธุรกิจเกี่ยวกับอาหารกันอย่างแพร่หลายการทำขนมจีนก็เป็นอีกธุรกิจหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้เป็นอย่างดี ธุรกิจการผลิตเส้นขนมจีนขายนั้นมีทั้งธุรกิจแบบขนาดเล็กและขนาดใหญ่ แต่ในที นี้เราเล็งไปที่ธุรกิจขนาดเล็กที่ใช้แรงงานคนในการผลิตเป็นส่วนมากดังนั้นเทคนิคและทางกระบวนการผลิตจึงยังไม่สมบูรณ์เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตเช่น การใช้ปริมาณน้ำมากเกินกว่าความจำเป็นและมีของเสีย
ในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน เป็นต้น

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนที่โรงงานขนมจีนบ้านสะอาด พบว่าขั้นตอนของการยกเส้นขนมจีน ใช้คนงานในการยกซึ่งมีการทำงานที่ล่าช้า และมีส่วนผลผลิตของเสียที่มากเนื่องจากเส้นขนมจีนขาดในขณะทำการตักเส้นขนมจีน และยังพบว่าปริมาณน้ำที่ใช้ล้างเส้นขนมจีนมีปริมาณมากเกินความจำเป็น

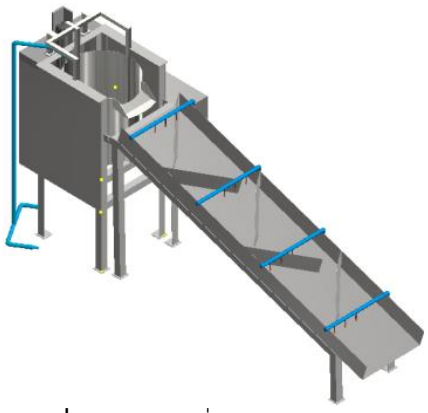
จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้คิดที่จะออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำและของเสียในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน รวมทั้งสามารถช่วยให้กระบวน

การผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) เพื่อออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

2. การออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน ขั้นตอนการตักเส้นขนมจีนขึ้นจากหม้อต้มแล้วทำการล้างหน้า โดยหน้าที่ของเครื่องจะทำการตักเส้นขนมจีนขึ้นจากหม้อต้มโดยอาศัยการควบคุมของคนผ่านสวิตช์และทำการลำเลียงเส้นขนมจีนพร้อมล้างน้ำในรางลำเลียง

2.1 แบบเครื่องชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนที่ได้จากการออกแบบผ่านโปรแกรม inventor pro 2016

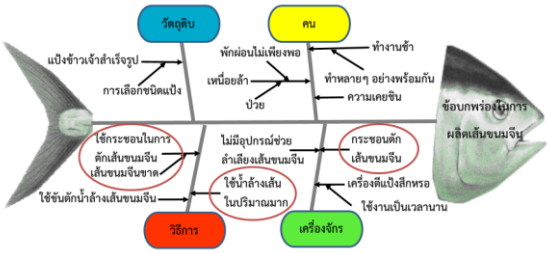


รูปที่ 2.1 แบบเครื่องชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

2.2 ในการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนนั้น จะใช้ผังก้างปลาในการวิเคราะห์ ซึ่งผังก้างปลาเป็นเครื่องมือทางการบริหารรูปแบบหนึ่งช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดผล โดยจะระดมความคิดจากสมาชิกภายในกลุ่มตลอดจนขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาแนวทางในการสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียง

ในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน โดยใช้แผนภูมิก้างปลา



ภาพที่ 3.4 แสดงแผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์ปัญหา และสาเหตุ

หลังจากได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา ทำให้รู้จุดบกพร่องของกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน จากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลของกระบวนการผลิตเส้นจีน ของกระบวนการผลิตเดิมดังแสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.5 และลักษณะของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนดังแสดงในตาราง 3.4

ตารางที่ 3.3 แสดงการเก็บข้อมูลของกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

ตารางที่ 3.3 แสดงการเก็บข้อมูลของกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน วิธีการเดิมและเวลาที่ใช้ในการผลิต โดยแป้งดิบ 1 กิโลกรัม สามารถผลิตเส้นขนมจีนได้ 1.9054 กิโลกรัม

ครั้งที่	เส้นขนมจีนของดี (กิโลกรัม)	เส้นขนมจีนของเสีย (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการผลิต (นาที)
1	1.3222	0.5832	3.41
2	1.3956	0.5098	3.46
3	1.3226	0.5828	3.48
4	1.3007	0.6047	3.38
5	1.3854	0.5200	3.35
6	1.2135	0.6919	3.45
7	1.3046	0.6008	3.36
8	1.4032	0.5022	3.45
9	1.2994	0.6060	3.40
10	1.3214	0.5840	3.38
รวม	13.2686	5.7854	34.1
เฉลี่ย	1.3268	0.5785	3.41

3. ผลการหาประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของวัสดุดิบ(แป้ง) 1 กิโลกรัม สามารถทำเส้นขนมจีนได้ 1.9054 กิโลกรัม ทำการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเดิมกับประสิทธิภาพชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

ครั้งที่	ปริมาณการผลิตเส้นขนมจีน (กิโลกรัม)						หมายเหตุ
	วิธีการผลิตแบบเดิม			วิธีการผลิตหลังการปรับปรุง			
	ของดี	ของเสีย	เวลา (นาที)	ของดี	ของเสีย	เวลา (นาที)	
1	1.3222	0.5832	3.41	1.6716	0.2338	2.20	
2	1.3956	0.5098	3.46	1.7125	0.1929	2.18	
3	1.3226	0.5828	3.48	1.7992	0.1062	2.16	
4	1.3007	0.6047	3.38	1.6012	0.3042	3.18	
5	1.3854	0.5200	3.35	1.6026	0.3028	2.15	
6	1.2135	0.6919	3.45	1.7036	0.2018	2.16	
7	1.3046	0.6008	3.36	1.7965	0.1089	2.16	
8	1.4032	0.5022	3.45	1.7016	0.2038	2.15	
9	1.2994	0.6060	3.40	1.6036	0.3018	2.15	
10	1.3214	0.5840	3.38	1.6009	0.3045	2.16	
รวม	13.2686	5.7854	34.1	16.7933	2.2607	21.6	
$\bar{x}$	1.3268	0.5785	3.41	1.6793	0.2260	2.16	

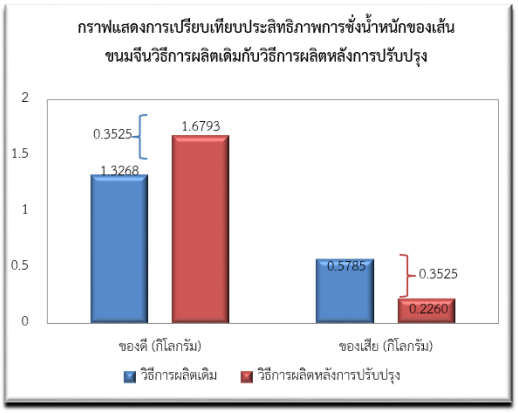
จากผลการทดลองทำการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการผลิตเดิม และกระบวนการที่ผลิตหลังการปรับปรุง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตดี , ผลผลิตเสีย และเวลาที่ใช้ในการผลิต ผลการทดลองของผลผลิตดี ของกระบวนการเดิมค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3268 กิโลกรัม คิดเป็น 100% และกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.6793 กิโลกรัม คิดเป็น 126.56% จากผลการทดลองกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงสามารถเพิ่มผลการผลิตได้ถึง 26.56%

$$\text{ร้อยละของเส้นขนมจีนที่เพิ่มขึ้น} = \frac{\text{เส้นขนมจีนจากการผลิตแบบเดิม - เส้นขนมจีนที่ผลิตหลังปรับปรุง}}{\text{เส้นขนมจีนจากการผลิตแบบเดิม}}$$

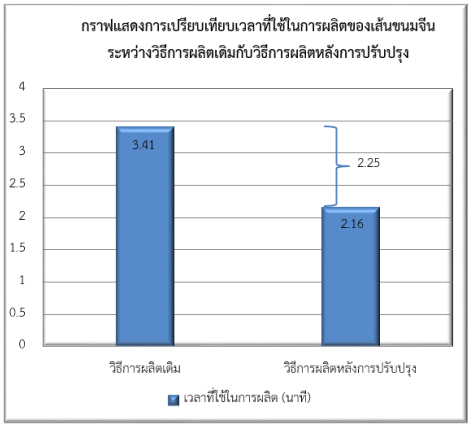
ได้ร้อยละของปริมาณของของเส้นขนมจีนที่เพิ่มขึ้น

$$\text{ร้อยละของเส้นขนมจีนที่เพิ่ม} = \frac{1.6793 - 1.3268}{1.3268} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของเส้นขนมจีนที่เพิ่ม} = 26.56\%$$



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการชั่งน้ำหนักของเส้นขนมจีนระหว่างวิธีการผลิตเดิมกับวิธีการผลิตหลังการปรับปรุง



4. ผลการวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการผลิตเส้นขนมจีนต่อวัน ซึ่งวันหนึ่งทำการผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าจำนวน 2 ถุง ถุงละ 21.5 กิโลกรัม การผลิตเส้นขนมจีนอยู่ที่ 4 ชั่วโมง ผลิตเส้นขนมจีนต่อวันอยู่ที่ 70 กิโลกรัม โดยมีค่าใช้จ่ายต่อชั่วโมงอยู่ที่ 285.61 บาท ซึ่งใช้พนักงานในการผลิตเส้นอยู่ที่จำนวน 1 คน ใช้ค่าจ้างพนักงานวันละ 300 บาท คิดเป็นชั่วโมงละ 75 บาท

ระยะคืนทุนของโครงการ จากการออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน โดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้นจำนวน 25,000 บาท จะมีระยะคืนทุนอยู่ที่ 2,300 กิโลกรัม หรือประมาณ 33 วันทำงานจะสามารถคืนทุนที่จ่ายไปได้

5.สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ทางคณะผู้ดำเนินโครงการ การออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน เสร็จจึงได้ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน ที่สร้างขึ้นให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5.1.1 ด้านการสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

ชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน สามารถใช้งานได้ตามแผนที่วางไว้ โดยการทำงานของชุดอุปกรณ์ใช้สวิตซ์ไฟฟ้าช่วยในการควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของชุดอุปกรณ์ โดยใช้ขนาดของมอเตอร์เท่ากับ 1/3 HP มีรอบความเร็วอยู่ที่ 1440 รอบ/นาที ใช้กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ใช้เฟืองเกียร์ทดในการทดรอบที่ 1/60 รอบ/นาที ใช้พู่เลย์ในการทดรอบ ขนาดของพู่เลย์ขับขนาด 6 นิ้ว พู่เลย์ตามขนาด 2.5 นิ้ว ใช้ตัวบอลสกรูในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง โดยมีระยะพิกซ์ 12 มิลลิเมตร สามารถเคลื่อนที่ได้ 839.88 มิลลิเมตร/นาที และสามารถยกเส้นขนมจีนได้ไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม

5.1.2 การทดลองของชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน ที่สร้างขึ้นโดยใช้แป้งข้าวเจ้าดิบ โดยทำการทดสอบที่จำนวน 10 ครั้ง ทดสอบครั้งละ 1 กิโลกรัม และได้ทำ

การเก็บผล ของผลผลิตดี, เวลาที่ใช้ในการผลิต และปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต สามารถสรุปได้ดังนี้

จากการเก็บผลของผลิตดีกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงสามารถเพิ่มผลการผลิตได้ถึง 26.56% ใช้เวลาในการผลิตเส้นขนมจีนจากผลการทดลองกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาในการผลิตได้ 36.65%, ปริมาณน้ำที่ใช้จากผลการทดลองกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงสามารถประหยัดน้ำได้ถึง 45.34% และจุดคุ้มทุนโดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้นจำนวน 25,000 บาทจะมีระยะคืนทุนอยู่ที่ 2,300 กิโลกรัม หรือประมาณ 33 วันทำงานจะสามารถคืนทุนที่จ่ายไปได้

5.2 อภิปรายผล

ภายหลังการสรุปผลดังกล่าวที่กล่าวมาข้างต้น ผลการดำเนินโครงการในครั้งนี้สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ซึ่งการออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์ผลและอภิปรายผลการดำเนินโครงการดังนี้

การออกแบบและสร้างชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนจากการทำการทดลองจำนวน 10 ครั้ง โดยผลผลิตต่อแป้งดิบ 1 กิโลกรัม ประมาณของการผลิตเส้นขนมจีนที่เป็นส่วนของดีโดยค่ามีเฉลี่ยอยู่ที่ 1.6793 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับโรงงานแป้งขนมจีนจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งสามารถผลิตได้ 1.7 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าจำนวนปริมาณเส้นขนมจีนของดีมีจำนวนที่น้อยกว่าโรงงานแป้งขนมจีนจังหวัดนครศรีธรรมราช แต่มีค่าของการผลิตเส้นขนมจีนที่มีความใกล้เคียงกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการทำงานของชุดหม้อต้มพร้อมอุปกรณ์ลำเลียงในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนในขณะนี้ยังใช้การควบคุมด้วยมือ ควรปรับปรุงให้มีการควบคุมแบบอัตโนมัติเพื่อให้ง่ายสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ
(Design and build Grinding Machine Threshing machine Automation)

กฤษดา ศรีเสริม, จักรพงษ์ แสนสิงห์*, สุรพลเหล่าชิงลา, บุญกิจ อุ่นพิกุล, โยธิน สุริยมาตร และเฉลิมชัย กุลเลียบ

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 043-283700-2 โทรสาร 043-237483.

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบ อัตโนมัติ และหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบ อัตโนมัติ

การดำเนินงานเริ่มจากศึกษาปัญหา และรวบรวมข้อมูล ของบริษัทโรงงานพัฒนาการเกษตรขอนแก่น จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิต และจำหน่ายเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยบริษัทผลิตเครื่องนวดข้าวขนาด 4 5 6 และ 8 ฟุต ซึ่งขนาด 4 ฟุต มีความต้องการในตลาดสูงเพราะมีราคาถูกและเคลื่อนย้ายง่ายเหมาะแก่การใช้งานในภาคเกษตรกร ทางผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการเพิ่มผลผลิตเครื่องนวดข้าวขนาด 4 ฟุต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยได้ศึกษากระบวนการผลิตเครื่องนวดข้าวขนาด 4 ฟุต จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการผลิต จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่า กระบวนการประกอบเหล็กสันตะแกรงโค้งบนใช้เวลามากกว่ากระบวนการอื่น เนื่องจากเกิดการรอคอยเหล็กสันตะแกรงโค้งบนจากกระบวนการผลิต เพราะขาดความต่อเนื่องในกระบวนการผลิต และไม่มีเครื่องเจาะเฉพาะในกระบวนการผลิตเหล็กสันตะแกรง ทางผู้จัดทำจึงได้หาแนวทางการแก้ไข โดยการออกแบบเครื่องเจาะเหล็กสันตะแกรงระบบอัตโนมัติ จากการออกแบบใช้หลักการทำงานของเครื่องเป็นระบบอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากการออกแบบ จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องเจาะเหล็กสันตะแกรง โดยทำการตรวจสอบเครื่องจักรตามมาตรฐาน ISO TC39 และทำการทดสอบสมรรถนะการทำงานกัดชิ้นงานทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงของเครื่องตามมาตรฐาน ASME B5.54-2005 จากนั้นทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะเหล็กสันตะแกรงระบบอัตโนมัติเปรียบเทียบเวลาในการทำงาน และขั้นตอนในการทำงาน

ผลการดำเนินงาน พบว่า ได้เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเจาะเหล็กสันตะแกรงโค้งบนใช้เวลา 32.16 นาทีต่อชุด จากเดิมใช้เวลา 70.40 นาที ลดลง 38.24 นาทีต่อชุด คิดเป็นร้อยละ 54.31 และยังสามารถลดขั้นตอนในการผลิตลงได้จากเดิม 12 ขั้นตอน เหลือ 10 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 16.66 เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ มีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการเจาะเหล็กสันตะแกรงโค้งบนจำนวน 1,723 ชุด ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่กำหนดไว้

Abstract

This thesis. The purposes of this study were to design and build a drilling machine for mesh rib of automatic rice thresher as well as determine performance of the drilling machine for mesh rib of automatic rice thresher.

The research was started by examining problems and gathering data from Kaset Phattana Khonkaen Company Limited which manufactured and distributed rice threshers to both domestic and international markets. The company manufactured 4, 5, 6, and 8 feet rice threshers that were highly demanded due to cheap price and portability suitable for agricultural work. For these reasons, the researchers aimed to increase manufacturing capacity of 4 feet rice thresher to serve the customer needs. The manufacturing process of 4 feet rich thresher was studied to analyze relevant issues. According to the analysis, it found that an assembly process of upper curved mesh rib took longer time than other parts. The delay of upper curved mesh rib caused discontinuity of manufacturing process and there was no specific drilling machine for this process. Therefore, the researchers developed a solution by designing the automatic drilling machine for mesh rib. The automatic system was controlled by a computer software. After designing, the automatic drilling machine for mesh rib was built and tested based on ISO TC39. Additionally, milling performance and validity were measured regarding ASME B5.54-2005. Then the efficiency of drilling machine for mesh rib of automatic rice thresher was examined to compare time and operating procedure.

The findings illustrated that the drilling machine for mesh rib of automatic rice thresher was able to effectively perform. When comparing the time of drilling the upper curved mesh rib, the result showed that the time reduced from 70.40 minutes per set to 32.16 minutes per set. It could decrease the time by 38.24 minutes per set or 54.31%. Furthermore, the manufacturing process decreased from 12 steps to 10 steps or 16.66%. The breakeven point of drilling machine for mesh rib of automatic rice thresher could be reached after drilling 1,723 sets of upper curved mesh rib which was consistent with a determined hypothesis.

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรณีศึกษา บริษัท โรงงานพัฒนาการเกษตร ขอนแก่น จำกัด ตั้งอยู่ที่ 20 หมู่ 3 ถนนมิตรภาพ-อุดร ตำบลสำราญ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัด ขอนแก่น 40000 เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องนวดข้าว โดยเครื่องนวดข้าว เป็นเครื่องนวดข้าวอเนกประสงค์ สามารถนวดได้ทั้ง ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ทานตะวัน ปอเทือง และถั่วผิวมันทุกชนิด จึงได้รับความนิยมในภาคของเกษตรกรรมทั้งในประเทศและต่างประเทศ"เกษตรพัฒนา" คือผู้นำในการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรในประเทศไทย มานานกว่า 20 ปี โรงงานแห่งแรกก่อตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2521 และในปัจจุบันได้ขยายกิจการมาเป็น 5 บริษัท เพื่อผลิตและจำหน่าย เครื่องเกี่ยวนวดข้าว เครื่องนวดข้าว เครื่องอบลดความชื้นของเมล็ดพืช รถบรรทุกเพื่อการเกษตร โดยแบ่งกลุ่มบริษัทในเครือเกษตรพัฒนา 5 บริษัท ได้แก่ บริษัท โรงงานเกษตรพัฒนาฉะเชิงเทรา จำกัด บริษัท เครื่องจักรกลเกษตรไทย จำกัดบริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด บริษัท โรงงานพัฒนาการเกษตร ขอนแก่น จำกัด บริษัท สยามเอ็นจิเนียริ่ง อิมปอร์ต เอกซ์ปอร์ต จำกัด ในส่วนของบริษัทโรงงานพัฒนาการเกษตร ขอนแก่น จำกัด ทำเกี่ยวกับเครื่องนวดข้าว มีขนาดตั้งแต่ 4 5 6 และ 8 ฟุต โดยขนาด 4 ฟุต มีขนาดเล็กกะทัดรัดจึงที่เป็นที่ต้องการของตลาดมากที่สุด

เมื่อมีการสั่งผลิตเครื่องนวดข้าว พนักงานจะประกอบเครื่องนวดข้าวตามสายการผลิต โดยสายการผลิตจะแบ่งสถานีงานออกเป็น 13 สถานีงาน จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่าในสถานีงานที่ 4 ขั้นตอนการประกอบเหล็กสันตะแกรงโค้งบนใช้เวลาในการประกอบมาก จึงศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนก่อนการประกอบตะแกรงโค้งบน พบว่าจะต้องทำการตัดเหล็กแบน แล้วนำมาตัดโค้งตามแบบ เชื่อมชิ้นงานซ้อนกัน 5 ชั้น มาร์คตำแหน่ง แล้วค่อยเจาะนำศูนย์ และเจาะทะลุแล้วค่อยนำไปเชื่อมขึ้นเป็นตะแกรงโค้งบนก่อนนำไปประกอบ ซึ่งขั้นตอนในการเจาะทะลุใช้เวลาในการขึ้นรูปชิ้นงานนาน และพนักงานที่ขึ้นรูปชิ้นงานดูแลรับผิดชอบเครื่องจักรทั้งหมด 4 เครื่อง เป็นเครื่องเจาะทั้งหมด และพนักงานคนดังกล่าวยังผลิตชิ้นงานทั้งหมด 14 ชิ้นงาน เมื่อมีการทำงานเครื่องใดเครื่องหนึ่ง จะทำให้อีก 3 เครื่องเกิดการรอคอย ทำให้การผลิตเกิดความล่าช้าในการผลิต

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้จัดทำจึงได้มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ให้เพื่อง่ายต่อการทำงานของพนักงานและลดเวลาในการผลิตเหล็กสันตะแกรง เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติยังสามารถใช้เป็นเครื่องต้นแบบเพื่อการพัฒนาหรือต่อยอดในการใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

1.3 สมมุมติฐานของโครงการ

1.3.1 เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่สร้างขึ้นสามารถลดเวลาในการผลิตไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 โดยเปรียบเทียบกับชุดเดิม

1.3.2 เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่สร้างขึ้นมีสามารถลดขั้นตอนให้น้อยลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 โดยเปรียบเทียบกับชุดเดิม

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1.4.1 การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

1.4.1.1 เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ 1 เครื่อง มีขนาดความกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 1,400x2,000x1,700 มิลลิเมตร และขนาดความสูงของโต๊ะงานเท่ากับ 900 มิลลิเมตร

1.4.1.2 เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ มีทั้งหมด 3 แกน คือ แกน X,Y และ Z

- แกน X มีระยะการใช้งาน 900 มิลลิเมตร
- แกน Y มีระยะการใช้งาน 900 มิลลิเมตร
- แกน Z มีระยะการใช้งาน 200 มิลลิเมตร

1.4.1.3 แกน X สามารถเคลื่อนที่ได้ไม่น้อยกว่า 2500 มิลลิเมตร/นาที และแกน Y สามารถเคลื่อนที่ไม่ไม่น้อยกว่า 1500 มิลลิเมตร/นาที

1.4.1.4 ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง โดยมอเตอร์สปิลเดิล ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ และมอเตอร์ส่งกำลังแกน X, Y และ Z ขนาด 0.75 กิโลวัตต์

1.4.1.5 ใช้บอลสกรูในการส่งกำลัง โดยมีริเนียร์ไกด์ประคองแนวเวกเตอร์ในแต่ละแกน

1.4.1.6 ใช้ปั๊มน้ำ DC 12 โวลต์ ขนาด 40 วัตต์ สำหรับดูดน้ำหล่อเย็นชิ้นงาน

1.4.1.7 เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่สร้างขึ้นเจาะได้เฉพาะเหล็กสันตะแกงเครื่องนวดข้าว 4 ฟุต ที่ความหนาไม่เกิน 25 มิลลิเมตร

1.4.1.8 ใช้โปรแกรม Mach3 version2.0 ในการควบคุม

1.4.2 การประเมินหาประสิทธิภาพ ของเครื่องเจาะสันตะแกงโค้งบนเครื่องนวดข้าว 4 ฟุตอัตโนมัติ ที่สร้างขึ้น

1.4.2.1 ประเมินประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบเวลาระหว่างขบวนการเจาะเหล็กสันตะแกรงแบบเครื่องเดิมและแบบเครื่องปัจจุบันที่สร้างขึ้น

1.4.2.5 ประเมินประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนการเจาะเหล็กสันตะแกรงแบบเครื่องเดิมและแบบเครื่องปัจจุบันที่สร้างขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่มีประสิทธิภาพ 1 เครื่อง

1.5.2 ลดเวลาในกระบวนการเจาะเหล็กสันตะแกรงโค้งบนของเครื่องนวดข้าว

1.5.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตเหล็กสันตะแกรงขนาดอื่นๆ ต่อไป

2. วิธีดำเนินงาน

ในการดำเนินโครงการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์จำเป็นอย่างยิ่งต้องมีการวางแผนการดำเนินโครงการ ซึ่งในการออกแบบและสร้าง เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

ทางคณะผู้จัดทำได้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดการโครงงาน บริษัท โรงงานเกษตรพัฒนา ขอนแก่น ถึงแนวทางในการวางแผนดำเนินงาน เพื่อให้ดำเนินโครงการเป็นไปตามขั้นตอนและประสบผลสำเร็จ ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้มีการกำหนดขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

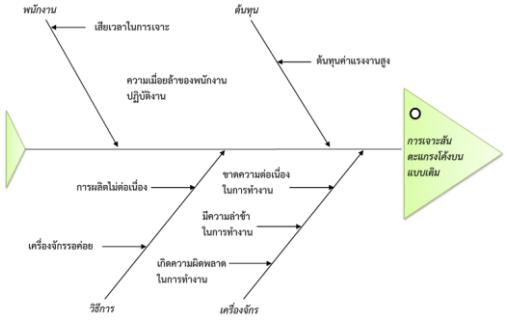
2.1 ศึกษากระบวนการผลิตเครื่องนวดข้าว

ในการศึกษากระบวนการผลิตเครื่องนวดข้าวเพื่อนำไปสู่ การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงเครื่องนวดข้าวระบบ อัตโนมัติ จะต้องมีการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษา เพื่อให้การดำเนินโครงการเป็นไปตามวัตถุประสงค์

2.2 วิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางการแก้ไขความล่าช้าในการผลิตเหล็กสันตะแกรงโค้ง

จากปัญหาที่พบ เนื่องจากบริษัท โรงงานพัฒนาการเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ต้องการให้การเจาะสันตะแกงโค้งบน สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องที่มีการสั่งผลิต จึงทำให้เกิดแนวทางในการแก้ปัญหา ด้วยการ

ออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ขึ้นมาใหม่ เพื่อลดและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยสาเหตุนี้ คณะผู้จัดทำจึงมีแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ขึ้นมาใหม่ เพื่อลดเวลาในการผลิตเหล็กสันตะแกงโค้งบน



รูปที่ 1 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาความล่าช้าในการเจาะสันตะแกรงโค้งบน

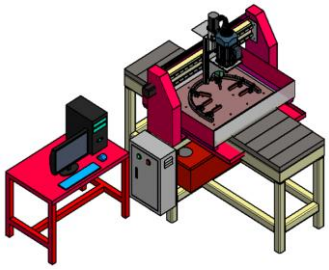
ในการออกแบบและเขียนแบบเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ คณะผู้ดำเนินโครงการได้มีการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อกำหนดรูปแบบของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ จากนั้นจึงทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเพิ่มเติม



รูปที่ 2 เครื่องเจาะแบบเดิม

2.3 ออกแบบ เขียนแบบ เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

จากการประเมินการออกแบบเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่จะสร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ทางคณะผู้จัดทำได้ขอความอนุเคราะห์จากผู้จัดการฝ่ายผลิต เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ในการประเมินการออกแบบเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3 การออกแบบเครื่องเจาะแบบใหม่ ระบบอัตโนมัติ

2.4 ประเมินผลการออกแบบเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว

จากการประเมินการออกแบบเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่จะสร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ทางคณะผู้จัดทำได้ขอความอนุเคราะห์จากผู้จัดการฝ่ายผลิต เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ในการประเมินการออกแบบเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

2.5 สร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบและเขียนแบบสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ จึงได้สร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้ใช้กับอุปกรณ์ที่โรงงานกำหนดมาให้

2.6 ประเมินหาประสิทธิภาพเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการทดลองปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และ ได้ทดสอบหาประสิทธิภาพเวลาการทำงานของ เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ โดยอาศัยวิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการทดสอบหา

ประสิทธิภาพนั้น เป็นการนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับหลักการทางทฤษฎี

การหาประสิทธิภาพของ เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ จะเป็นการหาประสิทธิภาพโดยการเปรียบเทียบเวลาจากเครื่องเจาะเดิม และ เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ซึ่งเวลาในการทำงานจะต้องลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 และสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

2.7 สรุปผลการดำเนินโครงการ

หลักในการสรุปผลโครงงาน จะทำการตรวจสอบกับวัตถุประสงค์ของโครงการหลังจากที่ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ที่ได้กำหนดไว้แล้วในหัวข้อที่ 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงงานมีดังนี้

2.7.1เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

สรุปผลตามวัตถุประสงค์หัวข้อ 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ให้มีความเที่ยงตรง ตามขนาดที่ได้กำหนดไว้ และทำการประเมินชิ้นงานที่ทำการเจาะทดสอบหลังออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ ตามกำหนด โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบ

2.7.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ

สรุปผลตามวัตถุประสงค์หัวข้อ 1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ จะทำการออกแบบเครื่อง เพื่อหาความสามารถในการทำงานได้ตาม

3. ผลการดำเนินงาน

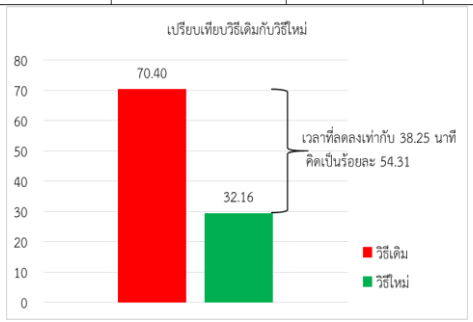
3.1 ผลการดำเนินงานการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4 เครื่องเจาะแบบใหม่ ระบบอัตโนมัติ

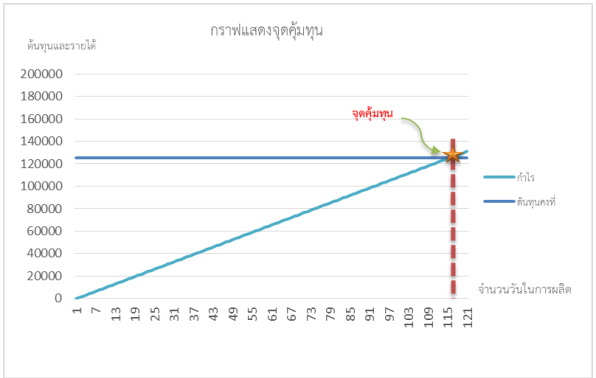
3.2 ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ

กระบวนการเดิม เวลาที่ใช้ (นาที/ชุด)	กระบวนการใหม่ เวลาที่ใช้ (นาที/ชุด)	ลดลง (นาที/ชุด)	ร้อยละ
70.40	32.16	38.25	54.31



รูปที่ 5 แผนภูมิการเปรียบเทียบเวลาการทำงานแบบเดิมและแบบใหม่

3.3 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

ระยะคืนทุนของโครงการ จากการลงทุนในการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะเหล็กสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าวระบบอัตโนมัติ โดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้น จำนวน 125,733 บาท จะมีระยะคืนทุนเมื่อผลิตชิ้นงานจำนวน 1,723 ชุดดังนั้น ซึ่งผลิตได้วันละ 15 ชุดต่อวัน จุดคุ้มทุนของการลงทุนเท่ากับ 115 วัน

4. สรุปผล อภิปรายผล

การดำเนินการออกแบบเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ และเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ โดยมีสมมุติฐานคือ สามารถลดเวลาในการผลิตไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ทั้งนี้ผู้จัดทำโครงการ ได้ดำเนินทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ จากนั้นได้นำผลที่ได้มาวิเคราะห์สรุป อภิปลายผลและเสนอแนะ ดังแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 สรุปผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ สร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนการทำงานของเครื่องเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ ได้มีการออกแบบและสร้างขึ้นมา ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ดังกล่าวสามารถนำมาสรุปผลได้ดังนี้

4.1.1 ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ

4. 1.1.1 ได้เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ ที่สามารถทำตามเงื่อนไขและมีประสิทธิภาพ ในการทำงานของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการควบคุม โดยมีขอบเขตของเครื่อง ดังนี้

1) เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ จำนวน 1 เครื่อง สามารถเจาะเหล็กสันตะแกรงได้ สูงสุด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ที่ความหนา 25 มิลลิเมตร สามารถเจาะเหล็กสันตะแกรงได้ 1 ชุด/ครั้ง

2) เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ ใช้สเต็ปมอเตอร์ ขนาด 0.75 kw ส่งกำลังด้วยบอลสกรูและประคองแนวเวกเตอร์ในแต่ละแกน มีระยะใช้งาน 900x900x200 มิลลิเมตร

3) .ใช้มอเตอร์สปิลเดิลขนาด 1.5 kw ความเร็วรอบ 50-1450 รอบ/นาที

4) ใช้โปรแกรม Mach3

4.1.2 ด้านการหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้น เครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ สามารถลดเวลาลง 38.24 นาที คิดเป็นร้อยละ 54.31 ซึ่งได้มากกว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และสามารถขั้นตอนในการผลิตเหล็กสันตะแกรงลงได้ 2 ขั้นตอน

4.1.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ค่าใช้จ่าย และรายรับของธุรกิจ จากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จุดคุ้มทุนของโครงการ จากการลงทุนในการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ โดยใช้เงินลงทุนที่ 125,377 ซึ่งจะคุ้มทุนเมื่อเจาะเหล็กสันตะแกรงได้ 1,723 ชุดทำงานเท่ากับ 115 วัน

4.2 อภิปรายผล

4.2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ

จากการศึกษาข้อมูลและปัญหาของการเจาะเหล็กสันตะแกรงแบบเดิม พบว่า มีปัญหาความล่าช้าในการผลิตเหล็กสันตะแกรง คณะผู้จัดทำจึงวิเคราะห์ปัญหา

และหาแนวทางการแก้ไข แล้วทำการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งพบว่าเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่นั้น สามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องเดิมได้ ทั้งนี้ยังเกิดประโยชน์ต่ออาจารย์ และนักศึกษาที่ต้องการการศึกษา เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอด ทั้งนี้ในการดำเนินโครงการได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งส่งผลให้การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัตินั้น ดำเนินไปจนสำเร็จลุล่วง เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4.2.2 การหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ

จากการหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติใช้เวลาในการเจาะเหล็กสันตะแกรง 32.16 นาที จากเดิม 70.40 นาที ลดลง 38.24 นาที คิดเป็นร้อยละ 54.31 ซึ่งได้มากกว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และสามารถขั้นตอนในการผลิตเหล็กสันตะแกรงลงได้ 2 ขั้นตอน

4.3 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินโครงการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะสันตะแกรงของเครื่องนวดข้าว ระบบอัตโนมัติ ผลการดำเนินโครงการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ หากมีการพัฒนาต่อ ผู้ดำเนินโครงการขอแนะนำส่วนที่ต้องพัฒนาต่อดังนี้

4.3.1 การออกแบบและพัฒนาในส่วนของโปรแกรม ที่สามารถควบคุมโดยซอฟแวร์ของตัวเครื่อง ไม่ผ่านคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สะดวกต่อการทำงาน

4.3.2 การออกแบบและพัฒนา ในส่วนของมอเตอร์สปินเดิล จากเดิมน้ำหนัก 13 กิโลกรัม ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อลดพาละแนวแกน Z ให้รับน้ำหนักน้อยลง เพื่อให้อายุการใช้งานได้นานขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่งจาก อาจารย์บุญกิจ อุ่นพิกุล ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ และอาจารย์โยธิน สุริยมาตร เป็นที่ปรึกษาร่วมซึ่งกรุณาให้คำแนะนำให้ความรู้และคำชี้แนะตลอดจนควบคุมการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนประสบความสำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอพระคุณอาจารย์ปัญญา วิทะไชย และอาจารย์เฉลิมชัย กุลเลียบ ซึ่งเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ถ่ายทอดความรู้และคำชี้แนะตลอดระยะเวลาในการจำทำปริญญานิพนธ์ รวมทั้งบุคคลที่ไม่สามารถกล่าวถึงได้ในที่นี้

กราบขอบพระคุณ คุณสมิหลา หยกอุบล, คุณสุชาติ พลค้อ, คุณณัชชา ประสงค์ผล, บริษัท โรงงานพัฒนาการเกษตรขอนแก่น จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุและงบประมาณในการสร้างเครื่อง และขอขอบคุณทุกๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวใน ณ ที่นี้

ขอกราบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้ความอุปการะเลี้ยงดู อีกทั้งส่งเสริมให้มีการศึกษา และสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษา

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากร สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ และโปรแกรมวิชาช่างกลโรงงาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องจักรต่างๆ และขอบคุณเพื่อนๆสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่เป็นกำลังใจอย่างดี ขอขอบคุณสมาชิกทุกคลในครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ และขอบคุณทุกๆท่านที่ไม่ได้กล่าวใน ณ ที่นี้

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงนี้มีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำโครงการเป็นเกียรติอย่างยิ่งขอมอบเป็นกตัญญุตาบูชาแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ชาลี ตระการกูล. เทคโนโลยีซีเอ็นซี. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร : บริษัทประชาชนจำกัด. 2543.

[2] มนูญ เทพกิจอารีกุล. วิศวกรรมเครื่องจักรกลอัตโนมัติเบื้องต้น. เอกสารประกอบการเรียน.2548.

[3] อิศระพงษ์ และฐิติชญา. พัฒนา X-Y Table โดยใช้โปรแกรมซอฟแวร์ CNC ในการควบคุม.ปริญญานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.2551.

[4] อำนาจ ทองแสน. ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น,2544.

[5] ทฤษฎี CNC.(2556). เครื่องกัด CNC. (ออนไลน์). สืบค้น URL:http://www.automationdrive.com/vertical-machining-center. [13 มกราคม 2556.

[6] ชุดควบคุมการทางานต่าง ๆ ของมอเตอร์ [ออนไลน์], 2556.URL:http://app.eng.ubu.ac.th edocs/f20080605Charoen0.doc, (3 เมษายน 2556)

[7] การออกแบบการทดลองทาวิศวกรรม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2545

[8] อาจารย์ศักดิ์นรา สุวรรณบำรุง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. สาขาวิชาวิศวกรรมอุสาหการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น.

วิธีลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบการผลิต; กรณีศึกษาอุตสาหกรรมน้ำดื่มบรรจุขวด

Waste reduction methods on manufacturing system; case study of water drinking industry.

ชาญชัย เหลาหา*, ชาญชัย สุวรรณเขต, วรพงศ์ พงศ์ภัทรวุฒิ, เอกสิทธิ์ เซ็นหอม และณรงค์ บุญเสนอ

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

*ผู้ติดต่อ: claoha27@yahoo.com, 043336370-1 ต่อ 2211, 043338867

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อสร้างระบบการผลิตแบบไหลภายในโรงงานผลิตน้ำดื่ม โดยเริ่มจากการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning) จากนั้นการออกแบบและวางผังโรงงาน และวางแผนกลยุทธ์การผลิต วิสาหกิจขนาดย่อมอุตสาหกรรมน้ำดื่มกรณีศึกษาอยู่ที่จังหวัดขอนแก่นพบว่าการวางแผนกลยุทธ์ที่เหมาะสมคือการผลิตให้พอดีกับความต้องการ สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดแรงงานได้ คิดค่าใช้จ่ายการผลิตรวมเท่ากับ 29,376,345 บาท วางแผนความต้องการวัสดุ(MRP) ยอดรวมการสั่งหลอดพรีฟอร์ม 23 ลัง ฝา 4 ลัง ฉลาก 9 ม้วน แค็ปซีล 4 ม้วน เป็นเงินมูลค่า 53,300 บาท ช่วยลดความสูญเสียจากการสั่งสินค้าคงคลังล่วงหน้าได้ 28.57% เป็นเงิน 18,300 บาท ตั้งแต่เดือนมกราคม –ธันวาคม 2560 การออกแบบและวางผังโรงงานสามารถลดระยะทางและเวลาที่ใช้ทั้งหมดใน 1 รอบการผลิต เปรียบเทียบแผนผังเดิมมีระยะทางลดลง 52 เมตรจาก 113 เมตร หรือ 46.02 % และลดระยะเวลา 3.54 นาที จาก 25.56 นาที หรือ 13.85 %

คำหลัก: Process improvement, Material requirements planning (MRP), SME Water drinking.

Abstract

The purposes of this thesis were to create a flow production within the drinking water plant. The study was conducted by material requirement planning, plant layout and design and strategic planning. The application of SMEs in Khon Kaen was found that The strategic planning was to fit your needs could change the size of workforce. Total cost of manufacturing was 29,376,345 Baht. The material requirements planning, whole order of 23 boxes of preform tube, 4 boxes of cover, 9 rolls of labels, 4 rolls of cap seal in an amount of 53,300 Baht was reduced waste from inventory orders in advance at 28.57% or 18,300 Baht from January – December 2017. Plant design and layout was reduced the distance and time spent in one manufacturing cycle. When comparing the original plan with reducing the distance to 52 meters from 113 meters or 16.02% and reducing the time to 3.54 minutes from 25.56 minutes or 13.85%.

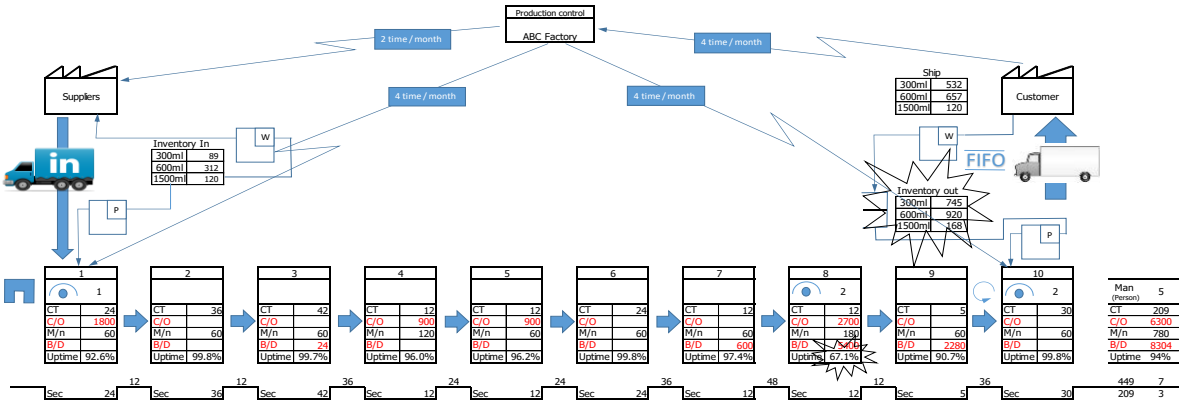
Keywords: Process improvement, Material requirements planning (MRP), SME Water drinking.

1. บทนำ

การไหลของสินค้าเป็นแหล่งเกิดความสูญเสียโดยสรุป มี 4 อย่างคือการเก็บรักษา การลำเลียง การผลิต การตรวจสอบ ส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียทั้ง 7 ประการ คือ 1) ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction) 2) ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory) 3) ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transporation) 4) ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion) 5) ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing) 6) ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay) 7) ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect) ปัจจุบันพบว่าปัญหาส่วนใหญ่ในระบบการผลิตแบบไหลใน SMEs คือการวางแผนการผลิตไม่ตรงการความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป ประกอบกับการสั่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตเป็นการสั่งล่วงหน้าและมีปริมาณมาก พนักงานใช้วิธีการสั่งสินค้าด้วยจำนวนเท่าเดิมทุกครั้ง เพื่อป้องกันวัตถุดิบขาดมือ โดยไม่ได้คำนึงถึงความต้องการด้านการผลิตที่แท้จริง ทำให้เกิดความสูญเสียจากวัตถุดิบคงคลัง ปัญหานี้เรียกว่า ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง ประกอบกับการวางผังโรงงานของ SMEs ไม่ได้ใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่า ระยะทางไกลระหว่างคลังสินค้ากับพื้นที่การผลิตและเวลาในการเคลื่อนย้ายวัสดุนานทำให้เกิดการความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย ระบบการผลิตแบบต่อเนื่องเป็นการผลิตสินค้าน้อยชนิดแต่ผลิตคราวละมาก ๆ ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ผลิตสินค้าจะอยู่กับที่ และอัตราการผลิตสูง อุปกรณ์นำส่งผลิตภัณฑ์เป็นสายพานหรือโรลเลอร์จากขั้นตอนแรก จนสำเร็จออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ พนักงานมีอัตราการมาทำงานไม่แน่นอนและการเข้า/ออกบ่อยเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก เช่นเดียวกันกับอัตราการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมของเครื่องจักร ทำให้เกิดความไม่แน่นอนเกิดขึ้นเป็นประจำของ SMEs

งานวิจัยที่ส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือวิศวกรรมอุตสาหการ (Industrial engineering tools: IE tools) ในการกำจัดความสูญเสียเช่น ไวรุจน อิ่มโพ และคณิศร ภูนิคม [1] นำแนวความคิดที่มุ่งเน้นไปที่บริเวณที่ซึ่งอาจจะมีความสูญเสียเกิดขึ้นด้วยหลักการ 5W1H และหลักการ ECRS เพื่อแสดงภาพรวมของกระบวนการผลิตน้ำดื่มประเภทถังน้ำดื่ม 20 ลิตร ซึ่งพบวาขั้นตอนของการผลิตก่อนการปรับปรุงจาก 17 ขั้นตอนการทำงาน หลังการปรับปรุงมีขั้นตอนการทำงาน 15 ขั้นตอน ลดลง 2 ขั้นตอนการทำงาน เช่นเดียวกับ เกวลิน รอดเจริญ และแสงจันทร กันตะบุตร [2] ประยุกต์ใชเครื่องมือวิเคราะหแผนผังสายธารคุณคาและประยุกตใชหลักการ ECRS เพื่อนำไปสูการลดตนทุนหรือกำจัดกิจกรรมฑ่ไมกอใหเกิดคุณคาและควบรวมกิจกรรมเพื่อลดเวลาในการผลิตเพื่อใหประสิทธิภาพในการดำเนินงานสูงขึ้น ทำใหเวลาผลิตเฉลี่ยรวมกิจกรรมตลอดการดำเนินงานลดลง 7.5% จารุเดช หิรัญวัฒนสุข, อริย บุญดำเนิน, และนิลวรรณ ชุ่มฤทฆ์ [3] นำแนวทางการเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพิมพ์ 2 สีในกระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าเครื่องพิมพ์ 2 สีมีค่าประสิทธิผลโดยรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 46% สาเหตุมาจากการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการเดินเครื่องใช้เวลานาน และพบการหยุดชะงักของเครื่องจักรการลดความสูญเสียจากการปรับตั้งด้วยเทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็วร่วมกับหลักการ ECRS ทำให้ อัตราการเดินเครื่องเพิ่มขึ้น

คณะผู้วิจัยพบว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้นำเสนอวิธีการหลากหลาย แล้วยังไม่วิธีการอื่นอีกหรือไม่ในการตอบสนองการผลิตแบบต่อเนื่อง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อสร้างระบบการผลิตแบบไหลภายในโรงงานผลิตน้ำดื่ม



รูปที่ 1 Value stream mapping ของกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด

2. กรณีศึกษา

ปัจจุบันธุรกิจผลิตน้ำดื่มมีมูลค่าทางตลาดสูงและมีผู้ประกอบการเป็นจำนวนมาก ซึ่งการผลิตน้ำดื่มมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้น ปัจจุบันบริษัท ABC น้ำดื่มจำกัด ที่ตั้ง จ.ขอนแก่น ก่อตั้ง เมื่อ 9 มกราคม 2544 ทำงานตั้งแต่วันจันทร์ – วันเสาร์ เวลา 08.00 น. 17.00 น. และช่วง High season ทำงานล่วงเวลาทุกวัน SMEs มีพนักงานทั้งหมด 18 คน พนักงานชาย 3 คนและพนักงานหญิง 15 คน พนักงานชายทั้ง 3 คนมีหน้าที่ซ่อมเครื่องจักร ขับรถ Forklift และจัดแพ็คน้ำดื่มบรรจุขวดลง Pallet พนักงานหญิงทั้ง 15 คนคือพนักงานฝ่ายผลิต อายุงานเฉลี่ยของพนักงาน 5 ปี

2.1 ระบบการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด

รูปที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด SMEs มี 3 ขนาด คือ 1) ขวดขนาดเล็กบรรจุ 350 มิลลิลิตร 2) ขวดขนาดกลางบรรจุ 600 มิลลิลิตร และ 3) ขวดขนาดใหญ่บรรจุ 1,500 มิลลิลิตร กระบวนการผลิตในปัจจุบันเป็นแบบต่อเนื่อง เริ่มจากลำเลียงขวดเปล่าเข้าสายการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด จากนั้นขวดไหลตามสายการผลิตเข้า 1) เครื่องล้างขวด 2) เครื่องบรรจุน้ำ 3) เครื่องปิดฝา 4) เครื่องติดฉลากขวด 5) เครื่องใส่ซีลฝาขวด 6) เครื่องสกรีนวัน เดือน ปี ที่ผลิต 7) เครื่องเป่าลมร้อนให้ซีลฝาขวดหดตัว 8) เครื่องนับขวดให้ครบโหล 9) เครื่องห่อพลาสติก 10) เครื่องเป่าลมร้อนให้พลาสติกหดตัว และเครื่องนับแพ็ค

2.2 ปัญหาในระบบการผลิต

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าปริมาณน้ำดื่มบรรจุขวดคงคลังมีปริมาณมาก เนื่องจาก SMEs มีขนาดน้ำดื่มบรรจุขวดไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า และหากตรวจสอบปริมาณน้ำดื่มแต่ละขนาดพบว่ามีปริมาณที่มากถึง 1.5 เท่าของปริมาณการสั่งซื้อประจำสัปดาห์ สาเหตุ SMEs กรณีศึกษา มีปริมาณสินค้าคงคลังมากจำเป็นต้องมีปริมาณน้ำดื่มคงคลังที่มาก เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้า เนื่องจากเป็นนโยบายของเจ้าของกิจการคือต้องมีน้ำดื่มบรรจุขวดให้กับลูกค้าทันที หรือหากไม่มีจะจัดให้มีสินค้าในวันถัดไป ทำให้ SMEs จำเป็นต้องผลิต Stock น้ำดื่มคงคลังให้ได้มากที่สุด แต่ก็ยังพบปัญหาอีกหลายประการที่ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต คือ การจัดผังโรงงานไม่เหมาะสม มีการจัดวางเครื่องจักรและพื้นที่เก็บสินค้าคงคลังไม่สอดคล้องกัน ทำให้เกิดความสูญเสียด้านระยะทางในการจัดส่งสินค้าในกระบวนการผลิต ซึ่งพบเป็นเงินมูลค่า 119,738 บาท และค่าเสียโอกาส 84,870 บาท รายละเอียดดังตารางที่ 1

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการพยากรณ์ (Forecasting) ยอดความต้องการของลูค้า ชาญชัย เหลาหา และคณะ [4] เสนอการพยากรณ์ยอดปริมาณการผลิตที่เหมาะสมสำหรับ SME อุตสาหกรรมน้ำดื่มว่าการพยากรณ์แบบ Cycle with trend for linear regression forecasting ตามสมการที่ (1) เหมาะสมกับขนาดบรรจุ 350 มล. และขนาดบรรจุ 1500 มล. สูตรค่าพยากรณ์ *Cycle with trend for linear regression forecasting*

$$D'_t = a + b \times t + u\cos[\theta xt] + v\sin[\theta xt] \quad (1)$$

สำหรับค่าตัวแปร a, b, u และ v หาค่าได้จาก

$$a = \bar{d} - b \times \bar{t} \quad (2)$$

$$b = \frac{\sum D_t \cos[\theta \times t] - \sum(txD_t) + \bar{D}\sum t + (\sum D_t \sin[\theta xt])(\sum t \sin[\theta xt])(\frac{2}{n})}{\frac{n}{12}(7-n^2) + \frac{2}{n}(\sum t \sin[\theta xt]^2} \quad (3)$$

$$u = \frac{2\left[\sum D_t \cos[\theta xt] - b(\frac{n}{2})\right]}{n} \quad (4)$$

$$V = \frac{2(\sum D_t \sin[\theta xt] - b\sum t \sin[\theta xt]}{n} \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (D_t - D'_t)^2}{(n-4)}} \quad (6)$$

แต่การพยากรณ์แบบ Cycle linear regression forecasting ตามสมการที่ (7) สูตรค่าพยากรณ์ *Cycle linear regression forecasting*

$$D'_t = a + u\cos[\theta xt] + v\sin[\theta xt] \quad (7)$$

สำหรับค่าตัวแปร a, u และ v หาค่าได้จาก

$$a = \bar{D} = \frac{\sum_{t=1}^{n} D_t}{n} \quad (8)$$

$$u = \frac{2\sum D_t \cos[\theta xt]}{n} \quad (9)$$

$$V = \frac{2\sum D_t \sin[\theta xt]}{n} \quad (10)$$

กำหนดให้ $\theta = \frac{2\pi}{N}$ โดยปกติจะกำหนดค่า N = 12 ดังนั้น

$$\theta = \frac{2 \times 180}{12} = 30$$

ค่าความคลาดเคลื่อน

$$S = \sqrt{\frac{\sum (D_t - D'_t)^2}{(n-3)}} \quad (11)$$

ตารางที่ 1 ความสูญเสียจากสินค้าคงคลังระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2559

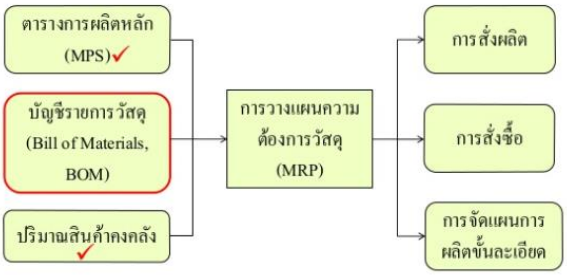
เดือน	จำนวนผลิต (แพ็ค)	จำนวนขาย (แพ็ค)	คงเหลือ (แพ็ค)	สะสม (สินค้า)	เสียโอกาส(บาท)	สินค้าคงคลัง(บาท)
ม.ค	11,718	9,568	2,150	2,150	-	49,450
ก.พ.	11,322	11,040	282	2,432	-	6,509
มี.ค.	11,245	11,673	-428	2,004	9,844	-
เม.ย.	11,409	10,752	657	2,661	-	15,111
พ.ค.	11,024	11,843	-819	1,842	18,837	-
มิ.ย.	10,318	10,420	-102	1,740	2,346	-
ก.ค.	10,922	10,203	719	2,459	-	16,537
ส.ค.	10,815	10,574	241	2,700	-	5,543
ก.ย.	9,757	11,383	-1,626	1,074	37,398	-
ต.ค.	10,486	11,201	-715	359	16,445	-
พ.ย.	10,379	9,727	652	1,011	-	14,996

เดือน	จำนวนผลิต (แพ็ค)	จำนวนขาย (แพ็ค)	คงเหลือ (แพ็ค)	สะสม (สินค้า)	เสียโอกาส(บาท)	สินค้าคงคลัง(บาท)
ธ.ค.	10,497	9,993	504	1,515	-	11,592
รวม	129,892	128,377	-	-	84,870	119,738

ตารางที่ 2 ค่าการพยากรณ์รวมกับค่า safety factor 3%

เดือน	ปริมาณการผลิตที่ต้องการ	วันทำงาน
ม.ค	(10,395+312-0) =10,707	24
ก.พ.	(10,632+319-312) = 10,639	24
มี.ค.	(10,875+326-319) = 10,882	27
เม.ย.	(11,059+332-326) = 11,065	23
พ.ค.	(11,253+338-332) = 11,259	26
มิ.ย.	(11,095+333-338) = 11,090	26
ก.ค.	(10,944+328-333) = 10,939	24
ส.ค.	(10,729+322-328) = 10,723	26
ก.ย.	(10,510+315-322) = 10,503	26
ต.ค.	(10,348+310-315) = 10,343	25
พ.ย.	(10,291+309-310) = 10,290	26
ธ.ค.	(10,356+311-309) = 10,358	23

ซึ่งเหมาะสมกับขนาดบรรจุ 600 มล.ซึ่ง ค่าการพยากรณ์ดังตารางที่ 2 ซึ่งเป็นค่าการพยากรณ์รวมกับค่า safety factor 3% เพื่อนำค่าดังกล่าวไปคำนวณความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning) โดยแนวคิดของระบบ MRP มุ่งเน้นการสั่งวัสดุให้ถูกต้องเพียงพอกับจำนวนที่ต้องการและในเวลาที่ต้องการ ดังรูปที่ 2 MRP flow



รูปที่ 2 MRP flow

เมื่อได้ค่า MRP แล้วออกแบบและวางผังโรงงานเพื่อจัดวางเครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์ คน สิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการผลิตให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และวางแผนกลยุทธ์การผลิต เป็นการวางแผนกลยุทธ์การวางแผนและควบคุมการผลิตการวางแผนและควบคุมการผลิต

ในการออกแบบโรงงานจำเป็นจะต้องมีหลักการทางวิทยาศาสตร์และศิลปะ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโรงงานที่ดี Immer ได้เสนอหลักการของการออกแบบและจัดวางผังไว้ในปี พ.ศ.2493 ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) นำปัญหาที่จะจัดวางลงในแผ่นกระดาษ 2) แสดงเส้นการไหล (Flow Lines) ระหว่างกิจกรรม ซึ่งจะเน้นกิจกรรมระหว่างหน่วยผลิตที่จะสามารถวัดการไหลได้ 3) เปลี่ยนเส้นการไหลโดยการจัดวางตำแหน่งเครื่องจักรใหม่

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การสั่งสินค้าแบบปัจจุบันยอดรวมการสั่งเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2559 ดังตารางที่ 3 หลอดฟรีฟอร์ม 30 ลัง ฝา 6 ลัง สั่งก่อนล่วงหน้า 7 วัน ส่วน ฉลาก 14 ม้วน แค็ปซีล 6 ม้วน สั่งก่อนล่วงหน้า 21 วัน เป็นเงินมูลค่า 71,600 บาท หลังจากนั้นการสั่งแบบ MRP ยอดรวมการสั่งหลอดพรีฟอร์ม 23 ลัง ฝา 4 ลัง ฉลาก 9 ม้วน

แค็ปซีล 4 ม้วน เป็นเงินมูลค่า 53,300 บาท การวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) ช่วยลดความสูญเสียจากการสั่งสินค้าคงคลังล่วงหน้าได้ 28.57% เป็นเงิน 18,300 บาท ดังตารางที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิรพร กุมวิจิตร [5] วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรีการวางแผนความต้องการวัสดุในงานขึ้นรูปเย็นกรณีศึกษา : บริษัท ที เอส เค ฟอร์จิ้ง จำกัด จากการศึกษาเรื่อง การวางแผนความต้องการ วัสดุในงานขึ้นรูปเย็น สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้ การนำระบบ MRP เข้ามาปรับปรุงระบบบริหาร วัสดุคงคลัง ในโรงงานผลิตตู้แช่ทำความเย็น สามารถ ลดจำนวนวัสดุที่ต้องจัดจ่าย เพื่อการผลิตลดลง 41.87%

ตารางที่ 3 ความต้องการพัสดุ มกราคม-กุมภาพันธ์ 2559

สินค้า	จำนวน	ราคา(บาท)
หลอดพรีฟอร์ม 350 มล.	4 ลัง	6,000
หลอดพรีฟอร์ม 600 มล.	13 ลัง	23,000
หลอดพรีฟอร์ม 1,500 มล.	13 ลัง	15,600
ฝา	6 ลัง	7,500
ฉลาก 350,600 มล.	8 ม้วน	6,000
แค็ปซีล	6 ม้วน	9,000
ฉลาก 1,500 มล.	6 ม้วน	4,500
รวม		71,600

การออกแบบและวางผังโรงงาน ลดระยะทางและเวลาที่ใช้ทั้งหมดใน 1 รอบการผลิต เปรียบเทียบแผนผังเดิมกับแผนผังเสนอที่ 1 ลดระยะทางลง 52 เมตรจาก 113 เมตร หรือ 46.02 % และลดระยะเวลา 3.54 นาที จาก 25.56 นาที หรือ 13.85 % เปรียบเทียบแผนผังเดิมกับแผนผังเสนอที่ 2 ลดระยะทางลง 22 เมตร จาก 113 เมตร และลดระยะเวลา 2.10 นาที จาก 25.56 นาที หรือ 8.22% จากข้อมูลสามารถเลือกแผนผังเสนอที่ 1 เนื่องจากใช้ระยะทางและระยะเวลาน้อยที่สุด ดังตารางที่ 5 ผลที่ได้จากการวางผังโรงงาน ลดระยะทางและเวลาที่ใช้ทั้งหมดใน 1 รอบการผลิต เปรียบเทียบแผนผังเดิมกับแผนผังเสนอที่ 1 ลดระยะทางลง 52 เมตรจาก 113 เมตร หรือ 46.02 % และลดระยะเวลา 3.54 นาที จาก 25.56 นาที หรือ 13.85 % ส่งผลให้เวลาของระบบโดยรวมลดลงและทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของผังโรงงานเพิ่มขึ้น ทำให้การไหลของงานเป็นระเบียบและลดความเมื่อยล้าของคนงานลงได้ ซึ่งงานวิจัยของชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ และคณะ [6] มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรณีศึกษา โรงงานทำแม่พิมพ์สำหลับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการปรับปรุงผังโรงงานโดยนำวิธีการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) มาประยุกต์ใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บข้อมูล กระบวนการผลิตและเส้นทางการเดินงาน การวิเคราะห์ไหลของงานด้วยแผนภูมิกระบวนการผลิต (Process Chart) และแผนภูมิแสดงการไหลของกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4 ความต้องการพัสดุหลังการดำเนินการ MRP มกราคม-กุมภาพันธ์ 2560

สินค้า	จำนวน	ราคา(บาท)
หลอดพรีฟอร์ม 350 มล.	2 ลัง	3,000
หลอดพรีฟอร์ม 600 มล.	11 ลัง	19,800
หลอดพรีฟอร์ม 1,500 มล.	10ลัง	12,000
ฝา	4 ลัง	5,000
ฉลาก 350,600 มล.	6 ม้วน	4,500
แค็ปซีล	4 ม้วน	6,000
ฉลาก 1,500 มล.	4 ม้วน	3,000
รวม		53,300

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการวางผังโรงงานแบบใหม่กับแบบเดิม

รายการ	แบบเดิม	แบบที่ 1	แบบที่ 2
เวลา	113	61	91
ระยะทาง	115.56	112.02	113.46

โดยพิจารณาถึงระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุในการทำงานจากผังโรงงานก่อนการจัดผังใหม่และผังโรงงานหลังจากการจัดวางผังใหม่แล้วพบว่าการขนถ่ายวัสดุมีระยะที่ลดลง 40.7 % จาก 153.07 เมตร ลดลงเหลือ 90.78 เมตร

5. สรุป

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการอีกแนวทางเพื่อกำจัดความสูญเสียในการผลิตแบบต่อเนื่อง ดังนั้นจากผลการศึกษาสร้างระบบการผลิตแบบไหลภายในโรงงานผลิตน้ำดื่มสามารถลดการสั่งซื้อสินค้าคงคลังล่วงหน้าวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) 28.57% ลดความสูญเสียจากต้นทุนจมจากการประยุกต์ใช้ระบบคัมบังเป็นเงินเท่ากับ 78,338 บาท หรือสามารถลดต้นทุนจมจากการเก็บสินค้าคงคลังได้ 65.54% ลดระยะทาง 46.02 % และระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต ลดลง 13.85 %

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณโรงงานผลิตน้ำดื่ม จ. ขอนแก่นในการสนับสนุนด้านข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ไวรุจน อิ่มโพ และ คณิศร ภูนิคม (2017). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำดื่มด้วยแนวคิดแบบลีน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำดื่มธารทิพย, SNRU Journal of Science and Technology, vol. 9 (3), หน้า 653-660.

[2] เกวลิน รอดเจริญ และแสงจันทร กันตะบุตร (2560) การประยุกตใชแผนผังสายธารคุณคาในการจัดการกระบวนการผลิตของโรงพิมพขนาดเล็ก กรณีศึกษาโรงพิมพรุงเจริญการพิมพ์, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น, vol.11 (2 เมษายน 2560 - มิถุนายน 2560)

[3] จารุเดช หิรัญวัฒนสุข, อริย บุญดำเนิน, และนิลวรรณ ชุ่มฤทฏ์, (2561), การเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพิมพ์ 2 สีในกระบวนการผลติกล่องกระดาษลูกฟูก, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 29 (1 มกราคม-มีนาคม 2561)

[4] ชาญชัย เหลาหา, ฉัตรแก้ว สุริยะภา, ชนะศักดิ์ อินตะโคตร, สุทัศน์ โพธิ์พิธี, ศุภฤกษ์ หาญอาษา และอานนท์ ไชยสมคุณ (2017) การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับ SME อุตสาหกรรมน้ำดื่ม, การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017, 25-26 ธันวาคม 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดสุรินทร์

[5] นิรพร กุมวิจิตรม (2556) การวางแผนความต้องการวัสดุในงานขึ้นรูปเย็นกรณีศึกษา : บริษัท ที เอส เค ฟอร์จิ้ง จำกัด วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรีปีการศึกษา 2556

[6] ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์, เฉลิมชนม์ ไวศยดำรง, และวันชัย รัตนวงศ์ ม.ป.ท.กรณีศึกษา โรงงานทำแม่พิมพ์สำหลับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบที่นั่งพักนักศึกษาภายในอาคารเรียน

Design and Construction of Indoor Rest Seating Prototypes for University Students

ยุทธการ อาจารีย์* และ กิตติชัย ม้าลำพอง

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนน ประชาราษฎร์สาย 1 แขวง วงศ์สว่าง เขต บางซื่อ จังหวัด กรุงเทพ รหัสไปรษณีย์ 10800
*ผู้ติดต่อ: asalinee@gmail.com , เบอร์โทรศัพท์ 0899271500

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างชุดต้นแบบที่นั่งพักของนักศึกษาที่สามารถลดปัญหาด้านความเสียหายต่างๆ และแก้ปัญหาการใช้งานที่เคยเกิดกับชุดที่นั่งที่ผลิตจากไม้เนื้อแข็ง ที่นั่งม้าหินหรือที่นั่งพลาสติกเสริมโครงเหล็ก รวมถึงประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนในกระบวนการผลิตต่างๆ และใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาการออกแบบเครื่องเรือนให้กับผู้ใช้งานได้อย่างสอดคล้องกับสภาวะการณ์ ชุดที่นั่งพักที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถใช้แก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้ที่นั่งอย่างผิดวิธีของนักศึกษา ซึ่งมีผลทำให้เก้าอี้ที่มีอยู่เดิมเกิดการชำรุดเสียหายจากสาเหตุใหญ่ 3 ประการ คือ (1) พฤติกรรมจากนิสัยส่วนตัว (2) พฤติกรรมการใช้งานจากกิจกรรมการศึกษาที่กำลังดำเนินอยู่ และ (3) พฤติกรรมการใช้งานจากชีวิตสังคมของกลุ่มนักศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบชุดที่นั่งในรูปแบบที่มีความคุ้มค่าในการใช้งานและสามารถจัดวางชุดที่นั่งลงในพื้นที่จำกัด รวมทั้งสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ในทุกพฤติกรรม โดยออกแบบชุดที่นั่งใน 4 รูปแบบ ได้แก่ ชุดที่นั่งแบบ 4 ที่นั่ง พื้นที่จัดวาง 2.25 ตารางเมตร ชุดที่นั่งแบบ 6 ที่นั่ง พื้นที่จัดวาง 3.00 ตารางเมตร ชุดที่นั่งแบบ 8 ที่นั่ง พื้นที่จัดวาง 2.56 ตารางเมตร และ ชุดที่นั่งแบบ 8 ที่นั่ง พื้นที่จัดวาง 3.24 ตารางเมตร ซึ่งประยุกต์มาจาก 3 รูปแบบแรก จากการเปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งาน พบว่าลักษณะชุดที่นั่งแบบ 8 ที่นั่ง ที่พื้นที่จัดวาง 3.24 ตารางเมตร มีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำมาสร้างเป็นชุดที่นั่งต้นแบบ เนื่องจากใช้พื้นที่จัดวางที่คุ้มค่าต่อการรองรับการนั่งของ 8 คน ผู้นั่งสามารถหมุนเก้าอี้ได้รอบโต๊ะ ทำให้สะดวกในการใช้งานและเก้าอี้นั่งจะยึดติดกับชุดที่นั่งทั้งหมดไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาซ่อมแซม และมีต้นทุนการผลิตไม่สูงมาก

คำหลัก: การออกแบบ, ชุดที่นั่งพักต้นแบบ, ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

This research aims to design and create rest seating prototypes indoor to lessen damage and to solve potential problems of furniture made from solid wood, stone, or steel-reinforced plastic. The economic cost and production analysis were taken into account for more practical considerations in using the model-based structure. The developed model can reduce potential problems from seat misuse patterns, which occur from (1) individual's personal behavior; (2) usage behavior of ongoing activities; and (3) basic uses in the social process. In the study, 4 categories of seating were created

emphasizing effectiveness, usage in the indoor restricted seating area, and enhanced practicality. We presented the 4-seat arrangement, 6-seat, 8-seat, and the improved 8-seat adjusted from the former types, with the surface space of 2.25, 3.00, 2.56, and 3.24 square meters respectively. As results, the latest type indicates the optimal set for creating a prototype due to its most effective seating layout, enhanced convenience from swivel type and permanent seating, combined with reasonable costs of production and maintenance.

Keywords: design, rest seating prototypes, economic cost

1. บทนำ

ความเป็นมาของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาถึงแนวทางออกแบบและสร้างชุดต้นแบบสำหรับที่นั่งพักเพื่อใช้แก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้งานอย่างผิดวิธีของนักศึกษา ซึ่งสร้างความเสียหายต่อเก้าอี้นั่งพักทั่วไปที่มีอยู่ในอาคารเรียน การใช้งานอย่างผิดวิธีของนักศึกษาเหล่านี้ได้ส่งผลให้ชุดเก้าอี้นั่งพักประเภทม้ายาว (Bench) หรือโต๊ะเก้าอี้แบบต่างๆ ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นเกิดการชำรุดเสียหายอย่างง่ายดาย ทำให้มีภาระในการตรวจซ่อมหรือซื้อเพิ่มใหม่อยู่ทุกปี คิดเป็นมูลค่าความเสียหายมากกว่า 50,000 บาทต่อปี

จากผลของการใช้เก้าอี้ที่นั่งพักอย่างผิดประเภทและผิดวิธีของการใช้งาน จึงทำให้ผู้วิจัย ได้ทำการออกแบบและสร้างต้นแบบชุดนั่งพักสำหรับนักศึกษาสำหรับใช้ภายในอาคาร ที่สามารถรองรับต่อพฤติกรรมการใช้งาน ของนักศึกษาได้อย่างแท้จริง โดยเน้นให้มีความทนทานสูง ด้วยต้นทุนในการผลิตที่ต่ำลงเมื่อเทียบกับราคาของที่นั่ง แบบเดิมที่มีใช้กันทั่วไป

สาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชุดที่นั่งพักนักศึกษา โดยทั่วไปนั้นจะเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุใหญ่ 3 ประการ คือ

1) เนื่องจากพฤติกรรมของนักศึกษาจากอารมณ์หรือนิสัยส่วนตัวเป็นพื้นฐาน

2) เนื่องจากพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดจากกิจกรรมการศึกษาที่กำลังดำเนินอยู่

3) เนื่องจากพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดจากกิจกรรมชีวิตสังคมของกลุ่มนักศึกษาเอง

ดังนั้นจากพฤติกรรมดังกล่าว ทำให้ส่งผลต่อความเสียหายต่างๆ ต่อชุดที่นั่งที่ใช้กันในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 1 พฤติกรรมของผู้ใช้และความเสียหายที่ตามมาของการใช้งานชุดที่นั่งของนักศึกษาในปัจจุบัน แบ่งเป็นเปรียบเทียบที่นั่งสองประเภท ได้แก่ โต๊ะหิน ม้านั่งหินรอบโต๊ะ และ เก้าอี้นั่งยาว (Bench) หรือเก้าอี้นั่งเดี่ยว

ตารางที่ 1 พฤติกรรมของผู้ใช้และความเสียหายที่ตามมาของการใช้งานชุดที่นั่งพักของนักศึกษาในปัจจุบัน

ประเภทที่นั่ง	พฤติกรรมของผู้ใช้	ความเสียหายที่เกิดขึ้น
โต๊ะหิน และม้านั่งหินรอบโต๊ะ (Round Table)	- ถูกยกย้ายไปมา - มีน้ำขังบนผิวโต๊ะจากเครื่องดื่ม,อาหาร เกิดคราบสกปรก และเป็นภาระในการทำความสะอาด	- ขอบปูนบิ่น แตกร้าว ตัวโต๊ะและม้านั่งไม่ตั้งรวมกลุ่มเป็นชุดเดียวกัน -เกิดรอยเปื้อน สกปรกบนแผ่นที่นั่ง (Seat Rest) เนื่องจากสิ่งสกปรกจากการถูกเหยียบย่ำ โดย นศ.ที่นั่ง-นอนบนแผ่นโต๊ะ
เก้าอี้นั่งยาว (Bench) หรือเก้าอี้นั่งเดี่ยวที่ตั้งวางรอบโต๊ะ	-ถูกใช้นั่งบนขอบส่วนพิงหลัง (Back Rest) -ถูกใช้เป็นที่นอนบนแผ่นพื้นโต๊ะ -ถูกใช้วางของที่มีน้ำหนักมาก ถูกใช้เป็นแท่นรองชิ้นงานในการตัด เจาะ ตอก เป็นต้น -ถูกยกย้ายไปใช้งานอื่นส่วนตัว	- ผิวที่นั่งชำรุด - โครงเก้าอี้เสียรูป บิดงอ - เก้าอี้สูญหายไปจากบริเวณเดิมที่กำหนดให้ใช้นั่งพักผ่อน

เหตุการณ์ทั้งหมดดังกล่าวนี้ คือ สาเหตุหลักของความเสียหายที่เกิดขึ้นซึ่งสร้างภาระให้แก่องค์กรในการจัดซ่อมแซม และตรวจรักษาความเรียบร้อยของชุดที่นั่งเหล่านี้ที่บริเวณจัดวางไว้ มากกว่า 20 ตำแหน่ง ในแต่ละปีการศึกษา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาถึงแนวทางการออกแบบชุดที่นั่งของ นักศึกษาให้มีประสิทธิภาพ สามารถลดปัญหาด้านความ เสียหายต่างๆ ที่เคยเกิดกับชุดที่นั่งเดิมที่ใช้ภายในอาคาร

2.2 เพื่อสร้างชุดต้นแบบและใช้เป็นต้นแบบในการศึกษา การทำงานออกแบบเครื่องเรือนประเภทต่างๆ ที่สอดคล้องกับการใช้งานตามสภาวะการณ์นั้นๆ

2.3 เพื่อประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของชุดต้นแบบ ที่สร้างขึ้น ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดค่าใช้จ่ายในการ บำรุงรักษา การซ่อมแซม

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้กระบวนการออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเกิดผลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ [1]

3.1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น (ด้วยกระบวนการทาง สถิติ)

- ลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้น และสาเหตุ
- ปริมาณความเสียหายตลอดหนึ่งปี
- พฤติกรรมการใช้ชุดที่นั่งของนักศึกษาที่ผิดปกติวิสัย
- ค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนที่นั่งพัก และจำนวนผู้ใช้ ทั้งหมด

3.2 การแจกแจงสภาพความเสียหาย และมูลค่าการ ซ่อมแซม

- ที่สามารถซ่อมแซมได้เนื่องจากค่าใช้จ่ายไม่สูง และ นำเข้าสู่ห้องประลองงานเพื่อใช้ประกอบการฝึกซ่อมต่อไป
- ที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้เนื่องจากค่าใช้จ่ายไม่สมกับมูลค่าซ่อม รอการจำหน่าย-ตีราคาค่าเสื่อม ฯลฯ

3.3การพิจารณาแนวคิดออกแบบ ในรูปแบบที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด

3.4 รูปแบบของการจัดวางชุดที่นั่งพัก

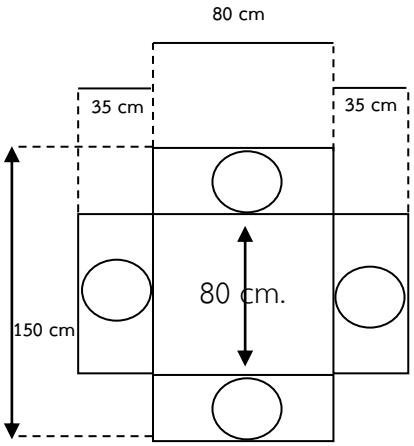
- ให้มีจำนวนการนั่งมากที่สุด บนพื้นที่จัดวางที่น้อยที่สุด
- ให้สามารถป้องกันการนำไปใช้งานอย่างผิดวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังได้กล่าวไปแล้วในเรื่องของ “สาเหตุความเสียหายที่เกิดขึ้น”
- ให้สามารถผลิตและซ่อมบำรุงได้สะดวกด้วยความสามารถของนักศึกษาเอง

3.5 วิธีการผลิต (Production) ที่มีค่าดำเนินการต่ำและสะดวกในกระบวนการผลิต [2]

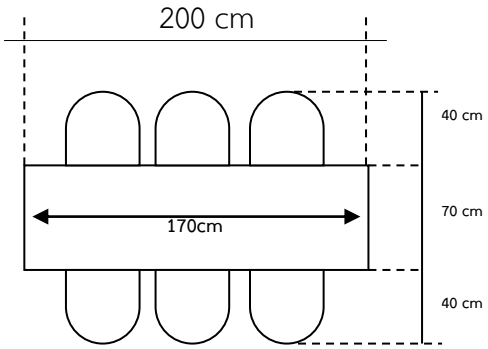
3.6 การซ่อมบำรุง (Maintenance) ที่มีค่าดำเนินการต่ำและสะดวกในการซ่อมบำรุง สำหรับการบำรุงรักษาประจำวัน และการบำรุงรักษาประจำปี

แนวคิดช่วยการออกแบบ

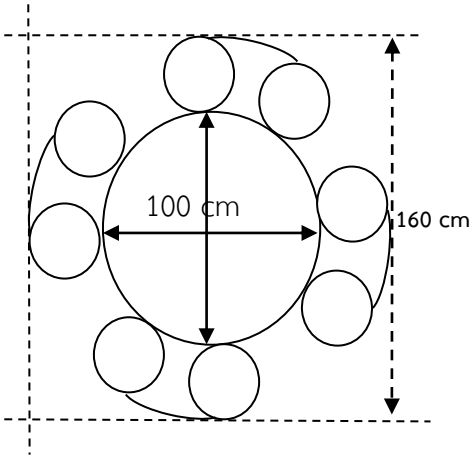
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบชุดที่นั่งพัก 4 รูปแบบ คือ ชุดที่พักจำนวน 4 ที่นั่ง 1 รูปแบบ (รูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส) ชุดที่พักจำนวน 6 ที่นั่ง 1 รูปแบบ (รูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า) และชุดที่นั่งพักจำนวน 8 ที่นั่ง 2 รูปแบบ (รูปแบบชุดกลม) เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดวางโต๊ะแบบต่างๆ บนพื้นที่ใช้งาน [3] การเปรียบเทียบรูปแบบการจัดวางชุดที่นั่งพักแบบต่างๆ บนพื้นที่ใช้งาน แสดงดังรูปที่ 1-4



รูปที่ 1 การออกแบบชุดที่นั่งพัก 4 ที่นั่ง พื้นที่วาง 2.25 ตารางเมตร



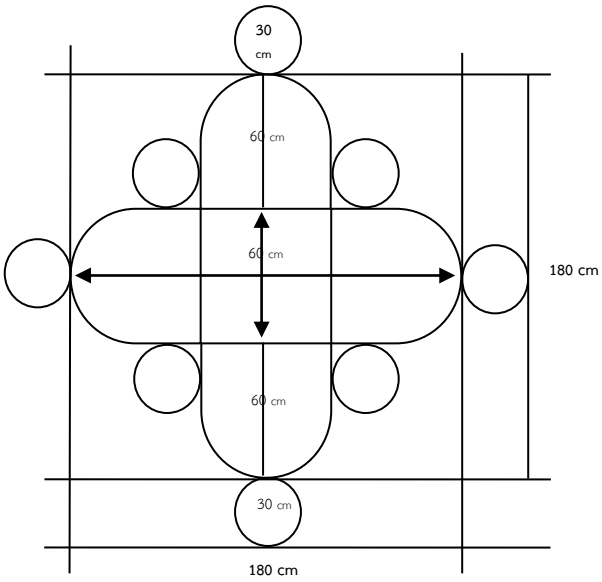
รูปที่ 2 การออกแบบชุดที่นั่งพักแบบ 6 ที่นั่ง พื้นที่วาง 3.00 ตารางเมตร



รูปที่ 3 การออกแบบชุดที่นั่งพัก 8 ที่นั่ง พื้นที่วาง 2.56 ตารางเมตร

จากรูปแบบชุดที่นั่งทั้ง 3 แบบ ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์เป็นรูปแบบที่ 4 เป็นชุดนั่งพัก 8 ที่นั่ง ขนาดพื้นที่วาง 3.24 ตารางเมตร

จากรูปแบบพื้นฐานดังกล่าว จะแสดงถึงการใช้พื้นที่จัดวางชุดที่นั่งและจำนวนผู้นั่ง ซึ่งในการจัดวางชุดที่นั่งเพื่อรองรับจำนวนผู้ใช้งานจำนวนมากนั้นจะไม่ได้เกิดจากปริมาณการวางชุดโต๊ะให้มีจำนวนมากลงบนพื้นที่วางซึ่งมีจำนวนจำกัด ผู้ออกแบบจึงต้องพิจารณาการออกแบบรูปแบบของชุดที่นั่งเพื่อให้ได้รูปแบบที่คุ้มค่ากับการวางลงบนพื้นที่จำกัด [4]



รูปที่ 4 การออกแบบชุดที่นั่งพัก 8 ที่นั่งที่ประยุกต์ จาก 3 รูปแบบแรก พื้นที่วาง 3.24 ตารางเมตร

จากการเปรียบเทียบรูปแบบพื้นฐานของรูปร่างชุดที่นั่งทั้ง 4 แบบ ที่มีรูปแบบชุดกลม ชุดที่นั่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสและแบบชุดที่นั่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะได้แนวคิดดังนี้คือ รูปแบบชุดที่นั่งพัก 4 ที่นั่ง จะใช้พื้นที่ 2.25 ตารางเมตร รูปแบบชุดที่นั่งพัก 6 ที่นั่ง จะใช้พื้นที่ 3.00 ตารางเมตร รูปแบบชุดที่นั่งพัก 8 ที่นั่ง จะใช้พื้นที่ 2.56 ตารางเมตร (ตามรูปที่ 3) และ รูปแบบชุดที่นั่งพัก 8 ที่นั่ง จะใช้พื้นที่ 3.24 ตารางเมตร (ตามรูปที่ 4) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการใช้รูปแบบชุดที่นั่ง 8 ที่นั่ง ในรูปแบบที่ 4 จะ

ใช้พื้นที่จัดวางที่ 3.24 ตารางเมตร ซึ่งถือได้ว่าเป็นการใช้พื้นที่จัดวางที่คุ้มค่าต่อการรองรับการนั่งของ 8 คน ถึงแม้ว่าจะใช้พื้นที่มากกว่าชุดที่นั่งพัก 8 ที่นั่งในรูปแบบที่ 3 เพราะผู้นั่งสามารถหมุนเก้าอี้ได้รอบโต๊ะ โดยผู้นั่งสามารถได้รับพื้นที่ใช้งานบนผิวโต๊ะที่มากกว่า สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้โดยมีพื้นที่ให้ความเป็นส่วนตัว เมื่อต้องการนั่งเป็นกลุ่มย่อยก็สามารถแยกกันนั่งบนโต๊ะตัวเดียวกันนี้ ทำให้สะดวกในการใช้งาน และเก้าอี้นั่งจะยึดติดกับชุดที่นั่งทั้งหมด ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้

วิธีการหาจำนวนชุดที่นั่งที่ต้องการให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีและจำนวนผู้ใช้

a. พื้นที่ชุดที่นั่งแบบที่ 4

พื้นที่ top โต๊ะ + พื้นที่นั่ง ขนาด 0.30×.030 รวม 8 ที่ = 2.52 ตารางเมตร + 0.72 ตารางเมตร = 3.24 ตารางเมตร

b. พื้นที่ชุดที่นั่งแบบที่ 3 คือชุดที่นั่ง 8 ที่นั่งรอบโต๊ะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 ซม. และม้านั่งรอบโต๊ะเท่ากับ 2.56 ตารางเมตร เพราะฉะนั้นชุดนั่งแบบที่ 3 ใช้พื้นที่วางบนพื้นน้อยกว่า เท่ากับ 3.25-2.56 = 0.68 ตารางเมตร แต่ชุดที่นั่งแบบที่ 4 สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับชุดที่นั่งที่ใช้ในปัจจุบันได้ตรงตามวัตถุประสงค์ทุกประการมากกว่าชุดที่นั่งแบบที่ 3 ดังนั้น

(1) ผู้ออกแบบจึงเลือกใช้ชุดที่นั่งแบบที่ 4 มาสร้างเพื่อจัดวางลงบนพื้นที่ว่างบริเวณหน้าห้องเรียน

(2) ราคาต้นทุนค่าก่อสร้างชุดที่นั่งแบบที่ 4 มีต้นทุนในการผลิตต้นแบบ 30,000 บาท/ชุด ประมาณการในการผลิตในทางการค้าจะมีราคาชุดละ 18,000 บาท คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์เนื่องจากมีความคงทนในการใช้งาน ลดภาระในการทำความสะอาด การซ่อมแซม

(3) เนื่องจากพื้นที่โล่งหน้าห้องเรียนมีขนาด 4 เมตร 50 เมตร เท่ากับ 200 ตารางเมตร ตามเกณฑ์การใช้อาคารจะต้องมีพื้นที่เหลือว่างเว้นเพื่อเป็นทางสัญจรไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของพื้นที่ hall way ทำให้มีพื้นที่ในการวางชุดที่นั่ง 140 ตารางเมตร ดังนั้นสามารถรองรับชุดที่นั่งได้ทั้งหมด 140 ตารางเมตร/3.24 ตารางเมตร = 43 ชุดที่นั่ง และรองรับผู้นั่งได้ทั้งหมด 43 × 8 ที่นั่ง = 344 คน

(4) จำนวนนักศึกษาที่ใช้งานในช่วงเวลาต่างๆ ต่อวัน ตั้งแต่ช่วงเวลา 7.30-18.00 น.

ช่วงเวลาใช้	พฤติกรรมผู้ใช้	จำนวนคนเฉลี่ย/วัน
7.30 -8.10	รอเข้าเรียน	260
9.30 -10.00	รอเข้าเรียน	160
11.30 -12.40	นั่งพักกลางวัน	200-300
12.40 -13.00	รอเข้าเรียน	200
13.00 -16.00	ทำงาน/สันทนาการ	20-40
16.00 -18.00	ทำงาน/กิจกรรม	10-60

จากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่า ค่าสูงสุดของผู้ใช้คือ 300 คนในช่วงเที่ยงวัน และค่าเฉลี่ยของผู้ใช้ประมาณ 260 คน เพราะฉะนั้นจะต้องใช้ชุดที่นั่งแบบที่ 4 จำนวน 260 คน/8 คน เท่ากับ 32.5 ชุด ประมาณเป็น 33 ชุด และต้องใช้พื้นที่ในการจัดวางชุดที่นั่งทั้งหมดเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานตามจำนวนคน คือ 33 ชุด×3.25 ตารางเมตร เท่ากับ 107.25 ตารางเมตร

จากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมา ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ลักษณะการนั่งแบบ 8 ที่นั่งตามรูปแบบที่ 4 มาเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างชุดที่นั่งต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาต่างๆในการใช้งานได้ โดยการสร้างชุดต้นแบบดำเนินการสร้างจำนวน 2 ชุด โดยมีลักษณะของขาโต๊ะเป็น 2 รูปแบบ คือ ชุดต้นแบบที่ 1 ขาโต๊ะที่เป็นโลหะผสมกับไม้ และชุดต้นแบบที่ 2 ขาโต๊ะที่ใช้โลหะเพียงอย่างเดียว [5][6] ชุดที่นั่งต้นแบบทั้งสองชุดจะวางไว้บริเวณ ชั้น 4 ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งเป็นอาคารเรียนรวม อาคาร คสล. 9 ชั้น ขนาดพื้นที่ไม่น้อย กว่า 8,500 ตารางเมตร เป็นอาคารเรียนของภาควิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา และภาควิชา

เทคโนโลยี วิศวกรรมอุตสาหการวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

4. ผลการทดลอง

ตามรูปประกอบรูปที่ 1-8 แสดงชุดที่นั่งแบบ 8 ที่นั่ง ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและศึกษาว่ามีความเหมาะสมในการใช้งานมากที่สุด และสร้างเป็นต้นแบบจำนวน 2 ชุด เพื่อทดลองใช้งานกับนักศึกษาทั้งระดับ ปวช.ปละระดับปริญญาตรี ผลการใช้งานเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่คาดหวัง พร้อมการทำ Feed back ภายหลังการทดลองใช้ตลอดปีการศึกษา



รูปที่ 5 พฤติกรรมการใช้ชุดที่นั่งพักของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวนประมาณ 400 คน ต่อภาคการศึกษา



รูปที่ 6 พฤติกรรมการใช้ชุดที่นั่งพักของนักศึกษาระดับ ปวช. จำนวนประมาณ 1,500 คน ต่อภาคการศึกษา



รูปที่ 7 การใช้งานที่นั่งที่ต้องการเพิ่มขยายพื้นที่นั่ง (seat rest) ในกรณีที่ผู้นั่งมีร่างกายขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน สามารถขยายพื้นที่นั่งได้อีก 1 เท่าจากเดิม (เดิมคือ 40×40 ซม.)



รูปที่ 8 รูปร่างไม้เสริมช่วยลดแรงบิดระหว่างรอยต่อประกอบพื้นแผ่นโต๊ะ มีรูปร่าง dog bone ทำด้วยเศษไม้ para-joist ที่เหลือจากกระบวนการผลิตชุดที่นั่งนี้

ตามรูปที่ 9-11 แสดงการเปรียบเทียบชุดที่นั่งพัก ต้นแบบ 2 ชุด ที่มีการใช้วัสดุประกอบขาโต๊ะที่เป็นโลหะผสมกับไม้ และขาโต๊ะที่ใช้โลหะเพียงอย่างเดียว พบว่า ทั้งสองรูปแบบประสิทธิภาพการใช้งานดีเท่ากัน



รูปที่ 9 รูปแบบโครงสร้างโลหะใช้ประกอบร่วมแผ่นไม้ยางพาราชนิดอัดประสาน ขนาด ¾ นิ้ว



รูปที่ 10 ชุดที่นั่งพักต้นแบบที่ 1 ที่มีการใช้ไม้ยางมาประกอบร่วมกับโลหะในการทำขาโต๊ะ



รูปที่ 11 ชุดที่นั่งพักต้นแบบที่ 2 ที่มีขาโต๊ะเป็นโลหะล้วน

ชุดที่นั่งพักทั้งสองแบบ มีการติดตั้งการติดตั้งแผ่นไม้ที่นั่งประกอบร่วมกับโครงเหล็กรับที่นั่ง [7] ที่สามารถเลื่อนเข้าออกได้ [8]



รูปที่ 12 การขยายที่นั่งให้มีขนาดกว้างขึ้น โดยการหมุนแท่นคานโลหะเพื่อรับที่นั่งให้ชิดหากัน พร้อมการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการการอ่านและที่ชาร์ตไฟ 12 โวลต์

การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการสร้างชุดที่นั่งพักต้นแบบ

1. ต้นทุนในการจัดทำชุดต้นแบบ ราคาประมาณ 30,000 บาท (ยังมิใช่ราคาของการผลิตในระบบโรงงาน)

2. ลดความเสียหายที่เกิดจากการใช้งาน เนื่องจากชุดที่ออกแบบมีความทนทานกว่า

3. ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ซ่อมแซมได้ตลอดปี รวมทั้งลดภาระแรงงานของพนักงานทำความสะอาดเ

4. ถึงแม้ว่ากระบวนการผลิตชุดที่นั่งพักในงานวิจัยนี้จะมีความยุ่งยากกว่าชุดที่นั่งอื่น แต่ก็ส่งผลเฉพาะเรื่องค่าแรงในการผลิตที่เพิ่มขึ้นเพียง 20% เท่านั้น

5. สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

ในงานวิจัยการออกแบบและสร้างชุดที่นั่งพักนักศึกษาภายในอาคารเรียน สามารถแก้ปัญหาในเรื่องของพฤติกรรมผู้นั่งที่เคยใช้ที่นั่งอย่างผิดปกติวิสัยได้ดี ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

5.1 สามารถยุติพฤติกรรมการใช้แผ่นโต๊ะเป็นที่นั่งและที่นอนเล่น ซึ่งผิดวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

5.2 สามารถยุติพฤติกรรมการเคลื่อนย้ายโต๊ะและที่นั่งให้แยกออกจากกัน

5.3 สามารถยุติพฤติกรรมการวางทิ้งถ้วยน้ำต่างๆ บนแผ่นโต๊ะและที่นั่งได้ดี

5.4 สามารถลดพฤติกรรมการใช้แผ่นรองโต๊ะเป็นที่ตัด หรือกรีดกระดาษ

5.5 สามารถลดพฤติกรรมการสร้างความสกปรกเปรอะเปื้อนบนแผ่นโต๊ะ

5.6 สามารถให้ความทนทานได้ดีกว่าชุดที่นั่งรูปแบบเดิมที่เคยใช้ ประมาณ 4 เท่า

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนนักวิจัย จากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ยุทธการ อาจารีย์. (2556). *การออกแบบผลิตภัณฑ์*, กรุงเทพฯ : Asia Digital Press Co.Ltd.

[2] โชคชัย เร่งกำเนิด, นาเวศ คีตะวงศ์ และ อลงกรณ์ แก้วจรูญ. (2547). *การสร้างวัสดุเชิงประกอบจากเศษไม้แบบเก่า*, (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ).

[3] Breyer, Cobeen K.E., Fridley K.J. and Pollock D.G. (2015). *Design of Wood Structures*, 7th edition, McGRAW-Hill,Inc.,USA.

[4] Kerzner H. (2017). *Project Management A Systems Approach to Planning Scheduling and Controlling*, 12nd edition, John Wiley & Sons,Inc.

[5] พรรณนิภา เชาวนะ. (2560). *คู่มือเทคโนโลยีการยึดติดไม้*, นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

[6] มนัส อนุศิริ. (2552). *การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก*, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[7] วรัท พรหมโชติกุล. (2541). *ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ขนาดเล็ก*, กรุงเทพฯ: ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักงานวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

[8] Striebig B. A., Ogundipe A.A. and Papadal M. (2016). *Engineering Applications in Sustainable Design and Development*, Cengage Learning.,Boston USA. D.E.

การประเมินความเสี่ยงของการทำงานโดยวิธีทางการยศาสตร์ในงานตะไป

Ergonomics assessment in the Filing

ปัญญา วินทะไชย*, จารุวิทย์ ศรีรัตนกูล และ นางสาวอรอุมา บัวบรรเทา

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่อยู่ 150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000

*panya.wi@rmuti.ac.th, 0868606080

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงของการทำงานโดยวิธีทางการยศาสตร์ในงานตะไบ โดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ประกอบด้วย แบบสอบถามภาวะความไม่สบายจากการทำงาน แบบประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ผลการศึกษาพบว่าผลการประเมินภาวะความไม่สบายจากการทำงานพบว่า มีความรู้สึกเจ็บปวดที่บริเวณหลัง แขน คอ และไหล่ ตามลำดับ และการประเมินความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA พบว่า มีท่าทางการทำงานส่วนใหญ่มีความเสี่ยงสูงมาก ควรมีการแก้ไขวิธีการทำงาน หรือลักษณะท่าทางการทำงานโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ผลการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยพิจารณาตามเกณฑ์ของ Brouha พบว่าภาระการทำงานอยู่ในเกณฑ์ภาระงานหนัก ไม่พบสัญญาณการฟื้นตัว

คำหลัก: การยศาสตร์, ประเมินความเสี่ยง, การวัดอัตราการเต้นหัวใจ

Abstract

This research aims to analyze the ergonomics risk by using ergonomics in the filing using an ergonomic risk assessment form: body discomfort, REBA (Rapid Entire Body Assessment), and heart rate measurement. The study found that the ergonomics posture assessment resulting from body discomfort assessment and REBA are related. Furthermore, most working postures entail high risks. In addition, the heart rate measurement prior to improving based on Brouha criteria was found that the workload of the students was heavy and no recovery signs were found.

Keywords: ergonomics, risk assessment, heart rate measurement

1. บทนำ

งานตะไบเป็นกระบวนการสุดท้ายของการปรับแต่งผิวชิ้นงานให้ได้ขนาดและส่วนเว้าส่วนโค้งตามต้องการ โดยนักศึกษาทุกคนต้องศึกษาชนิด คุณสมบัติของตะไบ และต้องฝึกให้มีความเชี่ยวชาญในการใช้ตะไบจึงจะสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ละเอียด ประณีตและมีประสิทธิภาพ หากโต๊ะตะไบที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติงานมีขนาดไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักศึกษา จะส่งผลให้ท่าทางในการทำงานนั้นไม่เหมาะสมตามไปด้วย อันจะส่งผลกระทบโดยตรง คือ เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ กระดูก อาจรวมถึงสภาพจิตใจด้วย ส่วนผลกระทบทางอ้อม คือ ทำให้นักศึกษาเกิดความเบื่อหน่าย ไม่มีกำลังใจในการเรียน ความเบื่อนี้อาจส่งผลกระทบกับวิชาเรียนอื่น ๆ ตามไปด้วย สภาวะที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ชัดว่าเป็นลักษณะของการพยายามปรับคนให้เข้ากับงานที่ทำ ซึ่งผู้ที่อยู่ในสภาวะนี้จะอยู่ในลักษณะของการจำยอมที่ต้องปฏิบัติงานตามที่ระบบกำหนดไว้ แต่ถ้ามีการศึกษาถึงขนาดสัดส่วนร่างกายของนักศึกษาที่ปฏิบัติงาน จะสามารถออกแบบโต๊ะตะไบให้มีความสอดคล้องกับสรีระของนักศึกษาได้ การตะไบจะเป็นลักษณะงานที่กระทำแบบซ้ำๆ ท่าเดิมตลอดเวลา ลักษณะงานที่ทำทั้งหมดจะใช้ร่างกายส่วนบนในการทำรอบเวลาในการทำงานในแต่ละขั้นตอนเป็นแบบสั้นๆ ลักษณะการทำงานแบบนี้ จะส่งผลต่อความเมื่อล้าการเจ็บปวดของส่วนต่างๆในร่างกายและอาจเกิดความผิดปกติต่างๆ เช่น เกิดความเค้นที่กล้ามเนื้อคอ แรงกดที่ข้อต่อ การปวดหลัง การปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เอ็นอักเสบ ฯลฯ

วิธีการประเมินท่าทางการทำงานเป็นสิ่งสำคัญ ในการชี้วัดถึงความรุ่นแรง และอัตราเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บเนื่องจากการทำงาน โดยจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข ลักษณะท่าทางในการทำงานต่อไป เทคนิคที่ใช้ในการประเมินท่าทางการทำงานนั้นมีหลายชนิด โดยแต่ละวิธีจะมีการประเมินในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น วิธี REBA เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินการทำงานที่มีการใช้งานทั้งร่างกาย งานที่มีท่าทางการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวและหยุดนิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงท่าทางอย่างรวดเร็ว

เทคนิคการประเมินลักษณะท่าทางการทำงานในงานรูปแบบต่างๆ กัน โดย Tarcisio Abreu Saurin and Lia Buarque de Macedo Guimaraes [8] ได้ทำการประเมินการทำงานของพนักงานที่ทำงาน โดยใช้การตอบแบบสอบถาม และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานขณะทำงานบนนั่งร้าน โดยทำการเปรียบเทียบพนักงานที่ทำงานบน นั่งร้านขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ผลการตอบแบบสอบถามพบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในการทำงานบนนั่งร้านขนาดเล็กมากกว่า เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า Brouha (1967) ได้ทำการศึกษารายละเอียดและระยะเวลาของอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อเป็นดัชนีในการบอกถึงค่าภาระงาน โดยได้แนะนำว่าภาระงานควรมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจหลังจากพักค่าแรก (หลังจากหยุดงาน 30-60 วินาที) ไม่เกิน 110 ครั้งต่อนาที (P_1) และค่าอัตราการเต้นของหัวใจในครั้งที่ 1(หลังจากหยุดงาน 30-60 วินาที, P_1) และ 3 (หลังจากหยุดงาน 150-180 วินาที, P_3) ควรห่างกันอย่างน้อย 10 ครั้งต่อนาที การปรับตัวที่สำคัญเมื่อมีภาระทางร่างกายสูงขึ้น [3] นอกจากนี้พรศิริ จงกล [6] ประเมินการทำงานของพนักงานที่ทำงานก่อสร้าง โดยใช้การประเมินแบบ REBA และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานขณะทำงานพบว่าการทำงานส่วนใหญ่เป็นงานที่มีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บและต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว ส่วนผลต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการทำงานและอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักมีค่าสูงสุดเท่ากับ 42 ครั้งต่อนาที ซึ่งพบในงานดัดเหล็ก จะเห็นได้ว่าอัตราการเต้นหัวใจสามารถที่จะบอกถึงภาระของงานที่ทำได้ และ Sue Hignett and Lynn McAtamny [7] ได้ทำการประเมินแบบ REBA ได้ทำการประเมินการทำงานของนักกายภาพบำบัดโดยวิธี REBA ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าการทำงานของนักกายภาพบำบัดมีระดับ

คะแนนสูง จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยผู้วิจัยได้เสนอให้มีการออกแบบเครื่องมือช่วยในการทำงานของนักกายภาพบำบัด

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ขั้นตอนการทำงานในการตะไบซึ่งจะมีการทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมงต่อวัน การปฏิบัติงาน ณ จุดปฏิบัติงานการตะไบเป็นงานที่มีเคลื่อนไหวท่าเดิมตลอดเวลาและมีการก้มไปข้างหน้าและด้านข้างค่อนข้างมากเกือบตลอดเวลาในการทำงานจะมีการหยิบจับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ช่วยในการปฏิบัติงาน นอกจากนั้นการปฏิบัติงานที่มีการทำงานซ้ำซาก (Repetitive) ติดต่อกันเป็นเวลานานในท่าทางการทำงานที่ฝืนท่าธรรมชาติ สถานที่ปฏิบัติงานที่ออกแบบไม่เหมาะสมแก่การทำงาน เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บแบบเรื้อรังเนื่องจากการทำงาน เช่น การบาดเจ็บบริเวณ เข่า แขน คอ และหลัง ซึ่งส่งผลกระทบไปถึงประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลง คุณภาพของผลงานที่ลดลง อัตราการขาดงานที่เพิ่มสูงขึ้น และอาจส่งผลกระทบเป็นแบบลูกโซ่ไปถึงปัญหาอื่นๆ อีก[1] จากสภาพการทำงานที่ได้กล่าวมาข้างต้นจัดว่าเป็นท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมและมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวการประเมินทำงานด้วยวิธีทางการยศาสตร์ โดยใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map) แบบประเมิน REBA และ และการวัดอัตราการเต้นหัวใจ ในงานตะไบ และวิเคราะห์ท่าทางการทำงานที่ควรปรับปรุงแก้ไขโดยคำนึงถึงผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก นอกจากนี้ยังส่งผลดีในเรื่องของการปรับปรุงสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน และลดการสูญเสียเวลาในการทำงานเนื่องปัญหาสุขภาพและการเจ็บป่วย แล้วยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย และสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความไม่ปลอดภัยอันจะนำไปถึงการปรับปรุงแก้ไขท่าทางการทำงานที่อาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บเรื้อรังเนื่องจากการทำงานได้ในที่สุด

2. วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

2.1 เพื่อศึกษาท่าทางการทำงานของในการงานตะไบ

2.2 เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของการทำงาน โดยใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map) แบบประเมินREBA และการวัดอัตราการเต้นหัวใจ

2.3 เพื่อเสนอแนวทางแก้ไขสถานที่ปฏิบัติงาน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการประเมินท่าทางการทำงานโดยวิธีทางการยศาสตร์ 3 วิธี ซึ่งมีวิธีการดังนี้

3.1 แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map) หรือความรู้สึกไม่สบายจากการทำงาน จะสามารถทราบถึงความรุนแรงของการทำงานของกล้ามเนื้อว่ามีความเจ็บปวดจากการทำงานหรือปฏิบัติงานนั้นๆหรือไม่ ความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อจากการภาวะความไม่สบายจากการทำงาน

3.2 REBA (Rapid Entire Body Assessment) เป็นวิธีการที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อประเมินท่าทางการทำงานทั้งร่างกาย ทั้งในรูปแบบการทำงานที่เคลื่อนที่และหยุดนิ่ง เป็นวิธีที่พัฒนามาจากหลักการของ RULA เหมาะสำหรับการประเมินการทำงานที่มีการใช้งานทั้งร่างกาย งานที่มีท่าทางการทำงานที่มีการเคลื่อนไหว และหยุดนิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงท่าทางอย่างรวดเร็ว และมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่คงที่ งานที่มีการถือ/ไม่ถือของในมือขณะที่กำลังทำงาน (Sue Hignett and Lynn McAtamney ,2000) [9] โดยจะพิจารณาส่วนของร่างกาย 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A ได้แก่ ลำตัว คอ (พิจารณาร่วมกับการหมุนของข้อต่อ) และ ขา (พิจารณาร่วมกับลักษณะการทำมุมของหัวเข่า) กลุ่ม B ได้แก่ แขน ท่อนบน (พิจารณาร่วมกับการหมุนของข้อต่อ, ตำแหน่งของไหล่ และการเคลื่อนที่โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก)

แขนท่อนล่าง และ ข้อมือ (พิจารณาร่วมกับลักษณะการทำมุมของข้อมือ)

3.3 การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การวัดอัตราการเต้นหัวใจเป็นการวัดโดยใช้อุปกรณ์ Heart rate monitor แบบพกพา ซึ่งประกอบด้วยสายคาดอกแทบแม่เหล็กและตัวรับสัญญาดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 อุปกรณ์ Heart rate monitor

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Measurement) อัตราการเต้นของหัวใจ คือ อัตราความเร็วของการบีบตัวของหัวใจเพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีหน่วยในการวัดเป็นครั้งต่อนาที ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจของคนเรานั้นไม่เพียงแต่ช่วยให้เราทราบได้ถึงสภาวะความผิดปกติของร่างกายของเราเท่านั้น แต่มันยังช่วยบ่งบอกถึงสุขภาพและหัวใจได้อีกด้วย ยิ่งหัวใจเต้นเร็วก็แปลว่าประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อหัวใจของเราไม่ดีพอที่จะสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกายได้อย่างเพียงพอ [3]

เกณฑ์ของ Brouha [3] ในการพิจารณาภาระงานและความล้า เทคนิคที่ใช้สำหรับการประเมินความล้าของร่างกายจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจ Brouha ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังปฏิบัติงาน [Recovers Period] เพื่อเป็นดัชนีในการบ่งชี้ค่าภาระงาน โดยทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ระยะห่างหลังจากการหยุดงานแล้ว 3 ช่วง ช่วงละ 30 วินาทีดังนี้

ช่วงที่ 1 อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากหยุดปฏิบัติงานวินาทีที่ 30 ถึง วินาทีที่ 60

ช่วงที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากหยุดปฏิบัติงานวินาทีที่ 90 ถึง วินาทีที่ 120

ช่วงที่ 3 อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากหยุดปฏิบัติงานวินาทีที่ 150 ถึง วินาทีที่ 180

จากนั้นนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากแต่ละช่วงมา เพื่อเทียบให้เป็นอัตราการเต้นของหัวใจใน 3 นาที ที่ได้จากช่วงที่ 1 เป็น P_1 ช่วงที่ 2 เป็น P_2 และช่วงที่ 3 เป็น P_3

จากนั้นวิเคราะห์ค่า P_1 P_2 และ P_3 ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เทคนิคสำหรับการประเมินความล้าของร่างกายจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นหัวใจ [3]

สภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
ภาระปกติ ไม่มีงาน	$P_1 - P_3 \geq 10$ bpm* และ P1, P2,P3 ≤ 90 bpm
ภาระงานหนัก ไม่พบสัญญาณการฟื้นตัว	$P_1 - P_3 < 10$ bpm และ $P_3 > 90$ bpm
อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้นขณะพักแสดงว่าภาระงานหนักมาก	$P_3 > 90$ bpm และ $P_1 - P_3 \leq -10$ bpm (หรือ $P_3 - P_1 \geq 10$ bpm)
ภาระงานปกติ ไม่มีความล้า ทำได้ทั้งวัน	$P_1 \leq 110$ bpm และ $P_1 - P_3 \geq 10$ bpm

* bpm หมายถึง อัตราการเต้นของหัวใจ ครั้ง/นาที

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้มีขั้นตอนการศึกษาวิจัยทั้งหมดดังนี้

1. ศึกษาลักษณะท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน และเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานในแต่ละขั้นตอนด้วยวิธีการบันทึกภาพนิ่งและวีดีโอ

2. ทำการประเมินความเสี่ยงในการทำงานตามหลักการยศาสตร์ โดยใช้ แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map), แบบประเมิน REBA และ การวัดอัตราการเต้นหัวใจ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map)

2.2 ขั้นตอนการประเมินด้วย REBA เริ่มจากการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของการปฏิบัติงาน จากนั้นนำภาพ

ที่ได้มาวิเคราะห์ โดยพิจารณาร่างกายออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยคอ ลำตัวและขา โดยพิจารณามุมหรือการหมุนของข้อต่อ หลังจากนั้นนำคะแนนมาพิจารณาร่วมกับการใช้แรงที่เกิดจากภาระงานที่ทำ กลุ่มที่สองประกอบด้วย แขน และข้อมือ โดยพิจารณามุมหรือการหมุนของข้อต่อ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาพิจารณาร่วมกับลักษณะการจับถือวัตถุและงานที่ทำเป็นแบบอยู่กับที่หรือเคลื่อนไหว และปริมาณการทำซ้ำ แล้วนำคะแนนที่ได้ จากกลุ่มแรกและกลุ่มที่สองมารวมกัน นำคะแนนที่ได้ไปเปิดตารางเพื่อพิจารณาระดับความเสี่ยง

2.3 ขั้นตอนการวัดอัตราการเต้นหัวใจ โดยทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ระยะห่างหลังจากการหยุดงานแล้ว 3 ช่วง ช่วงละ30 วินาทีจากนั้นนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากแต่ละช่วงมา ช่วงที่ 1 (P_1) ช่วงที่ 2 (P_2) และช่วงที่ 3 (P_3) นำค่าไปเทียบกับเกณฑ์ของ Brouha [4]

3. ทำการวิเคราะห์ผลการประเมินทั้ง 3 วิธี

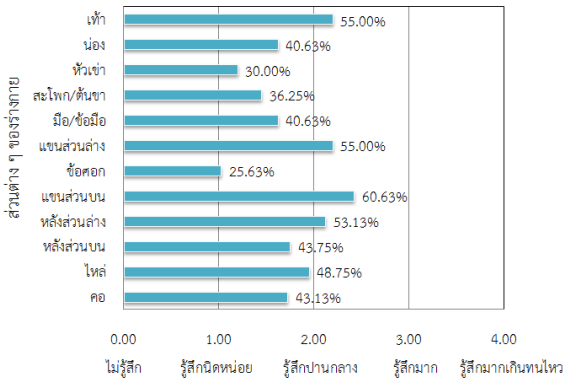
4. สรุปผลการศึกษาวิจัย

4. ผลการวิจัย

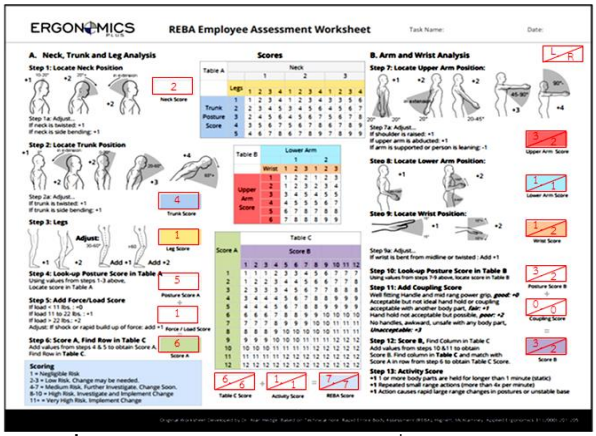
4.1 ผลจากแบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายจากการทำงานโดยความเจ็บปวดหรือรู้สึกไม่สบายจากการทำงานบนโต๊ะตะไบ พบว่า นักศึกษากลุ่มตัวอย่าง(กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน จากจำนวน ร้อยละ 20 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา การฝึกพื้นฐานทางวิศวกรรม) มีระดับความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายบริเวณต่างๆของร่างกาย คือ บริเวณแขนส่วนบน เท้า แขนส่วนล่าง หลังส่วนล่าง ไหล่ และคอ ตามลำดับ จากผลของแบบสอบถามชี้ให้เห็นว่าบริเวณส่วนของร่างกายดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานบนโต๊ะตะไบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

4.2 ผลการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA พบว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงานคะแนน REBA เฉลี่ยเท่ากับ 6.12 นั้นคือ ความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติม และควรได้รับการปรับปรุง

4.3 จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการยศาสตร์โดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยใช้เกณฑ์ของ Brouha ตามตารางที่ 1 เกณฑ์ของ Brouha ในการพิจารณาภาระงานและความล้า (P_1=94.77, P_2=90.37, P_3=90.35, P_1- P_3=4.42) สรุปได้ว่าสภาพการทำงานของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่ปฏิบัติงานบนโต๊ะตะไบอยู่ในเกณฑ์ภาระงานหนัก ไม่พบสัญญาณการฟื้นตัว

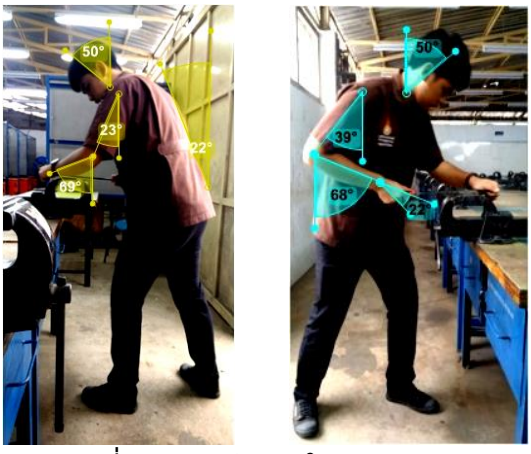


รูปที่ 2 แผนภูมิระดับความความรู้สึกไม่สบายจากการทำงานบนโต๊ะตะไบ จำแนกตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย



รูปที่ 3 ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA

จากการประเมินท่าทางด้านการยศาสตร์ประเภทการทำงานแบบทั้งร่างกาย (REBA Employee Assessment Worksheet) ของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน พบว่าคะแนน REBA เฉลี่ยเท่ากับ 6.125 คะแนน สรุปได้ว่าคะแนน REBA เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4-7 คะแนน การแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี REBA ตรงกับความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติม และควรได้รับการปรับปรุง



รูปที่ 4 มุมของร่างกายในขณะทำงาน

5. สรุปผลและข้อเสอนแนะ

จากการศึกษาวิจัยทำให้ทราบว่าลักษณะท่าทางการทำงานของการตะไบส่วนใหญ่มีการทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นธรรมชาติ มีการเคลื่อนไหวแบบซ้ำซาก และใช้มือและแขนในการทำงานค่อนข้างมาก ซึ่งตามหลักการของการยศาสตร์แล้วจัดว่าเป็นท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม และมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ[1] ในการประเมินทางการยศาสตร์การทำงานโดยใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map) REBA และ การวัดอัตราการเต้นหัวใจ ผลจากการศึกษาพบว่าการประเมินความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย อยู่ในระดับปานกลางส่วนท่าทางการทำงานที่ประเมินด้วยวิธี REBA มีท่าทางการทำงานส่วนใหญ่มีความเสี่ยงสูงมาก ควรมีการแก้ไขวิธีการทำงาน หรือลักษณะท่าทางการทำงานโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และ การวัดอัตราการเต้นหัวใจ [4] Brouha แนะนำว่า กฎเกณฑ์สำหรับการค้นหาขีดจำกัดของภาระงานที่เหมาะสม คือ ค่าอัตราการเต้นของหัวใจหลังจากการพักค่าแรกควรจะมีค่าไม่เกิน 110 ครั้งต่อนาที และค่าอัตราการเต้นของหัวใจในครั้งที่ 1 (P_1) และ 3 (P_3) ควรห่างกันอย่างน้อย 10 ครั้งต่อนาที ถ้าความแตกต่างตรงนี้มีน้อยแสดงให้เห็นว่าร่างกายมีความล้า[3] งานวิจัยของพรศิริ จงกล[6] ได้ทำการประเมินภาระงานในกิจกรรมงานก่อสร้างอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก(P_1-P_3) ควรมีค่ามากกว่า 10 ครั้ง/นาที ซึ่งจะทำให้ร่างกายสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้น จากการศึกษาพบว่าควรที่จะมีการปรับปรุงท่าทางในการทำงานที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งจากการประเมินท่าทางการทำงานพบว่า การทำงานในการตะไบ จะมีท่าทางการทำงานที่ต้องก้มและเอี้ยวลำตัวขณะทำงานค่อนข้างมาก ควรที่จะต้องปรับความสูงของโต๊ะเพิ่มขึ้นและระยะการวางอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสม เพื่อลดการก้มและเอี้ยวของลำตัวที่เกิดขึ้นมากเกินไป[3] งานวิจัยของบุตรี หลิมวานิช [5]ได้ศึกษาการประเมินและการลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ ในการปฏิบัติงานในห้องสะอาดของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำการปรับปรุงโต๊ะทำงานให้มีระดับที่เหมาะสมกับพนักงานสามารถลดการก้มขณะทำงานลงได้ ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบสถานที่ทำงานและออกแบบวิธีการทำงานให้มีความเหมาะสมต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติ อินทรานนท์, การยศาสตร์, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[2] นฐารัฐ รอดมา (2549). การลดการบาดเจ็บสะสมในกลุ่มพนักงานสอยลวดเข้าเครื่องทดลวดตาข่าย 5 หัวโดยการใช้แนวทางการยศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[3] นริศ เจริญพร (2543).การยศาสตร์.ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[4] นพฉัตร วิริยานุกูล (2552). การสืบค้นความเครียดทางสรีรวิทยาจากการตัดหญ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[5] บุตรี หลิมวานิช (2553). การประเมินและการลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในการปฏิบัติงาน ในห้องสะอาดของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] พรศิริ จงกล (2556). การประเมินภาระงานในกิจกรรมงานก่อสร้าง. ได้รับทุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2555. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.

[7] Hignett, S., and McAtamney, L. (2000). **Rapid Entire Body Assessment (REBA)**. Applied Ergonomics, 31, 201-205.

[8] Tarcisio Abreu Saurin and Lia Buarque de MacedoGuimaraes.2008).**Ergonomic assessment of suspended scaffolds**. Industrial Ergonomics, 38, 238–246.

[9] Sue Hignett ,Lynn McAtamney. (2000).**Technical noteRapid Entire Body Assessment (REBA)**. Applied Ergonomics, 31, 201-205 .

การออกแบบสถานีปฏิบัติงานเพื่อลดความเมื่อยล้าโดยใช้หลักการยศาสตร์ กรณีศึกษา งานตะไบ

Design of Workstation to Reduce Fatigue by Using Principles of Ergonomics Case Study Filing

ปัญญา วินทะไชย

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ที่อยู่ 150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000
*panya.wi@rmuti.ac.th, 0868606080

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างโต๊ะตะไบด้วยหลักการยศาสตร์ เพื่อลดความเมื่อยล้าในการทำงาน จากการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในการทำงาน พบว่าผลการประเมินภาวะความไม่สบายจากการทำงาน และการประเมินความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA ให้ผลสอดคล้องกันปัจจุบันมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อเนื่องจากการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานบนโต๊ะตะไบที่สูงหรือต่ำเกินไป ซึ่งมีผลต่อระดับความรู้สึกเจ็บปวดที่บริเวณหลัง แขน คอ และไหล่ตามลำดับ เพราะเกิดจากมุมในการก้ม โค้ง หรืองอมากเกินไป หลังจากการปรับปรุงสถานีงานให้โต๊ะตะไบสามารถปรับระดับความสูงได้ พบว่ามีความรู้สึกเจ็บปวดตามบริเวณดังกล่าวลดลง และจากการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA มีคะแนนเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05 และผลการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ พบว่าภาระการทำงานอยู่ในเกณฑ์ปกติ ไม่มีภาระงาน และไม่มีความล้า สามารถทำงานได้ทั้งวัน(P_1-P_3=11.95) ดังนั้นโต๊ะตะไบที่ออกแบบด้วยหลักการยศาสตร์สามารถลดภาระงานและความล้าของนักศึกษาที่ปฏิบัติงานบนโต๊ะตะไบลงได้

คำหลัก: การยศาสตร์ ความเมื่อยล้า การวัดอัตราการเต้นหัวใจ

Abstract

The objectives of this research were to design of workstation to reduce fatigue by using ergonomics and reduce the risk of injury due to working using an ergonomic risk assessment form: body discomfort, REBA (Rapid Entire Body Assessment), and heart rate measurement. The result of the body discomfort assessment and REBA (Rapid Entire Body Assessment) gave consistent results in current working conditions. There was a risk of muscle injury from work, especially working on a filing table that was too high or too low, Which affected the pain intensity at the back, arms, neck, and shoulders, respectively because of the angle to bend down, bow or crook too much. After improving was the work station, the filing table could be adjusted the height and it was found that the pain was reduced in such areas. From the REBA (Rapid Entire Body Assessment), the average score was significantly lower at α=0.05. In addition, the heart rate measurement prior to improving based on Brouha criteria was found that the workload of the students was heavy and no recovery signs were

found. After improving the work station, it was found that the workload was normal; there was no workload and no fatigue, and the students could work all day(P_1-P_3=11.95). Thus, the filing table designed with ergonomics could reduce the workload and fatigue of students working on the filing table.

Keywords: ergonomics fatigue heart rate measurement

1. บทนำ

งานตะไบเป็นกระบวนการสุดท้ายของการปรับแต่งผิวชิ้นงานให้ได้ขนาดและส่วนเว้าส่วนโค้งตามต้องการ โดยนักศึกษาทุกคนต้องศึกษาชนิด คุณสมบัติของตะไบ และต้องฝึกให้มีความเชี่ยวชาญในการใช้ตะไบจึงจะสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ละเอียด ประณีตและมีประสิทธิภาพ หากโต๊ะตะไบที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติงานมีขนาดไม่เหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักศึกษา จะส่งผลให้ท่าทางในการทำงานนั้นไม่เหมาะสมตามไปด้วย อันจะส่งผลกระทบโดยตรง คือ เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ กระดูก อาจรวมถึงสภาพจิตใจด้วย ส่วนผลกระทบทางอ้อม คือ ทำให้นักศึกษาเกิดความเบื่อหน่าย ไม่มีกำลังใจในการเรียน ความเบื่อนี้อาจส่งผลกระทบกับวิชาเรียนอื่น ๆ ตามไปด้วย สภาวะที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ชัดว่าเป็นลักษณะของการพยายามปรับคนให้เข้ากับงานที่ทำ ซึ่งผู้ที่อยู่ในสภาวะนี้จะอยู่ในลักษณะของการจำยอมที่ต้องปฏิบัติงานตามที่ระบบกำหนดไว้ แต่ถ้ามีการศึกษาถึงขนาดสัดส่วนร่างกายของนักศึกษาที่ปฏิบัติงาน จะสามารถออกแบบโต๊ะตะไบให้มีความสอดคล้องกับสรีระของนักศึกษาได้ การออกแบบสถานที่ทำงาน และอุปกรณ์ในการทำงานที่เหมาะสมนั้นย่อมส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานอย่างมีความสุข รู้สึกสบาย ปราศจากความเครียด ลดการเกิดอุบัติเหตุ และลดความเมื่อยล้าจากการทำงานได้ ในขณะเดียวกันก็ยังทำให้กิจกรรมที่ทำอยู่นั้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ถ้าสถานีงานหรืออุปกรณ์ในการทำงานมีการออกแบบที่ไม่เหมาะสมให้เข้ากับขนาดรูปร่างและคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้ปฏิบัติงานแล้วย่อมส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานผู้นั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดความเครียดได้ [1]การตะไบจะเป็นลักษณะงานที่กระทำแบบซ้ำๆ ท่าเดิมตลอดเวลา ลักษณะงานที่ทำทั้งหมดจะใช้ร่างกายส่วนบนในการทำ รอบเวลาในการทำงานในแต่ละขั้นตอนเป็นแบบสั้นๆ ลักษณะการทำงานแบบนี้ จะส่งผลต่อความเมื่อล้าการเจ็บปวดของส่วนต่างๆในร่างกายและอาจเกิดความผิดปกติต่างๆ [1]เช่น เกิดความเค้นที่กล้ามเนื้อคอ แรงกดที่ข้อต่อ การปวดหลัง การปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เอ็นอักเสบ ฯลฯ สภาวะที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ชัดว่าเป็นลักษณะของการพยายามปรับคนให้เข้ากับงานที่ทำ ซึ่งผู้ที่อยู่ในสภาวะนี้จะอยู่ในลักษณะของการจำยอมที่ต้องปฏิบัติงานตามที่ระบบกำหนดไว้ แต่ถ้ามีการศึกษาถึงขนาดสัดส่วนร่างกายของนักศึกษาที่ปฏิบัติงาน จะสามารถออกแบบโต๊ะตะไบให้มีความสอดคล้องกับสรีระของนักศึกษาได้ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้นำเอาหลักการยศาสตร์มาใช้ในการออกแบบสถานีงานเพื่อลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของผู้ปฏิบัติงาน โดยการออกแบบโต๊ะตะไบให้มีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของนักศึกษา

การออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในการทำงานที่เหมาะสมควรพิจารณาข้อมูลขนาดสัดส่วนและโครงสร้างร่างกายของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลักเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบซึ่งอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยโดยส่วนใหญ่มักนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งอุปกรณ์และเครื่องมือเหล่านั้นมักถูก

ออกแบบโดยอ้างอิงข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายจากประชากรในประเทศเหล่านั้นซึ่งจะเป็นการส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรมของไทยไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกทั้งเกิดอันตรายและโรคอันเนื่องมาจากการทำงานที่เกิดจากเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกาย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจในการนำหลักการทางการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายของประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง กรณีศึกษากลุ่มตัวอย่างนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่นโดยการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการกำหนดมาตรฐานขนาดสัดส่วนร่างกายให้เหมาะสมกับโครงสร้างของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อให้สอดคล้องกับผู้ปฏิบัติงานในสภาวการณ์ปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวการประเมินทำงานด้วยวิธีทางการยศาสตร์ โดยใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map) แบบประเมิน REBA และการวัดอัตราการเต้นหัวใจ วิเคราะห์ท่าทางการทำงานที่ควรปรับปรุงแก้ไขโดยคำนึงถึงผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก นอกจากนี้ยังส่งผลดีในเรื่องของการปรับปรุงสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน และลดการสูญเสียเวลาในการทำงานเนื่องปัญหาสุขภาพและการเจ็บป่วย แล้วยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตในการทำงานอีกด้วย และสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความไม่ปลอดภัย อันจะนำไปถึงการปรับปรุงแก้ไขท่าทางการทำงานที่อาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บเรื้อรังเนื่องจากการทำงานได้ในที่สุด

2. วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

2.1 เพื่อออกแบบสถานที่การปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับงานตะไปการโดยใช้หลักการยศาสตร์

2.2 เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบนำร่องในการจัดทำสถานีการปฏิบัติงานอื่น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการประเมินท่าทางการทำงานโดยวิธีทางการยศาสตร์ซึ่งมีวิธีการดังนี้

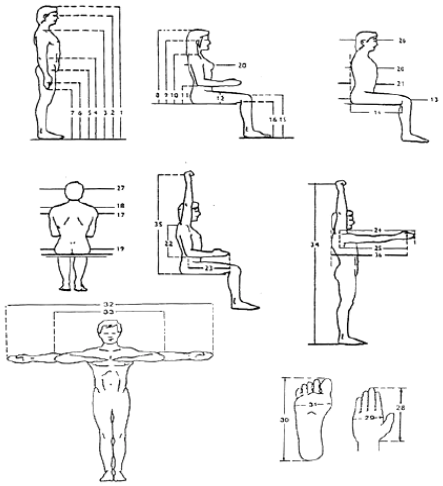
3.1 แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map) หรือความรู้สึกไม่สบายจากการทำงาน จะสามารถทราบถึงความรุนแรงของการทำงานของกล้ามเนื้อว่ามีความเจ็บปวดจากการทำงานหรือปฏิบัติงานนั้นๆหรือไม่ ความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อจากการภาวะความไม่สบายจากการทำงาน

3.2 ดำเนินการสอบถามและสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายให้ตรงตามขอบเขตและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้คือเป็นประชากรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางซึ่งประกอบด้วยจังหวัดขอนแก่น ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์และมหาสารคาม จำนวน 40 คน พร้อมอธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัยและวิธีการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายกำหนดให้ผู้ถูกทดสอบปฏิบัติท่าทางการวัดขนาดตามมาตรฐานการวัดของ Pheasant [6] (ประกอบด้วยความสูงระดับข้อศอก ความกว้างของแขน และความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว) ดังรูปที่ 1

3.2.1 ทำการวัดขนาดร่างกายในแต่ละสัดส่วนโดยที่แต่ละตำแหน่งการวัดจะทำการวัด 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนนั้นๆเพื่อให้ค่าที่วัดใกล้เคียงกับความเป็นจริง

3.2.2 ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 5 เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 50 และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95

3.3 การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การวัดอัตราการเต้นหัวใจเป็นการวัดโดยใช้อุปกรณ์ Heart rate monitor การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Measurement) อัตราการเต้นของหัวใจ คือ อัตรา แบบพกพา ซึ่งประกอบด้วยแผ่นอิเลคโทรดและตัวรับสัญญา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมาตรฐาน Pheasant [6]



รูปที่ 2 อุปกรณ์ Heart rate monitor

ความเร็วของการบีบตัวของหัวใจเพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีหน่วยในการวัดเป็นครั้งต่อนาที ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจของคนเรานั้นไม่เพียงแต่ช่วยให้เราทราบได้ถึงสภาวะความผิดปกติของร่างกายของเราเท่านั้น แต่มันยังช่วยบ่งบอกถึงสุขภาพและหัวใจได้อีกด้วย ยิ่งหัวใจเต้นเร็วก็แปลว่าประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อหัวใจของเราไม่ดีพอที่จะสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกายได้อย่างเพียงพอ [2]

เกณฑ์ของ Brouha [2] ในการพิจารณาภาระงานและความล้า เทคนิคที่ใช้สำหรับการประเมินความล้าของร่างกายจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจ Brouha ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังปฏิบัติงาน [Recovers Period] เพื่อเป็นดัชนีในการบ่งชี้ค่าภาระงาน โดยทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ระยะห่างหลังจากการหยุดงานแล้ว 3 ช่วง ช่วงละ 30 วินาที ดังนี้ [3]

ช่วงที่ 1 อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากหยุดปฏิบัติงานวินาที ที่ 30 ถึง วินาที ที่ 60

ช่วงที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากหยุดปฏิบัติงานวินาที ที่ 90 ถึง วินาที ที่ 120

ช่วงที่ 3 อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากหยุดปฏิบัติงานวินาที ที่ 150 ถึง วินาที ที่ 180

จากนั้นนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากแต่ละช่วงมา เพื่อเทียบให้เป็นอัตราการเต้นของหัวใจใน 3 นาที ที่ได้จากช่วงที่ 1 เป็น P_1 ช่วงที่ 2 เป็น P_2 และช่วงที่ 3 เป็น P_3

จากนั้นวิเคราะห์ค่า P_1 P_2 และ P_3 ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เทคนิคสำหรับการประเมินความล้าของร่างกายจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นหัวใจ [2]

สภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
ภาระปกติ ไม่มีงาน	$P_1 - P_3 \geq 10$ bpm* และ P1, P2,P3 ≤ 90 bpm
ภาระงานหนัก ไม่พบสัญญาณการฟื้นตัว	$P_1 - P_3 < 10$ bpm และ $P_3 > 90$ bpm
อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้นขณะพักแสดงว่าภาระงานหนักมาก	$P_3 > 90$ bpm และ $P_1 - P_3 \leq -10$ bpm (หรือ $P_3 - P_1 \geq 10$ bpm)
ภาระงานปกติ ไม่มีความล้า ทำได้ทั้งวัน	$P_1 \leq 110$ bpm และ $P_1 - P_3 \geq 10$ bpm

* bpm หมายถึง อัตราการเต้นของหัวใจ ครั้ง/นาที

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้มีขั้นตอนการศึกษาวิจัยทั้งหมดดังนี้

1. ศึกษาลักษณะท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน และเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานในแต่ละขั้นตอนด้วยวิธีการบันทึกภาพนิ่งและวีดีโอ

2. ทำการประเมินความเสี่ยงในการทำงานตามหลักการยศาสตร์ โดยใช้ แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map), แบบประเมิน REBA และ การวัดอัตราการเต้นหัวใจ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body discomfort Map)

2.2 ขั้นตอนการประเมินด้วย REBA [5] [7]เริ่มจากการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของการปฏิบัติงาน จากนั้นนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ โดยพิจารณาร่างกายออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยคอ ลำตัวและขา โดยพิจารณามุมหรือการหมุนของข้อต่อ หลังจากนั้นนำคะแนนมาพิจารณาร่วมกับการใช้แรงที่เกิดจากภาระงานที่ทำ กลุ่มที่สองประกอบด้วย แขน และข้อมือ โดยพิจารณามุมหรือการหมุนของข้อต่อ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาพิจารณาร่วมกับลักษณะการจับถือวัตถุและงานที่ทำเป็นแบบอยู่กับที่หรือเคลื่อนไหว และปริมาณการทำซ้ำ แล้วนำคะแนนที่ได้ จากกลุ่มแรกและกลุ่มที่สองมารวมกัน นำคะแนนที่ได้ไปเปิดตารางเพื่อพิจารณาระดับความเสี่ยง

2.3 ขั้นตอนการวัดอัตราการเต้นหัวใจ โดยทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ระยะห่างหลังจากการหยุดงานแล้ว 3 ช่วง ช่วงละ30 วินาทีจากนั้นนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากแต่ละช่วงมา ช่วงที่ 1 (P_1) ช่วงที่ 2 (P_2) และช่วงที่ 3 (P_3) นำค่าไปเทียบกับเกณฑ์ของ Brouha [3]

3. ทำการวิเคราะห์ผลการประเมินทั้ง 3 วิธี

4. สรุปผลการศึกษาวิจัย

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยมีแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหา โดยการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ประกอบด้วย การประเมินความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายหรือรู้สึกไม่สบายในการทำงาน โดยใช้แบบสอบถามภาวะความไม่สบายจากการทำงาน การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA และการใช้เครื่องมือวัดที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน โดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Measurement) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ รวมทั้งผลการพัฒนาโต๊ะตะไบที่สามารถลดระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ ผลการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในด้านต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

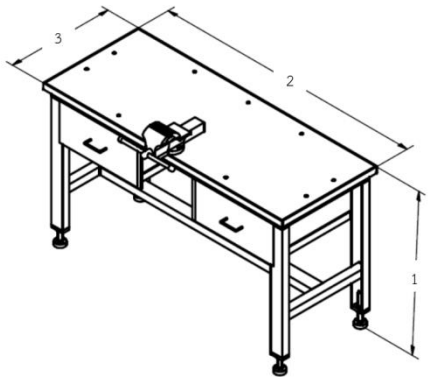
เมื่อ

1) ความสูงของการทำงาน (Working Height)

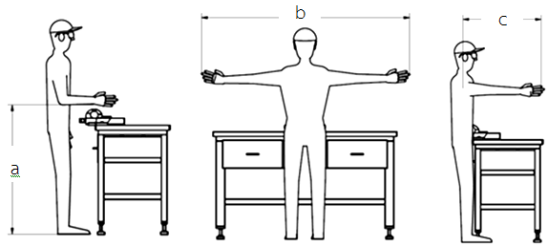
2) ความกว้างของพื้นที่ทำงาน (Working Width)

3) ความลึกของพื้นที่ทำงาน (Working Depth)

การใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายในการออกแบบโต๊ะตะไบด้วยหลักการยศาสตร์ นริศ เจริญพร [2] กล่าวว่าโดยทั่ว ๆ ไปความสูงของโต๊ะจะถูกกำหนดไว้ที่ความสูงของข้อศอก ความสูงที่มากเกินไปจะนำไปสู่ความล้าที่บริเวณไหล่ และลดประสิทธิภาพในการทำงาน สำหรับความกว้างของโต๊ะขึ้นอยู่กับลักษณะงานและความต้องการในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ รวมด้วย



รูปที่ 3 การกำหนดขนาดสำหรับการออกแบบโต๊ะตะไบ



รูปที่ 4 ข้อมูลสัดส่วนร่างกายในการกำหนดขนาดของโต๊ะตะไบ

เมื่อ a) ความสูงระดับข้อศอก
b) ความกว้างของแขน
c) ความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว

ตารางที่ 2 สัดส่วนร่างกายนักศึกษาชายที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะตะไบ (เซนติเมตร)

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเปอร์เซ็นไทล์		
			5	50	95
1. ความสูงระดับศอก	105.08	1.26	104.00	105.08	106.28
2. ความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว	72.25	0.50	72.00	72.25	72.85
3. ช่วงกว้างแขน	170.08	5.35	165.68	170.08	176.47

ตารางที่ 3 สัดส่วนร่างกายนักศึกษาหญิงที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะตะไบ (เซนติเมตร)

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเปอร์เซ็นไทล์		
			5	50	95
1. ความสูงระดับศอก	99.50	0.57	99.00	99.50	100.00
2. ความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว	65.75	6.18	61.00	65.75	72.95
3. ช่วงกว้างแขน	160.75	5.56	155.30	160.75	165.85

4.1 ออกแบบโต๊ะตะไบโดยใช้สัดส่วนร่างกายการใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายในการออกแบบ เพื่อให้ได้โต๊ะตะไบที่สามารถปรับระดับความสูงได้ตามความเหมาะสมกับร่างกายของนักศึกษาที่มีความแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำหลักการออกแบบเพื่อปรับเปลี่ยนค่าได้ในช่วงที่เหมาะสม (Design for Adjustable Range) มาใช้ในการออกแบบ คือ ใช้ข้อมูลในช่วงค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของผู้หญิงไปจนถึงเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของผู้ชาย นั่นคือครอบคลุม 90 เปอร์เซนต์ของจำนวนนักศึกษาทั้งหมดจากการวัดสัดส่วนร่างกายของนักศึกษาตามตารางที่ 2 และ 3 ได้นำสัดส่วนร่างกายมาใช้ในการออกแบบโต๊ะตะไบ โดยใช้แนวทางในการออกแบบตามทฤษฎีทางการยศาสตร์ เกี่ยวกับการออกแบบงานยืนสามารถสรุปผลดังนี้

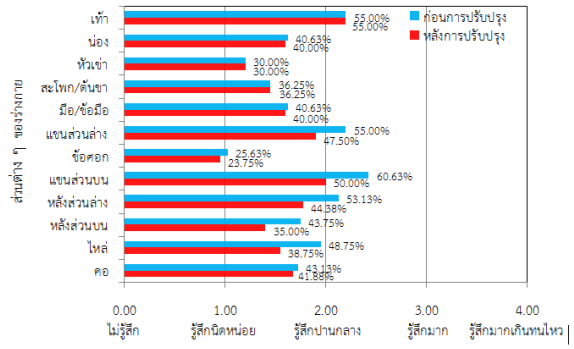
4.1.1 ความสูงของการทำงาน (Working Height) ใช้ความสูงระดับข้อศอกในการออกแบบ ใช้ช่วงค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของผู้หญิง ถึงค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของผู้ชาย โดยเลือกออกแบบให้สามารถปรับระดับได้ คือ ตั้งแต่ 99-106 เซนติเมตร ลบความสูงของปากกาจับยึดชิ้นงาน (16 เซนติเมตร) เท่ากับ 83-90 เซนติเมตร แต่ในการสร้างจริงจะกำหนดความสูงเริ่มต้นที่ 78 เซนติเมตร เนื่องจากว่าต้องการออกแบบให้ความสูงของการทำงานน้อยกว่าระดับข้อศอกอย่างน้อย 5 เซนติเมตร

4.1.2 ความกว้างของพื้นที่ทำงาน (Working Width) โดยใช้ความกว้างของแขนในการออกแบบ ใช้ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของผู้หญิง โดยผู้จัดทำเลือกระดับการออกแบบที่ 155 เซนติเมตร

4.1.3 ความลึกของพื้นที่ทำงาน (Working Depth) โดยใช้ความยาวของหัวไหล่ถึงปลายนิ้วในการออกแบบ ใช้ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5 ของผู้หญิง โดยผู้จัดทำเลือกระดับการออกแบบที่ 61 เซนติเมตร



รูปที่ 5 โต๊ะตะไบที่ออกแบบตามหลักการยศาสตร์



รูปที่ 6 แผนภูมิเปรียบเทียบระดับความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย

จากรูปที่ 6 เป็นผลการเปรียบเทียบระดับความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายหรือความรู้สึกไม่สบายจากการทำงานบนโต๊ะตะไบแบบก่อนและแบบใหม่ จะเห็นได้ว่าหลังจากการใช้โต๊ะตะไบแบบใหม่ ระดับความเจ็บปวดลดลง ถ้าเปรียบเทียบกับโต๊ะตะไบแบบเดิม

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA

Pair 1	Paired Differences					T-Value	df	P-Value
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95 % Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Before-After	1.5	1.176	0.186	1.149	1.901	8.2	39	0.000

ผลการทดสอบสมมติฐานด้วย Paired t ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ซึ่งหมายถึงหลังจากการปรับปรุงสถานีงานคะแนน REBA เฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α = 0.05

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ

ค่าเฉลี่ย	ค่า P1 (bpm)	ค่า P2 (bpm)	ค่า P3 (bpm)	ค่า P1 - P3 (bpm)
แบบเดิม	94.77	90.37	90.35	4.42
แบบใหม่	93.70	87.15	81.75	11.95

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ โดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยใช้เกณฑ์ของ Brouha จากตารางที่ 1 เกณฑ์ของ Brouha [2]ในการพิจารณาภาระงานและความล้า สรุปได้ว่าสภาพการทำงานของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่ปฏิบัติงานบนโต๊ะตะไบแบบเดิมอยู่ในเกณฑ์ภาระงานหนัก ไม่พบสัญญาณการฟื้นตัว ภายหลังที่มีการปรับปรุงโต๊ะตะไบพบว่า สภาพการทำงานของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ภาระงานปกติ ไม่มีความล้า สามารถทำงานได้ทั้งวัน

5. สรุปผลและข้อเสอนแนะ

จากการนำหลักการทางด้านการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและปรับปรุงโต๊ะตะไบ เพื่อให้เหมาะสมกับสรีระและการทำงานของนักศึกษา โดยการนำขนาดสัดส่วนร่างกายของนักศึกษามาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ สรุปได้ว่าโต๊ะตะไบที่สามารถปรับระดับความสูงได้มีขนาดความกว้าง 155 ซม. ความลึก 61 ซม. และความสูง 78 ซม. สามารถปรับระดับระดับความสูงได้ในช่วงการใช้งานที่ 10 ซม. และสามารถปรับระดับได้เข้ากับขนาดสัดส่วนร่างกายที่มีความแตกต่างกันออกไปของนักศึกษาได้ครอบคลุมถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของประชากร ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจ พบว่าโดยส่วนมากนักศึกษามีความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุดต่อโต๊ะตะไบที่สร้างขึ้น ภาระการทำงานหลังจากปรับปรุงสถานีงาน โดยเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการปรับปรุง สรุปได้ว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงานร่างกายของนักศึกษาอยู่ในสภาพภาระงานหนัก ไม่พบสัญญาณการฟื้นตัว แต่ภายหลังจากที่มีการปรับปรุงสถานีงานพบว่าร่างกายอยู่ในสภาพปกติ ไม่มีภาระงาน และไม่มีความล้า สามารถทำงานได้ทั้งวัน Brouha (1967) ได้แนะนำว่า ภาระงานควรมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจหลังจากพักค่าแรก (หลังจากหยุดงาน 30-60 วินาที) ไม่เกิน 110 ครั้งต่อนาที (P_1) และค่าอัตราการเต้นของหัวใจในครั้งที่ 1(หลังจากหยุดงาน 30-60 วินาที, P_1) และ ครั้ง

ที่ 3 (หลังจากหยุดงาน 150-180 วินาที, P_3) ควรห่างกันอย่างน้อย 10 ครั้งต่อนาที การปรับตัวที่สำคัญเมื่อมีภาระทางร่างกายสูงขึ้น [2]ดังนั้นโต๊ะตะไบแบบใหม่จึงมีส่วนช่วยลดภาระการทำงานของกล้ามเนื้อได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2559 ในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติ อินทรานนท์, การยศาสตร์, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[2] นริศ เจริญพร (2543).การยศาสตร์.ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] นพฉัตร วิริยานุกูล (2552). การสืบค้นความเครียดทางสรีรวิทยาจากการตัดหญ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[4] ภูวนาถ ลายแสงพงค์ และ นิวิท เจริญใจ (2554). การประเมินความเสี่ยงและการแก้ปญหาทางการยศาสตร์ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์,วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] Hignett, S., and McAtamney, L. (2000). **Rapid Entire Body Assessment (REBA)**. Applied Ergonomics, 31, 201-205.

[6] Pheasant, S.T. 1988. Anthropometry, Ergonomics and Design. London: Taylor & Francis.

[7] SueHignett,LynnMcAtamney.(2000).**Technical note Rapid Entire Body Assessment (REBA)**. Applied Ergonomics, 31, 201-205.

การพัฒนาระบบการผลิตเสื้อกีฬา กรณีศึกษา ร้านเอสดีสปอร์ต

Development of sports shirt production system using Case study of SD Sport

เฉลิมพล บุญทศ *, ดนัย สอนสุภาพ, ชนาธิป กาลจักร และพิศณุ แสนชูปา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

*ผู้ติดต่อ: chalermpon.bu@gmail.com, 086-8626916

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการผลิตเสื้อผ้ากีฬา สามารถเพิ่มกำลังการผลิตเสื้อผ้ากีฬาจาก 100 ชุด/วัน เป็น 150 ชุด/วัน ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อวิเคราะห์และพัฒนาระบบการผลิต โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสถานีการผลิตอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) พร้อมกับวิเคราะห์ปัญหาจากสภาพการทำงานและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของการปฏิบัติงานของสายการผลิตเสื้อกีฬา พบว่าการจัดวางเครื่องมือ อุปกรณ์ไม่เหมาะสม ขาดการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพื้นที่ปฏิบัติงานเสียเวลาในการเคลื่อนย้าย ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทำงานสถานีปฏิบัติงานการเย็บเสื้อกีฬา เนื่องจากเป็นสถานีที่มีปัญหามากที่สุด จากนั้นออกแบบและพัฒนาสถานีเย็บเสื้อกีฬา ทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่าการเย็บเสื้อมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นที่ 168 ชุด/วัน ประสิทธิภาพของการกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานที่ตั้งไว้

คำหลัก: ระบบการผลิต, ประสิทธิภาพ, เสื้อกีฬา

Abstract

This research aims to design and develop the production systems of sports shirt, can increase the production capacity of sports shirt from 100 sets per day to 150 sets per day. Analyze and develop the production system, using systematic relationship analysis techniques (Systematic Layout Planning: SLP), Analyze problems from working conditions and analyze the movement of the production line of sports shirt. Found that the tool placement Improper equipment, lack of analysis of work area relationships, time consuming. The researcher has improved the working process of the work station. The station is the most problematic. Then design and develop a sports shirt station. Experiment and collect data. The production increased 168 sets per day. The efficiency of the production process is 100% consistent with the objectives and hypothesis.

Keywords: production system, efficiency, sport shirt

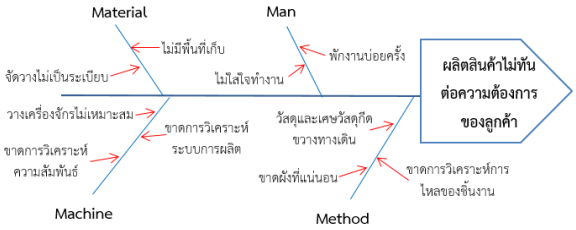
1. บทนำ

ปัจจุบันบทบาทของอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ เพราะเป็นหนึ่งในเศรษฐกิจสร้างรายได้ติดอันดับต้นๆ ที่มีการจ้างงานสูงก่อให้เกิดการกระจายรายได้ไปสู่ประชากร อีกทั้งยังมีความเชื่อมโยงเกี่ยวเนื่องกับธุรกิจอื่นๆ นับจากธุรกิจผ้าฝ้าย ผ้าไหม ไปจนถึงธุรกิจการท่อผ้าและการตัดเย็บเสื้อผ้า อุตสาหกรรมสิ่งทอของไทยมีการส่งออกสิ่งท่อเครื่องนุ่งห่มมากกว่า 1,500,000 ล้านบาทต่อปี และมีการจ้างงานไม่น้อยกว่า 1 ล้านคนคิดเป็นร้อยละไม่น้อยกว่า 20% ของการจ้างงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตทั้งหมดของประเทศไทย [1] จังหวัดขอนแก่นกำลังมีการขยายงานด้านการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปหลายราย ร้านเอสดี สปอร์ต เป็นอีกร้านหนึ่งที่ประกอบกิจการด้านการตัดเย็บเสื้อผ้ากีฬา กิจการเริ่มต้นจากการเปิดร้านขายเสื้อผ้ากีฬา ต่อมามีแนวคิดในการพัฒนาให้เป็นโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้ากีฬาจึงได้ทำการก่อตั้งโรงงานขนาดเล็กเพื่อรับตัดเย็บเสื้อผ้ากีฬาสำเร็จรูปโดยรับสั่งตัดเย็บเสื้อกีฬาทุกประเภทและออกแบบเสื้อกีฬาตามที่ลูกค้าต้องการ



รูปที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

จากรูปที่ 1 ผู้วิจัยได้เข้าศึกษาข้อมูลเบื้องต้นกับเจ้าของกิจการและสังเกตกระบวนการผลิตเสื้อผ้ากีฬาในร้าน เบื้องต้นพบว่า ผลิตสินค้าไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า เช่น เสื้อกีฬาที่ร้านตัดเย็บขึ้นมีความต้องการเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลิตไม่ทันตามเวลา เสียเวลาในการหาอุปกรณ์ในการทำงาน การวางเครื่องจักรไม่เหมาะสม ดังรูปที่ 1 จากนั้นวิเคราะห์ปัญหาโดยแยกรายการผลิตแต่ละด้าน พบว่าสถานีตัดผ้ากับสถานีเย็บเสื้อกีฬาไม่มีความสัมพันธ์กันเนื่องจากการส่งงานแต่ละครั้งต้องเสียเวลา เนื่องจากจำกัดพื้นที่ในร้านสถานีตัดอยู่ชั้น 1 ส่วนสถานีเย็บอยู่ชั้น 2 เป็นต้น เมื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ผลิตสินค้าไม่ได้ตามความต้องการ จากเป้าหมายผลิต 2,500 ตัว/เดือน แต่สามารถผลิตได้ 1,500 ตัว/เดือน เท่านั้น ส่งผลให้สูญเสียรายได้เฉลี่ยประมาณ 80,000 บาท/เดือน วิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิก้างปลาทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักๆ ของปัญหาที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ด้านคนงาน ด้านเครื่องจักร ด้านวัตถุดิบ และด้านกระบวนการผลิต และใช้หลักการ 4M ดังแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ปัญหา

สรุปสาเหตุที่ทำให้ผลิตสินค้าไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้าคือ ด้านเครื่องจักรยังขาดการวางวิเคราะห์การจัดวางผังที่เป็นระบบ การออกแบบกระบวนการผลิต การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องจักร การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวส่งผลทำให้การเย็บเสื้อกีฬาผลิตสินค้าไม่ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ แนวทางแก้ไข เบื้องต้นโดยการออกแบบเชิงพัฒนาระบบการผลิต สายงานเย็บเสื้อกีฬาเพื่อให้กระบวนการผลิตมีคุณภาพและได้มาตรฐานส่งผลให้ร้านมีกำไรเพิ่มขึ้นและได้รับความเชื่อมั่นจากลูกค้าต่อไป

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการผลิตเสื้อผ้ากีฬาร้านเอสดี สปอร์ต

3. สมมุติฐานงานวิจัย

ระบบการผลิตที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 50% (จากเดิม 100 ชุด/วัน เป็น 150 ชุด/วัน)

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 พัฒนาระบบการผลิตการเย็บเสื้อกีฬา

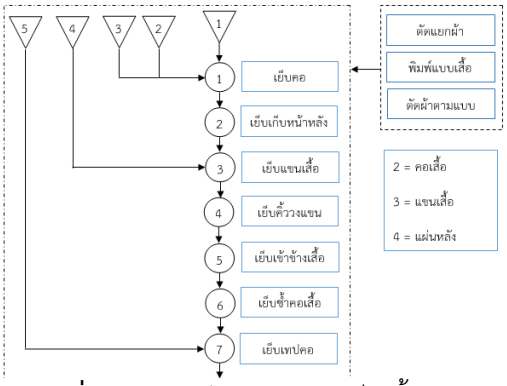
4.2 กระบวนที่พัฒนาเฉพาะงานเย็บเสื้อกีฬา

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

- ศึกษาข้อมูลเชิงลึกและแนวทางการออกแบบและวางแผนผังการผลิต
- วิเคราะห์และออกแบบการจัดวางตำแหน่งเครื่องจักร
- เขียนแบบแผนผังการจัดวางตำแหน่งเครื่องจักร
- วิเคราะห์และออกแบบวิธีปฏิบัติงาน
- ปรับปรุงระบบการผลิตและทดสอบการทำงาน

5.1 ศึกษาข้อมูลและแนวทางการออกแบบพัฒนาระบบการผลิต คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลด้านการผลิตจากร้านเอสดี สปอร์ต เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบในการออกแบบและวางผังระบบการผลิต [2] จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการวางผังระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพ การผลิตเสื้อผ้ากีฬาของร้านเอสดี สปอร์ต มีหลายประเภทเช่น งานสกรีน งานอัดเฟล็กซ์ งานเย็บเสื้อผ้า งานปัก เป็นต้น ในที่นี้ผู้วิจัยจะเสนอกระบวนการพัฒนางานเย็บเสื้อผ้าเพื่อเป็นต้นแบบของการพัฒนากระบวนการผลิตในส่วนอื่นๆ

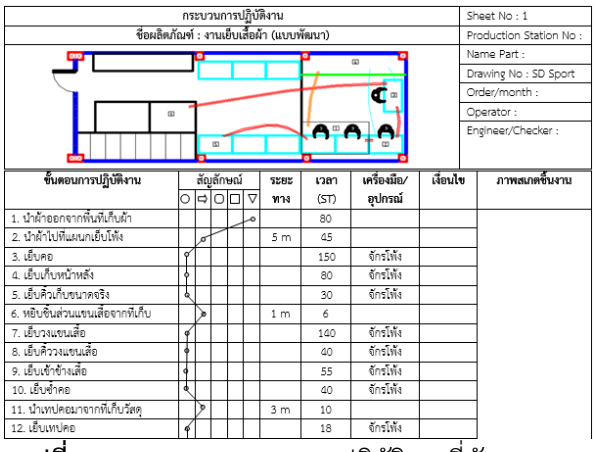
5.2 การออกแบบกระบวนการผลิต (Production Process Design) เป็นการนำแนวความคิดของงานที่ต้องการผลิตมาแสดงลำดับงานให้เห็นเป็นกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นจนได้งานที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 2 วิเคราะห์กระบวนการเย็บเสื้อกีฬา

รูปที่ 2 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์กระบวนการเย็บเสื้อผ้ากีฬาประกอบด้วยชิ้นส่วน 5 ชิ้น กระบวนการเริ่มต้นเย็บคอ เย็บเก็บหน้าหลัง เย็บคิ้ววงแขน เย็บเข้าข้างเสื้อ เย็บซ้ำคอเสื้อ เย็บเทปคอ เย็บลาข้างตัวและชายเสื้อ เย็บย้ำปลายแขนและตรวจสอบงาน

5.3 วิเคราะห์ข้อมูลด้านเครื่องจักร อุปกรณ์ในการผลิต วางการดำเนินการผลิตการตัดเย็บเสื้อผ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ให้ตอบสนองเป้าหมายการผลิต ลดความสูญเสียด้านการจ้างแรงงาน จากนั้นวิเคราะห์และพัฒนากระบวนการผลิต ด้วยการปรับกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิต [3]

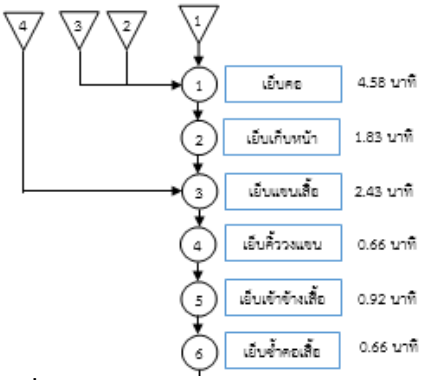

กระบวนการปฏิบัติงาน | Sheet No : 1
ชื่อผลิตภัณฑ์ : งานเย็บเสื้อผ้า (แบบพัฒนา) | Production Station No :
Name Part :
Drawing No : SD Sport
Order/month :
Operator :
Engineer/Checker :

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	สัญลักษณ์	ระยะทาง	เวลา (ST)	เครื่องมือ/อุปกรณ์	เงื่อนไข	ภาพสเกตชิ้นงาน
1. นำผ้าออกจากพื้นที่เก็บผ้า			80			
2. นำผ้าไปที่แผนกเย็บโต๊ะ		5 m	45			
3. เย็บคอ			150	จักรโพ้ง		
4. เย็บเก็บหน้าหลัง			80	จักรโพ้ง		
5. เย็บคิ้วเก็บขนาดจริง			30	จักรโพ้ง		
6. หยิบชิ้นส่วนแขนเสื้อจากที่เก็บ		1 m	6			
7. เย็บวงแขนเสื้อ			140	จักรโพ้ง		
8. เย็บคิ้ววงแขนเสื้อ			40	จักรโพ้ง		
9. เย็บเข้าข้างเสื้อ			55	จักรโพ้ง		
10. เย็บซ้ำคอ			40	จักรโพ้ง		
11. นำเทปคอมาจากที่เก็บวัสดุ		3 m	10			
12. เย็บเทปคอ			18	จักรโพ้ง		

รูปที่ 3 แบบแสดงกระบวนการปฏิบัติงานที่พัฒนา

5.4 กำหนดเวลาลงในกระบวนการผลิต (Time On Operation Process Chart) เพื่อให้ทราบถึงสายงานวิกฤติ (Critical Line) ในงานที่ทำการผลิตนั้นมีระยะเวลากี่นาทีและสถานีวิกฤติ (Critical Station) ที่ใช้เวลาใน

การทำงานมากที่สุดนั้นใช้เวลาในการทำงานมากน้อย จากนั้นนำเวลาที่ได้นั้นไปคำนวณหากำลังการผลิต



รูปที่ 4 การกำหนดเวลาในกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 3 และ 4 เป็นการเก็บข้อมูลด้านการผลิตการเย็บเสื้อกีฬาและการจับเวลางานในแต่ละสถานี พบว่าเวลาในสถานีวิกฤต (CS) เท่ากับ 4.58 นาที คือ สถานีเย็บโพ้ง และสายงานวิกฤต (CL) เท่ากับ 20 นาที

5.5 คำนวณหากำลังการผลิต (Production Power) จากข้อมูลการวิเคราะห์กำลังการผลิตเป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตของกระบวนการที่ได้ออกแบบไว้สามารถวิเคราะห์ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

การคำนวณกำลังผลิตจากวิเคราะห์ (Production on Time Analysis)

1) หาสายงานวิกฤต (CL: Critical Line) และเวลาวิกฤต (CS: Critical Station) โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ ดังนี้

Production on Time Analysis = กำลังการผลิต

Critical Line: CL = สายงานวิกฤต

Critical Station: CS = เวลาวิกฤต

Time Working = เวลาทำงาน

การคำนวณหากำลังการผลิต (Production Power)

เวลาในการผลิตต่อวัน (Time/ Day)

All Time = 480 นาที

เวลาสายงานการผลิต (Critical: CL) CL = 20 นาที

เวลาสถานีวิกฤต (Critical Station: CS)

CS = 4.58 นาที

คำนวณหากำลังการผลิตแบบ Job Production

กำลังการผลิตต่อวัน PP_d = เวลาในการผลิต/ เวลาสายงานวิกฤต

= 480/CL = 480/20 นาที

= 24 ตัว/วัน/คน

จำนวนพนักงานส่วนสถานีการเย็บเสื้อมีทั้งหมด 7 คน

= 24 ตัว/คน/วัน x 7 คน

= 168 ตัว/วัน

(หมายเหตุ: มีการเข้าออกงานบ่อยครั้ง กำลังการผลิตขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงาน ณ ช่วงระยะเวลาวิจัยมีจำนวน 7 คน)

5.6 วิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิต การออกแบบและเขียนแบบผังระบบการผลิตเป็นการนำแบบงานของสถานีการผลิตแต่ละสถานีที่ออกแบบมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อออกแบบจัดวางตำแหน่งให้สามารถผลิตงานได้ทั้งระบบ โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) มาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละสถานีการผลิต ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) นำสถานีการผลิตที่ออกแบบไว้มากำหนดเป็นองค์ประกอบสำหรับการวิเคราะห์

2) กำหนดองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการผลิตอื่นๆ เช่น เครื่องจักรอุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุในระบบการผลิต เช่น รถยก Forklift Crain Tally

3) กำหนดส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น Engineer Office, Material Stock Area, Parts Stock Area, Products Stock Area เป็นต้น

4) ออกแบบผังขององค์ประกอบอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบการผลิต โดยการออกแบบอย่างเป็นระบบเช่นกัน เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ต้องการ

5) นำองค์ประกอบทั้งหมดมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์บนตาราง SLP

6) จัดวางตำแหน่งขององค์ประกอบต่างๆ ตามผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากสัมพันธ์กันมากไปหาสัมพันธ์กันน้อย

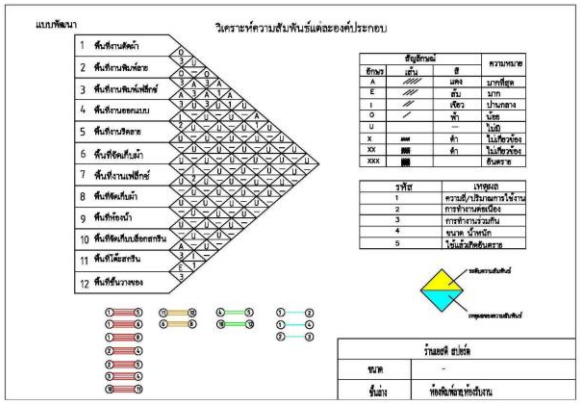
7) ออกแบบจัดวางแผนผังระบบการผลิตโดยที่

8) เขียนแบบแผนผังการผลิตตามที่จัดวางตำแหน่งไว้

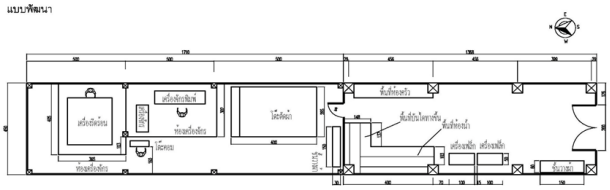
9) คัดเลือกแผนผังที่ดีที่สุด

10) ปรับปรุงแผนผังที่เลือกมา โดยปรับปรุงในส่วนที่ยังมีจุดด้อย

11) ปรับปรุงพื้นที่เครื่องจักรตามผังที่ได้ออกแบบไว้

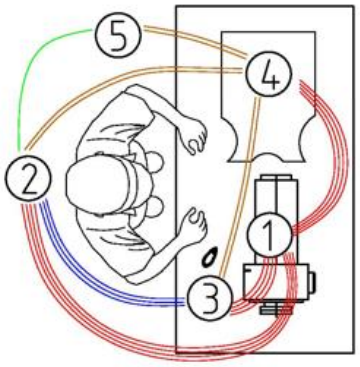


รูปที่ 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ SLP ผังรวม

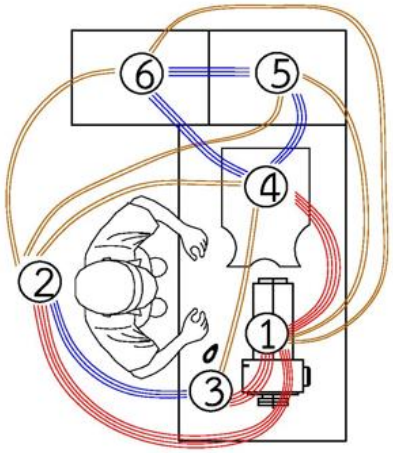


รูปที่ 6 ผังการผลิตที่ได้รับการพัฒนา

จากรูปที่ 5 เป็นการวิเคราะห์องค์ประของเครื่องจักรทั้งหมดในสถานีการผลิต และนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบและพัฒนาผังการผลิต จากเดิมเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์กันใช่ง่านร่วมกันบ่อยครั้งวางห่างกันจึงทำให้เกิดเวลาในการเดินทางซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของปัญหา จากนั้นวิเคราะห์และปรับปรุงสถานีที่ใช้เวลามากสุดคือจักรเย็บโพ้ง โดยการจัดวางอุปกรณ์ที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในสถานี ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8



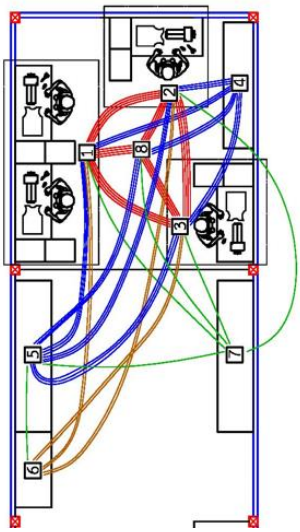
รูปที่ 7 สถานนีเย็บโพ้ง (เดิม)



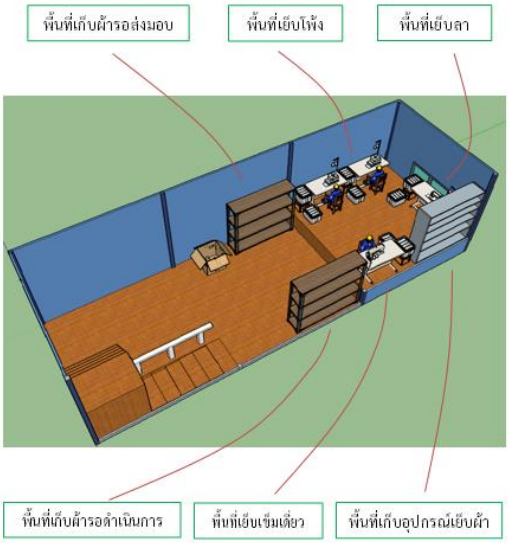
รูปที่ 8 สถานนีเย็บโพ้ง (พัฒนา)

การพัฒนาสถานีเย็บโพ้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบจากรูปที่ 7 หมายเลข 5 คือตำแหน่งที่วางเสื้อที่เย็บแล้ว เพื่อรอส่งไปยังสถานีถัดไปซึ่งต้องเดินทำให้สูญเสียเวลาโดยไม่จำเป็น ในการพัฒนาตามรูปที่ 8 ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ที่เป็นกล่องพลาสติกที่มีล้อเลื่อน เมื่อเย็บผ้าในสถานีเสร็จแล้วเลื่อนส่งไปยังสถานีต่อไปซึ่งลดปัญหาการเดินทางต่อสถานี เมื่อสถานีรับชิ้นส่วนแล้วก็สามารถเลื่อนกล่องนั้นกลับมายังสถานีเดิมโดยที่ผู้ปฏิบัติงานต้องลุกออกจากเก้าอี้ อีกทั้งยังวางแผนการจัดวางอุปกรณ์ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เช่น กรรไร ม้วนด้าย สายวัด

จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผังความสัมพันธ์และการไหลของชิ้นงาน ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ได้แผนผังความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 9 ผังวิเคราะห์ความสัมพันธ์ SLP (พัฒนา)



รูปที่ 10 การจัดวางพื้นที่เครื่องจักร (พัฒนา)

จากรูปที่ 9 จัดวางเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์กันควรวางไว้ใกล้กันส่วนที่มีความสัมพันธ์น้อยควรวางให้ห่างกันซึ่งส่วนนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และพัฒนาจากกระบวนการเย็บเสื้อเท่านั้น

5.7 ประมาณการต้นทุนการจัดระบบการผลิต

การจัดระบบการผลิตในส่วนนี้จะต้องมีการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ มีรายละเอียดการประมาณการต้นทุนดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1 ประมาณการต้นทุนจัดระบบการผลิต

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคารวม
1	ค่าจ้างเหมาขนย้ายและติดตั้งเครื่องจักร	1	เหมา	40,000
2	ค่าจ้างเหมาติดตั้งระบบไฟฟ้า	1	เหมา	20,000

5.8 ดำเนินการปรับปรุงพื้นที่ปฏิบัติงานและแนะนำกระบวนการเย็บเสื้อกีฬาให้มีประสิทธิภาพ การทำงานการเคลื่อนไหวของมือร่วมกับอุปกรณ์การทำงานในพื้นที่ปฏิบัติงานลดเวลาที่ไม่จำเป็น [4] สร้างความเชื่อมั่นและแนวคิดในการลดเวลาที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิต [5]



รูปที่ 9 ปรับผังการผลิตและเก็บข้อมูล



รูปที่ 10 ปรับผังการผลิตและเก็บข้อมูล

จากรูปที่ 9 ผู้วิจัยเข้าเก็บข้อมูลหลังจากพัฒนาสถานี ให้คำแนะนำกับผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการลดความสูญเสียในกระบวนการ และรูปที่ 10 การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ มีความเหมาะสมสะดวกในการใช้งาน



รูปที่ 11 อบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิต

6. สรุปผล

จากการออกแบบและพัฒนาระบบการผลิตเสื้อผ้ากีฬาคณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาร่วมประชุมสรุปผลการดำเนินโครงการรายละเอียดและผลการหาประสิทธิภาพของการผลิต ในที่นี้ใช้สายการผลิตการเย็บเสื้อเป็นกรณีศึกษา เพื่อปรับปรุงให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จากทดลองในสถานที่จริงและทำการเก็บข้อมูลการทดสอบด้วยแบบบันทึกผล พบว่าการเย็บเสื้อมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นที่ 168 ชุด/วัน ประสิทธิภาพของการกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นคิดเป็นร้อยละ 100 ทั้งนี้พนักงานแผนกเย็บผ้าต้องมาทำงานครบตามจำนวนเครื่องจักรของสายการผลิต โดยแผนกเย็บผ้ามีพนักงานทั้งหมด 7 คน

ตารางที่ 2 สรุปผลทดสอบระบบการผลิต

ครั้งที่ (วัน)	ปริมาณ (ตัว/คน/วัน) (7 คน)
ทดสอบครั้งที่ 1	24
ทดสอบครั้งที่ 2	22
ทดสอบครั้งที่ 3	24
ทดสอบครั้งที่ 4	26
ทดสอบครั้งที่ 5	25
ค่าเฉลี่ย	24 ตัว/คน/วัน
ทำงาน 1 วัน	24 ตัวx7 คน = 168 ตัว

6.1 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการประชุมหรืออบรมพนักงานเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการผลิต กระบวนการผลิต ควรมีการบันทึกข้อมูลของเสียและสถิติด้านการผลิต ควรมีการจัดสถานที่ให้เหมาะสมกับลักษณะงานแต่ละประเภท เพื่อให้งานมีประสิทธิภาพเป็นแนวทางในการพัฒนาสายงานด้านอื่นๆ คณะผู้วิจัยพบประเด็นปัญหาที่จะต้องพัฒนา คือ ควรมีการประชุมหารือด้านการผลิตกับพนักงานในร้านอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง อีกทั้งยังเป็นการติดตามผลการปฏิบัติงาน และเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ทางด้านการพัฒนากระบวนการผลิต ทั้งนี้พนักงานจะต้องเล็งเห็นถึงความสำคัญในการจัดระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพและมีระบบมากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาระบบการผลิตเสื้อผ้ากีฬา ได้รับทุนสนับสนุนจากกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาที่อนุญาตให้นำข้อมูลมาเผยแพร่บางส่วนในเชิงวิชาการได้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] แผนปฏิบัติงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER2/DRAWER039/GENERAL/DATA0000/00000020.PDF เข้า ดูเมื่อวันที่ 20/7/60

[2] สุนทร นาคโนนหัน. (2552). การออกแบบระบบการผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น. เอกสารอัดสำเนา.

[3] จิรวัฒน์ วรวิชัและคณะ (2559). การลดของเสียในกระบวนการผลิต กรณีศึกษา โรงงานดาเดียร์เซรามิกในจังหวัดลำปาง, *วารสารวิชาการและวิจัย มทรพระนคร*, 10, กันยายน 2559, หน้า 42 – 52.

[4] กิตติชัย อธิกุลรัตน์ (2560). การเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงการทำงานด้วยการเคลื่อนไหวพื้นฐานของมือ: กรณีศึกษา สายการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, *วารสารวิชาการและวิจัย มทรพระนคร*, 11, เมษายน-มิถุนายน 2560, หน้า 165 – 176.

[5] วรีรัตน์ วรจันทร์, กิมาพร ขมะณะรงค์, สุรนาท ขมะณะรงค์ (2555), การศึกษาแนวทางการลดความสูญเสียในอุตสาหกรรมตัดเย็บ: กรณีศึกษาการตัดเย็บเสื้อผ้ากีฬา จังหวัดขอนแก่น. การประชุมวิชาการศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การลดต้นทุนการขนส่งด้วยวิธีการลดการขนส่งเที่ยวเปล่า

Transportation Costs Reduction by Reducing Empty Tracks

สานิตย์ ปัตตะเน*, นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์ และ รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล

มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 หมู่ 16 ถ.มิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

*ผู้ติดต่อ: golf_theone@hotmail.com, 0804186289

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยการลดการขนส่งเที่ยวเปล่า ซึ่งศึกษาการขนส่งสินค้าเที่ยวกลับของบริษัทกรณีศึกษาระหว่างศูนย์กระจายสินค้าถึงคลังสินค้าจังหวัดและบริษัทภายนอกจำนวน 29 แห่ง ด้วยรถบรรทุกที่แตกต่างกัน 5 ประเภท โดยสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดการขนส่งหรือตัวแบบกำหนดการขนส่งแบบจำลองเครือข่ายการไหลที่เกิดต้นทุนน้อยที่สุด ซึ่งดำเนินการบนโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO 11.0 ในการแก้ปัญหานี้

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าต้นทุนการขนส่งลดลงจาก 134,858.5 บาทต่อวัน เป็น 82,698.4 บาทต่อวันกล่าวคือต้นทุนการขนสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาลดลง 52,160.10 บาทต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 38.68

คำหลัก: การขนส่งเที่ยวเปล่า, ต้นทุนการขนส่ง, แบบจำลองการไหลที่เกิดต้นทุนน้อยที่สุด

Abstract

This research aims to decrease the transportation costs by reducing the empty truck. This research studies the backhaul of the case study which transported from the distribution center to 29 provincial warehouses and the external companies with 5 different types of truck. The mathematical model for the transportation problem or the minimal cost network flow model was applied to solve this problem which operated on LINGO 11.0. The study found that the transportation costs decrease from 134,858.5 Baht per day to 82,698.4 Baht per day. Therefore, the transportation costs reduce 52,160.10 Baht per day or 36.68 percent.

Keywords: Backhauling, Transportation Cost, Minimum Cost Network Flow Model

1. บทนำ

ตลาดเครื่องดื่มในประเทศไทยมีมูลค่าสูง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและปริมาณนักท่องเที่ยวที่เข้ามาภายในประเทศ [4] ซึ่งการเจริญเติบโตของตลาดเครื่องดื่ม ทำให้ผู้ประกอบการต้องกระจายสินค้าไปยังลูกค้า ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของต้นทุนทางโลจิสติกส์ นั่นคือต้นทุนค่าขนส่งสินค้าทางถนนมากเป็นอันดับหนึ่ง ดังนั้นการจัดการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ จึงมีความสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจ อีกทั้งยังสามารถ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจได้ [6] ปัจจุบันการขนส่งทางรถบรรทุกในประเทศไทยเป็นการขนส่งแบบเต็มคันรถและไปในทิศทางเดียวจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้ายหรือปลายทางแล้วกลับมายังจุดเริ่มต้น เพื่อรอรับสินค้าที่จะจัดส่งในรอบถัดไป ซึ่งการขนส่งลักษณะนี้ทำให้มีรถบรรทุกเที่ยวเปล่า ปัจจุบันมีการคิดค้นกลยุทธ์ในการลดต้นทุนการขนส่งสินค้า โดยการลดการขนส่งเที่ยวเปล่า ด้วยการวางแผนการขนส่งทั้งไปและกลับ แต่เนื่องจากปริมาณการขนส่งสินค้าระหว่างต้นทางและปลายทางไม่เท่ากัน ทำให้การวางแผนการขนส่งทั้งไปและกลับไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจด้านการขนส่งสินค้าที่มีขนาดใหญ่ในประเทศไทย มีการจัดการรถบรรทุกขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังคลังสินค้าจังหวัดตามความต้องของลูกค้า 18 แห่ง และจัดรถบรรทุกเปล่าจากศูนย์กระจายสินค้าไปรับส่งสินค้าหมุนเวียน เช่น พาเลทเปล่า ขวดเปล่า และลังน้ำ จากคลังสินค้าจังหวัดและบริษัทภายนอกรวมทั้งสิ้น 29 แห่ง ทำให้บริษัทกรณีศึกษามีต้นทุนสูญเปล่าจากการขนส่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก ดังนั้นเพื่อลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ของบริษัทกรณีศึกษา ผู้เขียนจึงนำเสนอการแก้ไขด้วยแบบจำลองสำหรับการจัดรถบรรทุกขนส่งสินค้าเที่ยวกลับของบริษัทกรณีศึกษา โดยสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดการรถบรรทุกขนส่งเที่ยวกลับ ซึ่งใช้แบบจำลองเครือข่ายการไหลที่เกิดต้นทุนน้อยที่สุด (Minimum Cost Network Flow Model: MCNFM) และหาคำตอบของปัญหาดังกล่าวบนโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO 11.0 เพื่อลดจำนวนการขนส่งเที่ยวเปล่าและลดต้นทุนการจัดการรถบรรทุกขนส่งเที่ยวกลับ

2. ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ditamapai และคณะ , Thoucharee และ Pitakaso นิยามกิจกรรมโลจิสติกส์ว่าเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงจุดที่มีการบริโภค โดยหลักการสำคัญคือการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งขาเข้าและขาออกที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อให้เกิดต้นทุนรวมในการกระจายสินค้าต่ำที่สุด ซึ่งกิจกรรมด้านโลจิสติกส์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ กิจกรรมหลักของบริษัท และ กิจกรรมสนับสนุนการดำเนินงานของบริษัท [1,8] ต่อมา นราธิป และรักน้อย กล่าวถึงต้นทุนการจัดการระบบโลจิสติกส์ว่ามีสัดส่วนสูงที่สุด เมื่อเทียบกับต้นทุนทั้งหมดของบริษัท ดังนั้นการจัดการต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงต้องเริ่มจากการวางแผนการจัดการระบบโลจิสติกส์ที่ดี [3] ในขณะเดียวกัน ศูนย์ข้อมูลข่าวสารและสินค้าโลจิสติกส์ Ongtang และ Sirivunnabood กล่าวว่า วิธีการวางแผนระบบการขนส่งเที่ยวกลับ (Backhaul) เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่เป็นการลดต้นทุนของผู้ประกอบการที่มักจะนำมาใช้ในการลดต้นทุนการขนส่ง [7,10] และต้นทุนโลจิสติกส์คือต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการ ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ต้นทุนการขนส่งสินค้า ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ต้นทุนการบริหารจัดการ [12] โครงสร้างต้นทุนค่าขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก มีตัวแปรสำคัญ คือ ต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ไม่ผันแปรไปตามปริมาณการขนส่ง เช่น ค่าตอบแทนพนักงานขับรถ

และพนักงานขนถ่าย ค่าประกันภัยรถบรรทุก เป็นต้น และ ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) คือค่าใช้จ่ายผันตามปริมาณการขนส่ง หากมีการขนส่งมาก มีการขนส่งระยะไกล ก็จะมีผลให้ต้นทุนสูงตามไปด้วย ต้นทุนแปรผัน ซึ่งประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุก ค่าเสื่อมสภาพของยางรถบรรทุก [3,11]

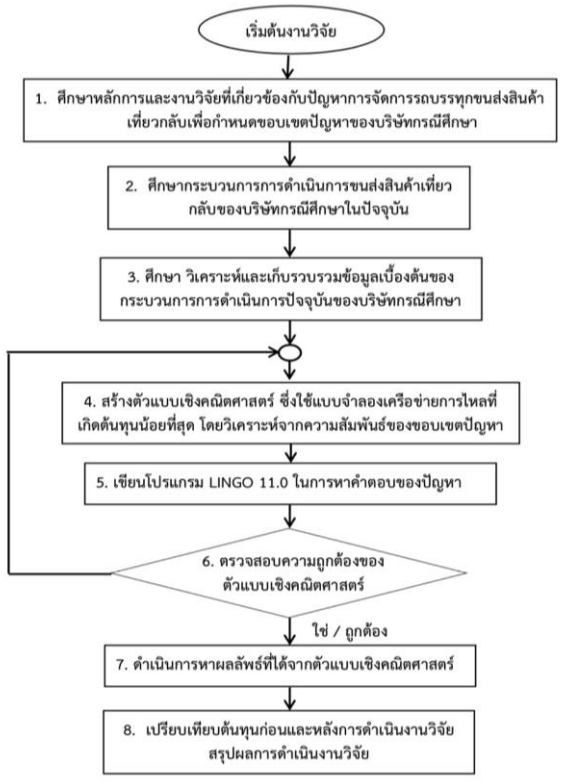
นราธิปและรักน้อยกล่าวว่าการแก้ไขปัญหาต้นทุนขนส่งสินค้า นิยมใช้การวิเคราะห์รูปแบบการขนส่งและเชื่อมโยงเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ารูปแบบการขนส่งที่ต่างกัน จะมีการจัดการขนส่งด้วยวิธีแตกต่างกัน [3] โดยการจัดเส้นทางการเดินรถตามลักษณะการเดินทาง สามารถจัดได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือเส้นทางการเดินรถแบบปิด (Closed Trips หรือ Vehicle Routing Problem) คือการที่รถบรรทุกสินค้าเดินทางออกไปส่งสินค้าและกลับมาที่จุดเดิม และเส้นทางการเดินรถแบบเปิด (Open Vehicle Routing Problem) คือการเดินรถที่ไม่จำเป็นที่จะต้องกลับมาที่จุดเดิมซึ่งการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเปิด มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะลดต้นทุนการขนส่งและระยะทางรวม [9] จากการศึกษางานวิจัยของ Boonmee และ Kasemset เกี่ยวกับการกระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา โดยการขนส่งสินค้าเริ่มจากโรงงานผลิต ไปยังศูนย์กระจายสินค้า จากนั้นเดินทางต่อไปยังผู้ส่งมอบลำดับสุดท้าย แล้วจึงเดินทางกลับมายังโรงงานดังเดิม ผู้ศึกษาได้สร้างแบบจำลองในรูปแบบตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming Model) ที่สอดคล้องกับการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา และหาคำตอบด้วยโปรแกรม Lingo พบว่าค่าคำตอบเป็นคำตอบที่ดีที่สุด [2,3] ในลักษณะเดียวกันที่ ไพฑูรย์ได้ศึกษาการลดต้นทุนการขนส่ง โดยการจัดเส้นทางพาหนะที่เหมาะสม กรณีศึกษาธุรกิจเครื่องดื่มชานมด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการหาคำตอบ [5] เช่นเดียวกับการศึกษาการจัดรถบรรทุกเที่ยวกลับ ที่มีแนวคิดในการใช้บริษัทภายนอก (3rd Party Logistics) เข้ามาช่วยในการจัดการขนส่ง โดยใช้ตัวแบบ Binary Integer Programming (BIP) ของ Ongtang และSirivunnabood [10] แบบจำลองเครือข่ายการไหลที่เกิดต้นทุนน้อยที่สุด มีวัตถุประสงค์คือกำหนดการไหลของในเครือข่ายเพื่อให้เกิดต้นทุนน้อยที่สุดใช้ในการกระจายวัตถุดิบหรือสินค้าจากโรงงานผลิตไปยังคลังสินค้าและจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าปลายทางซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาที่มีการหยุดรับสินค้าที่ขนส่งกลับ งานวิจัยนี้จึงใช้แบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้นเป็นตัวแบบขั้นพื้นฐาน ในการวิเคราะห์และออกแบบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ให้มีทิศทางในการหาคำตอบสำหรับปัญหาคือต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ต่ำที่สุด [1]

3. ขั้นตอนการดำเนินการ

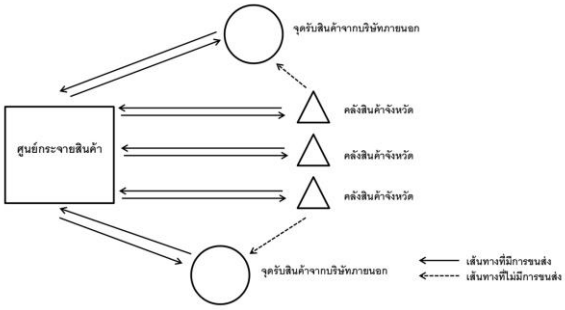
การลดต้นทุนการขนส่งด้วยวิธีการลดการขนส่งเที่ยวเปล่าประกอบด้วยขั้นตอนงานวิจัยดังรูปที่ 1 ซึ่งเรียงลำดับของการดำเนินการตามหมายเลขหัวข้อที่กำหนดไว้ข้างต้น ศึกษาหลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดการรถบรรทุกขนส่งสินค้าเที่ยวกลับเพื่อกำหนดขอบเขตปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา ศึกษากระบวนการการดำเนินการขนส่งสินค้าเที่ยวกลับของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบัน ศึกษา วิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการการดำเนินการปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา เช่น ข้อมูลระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าถึงคลังสินค้าจังหวัดและบริษัทภายนอก ต้นทุนการขนส่งสินค้า ความสามารถในการบรรทุกของรถแต่ละประเภท จำนวนสินค้าหมุนเวียนที่ต้องการส่งกลับจากคลังสินค้าจังหวัด จำนวนสินค้าหมุนเวียนที่ต้องรับจากบริษัทภายนอก และปริมาณรถบรรทุกสินค้าที่อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลจริงที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในการขนส่ง กล่าวคือ

ข้อมูลปริมาณการส่งสินค้าเที่ยวกลับที่มากที่สุดต่อวัน ระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม 2560 ดังตารางที่ 1-3

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีการส่งสินค้าไปยังคลังสินค้าจังหวัดและขนสินค้าหมุนเวียน ณ คลังสินค้าจังหวัดกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า และมีการส่งรถบรรทุกเปล่าไปรับสินค้าหมุนเวียนที่จุดรับสินค้าจากบริษัทภายนอกเพื่อให้เพียงพอต่อกระบวนการขนส่งสินค้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 2 การขนส่งปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

3.1 สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ สำหรับการจัดการรถบรรทุกขนส่งเที่ยวกลับ

ตัวแปร พารามิเตอร์ และตัวแปรตัดสินใจ

i, j คือจุดที่รับส่งสินค้า

n คือเลขประจำรถ

G คือค่าสมมติเพื่อป้องกันความผิดพลาด

CN_n คือต้นทุนการขนส่งรถคันที่ n (บาทต่อกิโลเมตร)

C_{ij} คือระยะทางจากจุด i ไป j

$CAPN_n$ คือความสามารถในการบรรทุกสูงสุดของรถบรรทุกคันคันที่ n

S_{ni} คือปริมาณสุทธิของรถคันที่ n ณ จุด i

Q_i คือปริมาณสุทธิของสินค้าที่ขนส่ง ณ จุดที่ i

M_{ijn} คือปริมาณการขนส่งสินค้า จาก i ไป j ด้วยรถคันที่ n

X_{ijn} คือตัวแปรที่ใช้ตัดสินใจโดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อมีการเดินรถบรรทุก จาก จุด i ไป j ด้วยรถคันที่ n และมีค่าเป็น 0 เมื่อไม่มีการจัดรถบรรทุก

Constraints

$$\sum_{ijn} X_{ijn} - \sum_{jin} X_{jin} = S_{ni} \quad : \forall_{ni} \quad (2)$$

สมการที่ 2 หมายถึงการจัดรถบรรทุกคันที่ n ให้เข้าออกไม่เกินปริมาณสุทธิ ณ จุดที่ i

$$M_{ijn} \leq X_{ijn} \cdot G : \forall_{ijn} \quad (3)$$

สมการที่ 3 หมายถึงการป้องกันความผิดพลาด เพื่อไม่ให้จัดรถบรรทุกไปยังจุด i เมื่อไม่มีปริมาณการบรรทุกสินค้า

$$\sum_{ijn} M_{ijn} - \sum_{jin} M_{jin} = Q_i \quad : \forall_i \quad (4)$$

สมการที่ 4 หมายถึงการขนส่งสินค้าให้เท่ากับปริมาณสุทธิของสินค้าที่ขนส่ง ณ จุดที่ i

$$M_{ijn} \leq CAPN_n \quad : \forall_{ijn} \quad (5)$$

สมการที่ 5 หมายถึงรถบรรทุกสินค้าทุกคันต้องบรรทุกสินค้าไม่เกินความสามารถในการบรรทุกสูงสุด

$$\sum_{ijn} M_{ijn} \geq \sum_{jin} M_{jin} \quad : \forall_{ijn} \text{ และ } i \neq 1 \quad (6)$$

สมการที่ 6 หมายถึงรถบรรทุกสินค้าทุกคันต้องไม่ส่งสินค้าระหว่างทาง

ตารางที่ 1 ตัวอย่างระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าถึงคลังสินค้าจังหวัดและบริษัทภายนอก

1 ศูนย์กระจายสินค้า														
249	2 กาฬสินธุ์													
182	80	3 ขอนแก่น												
114	216	130	4 ชัยภูมิ											
457	233	288	415	5 นครพนม										
133	192	198	178	398	6 บุรีรัมย์									
203	50	80	181	265	152	7 มหาสารคาม								
358	149	220	339	120	275	172	8 มุกดาหาร							
261	112	184	276	225	178	109	105	9 ยโสธร						
224	52	124	210	241	155	43	143	70	10 ร้อยเอ็ด					
330	309	213	229	388	375	284	438	393	327	11 เลย				
375	150	206	333	95	309	180	125	180	161	318	12 สกลนคร			
74	316	250	137	528	190	273	430	333	293	362	444	13 สีคิ้ว		
176	187	245	225	356	64	172	236	138	143	417	306	231	14 สุรินทร์	
181	206	277	292	343	169	194	223	112	154	498	292	348	112	15 ศรีษะเกษ

ตารางที่ 2 ต้นทุนการขนส่งสินค้า ความสามารถในการบรรทุกของรถแต่ละประเภท และจำนวนรถบรรทุก

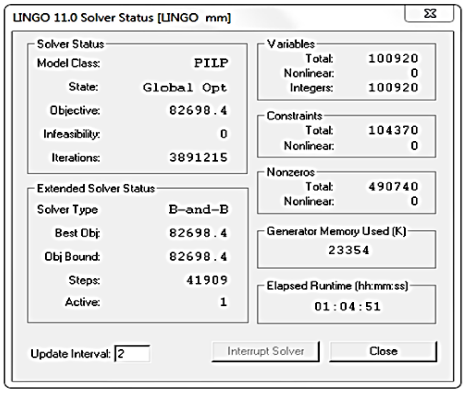
ชนิดของรถ	ความสามารถในการบรรทุก (พาเลท)	จำนวนรถบรรทุก (คัน)	ต้นทุนแปรผัน (บาทต่อกม.)
18 ล้อ ชนิด Side Curtain	24	18	11.42
10 ล้อ ชนิด 2 พ่วง	24	1	10.80
10 ล้อ ชนิด 175 HP	12	5	6.46
10 ล้อ ชนิด 195 HP	12	29	6.98
10 ล้อ ชนิด 270 HP	12	7	7.81

ตารางที่ 3 ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าหมุนเวียน

จุดรับส่งสินค้า	ปริมาณสินค้าหมุนเวียน (พาเลท)	จุดรับส่งสินค้า	ปริมาณสินค้าหมุนเวียน (พาเลท)
1	0	16	20
2	40	17	6
3	51	18	20
4	22	19	0
5	10	20	0
6	29	21	12
7	0	22	12
8	10	23	12
9	0	24	12
10	45	25	24
11	0	26	0
12	10	27	12
13	22	28	12
14	12	29	0
15	0	รวม	393

4. ผลการวิจัย

เมื่อนำเข้าข้อมูลระยะทาง ต้นทุนการขนส่งสินค้า ความสามารถในการบรรทุกสูงสุดของรถแต่ละประเภท จำนวนสินค้าหมุนเวียนที่ต้องการส่งกลับจากคลังสินค้าจังหวัด จำนวนสินค้าหมุนเวียนที่ต้องรับจากบริษัทภายนอก และจำนวนรถบรรทุกสินค้าที่สภาวะพร้อมใช้งานจากตารางที่ 1- 3 เข้าโปรแกรม LINGO 11.0 ซึ่งเขียนจากตัวแบบกำหนดการแบบจำลองเครือข่ายการไหลที่เกิดต้นทุนน้อยที่สุด ใช้เวลาในการหาคำตอบอยู่ที่ 64 นาที ผลที่ได้คือเส้นทางการขนส่งสินค้า ปริมาณการขนส่งดังดังตารางที่ 4 และต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ต่ำที่สุด คือ 82,698.4 บาทต่อวัน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การรันโปรแกรม LINGO 11.0

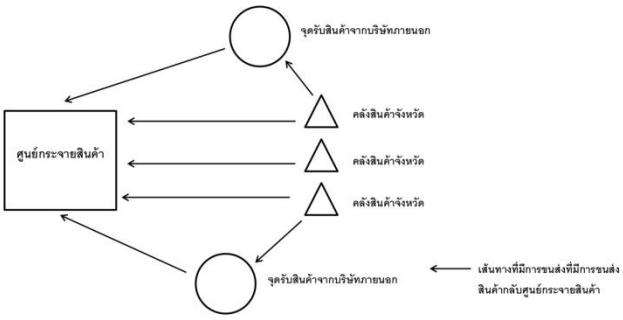
5. สรุปการวิจัย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากผลการทดลองแบบจำลองเครือข่ายการไหลที่เกิดต้นทุนน้อยที่สุดสำหรับการจัดรถบรรทุกขนส่งสินค้าเที่ยวกลับของบริษัทกรณีศึกษา สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงได้กล่าวคือค่า

คำตอบที่ได้ (เส้นทางและปริมาณการขนส่งของรถบรรทุกที่ขนส่งสินค้าเที่ยวกลับ) เป็นคำตอบที่ตรงตามเงื่อนไขการขนส่งสินค้าที่กำหนดและเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Global Opt) จากการคำนวณของแบบจำลองบนโปรแกรม LINGO 11.0 คือ 82,698.4 บาทต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบวิธีการขนส่งเดิมที่ใช้วิธีการส่งรถบรรทุกเปล่าไปรับสินค้าหมุนเวียนจากบริษัทภายนอกซึ่งอยู่ที่ 134,858.5 บาทต่อวัน ลดลงเฉลี่ย 52,160.1 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 38.68

ตารางที่ 4 เส้นทางการขนส่งสินค้า ปริมาณการขนส่ง

คันที่	เส้นทาง	ปริมาณสินค้าที่ขนระหว่างเส้นทาง (พาเลท)	คันที่	เส้นทาง	ปริมาณสินค้าที่ขนระหว่างเส้นทาง (พาเลท)
1	2-27-29-1	24-24-24	15	17-9-29-1	6-6-6
2	3-29-1	24-24	16	2-27-29-1	12-12-12
3	7-27-29-1	0-12-12	17	3-29-1	12-12
4	9-10-29-1	0-23-23	18	3-29-1	3-3
5	12-10-29-1	2-24-24	19	3-29-1	12-12
6	14-29-1	12-12	20	4-29-1	10-10
7	18-29-1	20-20	21	4-29-1	12-12
8	18-16-24-29-1	0-8-20-20	22	6-29-1	12-12
9	18-22-23-29-1	0-12-24	23	6-29-1	12-12
10	19-25-15-29-1	0-24-24-24	24	6-29-1	5-5
11	8-21-29-1	0-22-22	25	13-29-1	10-10
12	5-29-1	10-10	26	13-29-1	12-12
13	12-2-27-29-1	8-12-12-12	27	18-28-29-1	0-12-12
14	16-29-1	12-12	รวมใช้รถบรรทุก 27 คัน		



รูปที่ 3 การขนส่งที่ได้จากผลการทดลองของบริษัทกรณีศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Ditamapai, J., Sirivongpaisal, N. and Suthum manon, S. (2011). A Study of Physical Distribution Mo del in Suratthani Province, *KKU Engineering Journal,* vol. 38(2), April–June 2011, pp. 129-137.

[2] Boonmee, C. and Kasemset, C. (2014). The Applica- tion of Distribution Network Optimization: A Case Study of the Canned Fruit Industry, *Thai Journal of Operations Research*.

[3] นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์ และรักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล. (2559). ต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสม สำหรับการจัดเส้นทางและการจัดรถบรรทุกหลายขนาด โดยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม: กรณีศึกษาบริษัทกระจายสินค้า, *งานประชุมวิชาการวิศวกรรมอุตสาหการแห่งชาติประจำปี 2559,* มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[4] บริษัท ไทยเบฟเวอเรจ จำกัด (มหาชน) (2553). ไทยเบฟเวอเรจ เปิดศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค 4 แห่ง ครอบคลุมทั่วประเทศ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.thaibev.com/th08/detailnews.aspx?ngID=827&tngID=1, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/2/2560.

[5] ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. (2557). การลดต้นทุนการขนส่งโดยการจัดเส้นทางพาหนะที่เหมาะสม กรณีศึกษา ธุรกิจเครื่องดื่มชานม. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, ฉบับที่ 5(พิเศษ).

[6] วิภาวรรณ พันธุ์สังข์. (2554). การพัฒนาระบบการวางแผนการขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า. วิทยานิพนธ์วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[7] ศูนย์ข้อมูลข่าวสาร และสินค้าโลจิสติกส์. (2553). การจัดการขนส่งเที่ยวกลับ ด้วยโปรแกรมบริหารขนส่ง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://goo.gl/uDqljw, เข้าดูเมื่อวันที่ 21/1/2560.

[8] Thoucharee, S. and Pitakaso, R. (2012). Logistics and Supply Chain Management of Rice in the Northeastern Area of Thailand, KKU Research Journal year 17, pp. 125-141.

[9] อรประไพ จารุพัฒน์และ ปวีนา เชาวลิตวงศ์. (2556). ฮิวริสติกสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถแบบเปิดเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง, *วารสารวิศวกรรมศาสตร์*, 4(3).

[10] Ongtang, M. and Sirivunnabood, S. (2014). Transportation Backhaul Matching Using Binary Programming Model: A Case Study on Third-Party Logistics Network in Thailand, *Lecture Notes on Software Engineering*, Vol. 2(3

[11] คงเดช ทรงแสง. (2552). โครงสร้างต้นทุนค่าขนส่งรถบรรทุกจาก, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://logisticscorner.com /index.php, เข้าดูเมื่อวันที่ 21/1/2560.

[12] คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2548). การจัดการต้นทุนโลจิสติกส์, กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา สาขาการจัดการโลจิสติกส์.

การมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อย โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม: กรณีศึกษาบริษัทกระจายสินค้าเครื่องดื่ม

Assignment of sub-Distribution Centers to sub-Customers by Mixed Integer Linear Programming Model: A Case Study of Beverage Distribution Firm

นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์[1,*], นรัตว์ รัตนวัย[2], ภูริเกษม สุพัฒน์ธนานนท์[3], รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล[1] และ ณัฏฐ์ดนัย สุพัฒน์ธนานนท์[1]

[1,] มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 หมู่ 16 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

[2] มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ตำบลสะเดียง อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[3] มหาวิทยาลัยนานาชาติโมรอลลิตี้ 4000 ถนนปอนซ์เดอลีออน เมืองคอรอลเกเบิลส์ มลรัฐฟลอริด้า 33146

*ผู้ติดต่อ: ballnaratip007@gmail.com, 0885997829

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งสินค้าด้วยการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อยที่เหมาะสม โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มคำนวณหาค่าต้นทุนที่ต่ำที่สุด สำหรับบริษัทกระจายสินค้าเครื่องดื่มกรณีศึกษา ซึ่งมีการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าหลักไปยังลูกค้าย่อยจำนวน 14 แห่ง ต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินการขนส่งสินค้าประกอบด้วยต้นทุนผันแปรตามระยะทางรวมและต้นทุนค่าบริหารจัดการศูนย์กระจายสินค้าย่อย จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า ตัวแบบกำหนดการที่นำเสนอสามารถแก้ไขปัญหาการมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยทั้ง 3 แห่ง ให้กับลูกค้าย่อยได้เหมาะสม ทำให้บริษัทกรณีศึกษามีต้นทุนค่าขนส่งสินค้าลดลงร้อยละ 32.17 หรือคิดเป็นมูลค่าต้นทุนที่ลดลงเท่ากับ 79,059.53 บาทต่อวัน

คำหลัก: ศูนย์กระจายสินค้า, ต้นทุนค่าขนส่ง, ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม, ปัญหาการมอบหมาย

Abstract

This research aims to reduce the transportation costs with assignment of sub-distribution centers to sub-customers by The Mixed Integer Linear Programming Model applies to search the minimum costs. The case study distributes the beverage from the main distribution center to the 14 sub-warehouses. The transportation costs compose of the variable cost by distance and the sub warehouse management cost. The study found that the purpose model has the high performance to solve the assignment problem. From the model, there are 3 sub-distribution centers can be assigned to the appropriate customers. The transportation cost of the case study decrease 32.17 percent or 79,059.53 Baht per day.

Keywords: Distribution Center, Transportation Cost, Mixed Integer Linear Programming Model, Assignment Problem

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีสื่อสารหรือที่เรียกว่ายุคไอทีในปัจจุบัน ช่วยให้ลูกค้าบางส่วนมีความสะดวกในการเลือกซื้อสินค้าเพิ่มมากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นการสั่งซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ เช่น ซื้อสินค้าผ่านเว็บไซต์ ซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชั่น และโทรศัพท์สั่งซื้อสินค้า ยังทำให้ลูกค้าสามารถเลือกสินค้าได้มากกว่าการเดินทางไปที่บริษัทค้าปลีกหรือส่งโดยตรง สินค้าที่เลือกซื้อจากออนไลน์มีราคาถูกกว่าหน้าร้าน และสามารถเปรียบเทียบราคาของสินค้าได้อย่างชัดเจน จึงส่งผลให้ความต้องการของลูกค้ามีอัตราสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว สังเกตได้จากผู้ประกอบการส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับกิจกรรมการขนส่งเพื่อลดต้นทุนการดำเนินงานของบริษัท [1, 2] ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการสามารถต่อสู้กับคู่แข่งได้อย่างยั่งยืน [3] จากการสอบถามผู้ประกอบการด้านการขนส่งสินค้าขนาดใหญ่ พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีนโยบายเกี่ยวกับการลดต้นทุนการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าขั้นสุดท้าย ให้ทันเวลาที่ลูกค้ามีความต้องการสินค้าด้วยการสร้างศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้ครอบคลุมพื้นที่ความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีวิธีการในการเลือกสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่แตกต่างกัน งานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอวิธีการเลือกหรือมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าย่อยหรือปลายทางความต้องการของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาประกอบธุรกิจการผลิตและขนส่งเครื่องดื่มขนาดกลางของประเทศไทย มีนโยบายจัดสร้างศูนย์การกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ (ภาคอีสาน) และอยู่ในขั้นตอนการมอบหมายศูนย์การกระจายสินค้าย่อยที่เหมาะสมให้กับลูกค้าย่อย เพื่อใช้เป็นเส้นทางในการขนส่งสินค้า ดังนั้นผู้เขียนจึงศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทกรณีศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่เหมาะสมและนำเสนอในรูปของต้นทุนการจัดการขนส่งสินค้าที่ต่ำที่สุด โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ในการตัดสินใจมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับความต้องการของลูกค้าย่อย

2. การทบทวนวรรณกรรม

จากการสอบถามผู้บริหารบริษัทกรณีศึกษา พบว่า ผู้บริหารให้ความสำคัญกับการตัดสินใจมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่เหมาะสมเป็นอย่างมาก เพราะเป็นการแก้ไขปัญหาและควบคุมต้นทุนค่าขนส่งสินค้าที่ดีที่สุด ก่อนที่บริษัทจะพิจารณาปัญหาการเลือกที่ตั้งที่เหมาะสม นั่นคือในการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าจะใช้เส้นทางตามการความเหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่มอบหมายให้กับลูกค้าย่อยไว้ และถ้ามีการเลือกสถานที่ตั้งแล้วผู้ประกอบการจะต้องลงทุนในการสร้างและบริหารจัดการจนกว่าจะถึงระยะเวลาคืนทุน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหรือหาสถานที่ตั้งใหม่เป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีการลงทุนสูง ดังนั้นการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยด้วยวิธีตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมมากที่สุด ณ เวลาปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการหาคำตอบด้วยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มใช้ระยะเวลาในการหาค่าคำตอบมากกว่าวิธีการฮิวริสติกส์อื่นๆ แต่ค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการดังกล่าวคือค่าคำตอบที่แสดงถึงต้นทุนที่ต่ำที่สุดของปัญหา (Global Optimal) [4, 5]

ปรางประเสริฐ และ ชุมพล ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ด้วยการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าระดับภูมิภาค โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม พบว่าตัวแบบกำหนดการดังกล่าวให้ค่าคำตอบของสถานที่ตั้ง 4 แห่ง จากสถานที่ทั้งหมด 13 แห่ง และนั่นคือสถานที่ตั้งที่มอบหมายให้กับลูกค้าและก่อให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด [1] ในทำนองเดียวกันมีนักวิจัยหลายท่านใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม แก้ไขปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งและการมอบหมายที่เหมาะสม [4-9] หรือแม้กระทั่งใช้ในการกำหนดตัวแบบกำหนดการเชิง

คณิตศาสตร์ในการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์ [10, 11] จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มมีความเหมาะสมและสามารถแก้ไขปัญหาการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

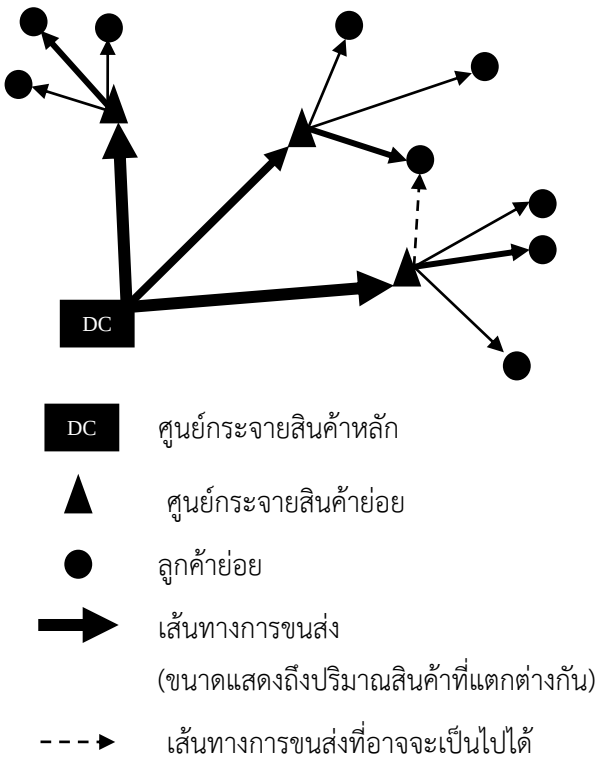
3. การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยก่อนผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเริ่มจากการศึกษากระบวนการดำเนินงานปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าหลักผ่านศูนย์กระจายสินค้าย่อย 3 แห่ง ไปยังลูกค้าย่อย 14 แห่ง อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้จะนำเสนอการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อยอย่างเหมาะสมตามความต้องการของลูกค้า ด้วยการจัดเส้นทางรถบรรทุกขนส่งสินค้า ดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 พบว่าข้อมูลที่จำเป็นในการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ 1) ต้นทุนค่าขนส่ง ที่แปรผันตามระยะทางรวม โดยประกอบไปด้วย ต้นทุนค่าน้ำมันเชื่อเพลิง ค่าเบี้ยเลี้ยงพนักงานขับรถ ค่าบำรุงรักษา และค่าเสื่อมสภาพรถบรรทุก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.93 บาทต่อกิโลเมตร (9.16 + 1.51 + 1.14 + 1.12 บาทต่อกิโลเมตรตามลำดับ) และสามารถบรรทุกสินค้าได้สูงที่สุด 12 พาเลท 2) ต้นทุนค่าบริหารจัดการศูนย์กระจายสินค้าย่อยทั้ง 3 แห่ง เท่ากับ 642.96 762.99 และ 427.15 บาทต่อเที่ยวต่อวัน ตามลำดับ 3) ความต้องการสินค้าของลูกค้าย่อย (หน่วยเป็นพาเลท ซึ่ง 1 พาเลท ประกอบด้วยสินค้า 1-2 ประเภท) และระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าหลังไปยังศูนย์กระจายสินค้าย่อยถึงลูกค้าย่อย (หน่วยเป็นกิโลเมตร) ดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 โครงข่ายการขนส่งสินค้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลระยะทางและความต้องการลูกค้าย่อย

ลูกค้าย่อยที่	ความต้องการ (พาเลท)	ศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่	ระยะทาง (กม.)
1	24	1	253
		2	120
		3	312
2	11	1	222
		2	120
		3	210
3	34	1	140
		2	282
		3	168
4	22	1	244
		2	321
		3	149

ตารางที่ 1 ข้อมูลระยะทาง... (ต่อ)

ลูกค้าย่อยที่	ความต้องการ (พาเลท)	ศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่	ระยะทาง (กม.)
5	12	1	308
		2	135
		3	211
6	12	1	128
		2	311
		3	324
7	23	1	320
		2	245
		3	255
8	42	1	480
		2	373
		3	230
9	20	1	205
		2	320
		3	195
10	12	1	335
		2	298
		3	140
11	24	1	144
		2	371
		3	270
12	24	1	160
		2	285
		3	280
13	12	1	241
		2	330
		3	366
14	36	1	110
		2	210
		3	350

3.2 สร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนจริง

1) ดัชนี พารามิเตอร์ และตัวแปรตัดสินใจ มีดังนี้

i = ศูนย์กระจายหลัก ; i = 1

d = ศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่ d ; d = 1, 2, 3

j = ลูกค้าย่อย j ; j = 1, 2, ..., 14

n = รถบรรทุกหมายเลขที่ n ; n = 1, 2, ..., 50

C = ต้นทุนค่าขนส่งต่อกิโลเมตรของรถบรรทุก

D_{idj} = ระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าหลัก i ไปลูกค้าย่อย j ผ่านศูนย์กระจายสินค้าย่อย d

Cap = ความสามารถบรรทุกสูงสุดของรถบรรทุก

Q_j = ปริมาณความต้องการของลูกค้าย่อย j

BIGM = 25 (มากกว่าค่า Cap)

V_{idjn} = จำนวนสินค้าบนรถบรรทุกหมายเลขที่ n ซึ่งขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าหลัก i ไปยังลูกค้าย่อยที่ j ผ่านศูนย์กระจายสินค้าย่อย d

F_d = ค่าบริหารจัดการศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่ d (หน่วยเป็นต่อบาทต่อเที่ยวต่อวัน)

X_{idjn} = ตัวแปรตัดสินใจเป็นตัวแปรแบบไบนารี ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 หมายถึงการตัดสินใจขนส่งจาก i ไป j ด้วยรถบรรทุกหมายเลข n และบริษัทกรณีศึกษาต้องเปิดศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่ s แต่ถ้าไม่จะเท่ากับ 0

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{MIN Cost} = \sum_{n=1}^{50}\sum_{j=1}^{14}\sum_{d=1}^{3}\sum_{i=1}^{1}((C \cdot D_{idj}) + F_d)\, X_{idjn} \quad (1)$$

สมการที่ 1 คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม ที่กำหนดให้หาค่าคำตอบที่ต่ำที่สุด ซึ่งจะหมายถึงต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อย

3) สมการเงื่อนไข

$$\sum_{j=1}^{14}\sum_{d=1}^{3}\sum_{i=1}^{1} X_{idjn} \leq 1 \qquad \forall n \qquad (2)$$

สมการที่ 2 คือข้อจำกัดของการจัดรถบรรทุกของบริษัทกรณีศึกษา ให้ขนส่งได้ในเส้นทางเดียวและรอบเดียวเท่านั้น

$$\sum_{j=1}^{14}\sum_{d=1}^{3}\sum_{i=1}^{1} X_{idjn} \cdot V_{idjn} \leq 12 \qquad \forall n \qquad (3)$$

สมการที่ 3 คือข้อจำกัดของการบรรทุกสูงที่สุดที่รถบรรทุก 1 คัน สามารถบรรทุกได้คือ 12 พาเลท

$$\sum_{n=1}^{50}\sum_{d=1}^{3}\sum_{i=1}^{1} X_{idjn} \cdot V_{idjn} \geq Q_j \qquad \forall j \qquad (4)$$

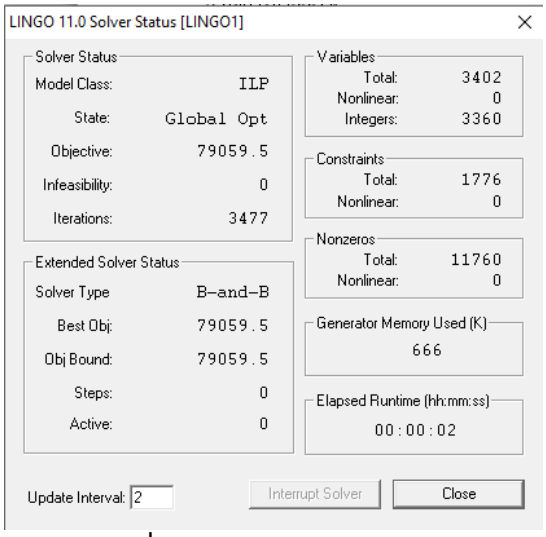
สมการที่ 4 คือการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าหลักผ่านศูนย์กระจายสินค้าย่อยต้องเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าย่อยแต่ละแห่ง

$$V_{idjn} \leq BIGM \cdot X_{idjn} \qquad \forall i, d, j, n \qquad (5)$$

สมการที่ 5 คือสมการควบคุมการดำเนินการของตัวแบบกำหนดการฯ กล่าวคือ เมื่อมีการขนส่งสินค้าสมการด้านขวาจะมากกว่าด้านซ้าย ทำให้สมการที่ 5 เป็นจริง

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยสามารถอ่านค่าคำตอบจากการดำเนินการของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มบนโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO ภายในเวลาโดยเฉลี่ยที่ 2-5 วินาที เนื่องจากเป็นปัญหาแบบ Direct Shipping จึงมีความซับซ้อนของปัญหาน้อยกว่าแบบ Vehicle Routing Problems หรือแบบ Routing ดังรูปที่ 2 และตารางที่ 2



รูปที่ 2 ผลการวิจัยจากโปรแกรม

ตารางที่ 2 ผลการดำเนินงานวิจัย

ศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่	ให้บริการลูกค้าย่อยที่
1	2, 4, 5, 7, 9 และ 14
2	1, 10 และ 11
3	3, 6, 8, 12 และ 13

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยทั้ง 3 แห่ง ให้กับลูกค้าย่อยทั้ง 14 แห่ง ของบริษัทกรณีศึกษา ด้วยวิธีการที่นำเสนอทำให้บริษัทกรณีศึกษามีต้นทุนค่าขนส่งรวมค่าบริหารจัดการศูนย์กระจายสินค้าย่อยเท่ากับ 79,059.53 บาทต่อวัน ลดลงจากเดิม 37,504.09 บาทต่อวัน (ค่าขนส่งก่อนดำเนินงานวิจัยเท่ากับ 116,563.62 บาทต่อวัน) คิดเป็นต้นทุนลดลงร้อยละ 32. 17 โดยกำหนดให้ศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่ 1 ให้บริการลูกค้าย่อยที่ 2, 4, 5, 7, 9 และ 14 ศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่ 2 ให้บริการลูกค้าย่อยที่ 1, 10 และ 11 และศูนย์กระจายสินค้าย่อยที่ 3 ให้บริการลูกค้าย่อยที่ 3, 6, 8, 12 และ 13 อย่างไรก็ตามได้มีการตรวจสอบค่าคำตอบกับเงื่อนไขของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มแล้วพบว่า ตัวแบบที่

นำเสนอมีความถูกต้องและอยู่ภายใต้เงื่อนไขของบริษัทกรณีศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ปรางประเสริฐ น้อยสังข์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (2560). การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงปริมาณร่วมกับปัจจัยเชิงคุณภาพด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์, *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 5(1), มกราคม-มิถุนายน 2560, หน้า 60-70.

[2] นภัสวรรณ เรือนเพ็ชร. (2553). การศึกษาระบบการขนส่งและเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมัน กรณีศึกษา: ธุรกิจรับจัดการขนส่งน้ำมัน, *สหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี*, 1(1), มิถุนายน-กันยายน 2553, หน้า 87-103.

[3] Afshari H., Sharafi M., ElMekkawy T. and Peng Q. (2014). Optimizing Multi-Objective Dynamic Facility Location Decisions within Green Distribution Network Design. *Procedia CIRP*, Vol. 17, pp. 675–679.

[4] Wua L.Y., Zhanga X.S. and Zhang J.L. (2006). Capacitated Facility Location Problem with General Setup Cost. *Computers & Operations Research*, Vol. 33, pp. 1226–1241.

[5] นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์ และ รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล. (2559). ต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสม สำหรับการจัดเส้นทางและการจัดรถบรรทุกหลายขนาด โดยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม: กรณีศึกษาบริษัทกระจายสินค้าเครื่องดื่ม. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2559*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น.

[6] Gollowitzer S. and Ljubic I. (2011). MIP models for connected facility location: A theoretical and computational study. Computers & Operations Research, Vol. 38, pp. 435–449.

[7] Santosa G. and Correiab G. (2015). A MIP Model to Optimize Real Time Maintenance and Relocation Operations in One-Way Carsharing Systems. *Transportation Research Procedia*, Vol. 10, pp. 384–392.

[8] Barbaro R.W. and RamaniGeneralized R.V. (1986). Multiperiod MIP Model for Production Scheduling and Processing Facilities Selection and Location. *Mining Engineering*, pp. 107-114.

[9] Boujelben M.K., Gicquel C. and Minoux M. (2014). A Distribution Network Design Problem in the Automotive Industry: MIP Formulation and Heuristics. *Computers & Operations Research*, Vol. 52, pp.16–28.

[10] Babaie -Kafaki S., Ghanbari R., Nasseri S.H., and Ardil E. (2008). Solving Bus Terminal Location Problem using Genetic Algorithm. *International Journal of Mathematical and Computational Sciences*, Vol. 2(2), pp. 145-148.

[11] Kartal Z., Hasgul S. and Ernst Andreas T. (2017). Single Allocation P-Hub Median Location and Routing Problem with Simultaneous Pick-Up and Delivery. *Transportation Research Part E*, Vol. 108, pp. 141-159.

การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจัดเส้นทางสำหรับพนักงานขาย เพื่อจัดเส้นทางเก็บขยะติดเชื้อ

An apply Travelling Salesman Problem to solve the collect infectious waste routing

จารุพงษ์ บรรเทา*, ฐิติยา เกื้อนพกุล, กมลรัตน์ เพชรรักษา, พงษ์ศักดิ์ นาใจคง และ อานนท์ จันทรตัง

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*b.jarupong@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอการประยุกต์ใช้ตัวแบบการจัดเส้นทางสำหรับพนักงานขาย เพื่อจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะติดเชื้อให้มีระยะทางที่ใช้ในการจัดเก็บสั้นที่สุด ปัญหาการจัดเส้นทางของกรณีศึกษามีจุดรวบรวมเพื่อกำจัดขยะเพียงแห่งเดียว และมีคลินิกที่ต้องไปเก็บขยะติดเชื้อรวม 36 แห่ง ผลการประยุกต์ใช้ตัวแบบพบว่าสามารถลดระยะทางการจัดเก็บขยะติดเชื้อให้สั้นกว่าเส้นเดิม โดยพบว่าระยะทางลดลงจากเดิม 19.39 กิโลเมตร/วัน คิดเป็นลดลงจากเดิมร้อยละ 22.85 และการจัดเก็บขยะติดเชื้อครอบคลุมทุกจุดซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดขยะติดเชื้อตกค้างในพื้นที่

คำหลัก: การจัดเส้นทาง, ปัญหาเส้นทางสำหรับพนักงานขาย, ขยะติดเชื้อ

Abstract

The purpose of this research is to apply Travelling Salesman Problem (TSP) to solve vehicle routing for collect the infectious waste to minimize the total transportation distance. In this study, there was a single waste plant of the transportation routing problem in the case study in order to collect the infectious waste 36 clinical. The results that, an apply Travelling Salesman Problem can reduce the distance better than the original routing. As in the results, decrease in distance 19.39 kilometer/day was reduced 22.85% from original routing and the collection of contaminated infectious waste covered all areas, which resulted in no infectious waste left in the area.

Keywords: Vehicle Routing, Travelling Salesman Problem, Infectious Waste.

1. บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสำคัญและนับวันยิ่งมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะมูลฝอยทุกปีตามอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ในขณะเดียวกันปริมาณขยะมูลฝอยที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องมีจำนวนเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำซึ่งทำให้ไม่สามารถตอบสนองปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าจำนวนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี จากข้อมูลของกรมอนามัยพบว่าขยะติดเชื้อเกิดขึ้นวันละ 1.2 แสนกิโลกรัมต่อวัน หรือคิดเป็น 43 ล้านกิโลกรัมต่อปี เหตุเกิดจากโรงพยาบาลขยายตัว รักษาผู้ป่วยมากขึ้น แต่การกำจัดได้เพียงวันละ 1 แสนกิโลกรัม ที่เหลือปนกับขยะทั่วไป ซึ่งทุกวันนี้การจัดการขยะติดเชื้อยังประสบปัญหาตั้งแต่แหล่งกำเนิดเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของระบบคัดแยกขยะติดเชื้อในสถานพยาบาล สภาพเตาเผาที่ชำรุด และไม่มีการตรวจวัดปริมาณอากาศเสียจากปล่องควันตามกฎหมาย อีกทั้งราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้สถานพยาบาลมีแนวโน้มในการส่งขยะติดเชื้อให้เอกชนกำจัดนอกสถานพยาบาลมากขึ้น ซึ่งขยะติดเชื้อที่กำจัดไม่ถูกวิธีจะแพร่กระจายเชื้อโรคและส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน [1]

จากที่กล่าวมาการจัดเก็บขยะติดเชื้อไม่ให้เกิดการตกค้างถือว่าเป็นปัญหาด้านการวางแผนการจัดเก็บและขนส่งขยะติดเชื้อ ซึ่งสามารถนำเอาตัวแบบการจัดเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem : TSP) มาประยุกต์ใช้องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นที่จะต้องมีวางแผนการจัดเก็บและการขนส่งขยะติดเชื้อในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง (TSP) โดยได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางในการขนส่งขยะติดเชื้อที่จะเดินทางจากโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรไปยังคลินิกกรณีศึกษาในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา จำนวน 36 แห่ง มุ่งเน้นการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และมีสมมติฐานสำคัญคือการแก้ปัญหาด้วยตัวแบบ TSP จะสามารถจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะติดเชื้อไม่ให้ตกขงค้างได้ นอกจากนั้นผลการจัดเส้นทางจะทำให้สามารถลดต้นทุนในการดำเนินงานได้และการขนส่งมีความรวดเร็วมากขึ้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยได้ทบทวนงานวิจัยดังนี้ นคร และคณะ [2] ได้ศึกษาเรื่องการจัดส้นทางการขนส่งโดยใช้ วิธี Saving Algorithm และตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม โดยการแก้ไขปัญหาได้ประยุกต์ใช้วิธี Saving Algorithm หลังจากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาจัดลำดับในการขนส่งใหม่โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงด้วยตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้ปัญหามีขนาดที่เล็กลงและการหาคำตอบใช้เวลาน้อยลง นอกจากนั้นยังมีนักวิจัยท่านอื่นๆที่นำเอาวิธี Saving Algorithm มาจัดเส้นทางยานพาหนะ และได้ผลที่เหมาะสมได้แก่ ขนิษฐา และจิราพร [3] สุภารัตน์ และปริญ [4] และ พงศ์ภูมิ และคณะ [5]

สำหรับวิธีการอื่นๆ ที่นักวิจัยได้นำมาใช้ในการจัดเส้นทางยานพาหนะคือวิธี Simulation Annealing (SA) โดย พลอยพรรณ และอรอุไร [6] ได้ศึกษาเส้นทางเดินรถขนส่งเครื่องสำอางโดยจัดทำเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดเส้นทางการเดินรถซึ่งได้ปรับปรุงเกี่ยวกับวางแผนและออกแบบเส้นทางเดินรถขนส่งเครื่องสำอางของบริษัทมาร์คอัพคอสเมติค ได้ประยุกต์ใช้หลักเมตาวิธีฮิวริสติกส์โดยวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulation Annealing : SA) ในการแก้ปัญหาเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางผ่านทุกเมืองๆ ละหนึ่งครั้งแล้วกลับมา

ยัง นอกจากนั้นยังมีนักวิจัยที่ได้ศึกษาการจัดเส้นทางภายใต้เงื่นไขต่างๆ ได้แก่ อนันต์ มุ่งวัฒนา และคณะ [7] ได้ศึกษาการเดินทางของพนักงานขายเมื่อมีข้อจำกัดด้านการเติมเชื้อเพลิง เมื่อขนาดของจำนวนเมืองเพิ่มมากขึ้น ลำดับการเดินไปยังเมืองต่างๆ ที่เป็นไปได้ก็จะมีจำนวนมากขึ้น โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยใช้ Excel Solver ในการแก้ปัญหาและได้เสนอแนวคิดในการออกนอกเส้นทาง 5 แนวคิดโดยใช้โปรแกรม STROM สำหรับการนำตัวแบบการจัดเส้นทางยานพาหนะมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะมูลที่สำคัญคือ งานของ จีระพันธ์ โกมุทพันธ์ [8] ได้ทำการศึกษาเรื่องการศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solver และทำแบบจำลองเส้นทางจัดเก็บขยะแบบ Network ตามจุดเก็บขยะที่อยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ส่วนวิจัยของ จันทนา มณีอินทร์ [9] ได้ทำการศึกษาเรื่องการจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ถึงการจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตั้งแต่นโยบาย วิธีการดำเนินการคัดแยก เก็บรวบรวม ขนส่งและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ตลอดจนปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการ ดังกล่าวเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถาม การสังเกตการณ์ในพื้นที่ และการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจัดการมูลฝอย ติดเชื้อใช้วิธีการวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการจัดการมูลฝอยติดเชื้อใช้เทคนิค SWOT Analysis

3. วิธีการดำเนินงาน

งานดำเนินการวิจัยนี้ได้ดำเนินการเริ่มจากเก็บรวบรวมข้อมูล นิยามปัญหา กำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ตัวแบบการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ข้อมูลงานวิจัย

จากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นพบว่าเส้นทางการจัดเก็บขยะติดเชื้อในปัจจุบันยังไม่แน่นอน เช่น วันที่ 1 เริ่มต้นเดินทางจากจุดที่ 25 และสิ้นสุดที่จุดที่ 32 วันที่ 2 เริ่มต้นเดินทางจากจุดที่ 24 และสิ้นสุดที่จุดที่ 36 จะเห็นได้ว่าบางจุดได้ไปเก็บเฉพาะในวันที่ 1 บางจุดได้ไปเก็บเฉพาะในวันที่ 2 เป็นต้น และจากการรวบรวมข้อมูลพบว่ามีระยะทางเฉลี่ย 84.86 กิโลเมตร/วัน นอกจากนี้จากการรวบรวมปริมาณขยะติดเชื้อในแต่ละจุด พบว่าในบางจุดที่ไม่ได้มีการเข้าไปเก็บขยะติดเชื้อ จนทำให้เกิดขยะตกค้าง โดยจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีปริมาณขยะติดเชื้อตกค้างโดยเฉลี่ย 7.839 กิโลกรัม/วัน ซึ่งขยะติดเชื้อเหล่านี้อาจจะส่งผลต่อการแพร่เชื้อต่อไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีวิธีการจัดเก็บขยะอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 นิยามปัญหา

งานวิจัยนี้ศึกษาการวางแผนการจัดเก็บและขนส่งขยะติดเชื้อ โดยมีรถที่ใช้สำหรับขนส่งขยะติดเชื้อเพื่อไปกำจัดจำนวน 1 คัน ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะเบื้องต้นพบว่าปริมาณขยะไม่เกินน้ำหนักบรรทุกของรถ (2000 กิโลกรัม) งานวิจัยนี้จึงได้เลือกปัญหาการขนส่งของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem: TSP) มาใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งนี้ เพราะเป็นการขนส่งแบบวนรอบเนื่องจากเมื่อออกเดินทางจากโรงกำจัดขยะซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นจะต้องมีการไปเก็บขยะติดเชื้อตามคลินิกต่างๆให้ครบตามเส้นทางที่กำหนดแล้วจึงกลับมายังจุดเริ่มต้นอีกครั้ง แต่ถ้าเดินทางไปเก็บขยะติดเชื้อตามคลินิกต่างๆไม่ครบทุกจุดตามที่กำหนดไว้แล้วกลับมายังจุดเริ่มต้นเรียกว่าเกิดทัวร์ย่อย (Suptour) ดังนั้นจึงเลือก

นำปัญหาการเดินทางของพนักงานขายมาประยุกต์ใช้เพราะปริมาณขยะติดเชื้อมีไม่เกินความจุของรถ

3.3 กำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์

จากรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของกรณีปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) โดยกำหนดรูปแบบไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ดัชนี

i,j คลินิกที่ i หรือ j i, j = 1,..,37

พารามิเตอร์

D_{ij} ระยะทางในการเดินทางจากคลินิก i ไปคลินิก j

K จำนวนคลินิก

S จำนวนคลินิกที่อยู่ในเส้นทาง

V จำนวนคลินิกทั้งหมด

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij} $\begin{cases} 1 & \text{เมื่อมีการเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \\ 0 & \text{เมื่อไม่มีการเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \end{cases}$

สมการเป้าหมาย

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^{37} \sum_{j\neq i, j=1}^{37} D_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

สมการขอบข่าย

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} x_{ij} = 1 \quad j = 1, \ldots, 37 \quad (2)$$

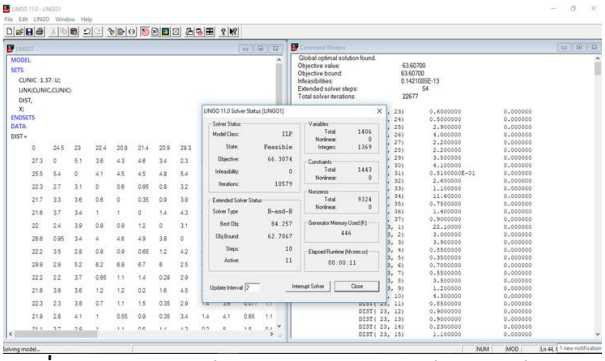
$$\sum_{i=1, i\neq j}^{n} x_{ij} = 1 \quad j = 1, \ldots, 37 \quad (3)$$

$$\sum_{i,j\in S}^{37} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad S \in V, 2 \leq |S| \leq 35 \quad (4)$$

โดยที่ สมการที่ (1) คือ สมการเป้าหมายในการหาระยะทางในการเดินทางทั้งหมดที่สั้นที่สุด จากคลินิก i ไปคลินิก j สมการที่ (2) ข้อจำกัดที่เป็นผลรวมของตัวแปรตัดสินใจที่เดินทางจากคลินิก i ใดๆ ไปยังคลินิก j ใดๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 (ซึ่งหมายถึงการเดินทางจากคลินิก i ใดๆ ไปยังคลินิก j ใดๆ ได้เพียงหนึ่งครั้ง) สมการที่ (3) ข้อจำกัดที่เป็นผลรวมของตัวแปรตัดสินใจ ที่มีการเดินทางเข้าคลินิก j ต้องมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงเดินทางเข้าคลินิก j ได้เพียงครั้งเดียว สมการที่ (4) ข้อจำกัดที่เป็นสมการป้องกันการเกิดการเดินทางย่อย (Subtour) การเดินทางย่อยหมายความว่า การเดินทางเริ่มต้นจากคลินิกใดคลินิกหนึ่งแต่เดินทางไม่ครบทำให้เกิดทัวร์ย่อยขึ้น

3.4 วิธีการแก้ปัญหา TSP โดยกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหาค่าที่ดีที่สุด

จากสมการที่ (3.1) – (3.4) ซึ่งเป็นสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัดสำหรับแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขนส่งขยะติดเชื้อ ให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหาค่าที่ดี ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างการโปรแกรมและผลลัพธ์การจัดเส้นทางยานพาหนะ

4. ผลการทดลอง

ผลลัพธ์จากการประมวลผลตัวแบบการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะติดเชื้อ ได้ผลลัพธ์ของเส้นทางดังนี้

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะติดเชื้อ

ลำดับ	เส้นทางการเดินทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	จาก 1 ไป 34	15.3
2	จาก 34 ไป 26	5.5
3	จาก 26 ไป 25	1.1
4	จาก 25 ไป 7	0.7
5	จาก 7 ไป 14	0.35
6	จาก 14 ไป 18	0.13
7	จาก 18 ไป 23	0.30
8	จาก 23 ไป 5	0.35
9	จาก 5 ไป 6	0.35
10	จาก 6 ไป 12	0.15
11	จาก 12 ไป 37	0.30
12	จาก 37 ไป 15	0.049
13	จาก 15 ไป 28	1.4
14	จาก 28 ไป 3	1.5
15	จาก 3 ไป 27	2.5
16	จาก 27 ไป 8	2.7
17	จาก 8 ไป 2	0.95
18	จาก 2 ไป 10	1.3
19	จาก 10 ไป 30	1.5
20	จาก 30 ไป 33	2.1
21	จาก 33 ไป 11	0.29
22	จาก 11 ไป 17	0.063
23	จาก 17 ไป 13	0.014
24	จาก 13 ไป 21	0.2
25	จาก 21 ไป 20	0.55
26	จาก 20 ไป 24	0.95
27	จาก 24 ไป 31	0.4
28	จาก 31 ไป 22	0.081
29	จาก 22 ไป 16	0.35
30	จาก 16 ไป 4	0.15
31	จาก 4 ไป 19	0.13
32	จาก 19 ไป 35	0.35
33	จาก 35 ไป 9	0.4
34	จาก 9 ไป 36	0.65
35	จาก 36 ไป 32	1.5
36	จาก 32 ไป 29	0.9
37	จาก 29 ไป 1	18.1
	รวมระยะทาง (กิโลเมตร)	65.47

5.สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะติดเชื้อ โดยพิจารณากรณีศึกษาคลินิกในเขตจังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาปัญหาพบว่าการจัดเก็บขยะติดเชื้อขาดการจัดเส้นทางที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดผลรวมระยะทางในการจัดเก็บขยะติดเชื้อเฉลี่ย 84.86 กิโลเมตร/วัน และยังพบว่าไม่สามารถจัดเก็บขยะติเชื้อในช่วงเลาได้ส่งผลให้เกิดขยะติดเชื้อตกค้างในสถานที่เฉลี่ย 7.839 กิโลกรัม/วัน งานวิจัยนี้จึงเลือกตัวแบบ TSP มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากปริมาณขยะติดเชื้อรวมไม่เกินขนาดบรรทุกของรถจัดเก็บ ผลลัพธ์การจัดเส้นทางพบว่าได้ระยะทางรวม 65.47 กิโลเมตร/วัน ลดลงจากเดิม 19.39 กิโลเมตร/วัน คิดเป็นลดลงจากเดิมร้อยละ 22.85 และเนื่องจากระยะทางในการจัดขยะติดเชื้อลดลงจึงสามารถการจัดเก็บขยะติดเชื้อครอบคลุมทุกจุดซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดขยะติดเชื้อตกค้างในพื้นที่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ไพรวัลย โพธิ์ใหญ่ (2552). *การศึกษาสถานการณการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ โรงพยาบาลในสังกัด กระทรวงสาธารณสุข เขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา*. สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต. คณะสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[2] นคร ไชยวงศ์ศักดา, นคร ไชยวงศ์ศักดา, ประเวช อนันเอื้อ, นิเวศ จีนะบุญเรือง, เสกสรรค์ วินยางค์กูล, ขวัญเรือน สินณรงค์, ธนากร จักรแก้ว, วุฒิชัย ใจบาล และณัฐวุฒิ ศรีสว่าง (2558). การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบ ปัญหาการ เดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม. *วารสารไทยการวิจัย ดำเนินงาน*. ปีที่ 3.

[3] ขนิษฐา รัตนพงษ์พร และจิราพร ระโหฐาน (2558). การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการรับ-ส่ง ของรถยก: กรณีศึกษา หจก.สินชัย ออโต้. *วารสารวิชาการศรีปทุม. ชลบุรีม*

[4] สุภารัตน์ ดาวรุ่งรัมย์ และปริญ วีระพงษ์ (2558). การประยุกต์ใช้เซฟวิ่งอัลกอรทึมในปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ. *กาประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ อุตสาหการและเทคโนโลยี*. ครั้งที่ 3.

[5] พงศ์ภูมิ แก้วสูงเนิน เอกลักษณ์ ฉิมจารย์ และฉัตร พยุงวิวัฒนกูล (2259). การพัฒนา Google API เพื่อจัดการ ระบบขนส่งน้ำดื่มโดยวิธีเมตริกแบบประหยัด กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตน้ำดื่ม อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา. *การประชุมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาระดับชาติและระดับนานาชาติ*.

[6] พลอยพรรณ ศรีกิจการ และ อรอุไร แสงสว่าง (2555). การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางการเดินรถขนส่งเครื่องสำอางค์. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรม*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนครเหนือ ศึกษา.

[7] อนันต์ มุ่งวัฒนา ปุณยานุช ชัยเจริญธาดา และชัชพันธ์ ขำญาติ (2555). ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเมื่อมีข้อจำกัดด้านการเติมเชื้อเพลิง. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[8] จีระพันธ์ โกมุทพันธุ์ (2556). *ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ : กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา*. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[9] จันทนา มณีอินทร์ (2556). *การจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์,

การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะมูลฝอย ด้วยวิธีฮิวริสติกส์

The Study of Suitable Route for Waste Collection using Heuristics

จารุพงษ์ บรรเทา*, กฤตพรต โพธิ์ชัย, ภัทรพล หวังชินกลาง, ภูมิบุญ พลต้าง และ ณัฐิญา วงละคร

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*b.jarupong@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นของกรณีศึกษาได้จัดสรรงบประมาณซึ่งประกอบด้วยค่าจ้างพนักงานเก็บขยะและค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อใช้ดำเนินการจัดเก็บขยะการจัดเก็บขยะ รูปแบบของเส้นทางการเดินรถจัดเก็บขยะไม่มีการกำหนดแนวทางที่เป็นรูปแบบให้แก่พนักงานขับรถขยะ ซึ่งส่งผลให้การจัดเก็บขยะใช้ระยะเวลาหลายชั่วโมงต่อวันและเกิดความสูญเสียพลังงานเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้ศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะด้วยวิธีการทางฮิวริสติกส์ 3 วิธีคือ วิธี Saving Heuristic วิธี Nearest Heuristic และวิธี Max Nearest Heuristic ผลการศึกษาพบว่าวิธี Nearest Heuristic ให้ผลที่ดีที่สุด โดยวิธี Nearest Heuristic ได้ระยะทางรวมสั้นกว่า วิธี Max Nearest Heuristic และ วิธี Saving Heuristic เท่ากับ 0.59 และ 2.74 กิโลเมตร ตามลำดับ

คำหลัก: การจัดเส้นทาง, ปัญหาเส้นทางสำหรับพนักงานขาย, ขยะมูลฝอย

Abstract

Presenting, Subdistrict Administrative Organization has been providing a budget for the wage of bin men and gasoline in order to collect waste. The original route to collect waste in this area was not specified which caused time and gasoline consuming. This research studies the suitable route for waste collection by using 3 heuristics method: Saving Heuristic, Nearest Heuristic, and Max Nearest Heuristic. The results shown that Nearest Heuristic are better method, the Nearest Heuristic was shorter than the Max Nearest Heuristic and Saving Heuristic 0.59 and 2.74 kilometer respective.

Keywords: Vehicle Routing, Travelling Salesman Problem, Infectious Waste.

1. บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสำคัญที่อยู่คู่กับสังคมไทยมายาวนานและนับวันยิ่งมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะมูลฝอยทุกปีตามอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ [1] ชุมชนของประเทศไทย พ.ศ. 2559 พบว่าในปัจจุบันจังหวัดนครราชสีมา พบปริมาณขยะ ที่เกิดขึ้นในองค์กรปกครองท้องถิ่นพื้นที่ที่ให้บริการ 474,838.77 ตัน/ปี ซึ่งองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น มีหน้าที่ในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบ และขนส่งไปยังสถานที่จัดการขยะ แล้วจึงนำรถบรรทุกขยะกลับมายังที่ทำการองค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ในแต่ละวันจะมีการจัดเก็บขยะ และขนส่งขยะไปยังสถานที่จัดการขยะ วันละ 2 รอบ คือ รอบที่ 1 ตั้งแต่เวลา 04:30 น. ถึงเวลา 08:30 น. และรอบที่ 2 ตั้งแต่เวลา 18:30 น. ถึงเวลา 21:30 น. สำหรับเส้นทางการจัดเก็บขยะจะจัดแบ่งเส้นทางการเดินรถเป็น 14 เส้นทาง ซึ่งทางผู้วิจัยเลือกเส้นทางกรณีศึกษามาเพื่อเป็นต้นแบบในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอยซึ่งมีจุดเก็บขยะจำนวน 10 จุด ในพื้นที่กรณีศึกษา ได้ใช้รถเก็บขนส่งขยะมูลฝอย 1 คัน และพนักงาน 3 คน

จากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นพบว่า องค์การบริหารส่วนจังหวัดนคราชสีมานั้นขาดการวางแผนเพื่อบริหารจัดการขยะที่ดี ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองด้านน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจัดเก็บขยะมูลฝอย และขนส่งขยะ นอกจากนั้นยังขาดประสิทธิภาพการจัดการทรัพยากรการขนส่งขยะที่มีอยู่อย่างจำกัด

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การวางแผนจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอย ซึ่งทางองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นต้องมีการกำจัดขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบ โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ 3 วิธีคือ Saving Algorithm, Nearest Algorithm และ Max-Nearest Algorithm เนื่องจากกรณีศึกษาต้องการนำวิธีการจัดเส้นทางที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถจัดเส้นทางเองได้ในเส้นทางอื่นๆ และศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดเนทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ซึ่งเป็นตัวแบบการจัดเส้นทางที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกด้วย เพื่อเป็นแนวทางการจัดเส้นทาง สำหรับผลจากการศึกษาวิเคราะห์แก้ไขปัญหาในแต่ละวิธีข้างต้นนี้จะนำมาเทียบกัน เพื่อให้ทราบว่าวิธีการใดสามารถจัดเส้นทางการขนขยะให้สั้นที่สุด ซึ่งจะทำให้ทางองค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมานั้นมีการเดินรถจัดเก็บขยะที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีระยะทางรวมในการจัดเก็บขยะลดลง ซึ่งจะส่งผลให้ช่วยประหยัดเชื้อเพลิง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐณิชา รุ่งโรจ และคณะ [2] ได้ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งปัญหาคือความสูญเปล่าด้านระยะทางในการเดินรถเก็บขยะ เนื่องจากการกำหนดเส้นทางโดยการกำหนดขึ้นภายใต้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแล ดังนั้นในงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางการเก็บขนขยะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยการแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Algolithm) ผลการวิจัยพบว่า วิธีการเชิงวิวัฒนาการให้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด สามารถลดระยะทางจากเดิม 19.632 กม./วัน เป็น 12.418 กม./วัน นพรุจ และสุรพงษ์ [3] ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้วิธี Genetic Algolithm สำหรับปัญหาเส้นทางการขนส่งของโรงกำจัดซากไก่ จากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นพบว่า โรงกำจัดซากไก่มีขนาดใหญ่และมีเพียงแห่งเดียวในประเทศ การขนส่งซากไก่จากจุดต่างๆ

ทั้ง 22 จุดไม่มีความสม่ำเสมอและไม่สามารถรองรับกำลังการผลิตของโรงกำจัดซากไก่ได้ ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์คือ ทำการสร้างเส้นทางการขนส่งเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุดทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและระยะทางการขนส่งโดยการแก้ปัญหาแบ่งเป็น 2 ช่วง ซึ่งช่วงแรกได้ประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) เพื่อเป็นคำตอบตั้งต้นและพัฒนาเพื่อหาคำตอบที่ดีขึ้นโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้พบว่า การไปรับซากไก่และเศษซากไก่จากศูนย์รวมต่างๆทั้ง 22 จุด พบว่าใช้รถขนส่งทั้งหมด 13 รอบ โดยใช้ค่าใช้จ่ายรวม 100,350 บาทต่อวัน ระยะทางรวม 3,996.90 กม./วัน อภิชิต และกนกพร [4] ได้ศึกษาการประยุกต์ฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งอิฐบล็อกโดยมีการจำกัดเวลาการแก้ปัญหา ได้จัดเส้นทางขนส่งอิฐบล็อกโดยจัดกลุ่มลูกค้าเป็น 2 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มลูกค้าในพื้นที่ที่มีเงื่อนไขการจำกัดช่วงเวลาในการเดินรถ 2.กลุ่มลูกค้าในพื้นที่อื่นๆ ซึ่งการหาเส้นทางจะทำ 2 ขั้นตอน ทำโดยการหาโดยวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) เป็นคำตอบตั้งต้นแล้วปรับปรุงเส้นทางอีก 2 วิธี คือ วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง (Customer Exchange) และวิธีการย้ายลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One Move Operator) ซึ่งผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้พบว่า วิธี Customer Exchange ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดซึ่งสามารถลดระยะทางรวมจากเดิมที่รถวิ่ง 19,367 กม. เหลือ 17,489 กม. หรือลดลง 9.70%

จีระพันธ์ โกมุทพันธุ์ [5] ได้ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ : กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วน ตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพบปัญหาคือองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง ขาดการวางแผนเพื่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่ดีทำให้เกิดการสิ้นเปลืองด้านน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจัดเก็บขยะมูลฝอยและขนส่งขยะ ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ หาเส้นทางการเดินรถที่สั้นที่สุดเพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง และเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่อตั้งงบประมาณด้านน้ำมันเชื้อเพลิงในปีต่อไป โดยการแก้ปัญหา ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solver ที่เป็น Add-in ใน Microsoft Excel ประมวลผลจากแบบจำลอง Network ในการหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเก็บขยะ โดยแบ่งเป็น 4 เส้นทาง คือ 1.เส้นทางวันจันทร์ 2.เส้นทางวันพุธ 3.เส้นทางวันศุกร์ 4.เส้นทางวันอังคาร,วันพฤหัสบดีและวันเสาร์ ผลการวิจัยพบว่า หลังจากใช้โปรแกรม Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network แล้ว 1.เส้นทางวันจันทร์ ได้ระยะทาง 19,043 เมตรเท่าเดิม 2.เส้นทางวันพุธ ลดระยะทางจากเดิม 16,633 เมตรเป็น 15,803 เมตร 3.เส้นทางวันศุกร์ ลดระยะทางจากเดิม 15,823 เมตรเป็น 15,613 เมตร 4.เส้นทางวันอังคาร,วันพฤหัสบดีและวันเสาร์ ได้ระยะทาง 14,664 เมตรเท่าเดิม

กอบการ สมณะ และสิริณี เพ็งม่วง [6] ได้ศึกษาการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เพื่อการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอย ผลการศึกษาพบว่า ระยะทางทั้งโครงข่ายของเส้นทางเดินรถแบบใหม่จะมีระยะทางรวมทั้งสิ้นคือ 341.726 กิโลเมตร และระยะทางเดิม คือ 110.435 กิโลเมตร ซึ่งระยะทางเดินรถแบบใหม่จะมีระยะทางมากกว่าแบบเดิมประมาณ 3 เท่า จะเห็นว่าระยะทางแบบใหม่ในแต่ละวันนั้นจะเห็นว่าจะเก็บเส้นเดิมซ้ำกันทุกวัน ทำให้ขยะไม่ตกค้างจึงทำให้เส้นทางเดินรถเก็บขยะไม่ทับซ้อนกัน

3. วิธีการดำเนินงาน

ผลการศึกษาปัญหาเบื้องต้นพบว่ามีสาเหตุสำคัญมาจากการจัดเส้นทางการเก็บขยะที่ขาดประสิทธิภาพการจัดการขยะที่ดี ซึ่งระบบการเก็บขยะในปัจจุบันนั้นเริ่มจากองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น รถเก็บขยะจากองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นจะต้องวิ่งไปเก็บขยะตามจุด

ต่างๆของชุมชนโดยเมื่อเก็บขยะเต็มรถแล้ว จะวิ่งไปทิ้งที่บ่อขยะแล้ววิ่งกลับมาเก็บต่อที่จุดอื่นๆ จนครบเมื่อเก็บขยะไปทิ้งบ่อขยะครบหมดแล้ว จะวิ่งรถเปล่ากลับมาองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ซึ่งปัจจุบันนี้ขาดการวางแผนจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีข้อที่สำคัญ 3 ส่วนคือ พิกัดของจุดเก็บขยะต่างๆ ปริมาณขยะแต่ละจุด และเมตริกซ์ระยะทาง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 1 พิกัดภูมิศาสตร์ตำแหน่งต่างๆ

ลำดับ	จุดเก็บขยะ	พิกัด	
		ละติจูด	ลองจิจูด
0	เทศบาลนครราชสีมา	14.97379	102.08573
1	จุดเก็บขยะที่ 1	14.96783	102.10954
2	จุดเก็บขยะที่ 2	14.96756	102.10966
3	จุดเก็บขยะที่ 3	14.96692	102.11156
4	จุดเก็บขยะที่ 4	14.96629	102.11134
5	จุดเก็บขยะที่ 5	14.96591	102.11009
6	จุดเก็บขยะที่ 6	14.96557	102.11012
7	จุดเก็บขยะที่ 7	14.96581	102.10912
8	จุดเก็บขยะที่ 8	14.96602	102.10852
9	จุดเก็บขยะที่ 9	14.96602	102.10822
10	จุดเก็บขยะที่ 10	14.96652	102.11176
11	บ่อขยะ	14.90045	102.14561

3.2 การจัดเส้นทางการเดินรถด้วยวิธี Saving Heuristic

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีจุดเริ่มต้นเพียง 1 จุดดังนั้นเราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด

ตารางที่ 2 ปริมาณขยะของแต่ละจุด(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวัน)

จุดที่	ปริมาณขยะ	จุดที่	ปริมาณขยะ
0	0	6	294.84
1	170.1	7	119.07
2	75.6	8	143.64
3	272.16	9	90.2
4	294.84	10	124.74
5	260.84	11	0

ตารางที่ 3 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดใดๆ (หน่วยเป็นกิโลเมตร)

จาก \ ไป	0	1	2	3	...	11
0	0	3.31	3.33	3.7	...	13.7
1	3.3	0	0.043	0.5	...	10.5
2	3.3	0.043	0	0.5	...	10.5
3	3.6	0.5	0.5	0	...	10.6
⋮	...	...	...	...	...	...
11	12.73	9.3	9.3	9.2	...	0

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าความประหยัด กำหนดให้ S_{ij} แทนค่าความประหยัดของระยะทางในการขนส่งระหว่างจุด i และจุด j

S_{ij} = ค่า Saving จากโหนด i ไปโหนด j

$d_{0,I}$ = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด i

$d_{0,j}$ = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด j

$d_{i,j}$ = ระยะทางจาก โหนด i ไปโหนด j

ค่าความประหยัดสามารถคำนวณได้ดังนี้

$S_{ij} = (d_{0,i}+d_{0,j}) - d_{i,j}$ เมื่อ $i,j = 0,1,2,...,n$

ขั้นตอนที่ 3 เรียงลำดับค่าความประหยัด S_{ij} จากมากไปหาน้อย

ขั้นตอนที่ 4 รวมเส้นทางจากจุดรับ i และจุดรับ j ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางเดินรถได้ครอบคลุมจุดเก็บขยะทุกจุด โดยมีเงื่อนไขข้อจำกัดในการเดินทางว่าปริมาณของขยะที่รถขนขยะจะเก็บต้องไม่เกินความจุของรถเก็บขยะ

ขั้นตอนที่ 6 รวมระยะการเดินทางเป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นนั้น

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving Heuristic จะได้เส้นทาง คือ 0->7->1->8->3->5->4->2->9->6->10->11 ->0 จะได้ระยะทางรวม 31.77 กิโลเมตร และมีน้ำหนักบรรทุกรวม 1,846.01 กิโลกรัม

3.3 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Nearest Heuristic

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการโดยเริ่มมีเวลาเดินทางเท่ากับศูนย์ทุกเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 เลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดโดยที่มีเงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิมและปริมาณขยะรับต่อจุดโดยมีเงื่อนไขห้ามเกินความจุของรถเก็บขยะ

ขั้นตอนที่ 3 เลือกจุดใกล้กับจุดปลายทางโดยที่มีเงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 4 ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 ทำตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 4 จนกระทั่งเลือกครบทุกจุดเลือกเส้นทางที่มีค่าต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกันให้ทำการหาเส้นทางใหม่

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Nearest Heuristic จะได้เส้นทาง คือ 0->1->2->5->6->4->3->10->7->8->9->11->0 จะได้ระยะทางรวม 29.027 กิโลเมตร และมีน้ำหนักบรรทุกรวม 1,846.01 กิโลกรัม

3.4 การจัดเส้นทางการเดินรถด้วยวิธี Max-Nearest Heuristic

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการโดยเริ่มมีเวลาเดินทางเท่ากับศูนย์ทุกเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 เลือกเส้นทางที่มีระยะทางไกลที่สุดโดยที่มีเงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 3 เลือกจุดใกล้กับจุดปลายทางโดยที่มีเงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิมเลือก

ขั้นตอนที่ 4 ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 ทำตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 4 จนกระทั่งเลือกครบทุกจุดเลือกเส้นทางที่มีค่าต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 6 รวมระยะการเดินทางเป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นนั้น

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกันให้ทำการหาเส้นทางใหม่

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Max-Nearest Heuristic จะได้เส้นทาง คือ 0->10->4->3->5->6->1->2->7->8->9->11->0 จะได้ระยะทางรวม 29.617 กิโลเมตร และมีน้ำหนักบรรทุกรวม 1,846.01 กิโลกรัม

4. การเปรียบเทียบผล

จากผลการประยุกต์ใช้ฮิวริสติกส์ ทั้ง 3 วิธี เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน จะแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะทางรวมของแต่ละวิธี (มีหน่วยเป็นกิโลเมตร)

วิธีฮิวริสติกส์	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	ปริมาณขยะรวม (กิโลกรัม)
Saving Heuristic	31.77	1,846.01
Nearest Heuristic	29.027	1,846.01
Max-Nearest Heuristic	29.617	1,846.01

5.สรุปผลการทดลอง

การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์เพื่อเก็บขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่นของกรณีศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการจัดเส้นทางที่ไม่ซับซ้อนสามารถดำเนินการได้ด้วยกรณีศึกษา และกรณีศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเส้นทางอื่นๆ ได้ ซึ่งการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ มีเป้าหมายในการจัดเส้นทางการ

เก็บขยะมูลฝอยที่มีระยะทางสั้นที่สุดและมีความเหมาะสมกับน้ำหนักขยะ ซึ่งจัดได้ว่าเป็นปัญหา VRP แต่หากนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ VRP มาประยุกต์ใช้อาจจะยุ่งยากในการนำไปใช้ของกรณีศึกษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงหาวิธีการฮิวริสติกส์ที่เหมาะสม ผลการประยุกต์ใช้วิธี Saving Heuristic, Nearest Heuristic และ Max-Nearest Heuristic เมื่อนำเส้นทางที่ได้จากทั้ง 3 วิธีข้างต้นมาเปรียบเทียบผลรวมของระยะทางพบว่า วิธี Nearest Heuristic ได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด คือ 29.027 กิโลเมตร และคือ วิธี Max-Nearest Heuristic และ วิธี Saving Heuristic ตามลำดับ และมีระยะทางคือ 29.617, 31.77 กิโลเมตร ตามลำดับ และในแต่ละเส้นทางที่ได้จากทั้ง 3 วิธี ครอบคลุมทุกจุดเก็บขยะ ทำให้ไม่เกิดขยะตกค้าง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ.รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559. 2559:4-42,2560.

[2] ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล อินทุอร ศรีสว่าง และวนัฐณ พงษ์ คงแก้ว (2559). การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. *วารสารการวิจัยดำเนินงาน.* ปีที่ 4 (ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2559) : 18-31.

[3] นพรุจ สังข์แป้น และสุรพจน์ ศิริกุลวัฒนา (2557). การประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาเส้นทางการขนส่งของโรงกำจัดซากไก่. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.* ปีที่ 24 (ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2557) : 526-536.

[4] อภิชิต มณีงาม และกนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ (2556). การประยุกต์ฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งอิฐบล็อกโดยมีการจำกัดเวลาการเดินรถบรรทุกขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร. *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ.* ประจำปี 2556. วันที่ 11-14 กันยายน 2556. นครราชสีมา.

[5] จีระพันธ์ โกมุทพันธุ์ (2556). ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะ: กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วน ตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[6] กอบการ สมณ และสิริณี เพ็งม่วง (2557).*“ประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอย”.* ภาคนิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สาขาภูมิศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

การศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า

Effect of time and shape study for wax coating with copper by electrical coating process

เสน่ห์ บุญรำไพ*

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 044-233000 โทรสาร : 044-233052 อีเมล์ : boon.sane@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบขี้พึ่งด้วยทองแดง โดยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า ซึ่งมุ่งเน้นในการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงให้ได้ความหนามากกว่า 0.2 มิลลิเมตร รูปทรงสี่เหลี่ยมและรูปทรงครึ่งวงกลม มีปัจจัยหลักที่มีผลต่อลักษณะความหนาของผิวชุบ คือ กระแสไฟฟ้าและเวลาในการชุบซึ่งใช้กระแสไฟฟ้า 3 โวลท์ โดยแบ่งเวลาในการชุบออกเป็น 4 ช่วง ผลจากการทดลองการศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบทองแดงจากขี้พึ่งด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า สามารถชุบความหนาชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยมเฉลี่ยต่อด้าน ช่วงเวลา 2 ชั่งโมงได้ 0.267 มิลลิเมตร 4 ชั่งโมงได้ 0.351 มิลลิเมตร 6 ชั่งโมงได้ 0.442 มิลลิเมตร 8 ชั่งโมงได้ 0.562 มิลลิเมตร และชิ้นงานรูปทรงครึ่งวงกลมเฉลี่ยต่อด้าน ช่วงเวลา 2 ชั่งโมงได้ 0.253 มิลลิเมตร 4 ชั่งโมงได้ 0.328 มิลลิเมตร 6 ชั่งโมงได้ 0.383 มิลลิเมตร ช่วงเวลา 8 ชั่งโมงได้ 0.510 มิลลิเมตร เลือกใช้ที่ช่วงเวลา 2 ชั่วโมง เพราะสามารถชุบเคลือบผิวชิ้นงานทดลองได้ความหนาตามที่ขอบเขตคือ มากกว่า 0.2 มิลลิเมตร และใช้เวลาในการชุบเหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ : ชุบทองแดง, ชุบเคลือบขี้ผึ้ง

Abstract

The purpose of this research was to study the effect of time and shape of wax coating by copper with the electrical process by aiming the surface coating with copper to meet the thickness more than 0.2 millimeter. There were 2 manners if the work piece that was square and half circle. The main factor effected to the thickness manner of the coated surface that was electrical current and coating time which was using 3 Volts, the coating time divided into 4 phases. From the experiment with the copper coating prototype from wax with the electrical process able to coat an average each side of the square shaped work piece in 2 hours is 0.267 mm., phase 4 hours is 0.351 mm., phase 6 hours is 0.442 mm., phase 8 is 0.562 mm. and an average each side of the half circle shaped work piece in 2 hours phase is 0.253 mm., 4 hours phase is 0.328 mm., 6 hours phase is 0.383 and 8 hours phase is 0.510 mm.. Phase 2 was partaken due to it was able to coat the surface of the work piece thicker than the specific scope that was 0.2 mm. and most suitable coating time.

Keywords : Copper coating , Wax coating

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมภายในประเทศมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ต้องผ่านการขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ เช่นแม่พิมพ์โลหะและแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เป็นต้น ซึ่งปรากฏให้เห็นอย่างมากมายในท้องตลาด แม่พิมพ์ที่กล่าวมานี้ล้วนแล้วต้องผ่านการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีการกัดเซาะโลหะด้วยตัวนำไฟฟ้า (Electrical Discharged Machine) มีทั้งผลิตภัณฑ์จำเป็นที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวันและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ และงานจิลเวอร์รี่ เป็นต้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนากระบวนการผลิตให้รวดเร็ว และสามารถลดต้นทุนในการทำอิเล็กโทรดในขั้นตอนการผลิต หรือขึ้นรูปอิเล็กโทรดจากกรรมวิธีผลิตด้วยกระบวนการแปรรูป เพราะอิเล็กโทรดจะเป็นตัวกำหนดรูปร่าง รายละเอียด ความสวยงามของชิ้นงาน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเลือกกระบวนการขึ้นรูปอิเล็กโทรด ให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุที่ใช้ ปกติแล้วค่าใช้จ่ายในการทำอิเล็กโทรดจะประมาณเท่ากับหรือมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดซึ่งนับว่าสูงมาก ดังนั้นการเลือกกรรมวิธีการขึ้นรูปอิเล็กโทรดจึงมีความสำคัญ ต่อต้นทุนการผลิตแม่พิมพ์ อย่างยิ่ง โดยกรรมวิธีการขึ้นรูปอิเล็กโทรดปัจจุบันจะนำทองแดงมาขึ้นรูป ด้วยกรรมวิธีแปรรูป เช่น กรรมวิธีการกลึง(Machining) กรรมวิธีการกัด (Milling) กรรมวิธีการตัด (Cutting) กรรมวิธีการเจียระไน (Grinding) กรรมวิธีการตัดเซาะด้วยลวดไฟฟ้า (Wire-cut Electrical Control Machine) กรรมวิธีเหล่านี้ไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีความละเอียดได้ เพราะมีข้อจำกัดของรัศมีของคมตัดและค่าใช้จ่ายในการแปรรูปอิเล็กโทรด

ดังนั้นการพัฒนากรรมวิธีการขึ้นรูปอิเล็กโทรดขึ้นใหม่โดยใช้การขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีชุบด้วยไฟฟ้า โดยนำขี้ผึ้งมาขึ้นรูปเป็นชิ้นงานที่ต้องการแล้วนำไปชุบเคลือบผิวด้วยกรรมวิธีชุบด้วยไฟฟ้า โดยการศึกษาวิธี และปัจจัยหลักที่เหมาะสมในการสร้างการศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบทองแดงจากขี้ผึ้งด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้าขึ้นเพื่อทดแทนวิธีการขึ้นรูปอิเล็กโทรดจากเครื่องจักรและสามารถลดต้นทุนในการแปรรูปอิเล็กโทรด โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาเครื่องทำอิเล็กโทรดจากแบบขี้ผึ้งด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้าต่อไป

2. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาสร้างการศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงโดยใช้กรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า มีทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ทฤษฎีขี้ผึ้ง ทฤษฎีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า น้ำยาชุบโลหะ เครื่องมือและอุปกรณ์ชุบด้วยไฟฟ้า อิเล็กโทรด สรุปงานวิจัยการศึกษาข้อมูล

2.1 ขี้ผึ้งก้อน (Wax)

ขี้ผึ้งก้อน (Wax) คือ ไขมันในสถานะของแข็ง เกิดขึ้นจากการผสมของสารประกอบหลายชนิดได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน 14 เปอร์เซนต์ โมโนเอสเตอร์ 35 เปอร์เซนต์ไดเอสเตอร์ 14 เปอร์เซนต์ ไตรเอสเตอร์ 3 เปอร์เซนต์ โพลีเอสเตอร์ 8 เปอร์เซนต์ แอลกอฮอล์อิสระ 1 เปอร์เซนต์ เอสเตอร์ของกรด 1 เปอร์เซนต์ กรดอิสระ 12 เปอร์เซนต์ รวมถึงสารที่ไม่สามารถระบุได้อีก 6 เปอร์เซนต์ ขี้ผึ้งเป็นสสารที่มีจุดหลอมเหลวสูง โดยอยู่ระหว่าง 62 – 64 องศาเซลเซียส ขี้ผึ้งไม่มีจุดเดือด แต่จะกักเก็บความร้อนต่อไปจนมันลุกเป็นไฟเมื่ออุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียสเมื่อขี้ผึ้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส สีของขี้ผึ้งจะเริ่มหลอมละลายออกไปโดยมีความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

2.2 หลักการและสารชุบเคลือบ

ทฤษฎีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า น้ำยาชุบโลหะ เครื่องมือและอุปกรณ์ชุบด้วยไฟฟ้า อิเล็กโทรด ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายด้านเช่น [1] ชูชาติ นิติปัญญาวงศ์ และคณะ ได้ทำการวิจัยกระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของชิ้นงานให้มีคุณสมบัติตามผิวโลหะ

ชิ้นงานที่ทำการชุบเคลือบ(Cathode) ระบบชุบเคลือบผิววัสดุผสมด้วยไฟฟ้ากับระบบชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าต่างกันที่องค์ประกอบของสารละลายอิเล็กโตรไลท์ส่วนผสมของอนุภาควัสดุที่เสริมคุณสมบัติทางกล (Reinforcement) [2] นฤธี พานิช และคณะทำการวิจัยการควบคุมความหนาผิวชุบทองแดง งานเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า เป็นที่นิยมในการชุบเพื่อเป็นการรองพื้น ก่อนที่จะนำไปชุบด้วยวัสดุชนิดอื่นต่อไป เพราะทองแดงที่เคลือบอยู่จะช่วยป้องกันออกซิเจนจากอากาศหรือพวกไอกรด ไอด่างเข้าไปทำปฏิกิริยากับชิ้นงาน [3] พิชยา อัศวจินตจิตร์ และคณะการศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อการชุบโลหะ เพื่อลดปริมาณของชิ้นงานเสียและหาสภาวะที่เหมาะสม โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในบ่อชุบทองแดงกรด จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของ H2 SO4ในน้ำยาชุบมีผลต่อสภาพชิ้นงานที่ชุบมากกว่าปริมาณของ CuSO4 [4] มรกต ทิวะสิงห์ อธิบายถึงการนำเอาชิ้นงานหรือวัสดุที่สามารถนำไฟฟ้าได้มาเคลือบผิวด้วยโลหะ โดยอาศัยไฟฟ้ากระแสตรงเข้าช่วยนำชิ้นงานที่จะทำการชุบต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงส่วนโลหะที่จะไปเคลือบผิวบนชิ้นงานจะต่อเข้ากับขั้วบวก [5] อนันต์ ทองมอญ อธิบายถึง รูปร่างของชิ้นงานที่จะต้องทำการชุบเคลือบผิวนั้นมักมีรูปร่างต่างๆ กันออกไป จากการศึกษาถึงธรรมชาติของทางเดินของกระแสในการชุบโลหะพบว่ากระแสเดินทางไปยังจุดที่ใกล้เคียงที่สุดอย่างหนาแน่น จุดที่ห่างออกไปจะมีกระแสเบาบางลงไปด้วยเหตุจากระยะห่างการเดินทางของกระแสหรือ อิออนไปยังขั้วลบ

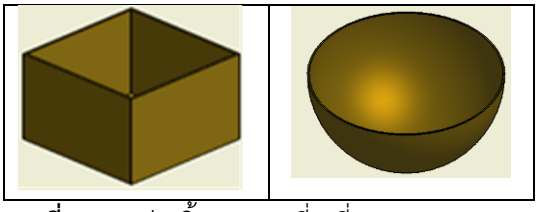
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ผลงานวิจัยครั้งนี้ จะใช้ทฤษฎีทางสถิติเพื่อยืนยันผลของตัวแปรคือกระแสไฟฟ้า และ เวลามีผลต่อลักษณะการเข้าเกาะผิวชุบ ที่มีรูปทรงต่างกันหรือไม่ โดยใช่ทฤษฎีทางสถิติที่เกี่ยวข้อง คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน จากการวัดความหนา ณ จุดต่างๆที่กำหนด เพื่อหาค่าความหนาเฉลี่ย ในตำแหน่งที่มีระยะห่างและ รูปทรงต่างกัน [6] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ อธิบายว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis Variance,ANOVA) คือเทคนิคที่ใช้ในการจัดสรรความแปรผัน(Variation) ที่เกิดขึ้นในข้อมูลที่เป็นส่วนย่อยๆ ตามแหล่งที่คาดว่าจะทำให้เกิดความแปรผัน การวิเคราะห์จึงทำโดยการทำการทดลอง (Treatment) กำหนดค่าตัวแปรอิสระที่ระดับต่างๆ เพื่อหาค่าตัวแปรตามที่เกิดขึ้น จากการทดลองนั้นๆ แล้วนำไปวิเคราะห์ดูความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างจากการทดลองนั้นมีนัยสำคัญหรือไม่ เมื่อได้ข้อมูลครบทุกกลุ่มจะนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปคือ โปรแกรม MINITAP เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักทั้ง 2 ตัวแปร และปัจจัยร่วม ว่ามีผลต่ออัตราการเกาะเคลือบผิวของทองแดงอย่างไร โดยใช้วิธี ANOVA

4. การออกแบบการทดลอง

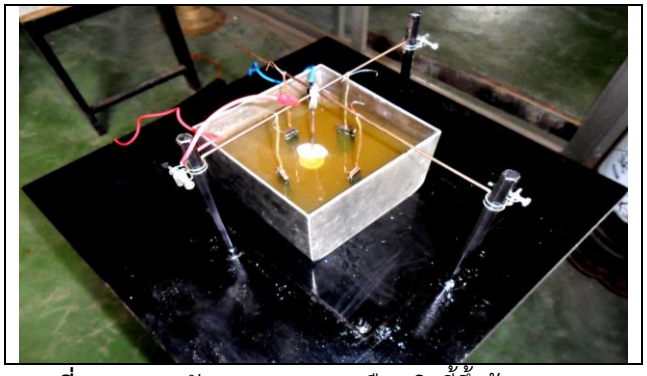
ออกแบบการทดลองการศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงโดยใช้กรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้าเพื่อเป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรหลักที่มีผลต่อลักษณะความหนาของผิวชุบ 2 ตัวแปรคือ กระแสไฟฟ้าและเวลา โดยออกแบบซึ่งใช้กระแสไฟฟ้า 3 โวลท์ โดยแบ่งเวลาในการชุบออกเป็น 4 ช่วง คือช่วงที่ 1 ใช้เวลา 2 ชั่งโมง ช่วงที่ 2 ใช้เวลา 4 ชั่งโมง ช่วงที่ 3 ใช้เวลา 6 ชั่งโมง ช่วงที่ 4 ใช้เวลา 8 ชั่งโมง ตามลำดับ

การออกแบบชิ้นงานขี้ผึ้งด้วยทองแดงโดยใช้กรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า โดยชิ้นงานที่ใช้ในการศึกษามีลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมและลักษณะรูปทรงครึ่งวงกลม



รูปที่ 1 รูปร่างชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยม และทรงกลม

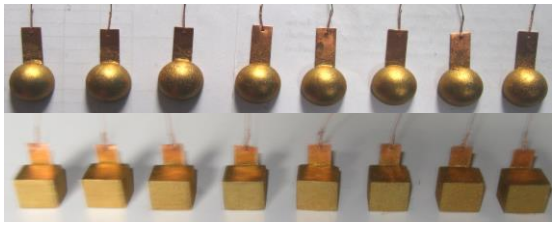
เพื่อให้เป็นมาตรฐานในการทดลองจึงต้องกำหนดตำแหน่งระหว่างชิ้นงานและแท่งทองแดงที่ใช้การทดลอง โดยคณะผู้จัดทำได้ดำเนินการออกแบบเพื่อให้มีการกระจายของระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบให้เท่าๆ กันเพื่อให้มีลักษณะของการชุบเคลือบผิวให้ได้ความหนาเท่าๆ กันตลอดทั้งชิ้นงานโดยดำเนินการออกแบบกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานอยู่ในจุดกึ่งกลางในอ่างชุบและแบ่งตำแหน่งของแท่งทองแดงห่างจากชิ้นงานออกเป็น 4 จุด ห่างจุดละ 50 มิลลิเมตร ชิ้นงานที่นำมาทดลองมีขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร ความยาว 20 มิลลิเมตร และความสูง 19 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น และชิ้นงานที่นำมาทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร รัศมียาว 12 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น โดยต่อไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังตัวล่อและชิ้นงานโดยต่อขั้วบวกเข้ากับแผ่นทองแดงและต่อขั้วลบเข้ากับชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงโดยใช้กรรมวิธีชุบด้วยไฟฟ้า

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลอง กรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า จะได้ผิวชิ้นงานดังรูป



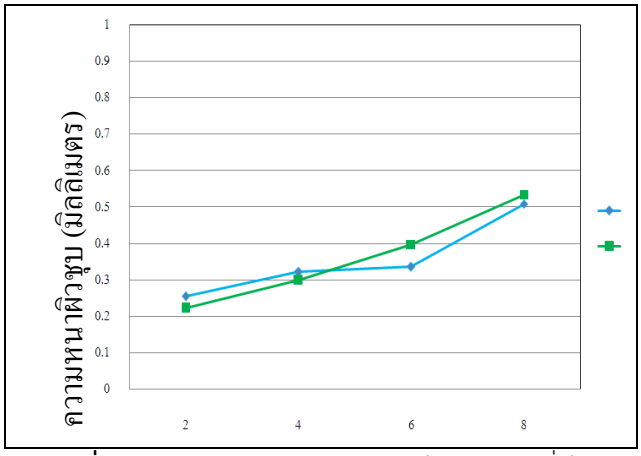
รูปที่ 3 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง

ผลการทดลอง ความหนาของชิ้นงานได้ผล ดังตาราง

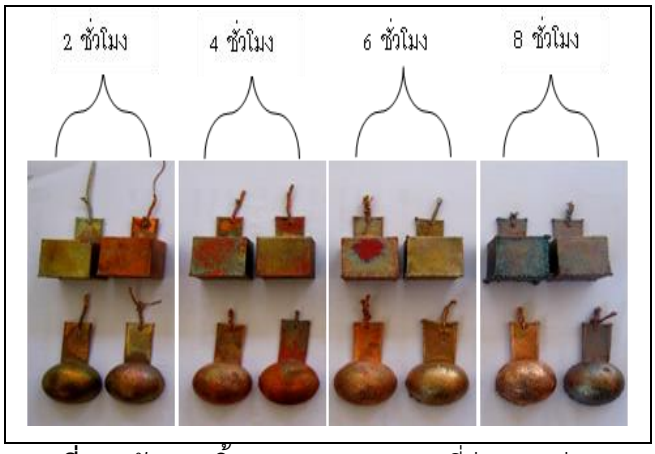
ตารางที่ 2 แสดงความหนาของทองแดงที่เคลือบผิวชิ้นงาน

ชิ้นงานทดลอง	ช่วงเวลาในการทดลอง (ชั่วโมง)	ค่าความหนา (มิลลิเมตร)
รูปทรงสี่เหลี่ยม	2	0.267
	4	0.351
	6	0.442
	8	0.562
รูปทรงครึ่งวงกลม	2	0.255
	4	0.328
	6	0.383
	8	0.510

กราฟแสดงผลการทดลองชุบขี้ผึ้ง 2 ลักษณะ



กราฟที่ 1 แสดงผลการทดลองช่วงเวลาในการชุบ (ชั่วโมง)



รูปที่ 4 ลักษณะชิ้นงานจากการทดลองที่ช่วงเวลาต่างๆ

6. สรุปผลการทดลอง

ผลการวัดค่าความหนาของทองแดงที่มาเคลือบผิวชิ้นงาน จากตารางที่ 2 สามารถสรุปค่าความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการชุบที่ถูกต้องเหมาะสมแสดงดังตาราง โดย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้คือ เวลาชุบยิ่งนานความหนาของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้น โดยลักษณะของชิ้นงานที่แหลมและโค้งมน มีผลต่อความหนาผิวเล็กน้อย ซึ่งผิวของชิ้นงานที่อยู่ใกล้ตัวนำจะมีความหนามากกว่าพื้นที่ผิวที่อยู่ไกลตัวนำ โดยการชุบทองแดงเมื่อระยะเวลานานเกินไปก็จะทำให้เกิดผิวไม่เรียบเป็นเม็ดเลือกใช้ที่ช่วงเวลา 2 ชั่วโมง เพราะสามารถชุบเคลือบผิวชิ้นงานทดลองได้ความหนาตามที่ขอบเขตกำหนดไว้ คือ มากกว่า 0.2 มิลลิเมตร และใช้ระยะเวลาในการชุบเหมาะสมที่สุด

7. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงโดยใช้กรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นในการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงให้ได้ความหนามากกว่า 0.2 มิลลิเมตร มีชิ้นงานทดลอง 2 ลักษณะ คือ ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมและลักษณะรูปทรงครึ่งวงกลม มีปัจจัยหลักที่มีผลต่อลักษณะความหนาของผิวชุบ คือ กระแสไฟฟ้าและเวลาในการชุบซึ่งใช้กระแสไฟฟ้า 3 โวลท์ โดยแบ่งเวลาในการชุบออกเป็น 4 ช่วง

1. การใช้แผ่นคอนแท็ก (Contact) ติดกับชิ้นงานเพื่อให้เป็นตัวล่อให้อิเล็กตรอนของทองแดงมาเกาะที่ชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้น

2. ควรวางตำแหน่งตัวล่อ (Anode) ให้กระจายรอบชิ้นงานสม่ำเสมอ

3. ควรศึกษาประยุกต์ใช้กับวัสดุอื่นๆ โดยอาศัยข้อมูลจากปริญญานิพนธ์นี้เป็นแนวทาง

4. ควรทำการศึกษาชิ้นงานที่มีรูปทรงอื่นๆ นอกจากรูปทรงสี่เหลี่ยมและรูปทรงครึ่งวงกลม เพื่อให้ได้ค่าเวลาที่ใช้ในการชุบ

5. ถ้าต้องการสร้างอิเลคโทรดทองแดงด้วยกรรมวิธีการชุบที่มีความหนา 0.2 มิลิเมตรต้องตั้งเวลาตั้งแต่ 2-8 ชั่วโมง

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบทองแดงจากขี้ผึ้ง ด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้าสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอุปถัมภ์จากบุคคลหลายฝ่ายที่ให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางจนสามารถดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายได้เป็นอย่างดี คุณค่าความรู้ และเกียรติอันพึงบังเกิดจากงานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา บูรพาจารย์ และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านอันเป็นที่มาแห่งความสำเร็จ ทุกประการ

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ชูชาติ กนิติปัญญาวงศ์ และคณะ (2543). การชุบเคลือบผิววัสดุผสมนิเกิล-อลูมินาด้วยไฟฟ้า, สำนักพิมพ์กรุงเทพฯ

[2] นฤธี พานิช และคณะ. (2545). การควบคุมความหนาผิวชุบทองแดง งานเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า, สำนักพิมพ์กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

[3] พิชยา อัศวจินตจิตร์ และคณะ(2547). การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการชุบโลหะ, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

[4] มรกตกทิวะสิงห์(2544). การเคลือบผิวชิ้นงานโลหะด้วยไฟฟ้า, สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ, กรุงเทพฯ

[5] อนันต์กทองมอญ(2549). การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า, สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล, กรุงเทพฯ

[6] ศิริจันทร์กทองประเสริฐ (2551). สถิติสำหรับงานวิศวกรรม, สำนักพิมพ์ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าเพื่อให้ระยะทางรวมและจำนวนรถน้อยที่สุดโดยใช้วิธี PBIL

Transportation routing to minimize total distance and number of vehicles by using PBIL

วันเฉลิม มังคละศิริ, เพ็ญศิริ สมพงษ์ และ สังคม ศรีสมพร*

คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000
ติดต่อ: sungkom.s@ku.th, โทรศัพท์ 042-725-033, เบอร์โทรสาร 042-725-034

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้วิธีเรียนรู้เพิ่มพูนโดยอาศัยกลุ่มประชากร PBIL (population-based incremental learning algorithm) เพื่อหาเส้นทางการขนส่งจากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าเพื่อให้ระยะทางรวมและจำนวนรถน้อยที่สุด ลูกค้ามีจำนวน 20 ราย และความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายแตกต่างกัน โดยรถที่ใช้ในการขนส่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือรถที่สามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 2,000 กิโลกรัม จำนวน 4 คัน และรถที่สามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 6,000 กิโลกรัม จำนวน 10 คัน ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า วิธี PBIL สามารถหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมโดยมีระยะทางรวมลดลงจากเดิมคือ 1,058.9 กิโลเมตรต่อวัน เป็น 936.8 กิโลเมตรต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 11.53% นอกจากนี้จำนวนรถบรรทุกยังลดลงจาก 12 คันต่อวัน เป็น 9 คันต่อวัน

คำหลัก: การจัดเส้นทางการขนส่ง ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด วิธีเรียนรู้เพิ่มพูนโดยอาศัยกลุ่มประชากร (PBIL)

Abstract

In this research, PBIL (population-based incremental learning algorithm) is used to determine transportation routes from distribution center to customers with minimized total distance and number of vehicles. There are 20 customers and demand of each customer is different. Vehicles used for transportation are divided into two types, 4 vehicles containing not more than 2,000 kilograms and 10 vehicles containing not more than 6,000 kilograms. From the study results, it is found that PBIL can determine the optimal transportation routes in which total distance is decreased from 1,058.9 kilometers per day to 936.8 kilometers per day or 11.53% decreasing. The number of vehicles is also reduced from 12 to 9 vehicles per day.

Keywords: transportation routing, vehicle routing problem, optimization, population-based incremental learning algorithm (PBIL),

1. บทนำ

การขนส่งมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิต การทำกิจกรรมต่าง ๆ และยังมีความสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการกระจายสินค้าหรือวัตถุดิบไปยังลูกค้าเพื่อให้ตรงตามความต้องการ การจัดการระบบการขนส่งที่ดีจะทำให้สินค้ากระจายถึงลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนด้านการขนส่งได้อีกด้วย ปัจจุบันมีผู้ให้บริการขนส่งสินค้าหรือวัตถุดิบทั้งในรูปแบบการขนส่งด้วยเรือสินค้าที่สามารถบรรทุกสินค้าได้ในปริมาณมาก การขนส่งด้วยเครื่องบินที่เป็นการขนส่งระยะไกลแต่ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการขนส่งสินค้าทางเรือ และการขนส่งทางบกซึ่งเป็นการกระจายสินค้าที่สามารถเข้าถึงลูกค้าได้ดี โดยที่การขนส่งนั้นเปรียบเสมือนคนกลางระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค หรือผู้ผลิตด้วยกัน ดังนั้นการเลือกใช้บริการการขนส่งจึงต้องเลือกให้เหมาะสมและคำนึงถึงค่าใช้จ่าย ซึ่งปัจจุบันผู้ให้บริการหรือผู้ประกอบด้านการขนส่งต้องการลดต้นทุน เช่น ค่าน้ำมัน ค่าบำรุงรักษา ค่าจ้างพนักงาน แต่ยังคงสามารถกระจายสินค้าได้ตรงตามความต้องการ จึงให้ความสำคัญกับการวางแผนเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เช่น เวลา ระยะทาง จำนวนรถ จำนวนพนักงาน เป็นต้น

เนื่องจากการวางแผนเส้นทางการขนส่งมีความสำคัญ จึงมีผู้ศึกษาการจัดเส้นทางด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้การขนส่งเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งวิธีฮิวริสติกส์เป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง พรรษกร [1] ศึกษาการจัดเส้นทางการขนส่งอลูมิเนียมเส้นจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้าโดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (saving algorithm) โดยคำนวณหาค่าเซฟวิ่งของลูกค้าแต่ละคู่และนำค่าเซฟวิ่งที่มีค่าสูงที่สุดมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อเลือกลำดับก่อนหลังในการขนส่งของลูกค้าแต่ละคู่ ผลจากการศึกษาพบว่าระยะทางรวมที่ได้จากการจัดเส้นทางด้วยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมลดลงจากวิธีเดิมที่ใช้ประสบการณ์และความชำนาญของพนักงานถึง 18.98% และจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งยังลดลงอีกด้วย จิตตวีร์ [2] ประยุกต์วิธี GRASP (greedy randomized adaptive search procedure) เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งอลูมิเนียมเส้นจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้า วิธี GRASP ประกอบด้วยขั้นตอนการสร้างคำตอบเริ่มต้นและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ ในส่วนของการปรับปรุงคุณภาพคำตอบนั้นใช้วิธีสลับตำแหน่งของลูกค้า (swap customer) และวิธีย้ายตำแหน่งลูกค้าข้ามเส้นทาง (move exchanges) ผลที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพคำตอบทำให้ระยะทางรวมลดลงจากเดิม 9.61% และจำนวนรถที่ใช้ยังลดลงอีกด้วย การศึกษาของพรรษกร [1] และจิตตวีร์ [2] ได้แบ่งประเภทของรถบรรทุกเป็น 2 ประเภท คือ รถสี่ล้อสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 2,000 กิโลกรัม และรถหกล้อสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 6,000 กิโลกรัม อภิชิตและคณะ [3] เสนอวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมสำหรับจัดเส้นทางการขนส่งอิฐบล็อคจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพื่อให้มีระยะทางรวมต่ำที่สุด โดยกลุ่มลูกค้าแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มลูกค้าในพื้นที่ที่มีเงื่อนไขของการจำกัดเวลาเดินรถซึ่งต้องใช้รถสี่ล้อในการขนส่งเท่านั้น และกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ที่ไม่จำกัดเวลาเดินรถซึ่งสามารถใช้ทั้งรถสี่ล้อและรถหกล้อในการขนส่งได้ ผลการศึกษาพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถลดระยะทางรวมจากเดิม 9.7% Shanshan และ Dongwei [4] ประยุกต์ใช้วิธี PBIL ร่วมกับวิธี PSO (particle swarm optimization) เพื่อจัดเส้นทางการขนส่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายและระยะทางรวมในการขนส่งน้อยที่สุด ผลที่ได้จากวิธี PBIL-PSO ได้นำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากวิธี PBIL ซึ่งวิธี PBIL-PSO ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเดิม Yuan และ Jin [5] ปรับปรุงกระบวนการหาคำตอบที่ได้จากการใช้วิธี PBIL กับปัญหาการขนส่ง โดยจำลองปัญหาการขนส่งสินค้าจากจุดกระจายสินค้าไปยังสถานที่ต่างๆ โดยมีข้อกำหนดว่า

จุดกระจายสินค้าแต่ละที่จะส่งสินค้าได้ไม่เกินความสามารถของตนเองและสามารถส่งสินค้าไปยังลูกค้าได้มากกว่า 1 รายต่อเที่ยว นอกจากนี้ลูกค้าแต่ละรายจะได้รับสินค้าจากจุดกระจายสินค้าที่ใกล้ที่สุดได้เท่านั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือเพื่อทำให้ต้นทุนการขนส่งมีค่าน้อยที่สุด จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการหาคำตอบดีขึ้นกว่าเดิมและใช้เวลาในการคำนวณลดลงภายใต้ข้อจำกัดเดียวกัน

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้วิธี PBIL กับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าจากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าเพื่อให้ระยะทางรวมและจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งน้อยที่สุด โดยใช้กรณีศึกษาของโรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้นซึ่งมีการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเส้นทางการขนส่งทำให้มีการใช้รถบรรทุกสินค้าในการบรรทุกสินค้าที่เกินอัตราการบรรทุกแล้วการบรรทุกสินค้าที่ไม่เต็มอัตราการบรรทุก ในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงขอบเขตของการศึกษา การหาคำตอบด้วยวิธี PBIL ผลการวิจัย และสรุปผลการวิจัยตามลำดับ

2. ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธี PBIL เพื่อหาคำตอบที่เป็นเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการขนส่งสินค้าจากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้า โดยใช้กรณีศึกษาของโรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้นซึ่งการจัดเส้นทางการเดินรถของโรงงานเป็นดังตารางที่ 1 ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาข้อมูลระยะทางและปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า 20 ราย ([1]) และต้องส่งสินค้าให้ครบทั้ง 20 รายใน 1 วัน รถที่ใช้ในการขนส่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ รถสี่ล้อสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 2,000 กิโลกรัมต่อคัน มีจำนวน 4 คัน และรถหกล้อสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 6,000 กิโลกรัมต่อคัน มีจำนวน 10 คัน นอกจากนี้รถหนึ่งคันสามารถส่งสินค้าไปยังลูกค้าได้มากกว่าหนึ่งราย วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อทำให้ระยะทางรวมและจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งน้อยที่สุดโดยจะเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธี PBIL กับผลของวิธีการจัดเส้นทางแบบเดิมของบริษัทในวันเดียวกัน

3. การหาคำตอบด้วยวิธี PBIL

วิธี PBIL จะใช้เวกเตอร์ความน่าจะเป็น (probability vector) ในการสร้างประชากรที่เป็นคำตอบของปัญหาที่สนใจ โดยแต่ละตำแหน่งของประชากรจะแทนด้วยตัวเลข 0 หรือ 1 โอกาสในการเกิดเลข 0 หรือ 1 จะขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าในเวกเตอร์ความน่าจะเป็น ดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1 ให้ P แทนเวกเตอร์ความน่าจะเป็นกำหนดดังนี้

ตำแหน่ง	1	2	3	4
P	0.7	0.5	0.5	0.7

ตารางที่ 1 การจัดส่ง ณ วันที่ 10 กันยายน 2553

ประเภทรถ	น้ำหนัก (กก.)	ชื่อลูกค้า	ระยะทาง(กม.)	ระยะทางรวม(กม.)
รถสี่ล้อ1	500	สไพบูลย์(C7)	42.4	
	1,500	เอสวัน(C1)	18.1	
			42.5*	103
รถสี่ล้อ2	800	แม่น้ำ(C3)	29	
	500	SPA(C19)	36.9	
	700	สุกิจ(C17)	2.5	
			37.3*	105.7
รถสี่ล้อ3	900	ลิ่มง่วง(C18)	42.2	
	3,000	กิจเจริญ(C16)	25.5	
			64.2*	131.9
รถสี่ล้อ4	1,500	โกลบอล(C2)	36.1	
	1,000	สิริ(C4)	22.5	
			33*	91.6
รถหกล้อ5	5,000	ฉินเจริญ(C5)	42.6	
			42.6*	85.2
รถหกล้อ7	5,300	เอ็มที(C6)	10.7	
			10.7*	21.4

ประเภทรถ	น้ำหนัก (กก.)	ชื่อลูกค้า	ระยะทาง(กม.)	ระยะทางรวม(กม.)
รถหกล้อ8	3,000	PSL(C8)	53	
	2,000	YHS(C9)	21.8	
			34.6*	109.4
รถหกล้อ10	5,400	พูนกิจ(C14)	47.9	
			47.9*	95.8
รถหกล้อ11	3,000	เอกพล(C12)	32	
	3,000	ไทยซับมิท (C13)	21	
			7*	60
รถหกล้อ12	5,000	KPS(C10)	24.2	
			24.2*	48.4
รถหกล้อ14	5,000	ทอปเทค (C11)	53	
			53*	106
รถหกล้อ15	4,000	เกรท(C20)	51	
	1,000	พระราม 2(C15)	13.5	
			36*	100.5
รวม	52,000			1,058.9

*กลับโรงงาน

จะเห็นได้ว่าเวกเตอร์ความน่าจะเป็นมีขนาด 4 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งถูกกำหนดด้วยความน่าจะเป็น ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4 มีโอกาสเกิดเลข 1 เป็น 70% และโอกาสเกิดเลข 0 เป็น 30% โดยการสุ่มเลข 1 และ 0 จะทำด้วยการสุ่มตัวเลข 1-10 เมื่อสุ่มได้เลข 1-7 จะกำหนดให้เป็นเลข 1 และจะเกิดเลข 0 เมื่อสุ่มได้ 8-10 ในทำนองเดียวกันตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 ของ มีโอกาสเกิดเลข 1 เป็น 50% และมีโอกาสเกิดเลข 0 เป็น 50% ก็เช่นกัน ถ้าสร้างประชากรได้เป็น

ตำแหน่ง	1	2	3	4
ประชากร #1	1	0	0	1
ประชากร #2	0	1	1	0

การศึกษาในครั้งนี้จะประยุกต์ตัวอย่างที่ 1 ในการสร้างประชากรเริ่มต้น โดยกำหนดดังนี้

- ประชากรที่มีขนาด N ตำแหน่ง หมายถึง มีบริษัทที่ต้องส่งสินค้า N บริษัท
- ถ้าตำแหน่งที่ i เมื่อ $i=1,2,...,N$ มีค่าเป็น 1 หมายถึง โรงงานต้องส่งสินค้าให้บริษัทที่ i
- ถ้าตำแหน่งที่ i เมื่อ $i=1,2,...,N$ มีค่าเป็น 0 หมายถึง โรงงานไม่มีการส่งสินค้าให้บริษัทที่ i

จากตัวอย่างที่ 1 จะได้ว่าประชากรมีขนาด 4 ตำแหน่ง แสดงว่ามีการส่งสินค้าให้กับบริษัท 4 แห่ง โดยที่ประชากร #1 หมายถึงโรงงานต้องส่งสินค้าให้บริษัทที่ 1 และบริษัทที่ 4 และประชากร #2 หมายถึงโรงงานต้องส่งสินค้าให้บริษัทที่ 2 และบริษัทที่ 3 ซึ่งสามารถแสดงเส้นทางการเดินรถได้ดังนี้

โรงงาน → บริษัทที่ 1 → บริษัทที่ 4 → กลับ

โรงงาน → บริษัทที่ 2 → บริษัทที่ 3 → กลับ

สำหรับวิธี PBIL สามารถปรับปรุงคุณภาพของคำตอบได้ด้วยการปรับปรุงค่าของเวกเตอร์ความน่าจะเป็นโดยใช้เวกเตอร์ความน่าจะเป็นตัวก่อนหน้าเป็นตัวกำหนด ค่าความน่าจะเป็นใหม่ในแต่ละตำแหน่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ (1)

$$P_j^{new} = P_j^{old}(1-m_2) + rand(0or1)m_s \quad (1)$$

เมื่อ P_j แทน ค่าความน่าจะเป็นในตำแหน่งที่ j ของเวกเตอร์ความน่าจะเป็น P และ m_s คืออัตราการเกิดมิวเตชัน (mutation) โดยที่ $m_s = 0.2$ ([6])

สำหรับการประยุกต์ใช้วิธี PBIL กับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งในการศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเวกเตอร์ความน่าจะเป็นเริ่มต้นที่มีขนาด 20 ตำแหน่ง โดยค่าความน่าจะเป็นแต่ละตำแหน่งเท่ากับ 0.5

ขั้นตอนที่ 2 สร้างประชากรขนาดเท่ากับเวกเตอร์ความน่าจะเป็นด้วยการสุ่มตัวเลข 0 และ 1 ในแต่ละตำแหน่งตามค่าความน่าจะเป็นของเวกเตอร์ P จะได้ลำดับและเส้นทางในการขนส่งสินค้า

ขั้นตอนที่ 3 เลือกตำแหน่งที่มีตัวเลขเป็น 0 จากประชากรในขั้นตอนที่ 2 มาสุ่มตัวเลขต่อจนกว่าทุก

ตำแหน่งจะมีค่าเป็น 1 จึงจะได้ลำดับและเส้นทางในการขนส่งสินค้าครบทั้ง 20 บริษัท โดยประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 10,000

ขั้นตอนที่ 4 นำลำดับและเส้นทางการขนส่งที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาจัดสรรปริมาณสินค้าให้กับรถบรรทุกตามความต้องการของลูกค้าเพื่อจะได้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้ และคำนวณระยะทางรวมทั้งไปและกลับของรถบรรทุกแต่ละคัน

ขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงค่าของเวกเตอร์ P โดยใช้สมการ (1)

ขั้นตอนที่ 6 ทำขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 7 ปรับปรุงค่าของเวกเตอร์ P โดยใช้สมการ (1) แล้วทำขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 8 เลือกคำตอบที่ใช้จำนวนรถบรรทุกน้อยที่สุดก่อนจึงมาพิจารณาระยะทางรวมที่สั้นที่สุด

4. ผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าทุกรายด้วยวิธี PBIL ทำให้ได้ลำดับ เส้นทางและจำนวนรถที่เหมาะสมที่สุดแสดงดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าระยะทางรวมต่อวันคือ 936.8 กิโลเมตร และใช้รถจำนวน 9 คัน ซึ่งรถที่ใช้บรรทุกสินค้าจะเป็นรถหกล้อ ในการเลือกรถเพื่อบรรทุกสินค้านั้นจะเลือกรถหกล้อก่อนเนื่องจากรถหกล้อ 1 คัน บรรทุกได้สูงสุด 6,000 กิโลกรัม แต่ถ้าใช้รถสี่ล้อต้องใช้ถึง 3 คัน จึงจะบรรทุกได้ 6,000 กิโลกรัม ส่งผลให้รถสี่ล้อใช้ระยะทางในการขนส่งมากกว่า จากข้อมูลการขนส่งของโรงงานดังตารางที่ 1 จะได้ว่าระยะทางรวมต่อวันคือ 1,058.9 กิโลเมตร และใช้รถจำนวน 12 คัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจัดเส้นทางด้วยวิธี PBIL พบว่า ระยะทางรวมลดลง 122.1 กิโลเมตรต่อวัน คิดเป็น 11.53% และจำนวนรถที่ใช้ลดลง 3 คันต่อวัน

ตารางที่ 2 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยวิธี PBIL

ประเภทรถ	เส้นทาง	น้ำหนักสินค้า (กก.)	น้ำหนักรวม (กก.)	ระยะทาง (กม.)
หกล้อ 1	C4=>C10	1,000+5,000	6,000	73.3
หกล้อ 2	C11=>C15	5,000+1,000	6,000	99.4
หกล้อ 3	C16=>C1=>C2	3,000+1,500+1,5000	6,000	175.7
หกล้อ 4	C3=>C5	800+5,000	5,800	114
หกล้อ 5	C8=>C13	3,000+3,000	6,000	109
หกล้อ 6	C14=>C19	5,400+500	5,900	104.4
หกล้อ 7	C7=>C9=>C12	500+2,000+3,000	5,500	115.4
หกล้อ 8	C17=>C18=>C20	700+900+4,000	5,600	123.9
หกล้อ 9	C6	5,300	5,300	21.4
รวม			52,100	936.8

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้วิธี PBIL กับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ระยะทางรวมและใช้จำนวนรถน้อยที่สุด โดยใช้กรณีศึกษาของโรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้น การศึกษาในครั้งนี้จะพิจารณาการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า 20 ราย รถที่ใช้ในการขนส่งแบ่งเป็นรถสี่ล้อจำนวน 4 คัน ซึ่งสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 2,000 กิโลกรัม และรถหกล้อจำนวน 10 คัน ซึ่งสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่

เกิน 6,000 กิโลกรัม ผลที่ได้จากการใช้วิธี PBIL ในการหาเส้นทางเดินรถพบว่าระยะทางรวมต่อวันลดลง 122.1 กิโลเมตร ซึ่งคิดเป็น 11.53% และจำนวนรถที่ใช้ยังลดลง 3 คันต่อวันอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พรรษกร รัศมิ์ชนาพัทธิ์. *การประยุกต์อัลกอริทึ่มแบบประหยัดเพื่อจัดเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมในโรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้น.* สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

[2] จิตตวีร์ ศรีปฐมสวัสดิ์. *การประยุกต์วิธี GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้น.* สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

[3] อภิชิต มณีงาม, กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ และ อภินันทนา อุมศักดิกุล (2556). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถโดยมีการจำกัดเวลาการเดินรถบรรทุกขนาดใหญ่ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ กรณีศึกษา : การขนส่งอิฐบล็อกในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 3, กรกฎาคม-ธันวาคม 2556, หน้า 73-85.

[4] Shanshan W. and Dongwei Q. (2008). Vehicle Routing Optimization problem with Time Constraint Using Advanced PBIL Algorithm, paper presented in *2008 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics and Informatics*, Beijing, China.

[5] Yuan L.Y. and Jin B.Y. (2010). Application and Research of PBIL Algorithm on Combinatorial Optimization, paper presented in *2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, Sanya, China.

[6] ธวัฒน์ชัย คุณะโคตร และ สุจินต์ บุรีรัตน์ (2558). การออกแบบขนาดและรูปร่างของระบบแขนยึดจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยวิธีเรียนรู้เพิ่มพูนโดยอาศัยกลุ่มประชากรแบบหลายเป้าหมาย, *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.*, 8, มกราคม-มิถุนายน2558, หน้า 26-36.

การออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

DESIGN AND CONSTRUCTION OF HORIZONTAL BORING MACHINE

บุญกิจ อุนพิกุล, ปรเมศวร์ เบ้าวรรณ, ชัยวัฒน์ งามวิลัย, ทักษ์ดนัย วรรณศร และทรงศักดิ์ รัตนพันธ์

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน และจัดทำคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

การดำเนินงานเริ่มจากศึกษาปัญหา และรวบรวมข้อมูลของโรงกลึงบุญเพ็งการช่าง ซึ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรและซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลหนัก พบปัญหาในการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะการซ่อมมือตักรถแบคโฮ ขนาดความกว้างมือตัก 800 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสลักมือตัก 80 mm ในขั้นตอนการคว้านรูมือตัก เริ่มจากขั้นตอนการติดตั้งเครื่อง และการคว้าน ใช้เวลานานกว่าขั้นตอนอื่น เนื่องจากเครื่องเดิมมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากและไม่สามารถปรับความเร็วรอบได้ จากปัญหาดังกล่าวทางผู้จัดทำจึงได้หาแนวทางแก้ไข โดยการออกแบบและพัฒนาเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน จากการออกแบบใช้หลักการทำงานของเครื่องเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถควบคุมความเร็วรอบได้ด้วยระบบอินเวอร์เตอร์ ทำการสร้างเครื่องคว้าน และตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องคว้านตามมาตรฐาน ISO TC39 ทำการทดสอบสมรรถนะการทำงานโดยการคว้านชิ้นงานทดสอบ จากนั้นทำการหาประสิทธิภาพเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน เปรียบเทียบเวลาในการทำงาน และขั้นตอนการทำงาน พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

ผลการดำเนินงาน พบว่า ได้เครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเปรียบเทียบเวลาในการคว้านรูมือตัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm ความยาว 100 mm ใช้เวลาเฉลี่ยในการคว้าน 222 min จากเดิม 299 min ลดลง 77 min คิดเป็น 25.75 %ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยรูคว้าน 80.11 mm อยู่ในพิกัดที่กำหนดไม่เกิน ±0.5 mm ค่าความหยาบผิวงานเฉลี่ย 2.85 µm อยู่ในช่วงพิกัดที่กำหนดไม่เกิน 3.2 µm และขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจากเดิม 9 ขั้นตอน ลดเหลือ 8 ขั้นตอน คิดเป็น 11.11 % เครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน จะมีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการคว้านงาน 10 ชิ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ABSTRACT

This research aimed to design and build a horizontal boring machine, determine its performance, and provide a manual of usage and preventive maintenance of boring machine.

The study was conducted by exploring problems and collecting data from Boon Peng Kan Chang Machine Shop. This machine shop manufactured machinery parts and repaired heavy machinery. Some operational issues were identified, especially a repair of bucket on a backhoe. The bucket used in this paper was 800 mm wide and the bucket pin had 80 mm diameter. The boring process of the bucket began from installing the machine and the boring step which took longer time than others. This was because the previous machine was huge and heavy and the speed could not be adjusted. For these

reasons, certain solutions had been figured out by designing and developing the semi-automatic horizontal boring machine. The speed could be controlled using an inverter system. The validity of the developed horizontal boring machine was measured based on ISO TC39. Its performance was tested by boring a piece of work and the efficiency of horizontal boring machine was examined to compare time and operating procedure. Then the manual of usage and preventive maintenance of horizontal boring machine was provided.

The results demonstrated that the horizontal boring machine was able to effectively perform. When comparing the time of boring an 80-mm diameter and 100-mm wide bucket, it found that the mean time of boring reduced from 299 minutes to 222 minutes. It could decrease the time by 77 minutes or 25.75%. The diameter of bored hole was 80.11 mm and it was in a specified limit of $\pm$0.5 mm. The mean surface roughness was 2.85 µm and it was in a specified limit of 3.2 µm. Moreover, the installation process decreased from 9 steps to 8 steps or 11.11%. The breakeven point of horizontal boring machine could be reached after boring 10 pieces of work which was concordant with a determined hypothesis.

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลหนักได้ผลิตเครื่องจักรออกมาเพื่อใช้งาน ช่วยอำนวยความสะดวกความสบายและทุ่นแรง คือ รถแบคโฮ (Back Hole) เป็นรถที่ใช้ในการตักดิน เขี่ยดิน ในงานก่อสร้าง แล้วในส่วนของรถแบคโฮมีชิ้นส่วนที่ใช้ในการตักดิน คือ มือตักของรถแบคโฮ จากการที่รถแบคโฮใช้งานที่ค่อนข้างหนัก จึงทำให้รูของมือตักเกิดการสึกหรอจากการใช้งานเป็นเวลานานๆ ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนมือตักใหม่ได้ เพราะการเปลี่ยนมือตักรถแบคโฮใหม่ มีค่าใช้จ่ายที่สูง ทำให้ต้องเชื่อมพอกรูที่ชำรุดของมือตักเพื่อทำการคว้านซ่อมแซม

จากการลงพื้นที่ไปศึกษากระบวนการทำงานที่ โรงกลึงบุญเพ็งการช่าง มีเครื่องที่ทางโรงกลึงได้คิดค้นสร้างเครื่องคว้าน เพื่อใช้ในงานคว้านรูมือตักของรถแบคโฮเอง ซึ่งจากการศึกษากระบวนการผลิตของทางโรงกลึงได้ทราบถึงปัญหาในการใช้งานเครื่องคว้านของทางโรงกลึงบุญเพ็งการช่าง คือ ตัวเครื่องคว้านมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักที่ค่อนข้างมาก ไม่สามารถใช้คนยกได้ ต้องใช้รอกในการช่วยยกเครื่องเพื่อการติดตั้งใช้งาน ในการติดตั้งเครื่องคว้านมีการตั้งศูนย์ของเพลาคว้านที่ใช้เวลานาน ซึ่งกระบวนการติดตั้งเครื่องคว้านนี้จะติดตั้งได้ยากมาก

คณะผู้จัดทำจึงได้มีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงาน ลดระยะเวลาในกระบวนการทำงานของเครื่องคว้าน และลดขั้นตอนการติดตั้งเครื่อง เพื่อใช้ในการคว้านงานภาคสนาม ซึ่งสามารถทำงานได้ทุกๆ ที่โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายมือตักที่มีขนาดใหญ่ และเครื่องสามารถทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติได้ โดยคณะผู้จัดทำคิดว่าเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนที่สร้างขึ้น

3. ขอบเขตของโครงการ

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

3.1.1 การออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนจำนวน 1 เครื่อง

3.1.2 ชุดโครงเครื่อง

3) โครงชุดควบคุม ขนาด 300×70 mm

3.1.3 ชุดการเคลื่อนที่

3.1.4 ชุดการติดตั้งศูนย์ของรูมือตักรถแบคโฮ

3.1.5 ชุดต้นกำลัง

1) ใช้มอเตอร์เกียร์ส่งถ่ายกำลังขนาด 0.5 HP อัตราทดกำลัง 3:1 จำนวน 1 ตัว และปรับความเร็วรอบของมอเตอร์จากอินเวอร์เตอร์ 220V

2) ใช้มอเตอร์เกียร์เล็ก DC 24V rpm : 100 จำนวน 1 ตัว

3.2 การหาประสิทธิภาพของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนที่สร้างขึ้น

3.2.1 เปรียบเทียบเวลาในการทำงาน โดยเปรียบเทียบจากเครื่องคว้านแบบเดิมและเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

4. ประโยชน์ที่ได้รับ

4.1 ได้เครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนที่สร้างขึ้นและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

4.2 ลดเวลาในกระบวนการประกอบติดตั้งเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

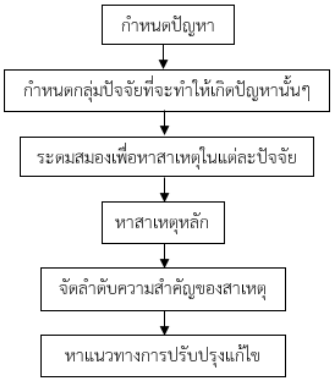
4.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนในลักษณะอื่นๆ ต่อไป

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

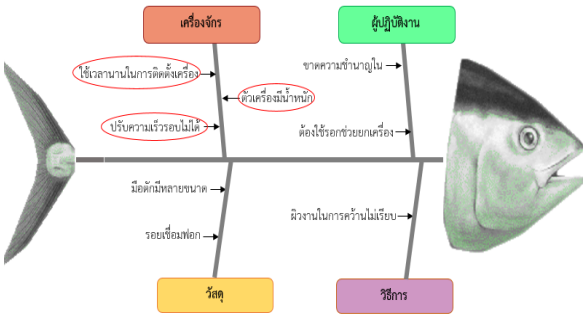
5.1 ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องคว้านแบบเดิม

ในการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของโครงการ คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลของ โรงกลึงบุญเพ็งการช่าง ที่อยู่ 316 หมู่ 15 บ้านเกษร ถนนกสิกรทุ่งสร้าง ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 เจ้าของ โรงกลึงบุญเพ็งการช่าง โดยทางโรงกลึงบุญเพ็งการช่างได้สร้างเครื่องคว้านในการคว้านรูมือตักของรถแบคโฮขึ้นมาใช้งานเอง และเครื่องคว้านที่ทางโรงกลึงใช้นั้นมีกระบวนการในการทำงานโดยใช้มอเตอร์ส่งกำลังในการตัดเฉือนชิ้นงานในการคว้านรูมือตักรถแบคโฮ ซึ่งมีกระบวนในการทำงานของเครื่องคว้านที่ต้องเริ่มแรกจากการเชื่อมพอกรูของมือตักรถแบคโฮ จากนั้นการติดตั้งชุดส่วนของเพลามีดกับมือตักรถแบคโฮ โดยต้องตั้งศูนย์เพลา (Alignment) ให้เกิดความเที่ยงตรงกับรูมือตักรถแบคโฮ จากนั้นก็ติดตั้งส่วนของมอเตอร์ส่งกำลัง เพื่อส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังเพลามีดในการคว้านรูมือตักรถแบคโฮ

5.2 วิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน



จากการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการสร้างเครื่องคว้าน ทางคณะผู้จัดทำได้เขียนแสดงเป็นแผนภูมิวิเคราะห์ปัญหาขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิก้างปลา

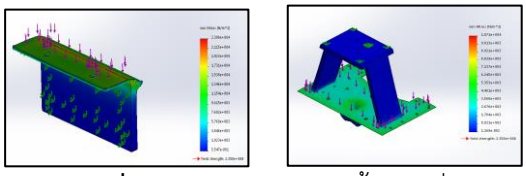
5.3 ออกแบบและดำเนินการเขียนแบบเครื่อง

ในการออกแบบและเขียนแบบเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน คณะผู้จัดทำได้ดำเนินโครงการและได้มีการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อกำหนดรูปแบบของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

5.3.1 การออกแบบขนาดและรูปทรงของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

5.3.2 การออกแบบเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนที่จะนำมาใช้เป็นกลไกในการทำงานของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน ซึ่งได้ออกแบบชิ้นส่วนหลักๆ ของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

5.4 ประเมินแบบเครื่องโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์

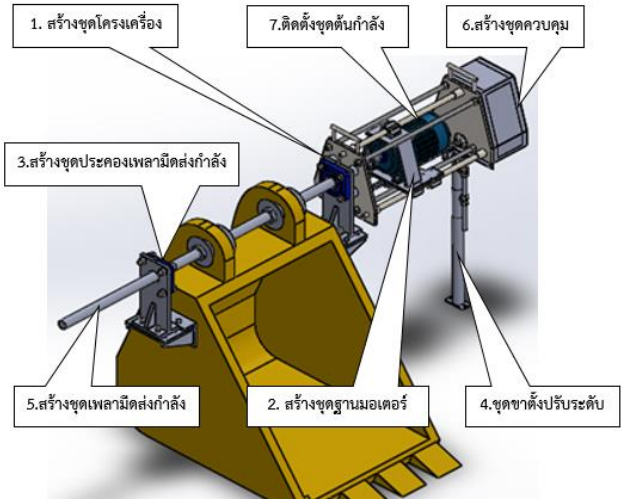


รูปที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่รับแรง

5.5 ดำเนินการสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

ในการดำเนินการสร้างเครื่อง ได้มีการแบ่งส่วนประกอบของเครื่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้โดยใช้โปรแกรม Solid Work เข้ามาช่วยในการออกแบบ แบ่งแต่ละส่วนไว้ดังนี้

1) สร้างชุดโครงเครื่อง
2) สร้างชุดฐานมอเตอร์
3) สร้างชุดประคองเพลามีดส่งกำลัง
4) สร้างชุดขาตั้งปรับระดับ
5) สร้างชุดเพลามีดส่งกำลัง
6) สร้างชุดควบคุม
7) ติดตั้งชุดต้นกำลัง

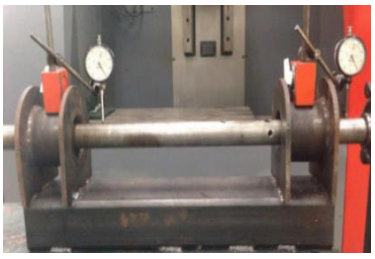


รูปที่ 3 แสดงการออกแบบเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

5.6 ตรวจสอบสมรรถนะเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

5.6.1 ตรวจสอบเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

ดำเนินการตรวจสอบเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน ประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือการตรวจสอบชุดตัวเครื่องคว้านรูมือตัก โดยมีการตรวจสอบชุดหลักๆของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน ซึ่งได้ผลการดำเนินการตรวจสอบดังนี้



รูปที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่รับแรง

5.7 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

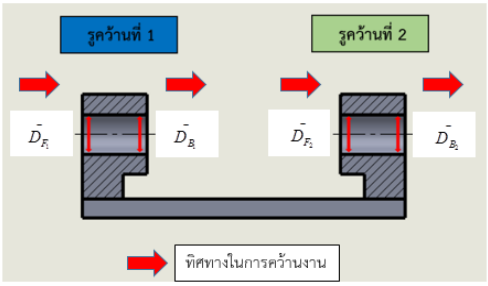
ขั้นตอนการเชื่อมพอกรูมือตักใช้เวลาเฉลี่ย 80 min และในขั้นตอนการติดตั้งเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนใช้เวลาเฉลี่ย 35 min และขั้นตอนการคว้านงานจะคว้านงานทีละรูโดยรูที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ย 43 min ส่วนรูที่ 2 ใช้เวลาเฉลี่ย 47 min รวมเวลาคว้านงานทั้ง 2 รูใช้เวลาเฉลี่ย 90 min และในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นขั้นตอน

การถอดเก็บเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนจะใช้เวลาเฉลี่ย 17 min เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการทำงานทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย 222 min ซึ่งเวลาเฉลี่ยที่ได้นี้ จะนำไปเปรียบเทียบเวลากับเครื่องคว้านแบบเดิม เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนต่อไปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงแผนภูมิการไหล

แผนภูมิกระบวนการไหล ประเภท ☑ คน ☐ วัสดุ ☐ เครื่องจักร									
แผนภูมิหมายเลข 01 แผ่นที่ 1	สรุป								
ชื่อโรงงาน : โรงกลึงบุญเพ็ง กรรมวิธี :	สัญลักษณ์		ปัจจุบัน		เสนอ		ลดลง		
	การปฏิบัติการ ○		12						
ตำแหน่งที่ตั้ง ที่อยู่ 316 ม.15 บ้านเกสร ถ.กสิกรพุ่งสร้าง ต.ศิลา อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000	การเคลื่อนย้าย ⇨		3						
	การรอคอย ⊃		2						
	การตรวจสอบ □		0						
	การเก็บรักษา ▽		1						
ผู้บันทึก : นายชัยวัฒน์ งามวิลัย	ระยะทาง (m)		0						
	เวลา (man-min)		222						
รายการ	จำนวน	ระยะทาง (m)	ระยะเวลา (min)	สัญลักษณ์ ○	⇨	⊃	□	▽	หมายเหตุ
1.เชื่อมพอกรูมือตัก	2	-	80						
2.ขั้นตอนการติดตั้งเครื่อง	25	-	35						
3.เครื่องคว้านทำงาน	2	-	90						
4.การเก็บเครื่องคว้าน	12	-	17						
รวม	41	0	222	12	3	2	0	1	

5.7.2 การหาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางและหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูคว้าน



รูปที่ 5 แสดงชิ้นงานที่ใช้ทดสอบเพื่อวัดหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยรูคว้าน

การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูคว้านโดยการนำค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จากตารางที่ 1

$$\text{การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยรูคว้าน} = \frac{\bar{D}_{F_1} + \bar{D}_{B_1}}{2}$$

$$= \frac{80.010 + 80.045}{2}$$

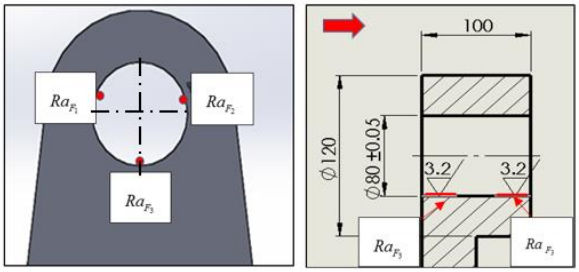
$$= 80.027 \text{ mm}$$

และนำมาแทนค่าในสมการจะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูคว้านดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลการหาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง

5.7.3 ทำการหาค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่คว้าน

ครั้งที่	รูคว้านที่ 1	รูคว้านที่ 2	หมายเหตุ
1	80.027	80.105	
2	80.007	80.077	
3	80.027	80.212	
4	80.025	80.057	
5	80.037	80.115	
6	80.015	80.100	
7	80.025	80.095	
8	80.032	79.980	
9	80.040	80.102	
10	80.040	80.120	

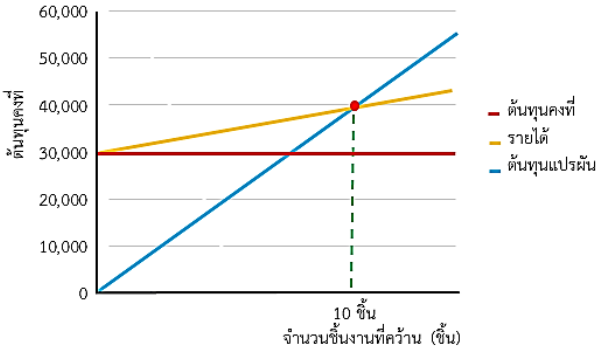


รูปที่ 6 การกำหนดจุดวัดเพื่อหาค่าความหยาบผิว

ค่าความหยาบผิวจากชิ้นงานที่ใช้ทดสอบขนาด 80±0.5 mm จะเห็นได้ว่าการคว้านงานทั้ง 10 ครั้ง ใช้อัตราป้อนกินเนื้องานในรอบสุดท้ายที่ 0.25 mm ซึ่งเป็นการคว้านงานละเอียดในรอบท้ายสุดของความเร็วรอบที่ 120 rpm โดยค่าความหยาบผิวจากชิ้นงานที่ใช้ทดสอบนั้นอยู่ในช่วงของค่าความหยาบผิวที่กำหนดคือไม่เกิน 3.2 ไมโครเมตร ตามมาตรฐาน DIN 4788-1

5.7.4 จุดคุ้มทุน

กำไรจากการคว้านรูมือตักต่อครั้ง เท่ากับ 253.63 บาทต่อครั้ง เงินลงทุนแรกในการสร้างเครื่องคว้านรูมือตัก เท่ากับ 30,000 บาท



รูปที่ 7 แสดงจุดคุ้มทุนในการลงทุน

ดังนั้น จุดคุ้มทุนของการลงทุนเท่ากับ 163.16 บาทต่อครั้ง จากผลกำไรที่ได้นี้สามารถหาได้ถึงจำนวนครั้งที่ในการทำงานที่จะคุ้มกับการลงทุนสร้างเครื่องคว้านรูมือตักใหม่ขึ้นมาจะได้ 10 ชิ้นถึงจะคุ้มทุนที่สร้างเครื่องใหม่นี้

5.8 สรุปผลโครงการ

หลักในการสรุปผลโครงงาน จะทำการตรวจสอบกับวัตถุประสงค์ของโครงการหลังจากที่ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน ที่ได้กำหนดไว้แล้วในหัวข้อที่ 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงงานมีดังนี้

5.8.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

สรุปผลตามวัตถุประสงค์หัวข้อ 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน ให้มีความสะดวกในการใช้งาน และทำการประเมินคุณลักษณะชิ้นงานที่ทำการทดสอบหลังออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนตามกำหนด โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.8.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

6. ผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินการสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนได้มีการวางแผนการศึกษาข้อมูลต่างๆ ทางคณะผู้จัดทำได้ดำเนินโครงการตามที่วางแผนการดำเนินงานไว้ในบทที่ 3 และได้ผลการดำเนินโครงการดังต่อไปนี้

6.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

1) ตัวเครื่องบังคับการทำงานด้วยเบรกเกอร์

2) ปรับความเร็วรอบได้ 0-500 rpm

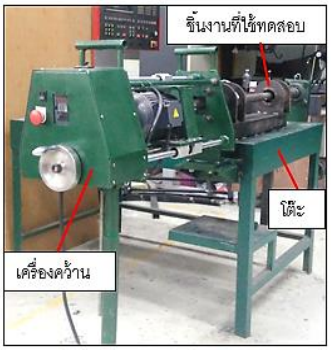
3) กำลังไฟฟ้า 220V

4) ระบบควบคุมเป็นวงจรไฟฟ้าระบบอินเวอร์เตอร์

5) ระบบส่งกำลังด้วยมอเตอร์ 0.5 HP 220V

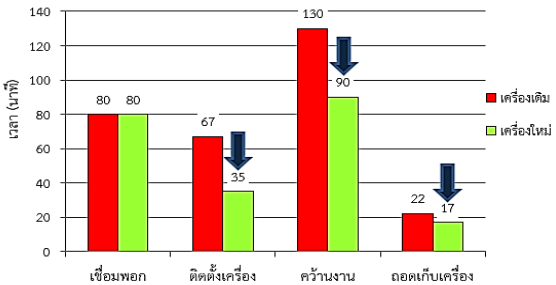
6) รูมือตักที่คว้านได้ขนาด 60-100 mm

7) ขนาดของเครื่องกว้าง 300 mm ยาว 650 mm



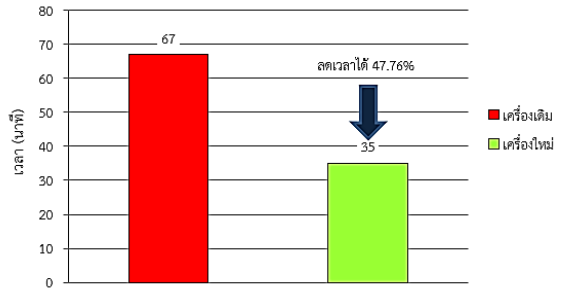
รูปที่ 4.2 แสดงรูปเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนที่สร้างจริง

6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน



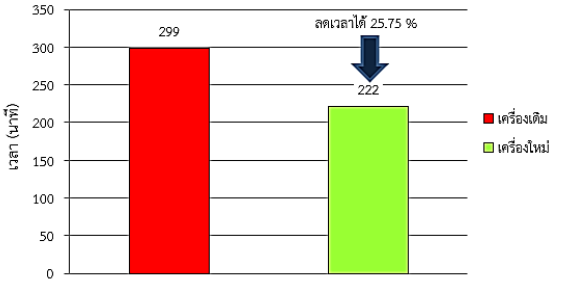
รูปที่ 8 แสดงแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้

ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 9 แสดงแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาขั้นตอนการติดตั้งเครื่องคว้าน

จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน ที่ทำการสร้างขึ้นนั้นสามารถลดเวลาในการติดตั้งได้ 32 min ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47.76 ของเวลาติดตั้งของเครื่องเดิม และสามารถลดเวลาในการคว้านงานได้ 40 min ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30.76 ของเวลาในการคว้านงานของเครื่องเดิม และสามารถลดเวลาในการถอดเก็บเครื่องคว้านลดลงได้ 5 min ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.72 ของเวลาในขั้นตอนการถอดเก็บเครื่องเดิม



รูปที่ 10 แสดงแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการทำงานทั้งหมด

จากแผนภูมิในรูปที่ 4.5 ได้ทำการวิเคราะห์ผลเชิงสถิติไว้ในภาคผนวก ซ จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานทั้งหมดด้วยเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอนที่ทำการสร้างขึ้นใหม่นั้นสามารถลดเวลาในกระบวนการทำงานทั้งหมดลงได้ 77 min ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.75 ของเวลาการทำงานด้วยเครื่องเดิม

7. สรุปผล

7.1 ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

7.1.1 ได้เครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน ที่สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขและมีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยตัวเครื่องคว้านมีน้ำหนักเบาลง และใช้อินเวอร์เตอร์ในการปรับความเร็วรอบโดยมีขอบเขตของเครื่องดังนี้

1) สามารถคว้านรูขนาด 60–100 mm

2) ใช้อินเวอร์เตอร์ในการปรับความเร็วรอบโดยสามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 0-500 rpm

3) ใช้มอเตอร์เกียร์ในการส่งถ่ายกำลังขนาด 0.5 HP 220V

7.1.2 ออกแบบและสร้างรูปแบบของเครื่องขึ้นใหม่โดยคำนึงถึงการใช้งานที่สะดวก และลดเวลาในขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) จากที่เคยใช้รอกยกเครื่องในการติดตั้งเปลี่ยนรูปแบบเครื่องให้มีน้ำหนักเบาสามารถใช้คนยกได้ และสามารถลดเวลาในขั้นตอนการติดตั้งเครื่อง

2) จากเครื่องเดิมที่ปรับความเร็วรอบไม่ได้ โดยเครื่องใหม่จะใช้อินเวอร์เตอร์เข้ามาช่วยเพื่อให้สามารถปรับความเร็วรอบได้

7.2 การหาประสิทธิภาพของเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน

7.1.2 จับเวลาขั้นตอนการติดตั้งเครื่องเดิมกับเครื่องใหม่ สามารถลดเวลาลงได้ 32 min ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47.76 ของเวลาการติดตั้งของเครื่องเดิม

7.1.3 จับเวลาขั้นตอนการทำงานทั้งหมดเครื่องเดิมกับเครื่องใหม่ สามารถลดเวลาลงได้ 77 min ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.75 ของเวลาการทำงานของเครื่องเดิม

7.3 การวิเคราะห์ต้นทุน ค่าใช้จ่าย และรายรับของธุรกิจ

จากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ระยะคืนทุนของโครงการ จากการลงทุนในการออกแบบและพัฒนาเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน โดยใช้เงินลงทุน

จำนวน 30,000 บาท ซึ่งจะคืนทุนเมื่อทำการค้านงานได้เท่ากับ 10 ชิ้น

8. ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องค้านรูมือตักแนวนอนนั้นสามารถเพิ่มในส่วนของระบบควบคุมอัตโนมัติในการขับเคลื่อนบอลสกรู โดยการใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 2 เฟสที่มีแรงบิดสูง และมีการควบคุมระบบการทำงานของมอเตอร์ โดยใช้ไดร์เวอร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์จากการป้อนคำสั่งควบคุม PLC ลงในไดร์เวอร์สเต็ปปิ้ง และมีจอทัสกรีนใช้ในการปรับตั้งค่าการควบคุมมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ตามที่เราต้องการ

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่อนุเคราะห์สถานที่ทำโครงการตลอดระยะเวลาการทำโครงการในนครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

[1] เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. 2539. การศึกษางาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกอบเมไตร.

[2] ชาญณรงค์ สายแก้ว. 2555.สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2.ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[3] ณัติฐากร ชูก้าน (2546). การศึกษางาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[4] บรรเลง ศรนิล และสมนึก วัฒนศรียกุล. 2555. ตารางคู่มืองานโลหะ. พิมพ์ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก

Increase the Efficiency in the Plastic Injection Industry

ชลิดา สกุลดิษฐ์*, สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล

ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
E-mail: chalidasakuldit.pui@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก โดยทำการศึกษาและหาปัจจัยหรือสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการฉีดพลาสติกเพื่อขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์และลดข้อบกพร่องของชิ้นงาน มุ่งเน้นการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วและความดันในการฉีดพลาสติกที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องของชิ้นงาน Polyamide 6 โดยใช้วิธีการจำลองการขึ้นรูปที่มีความเร็วในการฉีดพลาสติก 10 ลำดับ คือ 10 , 20 , 30 , 40, 50 , 60 , 70 , 80 , 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องฉีดพลาสติก และใช้ซอฟต์แวร์ Moldex 3D R14 ในการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกขณะทำการฉีดขึ้นรูปในแม่พิมพ์และการเกิดข้อบกพร่องของชิ้นงาน ผลการวิเคราะห์พบว่าความเร็วในการฉีดพลาสติกที่เหมาะสมที่สุดมีค่าอยู่ที่ 40 เปอร์เซ็นต์ ความดันในการฉีดพลาสติกที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 163.39 เมกะปาสคาล ผลการศึกษาดังกล่าวเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถนำไปสู่การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติกจริง และพบว่าเวลาในการฉีดพลาสติกลดลงจาก 67 วินาที เหลือ 63.17 วินาที คิดเป็น 5.72 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของประสิทธิภาพการผลิต พบว่าสามารถผลิตชิ้นงานเพิ่มขึ้นจาก 54 ชิ้นต่อชั่วโมง เป็น 56.99 ชิ้นต่อชั่วโมงคิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ และของเสียในกระบวนการผลิตลดลงจาก 2.78 เปอร์เซ็นต์เหลือ 0.58 เปอร์เซ็นต์คิดเป็น 79.14 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: ความดันในการฉีด, ความเร็วในการฉีด, ค่าพารามิเตอร์ในการฉีด

Abstract

This research aims to increase production efficiency in the manufacturing process of the plastic injection molding industry. This study investigated the appropriate factor or condition of the plastic injection molding process for the molding of the automotive parts and reduced the defects of plastic part for the plastic injection molding process. This research focus on studying the influence of injection speed and injection pressure on Polyamide 6 workpiece defects and production efficiency in the manufacturing process. Injection molding was performed using 10 injection speed sequences as follows: 10% , 20% , 30% , 40% , 50% , 60% , 70% , 80% , 90% and 100% of injection molding power of injection machine using the Moldex 3D R14 software to analyze the flow and defect of the workpiece for the injection molding of the automotive parts. The results showed that the optimum injection speed was 40%, resulting in the lowest injection pressure of 163.39 Mpa. The results of the study were based on the principles and theories involved. This analysis can be applied to adjust the

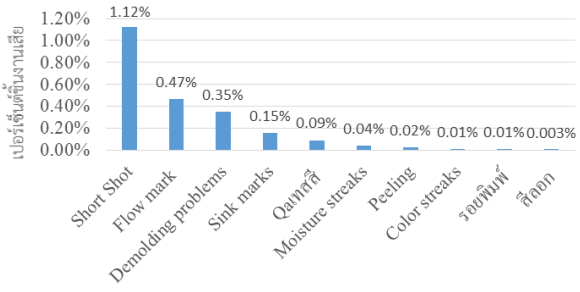
parameters in the production process. It found that the cycle time to plastic injection time decreased 4.06 seconds from 67 seconds to 63.17 seconds accounted for 5.72% of the production, production efficiency it can be produced from 54 pieces per hour to 56.99 pieces per hour accounted for 5%. In addition, waste in the pre-research process was 2.78%, down to 0.58%, accounted for 79.14 %.

Keywords: Injection Parameters, Injection Pressure, Injection Speed

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติก มีการแข่งขันสูงมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ประกอบการที่เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์[1] ทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการลดการสูญเปล่าในกระบวนการผลิต การจะทำให้ได้ชิ้นงานที่ดีมีคุณภาพ การปรับตั้งเครื่องจักรนั้นมีความสำคัญมาก ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องของชิ้นงาน และเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ในการปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ ทำให้มีการทดลองฉีดขึ้นรูปพลาสติกหลายครั้ง เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุด จึงเกิดช่วงเวลาที่สูญเปล่าทั้งยังเกิดชิ้นงานที่มีความบกพร่องในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ผู้จัดทำงานวิจัยนี้จึงได้ใช้การจำลองการฉีดขึ้นรูปพลาสติกด้วยวิธีการทางไฟไนท์อิลิเมนท์ [2] ซึ่งในปัจจุบันมีความถูกต้องสูง และรวดเร็วมากขึ้น นำมาทำการจำลองการฉีดขึ้นรูปเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากมีปริมาณชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกเกินกว่าค่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ค่อนข้างสูงประกอบกับมีข้อบกพร่องของชิ้นงานเกิดขึ้นหลายประเภท ดังรูปที่ 1 จากข้อมูลข้างต้นนี้ ผู้จัดทำงานวิจัยเล็งเห็นปัญหาในด้านประสิทธิภาพการผลิตและปัญหาของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการนั้นส่งผลต่อการแข่งขัน และศักยภาพของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก จำเป็นต้องนำปัญหาดังกล่าวมาทำการแก้ไขปรับปรุง

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วและความดันในการฉีดที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องของชิ้นงาน Polyamide 6 โดยงานวิจัยนี้จะใช้ความเร็วในการฉีด 10 ลำดับ คือ 10 , 20 , 30 , 40, 50 , 60 , 70 , 80 , 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องฉีดพลาสติกให้ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด และลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน และในขั้นตอนสุดท้ายทำการเปรียบเทียบผลการทดลองด้านคุณภาพของชิ้นงาน นั่นคือ ข้อบกพร่องของชิ้นงานในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก



รูปที่ 1 เปอร์เซ็นต์ของชิ้นที่เกิดข้อบกพร่องแต่ละประเภทของชิ้นงาน Protector Muffler

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก ของสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ที่จังหวัดสมุทรปราการ ที่มีกระบวนการผลิตหลักคือการฉีดขึ้นรูปพลาสติก การเก็บข้อมูลและสำรวจสภาพทั่วไปของสถานประกอบการที่ทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตลดลงคือ มีชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกเกินกว่าค่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ เกิดจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรไม่เหมาะสม

จนทำให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ส่งผลต่อการแข่งขันและต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นโดยไม่มีความจำเป็น งานวิจัยนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. สำรวจสภาพปัจจุบันและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ศึกษากระบวนการผลิตและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. พิจารณาสภาพปัจจุบันในกระบวนการผลิตและข้อมูลที่ได้เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงและวางแผนวิธีการปรับปรุง

3. วิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเกิดของเสียด้วยกระบวนการไฟไนท์อิลิเมนท์

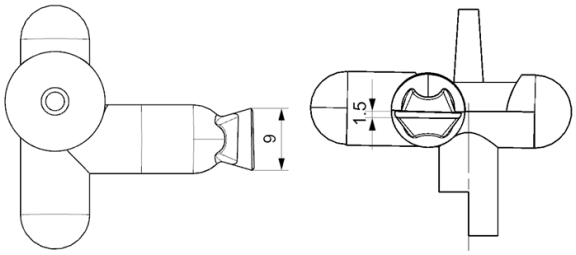
4. ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตเก็บข้อมูลหลังจากการปรับปรุงเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน และวิเคราะห์ผล ทั้งก่อนและหลังปรับปรุงวิธีการผลิต

2.1 วิธีการทำการทดลอง

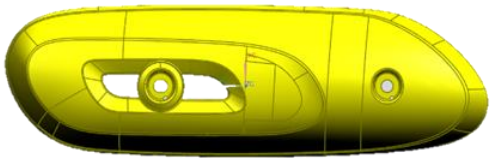
ในการจำลองการขึ้นรูปการฉีดพลาสติกด้วยวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนท์ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Moldex3D R14 ซึ่งสามารถจำลองการฉีดพลาสติกและช่วยวิเคราะห์เรื่องการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ [3,4] และค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการฉีดพลาสติก [5] และได้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ 2 พารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติกที่จะนำมาออกแบบการทดลอง คือ ความเร็วและความดันในการฉีดพลาสติกโดยงานวิจัยนี้จะใช้ความเร็วในการฉีดพลาสติก 10 ลำดับ คือ 10 , 20 , 30 , 40, 50 , 60 , 70 , 80 , 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องฉีดพลาสติก

2.2 ชิ้นงานที่เลือกใช้ในการทดลอง

ชิ้นงานที่เลือกใช้ในการทดสอบนั้น ตัวชิ้นงานมีขนาดโดยประมาณ ความกว้าง 120.00 มิลลิเมตร ความยาว 410.00 มิลลิเมตร และความหนาของชิ้นงานโดยเฉลี่ย ของชิ้นงาน 2.00 +0.2 มิลลิเมตร และมีขนาดทางเข้าของน้ำพลาสติก ความกว้าง 9.00 มิลลิเมตร ความหนา 1.50 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2 โดยชิ้นงานมีลักษณะดัง รูปที่ 3



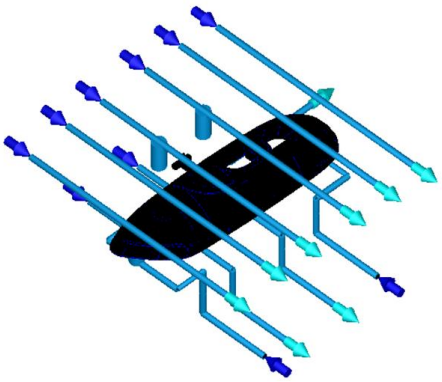
รูปที่ 2 ลักษณะและขนาดทางเข้าของน้ำพลาสติก



รูปที่ 3 ชิ้นงานที่เลือกทำการทดสอบ Protector Muffler

2.3การจัดเตรียมชิ้นงานสำหรับวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนท์[4]

ในการจัดเตรียมชิ้นงานสำหรับวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนท์ ชิ้นงานจำเป็นต้องเตรียมโดยใช้โปรแกรม UG NX 11 เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของ STL File เพื่อเตรียมชิ้นงานต่อใน Moldex3D R14 Designer โดยทำการส่งเข้า (Import file) และกำหนดส่วนประกอบต่างๆในแบบจำลองสามมิติ ไม่ว่าจะเป็นทางเข้าของน้ำพลาสติกเหลวท่อน้ำหล่อเย็น ทิศทางการไหลของน้ำหล่อเย็น เพื่อทำการสร้าง Mesh Model ดังรูปที่ 4 เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการ Export file เพื่อไปทำการทดลองวิเคราะห์การฉีดที่ โปแกรม Moldex3D R14 [6]



รูปที่ 4 การวางท่อน้ำหล่อเย็น
และทิศทางการไหลของน้ำหล่อเย็น

2.4 พารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติกที่ถูกนำมาใช้ในการทดลอง

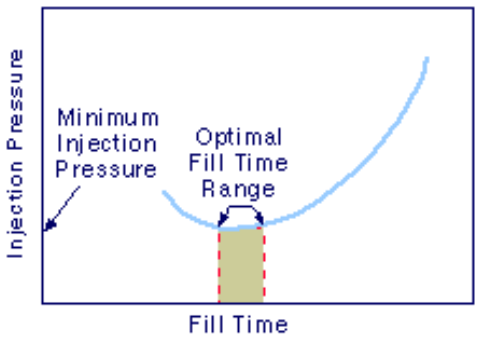
ในการในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปในวิเคราะห์พารามิเตอร์ในการผลิต 2 พารามมิเตอร์คือ ความเร็วในการฉีดพลาสติก (Injection Speed) และความดันในการฉีดพลาสติก (Injection Pressure) โดยที่จะกำหนดความเร็วในการฉีดพลาสติก 10 ลำดับ คือ 10 , 20 , 30 , 40, 50 , 60 , 70 , 80 , 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องฉีดพลาสติกโดยเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความเร็วสูงสุด(Maximum injection speed) 240 mm/s ในส่วนพารามิเตอร์ในการฉีดขึ้นรูปพลาสติก [7] นอกเหนือจากพารามิเตอร์ทั้งสอง ได้กำหนดให้เป็นค่าคงที่ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกควบคุมด้วยเงื่อนไขกำหนดให้เป็นค่าคงที่

ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดให้คงที่	ค่าที่ใช้	หน่วย
Clamping Force	227	Tons
Shot Size	153	g
Feed Stroke	6.98	cm
Packing Time	8	second
Cooling Time	18	second
Melt Temperature	250-270	°C
Mold Temperature	48-80	°C

3. อิทธิพลของความเร็วในการฉีดพลาสติก

อิทธิพลของความเร็วในการฉีดพลาสติกที่มีผลต่อความดันฉีดพลาสติก เวลาในการเติมเนื้อพลาสติกแปรผันตามความเร็วในการฉีดพลาสติก เมื่อเวลาในการเติมเนื้อพลาสติกสั้นต้องใช้ความเร็วในการฉีดพลาสติกที่สูงขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำพลาสติกสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องใช้ความดันในการฉีดพลาสติกสูงตามไปด้วย และเมื่อใช้เวลาในการเติมเนื้อพลาสติกนานมากขึ้น เนื้อพลาสติกเย็นลงส่งผลให้มีความหนืดเพิ่มมากขึ้น และช่องทางการไหลของเนื้อพลาสติกแคบลง จากเนื้อพลาสติกที่เย็นตัวทำให้ต้องใช้แรงดันสูงด้วยเช่นกัน ซึ่งจะเห็นว่าจากรูปที่ 5 เมื่อใช้เวลาเติมเนื้อพลาสติกในจุดที่เหมาะสมก็จะส่งผลให้ความดันในการฉีดพลาสติกต่ำที่สุด



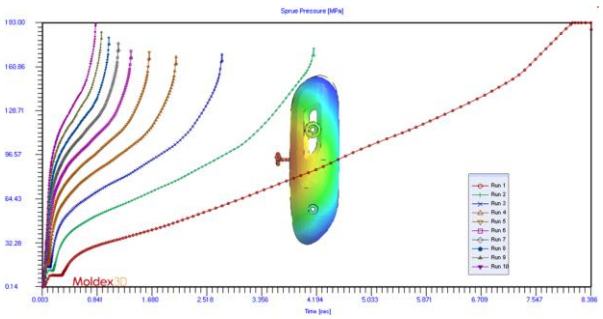
รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันในการฉีดพลาสติกและเวลาการเติมเนื้อพลาสติก [8]

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

เมื่อทำการวิเคราะห์การทดลองการฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรม Moldex3D R14 โดยมีเงื่อนไขของการฉีดพลาสติกให้ไหลเข้าแม่พิมพ์ ด้วยความเร็วในการฉีดพลาสติก (Injection Speed) และเงื่อนไขอื่นๆ ตามตารางที่ 1 ในการทดลองครั้งนี้ได้ผลของความดันและความเร็วในการฉีดพลาสติกตามตารางที่ 2 โดยรูปที่ 6 เป็นกราฟแสดงความดันในการฉีดพลาสติกเมื่อความเร็วในการฉีดพลาสติกเปลี่ยนไปของทั้ง 10 ค่าความเร็วในการฉีดพลาสติกนั้น

ตารางที่ 2 ตารางผลการทดลองแสดงค่าความดันในการฉีดพลาสติกในการจำลองการฉีดพลาสติก

Run	Injection Speed (mm/s)	Injection Pressure (MPa)	Filling Time (second)
1	24 (10%)	189.61	8.37
2	48 (20%)	169.46	4.15
3	72 (30%)	165.20	2.75
4	96 (40%)	163.39	2.05
5	120 (50%)	166.86	1.64
6	144 (60%)	167.69	1.36
7	168 (70%)	173.30	1.17
8	192 (80%)	177.80	1.02
9	216(90%)	181.87	0.91
10	240 (100%)	192.40	0.82



รูปที่ 6 กราฟแสดงความดันในการฉีดพลาสติกเมื่อความเร็วในการฉีดพลาสติกเปลี่ยนไป

4.1 การยืนยันผลการทดลอง

เมื่อได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมจากกระบวนการคำนวณด้วยแบบจำลองทางไฟไนท์อิลิเมนท์มาเรียบร้อยแล้ว นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไฟไนท์อิลิเมนท์ในตารางที่ 3 ไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก สามารถส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน และข้อบกพร่อง[7] ในกระบวนการผลิตเมื่อนำพารามิเตอร์เหล่านี้ไปใช้งานอาจพบเจอปัญหาอื่นๆ ที่ต้องพิจารณาร่วมไปด้วย การเลือกใช้พารามิเตอร์ในการทำการทดลองการฉีดพลาสติกอาจต้องมีการ ปรับเปลี่ยนและจัดทำการทดลองให้เกิดความเหมาะสมกับปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้การทดลองฉีดพลาสติกที่ออกแบบมานั้นมีประสิทธิภาพต่อปัญหาที่ต้องการแก้ไขให้ได้มากที่สุด

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรมไฟไนท์อิลิเมนท์กับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการผลิต

ตัวแปรที่ใช้ในการฉีดพลาสติก	พารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุง	พารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไฟไนท์อิลิเมนท์
Actual Injection Pressure (kgf/cm^2)	1,029	1,630
Injection Speed (mm/s)	25 (10%)	96 (40%)
Filling Time(s)	5.877	2.05

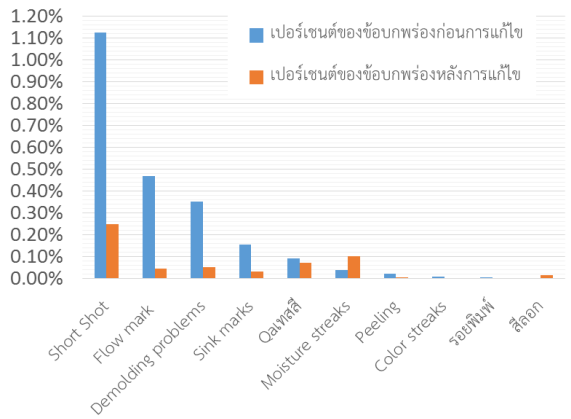
4.2 การอภิปรายผลการทดลอง

การตั้งค่าความเร็วในการฉีดพลาสติกนั้น ต้องสัมพันธ์กับ รูปร่างขนาดของชิ้นงาน ขนาดของเครื่องจักรที่ฉีด และการออกแบบแม่พิมพ์ จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการฉีดพลาสติกที่เกิดขึ้นก่อนการ

ปรับปรุงนั้นมีความเร็วในการฉีด 25 mm/s (10%) และความดันที่เกิดขึ้นจริงในการฉีดพลาสติก 1,029 kgf/cm^2 และพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไฟไนท์อิลิเมนท์มีความเร็วในการฉีด 96 mm/s (40%) และความดันที่เกิดขึ้นจริงในการฉีดพลาสติก 1,630 kgf/cm^2

เมื่อเปรียบเทียบความดันในการฉีดพลาสติกที่ใช้กับความดันในการฉีกพลาสติกที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนท์อิลิเมนท์ ตามตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในการฉีดนี้มีการใช้ความดันในการฉีดพลาสติกไม่เพียงพออาจทำให้ความเร็วในการฉีดต่ำกว่าค่าที่ปรับตั้งไว้ทำให้เกิดข้อบกพร่องของชิ้นงานคือชิ้นเกิดรอยแหว่ง (Short Shot)[7] ตามรูปที่ 7 เนื่องจากการไหลของพลาสติกเหลวเข้าในแม่พิมพ์ช้า พลาสติกเหลวเมื่อเย็นตัวลงความหนืดจึงเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำพลาสติกเหลวไหลเข้าในแม่พิมพ์ไม่เต็มจนเกิดเป็นรอยแหว่ง

หลังจากได้ทำการนำพารามิเตอร์ไปทดลองใช้ในการผลิตจริง ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 3 คือ ความเร็วในการฉีด 96 mm/s (40%) และ ความดันในการฉีดที่ 1,630 kgf/cm^2 ส่งผลให้มีปริมาณชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องของชิ้นงานลดลง ดังรูปที่ 7

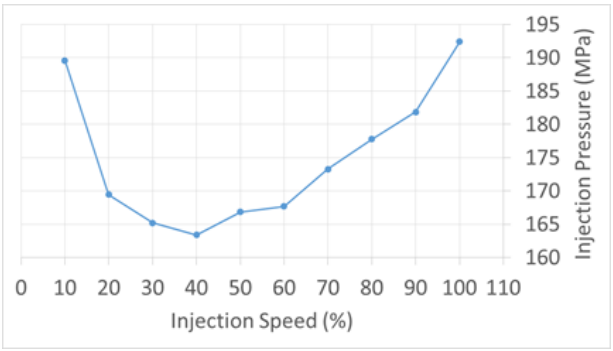


รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบผลของปริมาณชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องจากการทดลองฉีดขึ้นรูปพลาสติกก่อนการแก้ไขพารามิเตอร์และหลังการแก้ไขพารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติก

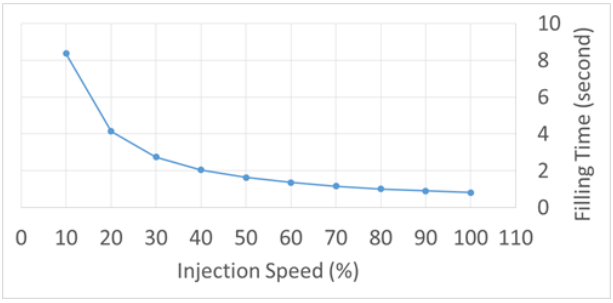
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการจำลองการฉีดขึ้นรูปพลาสติกด้วยวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์พบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ทั้ง 10 อันดับแล้วนั้น จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่าความดันในการฉีดพลาสติกมีการแปรผันอย่างมีนัยสำคัญกับค่าความเร็วในการฉีดพลาสติก ดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความเร็วในการฉีดพลาสติกอยู่ในจุดที่เหมาะสมต่อการฉีดขึ้นรูปจะทำให้แรงดันในการฉีดพลาสติกลดลงอยู่ในจุดที่เหมาะสม จากรูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วในการฉีดพลาสติกและความดันในการฉีดพลาสติก จะเห็นว่าความเร็วในการฉีดพลาสติกที่มีความดันในการฉีดพลาสติกที่ต่ำที่สุดจะอยู่ที่ ความเร็วในการฉีดพลาสติก 40 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาความเร็วในการฉีดพลาสติกที่ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงความดันในการฉีดพลาสติกไม่ได้แตกต่างกันมากนักแล้วนำเวลาในการเติมเนื้อพลาสติกมาพิจารณาด้วย จะพบว่าความเร็วในการฉีดพลาสติกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้เวลาการฉีดเติมเนื้อพลาสติกเหลวต่ำที่สุด ดังรูปที่ 8 (b)

จากอิทธิพลของเวลาในการเติมเนื้อพลาสติก ดังรูปที่ 5 เมื่อนำผลค่าพารามิเตอร์จากการจำลองการขึ้นรูปมาจัดทำเป็นกราฟ ดังรูปที่ 8 (a) ซึ่งพบว่าลักษณะของกราฟมีความคล้ายคลึงกับกราฟตามทฤษฎีในรูปที่ 5 ในหัวข้ออิทธิพลของความเร็วในการฉีดพลาสติก ส่งผลให้เวลาในการเติมเนื้อพลาสติกที่เหมาะสมที่สุด(Optimal Fill time range) คือจุดที่ต่ำที่สุดของเส้นโค้ง เวลาในการเติมเนื้อพลาสติก 2.05 วินาที ซึ่งเป็นจุดที่สอดคล้องกันคือเป็นจุดที่มีความดันในการฉีดพลาสติกต่ำที่สุด



(a)



(b)

รูปที่ 8 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ความดันในการฉีดพลาสติกและเวลาการเติมเนื้อพลาสติก
(a) ความดันดันในการฉีดพลาสติก
(b) เวลาการเติมเนื้อพลาสติก

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์พบว่าความเร็วในการฉีดพลาสติกที่เหมาะสมที่สุดมีค่าอยู่ที่ 40 เปอร์เซ็นต์ ความดันในการฉีดพลาสติกต่ำที่สุดอยู่ที่ 163.39 เมกะปาสคาล เวลาในการเติมเนื้อพลาสติกที่เหมาะสมที่สุด 2.05 วินาที ผลการศึกษาที่ได้เป็นไปตามหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปสู่การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในการฉีดจริง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ รูปร่างของชิ้นงาน ขนาดของเครื่องจักร และการออกแบบแม่พิมพ์ พบว่าเวลาในการฉีดพลาสติก พลาสติกลดลงจาก 67 วินาที เหลือ 63.17 วินาที คิดเป็น 5.72 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนประสิทธิภาพการผลิต พบว่าสามารถผลิตชิ้นงานเพิ่มขึ้นจาก 54 ชิ้นต่อชั่วโมง เป็น 56.99 ชิ้นต่อชั่วโมง คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ และข้อบกพร่องของชิ้นงานในกระบวนการผลิตลดลงจาก 2.78 เปอร์เซ็นต์เหลือ 0.58 เปอร์เซ็นต์คิดเป็น 79.14 เปอร์เซ็นต์

7. กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัย โครงการในครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท กรุงเทพไดอ์แคสซ์ติ้ง แอนด์อินแจ็กชั่น จำกัด ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากทีมงานแผนกควบคุณภาพ และทีมงานแผนกผลิต และ ได้รับความอนุเคราะห์จาก วิทยาลัยเทคโนโลยีไทย-ไต้หวัน(บีดีไอ) ด้านซอฟต์แวร์ Moldex 3D R14 งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมพลาสติก (2557), สถาบันพลาสติก, กรุงเทพฯ, หน้า 2-57.

[2] พิชัย เล็กโล่ง และ วิภู ศรีสืบสาย (2554). การวิเคราะห์อิทธิพลของชนิดทางเข้าและความเร็วฉีดที่มีต่อการหดตัวของชิ้นงานฉีดชนิดโพลีเอททีลีนชนิดความหนาแน่นสูง, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสหการ ประจำปี2554, 20-21, ตุลาคม 2554, หน้า 775 – 781.

[3] Hamdy Hassan , Nicolas Regnier. and Guy Defaye. (2009). A 3D study on the effect of gate location on the cooling of polymer by injection molding, International Journal of Heat and Fluid Flow, vol. 30, 2009, pp.1218–1229

[4] มนัส เหรัญญกิจ (2560). การวิเคราะห์การไหลของพลาสติกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์, กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[5] วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม (2553). วิศวกรรมการฉีดพลาสติก, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

[6] Moldex3D (2017). Reference Manual R14, URL: http://www.moldex3d.com, access on 16/02/2018.

[7] วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม (2560). งานฉีดพลาสติก, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[8] Shiqiang Zhang (2013). Optimizing the Filling Time and Gate of the Injection Mold on Plastic Air Intake Manifold of Engines, Information Technology Journal, vol.12(13) , 2013, pp.2473-2480.

การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของการผลิตเครื่องนวดข้าว

Productivity improvement in bending upper curved grating processes for the production of threshing machines

โยธิน สุริยมาตร[1]*, มานพ ดอนหมื่น[1], ภูริพัส แสนพงษ์[2] และ บุญกิจ อุ่นพิกุล[2]

[1]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000

*ผู้ติดต่อ: yothin_su@hotmail.com , เบอร์โทรศัพท์: 099-2456294 , เบอร์โทรสาร : 043-237483

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของการผลิตเครื่องนวดข้าว โดยชุดตะแกรงโค้งบนมีหน้าที่แยกเม็ดข้าวออกจากรวงข้าวในกระบวนการนวดข้าว จากการศึกษาสภาพปัญหาพบว่าในกระบวนการดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนใช้เวลาการดัดโค้งเฉลี่ย 10 นาทีต่อชิ้น และต้องอาศัยทักษะความชำนาญเฉพาะบุคคลของพนักงานในการดัดโค้ง ทำให้ผู้วิจัยแก้ปัญหานี้โดยออกแบบและสร้างเครื่องดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของเครื่องนวดข้าวเพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว ผลการดำเนินงานพบว่าทำให้ลดเวลาการทำงานลงได้ 90% (จากเดิม 10 นาทีต่อชิ้น ลดเหลือ 1 นาทีต่อชิ้น) ลดกระบวนการทำงานจาก 2 ขั้นตอนเหลือเพียง 1 ขั้นตอน ลดการใช้ทักษะฝีมือของพนักงาน ชิ้นงานที่ได้มีความเที่ยงตรงสูงและมีความสม่ำเสมอ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้ 87,264 บาทต่อปี

คำหลัก: เครื่องดัดโค้งระบบไฮดรอลิกส์, เครื่องดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบน, เครื่องนวดข้าว

Abstract

This research aims to improve productivity for bending upper curved grating process for the production of threshing machines. The upper curved sieve is responsible for separating the grain from the rice grain in the threshing process. Based on the problem study, it was found that in the bending process time was 10 minutes per piece and required expert skill of the employees. It is shown that improved process by designing and manufacturing a bending upper curved grating machine to help fix the problem, therefore the number of function evaluations are decreased about 90% (from 10 minutes per piece to 1 minute per piece), decrease workflow from 2 steps to 1 step and the skill of the employees, upper curved sieve has a high accuracy, consistency and also save cost 87,264 baht per year.

Keywords: Hydraulic bending machine, Curved Bending Machine, Threshing machine

1. บทนำ

การนวดข้าว[1] คือการเอาเมล็ดข้าวออกจากรวงแล้วทำความสะอาดเพื่อแยกเมล็ดข้าวลีบและเศษฟางข้าวออกไป เหลือไว้เฉพาะเมล็ดข้าวเปลือกที่ต้องการเท่านั้น ขั้นแรกจะต้องขนข้าวที่เกี่ยวจากนาไปกองไว้บนลานสำหรับนวด โดยชาวนามักจะนวดข้าวหลังจากที่ได้ตากข้าวให้แห้งเป็นเวลา 5-7 วัน ซึ่งเมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นประมาณ 13-15% เมล็ดที่ได้เกี่ยวมาใหม่ ๆ จะมีความชื้นประมาณ 20-25% การนวดก็มีหลายวิธี เช่น การนวดโดยการตี วิธีใช้เท้าย่ำ แบบใช้สัตว์ ใช้รถไถเล็ก ใช้รถแทรกเตอร์ ใช้เครื่องนวดข้าว การใช้เครื่องนวดข้าวจะสามารถนวดได้ข้าวในปริมาณ 1-3 ตัน/ชม./เครื่อง เครื่องนวดข้าวประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ชุดนวด ประกอบด้วย ลูกนวด ตะแกรงโค้งบน-ล่าง ครีบวงเดือน ฝาครอบลูกนวด กระบะวาง ฟ่อนข้าว ปล่องฟางออก ชุดทำความสะอาด ประกอบด้วย ตะแกรงโยกและพัดลม ชุดถ่ายกำลัง ประกอบด้วย พุลเลย์ และสายพาน อุปกรณ์ส่งข้าว แบบกะพ้อกลม กะพ้อตัก และสายพาน [2]

หลักการทำงานของเครื่องนวดข้าว ในขณะทำงานฟ่อนข้าวจะถูกป้อนเข้าทางช่องป้อน ลูกนวดที่หมุนอยู่ จะดึงฟ่อนข้าวเข้าไปฟาด เหวี่ยงกับตะแกรงนวด ทำให้เมล็ดร่วงลงสู่ตะแกรงโยกด้านล่าง ครีบวงเดือนจะบังคับให้ฟ่อนข้าว ไหลไปตามแนวแกนของลูกนวด เมื่อถึงปลายสุดใบพัดสงฟาง ก็จะกวาดเหวี่ยงฟางข้าว ที่เหลือออกไปด้านนอก ตะแกรงโยก และพัดลม จะทำความสะอาด คัดแยกเศษพืช และฝุ่นละอองออกจากเมล็ด อุปกรณ์ส่งข้าว จะทำหน้าที่ส่งข้าวไปนวดใหม่ รวบรวมสู่กระสอบ หรือรถบรรทุกที่เตรียมไว้ เครื่องมือชนิดอื่นๆ โดยขั้นตอนการผลิตเครื่องนวดข้าว มีกระบวนการหลักๆอยู่ 14 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1

จากการศึกษาในกระบวนการผลิตเครื่องนวดข้าว ในกระบวนการดัดโค้งชิ้นส่วนตะแกรงโค้งบน โค้งล่างของเครื่องนวดข้าวก่อนการปรับปรุงงาน พบว่าจะต้องทำการดัด 2 ขั้นตอน (ดังรูปที่ 2) ขั้นตอนที่ 1 นำเหล็กเส้นแบนมาเข้าเครื่องดัดเพื่อให้เกิดความโค้งคล้ายครึ่งวงกลม ใช้เวลาประมาณ 3 นาที/ชิ้น แล้วนำมาทำการดัดในขั้นตอนที่ 2 บนโต๊ะดัดด้วยไฮดรอลิกส์ โดยค่อยๆดัดและใช้ค้อนเคาะหรือทุบจนกว่าจะได้รูปทรงและความโค้งตามต้องการซึ่งจำเป็นต้องอาศัยทักษะความชำนาญของพนักงานเฉพาะบุคคล หลังจากนั้นนำมาเทียบกับชิ้นงานมาตรฐาน ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 7 นาทีต่อชิ้น เวลารวม 10 นาทีต่อชิ้น (ดูได้จากตารางที่ 1) โดยชุดโครงบนนี้ต้องใช้จำนวน 6 ชิ้นต่อเครื่องนวด 1 เครื่อง ซึ่งพบว่าเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลานาน



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตเครื่องนวดข้าว

จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของประเด็นหัวข้อในการแก้ปัญหา ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของการผลิตเครื่องนวดข้าว เพื่อช่วยลดเวลาในการผลิตเครื่องนวดข้าว

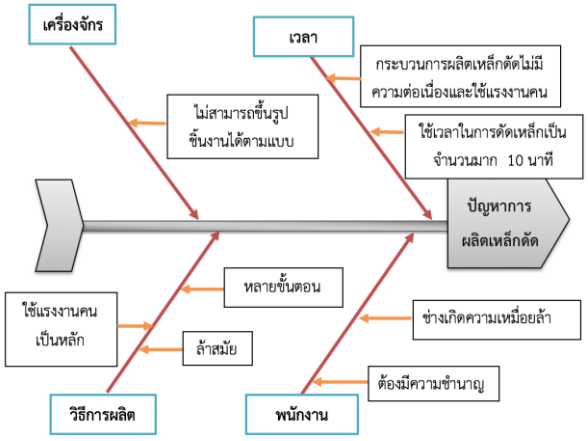
2. การทบทวนวรรณกรรม

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการเพิ่มผลิตภาพโดยการวางแผนการจัดการ เช่น งานวิจัยของมานพ ดอนหมื่นและคณะ [3,4,5] ได้จัดตารางการผลิตเพื่อให้ค่าเก็บรักษาและค่าปรับเนื่องจากงานล่าช้าต่ำสุด และได้เสนอวิธีจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อลดปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการเพิ่มผลิตภาพโดยการปรับปรุงหรือสร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อช่วยลดเวลาการทำงานหรือเพิ่มผลิตภาพด้านอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ Kato et al. [6] พัฒนาเครื่องผลิตเรซิ่นขนาดเล็กแบบหลายสถานีมาใช้แทนขนาดใหญ่แบบสถานีเดียวเพื่อลดรอบเวลาการผลิต งานวิจัยของ Kuhlang et al. [7] ลดของเวลานำการส่งมอบและปริมาณสินค้าคงคลังของคลังสินค้าด้วยการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายและวิธีทางการยศาสตร์ Plantard et al. [8] ศึกษาเครื่อง Special-Purpose Modular (SPM) เปรียบเทียบกับเครื่อง CNC ในงานประเภท เจาะ ทำเกลียวใน ผายปากรู พบว่า เครื่อง SPM สามารถให้ผลิตภาพที่ดีกว่าในด้านเวลาการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ Battini et al. [9] ได้ออกแบบสถานที่ทำงานพร้อมด้วยเวิร์คสเตชั่นแบบขนานพร้อมกับโต๊ะแบบหมุนได้หลายแบบ ตามหลักสรีระศาสตร์ใหม่ช่วยเพิ่มผลิตภาพ ลดระดับความเมื่อยล้าและจำนวนการบาดเจ็บสู่การสร้างสายอนุกรมแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบโมดูลาร์แบบไม่ต่อเนื่องพร้อมด้วยเวิร์คสเตชั่นแบบขนาน 7 ชุดพร้อมกับโต๊ะแบบหมุนได้หลายแบบ

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 สำรวจสภาพปัญหา

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลสภาพปัญหาในกระบวนการขั้นตอนการดัดโค้งของตะแกรงโค้งบน-ล่างเครื่องนวดข้าว และได้นำปัญหาของการผลิต มาวิเคราะห์เพื่อที่จะออกแบบเครื่องดัดเหล็ก โดยการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อปัญหาในกระบวนการผลิตด้วยผังก้างปลา พบว่ามีผลกระทบต่อการผลิตดังนี้



รูปที่ 2 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาของการผลิตเหล็กดัดด้วยแผนภูมิก้างปลา

<u>ด้านเวลา</u>

ใช้เวลาการดัดโค้งมากเกินไป เนื่องจากพนักงานประจำสถานีงานนี้ต้องทำการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องนวดข้าวชิ้นส่วนอื่นๆด้วย ทำให้บางครั้งไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนโค้งตะแกรงโค้งบน-ล่างเพื่อส่งให้สถานีงานถัดไปได้ ทำให้เกิดการรอคอยโค้งตะแกรง และส่งผลกระทบทำให้ไม่สามารถผลิตเครื่องนวดข้าวได้ตามเป้าหมาย ซึ่งทำให้เครื่องนวดข้าวมีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

<u>ด้านเครื่องจักร</u>

เครื่องจักรที่ใช้ไม่สามารถให้ความแม่นยำ หรือความเที่ยงตรงในด้านรูปร่างหรือรูปทรงที่ถูกต้องได้

<u>ด้านพนักงาน</u>

พนักงานเกิดความเมื่อยล้า ในการผลิตโค้งตะแกรงต้องใช้ค้อนเคาะหรือทุบชิ้นงาน แล้วใช้ก้านไฮดรอลิกส์ค่อยๆทำการดัดโค้ง ส่งผลทำให้พนักงานเกิดความเมื่อยล้าในการทำงานเป็นอย่างมาก และส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน

ใช้ทักษะความชำนาญเฉพาะบุคคลของพนักงานในการดัดโค้ง เนื่องจากไม่มีเทคโนโลยีที่สามารถดัดโค้งตามรูปทรงที่ต้องการได้ ทำให้ต้องอาศัยทักษะความ

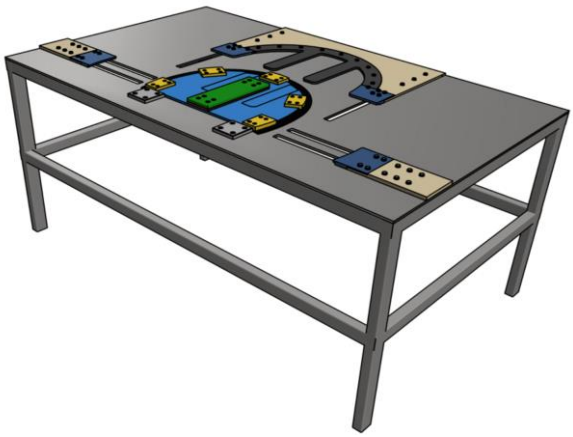
ชำนาญของพนักงานเฉพาะบุคคล ซึ่งหากมีความจำเป็นกรณีพนักงานหยุดงานจะส่งผลกระทบต่อการผลิตเป็นอย่างมาก โดยการดัดโค้งนี้ต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกเป็นเวลานานจึงจะเกิดความชำนาญในการปฏิบัติ

<u>ด้านวิธีการผลิต</u>

ชิ้นงานเกิดรอยตำหนิและมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากต้องใช้ค้อนเคาะและตรวจสอบชิ้นงานเทียบชิ้นงานมาตรฐานด้วยสายตา ทำให้ชิ้นงานแต่ละชิ้นมีรอยตำหนิและเกิดความคลาดเคลื่อนในการผลิต



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดัดโค้งของตะแกรงโค้งบน-ล่างเครื่องนวดข้าว



รูปที่ 4 ออกแบบและพัฒนาเครื่องแบบระบบดัดโค้งตะแกรงโค้งบนเครื่องนวดข้าว

3.2 การหาผลิตภาพการผลิตในกระบวนการ

จากการสุ่มงานเพื่อหาเวลาการปฏิบัติงานและผลผลิตที่ได้โดยเฉลี่ย 1 ชิ้นงานที่ได้จะใช้เวลาการผลิต ที่ 10 นาที สามารถคำนวณหาผลิตภาพการผลิตในกระบวนการได้ดังนี้

ผลิตภาพการผลิต = output/input

(ก่อนการปรับปรุง) = 1 ชิ้น/10 นาที

= 0.1 ชิ้น/นาที

3.3 แนวทางการแก้ปัญหา

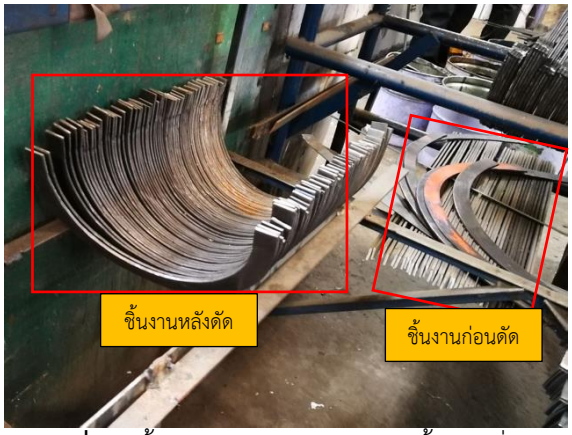
จากศึกษาสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาเครื่องดัดโค้งตะแกรงโค้งบนเครื่องนวดข้าว ซึ่งมีระบบการดัดด้วยแกนไฮดรอลิกส์ ผ่านชุดแม่พิมพ์ที่มีรูปทรงตามมาตรฐาน โดยวัสดุโครงสร้างหลักจะเป็นเหล็กเหนียว SS400 ส่วนชุดแม่พิมพ์จะใช้วัสดุเป็นเหล็กแม่พิมพ์ SKD11 ระบบขับเคลื่อนแกนทั้งหมด 3 แกน กำลังขับชุดแรงดันไฮดรอลิกส์ขนาด 5 แรงม้า การทำงานจะเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้พนักงานจำนวน 1 คนในการควบคุม โดยมีหลักในการทำงานดังนี้ (ดูรูปที่ 5 เพื่อประกอบการอธิบาย)



รูปที่ 5 เครื่องแบบระบบดัดโค้งตะแกรงโค้งบนเครื่องนวดข้าว

หมายเลข 1 คือสวิตช์เปิด ปิดเครื่อง คันโยกชุดไฮดรอลิกส์ 3A ทำหน้าที่ยกแม่พิมพ์ชุดหมายเลข 4 ขึ้นเพื่อสอดสอดเหล็กแผ่นชิ้นงานเข้าจากด้านข้างให้ชนกับตัวตั้งระยะในตำแหน่งที่ 2 จากนั้นคันโยกชุดไฮดรอลิกส์ 3A จะกดลงเพื่อล็อกชิ้นงาน ก้านคันโยกชุดไฮดรอลิกส์ 3B ทำหน้าที่ดันแม่พิมพ์ชุดหมายเลข 5 ขึ้นรูปโค้งช่วงบน ก้านคันโยกชุดไฮดรอลิกส์ 3C ทำหน้าที่ดันขึ้นชุดแม่พิมพ์หมายเลข 6 และ 7 เพื่อขึ้นรูปโค้งช่วงข้าง โดย

รูปทรงของชิ้นงานก่อนนำเข้าเครื่องและชิ้นงานหลังการดัดโค้ง แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ชิ้นงานตัวอย่างและวัตถุดิบชิ้นงานที่ใช้

4. ผลการดำเนินงาน

ในการเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการดัดโค้งตะแกรงโค้งบนเครื่องนวดข้าว ผู้วิจัยได้ออกแบบหลักการในการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตการดัดโค้งตะแกรงโค้งบนเครื่องนวดข้าว โดยการออกแบบเครื่องดัดโค้งอัตโนมัติ มีผลลัพธ์หลังการปรับปรุงงานดังนี้

1) ลดขั้นตอนการดัดโค้งเหลือเพียง 1 ขั้นตอน
2) เวลาการดัดโค้งลดลง 9 นาทีต่อรอบ (จากเดิม 10 นาที/รอบ ลดลงเหลือ 1 นาที/รอบ)
3) ลดความเมื่อยล้าของพนักงาน
4) ลดการใช้ทักษะความชำนาญเฉพาะบุคคลของพนักงานในการดัดโค้ง
5) ชิ้นงานมีขนาดเที่ยงตรง และได้มาตรฐาน

ผลิตภาพการผลิต = output/input
(หลังการปรับปรุง) = 1 ชิ้น/1 นาที
= 1 ชิ้น/นาที

การคำนวณผลประหยัดของการใช้งานเครื่องดัดโค้งตะแกรงโค้งบนเครื่องนวดข้าว

<u>ส่วนที่ 1</u> ผลประหยัดการลดเวลาการทำงาน

- ค่าแรง 350 บาท/วัน/คน วันทำงาน 8 ชม./วัน
- เวลาที่ลดลง 9 นาที/งาน (ลดลง 90%)
- ประหยัดเวลาได้ 7.2 ชม./วัน
- ประหยัดค่าแรงงาน 315 บาท/วัน
- วันทำงาน 288 วัน/ปี

ประหยัดค่าแรงงาน 90,720 บาท/ปี

<u>ส่วนที่ 2</u> ค่าใช้จ่ายแปรผันที่เกิดขึ้นจากการมีเครื่องดัด

- ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงาน = 3.73 kW (5 แรงม้า) ค่าไฟฟ้า 4 บาทต่อหน่วย
- ใช้แรงงานลดลง 90% (ลดลง 90%) ดังนั้นใน 1 วันจะทำงานเพียง 48 นาที
- ดังนั้นค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้น คือ 3.73 x 4 x (48/60) = 12 บาท/วัน
- หรือ 3,456 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายแปรผันที่เกิดขึ้น = 3,456 บาท/ปี

ผลลัพธ์ที่ประหยัดได้ = ส่วนที่ 1 - ส่วนที่ 2
= 87,264 บาทต่อปี

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบวิธีการทำงานแบบเดิมและแบบใหม่

ลำดับ	วิธีการทำงานแบบเดิม	เวลา (นาที)	พัฒนาการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ	เวลา (นาที)
1	ดัดโค้งเบื้องต้น(สอดงาน/ดัดโค้ง)	3	ดัดโค้งเพื่อให้ได้รูปร่างตามแบบ (สอดชิ้นงาน/ดัด/หยิบชิ้นงาน	1
2	ดัดละเอียดเพื่อให้ได้รูปร่างตามแบบ (ดัด/เคาะ/ ปรับ/ ตรวจสอบรูปร่าง)	7	-	-
รวม		10		1

5. สรุปผลการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องดัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของเครื่องนวดข้าว เพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว ผลการดำเนินงานพบว่าทำให้ลดเวลาการทำงานลงได้ 90% (จากเดิม 10 นาทีต่อชิ้น ลดเหลือ 1 นาทีต่อชิ้น) ลดกระบวนการทำงานจาก 2 ขั้นตอนเหลือเพียง 1 ขั้นตอน

ลดการใช้ทักษะฝีมือของพนักงาน ชิ้นงานที่ได้มีความเที่ยงตรงสูงและมีความสม่ำเสมอในทุกๆ ชิ้น และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้ 87,264 บาทต่อปี

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การทำงานแบบเดิมและแบบใหม่

รายการ	วิธีเดิม	วิธีใหม่
ความง่ายในการทำงาน	ซับซ้อน	ง่าย
ความเที่ยงตรงของชิ้นงาน	มีความคาดเคลื่อน	เที่ยงตรงสูง
ขั้นตอนการทำงาน	2 ขั้นตอน	1 ขั้นตอน/ลดการใช้วัตถุดิบ
ระยะเวลาการทำงาน	10 นาที	1 นาที
การใช้ทักษะคนงาน	มาก	น้อย

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอผลงานและสนับสนุนเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ประพาส วีระแพทย์ (2531). *ความรู้เรื่องข้าว*, กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช

[2] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, *เครื่องมือทุ่นแรงและเครื่องจักรกลเกษตร*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book= 22&chap= 5&page= t22- 5- infodetail06.html , เข้าดูเมื่อวันที่ 24/05/2561.

[3] มานพ ดอนหมื่น และ กาญจนา เศรษฐนันท์ (2548). การจัดการตารางผลิตแบบต่อเนื่องเพื่อให้ค่าเก็บรักษาและค่าปรับเนื่องจากงานล่าช้าต่ำสุด, *ประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ*, กรุงเทพฯ

[4] มานพ ดอนหมื่น, ราชัญ อุดมคำ, สุรชัย นามพรมมา และ เจษฎา คำภูมี (2558). การจัดตารางการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนเพื่อให้ต้นทุนการจัดเก็บสินค้ามีค่าต่ำที่สุด. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7*, นครราชสีมา.

[5] มานพ ดอนหมื่น, ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์ และ ศุภชัย ปทุมนากุล (2550). วิธีการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อลดปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด, *วิศวกรรมสาร มข*, 34(5), หน้า 563 - 577.

[6] Kato, C., Hiraiwa, N., Arai, T., & Yanagimoto, J. (2018). Multi-station molding machine for attaining high productivity in small- lot productions, *CIRP Annals*, vol. 67(1), January. 2018, pp. 293–296.

[7] Kuhlang, P., Edtmayr, T., & Sihn, W. (2011). Methodical approach to increase productivity and reduce lead time in assembly and production-logistic processes, *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 4(1), January. 2011, pp. 24–32.

[8] Plantard, P., Shum, H. P., & Multon, F. (2017). Usability of corrected Kinect measurement for ergonomic evaluation in constrained environment, *Int. J. Hum. Factors Model. Simul.*, vol. 5(4), pp. 338-353.

[9] Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2011). New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design, *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 41(1), pp. 30–42.

การเพิ่มมูลค่าเศษอะลูมิเนียมด้วยเตา Crucible โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

Value creations of aluminium scrap by crucible furnace couple with LPG as fuel.

พลธวัฒน์ คำจวนจันทร์, กฤษดา วิเชียร, จักรกฤษ จันปุย, ศักดิ์นรา สุวรรณบำรุง และพีรวิทย์ โชคเหมาะ*

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

*พีรวิทย์ โชคเหมาะ : Peerawit.ch@rmuti.ac.th, 081-7265662

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพิ่มมูลค่าเศษอะลูมิเนียมโดยใช้เตา Crucible ขนาดเบ้า 40 กิโลกรัม ใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม ในการหลอมละลาย ใช้เศษอะลูมิเนียมตัวอย่างปริมาณ 30 กิโลกรัมต่อการหลอมหนึ่งครั้ง ซึ่งมาจากการผสมเศษอะลูมิเนียม 3 ชนิดได้แก่ เศษกระป๋องอะลูมิเนียม 10 กิโลกรัม เศษกลึง 5 กิโลกรัม และเศษชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์ 15 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยตัวอย่างจะถูกหลอมเปรียบเทียบต่อเนื่อง 4 เบ้า ใช้เทอร์โมคัปเปิล Type K ในการวัดอุณหภูมิ อุณหภูมิเตาเฉลี่ย 840 องศาเซลเซียส เทเป็นแท่งอะลูมิเนียมมาตรฐาน น้ำหนักเฉลี่ยแท่งอะลูมิเนียมที่ได้จากการหลอมทั้งหมดเท่ากับ 26.5 กิโลกรัมต่อครั้ง น้ำหนักเฉลี่ยขี้ตะกรันเท่ากับ 3.5 กิโลกรัมต่อครั้ง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 4.7 กิโลกรัมต่อครั้ง ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีได้อะลูมิเนียมเกรดอะลูมิเนียมทั่วไป จากการสืบค้นราคาขายในท้องตลาดกิโลกรัมละ 120 บาท วิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลกำไรเท่ากับ 134,212 บาทต่อเดือน อย่างไรก็ตาม ปริมาณขี้ตะกรันยังมีปริมาณสูงอาจเป็นเพราะเทคนิคการไล่แก๊สไม่เหมาะสม จึงควรมีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป

คำหลัก: เตาหลอมอะลูมิเนียม, ขี้ตะกรัน, แท่งอะลูมิเนียม, ก๊าซหุงต้ม

Abstract

The aim of this research is to add value of aluminium scrap. The aluminum scrap was melt by the constructed 40-kg sized crucible furnace and LPG was used as fuel. 30 kg of samples were used for each batch of melting down which collected from three types of aluminium scrap including aluminium cans 10 kg, chip 5 kg and automotive part scrap 15 kg, respectively. The samples were continuously melted in 4 comparative molds. Thermocouple type K was used to measure the temperature in the furnace. Average temperature for melting is 840 degrees Celsius. The aluminium bar 26.5 kg and slag 3.5 kg were received after melting. It was found that average fuel consumption rate is 4.7 kg/time. Based on chemical analysis, the received aluminium bar was grade Aluminum which is 120 baht/kg price current. According to economic worthiness study, it was found that the profit is 134,212 baht/month. However, slag is still in high contents which may be due to non-appropriate purging technique. Thus, purging technique should be studied intensively.

Keywords: Crucible furnace, Dross, Aluminium ingot, Liquid Petroleum Gas.

1. บทนำ

ในปัจจุบันโลหะผสมอะลูมิเนียมถูกนำมาใช้งานทางวิศวกรรมมากขึ้นโดยเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์ รวมถึงการใช้ทดแทนที่วัสดุจำพวกเหล็ก เนื่องจากโลหะผสมอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบากว่าเหล็กประมาณ 3 เท่า สมบัติที่ดีดังกล่าวทำให้มีการนำโลหะผสมอะลูมิเนียมมาใช้ในทางวิศวกรรมมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตขึ้นรูปชิ้นส่วนอะลูมิเนียมจากกระบวนการหล่อซึ่งมีอัตรากำลังการผลิตภายในประเทศสูง เพื่อตอบสนองต่ออุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่างๆ

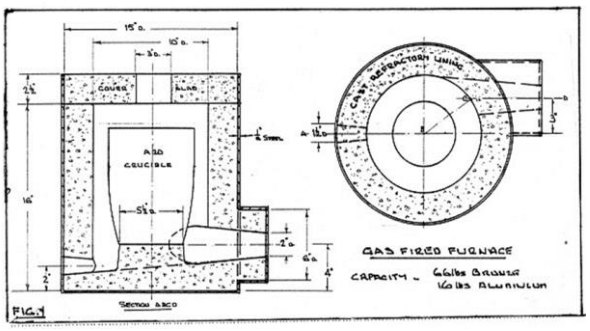
ปัญหาที่ได้พบเจอเศษอะลูมิเนียมหรือพวกกระป๋องอะลูมิเนียมสามารถที่จะนำมาเพิ่มมูลค่าให้เกิดประโยชน์มากมาย ทางนักศึกษาจึงเร่งเห็นว่าถ้าสามารถนำเศษอะลูมิเนียมมาทำการหลอมละลายให้เป็นแท่ง ingot จะสามารถส่งขายให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้งานเพื่อนำไปเพิ่มมูลค่าขึ้นอีกได้ สามารถนำไปปรุงธาตุให้ได้ราคาที่สูงขึ้นไป

จากปัญหาและสาเหตุของข้อมูลข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะเข้าไปแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการออกแบบและสร้างเตาหลอมอะลูมิเนียมแบบ Crucible-Gas Fire Burner จึงเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาขยะประเภทอะลูมิเนียม เช่น เศษอะลูมิเนียม เศษกระป๋องบรรจุเครื่องดื่ม เศษอะลูมิเนียมจากการ Machine จากเครื่องจักรต่างๆ ในโรงฝึกปฏิบัติงาน หรือ อะลูมิเนียมอื่นๆ ที่เหลือทิ้งการนำอะลูมิเนียมกลับมาหลอมใหม่และอะลูมิเนียมที่ได้มาจากการหลอมจะสามารถนำไปแปรรูปเป็นวัสดุประเภทต่างๆ ได้ เช่น งานหล่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เครื่องครัว วัสดุก่อสร้าง ฯลฯ และเพื่อที่จะใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านหล่อโลหะ โลหะวิทยา ทดสอบวัสดุ ศึกษาทางด้านจุลภาค ของโครงสร้างของอะลูมิเนียม เพื่อให้นักศึกษาปฏิบัติงานในด้านการหลอมอะลูมิเนียม ให้มีความรู้ ความชำนาญมากขึ้นในทั้งกระบวนการหลอมอะลูมิเนียมและเป็นเตาที่นักศึกษาสามารถใช้งานได้จริง และเป็นเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

2. การทดลอง

2.1 การสร้างเตาหลอม

เตาหลอมที่ใช้ในการทดลอง ได้ดำเนินการสร้างขึ้นเองได้มีแนวคิดในการสร้างวางแผนการออกแบบวิเคราะห์การลงทุน คำนวนจุดการให้ความร้อนและการถ่ายเทอุณหภูมิ



รูปที่ 1 การออกแบบการสร้างเตาเบ้า



รูปที่ 2 เตาหลอมอะลูมิเนียมแบบใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

2.1 วัสดุที่นำมาทำการทดลอง

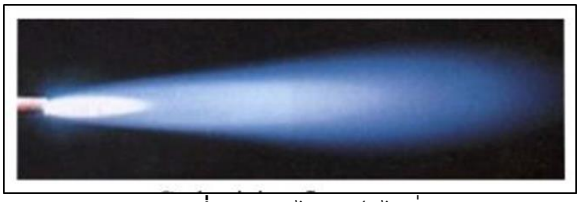
วัสดุที่นำมาใช้ในการทดลอง มีเศษอะลูมิเนียมขี้กลึงจำนวน 5 กิโลกรัม เศษชิ้นส่วนเครื่องยานยนต์ (เฉพาะอะลูมิเนียม)จำนวน 15 กิโลกรัม และเศษกระป๋องอะลูมิเนียมจำนวน 10 กิโลกรัม รวมเศษอะลูมิเนียมทั้งหมดจำนวน 30 กิโลกรัม ขนาดของเตาที่ใช้ในการหลอมสามารถหลอมอะลูมิเนียมได้สูงสุด 40 กิโลกรัม



รูปที่ 3 ปริมาณเศษอะลูมิเนียมลงในเบ้าหลอม

2.2 การให้ความร้อน

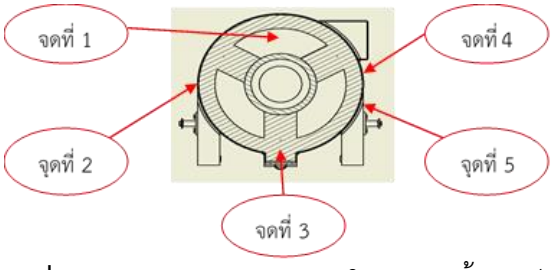
ความร้อนที่ในการหลอมละลายเศษอะลูมิเนียมได้จากใดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื่อเพลิง เปลวการทำละลายอะลูมิเนียมใช้เปลวไฟคาร์บูไรซิ่ง จะได้ความร้อนที่สูงเกิดการการผสมระหว่างออกซิเจนและแก๊ส



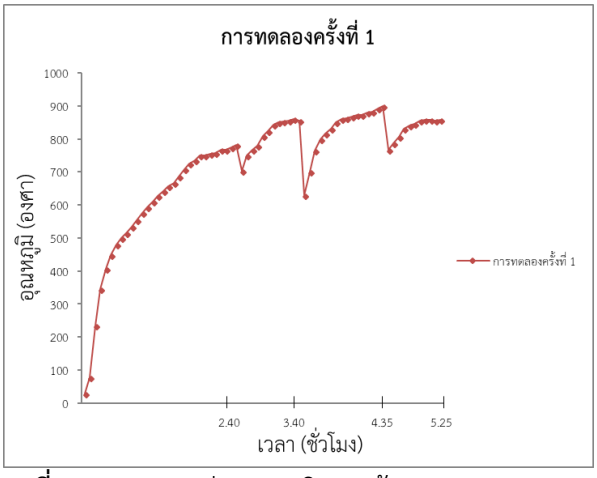
รูปที่ 4 เปลวไฟคาร์บูไรซิ่ง

2.3 การวัดและการตรวจสอบอุณหภูมิภายเตาหลอมอะลูมิเนียม

การตรวจสอบอุณหภูมิภายในเตาใช้เครื่อง Data Logger โดยติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ติดรอบพื้นที่เตาจำนวน 5 จุด เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิเตาหลอมอะลูมิเนียม



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งจุด 5 จุด ในการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด K

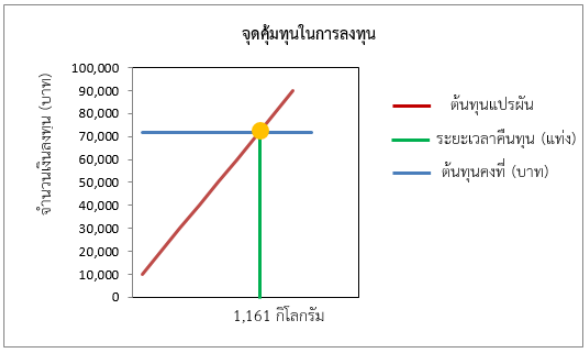


รูปที่ 6 แสดงกราฟค่าอุณหภูมิความร้อนของเตาหลอมอะลูมิเนียมเทียบกับเวลา

3.ผลการดำเนินงาน

3.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จากการทำการทดลองและการหาผลการดำเนินงานต่าง ได้นำมาทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการผลิต ค่าดำเนินโครงการรวมจำนวน 71,684 บาท ได้ผลวิเคราะห์ดังข้อมูล



รูปที่ 2 แสดงจุดคุ้มทุนในการลงทุน

4. สรุป

จากการดำเนินงานข้างต้นทั้งหมดอะลูมิเนียมที่นำมาทำการทดลองสามารถเพิ่มมูลได้จริงและสามารถทำผลตอบแทนในการผลิตและการทดลอง เศษอะลูมิเนียมที่ได้จากการหลอมสามารถนำไปแปรรูปเป็นวัสดุประเภทต่างๆ ได้ ไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เครื่องครัว วัสดุก่อสร้าง ฯลฯ

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือให้คำปรึกษา และคำแนะนำ จากบุคคลหลายๆฝ่าย ซึ่งทางคณะผู้จัดทาโครงการต้อง ขอขอบพระคุณ อาจารย์พีรวิทย์ โชคเหมาะเป็นอย่างยิ่งซึ่ง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ให้คาชี้แนะในการจัดทำ โครงการมาด้วยดี รวมถึงคณะกรรมการสอบโครงการทุก ท่านที่ได้กรุณาสละเวลาและให้คาปรึกษาแนะนาจนทำให้ โครงการฉบับ นี้มีความสมบูรณ์ได้ ซึ่งผู้จัดโครงการ ขอขอบพระคุณทุกท่านไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานหล่อ ที่ให้การสนับสนุนในการทางานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ สาขาวิชาช่างกลโรงงาน คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานหล่อ ที่ให้การสนับสนุนในการทางานวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้ คณะผู้จัดทาโครงการขอขอบพระคุณบิดามารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการทำโครงการฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

5. เอกสารอ้างอิง

[1] เชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร,2547 การพัฒนาเตาหลอมสำหรับการหล่อโลหะผสมอะลูมิเนียมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อน.

[2] เชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร. อะลูมิเนียมโลหะวิทยาและกรรมวิธีการผลิต 3. กรุงเทพมหานคร: หน่วยเทคโนโลยีเฉพาะทางหล่อโลหะภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] พยูร เกตุกราย, 2526. การหล่อโลหะ ภาคการผลิต โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[4] สุภชัย ประเสริฐสกุล,2550. เทคโนโลยีงานหล่อโลหะ 2 สมเพียร นามกุล,2548. เตาหลอมโลหะ.ภาควิชาอุตสาหกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[5] อะลูมิเนียม [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก URL: http://apac.totalmateria.com/page.aspx?ID=AluSpecifications&LN=TH.

วิธีการฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิตและขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์ในจังหวัดนครพนม

Heuristics approach for planning, production and transportation of organic jasmine rice in Nakhon Phanom province.

ธนิสรา บุตรสิงขรณ์ และ วทัญญา นามบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม 214 หนองญาติ เมืองนครพนม นครพนม 48000

*palm_t21@hotmail.com, 042-503558

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการจัดการโลจิสติกส์สำหรับกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ในจังหวัดนครพนม โดยประยุกต์ใช้หลักการของฮิวริสติกส์ เพื่อหารูปแบบการสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิตและการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด และลดต้นทุนในกระบวนการโลจิสติกส์ของโรงงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร โดยกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนที่ได้จากแบบจำลองกับการวางแผนการผลิตแบบเดิมของปีงบประมาณ 2558-2559 พบว่า จากทั้งหมด 12 ทางเลือก และ 30 เหตุการณ์นั้น ทางเลือกที่ 10-12 คือเปลี่ยนวันสั่งซื้อได้และเปลี่ยนรูปแบบการผลิตได้นั้น สามารถลดต้นทุนการผลิตและการจัดเก็บข้าวหอมมะลิอินทรีย์ได้สูงสุดเท่ากับ 14,582 บาทต่อเดือน จากแบบจำลองที่สร้างขึ้น พบว่า การหาจุดสมดุลที่มีประสิทธิภาพ ทุกส่วนต้องได้รับผลประโยชน์ คือผู้ที่ผลผลิตสินค้าในความพอดี ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับสินค้าที่มีคุณภาพ ความสดใหม่อยู่เสมอ ผู้ค้าปลีกนำสินค้าไปขายก็ได้ในราคาที่สูง นอกจากนี้ จุดสำคัญของการขนส่งก็คือระยะเวลาที่สั้นที่สุด จะมีผลทำให้คุณภาพของสินค้าเพิ่มขึ้นอีกด้วย

คำหลัก: การจัดการโลจิสติกส์, ข้าวหอมมะลิอินทรีย์, ฮิวริสติกส์

Abstract

This paper presents the logistics management for organic jasmine rice farmers in Nakhon Phanom province. The heuristics principle was applied to categorize the form of raw materials ordering, optimal production and transportation and reduce the logistics process costs of the organic jasmine rice plant. The variations and constraints were defined for used equation. By comparing the production cost of the model using 12 options and the 30 events from year 2015-2016, the 10th-12th options which are changeable order date and production mode can reduce cost of production and carrying in the rate of 14,582 baht per month. From the generated model, the effective equilibrium point is based on the all parts must be beneficiaries, equilibrium demand and supply, quality, fresh goods and the retailer can sell the product at a good price. Moreover, the important point is shortest delivery time that provides the best rice quality.

Keywords: Logistics Management, organic jasmine rice, Heuristics

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจทั้งในระดับประเทศและระดับภูมิภาคอันส่งผลผลักดันให้มีการพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษ โดยเฉพาะเขตเศรษฐกิจพิเศษบริเวณชายแดน รวมถึงผลกระทบจากเขตเศรษฐกิจพิเศษที่อาจมีทั้งในด้านบวกและด้านลบต่อความสามารถของกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ เพื่อให้สอดคล้องกับการเติบโตของเศรษฐกิจ และจังหวัดนครพนมมีการเพาะปลูกข้าวซึ่งเป็นสินค้าเกษตรเศรษฐกิจที่สำคัญ การคาดการณ์การผลิตข้าวนาปี ปี 2556 [1] มีพื้นที่ปลูก 1,405,595 ไร่ ผลผลิต 436,448 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 311 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับปี 2554 พื้นที่ปลูก ผลผลิตรวมและผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.10, 1.41 และ 1.30 ตามลาดับ พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเนื่องจากราคาข้าวภายใต้โครงการรับจำนำข้าวเปลือกของรัฐบาลจูงใจ ผลผลิตรวมและผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการดูแลเอาใจใส่ ปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต สถานการณ์ตลาดและราคา แหล่งรับซื้อข้าวเปลือกที่สำคัญอยู่ในเขตอำเภอเมือง อำเภอศรีสงคราม อำเภอปลาปาก อำเภอโพนสวรรค์ อำเภอนาหว้า และอำเภอนาแก ภาวการณ์ซื้อขาย ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น ราคาข้าวปรับตัวลดลง คาดการณ์การผลิตข้าวนาปรัง ปี 2556 มีพื้นที่ปลูก 48,480 ไร่ ผลผลิตรวม 20,048 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 414 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับปี 2555 ทั้งพื้นที่ปลูก ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ลดลงร้อยละ 42.52, 45.32 และ 4.83 ตามลำดับ พื้นที่ปลูกลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอ รวมทั้งมีการรณรงค์ไม่ให้ปลูกข้าวนาปรังเพราะเกรงว่าปริมาณน้ำจะมีไม่เพียงพอต่อการอุปโภคและบริโภค สำหรับผลผลิตรวมและผลผลิตต่อไร่ลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอทำให้การเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควรการบูรณาการของโซ่อุปทานหมายถึงการบูรณาการของกระบวนการทางธุรกิจที่เริ่มต้นจากผู้บริโภคขั้นสุดท้ายผ่านไปจนถึงผู้จัดจำหน่ายขั้นแรกสุดที่ทำหน้าที่จัดหาสินค้า บริการ และสารสนเทศเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ผู้บริโภค โดยครอบคลุมการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ การจัดการให้บริการลูกค้า การจัดการคำสั่งซื้อและการจัดหา จัดซื้อ ฯลฯ[2] ข้าวหอมมะลิอินทรีย์มีปัญหาในการเชื่อมโยงข้อมูลคุณภาพข้าวเปลือกและข้าวสาร คือ ในแต่ละระดับของโซ่อุปทานจะให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพข้าวที่แตกต่างกัน แบบจำลองโซ่อุปทานอ้างอิงในการดำเนินงานนั้น ทุกระดับควรยึดหลักปฏิบัติที่ดีที่สุด เพื่อให้การบริหารจัดการวางแผนการดำเนินงาน การจัดจำหน่าย และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมมะลิอินทรีย์ตลอดโซ่อุปทาน[3]

ในการจัดการโลจิสติกส์นั้นจะประกอบด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายฝ่าย โดยเริ่มจากเกษตรกรซึ่งเป็นผู้ผลิตต้นน้ำของโซ่อุปทาน เมื่อได้ข้าวเปลือกจากเกษตรกรจะถูกส่งไปแปรสภาพเป็นข้าวสาร อาจจะมีการส่งผ่านโดยเกษตรกรหรือพ่อค้าคนกลาง เมื่อแปรสภาพจากข้าวเปลือกมาเป็นข้าวสารเสร็จแล้ว ก็จะถูกส่งไปยังพ่อค้าที่ส่งออกหรือพ่อค้าขายส่ง ต่อมาจะเป็นการบรรจุข้าวสารและขายปลีกให้แก่ร้านค้าขายปลีก[4] ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งที่จะเพิ่มขีดความสามารถของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวในเขตจังหวัดนครพนม โดยเน้นกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ ซึ่งเป็นสินค้าการเกษตรที่มีชื่อของจังหวัด โดยนำการจัดการด้านโลจิสติกส์ มาวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางการจัดการข้าวในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม ตั้งแต่เริ่มกิจกรรมการผลิตข้าวเปลือกไปจนถึงการกระจายข้าวสารไปยังร้านค้าปลีก

2. วิธีดำเนินการ

บทความนี้เป็นการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการโลจิสติกส์ของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ เพื่อให้ได้เครื่องมือช่วยในการดำเนินงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้น โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการดำเนินงานโดยมีเป้าหมายเพื่อให้ต้นทุน

ในการผลิตต่ำที่สุด โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ และข้อจำกัดที่ใช้ในการดำเนินงานทั้งหมด โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

มีการเข้าไปเก็บข้อมูลของสถานที่ดำเนินงาน โดยสอบถามข้อมูลเบื้องต้นและรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย เช่น งบประมาณการผลิต กระบวนการผลิต ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้าวหอมมะลิอินทรีย์ และการเข้าชมกระบวนการต่างๆในการผลิต นอกจากนี้ยังสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมทั้งในหนังสือ บทความทางอินเตอร์เน็ตเบื้องต้น

2.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการวางแผนการซื้อวัตถุดิบ การผลิตและการขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์

ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลได้จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งจากในด้านการผลิตคือพนักงานในสายการผลิต จำนวน 2 คน และต้นทุนการผลิตคือผู้จัดการโรงงาน จำนวน 1 คน ข้อมูลทุติภูมิ ได้จากการศึกษารายงาน คู่มือการผลิตและคู่มือที่เกี่ยวข้อง เช่น รายงานบัญชีการเงินปี พ.ศ. 2558-2559 รายงานประจำปี พ.ศ. 2558-2559 เป็นต้น จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว สามารถรวบรวมข้อมูลและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสั่งซื้อวัตถุดิบ การวางแผนการผลิตและขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์ ดังนี้

1.ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากข้าวหอมมะลิอินทรีย์ ที่นำมาใช้ในการผลิต โดยมีการศึกษาวิเคราะห์ยอดขายในแต่ละเดือน

2.ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบและปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์

3.ต้นทุนการสั่งซื้อวัตถุดิบ ต้นทุนการผลิต และต้นทุนการขนส่ง สามารถศึกษาได้จากรายงานบัญชีทางการเงินของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์

4.เส้นทางการขนส่งและกระจายสินค้า โดยศึกษาจากประวัติการจัดส่งและที่อยู่ของลูกค้า

3 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองโดยการจำลองสภาพแวดล้อมของระบบขึ้นในเวลาที่กำหนด เพื่ออธิบายถึงเหตุการณ์ที่ต้องตัดสินใจ โดยอธิบายถึงผลของการตัดสินใจ ตัวแปรการตัดสินใจและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหาคือวิธีฮิวริสติกส์ เพื่อพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมให้กับปัญหา โดยวิธีนี้จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธีอื่น และได้คำตอบเป็นที่น่าพอใจ การเกิดปัญหาซ้ำๆทำให้สามารถแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

3.1 การกำหนดรูปแบบที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2013 ในการหาคำตอบ โดยการกำหนดข้อจำกัดต่างๆของแบบจำลอง แล้วทดลองให้แบบจำลองนั้นทำงาน ต่อมาเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับการดำเนินงานแบบเดิมของโรงงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ โดยมีเงื่อนไขว่า โรงงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์สามารถส่งสินค้าถึงมือลูกค้าได้ตามต้องการ จากการสร้างแบบจำลองสามารถแบ่งการวิเคราะห์ 30 เหตุการณ์, 12 ทางเลือก ดังตารางที่1, 2

ตารางที่ 1 ทางเลือกในการเลือกในการส่งวัตถุดิบการผลิต และส่งสินค้าไปยังลูกค้า

Option	วันส่งวัตถุดิบ	วันผลิต	วิธีการส่งสินค้าให้ถึงมือลูกค้า
1	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบไม่ได้	เปลี่ยนวันผลิตไม่ได้	ขนส่งเองทั้งหมด
2	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบไม่ได้	เปลี่ยนวันผลิตไม่ได้	รถรับจ้างขนส่งทั้งหมด
3	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบไม่ได้	เปลี่ยนวันผลิตไม่ได้	ขนส่งเองและรถรับจ้างขนส่ง
4	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบได้	เปลี่ยนวันผลิตไม่ได้	ขนส่งเองทั้งหมด
5	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบได้	เปลี่ยนวันผลิตไม่ได้	รถรับจ้างขนส่งทั้งหมด
6	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบได้	เปลี่ยนวันผลิตไม่ได้	ขนส่งเองและรถรับจ้างขนส่ง
7	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบได้	เปลี่ยนวันผลิตได้	ขนส่งเองทั้งหมด
8	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบได้	เปลี่ยนวันผลิตได้	รถรับจ้างขนส่งทั้งหมด
9	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบได้	เปลี่ยนวันผลิตได้	ขนส่งเองและรถรับจ้างขนส่ง
10	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบไม่ได้	เปลี่ยนวันผลิตได้	ขนส่งเองทั้งหมด
11	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบไม่ได้	เปลี่ยนวันผลิตได้	รถรับจ้างขนส่งทั้งหมด
12	เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบไม่ได้	เปลี่ยนวันผลิตได้	ขนส่งเองและรถรับจ้างขนส่ง

ตารางที่ 2 รูปแบบเหตุการณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง (Event)

Event	
ตัวแปร	ความหมาย
E0	การผลิตในปัจจุบัน
E1	เดือนละ 1 ครั้ง
E2	เดือนละ 2 ครั้ง
E3	เดือนละ 3 ครั้ง
E4	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
E4-1	วันจันทร์
E4-2	วันอังคาร
E4-3	วันพุธ
E4-4	วันพฤหัสบดี
E4-5	วันศุกร์
E5	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
E5-1	วันจันทร์/วันอังคาร
E5-2	วันจันทร์/วันพุธ
E5-3	วันจันทร์/วันพฤหัสบดี
E5-4	วันจันทร์/วันศุกร์
E5-5	วันอังคาร/วันพุธ
E5-6	วันอังคาร/วันพฤหัสบดี
E5-7	วันอังคาร/วันศุกร์
E5-8	วันพุธ/วันพฤหัสบดี
E5-9	วันพุธ/วันศุกร์
E5-10	วันพฤหัสบดี/วันศุกร์
E6	สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
E6-1	วันจันทร์/วันอังคาร/วันพุธ
E6-2	วันจันทร์/วันอังคาร/วันพฤหัสบดี
E6-3	วันจันทร์/วันอังคาร/วันศุกร์
E6-4	วันอังคาร/วันพุธ/วันพฤหัสบดี
E6-5	วันอังคาร/วันพุธ/วันศุกร์
E6-6	วันพุธ/วันพฤหัสบดี/วันศุกร์
E7	สัปดาห์ละ 4 ครั้ง
E7-1	วันจันทร์/วันอังคาร/วันพุธ/วันพฤหัสบดี
E7-2	วันจันทร์/วันอังคาร/วันพุธ/วันศุกร์
E7-3	วันอังคาร/วันพุธ/วันพฤหัสบดี/วันศุกร์
E8	สัปดาห์ละ 5 ครั้ง
E9	ปริมาณการสั่งซื้อ

3.2 การกำหนดตัวแปรการตัดสินใจและพารามิเตอร์

จากการศึกษาได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสั่งซื้อการผลิต และการขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์จนถึงมือของลูกค้า สามารถกำหนดตัวแปรในการตัดสินใจคือ จำนวนการสั่งซื้อวัตถุดิบ ความถี่ของกำหนดให้โรงสีให้ส่งข้าวและความถี่ในการผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ มีตัวแปรและข้อจำกัดดังต่อไปนี้

ตัวแปรในการตัดสินใจ

F คือ ความถี่ของกำหนดให้โรงสีให้ส่งข้าวให้กับโรงงานข้าวหอมมะลิอินทรีย์

D คือ จำนวนการสั่งซื้อวัตถุดิบต่อครั้ง

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

O คือ ต้นทุนการสั่งซื้อวัตถุดิบต่อครั้ง

M คือ ต้นทุนการผลิตต่อครั้ง

T คือ ต้นทุนการขนส่งต่อเดือน

3.3 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

สมการของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สร้างขึ้นเพื่อหาต้นทุนรวมทั้งหมดที่ต่ำที่สุดและเหมาะสมที่สุด สามารถหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนการสั่งซื้อวัตถุดิบต่อครั้ง(O) + ต้นทุนการผลิตต่อครั้ง(M) + ต้นทุนการขนส่งต่อเดือน (T)

สามารถเขียนสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ดังต่อไปนี้

$$Total\ Cost = [(O_M + O_O) \times F_O] + [(M_M + M_O) \times F_M] + DR + T_1 + T_2$$

เมื่อ Total Cost = ต้นทุนรวมทั้งหมด

O_M = ค่าแรงในการสั่งซื้อวัตถุดิบ

O_O = ค่าดำเนินการในการสั่งซื้อ

F_O = ความถี่ในการสั่งซื้อวัตถุดิบ

M_M = ค่าแรงในการผลิต

M_O = ค่าดำเนินการในการผลิต

F_M = ความถี่ในการผลิต

D = จำนวนการสั่งซื้อวัตถุดิบต่อครั้ง

R = ราคาข้าวสารต่อกิโลกรัม

T_1 = ค่าขนส่งในเขตจังหวัดนครพนมต่อเดือน

T_2 = ค่าขนส่งในต่างจังหวัดและกรุงเทพมหานคร

3.4 ข้อจำกัด

การกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆที่มีผลต่อการสั่งซื้อ การผลิต และการขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์จนถึงมือลูกค้า โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิตและการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในช่วงของการวางแผนการดำเนินงาน กระบวนการทำงานในส่วนของการสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิตและการขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์

(1) ข้อจำกัดด้านการผลิต

ในการผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ กำหนดแบบจะลองในการส่งวัตถุดิบในเวลา 8.30 น. และทำงานตรวจรับ เพื่อตรวจสอบปริมาณและวันที่ให้ถูกต้อง และเริ่มทำการผลิตในเวลา 9.00 น. ซึ่งสามารถผลิตได้ 6 ชั่วโมงต่อวัน

(2) ข้อจำกัดด้านการขนส่ง

รถขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ กำหนดแบบจำลองไปถึงลูกค้าในวันถัดไปจากวันที่ผลิต ในเวลา 9.00 น.

3.5 สร้างแบบจำลองฮิวริสติกส์

จากสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และข้อจำกัดต่างๆแล้ว นำมาสร้างสมการในโปรแกรม Microsoft Excel 2013 เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมต่อกระบวนการ โลจิสติกส์ของผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ในแต่ละเหตุการณ์ และนำปริมาณการสั่งซื้อมาแทนตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อให้การวางแผนการสั่งซื้อ การผลิต และการขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์จนถึงมือลูกค้าที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด และเหมาะสมกับการดำเนินงาน ดังนี้

Step 1 ศึกษาปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ จากรายงานการขายสินค้าย้อนหลังปีงบประมาณ 2558-2559 โดยผู้วิจัยเลือกปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ เดือนกรกฎาคม 2559 เป็นตัวอย่างแบบจำลอง

Step 2 สร้างสมการคำนวณค่าคงที่ และเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ โดยการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันกับสมการ และใส่ปริมาณความต้องการลงในแบบจำลอง กำหนดระยะเวลาวางแผนการสั่งซื้อ การผลิต และการขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์จนถึงมือลูกค้าตามเหตุการณ์ที่กำหนด ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 การสร้างแบบจำลองการสั่งซื้อข้าวหอมมะลิอินทรีย์

	DATE	TIME	ACTUAL TIME		FOR CALCULATION			ORDER VOLUME (1)	PRODUCTION VOLUME (2)	BALANCE VOLUME (1)-(2)
			DAY	HR.	DAY	HR.	DAY&HR.			
ปริมาณข้าวหอมมะลิอินทรีย์ที่ได้จากการสั่งซื้อ	1/7/2559	8:00								
ปริมาณข้าวหอมมะลิอินทรีย์ที่เหลือจากการผลิต	1/7/2559	9:00	0	1	0	1	01	600	0	600
ปริมาณข้าวหอมมะลิอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต	1/7/2559	9:00								
ปริมาณข้าวหอมมะลิอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต	4/7/2559	9:00	3	0	3	0	30	0	600	0

ตัวอย่างสูตร

culum D (Day Actual Time)	=+IF(C3>C4,(B4-B3)-1,(B4-B3))
culum E (Hr. Actual Time)	=IF(C3>C4,(24-((C3-C4)*24)),(C4-C3)*24)
culum F (Day For calculation)	=+IF(E3>12,(D3+0.5),D3)
culum G (Hr. For calculation)	=+IF(E3>12,E3-12,E3)
culum H (Day&Hr. For Calculation)	=+F3&G3
culum K (BALANCE VOLUME (1)-(2))	=I3-J3

3.6 การทดสอบแบบจำลอง

หลังจากการสร้างแบบจำลองแล้ว ทำการนำแบบจำลองไปทดสอบเพื่อหาความถูกต้อง ว่าสามารถนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้

1. ใส่ค่าความต้องการผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ โดยใช้ค่าความต้องการของปี 2558-2559 มาใช้ในการคำนวณ

2. ใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2013 คำนวณปริมาณการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ ตามสูตรที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง

3. พิจารณาผลจากการแสดงค่าของตัวแปรแต่ละตัว เพื่อทำให้ทราบว่าแผนกสั่งซื้อวัตถุดิบ จะต้องสั่งในปริมาณเท่าใดจึงจะเหมาะสม

4. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาต้นทุนรวมในสมการของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

5. สรุปผลเพื่อหาต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดและเหมาะสมที่สุดต่อโรงงานผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์

3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การวางแผนการสั่งซื้อ การผลิต และการขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์จนถึงมือลูกค้าที่มีความเหมาะสม ทำให้มีต้นทุนการดำเนินงานต่ำที่สุด จึงนำแบบจำลองการวางแผนที่สร้างจากโปรแกรม Microsoft Excel 2013 มาวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อสร้างแผนการสั่งซื้อที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยใช้ข้อมูลความต้องการผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ของเดือนกรกฎาคม 2559 มาเป็นตัวอย่างในการคำนวณ ก่อนนำแบบจำลองมาปรับผลกับข้อมูลการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ของปี 2558-2559 เพื่อคำนวณหาความเหมาะสมและได้ข้อมูลที่แม่นยำที่สุด

เมื่อได้ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบ ความถี่ในการกำหนดให้ผู้ส่งมอบสินค้า และความถี่ในการผลิต จากแบบจำลองในแต่ละเหตุการณ์ และนำมาแทนค่าตัวแปรในสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ในแต่ละทางเลือกของแบบจำลองที่กำหนด เพื่อวิเคราะห์หาแบบจำลองที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด และมีความเหมาะสมที่สุดต่อโรงงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์นี้ ซึ่งผลการแทนค่าตัวแปรในสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบเดือน กรกฎาคม 2559 ดังตารางที่ 3

ตารางที่3 แสดงตัวอย่างทางเลือกที่ 10-12 เปลี่ยนวันส่งวัตถุดิบได้ เปลี่ยนวันผลิตได้ ในเหตุการณ์ที่ 1 คือทางโรงงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ กำหนดให้โรงสีส่งข้าวเดือนละ 1 ครั้ง (ทุกต้นเดือน)

No. Order	Raw Material			Order	Production			Production	Finished Goods			Finished
	Date	Day	Time	Volume	Date	Day	Time	Volume	Date	Day	Time	Goods (kg.)
1st	1/7/2559	Fri	8:00	10450	1/7/2559	Fri	9:00	600	4/7/2559	Mon	9:00	600
					5/7/2559	Tue	9:00	250	6/7/2559	Wed	9:00	250
					11/7/2559	Mon	9:00	450	12/7/2559	Tue	9:00	450
					14/7/2559	Thu	9:00	2250	15/7/2559	Fri	9:00	2250
					18/7/2559	Mon	9:00	1500	19/7/2559	Tue	9:00	1500
					21/7/2559	Thu	9:00	650	22/7/2559	Fri	9:00	650
					26/7/2559	Tue	9:00	200	27/7/2559	Wed	9:00	200
					28/7/2559	Thu	9:00	4550	29/7/2559	Fri	9:00	4550

4. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาเพื่อหารูปแบบการสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิตและการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการโลจิสติกส์ของโรงงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนที่ได้จากแบบจำลองใน 12 ทางเลือก และ 30 เหตุการณ์ จากปีงบประมาณ 2558-2559 พบว่า ทางเลือกที่ 10-12 คือเปลี่ยนวันสั่งซื้อได้และเปลี่ยนรูปแบบการผลิตได้นั้น สามารถลดต้นทุนรวมได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการวางแผนการผลิตแบบเดิม ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนที่ได้จากแบบจำลองใน 12 ทางเลือก และ 30 เหตุการณ์ ปีงบประมาณ 2558-2559

เดือน	แบบจำลอง	การวางแผนเดิม	การวางแผนจากแบบจำลอง	ต้นทุนที่ลดลงบาทต่อเดือน	ต้นทุนรวม
ต.ค.-57	พฤหัสบดี	7478	5293	2185	101688
พ.ย.-57	ศุกร์	19875	5293	14582	97687
ธ.ค.-57	จันทร์/ศุกร์	14859	5576	9283	101421
ม.ค.-58	พฤหัสบดี	15119	5872	9247	100667
ก.พ.-58	ศุกร์	18335	6698	11637	114418
มี.ค.-58	ศุกร์	18412	7354	11058	105546
เม.ย.-58	พุธ/ศุกร์	10086	6592	3494	103259
พ.ค.-58	อังคาร/ศุกร์	17341	6984	10357	103041
มิ.ย.-58	อังคาร/พฤหัสบดี	10869	6125	4744	100395
ก.ค.-58	วันจันทร์/ศุกร์	16890	6695	10195	109144
ส.ค.-58	พุธ/ศุกร์	14074	7211	6863	99038
ก.ย.-58	พุธ/ศุกร์	18352	7322	11030	102536
ต.ค.-58	พุธ/ศุกร์	15860	7846	8014	109746
พ.ย.-58	พุธ/ศุกร์	19391	7025	12366	103600
ธ.ค.-58	ศุกร์	19586	7886	11700	111156
ม.ค.-59	ศุกร์	19993	7875	12118	106267
ก.พ.-59	พุธ/ศุกร์	11261	7998	3263	106752
มี.ค.-59	ศุกร์	14554	7632	6922	108121
เม.ย.-59	ศุกร์	10503	7124	3379	106668
พ.ค.-59	ศุกร์	18446	7229	11217	107252
มิ.ย.-59	จันทร์/ศุกร์	16587	7652	8935	101601
ก.ค.-59	ตามการรับสินค้า	19078	6478	12600	106408
ส.ค.-59	ศุกร์	10377	7207	3170	114951
ก.ย.-59	จันทร์/ศุกร์	18031	6625	11406	111686

จากตารางที่ 4 พบว่า สามารถลดต้นทุนการผลิตและการจัดเก็บข้าวหอมมะลิอินทรีย์ เท่ากับ 14,582 บาทต่อเดือน ซึ่งจากแบบจำลองพบว่า หากมีการดำเนินการสั่งและผลิตซื้อใกล้กับวันที่ลูกค้าต้องการรับสินค้า จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา(Carrying Cost) ลดลง เพราะเมื่อทำการสั่งซื้อและผลิตใกล้กับวันที่ลูกค้าต้องการรับสินค้ามากขึ้นเท่าไหร่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาลดลงและทำให้ต้นทุนลดลงด้วย

จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ ทำให้ทราบว่า การหาจุดสมดุล ที่มีประสิทธิภาพ ทุกส่วนต้องได้รับผลประโยชน์ คือผู้ที่ผลลิตสินค้าในความพอดี ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับสินค้าที่มีคุณภาพ ความสดใหม่อยู่เสมอ ผู้ค้าปลีกนำสินค้าไปขายก็ได้ในราคาที่ดี นอกจากนี้การหาจุดสมดุลในการขนส่ง เพราะสินค้าบางอย่างต้องแข่งกับเวลา ดังนั้นตัวแปรที่สำคัญก็คือระยะเวลา ซึ่งจะมีผลกับคุณภาพของสินค้า

4.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสั่งซื้อ การผลิตและการขนส่ง

1. ปัจจัยด้านการการผลิตและการจัดเก็บข้าวหอมมะลิอินทรีย์ ซึงเป็นปัจจัยที่นำมาใช้สร้างแบบจำลอง จากการศึกษาพบว่า ลูกค้าส่วนใหญ่ต้อการรับสินค้าในวันจันทร์

2. ปัจจัยด้านปริมาณความชื้นของข้าวหอมมะลิอินทรีย์ เป็นปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนรวมเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามเวลาที่กำหนดเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง จากแบบจำลองพบว่าการสั่งซื้อวัตถุดิบครั้งละมากๆ และทำการผิตน้อยครั้ง จะทำให้ต้นทุนรวมสูงขึ้น เพราะมีปริมาณความชื้นเกิดขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นแบบจำลองเหตุการณ์ที่ 1-3 การสั่งซื้อการผลิตเดือนละ 1 ครั้ง 2 ครั้ง และ 3 ครั้ง ซึ่งเป็นการดำเนินการซื้อวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก เพื่อลดจำนวนการสั่งซื้อและการผลิตน้อยลง นั้นไม่สามารถทำให้ต้นทุนรวมลดลงได้ เพราะความชื้นนั้นจะทำให้มีค่าใช้จ่ายในกาเก็บรักษาสูงขึ้นแปรผันตามเวลา และส่งผลให้ต้นทุนมีค่าสูงขึ้นตาม

4.2 การขนส่งผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์

การขนส่งในจังหวัดนครพนมโดยทางโรงงานเป็นผู้จัดส่งเอง และในเขตต่างจังหวัดแล้กรุงเทพมหานคร มีต้นทุนที่ต่ำที่สุด รองลงมาคือการจ้างรถขนส่งจากบริษัทขนส่งให้ขนส่งทั้งหมด และทางโรงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์เป็นผู้ขนส่งเองตามลำดับ

4.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. แบบจำลองการวาแผนสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิตและการขนส่งโดยการเลือกข้อมูลย้อนหลังจากปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ มาเป็นตัวอย่างนั้น ในสภาวะการทำงานจริงอาจจะมีการเปลี่ยนแปลปริมาณความต้อง ราคา วัตถุดิบ หรือรูปแบบการผลิต เป็นรายเดือน ดังนั้น ควรมีการเพิ่มระยะเวลาการวางแผนให้มากขึ้น โดยอาจจะกำหนดเป็นรายปี เพื่อให้ตัวอย่างสามารถใช้งานในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แบบจำลองการวาแผนสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิตและการขนส่งเป็นการนำปัจจัยมาวิเคราะห์ อาจจะมีปัจจัยอื่นที่มีความถูกต้องของแบบจำลองนอกเหนือจากงานวิจัยนี้ เช่น สถานการณ์ทางการเมืองและสถานการณ์อื่นที่ไม่สามารถควบคุมได้

3. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาของโรงงานโรงงานผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดนครพนมเท่านั้น ทำให้ผลวิจัยไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของอุตสาหกรรมอื่นๆได้

5. ข้อเสนอแนะ

1. ตัวแปรคงที่ในแบบจำลองไม่สามารถป้องกันการแก้ไขได้ หากต้องการนำไปใช้งานจริง ควรจัดทำคู่มือปฏิบัติงานเพื่ออธิบายและชี้แจงที่มาของข้อมูลและค่าตัวแปรต่างๆที่อยู่ในแบบจำลองนี้ ว่าค่าใดสามารถแก้ไขได้หรือไม่สามารถแก้ไขได้

2. แบบจำลองนี้พัฒนาเพิ่มได้ หากพบว่ามีปัจจัยเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการวาแผนสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิต

และการขนส่ง โดยหาความสัมพันธ์จากปัจจัยที่เกิดขึ้นใหม่

3. ต้นทุนโลจิสติกส์ที่แปรผกผันกับระดับการให้บริการลูกค้า (Level of service) จึงทำให้องค์กรอาจจะไม่พยายามทำให้ต้นทุนโลจิสติกส์ต่ำที่สุด แต่ควรเลือกการจัดการที่เหมาะสม และตอบสนองความต้องการของลูกค้าซึ่งมีความแตกต่างกันตามประเภทของสินค้า ซึ้งการบริหารจัดการและการวิเคราะห์ความเหมาะสมจึงจำเป็นต้องเรียนรู้จากประสบการณ์ทางการตลาด ร่วมกับพฤติกรรมของผู้บริโภค

4. การบริหารต้นทุนด้านโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพสามารถลดต้นทุนได้ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ต้นทุนในแต่ละกระบวนการ เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพกระบวนการโลจิสติกส์ ได้แก่ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การบริหารสินค้าคงคลัง การจัดการคลังสินค้า การเคลื่อนย้าย การบรรจุภัณฑ์ การลดต้นทุนย่อยย่อมมีอุปสรรคและการขัดแย้งในองค์กร ดังนั้นจึงควรกำหนดนโยบายลดต้นทุน โดยพิจารณาร่วมกันทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง การลดต้นทุนทั้งระบบควรเกิดจากความร่วมมือในทุกกิจกรรมของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในซัพพลายเชน ซึ่งจะส่งผลให้ลดต้นทุนและเพิ่มกำไรได้ ภายใต้สถานการณ์ที่แข่งทางธุรกิจที่รุนแรงในปัจจุบัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวหอมมะลิอินทรีย์ จังหวัดนครพนม ที่สนับสนุนข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัย ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม ในการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ภาวการณ์ผลิตข้าวนาปีและข้าวนาปรัง จังหวัดนครพนมเดือน พฤษภาคม 2556. http://www.zone3.oae.go.th/product_np_05_56.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 22/02/2560.

[2] Suchato, R., Bunyasiri, I. and Kuldilok, K. (2012). A Supply chain analysis of Thai rice: the Case of Packed Jasmine Rice (In Thai). Bangkok: The Thailand Research Fund.

[3] ทำนอง ชิดชอบ, กิตติศักดิ์ ร่วมพัฒนา และประทีป ดวงแว่ว. (2013). ระบบโลจิสติกส์ห่วงโซ่อุปทานข้าวหอมมะลิอินทรีย์ของสหกรณ์ทางการเกษตรในหกจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือสุรินทร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

[4] พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล. (2553). บทความเรื่อง” โครงสร้างและระบบโลจิสติกส์ข้าวไทย”. กรุงเทพ: ม

การศึกษารูปแบบอนุกรมเวลาเพื่อช่วยวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สำหรับเครื่องกลึงแบบทั่วไป

Time Series Analysis for Preventive Maintenance of manual turning machine

เจษฎา คำภูมี, สุรชัย นามพรมมา และ สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

*ผู้ติดต่อ: Jatemummy@gmail.com, 043-283700, 043-237483

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือศึกษารูปแบบอนุกรมเวลาที่มาจากค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานจากการกลึงด้วยเครื่องกลึงแบบทั่วไป และหาสมการต้นแบบอนุกรมเวลาเพื่อช่วยในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยทำการทดลองกลึงชิ้นงานเพลาขาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มม. ด้วยมีดคาร์ไบด์ กลึงด้วยความลึก 0.5 มม. และกลึงยาว 150 มม. โดยใช้เครื่องกลึงตัวอย่าง จับเวลาการกลึงสะสมและวัดความแตกต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 2 ข้าง ทำการทดลองจำนวน 50 ชิ้น นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปได้ผลคือ ข้อมูลมีความแจกแจงแบบปกติ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 2 ข้างและเวลาการกลึงสะสมคือ 0.841 จำนวนการทดลองที่เหมาะสมคือ 50 ชิ้น สมการถดถอยคือ ความคลาดเคลื่อน = - 0.0003086 + (0.000005xเวลา) ทดสอบสมมุติฐานเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของสมการถดถอยด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ และสมการผ่านการทดสอบสมมุติฐานที่มีค่าความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็น คำนวณหาเวลาโดยนำสมการถดถอยนั้นมาแทนค่ามาตรฐานความคลาดเคลื่อนสูงสุดคือ 0.01 ได้ผลของเวลาออกมาคือ 2061.72 นาที

คำหลัก: อนุกรมเวลา, การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

Abstract

The study was to investigate breakdown forecasting which resulted from Fits-Tolerances of manual lathe and to create equation applied to a preventive maintenance for manual lath in small-scale industry. The experiment used shaft with diameter of 19mm, depth of 0.5 mm and length of 150 mm. lathed by a sample of lathe with carbide blade. The sample of 50 shafts was lathed and the sum of time and the difference of two side diameter was counted and measured. The data of the samples were calculated by Minitab for Regression and Correlation. The Correlation of diameter and time was 0.841 and the appropriate piece of shaft for testing was 50. For Regression, the regression equation was ERROR= -0.000309+(0.000005xTime) and for reliability of regression by Program, P-value was 0.0 which it confirmed that it was reliable 95 percent. The standard of error for the time was 0.01 when calculated by regression was 2061.72 minutes.

Keywords: Time-series, preventive maintenance

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทางด้านการผลิตงานทางเครื่องมือกลนั้นต่างพัฒนาเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีซึ่งก่อให้เกิดเครื่องจักรกลอัตโนมัติ(CNC) ขึ้นและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างมากในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เพราะมีความรวดเร็ว แม่นยำ และได้งานที่มีคุณภาพ แต่ข้อจำกัดคือเครื่องนั้นมีราคาแพง ผู้ใช้งานต้องใช้เวลาในการเรียนรู้เครื่องจักรก่อนการทำงาน และไม่ค่อยคุ้มค่าสำหรับงานขนาดเล็ก ส่งผลให้อุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่น โรงกลึงนั้นยังต้องมีการนำเครื่องจักรแบบทั่วไป มาใช้ในการดำเนินกิจการในธุรกิจของตนเองอยู่เช่นเดิม

การใช้งานเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรมนั้นต่างต้องมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง[1] ซึ่งจะเกิดประโยชน์ทางด้านลดและป้องกันการเสียหาย[6] แต่ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กเช่นการบำรุงรักษาเครื่องจักรในโรงกลึงเป็นเพียงแค่การทำความสะอาดเท่านั้น เนื่องด้วยเจ้าของกิจการต่างต้องการให้ได้งานที่จำนวนมากๆ และรวดเร็ว จึงทำให้ไม่ค่อยมีการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่ชัดเจน และการบำรุงรักษาเชิงป้องกันนี้ต้องมีการวางแผนอย่างชัดเจนแบบรายสัปดาห์, รายเดือน หรือรายปี ในการทำแต่ละครั้งก็ต้องหยุดเวลางานลงทุกครั้ง อาจจะเกิดการสูญเสียเวลางาน ส่งผลให้เจ้าของกิจการโรงกลึงนั้นไม่มุ่งเน้นความสำคัญในด้านนี้ ผลที่อาจจะตามมาคือเครื่องเกิดความเสียหายสะสมอย่างต่อเนื่อง หรืออาจจะมีการ Breakdown แล้วใช้เวลาซ่อมนานจนเกิดผลเสียทางเวลางานมาก ซึ่งนั้นก็หมายความว่าไม่ว่าจะธุรกิจขนาดใดนั้นต่างก็ต้องมีการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) จึงจะเกิดผลที่ดีที่สุดตามมา

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ต้องมีการวางแผนอย่างชัดเจนแบบรายสัปดาห์, รายเดือน หรือรายปี เมื่อมาเชื่อมโยงกับเครื่องจักรแบบทั่วไปนั้น ถ้ามีการวางแผนเป็นการวางแผนช่วงระยะสั้น เช่น แบบรายสัปดาห์ แล้วมีการทำการบำรุงรักษา โดยที่เครื่องจักรอาจจะยังไม่ได้เกิดการเสียหาย อาจจะทำให้เกิดการสูญเปล่าโดยไม่จำเป็นทางด้านแรงงานและด้านค่าใช้จ่าย แต่ถ้ามีการพยากรณ์หรือการวางแผนโดยการไตร่ตรองอย่างถี่ถ้วนโดยที่สามารถรู้ได้ว่า ณ ช่วงใด เวลาใดที่ควรที่จะทำการซ่อมบำรุงรักษาแล้ว อาจจะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์มากขึ้นลดการสูญเปล่าทางด้านแรงงานและค่าใช้จ่าย[8] รวมทั้งสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นโปรแกรมช่วยเฉพาะตามมา[2]

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษารูปแบบอนุกรมเวลาการของการเสียหายของเครื่องจักร โดยการวิเคราะห์ข้อมูลความคลาดเคลื่อนของงานในแต่ละช่วงเวลา หาต้นแบบสมการอนุกรมเวลา แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในการการวางแผนของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อไป

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษารูปแบบอนุกรมเวลาที่มาจากค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานจากการกลึงโดยเครื่องกลึงแบบทั่วไป

2.2 เพื่อหาสมการต้นแบบอนุกรมเวลาเพื่อช่วยในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 เครื่องกลึงต้นแบบที่ใช้คือเครื่องกลึงแบบทั่วไป รุ่น Lux-Matter

3.2 ชิ้นงานที่ใช้ในการกลึงใช้วัสดุเหล็กเพลาขาว ขนาดชิ้นงานสำเร็จคือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 mm. ความยาวในการกลึง 150 mm. ความลึกการกลึง 0.5 mm.

3.3 ความเร็วรอบและ อัตราป้อนอ้างอิงตามวัสดุงานในหนังสือตารางงานโลหะ(มจพ) [4]

3.4 ใช้ขนาดความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานสำเร็จ เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาอนุกรมเวลา

3.5 ใช้ชิ้นงานสำเร็จจำนวน 50 ชิ้นจากการกลึงต่อเนื่อง 50 ครั้ง

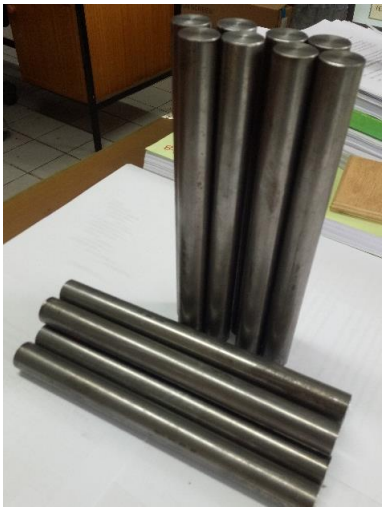
3.6 ใช้มีดกลึง ยี่ห้อ SANDVIK รุ่น DCMT07 ในการกลึง

3.7 ค่าความคลาดเคลื่อนเป้าหมายที่บ่งชี้ว่าเครื่องจักรต้องได้รับการบำรุงรักษาคือ เกิน 0.01 มิลลิเมตร [13]

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 จัดเตรียมเครื่องจักรในการทดลอง

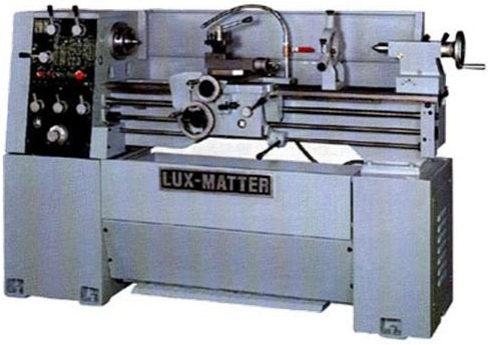
ทำการเตรียมวัสดุทดลองคือ วัสดุที่ใช้ในการทดลองนั้นจะเป็นเหล็กเพลาขาวหน้าตัดวงกลม เกรด SS400 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตรหรือ 3/4 นิ้วโดยประมาณ โดยจะทำการตัดแบ่งเป็นชิ้นจำนวน 50 ชิ้นแต่ละชิ้นมีความยาว 200 มิลลิเมตร, เครื่องมือตัดที่ใช้นั้นการทดลองนั้นจะเป็นมีด Insert พร้อมด้าม โดยมีด insert นั้นจะเป็นมีดที่ทำมาจาก Carbide, เครื่องจักรที่ใช้เป็นเครื่องกลึงแบบ Manual ยี่ห้อ LUX-MATTER รุ่น 1340 G (Made in Taiwan) โดยเครื่องนี้นั้นผ่านการใช้งานมาแล้ว 20 ปี



รูปที่ 1 ชิ้นงานเพลาขาวหน้าตัดกลม SS400



รูปที่ 2 มีดกลึง Insert ประกอบพร้อมใช้งาน



รูปที่ 3 เครื่องกลึงตัวอย่างแบบ Manual ยี่ห้อ LUX-MATTER



รูปที่ 4 ไมโครมิเตอร์ที่ใช้วัดข้อมูลในการวิจัย

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 ทำการจับชิ้นงานเข้ากับหัวจับ ตั้งศูนย์งานโดยให้ชิ้นงานนั้นยื่นออกมาจากหัวจับมากกว่า 150 มิลลิเมตร

4.2.2 ปรับความเร็วรอบไปที่ 730 รอบต่อนาที

4.2.3 กลึงปอกชิ้นงาน โดยทำการกลึงลึก 0.5 มิลลิเมตรและเดินกลึงในระยะ 150 มิลลิเมตร

4.2.4 ทำการจับเวลาการกลึงในหน่วยเป็นวินาทีแล้วทำการบันทึกผล

4.2.5 ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง บริเวณที่มีการกลึงปอกผิวออกแล้ว โดยวัดที่ระยะห่างกัน 2 ข้างในระยะ 150 มิลลิเมตรแล้วทำการบันทึกผล

4.2.6 หาขนาดความคลาดเคลื่อนโดยนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 2 ข้างนั้นมาลบกัน และผลลัพธ์ที่ได้นั้นต้องเป็นค่าสัมบูรณ์

4.2.7 ทำการกลึงชิ้นงานและบันทึกเวลาการทดลอง, ระยะความคลาดเคลื่อนซ้ำตามจำนวนที่จำเป็นต้องใช้งาน และในการกลึงแต่ละครั้งต้องมีการเปลี่ยนมีดใหม่ทุกๆครั้ง



รูปที่ 5 การกลึงทดลองหน้าเครื่อง

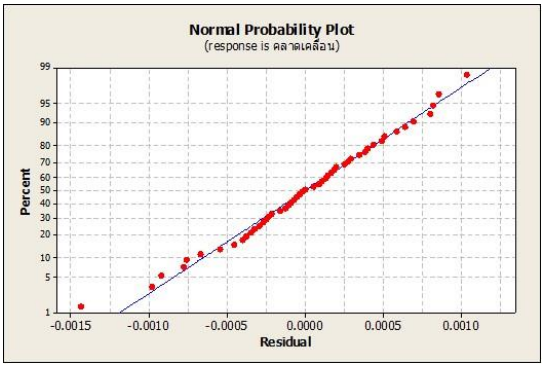
ตารางที่ 1 ตารางแสดงตัวอย่างผลการทดลอง 10 ชิ้น

เวลาการกลึง (นาที)	เวลาการใช้งานเครื่องสะสม (นาที)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายด้านซ้าย (มม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายด้านขวา (มม.)	ค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)
10	10	18.000	18.000	0
10	20	18.000	18.000	0
10	30	18.000	18.000	0
10	40	18.000	18.000	0
10	50	18.000	17.999	0.001
10	60	18.001	18.000	0
10	70	18.000	18.000	0
10	80	18.000	18.000	0
10	90	18.001	18.000	0.001
10	100	18.000	18.000	0

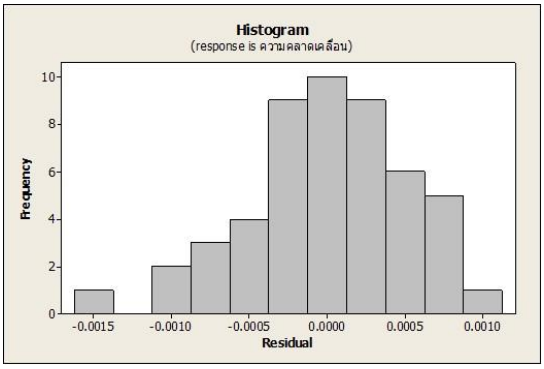
5. ผลการทดลอง

หลังจากทดลองกลึงเพื่อหาข้อมูลความคลาดเคลื่อนจำนวน 50 ชิ้นได้ทำการนำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์รูปแบบนุกรมเวลาได้ดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล



รูปที่ 6 กราฟความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดของข้อมูลความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 7 แผนภูมิฮิสโตแกรมของค่าความผิดพลาดของข้อมูลความคลาดเคลื่อน

5.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเวลาการกลึงกับค่าคลาดคลาดเคลื่อน โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r) ได้ผลดังนี้

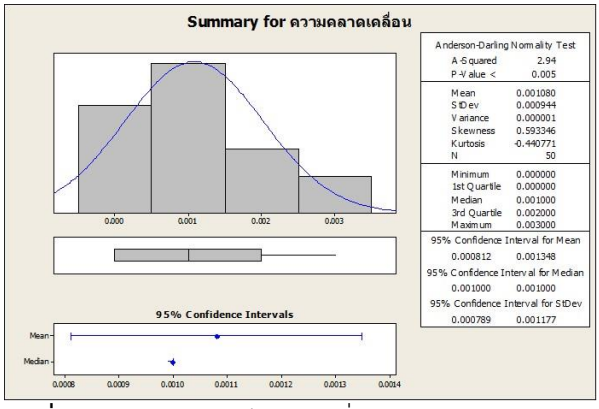
$$r = \frac{(50x19.44) - (12750x0.054)}{\sqrt{\left[(50x429500) - (12750)^2\right]\left[(50x0.000102) - (0.054)^2\right]}}$$

$r = 0.841$

ผลสรุปจากค่า r คือ 0.841 มีค่าเข้าใกล้ 1 ค่าเวลาสะสมของการใช้งานเครื่องกลึง มีความสัมพันธ์กันกับค่าความคลาดเคลื่อนและสัมพันธ์ในลักษณะ เวลาการ

ใช้งานสะสมเพิ่มขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนก็จะเพิ่มขึ้นตามมา

5.3 การวิเคราะห์หาจำนวนการทดลองเหมาะสม



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน

Power and Sample Size

```
1-Sample Z Test

Testing mean = null (versus not = null)
Calculating power for mean = null + difference
Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 0.000944


            Sample  Target
Difference    Size   Power  Actual Power
     0.003       2     0.9      0.994367
```

รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์คือ ตั้งเป้าความน่าจะเป็นในการตรวจสอบสมมุติฐานที่เป็นเท็จเท่ากับ 0.9 และค่า Difference ของตัวอย่างนี้คือ 0.003 ค่าที่ได้จากการคำนวณคือ Size=2, Actual Power=0.9943 ซึ่งสูงกว่าค่าตั้งเป้า และจำนวนการทดลองเพียง 2 ชิ้นก็เพียงพอต่อการทดลองครั้งนี้ สรุปคือข้อมูลจากการทดลอง 50 ชิ้นที่ผ่านมานั้นสามารถนำไปใช้ในการวิคราะห์ขั้นต่อไปได้

5.4 การวิเคราะห์หาสมการต้นแบบ

การวิเคราห์หาสมการต้นแบบนั้นจะนำข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้นจำนวน 50 ข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์หาสมการถดถอย

ตัวแปรที่จะนำมาอ้างอิงในการวิเคราะห์คือ

H0 : สมการถดถอยไม่สามารถสร้างได้

H1 : สมการถดถอยสามารถสร้างได้

สถิติที่ใช้ตรวจสอบ F-Test, ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 ได้ผลออกมาคือ

Regression Analysis: ความคลาดเคลื่อน versus เวลา

```
The regression equation is
ความคลาดเคลื่อน = - 0.000309 + 0.000005 เวลา


Predictor        Coef      SE Coef       T      P
Constant   -0.0003086   0.0001483   -2.08  0.043
เวลา    0.00000545 0.00000051 10.76 0.000


S = 0.000516493   R-Sq = 70.7%   R-Sq(adj) = 70.1%


Analysis of Variance

Source           DF           SS           MS       F      P
Regression        1  0.000030875  0.000030875  115.74  0.000
Residual Error   48  0.000012805  0.000000267
Total            49  0.000043680
```

รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม

ค่า P-Value =0 ซึ่งต่ำกว่าค่า α สรุปได้ว่าปฏิเสธ H0 ยอมรับ H1 สรุปคือสมการถดถอยสามารถสร้างได้

ได้สมการต้นแบบคือ

ความคลาดเคลื่อน= -0.0003086+(0.000005 เวลา)

5.5 การประยุกต์สมการต้นแบบในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ความคลาดเคลื่อน= -0.0003086+(0.000005 เวลา) นำมาประกอบกับค่ามาตรฐานที่จะนำมาใช้ในการคำนวณค่าของเวลา ซึ่งค่ามาตรฐานนั้นคือ “ค่าความคลาดเคลื่อนห้ามเกิน 0.01 mm. ต่อระยะความยาว 150 mm.” ซึ่งจะได้ผลการคำนวณคือ

เวลา=(0.01+0.0003086)/0.000005=2061.72 นาที

ผลคือเครื่องกลึงManual ที่ได้ใช้ในการวิจัยครั้งนี้หากมีการใช้งานเครื่องเป็นเวลา 2061.72 นาทีแล้วต้องมีการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

6. สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้มีการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงายวิจัย แล้วทำการทดลองโดยกลึงชิ้นงานเหล็กเพลาขาวหน้าตัดวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตรหรือ 3/4 นิ้ว เกรดSS400 ด้วยความลึกการกลึง 0.5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบที่ 730 รอบ/นาที กลึงยาว 150 มิลลิเมตรโดยประมาณ จำนวน 50 ชิ้น ด้วยมีด Insert ที่ทำจากคาร์ไบด์ เครื่องกลึงยี่ห้อ LUX-MATTER รุ่น 1340 G (Made in Taiwan) โดยเครื่องผ่านการใช้งานมาแล้ว 20 ปี วัดโดยไมโครมิเตอร์ความละเอียด 1/1000 มิลลิเมตร แล้วเก็บข้อมูล 2 ข้อมูลคือเวลาการกลึงสะสม และความแตกต่างระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 2 ข้างของชิ้นงาน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้แจกแจงของข้อมูลแบบปกติ, ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 ที่ได้จากการทดลองคือ 0.841 ซึ่งสรุปได้ว่าข้อมูลทั้ง 2 นั้นมีความสัมพันธ์กัน, จำนวนการทดลองที่เหมะสมคือ 50 ชิ้น ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ หลังจากที่ค่าสถิตินั้นยืนยันความถูกต้องแล้วจึงนำข้อมูลนั้นมาทำการวิเคราะห์สมการต้นแบบด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติอีกครั้งได้สมการต้นแบบคือ ความคลาดเคลื่อน=(- 0.0003086) + (0.000005xเวลา) และทดสอบสมมุติฐานเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของสมการได้ค่า P-Value = 0.0 ซึ่งสมการถดถอยนี้มีความน่าเชื่อถือและนำไปใช้ได้

เวลาในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องกลึงได้ทำการคำนวณมาจากสมการต้นแบบ ซึ่งทำการแทนค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดมาตรฐานคือ 0.01 มม.ลงในสมการ ผลที่ได้คือค่า เวลาที่เหมาะสมต่อการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ 2061.72 นาที และเครื่องกลึงนี้มีสมการต้นแบบของการวางแผนเวลาคือ ความคลาดเคลื่อน = (- 0.0003086) + (0.000005xเวลา)

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การวัดผลการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ละเอียดกว่าควรจะใช้เครื่อง CMM ตรวจวัดชิ้นงานแทนการใช้ไมโครมิเตอร์

7.2 ค่ามาตรฐานความคลาดเคลื่อนของเครื่องกลึงนั้นมีอยู่หลายค่า ควรที่จะเลือกค่าอื่นๆนั้นมาลองทำการทดลองในการวิจัยครั้งต่อไป

7.3 ข้อมูลทางเทคนิคในการกลึงชิ้นงานสามารถปรับได้หลายค่าตามเครื่องมือตัดและวัสดุงาน การวิจัยครั้งต่อไปควรที่มีการเปลี่ยนวัสดุงานและเครื่องมือตัดเพื่อการยืนยันผลงานวิจัยต่อไป

7.4 งานวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำสมการถดถอยมาใช้งานแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งองค์ความรู้เรื่องอนุกรมเวลานั้นมีอยู่มากมายหลายวิธี ในการวิจัยครั้งต่อไปควรที่จะมีการนำวิธีการทางอนุกรมเวลาอื่นๆมาทดลองใช้งานด้วย

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่นปีงบประมาณ2560 ทางผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการตัดสินงบประมาณงานวิจัย ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประสานงานทุกท่าน ขอบคุณผู้แต่งตำราทุกท่านที่ได้ทำตำราออกมาให้ศึกษาและสังเคราะห์ออกมาเป็นเอกสารอ้างอิงในงานวิจัย ขอบคุณผู้ทำงานวิจัยทุกเรื่องที่ได้นำมาอ้างอิง ขอบคุณคณาจารย์อาวุโสทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาจนงานวิจัยนี้เสร็จสิ้นสำเร็จตามเป้าหมาย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] เกษม รุ่งเรือง. (2555). การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์. รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

[2] กนกกาญจน์ สอนหมวก.. (2550). การพัฒนาเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิชวลเบสิคแอพลิเคชั่น. วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

[3] จิราวัลย์ จิตรถเวช และวิชิต หล่อจีรชุณห์กุล. (2548). เทคนิคการพยากรณ์. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

[4] บรรเลง ศรนิลและสมนึก วัฒนศรียกุล. (2555). ตารางคู่มืองานโลหะ. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

[5] พิภพ ลลิตาภรณ์. (2547). ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[6] มะหะหมัด อาดำ และ สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร. (2550). การลดอัตราการเสียหายของเครื่องจักรโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน. รายงานการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[7] มุกดา แม้นมินทร์. (2549). อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพฯ : บริษัท โฟร์พริ้นติ้ง จำกัด

[8] วิทยา ทอเจริญ และวิทยา หนูช่างสิงห์. (2551). การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษา อุตสาหกรรมการผลิตยางมะตอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[9] ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์. (2533). การวิเคราะห์อนุกรมเวลา. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

[10] สุรพล ราษฎดร์นุ้ย. (2545). วิศกรรมการบำรุงรักษา. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[11] สมชัย อัครทิวา. (2546). แนวทางการวิเคราะห์PM. กรุงเทพฯ : กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

[12] อำนาจ ทองแสน. (2559). งานเครื่องมือกลเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น

[13] GORGE SCHLESINGER.(1970).Testing Machine Tools. ENGLAND : The Machine Publishing

อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะเวลาพ่นเปลวไฟต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าผสม AISI 4140 โดยกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ

Influence of Diameter and Time on Hardness and Microstructure of AISI 4140 alloy steel by Flame Hardening Process.

กฤช รุนรักษา, คมกริช จันทรเสนา, รัตนาภรณ์ วงษ์ทอง, จุฑารัตน์ แสนอู, อภิลักษณ์ ปัจสาไพ และเจนจิรา เภาสี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

Krit.runruksa@Gmail.com, 085-7585665

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะเวลาในการพ่นเปลวไฟที่มีต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคในเหล็กเกรด AISI 4140 โดยกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ ซึ่งจะใช้ชิ้นงานทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50, 100 และ 150 มม. ความหนา 25 มม. ใช้ระยะเวลาในการพ่นเปลวไฟที่เวลา 60, 80 และ 90 วินาที ชุบแข็งด้วยการจุ่มน้ำมัน นำชิ้นงานทดสอบวัดค่าความแข็งและตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคที่ผิวชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงานและกลางชิ้นงาน จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม.พ่นเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที ค่าความแข็งที่บริเวณผิวชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงานและกลางชิ้นงานเท่ากับ 52 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคเป็นมาร์เทนไซท์ทั้งชิ้น ชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม.พ่นเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที ที่ตำแหน่งผิวชิ้นงานมีค่าความแข็ง 53 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคเป็นมาร์เทนไซต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางชิ้นงานมีค่าความแข็ง 43 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟอร์ไรท์และมาร์เทนไซต์ ที่ตำแหน่งกลางชิ้นงานมีค่าความแข็ง 32 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ ชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. พ่นเปลวไฟที่ระยะเวลา 60 และ 80 วินาที วัดค่าความแข็งที่ตำแหน่งผิวชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงาน และกลางชิ้นงานได้เท่ากับ 32 HRC โครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์เมื่อพ่นเปลวไฟที่ระยะเวลา 90 วินาที วัดค่าความแข็งที่ตำแหน่งผิวชิ้นงานได้เท่ากับ 53 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคเป็นมาร์เทนไซต์ กึ่งกลางชิ้นงานได้ค่าความแข็ง 42 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟอร์ไรท์และมาร์เทนไซต์ กลางชิ้นงานได้ค่าความแข็ง 32 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์

คำหลัก: ชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ,เหล็กกล้าผสม 4140,โครงสร้างจุลภาค

Abstract

This research aims to study the influence of diameter and time on hardness and microstructure of AISI 4140 alloy steel by flame hardening process. Diameters of testing specimens were 50, 100 and 150 mm, respectively, as well as 25 mm in length. The times of flame hardening process were set to 60 80 and 90 seconds, then adopted oil quenching in order to cool the test specimens down. Afterward, the specimens were brought to the hardness test and checked microstructures of the workpiece at the edge, the half and the center. The results showed that the 50 mm of alloy steel with the time of flame

hardening at 60, 80 and 90 seconds, the value of the workpiece hardness at the edge, the half and the center is 52 HRC; moreover, the microstructure formed into martensite entirely. The testing specimen with the diameter of 100 mm showed that the value of the workpiece hardness at the edge, the half and the center of the workpiece were 53, 43, and 32, respectively. The microstructures at the edge, the half and the center consisted of martensite, ferrite and martensite, also ferrite and pearlite, consecutively. The testing specimen with the diameter of 150 mm under the flame hardening time of 60 and 80 seconds showed that its microstructure formed ferrite and pearlite. However, the flame-hardened workpiece at the time of 90 seconds, the workpiece hardness at the edge was 53 HRC and its microstructure was martensite. At the half of the workpiece, the hardness was 43 HRC and its microstructure consisted of fine ferrite and martensite, also at the workpiece's center, the hardess was 32 HRC and its microstructure was ferrite and pearlite.

Keywords: flame hardening process, AISI 4140 alloy steel, microstructure

1. บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทย กรรมวิธีการชุบแข็งจัดได้ว่าเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมทำชิ้นส่วนรถยนต์อุตสาหกรรมทำชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมฐานเครื่องจักรขนาดใหญ่เป็นต้น เนื่องจากเป็นกระบวนการที่จำเป็นจะต้องทำเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของวัสดุให้ดีขึ้น เช่น แรงต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ค่าความจุดเค้นคราก (Yield strength) และความแข็ง (Hardness)เพื่อนำไปใช้งานด้านการต้านทานหรือทนตอการเสียรูปของชิ้นงาน การต้านทานต่อการสึกหรอ (Wear resistance) ใช้กับงานที่รับแรงเสียดสี[1] การชุบแข็งเหล็กกล้าแบ่งเป็น 2 วิธี คือ การชุบแข็งทั้งชิ้นงาน (Work hardening) และการชุบผิวแข็ง (Surface hardening) การชุบแข็งทั้งชิ้นงาน สามารถทำได้โดยการชุบชิ้นงานในสารชุบซึ่งได้แก่ น้ำ น้ำเกลือ น้ำมัน ก๊าซไนโตรเจน หรืออากาศ เพื่อให้ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ (Martensite) ปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลให้ได้ความแข็งของผิวจนถึงใจกลางของชิ้นงาน ซึ่งข้อเสียคือจะส่งผลในด้านการเสียรูปการแตกร้าวซึ่งอาจเกิดขึ้นกับชิ้นงานในขณะชุบ ส่วนการชุบผิวแข็งเป็นการชุบแข็งชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งเฉพาะผิวโดยบริเวณแกนกลาง ยังคงความเหนียวอยู่ ชิ้นงานที่ผ่านการชุบจะทนต่อการเสียดสีและสามารถรับแรงกดอัดที่ผิวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผิวที่ผ่านการชุบแข็งยังสามารถทนต่อการแตกร้าวจากความล้าได้ดี การชุบผิวแข็งมีหลายวิธี เช่น การชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ (Flame hardening) การชุบแข็งผิวแบบคาร์บูไรซิ่ง (Carburizing) การชุบแข็งผิวแบบคาร์โบไนไตรด์ดิ่ง (Carbonitriding) การชุบแข็งผิวแบบไนไตรดิ่ง (Nitriding) และการชุบแข็งผิวด้วยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction heating)[2][3] กระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ เป็นวิธีการใช้เปลวแก๊สอะเซทิลีนผสมกับอ๊อกซิเจน(Oxy acetylene) เผาชิ้นงานจนมีอุณหภูมิเหนือจุดวิกฤติ แล้วพ่นละอองน้ำหรือน้ำมันให้ชิ้นงานเย็นตัว เพื่อให้ชิ้นงานมีผิวแข็ง ปริมาณคาร์บอนควรมีไม่น้อยกว่า 0.4% เพราะถ้ามีปริมาณคาร์บอนน้อยกว่า 0.40% จะไม่สามารถชุบแข็งผิวได้ เหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอน 0.40% เช่นเหล็กกล้า เกรด AISI4140 เป็นต้น หลังจากทำการชุบแข็งผิว ชิ้นงานจะมีค่าความแข็งผิวแข็งประมาณ 55-60 HRC ที่ความลึก 3.0-3.8 มม. ตัวอย่างชิ้นงาน เช่น เกียร์ ซี่เฟืองต่างๆ ข้อดีของกระบวนการนี้คือไม่มีข้อจำกัด ในเรื่องของขนาดหรือน้ำหนักของชิ้นงาน

[4-6] เหมาะสมและประหยัด สำหรับการผลิตที่มีจำนวนน้อย ไม่มีค่าใช้จ่ายในการทำคอยล์ (Coil) เหมือนกับการชุบแข็งกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการชุบแข็งแต่ละวิธีจะเห็นได้ว่ากระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ เป็นหลักการที่ง่ายต่อการทำงาน แถมยังมีต้นทุนในการทำงานที่ต่ำกว่าวิธีอื่นแต่ในขั้นตอนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟมีปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ชิ้นงานได้ค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคตามที่ต้องการคือขนาดของชิ้นงานและระยะเวลาในการพ่นเปลวไฟ

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงสนใจศึกษาอิทธิพลของขนาดชิ้นงานและระยะเวลาในการพ่นเปลวไฟในกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ ที่ส่งผลต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กเกรด AISI 4140

2. การดำเนินงานวิจัย

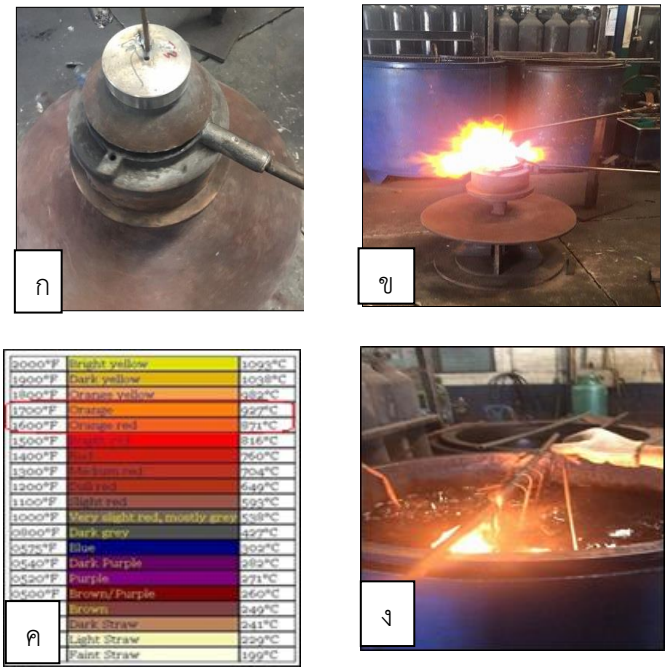
การดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดชิ้นงานและระยะเวลาในการพ่นเปลวไฟในกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ ที่ส่งผลต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคนั้นมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การจัดเตรียมชิ้นงานเหล็กกล้า 4140 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 100 และ 150 มม.ขนาดละ 3 ชิ้น รวมทั้งหมด 9 ชิ้นนำไปตรวจสอบค่าความแข็งและตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคก่อนการชุบผิวแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งในการวัดขอบชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงาน และกลางชิ้นงาน

2.2 ดำเนินการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ (Flame hardening) โดยการปรับเปลวไฟแบบนิวตรอนทำการจับเวลา 60 80 และ 90 วินาทีของชิ้นงานแต่ขนาด ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก,ข) วัดอุณหภูมิโดยใช้แถบสีระหว่างสีแดงกับสีแดงส้ม(orange-orange red) ซึ่งอุณหภูมิจะเป็นช่วง 871-927 องศาเซสเซียสและนำไปชุบน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 2 (ค,ง)



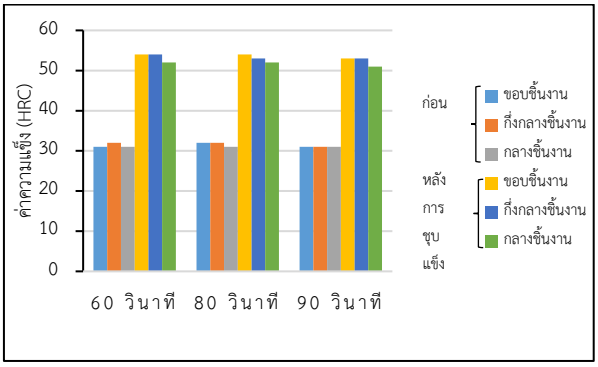
รูปที่ 2 (ก.)แสดงการจับยึดชิ้นงาน (ข.)ชิ้นงานถูกพ่นด้วยเปลวไฟ (ค.)แถบสีเทียบอุณหภูมิ (ง.) น้ำมันตัวกลางในการชุบผิวแข็ง

2.3 นำชิ้นงานทั้ง 9 ชิ้นที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวไปทดสอบทดสอบความแข็งแบบ (Hardness rockwell scale C (หัวเพชร)) โดยใช้มาตรฐาน ASTM E10-96 ที่ผิวชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงาน และกลางชิ้นงาน พร้อมกับตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

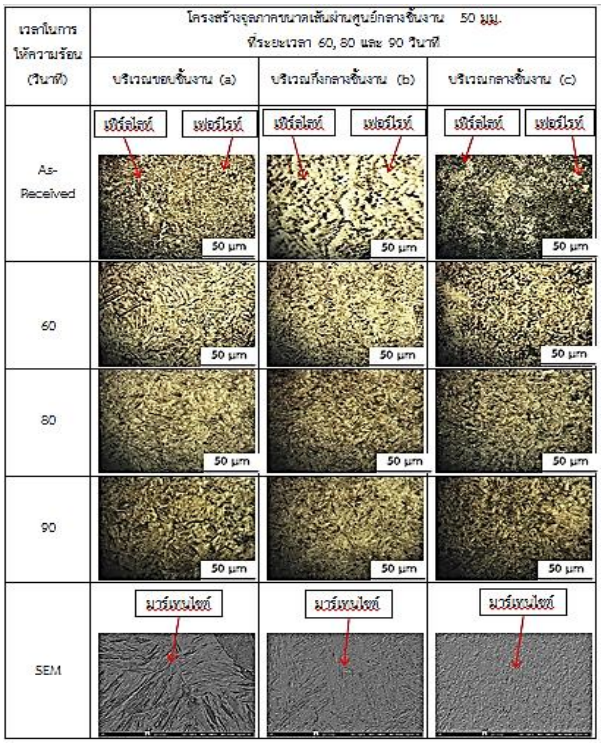
3.1 ระยะเวลาและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีผลต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาค

3.1.1 ผลของค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคของ ชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. จากรูปที่ 3 แสดงถึงค่าความแข็งของชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการชุบแข็งผิวได้ค่าความแข็งเท่ากับ 32 HRC และเมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที เมื่อวัดค่าความแข็งที่บริเวณขอบชิ้นงานได้ค่าความแข็ง 52 HRC บริเวณกึ่งกลางชิ้นงานมีค่าความแข็ง 53 HRC บริเวณกลางชิ้นงานค่าความแข็ง 52 HRC เมื่อทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านกระบวนการชุบแข็งพบว่าลักษณะโครงสร้างประกอบไปด้วยโครงสร้างเนื้อพื้นเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ ในส่วนของชิ้นงานที่พ่นเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที และผ่านการชุบแข็งด้วยน้ำมัน เมื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคที่บริเวณขอบชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงาน และกลางชิ้นงานโครงสร้างจุลภาคจะประกอบไปด้วยโครงสร้างมาร์เทนไซต์ทั่วทั้งก้อน ทั้งสามระยะเวลา ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นงานขนาด 50 มม. มีขนาดที่เล็กการถ่ายเทความร้อนจะถ่ายเทจากผิวชิ้นงานไปยังกลางชิ้นงานอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ได้จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากโครงสร้างเนื้อพื้นเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ไปเป็นออสเทนไนท์ทั้งก้อนและเมื่อชุบแข็งด้วยน้ำมัน โครงสร้างที่เป็นออสเทนไนท์จะเปลี่ยนไปเป็นมาเทนไซท์[7] ดังแสดงในตารางที่ 1

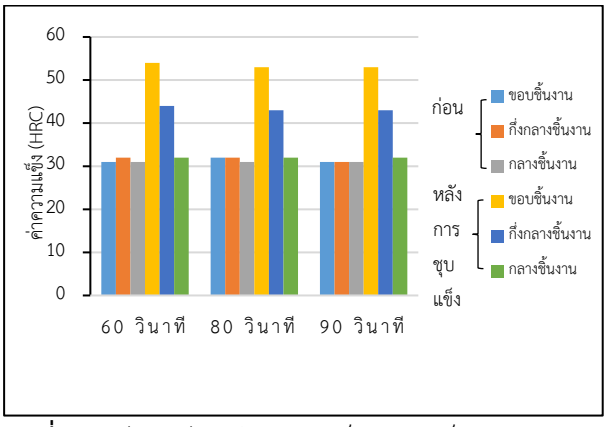


รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าความแข็งของเหล็ก AISI 4140 บริเวณขอบชิ้นงาน บริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน และบริเวณกลางชิ้นงานของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. ก่อนและหลังการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า AISI 4140 ที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ ของชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 50 มม. ที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที

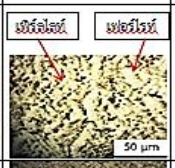
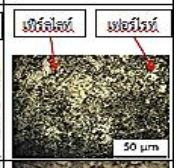
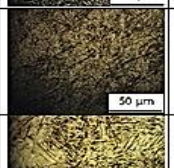
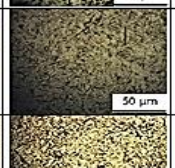
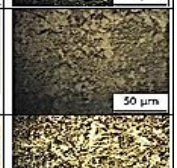
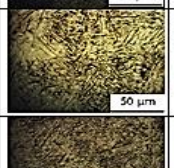
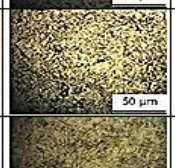
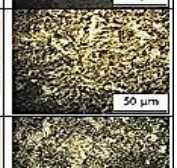
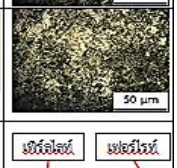
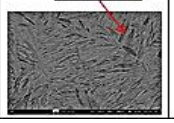
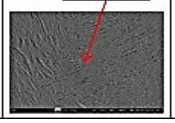
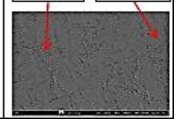


3.1.2 ชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟที่ระยะเวลา 60 80และ 90 วินาที จากรูปที่ 4 แสดงถึงชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที ตามลำดับ ซึ่งบริเวณขอบชิ้นงาน มีค่าความแข็ง 53 HRC บริเวณกึ่งกลางชิ้นงานมีค่าความแข็ง 43 HRC และบริเวณกลางชิ้นงานมีค่าความแข็ง 32 HRC เมื่อทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าที่ระยะเวลา 60 80 และ 90 วินาที ตำแหน่งบริเวณผิวชิ้นงานประกอบไปด้วยโครงสร้างมาเทนไซท์ บริเวณกึ่งกลางชิ้นงานประกอบด้วยโครงสร้างมาเทนไซท์กับโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ บริเวณกลางชิ้นงานจะมีโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ ดังแสดงในตารางที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นงานที่มีขนาด 100 มม. จะมีการถ่ายเทความร้อนจากผิวไปยังกลางชิ้นงานได้ช้ากว่าชิ้นงานขนาด 50 มม. ดังนั้นอุณหภูมิที่ขอบชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงาน และกลางชิ้นงานจึงไม่เท่ากันซึ่งอุณหภูมิที่อยู่ในชิ้นงานจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคในเนื้อเหล็ก



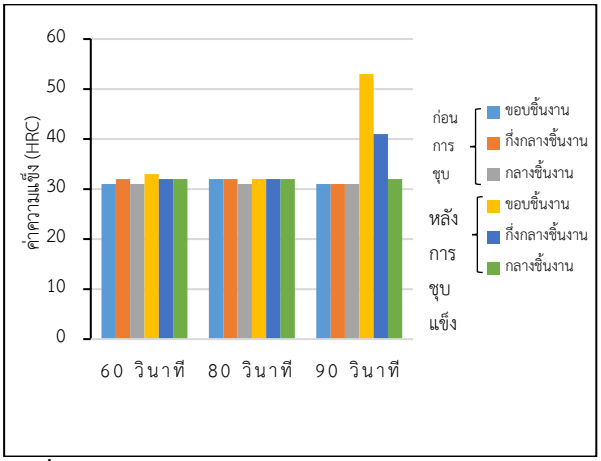
รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าความแข็งของเหล็ก AISI 4140 บริเวณขอบชิ้นงาน บริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน และบริเวณกลางชิ้นงานของขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ก่อนและหลังการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ90 วินาที

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า AISI 4140 ที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟของชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 100 มม. ที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที

เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	โครงสร้างจุลภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน 100 มม. ที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที		
	บริเวณขอบชิ้นงาน (a)	บริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน (b)	บริเวณกลางชิ้นงาน (c)
As-Received			
60			
80			
90			
SEM			

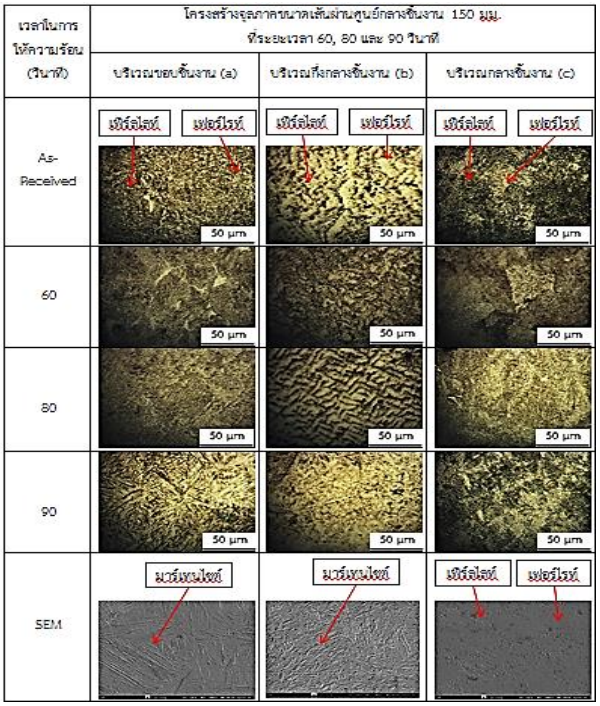
3.1.3 ชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. ที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟที่ระยะเวลา 60 80 และ 90 วินาที แล้วชุบแข็งด้วยน้ำมัน จากรูปที่ 5 แสดงถึงชิ้นงานที่ผ่านการพ่นเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 วินาที แล้ววัดค่าความแข็งที่บริเวณขอบชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงาน และกลางชิ้นงานได้ค่าความแข็งเท่ากับ 32 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคประกอบไปด้วยเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ดังแสดงในตารางที่ 3 แต่ระยะเวลา 90 วินาที วัดค่าความแข็งบริเวณขอบชิ้นงาน มีค่าความแข็ง 53 HRC บริเวณกึ่งกลางชิ้นงานมีค่าความแข็ง 42 HRC กลางชิ้นงานมีค่าความแข็ง 32 HRC ลักษณะโครงสร้างจุลภาคบริเวณขอบชิ้นงานเป็นมาร์เทนไซท์ กึ่งกลางชิ้นงานโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยโครงสร้างมาเทนไซท์กับโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ บริเวณกลางชิ้นงานจะมีโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนด้วยเปลวไฟบริเวณผิวชิ้นงานที่โดนเปลวไฟ อุณหภูมิจะสูงกว่าบริเวณที่อยู่ลึกจากผิวชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงานและกลางชิ้นงาน ส่งผลให้แต่ละตำแหน่งจากผิวของชิ้นงานมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน เมื่อชิ้นงานสัมผัสกับสารชุบเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยพิจารณาจากเฟสไดอะแกรมพบว่ามีเฉพาะบริเวณขอบชิ้นงาน อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิออสเทนไนต์ ซึ่งชิ้นงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ ส่วนบริเวณกึ่งกลางชิ้นงานอุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่างเส้น A_1 และ A_3 ประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรท์+ออสเทนไนต์ เมื่อทำให้ชิ้นงานเย็นตัวอย่างรวดเร็วในสารชุบ จะทำให้โครงสร้างที่เป็นออสเทนไนต์เปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์ และบริเวณกลางชิ้นงาน ซึ่งอยู่ลึกจากผิวชิ้นงานอุณหภูมิตำแหน่งดังกล่าวไม่ถึงเส้น A_1 ดังนั้นโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ ส่งผลให้ค่าความแข็งจากกรรมวิธีการชุบแข็งผิวด้วยความร้อนทำให้เกิดความแข็งที่แตกต่างกันไปตามระยะความลึกจากผิวชุบที่สัมผัสกับเปลวไฟ ทำให้ค่าความแข็งบริเวณขอบชิ้นงานและกึ่งกลางชิ้นงาน มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นแต่บริเวณกลางชิ้นงานยังคงมีค่าความแข็งเท่าเดิม ส่วนบริเวณใจกลางไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเนื้อพื้น[8]



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่าความแข็งของเหล็ก AISI 4140 บริเวณขอบชิ้นงาน บริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน และบริเวณกลางชิ้นงานของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. ก่อนและหลังการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟที่ระยะเวลา 60, 80 และ 90 วินาที

ตารางที่ 3 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า AISI 4140 ของชิ้นงานก่อนและหลังการชุบแข็งผิว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม.



4. สรุปผลการทดลอง

4.1 ชิ้นงานขนาด 50 มม.เมื่อผ่านการชุบแข็งผิวที่ระยะเวลา 60 80 และ 90 วินาที ได้ค่าความแข็งทั้งบริเวณขอบชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงานและกลางเท่ากัน คือ 53 HRC มีโครงสร้างจุลภาคเป็นมาเทนไซท์ทั้งชิ้น

4.2 ชิ้นงานขนาด 100 มม.เมื่อผ่านการชุบแข็งผิวที่ระยะเวลา 60 80 และ 90 วินาที ได้ค่าความแข็งทั้งบริเวณขอบชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงานและกลางชิ้นงาน คือ 53 43 32 HRC ตามลำดับ มีโครงสร้างจุลภาคบริเวณขอบชิ้นงานเป็นมาเทนไซท์ กึ่งกลางชิ้นงานโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยโครงสร้างมาเทนไซท์กับโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ บริเวณกลางชิ้นงานจะมีโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์

4.3 ชิ้นงานขนาด 150 มม.เมื่อผ่านการชุบแข็งผิวที่ระยะเวลา 60 และ 80 วินาที ได้ค่าความแข็งเท่ากันทั้งชิ้นคือ 32 HRC มีโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟอร์ไรและเพิร์ลไลท์ ส่วนที่ระยะเวลา 90 วินาที ได้ค่าความแข็งที่ขอบชิ้นงาน กึ่งกลางชิ้นงาน และกลางชิ้นงาน คือ 53 43 32 HRC ตามลำดับ มีโครงสร้างจุลภาคบริเวณขอบชิ้นงานเป็นมาเทนไซท์ กึ่งกลางชิ้นงานโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยโครงสร้างมาเทนไซท์กับโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ บริเวณกลางชิ้นงานจะมีโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นที่ได้มอบทุนอุดหนุนงานวิจัยรวมถึงคณะผู้จัดทำวิจัยชิ้นนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ไพลิน ฤกษ์จิรสวัสดิ์, (2555). หลักพื้นฐานของกรรมวิธีทางความร้อนของเหล็กกล้า.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] มนัส สถิรจินดา, (2540). วิศวกรรมการอบชุบเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาพวิทยาลัย.

[3] มนัส สถิรจินดา, (2543). เหล็กกล้า. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, (2549). วัสดุวิศวกรรม พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[5] ดวงฤดี ศภติมัสโร(2553).โลหวิทยาฟิสิกส์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์, โลหะวิทยาที่ใช้ในงานด้านโลหะ. พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพมหานคร:โอเดียนสโตร์.

[7] Matthew Samler, 2010. Jominy End Quenching of 4140 Steel: The Effect of Timeand Tempereture on Austenitic Grain Growth.

[8] http//www./C. A. Higgerson, Experiments in materials technology, Affiliated east-west press PVT, Ltd. : 1973

การศึกษาสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิบิวทีลีนซัคซิเนต/ท่อนาโนไททาเนต

Study on the Thermal and Mechanical Properties of Titanate Nanotubes/ Poly(butylene succinate) Composites

Promsri Sukawattanaku[1], Ngamjit Kaennok[1], Nuan La-ong Srakaew[1], Witawat Singsang[1], Wissanu Charerntanom[1], Aniwat Hasook[1], Pristanuch Kasian[2], Santi Maensiri[3], Supree Pinitsoontorn[4] and Natkrita Prasoetsopha[1,*]

[1]Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand
[2]Department of Applied Physics, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand
[3]*School of Physics, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand*
[4]*Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 30000, Thailand*
*ผู้ติดต่อ: natkrita.pr@rmuti.ac.th, Tel.+66860560408, Fax. +6644922706

บทคัดย่อ

ท่อนาโนไททาเนตถูกสังเคราะห์จากไทเทเนียมไดออกไซด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 โมลาร์ ด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มอล ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์และตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ผลการทดสอบพบว่าเกิดเฟสบริสุทธิ์ของท่อนาโนไททาเนต ลักษณะของท่อนาโนไททาเนตมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-20 นาโนเมตร และมีความยาวของท่อนาโนไททาเนตประมาณ 100-1000 นาโนเมตร วัสดุเชิงประกอบพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับท่อนาโนไททาเนตถูกผสมด้วยเครื่องผสมแบบปิดที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยปริมาณของท่อนาโนไททาเนตที่ทำการผสมเท่ากับ 0, 0.5, 1, และ 2 ส่วนในร้อยส่วน การทดสอบสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของวัสดุผสม พบว่าอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมท่อนาโนไททาเนต และพบว่าค่ามอดุลัสการดัดโค้งของวัสดุผสมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย

คำหลัก: ท่อนาโนไททาเนต, พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต, สมบัติเชิงกล, สมบัติทางความร้อน

Abstract

Titanate nanotubes (TNTs) was synthesized from TiO_2 and NaOH 10 M via a hydrothermal method at 130°C for 24 h. Crystal structure and morphology were investigated by a X-ray technique and a transmission electron microscopy. The results show that a single phase of TNTs was obtained. Morphology of TNTs showed 10-20 nm in a diameter and 100-800 nm in a length. TNTs/poly(butylene succinate) (PBS) composites were prepared by internal mixer at 145°C for 10 min. The amount of TNTs was 0, 0.5, 1, and 2 phr. The thermal and mechanical properties of TNTs/PBS composites were investigated. The results show that the melting temperature of PBS tended to increase with increasing

the amount of TNTs. Moreover, the flexural modulus of composites was also increased with an increase of TNTs content.

Keywords: Titanate nanotubes, Poly(butylene succinate), Mechanical properties, Thermal properties.

1. Introduction

A nanometer-scale materials offers a great potential in many applications i.e. energy storage [1-2] and packaging [3-4]. Moreover, it has attracted attention as filler in polymer nanocomposites applications [5-8]. For example, functionalized carbon nanotubes [5] and organomontmorillonite [3] have been used as reinforcing filler in poly(butylene succinate). Moreover, nanometer calcium carbonate [6] and titanium dioxide [7] have been also used for reinforcement in polymer matrix.

Recently, titanate nanotubes (TNTs), well-known as $M_2Ti_xO_{2x+1}{\cdot}nH_2O$ (M = H, Na, K, Cs, Rb; x = 2-8) have received a number of attentions in recently years due to their outstanding physical and chemical properties, e.g. high surface area [8-9]. TNTs was reported the giant dielectric and polarization behavior by Hu et al. (2010) [9]. Moreover, TNTs are used as filler in polymer matrix such as polyethylene imine and polyethylene glycol [10], polyamides [11-12], and polystyrene [13].

Nowadays, biodegradable polymeric materials e.g. poly(lactic acid) [14-15], poly(butylene succinate) [3-7], have attracted great interest both in industry and in academic researcher due to environmental concerns. Moreover, biodegradable polymers can be processed using the same technology and equipment as conventional polymers. However, a major drawback of these polymers is an expensive. Hence, many researches have been attempted to reduce cost and improve their properties [3-7, 14-15]. For example, the organomontmorillonite (OMMT) was incorporated into PBS in order to produce the environmental friendly packaging film [6]. Moreover, the natural materials such as natural fibers and rubber have been combined into biodegradable polymers to enhance their properties [15-16].

In this research, the effect of TNTs on the thermal and mechanical properties of TNTs/PBS composites was investigated.

2. Experiment

2.1 Titanate nanotubes synthesis

Titanate nanotubes (TNTs) was synthesized from 2 g of TiO_2 (99-100%, Riedel-dehean USP) and 160 ml of NaOH 10 M via a hydrothermal method at 130°C for 24 h. After the autoclave was cooled at room temperature, the obtained sample was washed with deionized water several times until pH 7. Finally, TNTs were dried at 70°C for 2-3 days and crushed via agate mortar and pestle. The obtained TNTs was characterized crystal structure by X-ray diffraction (XRD) technique using CuKα radiation with λ=0.154060 nm (D2,

Bruker, Germany). The high voltage between cathode and Cu X-ray tube of 20 kV and the current of 20 mA was used. The 2 theta (2θ) in a range of 5-70 degree with a scan step of 0.02°/s was employed.

The morphology of obtained TNTs was investigated by transmission electron microscopy (TEM).

2.2 Preparation of TNTs/PBS composites

PBS was reduced the moisture in an oven at 70°C for 24 h. TNTs/PBS composites were melt-mixed in an internal mixer (Chareon Tut Co., Ltd.: MX500-D75L90, Thailand) at 145°C for 10 min with a rotary speed of 50 rpm. The amount of TNTs was 0, 0.5, 1, and 2 phr. Then, the TNTs/PBS composites were ground with plastic grinder. Next, the TNTs/PBS was compressed in a stainless steel mold by hot compression molding (Chareon Tut Co., Ltd., Thailand) at temperature of 145°C with pressure of 10^3 psi by using preheat time, pressing time and cooling time for 5 min, 5 min and 3 min, respectively.

2.3 Thermal analysis

TNTs/PBS composites were ground and investigated the thermal property using differential scanning calorimeter (DSC 1, Mettler Toledo). The temperature program was a range of -50-130°C under nitrogen atmosphere with heating rate of 10°C/min.

3. Results and discussion

Figure 1 shows XRD pattern of the references standard PDF 47-0561, titanate nanotubes TNTs and raw material TiO_2. The result shows that the diffraction peak of TNTs synthesized by the hydrothermal method corresponded with the standard card PDF 47-0561 (Fig. 1 (a) and (b)) and was consistent with the previous study [17]. Moreover, the diffraction peaks of TNTs have significantly distinguished the diffraction peaks of raw material TiO_2 (Fig. 1 (b) and (c)).

Figure 2 shows the TEM image of the synthesized TNTs. It could be seen that the TNTs were composed of uniform nanotubes and long cylinders with a hollow cavity positioned at their center and lying along their length. The nanotubes were a diameter of ~10-50 nm and the length of several hundred nanometers or micrometers. Hence, from XRD and TEM techniques, TNTs could be successful synthesized by hydrothermal method.

Figure 3 shows the second heating scan of DSC curves of TNTs/PBS composites. The results show that the melting temperature of PBS tended to increase with increasing the amount of TNTs. It could be implied that the TNTs improved the thermal resistant of TNTs/PBS composites. In addition, the crystalline temperature of PBS tended to decrease with increasing the amount of TNTs, except for the TNTs content of 1 phr as shown in Table 1. It could be inferred that the TNTs could reduce the crystalline temperature of PBS.

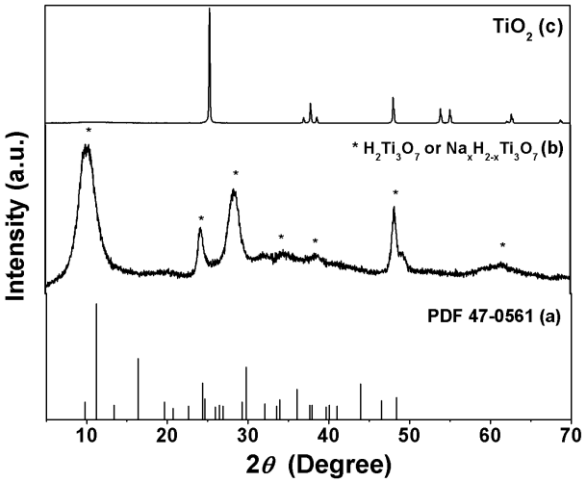


Figure 1 XRD pattern of (a) references standard PDF 47-0561, (b) TNTs and (c) raw material TiO_2

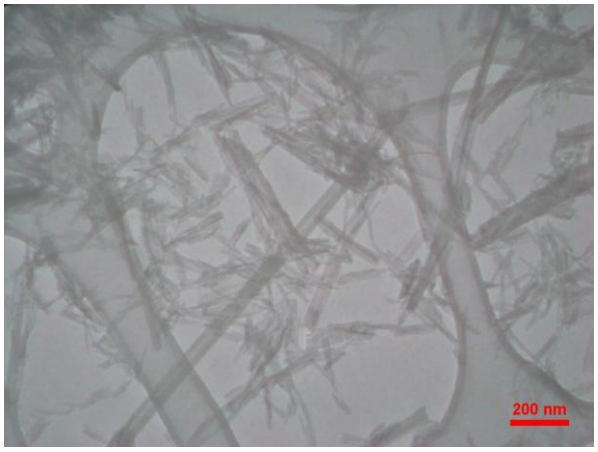


Figure 2 TEM micrograph of the TNTs synthesized by hydrothermal method at 130°C for 24 h

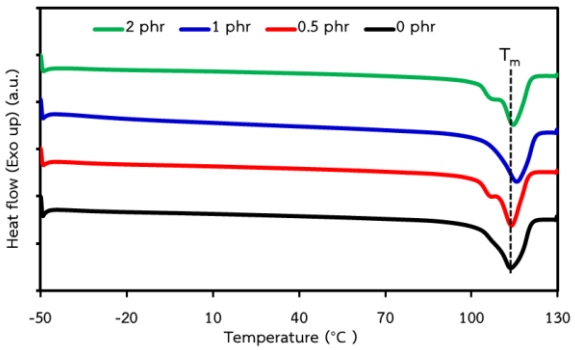


Figure 3 DSC curves of the TNTs/PBS composites

Table 1 Melting and crystalline temperatures of TNTs/PBS composites

Amount of TNTs (phr)	Melting temperature (T_m)	Crystalline temperature (T_c)
0	114.17	93.17
0.5	114.50	90.33
1	116.17	95.33
2	115.17	88.67

Figure 4 shows the flexural modulus of TNTs/PBS composites. The results show that the flexural modulus was slightly increased with an increase of TNT content. It is as expected; the addition of the high modulus materials into the polymer matrix could be increase the modulus of the composites. This is due to the stress from the PBS matrix transferred to the TNTs reinforcement. Hence, the modulus of the TNTs/PBS composites was higher than that of pure PBS. This result is similarly with the previous reports [5].

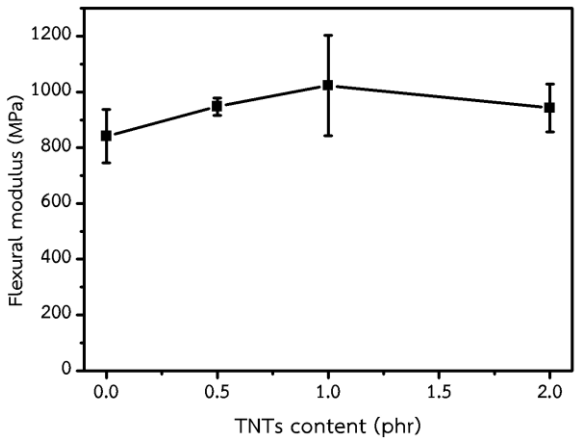


Figure 4 Flexural modulus of the TNTs/PBS composites.

4. Conclusions

Titanate nanotubes (TNTs) was successful synthesized by the hydrothermal method at 130°C for 24 h. TNTs could be enhance the flexural modulus of TNTs/PBS composites. TNTs increased the melting temperature but decreased the crystalline temperature of PBS.

5. Acknowledgements

This work is supported by the Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima and Advanced Materials Physics Laboratory, School of Physics, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima.

6. References

[1] Kim D.-W., Ko Y.-D., Park J.-G., and Kim B.-K. (2007). Formation of lithium driven active/Inactive nanocomposite electrodes based on $Ca_3Co_4O_9$ nanoplates. *Angewandte Chemie International Edition*. Vol. 46. pp. 6654-6657.

[2] Jiang S., Shi T., Long H., Sun Y., Zhou W., and Tang Z. (2014). High-performance binder-free supercapacitor electrode by direct growth of cobalt-manganese composite oxide nansostructures on nickel foam. *Nanoscale Research Letters*. Vol. 9. pp. 492.

[3] Phua Y.J., Chow W.S. and Mohd Ishak Z.A. (2013). Reactive processing of maleic anhydride-grafted poly(butylenes succinate) and the compatibilizing effect on poly(butylenes succinate) nanocomposites. *eXPRESS Polymer Letters*. Vol. 7(4). pp. 340-354.

[4] Lai S.-M., Huang C.-K. and Shen H.-F. (2005). Preparation and properties of biodegradable poly(butylene succinate)/starch blends. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 97, pp. 257-264.

[5] Zeng R.-T., Hu W., Wang M., Zhang S.-D. and Zeng J.-B. (2016). Morphology, rheological and crystallization behavior in non-covalently functionalized carbon nanotube reinforced poly(butylenes succinate) nanocomposites with low percolation threshold. *Polymer Testing*. Vol. 50. pp. 182-190.

[6] Chen R.-Y., Zou W. Zhang H.-C. Zhang G.-Z. Yang Z.T. Jin G. and Qu J.P. (2015). Thermal behavior, dynamic mechanical properties and rheological properties of poly(butylenes succinate) composites filled with nanometer calcium carbonate. *Polymer Testing*. Vol. 42. pp. 160-167.

[7] Huang J., Lu X., Zhang N., Yang L., Yan M., Liu H., Zhang G. and Qu J. (2014). Study on the properties of nano-TiO_2/polybutylene succinate composites prepared by van extruder. *Polymer Composites*. Vol. 35. pp. 54-58.

[8] Liu C., Miao L., Zhou J., Tanemura S., Hu D. and Gu H. (2013). Titania embedded with nanostructured sodium titanate: Reduced thermal conductivity for thermoelectric application. *Journal of Electronic Materials*. Vol. 42. pp. 1680-1687

[9] Hu W., Li, L., tong, W. and Li, G. (2010) Water-titanate intercalated nanotubes: fabrication, polarization, and giant dielectric property.

Physical chemistry Chemical Physics. Vol. 12. pp. 12638.

[10] Papa A.-L., Boudon J., Bellat V., Loiseau A., Bisht H., Sallem F., Chassagnon R., Berard V. and Millot N. (2015). Dispersion of titanate nanotubes for nanomedicine comparison of PEI and PEG nanohybrids. *Dalton Transections.* Vol. 44, pp. 739-746.

[11] Kralova D., Slouf M., Klementova M., Kuzel R. and Kelnar I. (2010). Preparation of gram quantities of high-quality titanate nanotubes and their composites with polyamide 6. *Materials Chemistry and Physics*. Vol. 124. pp. 652-657.

[12] Mancid L., Osman R.F.M., Costa A. M.L.M., d'Almeida J.R.M., Marinkovid B.A. and Rizzo F.C. (2015). Thermal and mechanical properties of polyamide 11 based composites reinforced with surface modified titanate nanotubes. *Materials & Design*. Vol. 83. pp. 459-467.

[13] Byrne M.T., MeCarthy J.E., Bent M., Blake R., Gun'ko Y.K., Horvath E., Konya Z., Kukovecz A., Kiricsi I. and Coleman J.N. (2007). Chemical functionalisation of titania nanotubes and their utilization for the fabrication of reinforced polystyrene composites. *Journals of Materials Chemistry*. Vol. 17. pp. 2351-2358.

[14] Talita F., Silva A.L.N., Silva A.H.M.F.T., Sousa A.M.F., Silva G. M. and Nascimento C. R. (2013). Rheological and morphological properties of composites based on polylactide and talc. *Journal of Materials Science and Engineering B.* Vol. 3 pp. 695-699.

[15] Bitinis N., Verdejo R., Gassagnau P., Lopez-Manchado M.A. (2011). Structure and properties of polylactide/natural rubber blends. *Materials Chemistry and Physics.* Vol. 129. pp. 823-831.

[16] Liu L., Yu J. Cheng L. and Qu W. (2009). Mechanical properties of poly(butylene succinate) (PBS) biocomposites reinforced with surface modified jute fibre. *Composites: Part A.* Vol. 40. pp. 669-674.

[17] Hu W., Li L., Li G., Meng J. and Tong W. (2009). Synthesis of titanate-based nanotubes for one-dimensionally confined electrical properties. *Journal of Physical Chemistry C*. Vol. 113. pp. 16996-17001.

สมบัติทางกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิล ด้วยผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วและสารเชื่อมประสานพอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์

Mechanical property of recycled low-density polyethylene with rubber powders and polyethylene-grafted-maleic anhydride as compatibilizer

วิทวัส สิงห์สังข์*, จิรัชยา กำหัวเรือ และ ศิริพร โพธิ์แก้ว

สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: witawat.ai@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาสมบัติทางกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิล (r-LDPE) ด้วยการเติมผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้ว (WR) อัตราส่วนของผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วในวัสดุผสมคือ 0%, 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ พอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์ (PE-g-MA) ถูกเติมลงในวัสดุผสม เพื่อปรับปรุงความเข้ากันได้ของวัสดุผสม สารเคมีทั้งหมดถูกผสมด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ ด้วยความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที ชิ้นงานสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึงถูกเตรียมด้วยเครื่องกดอัดขึ้นรูป กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ถูกใช้สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยา ผลการทดลองพบว่า สมบัติทางกลของวัสดุผสมจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ PE-g-MA จะช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ของวัสดุผสม และทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมเพิ่มมากขึ้น ผลดังกล่าวสามารถยืนยันได้ด้วยภาพถ่ายจาก SEM

คำหลัก: ผงยาง, ความต้านทานแรงดึง, พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

Abstract

This work aimed to study the mechanical property of recycled low-density polyethyle (r-LDPE) by adding waste rubber (WR). The ratios of WR in their composites are 0%, 5%, 10% and 15% by weight. Also, Polyethylene-grafted-maleic anhydride (PE-g-MA) was filled in these composites to improve their compatibility. All chemicals were mixed by twin screw extruder with screw speed at 100 rpm. The specimens for tensile test were fabricated by hot compression machine. Scanning Electron Microscope (SEM) was used for morphological analysis. The results showed that the mechanical property of composites decreased when increasing the amount of WR. However, the existence of PE-g-MA increases the compatibility of these composites and then increases their tensile strength. These results were clearly confirmed by SEM images.

Keywords: Wasted tire rubber powder, Tensile strength, Low-density polyethylene

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะพลาสติกเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีการปนเปื้อนของขยะพลาสติกในทะเลและพื้นดินเป็นจำนวนมาก พลาสติกที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันคือพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน ซึ่งที่นิยมในปัจจุบันมีสองชนิด คือ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โดยในส่วนของ LDPE นั้นนิยมนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตฟิล์มและถุงพลาสติกสำหรับอาหารค่อนข้างมาก เนื่องจากมีความใส เหนียวและยืดหยุ่นได้ดี อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ประเภทฟิล์มและถุงพลาสติกนั้นมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานสั้น ส่งผลให้ถูกทิ้งเป็นขยะหรือของเสียในปริมาณมากในแต่ละวัน

การจัดการขยะพลาสติก LDPE ทำได้หลายวิธี เช่น การฝังกลบ การเผาทำลาย การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง และการนำกลับมาแปรรูปใหม่ หรือ รีไซเคิล (Recycle) เป็นต้น การฝังกลบขยะพลาสติก LDPE เป็นวิธีที่สะดวก แต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เพราะ LDPE ย่อยสลายได้ยาก จึงทับถมและปนเปื้อนอยู่ในดิน รวมทั้งอาจจะปนเปื้อนสู่ทะเลด้วย ส่วนการเผาขยะพลาสติกก็ก่อให้เกิดมลภาวะและเป็นอันตรายอย่างมาก ดังนั้น การนำขยะพลาสติก LDPE มารีไซเคิลจึงเป็นวิธีที่น่าสนใจและเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม พลาสติก LDPE ที่ผ่านกระบวนการหลอมขึ้นรูปใหม่จะมีสมบัติเชิงกลลดลง จึงต้องเติมสารเติมแต่งเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้กับพลาสติก LDPE ชนิดรีไซเคิล จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีการนำสารตัวเติมต่าง ๆ ผสมกับพลาสติก LDPE ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต [1] เขม่าดำ [2] เคลย์ [3] และผงยาง [4] เป็นต้น สารตัวเติมที่เตรียมจากผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นสารตัวเติมที่น่าสนใจ เนื่องจากผงยางที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วนั้นเป็นขยะที่รีไซเคิลได้ยากเช่นกัน มีราคาต่ำ แต่มีสมบัติเชิงกลและสมบัติความทนทานต่อความร้อนที่ดี

อย่างไรก็ตาม ความเข้ากันได้ระหว่าง LDPE รีไซเคิลกับผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วนั้นไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของ LDPE รีไซเคิลลดลง ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงความเข้ากันได้ของวัสดุผสมทั้งสองก่อน จากการศึกษาพบว่าสารเชื่อมประสาน เช่น สารประกอบประเภทมาเลอิคแอนไฮไดร์และสารประกอบไซเลน เป็นต้น ได้รับความนิยมนำมาใช้เพิ่มความเข้ากันได้ของพลาสติกกับยาง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสมบัติทางกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิล (r-LDPE) ด้วยผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้ว (Waste tire rubber; WR) และสารเชื่อมประสานพอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์ (PE-g-MA)

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การเตรียมวัสดุผสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลกับผงยาง

การเตรียมวัสดุผสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิล (r-LDPE) (บริษัท รุ่งเรืองพลาส จำกัด) กับผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้ว (WR) (Q2 Thailand, ขนาด 40 mesh) นั้น ดำเนินการโดยผสมเม็ดพลาสติก r-LDPE กับผง WR ด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ (บริษัท เจริญทัศน์ จำกัด รุ่น CTE-D20L40) ที่อุณหภูมิ 180 – 200 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบการหมุนของสกรู 100 รอบต่อนาที อัตราส่วนผสมของ WR ที่ใช้คือ 0%, 5%, 10% และ 15 % โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ วัสดุผสมจะถูกนำไปเติมสารเชื่อมประสาน PE-g-MA (Aldrich Chemical (USA)) ลงไป 3 phr ตามวิธีการซึ่งแนะนำในงานวิจัยของ Kahar และคณะ [5] เพื่อปรับปรุงความเข้ากันได้ของวัสดุผสมทั้งสอง

2.2 การทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลกับผงยาง

วัสดุผสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลกับผงยาง ทั้งที่ผ่านการเติมและไม่เติม PE-g-MA จะถูกนำมาทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D638 เพื่อเปรียบเทียบผลของการเติมสารเชื่อมประสาน PE-g-MA ในวัสดุผสม ชิ้นงานทดสอบทุกชิ้นจะถูกเตรียมด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน (บริษัท เจริญทัศน์ จำกัด รุ่น PR2D-W300L350 PM-WCL-HMI) ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi เป็นเวลา 10 นาที และทำการหล่อเย็น 3 นาที ก่อนนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

ในส่วนของการทดสอบความต้านทานแรงดึงนั้น ชิ้นงานทดสอบของวัสดุผสมแต่ละอัตราส่วน อัตราส่วนละ 5 ชิ้นจะถูกทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกลอเนกประสงค์ (LLOYD รุ่น LR10K PLUS) ขนาด 10 กิโลนิวตัน ด้วยอัตราเร็วในการดึง 500 มิลลิเมตรต่อนาที

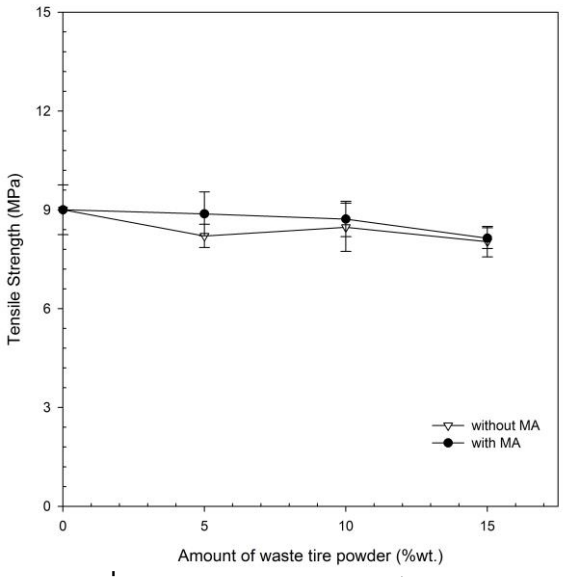
2.3 การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลกับผงยาง

ลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลกับผงยางสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (JEOL รุ่น JSM-6510) โดยชิ้นงานที่ผ่านการแช่ด้วยไนโตรเจนเหลวจะถูกนำมาหักและเคลือบผิวด้วยทองก่อนทดสอบ

3. ผลการดำเนินงานวิจัยและอภิปรายผล

การทดสอบความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมของ r-LDPE กับ WR โดยมีการเติมสารเชื่อมประสาน PE-g-MA ลงไป ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ที่อัตราเร็วในการดึง 500 มิลลิเมตรต่อนาที จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสม r-LDPE กับผงยางที่อัตราส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 1

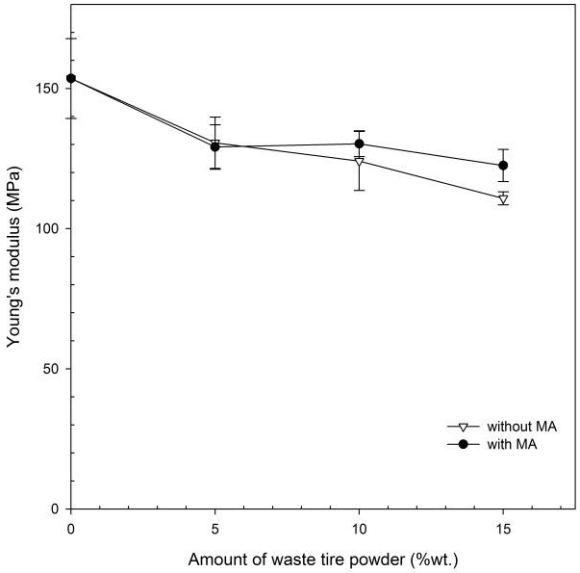
จากรูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสม r-LDPE กับผงยางที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าค่าความต้านแรงดึงของวัสดุผสม r-LDPE ที่เติมผงยางในปริมาณ 0% 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ย เท่ากับ 9.003 MPa 8.208 MPa 8.470 MPa และ 8.036 MPa ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณผงยางที่เติมลงไปส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงให้กับพลาสติก r-LDPE ลดลง เนื่องจากทำให้เกิดการแยกเฟสระหว่างผงยางและ r-LDPE ทำให้เมื่อมีการให้แรงดึงจึงรับแรงได้น้อยลง ค่าความต้านทานแรงดึงจึงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากงานวิจัยของ ระพีพันธ์ แดงตันกี และคณะ [6]



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสม r-LDPE กับผงยางที่อัตราส่วนต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาผลของการเติมสารเชื่อมประสาน PE-g-MA พบว่าการเติมสารเชื่อมประสานทำให้วัสดุผสมมีค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น โดยวัสดุผสม r-LDPE กับผงยางที่ปริมาณ 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก ที่เติม PE-g-MA จะมีค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ

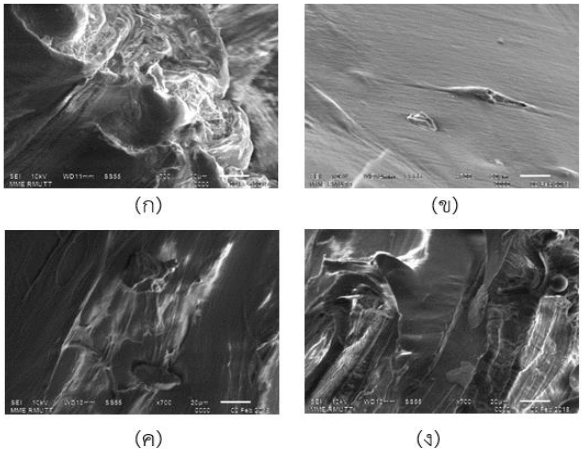
8.879 MPa 8.722 MPa และ 8.140 MPa ตามลำดับ เมื่อเทียบกับวัสดุผสมที่ไม่เติม PE-g-MA ผสมผงยางในปริมาณ 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากสารเชื่อมประสานช่วยเพิ่มการยึดเกาะและการกระจายตัวที่ดีในเนื้อเมทริกซ์ r-LDPE ทำให้เกิดการถ่ายเทความเค้นระหว่างเฟสได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ A.W.M. Kahar และคณะ [5]



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสของยังของวัสดุผสม r-LDPE กับผงยางที่อัตราส่วนต่าง ๆ

รูปที่ 2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสของยังของวัสดุผสม r-LDPE กับผงยางที่อัตราส่วน 0% 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก พิจารณาที่เส้นกราฟของวัสดุผสมที่ไม่เติมสารเชื่อมประสานจะพบว่าค่ามอดูลัสของยังมีค่าเท่ากับ 153.558 MPa 130.630 MPa 124.140 MPa และ 110.795 MPa ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นว่า เมื่อเติมผงยางในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ค่ามอดูลัสของยังลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้ในกรณีความต้านทานแรงดึง

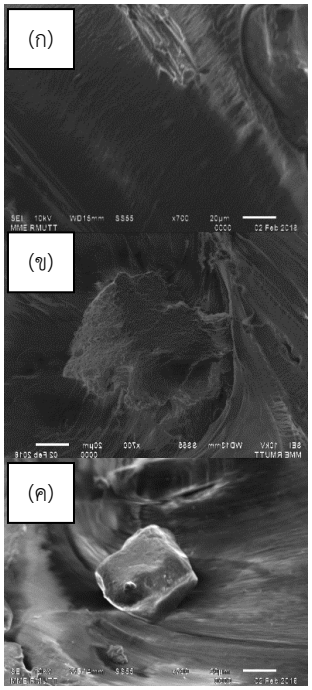
นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่ามอดูลัสของยัง ในกรณีวัสดุผสม r-LDPE ที่เติมผงยางในปริมาณ 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก ที่เติมสารเชื่อมประสาน จะพบว่ามีค่ามอดูลัสของยังเท่ากับ 129.124 MPa 130.265 MPa และ 122.525 MPa ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่า ค่ามอดูลัสของยังของวัสดุผสมที่เติมผงยางในปริมาณ 10% และ 15% ที่เติมสารเชื่อมประสานมีค่าสูงกว่า วัสดุผสมที่ไม่เติมสารเชื่อมประสานที่เติมผงยางในปริมาณที่เท่ากัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะสารเชื่อมประสานที่เติมลงไปช่วยเพิ่มการยึดเกาะและการกระจายตัวที่ดีในเนื้อเมทริกซ์ r-LDPE ทำให้เกิดการถ่ายเทความเค้นระหว่างเฟสได้ดีขึ้น จึงทำให้ค่ามอดูลัสของยังเพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่สอดคล้องกับผลจากค่าความต้านทานแรงดึง



รูปที่ 3 ภาพสัณฐานวิทยาของ (ก) r-LDPE (ข) r-LDPE/WR 5% โดยน้ำหนัก (ค) r-LDPE/WR 10% โดยน้ำหนัก และ (ง) r-LDPE/WR 15% โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 700 เท่า

จากรูปที่ 3 แสดงสัณฐานวิทยาที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะเห็นว่าพลาสติก r-LDPE ที่เติมผงยาง 0% โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นวัสดุเนื้อเดียว ดังรูปที่ 3 (ก) ส่งผลให้พื้นผิวการแตกหักเป็นแบบเหนียวตามคุณสมบัติของ LDPE ส่วนรูปที่ 3 (ข) แสดงภาพสัณฐานวิทยาของวัสดุผสม r-LDPE/WR 5% โดยน้ำหนัก จะเห็นว่ามีอนุภาคของผงยางขนาดเล็กกระจายตัวอยู่เล็กน้อย รูปที่ 3 (ค) แสดงภาพสัณฐานวิทยาของวัสดุผสม r-LDPE/WR 10% โดย

น้ำหนัก จะเห็นว่าอนุภาคของผงยางมีขนาดใหญ่ขึ้นและอนุภาคของผงยางยึดเกาะกับพลาสติกได้ไม่ดี และรูปที่ 3 (ง) แสดงภาพสัณฐานวิทยาของวัสดุผสม r-LDPE/WR 15% โดยน้ำหนัก จะเห็นว่าอนุภาคของผงยางจับตัวกันเป็นก้อนสามารถสังเกตได้ชัดเจนมากขึ้น และเนื้อเมทริกซ์มีลักษณะผิวของวัสดุที่แตกแบบเหนียวหรือมีการแยกเฟสกันอย่างชัดเจน



รูปที่ 4 ภาพสัณฐานวิทยาของ (ก) r-LDPE/WR5%/PE-g-MA (ข) r-LDPE/WR10%-PE-g-MA และ (ค) r-LDPE/WR15%/PE-g-MA ที่กำลังขยาย 700 เท่า

รูปที่ 4 เป็นภาพสัณฐานวิทยาของวัสดุผสม r-LDPE กับ WR ที่เติมสารช่วยประสาน PE-g-MA ลงไปซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า การเปรียบเทียบผลของการเติมสารช่วยประสานจะพิจารณารูปที่ 4 (ก) เทียบกับ รูปที่ 3 (ข) ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุผสม r-LDPE/WR5%/PE-g-MA และวัสดุผสม r-LDPE/WR5% มีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ กล่าวคือ มีอนุภาคผงยางขนาดเล็กและมีการกระจายตัวได้ดี แต่วัสดุผสม r-LDPE/WR5%/PE-g/MA จะมีพื้นผิวที่เรียบกว่า จากนั้นพิจารณารูปที่ 4 (ข) เทียบกับ รูปที่ 3 (ค) จะเห็นว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุผสม r-LDPE/WR10 % / PE-g/MA และวัสดุผสม r-LDPE/WR10% มีลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกัน คือรูปที่ 3 (ค) สามารถสังเกตเห็นอนุภาคของผงยางได้อย่างชัดเจน แต่จะต่างจากรูปที่ 4 (ข) ที่มีลักษณะผิวเป็นหลุมขนาดเล็กหลายจุด ซึ่งแสดงถึงอนุภาคผงยางขนาดเล็กที่กระจายตัวได้ดี และพิจารณารูปที่ 4 (ค) เทียบกับ รูปที่ 3 (ง) จะเห็นว่าลักษณะพื้นผิวมีความแตกต่างกันอย่างมาก โดยรูปที่ 3 (ง) มีการแยกเฟสกันระหว่างเนื้อเมทริกซ์ r-LDPE และผงยางได้อย่างชัดเจน ลักษณะผิวขรุขระ ส่วนที่รูปที่ 4 (ค) มีลักษณะผิวที่เรียบกว่าและยังมีขนาดอนุภาคของผงยางที่เล็กกว่า ทำให้ทราบว่าเมื่อเติมสารเชื่อมประสานจะทำให้อนุภาคของผงยางไม่เกาะกลุ่มกันและมีการกระจายตัวและการยึดเกาะกันระหว่างเนื้อเมทริกซ์ r-LDPE และผงยางได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้วัสดุผสมระหว่าง r-LDPE/WR มีการผสมที่เข้ากันได้ดีขึ้น [5] และส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงและมอดูลัสของยังดังที่กล่าวไปก่อนหน้า

4. สรุปผลงานวิจัย

การศึกษาสมบัติทางกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลด้วยผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วและสารเชื่อมประสานพอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วในปริมาณ 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก และอิทธิพลของสารเชื่อมประสานที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุผสม r-LDPE/WR สามารถสรุปผลได้ว่า เมื่อผสมผงยางลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลในปริมาณที่มากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงและค่ามอดูลัสของยังลดลง เนื่องจากการแยกเฟสของพลาสติกและยาง แต่การเติมสารเชื่อมประสานพอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์จะเพิ่มความเข้ากันได้ของเฟสทั้งสอง

จึงทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงและค่ามอดูลัสของยังสูงกว่ากรณีที่ไม่มีการเติมสารเชื่อมประสาน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านเครื่องมือผสม เครื่องขึ้นรูป และเครื่องทดสอบจากสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Wang, W. Y., Zeng, X. F., Wang, G. Q. and Chen, J. (2007). Preparation and characterization of calcium Carbonate/Low-Density-Polyethylene nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 106, pp. 1932 - 1938.

[2] Qiang Y., Stuart A. B. and Dongyang W. (2009). Mechanical and Conductive Properties of Carbon Black-filled High-density Polyethylene, Low-density Polyethylene, and Linear Low-density Polyethylene. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Vol. 23 (4), pp. 459 – 471.

[3] Seok-In H. and Jong-Whan R. (2012). Preparation and properties of melt-intercalated linear low density polyethylene/clay nanocomposite films prepared by blow extrusion. *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 48 (1), pp. 43 - 51.

[4] Singsang W., Headkhuntod K., Sukmark S. and Jaruchalermrat P. (2017). Possibility of using waste tire rubber powders as flame retardant in high-density polyethylene composites. paper presented in *Pure and Applied Chemistry International Conference 2017*, Bangkok, Thailand.

[5] Kahar A.W.M., Ismail H. and Othman N. (2012). Effects of Polyethylene-Grafted Maleic Anhydride as a Compatibilizer on the Morphology and Tensile Properties of (Thermoplastic Tapioca Starch)/ (High-Density Polyethylene)/ (Natural Rubber) Blends. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, Vol. 18 (1), pp. 65-70.

[6] ระพีพันธ์ แดงตันกี, นฤมล เครือองอาจนุกูล, ปิยะนาท คันทัพไทย, พลาวัสถ์ ถวิลประเสริฐ และกีรติ พินิจเศรษฐวงศ์. ฟิล์มพลาสติกพอลิเอทธิลีนผสมผงยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

การจำลองการไหลของพลาสติกหลอมเหลว เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ในกระบวนการแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ชิ้นงานถาดรองแก้ว

Flow simulation of plastic melt. To find parameters. In the injection molding process, glass tray work pieces.

พิเชษฐ์ เฮียบสุวรรณ[1], นพพริษฐ์ วสันต์บ้งงิ้ม[1], ชัยวัฒน์ วัฒนกุล[1], ภูมิบุญ พลต้าง[1], จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2]หน่วยวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และการอบชุบความร้อนโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ที่อยู่ 744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000*
E-mail: jittiwat.ni@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ วัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานถาดรองแก้ว โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ช่วยในการวิเคราะห์ การจำลองของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม Solidworks การไหลของพลาสติกหลอมเหลวถูกวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Solidworks Plastics ผลที่ได้จากการศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการฉีดโดยใช้แม่พิมพ์จริง พลาสติกที่ใช้ในการทดลอง คือ พอลิโพไพรีนเม็ดใหม่ เกรด RJ 6428 โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองได้แก่ เวลาในการเติมเต็ม แรงดัน เวลาในการฉีดย้ำ น้ำหนัก ขนาด จากการทดลอง เวลาในการเติมเต็ม 1.64 วินาที แรงดัน 14.54 เมกะปาสคาล เวลาในการฉีดย้ำ 4.61 วินาที ตามลำดับ น้ำหนักของชิ้นงาน 7.51 กรัม หลังจากนั้นทำการฉีดถาดรองแก้ว และนำชิ้นงานทดสอบมาเปรียบระหว่างระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และงานฉีดจริง น้ำหนักของชิ้นงานถาดรองแก้ว 8.03 กรัม มีค่าความผิดพลาดจากโปรแกรมอยู่ที่ 0.52 %

คำหลัก: พอลิโพรพิลีน , การฉีดขึ้นรูป , ไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

The purpose of this research was to determine the optimal parameters for the plastic injection molding process of the glass tray by using finite element method. Modeling of plastic injection molds and workpieces was prepared using Solidworks program. The molten plastic flow was analyzed by finite element method using Solidworks Plastics program. The results obtained from the finite element method were compared with the results obtained by using real molds. The experimental plastics were RJ 6428 polypropylene. The parameters used in the simulation were: Filling time in the pressure of time to inject weight. 1.64 seconds to 14.54 MPa, Holding time 4.61 seconds, and weight 7.51 grams. After the injection, the glass tray and bring specimens compare between the finite elements method and the actual injection. The weight of the workpiece has glass tray 8.03 g error value from the program are at 0.52%.

Keywords: Polypropylene, Injection molding, Finite Element.

1.บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในสังคมมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในรูปแบบของอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งของ และเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น ขวด จาน ช้อน ส้อม เก้าอี้ ตะกร้า เป็นต้น ดังนั้น แม่พิมพ์จึงสำคัญต่อระบบอุสาหกรรมการผลิตเป็นอย่างมาก เนื่องจากแม่พิมพ์เป็นเครื่องมือในการผลิตสินค้าที่มีรูปร่างเหมือนๆ กันได้ครั้งละมากๆ แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพและความเที่ยงตรงสูง จะส่งผลโดยตรงต่อการลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ แต่ปัจจุบันการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติก อุตสาหกรรมแม่พิมพ์พลาสติก ของไทยนั้นยังคงเผชิญกับปัญหาและอุปสรรคในหลายๆ ด้านที่ทำให้ยังไม่เจริญก้าวหน้าเท่าที่ควร ซึ่งอุปสรรค เหล่านั้นประกอบด้วยอุปสรรคด้านวัตถุดิบ เครื่องจักร บุคลากร ความรู้ความชำนาญ ซอฟต์แวร์ และการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องของภาครัฐ ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศโดยมีหัวใจสำคัญอยู่ที่การกำหนดยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมอย่างเป็นขั้นตอนและต่อเนื่อง[1]

การออกแบบแม่พิมพ์พลาสติก (Plastic Mold Design) ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใดๆ ก็ตามที่มีจำนวนมากจำเป็นต้องอาศัยแม่พิมพ์ที่สามารถครอบคลุมถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ได้ทั้งรูปทรง ขนาด น้ำหนัก ตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ ซึ่งลักษณะของกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยตรงมาจากแม่พิมพ์ที่นำมาใช้งาน ทั้งในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต้นทุนในกระบวนการผลิตและราคาที่เหมาะสม ดังนั้น การออกแบบ และสร้างแม่พิมพ์จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง [1] คุณภาพของชิ้นงาน ขึ้นอยู่กับการออกแบบกระบวนการ เครื่องจักร แม่พิมพ์ที่เหมาะสมรวมถึงการปรับตั้งพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติก ได้แก่ อุณหภูมิพลาสติกเหลว อุณหภูมิแม่พิมพ์ เป็นต้น ซึ่งระบบการออกแบบเริ่มต้นจากการคำนวณหาขนาดรูปทรงเบื้องต้น และชิ้นส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์ ได้แก่ ฐานโครงสร้าง สปริง คอร์ คาวิตี้เพลท และไกด์โพสท์ [2] วัชระ สุขเรืองกูล และคณะ [3-6] ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์การไหลตัวของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กรณีศึกษา พลาสติก นำค่าที่ได้ไปการจำลองทางไฟไนท์ อิลิเมนท์ด้วยโปรแกรม SOLIDWORK Plastic เพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ในการปรับตั้ง เครื่องฉีดพลาสติกแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการฉีดชิ้นงานจริง จำลองการฉีดทำการขึ้นรูปชิ้นงาน พบว่าชินงานมมีความสมบูรณ์ และมีน้ำหนักใกล้เคียงกับที่โปรแกรมคำนวณ นพพริษฐ์ วสันต์บ้งงิ้ม และคณะ [7-9] ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์การไหลตัวของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกรณีศึกษาพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนนำไปทดสอบค่าการไหลและคุณสมบัติทางกล และนำค่าที่ได้ไปการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Solidworks Plastics เพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ในงานฉีดได้แก่ แรงดันในการฉีด เวลาในการฉีดเติมเต็ม เวลาในการหล่อเย็น อุณหภูมิในการฉีด และอุณหภูมิแม่พิมพ์โดยในงานลักษณะงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้มีการฉีดลักษณะผลิตภัณฑ์แบน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาการจำลองการฉีดขึ้นรูปพลาสติกโดยใช้ระเบียบ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และเปรียบเทียบการฉีดแม่พิมพ์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ถาดรองแก้วที่มีลักษณะแบน เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลตัวของน้ำพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด

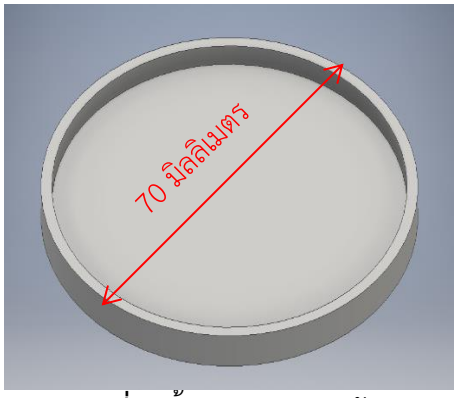
พลาสติกด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานถาดรองแก้วก่อนนำไปฉีดจริง ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกให้เหมาะสมกับชิ้นงาน

2. วิธีดำเนินงาน

แก้ไขเป็น พฤติกรรมการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ถูกศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์การฉีดที่เหมาะสมของพลาสติกพอลิโพรไพลีนเม็ดใหม่ เกรด RJ 6428 สำหรับใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการจำลองด้วยโปรแกรมในครั้งถัดไป

2.1 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Model ผลิตภัณฑ์ถาดรองแก้วในการทดลอง เนื่องจากมีลักษณะของชิ้นงานที่มีพื้นที่ในระนาบเดียวกันค่อนข้างมา ง่ายต่อการวิเคราะหารยุบตัวของชิ้นงาน



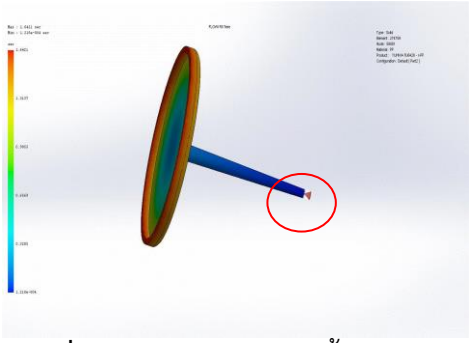
รูปที่ 1 ชิ้นงานถาดรองแก้ว

2.2 การกำหนดค่าเพื่อการจำลองการไหล

การกำหนดคุณสมบัติของกระบวนการคือการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter) ที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานวิธีการฉีดด้วยแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้แก่ อุณภูมิหลอมเหลว (Melt Temperature), ดัชนีการไหล (Melt Flow), มอดูลัสยัง (Yong's Modulus), เวลาในการฉีดย้ำ (Holding Time), เวลาในการเย็นตัว (Cooling Time), แรงดันในการฉีดขึ้นรูป

2.3 กำหนดทางเข้าของน้ำพลาสติก

กำหนดตำแหน่งทางเข้าของน้ำพลาสติกที่กึ่งกลางของจุดเริ่มต้น เพื่อความสมดุลของการไหลพลาสติก



รูปที่ 2 กำหนดทางเข้าของน้ำพลาสติก

2.4 จำลองผลด้วยโปรแกรม

Run โปรแกรม Solidwork Plastic เพื่อทำการจำลองผล เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และข้อบกพร่องของกระบวนการ

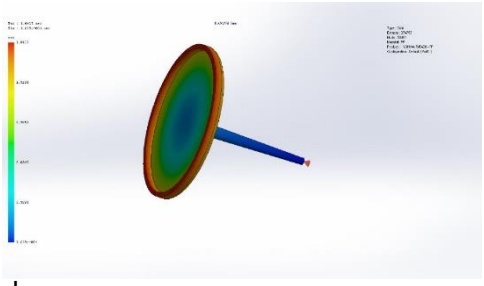
3. ผลการศึกษาพฤติกรรมการไหลของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรม Solidwork Plastic

เมื่อโปรแกรมวิเคราะห์กระบวนการไหลเสร็จสิ้น จะนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดูข้อบกพร่องของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมการไหลของกระบวนการ

3.1 การวิเคราะห์เวลาการเติมเต็มของแม่พิมพ์ (Fill Time)

จากการวิเคราะห์การไหลของ Polypropylene พบว่าบริเวณขอบของชิ้นงานเติมเต็มช้า เนื่องจากออกแบบทางเข้าของน้ำพลาสติกอยู่กึ่งกลางของชิ้นงานทำให้บริเวณกึ่งกลางชองชิ้นมีเวลาในการเติมเต็มเร็วกว่าขอบของชิ้นงาน แต่เวลาในการ

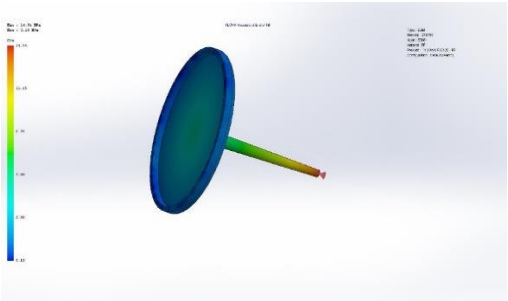
เติมเต็มในกระบวนการไหลตัวที่เติมเต็มทุกส่วนของชิ้นงานไม่มีส่วนไหนฉีดไม่เต็ม หรือเกิดของเสียกับชิ้นงาน และใช้เวลาในการเติมเต็มมากที่สุดที่ 1.6417 วินาที ต่อการฉีดชิ้นงาน 1 ชิ้น



รูปที่ 3 การจำลองการไหลพลาสติก โดยโปรแกรม Solidwork plastic

3.2 การวิเคราะห์แรงดันในการฉีดของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (Pressure)

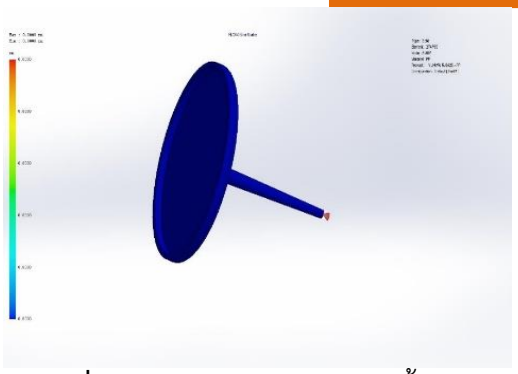
จากการวิเคราะห์แรงดันต่อพฤติกรรมการไหลของ Polypropylene พบว่าแรงดันสูงสุดที่ 14.54 Mpa อยู่บริเวณตำแหน่งทางเข้าการไหลของน้ำพลาสติกเข้า เพราะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก แต่เมื่อสังเกตบริเวณชิ้นงานถาดรองแก้วซึ่งมีสีที่สมดุลกันนั้น มีแรงดันอยู่ที่ประมาณ 2.99 Mpa และแรงดันต่ำสุดที่ 0.10 Mpa จะอยู่บริเวณขอบของชิ้นงาน



รูปที่ 4 การจำลองเวลาการเติมเต็มของแม่พิมพ์

3.3 การวิเคราะห์การยุบตัวของชิ้นงาน (Sink mark)

จากการวิเคราะห์ของชิ้นงาน พบว่าชิ้นงานมีสีที่สมดุลกันมาก บริเวณชิ้นงานและเกจทางเข้ามีสีที่เหมือนกัน คือสีน้ำเงิน ดังนั้นชิ้นงานจึงไม่มีการยุบตัว



รูปที่ 5 การจำลองการยุบตัวของชิ้นงาน

4.สรุปผล

จากการจำลองการไหลของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์ถาดรองแก้ว เพื่อหาข้อบกพร่องของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมการไหลของพลาสติก Polypropylene โดยใช้โปรแกรม Solidwork Plastic จะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถคำนวณหาน้ำหนักของชิ้นงานที่เติมเต็มได้ ซึ่งน้ำหนักของชิ้นงานที่ได้จากโปรแกรมเท่ากับ 7.51 กรัม และชิ้นงานที่ฉีดจริงที่ขึ้นรูปที่คณะวิศวกรรมศาสตรและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มีขนาดเท่ากับ 8.03 กรัม มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.52 % เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการจำลองการไหลของแม่พิมพ์พลาสติกของผลิตภัณฑ์ถาดรองแก้ว จากโปรแกรม Solidworks plastics สามารถนำมาขึ้นรูปชิ้นงานได้จริงที่สมบูรณ์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หน่วยงานวิจัยกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์และกระบวนการอบชุบทางความร้อน สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตรและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคดนโลยีราชมงคลอีสาน สถาบันพลาสติก ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือขึ้นรูป และเครื่องมือทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อดิเรก ชัยนวกุล นายศุภสิทธิ์ มะโนเครื่อง และนทีชัย ผัสดี, 2557. **“การออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกด้วยเทคนิควิศวกรรมย้อนรอยและระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์”**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.

[2] วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล, 2559. **“การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยเทคนิคการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์”**ภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

[3] วัชระ สุขเรืองกูล และคณะ **“การวิเคราะห์การไหลตัวของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กรณีศึกษาพลาสติกชนิดพอลิออกซีเมทิลีนที่ผ่านการใช้งานแล้ว”**,การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2560, 21 กรกฎาคม 2560,ขอนแก่น

[4] วัชระ สุขเรืองกูล และคณะ **“การวิเคราะห์การไหลตัวของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กรณีศึกษาพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนที่ผ่านการใช้งานแล้ว”**, การประชุมวิชาการราชมลคลด้านเทคโนโลยีกการผลิต และการจัดการ ประจำปี พ.ศ. 2560, 8 ธันวาคม 2560,ชลบุรี

[5] วัชระ สุขเรืองกูล และคณะ **“การวิเคราะห์การไหลตัวและค่าพารามิเตอร์ในการฉีดขึ้นรูปของพลาสติกรีไซเคิล กรณีศึกษา พลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนรีไซเคิลจากถุงน้ำเกลือ”**,การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ ประจำปี พ.ศ. 2560, 26 ธันวาคม 2560,สุรินทร์

[6] วัชระ สุขเรืองกูล และคณะ **“การศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกที่เหมาะสมของพลาสติกรีไซเคิลที่มีผลต่อการหดตัวด้วยระเบียบวิธีวิจัยไฟไนตอิไฟไนต์อิลิเมนต์ กรณีศึกษา พลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนรีไซเคิลจากตะกร้า”** ,การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2560,23-26 กรกฎาคม 2561,อุบลราชธานี

[7] นพพริษฐ์ วสันต์บังงิ้ม และคณะ **“การวิเคราะห์การไหลตัวของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กรณีศึกษาพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนที่ยังไม่ผ่านการใช้งานแล้ว”**,การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรม และเทคโนโลยีวิชาการ ประจำปี พ.ศ. 2560, 26 ธันวาคม 2560, สุรินทร์

[8] นพพริษฐ์ วสันต์บังงิ้ม และคณะ **“การศึกษาพฤติกรรมการไหลของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของพอลิโพรไพลีนเม็ดใหม่ เกรด 1088 P เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานกล่องดินสอ”** การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ, 30-31 พฤษภาคม 2561, กระบี่

[9] นพพริษฐ์ วสันต์บังงิ้ม และคณะ **“การหาค่าพารามิเตอร์กระบวนการฉีดพลาสติกพอลิโพรไพลีนด้วยวิธีการจำลองการขึ้นรูป กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์กล่องดินสอ** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2560, 23-26 กรกฎาคม 2561, อุบลราชธานี

การศึกษาประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมของซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทยในแก๊สซิฟิไฟเออร์ชนิดไหลลงด้วยวิธีวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์

Co-gasification Performances of Corncub and Thai-lignite in a Downdraft Fixed Bed Gasifier using Thermodynamic Analysis

คณิต มานะธุระ

กลุ่มวิจัยพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
E-mail: kanitmana@gmail.com, Tel: 034-355310

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมระหว่างซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทยในแก๊สซิฟิไฟเออร์ชนิดไหลลงด้วยวิธีวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์ ผลของอัตราส่วนผสมระหว่างซังข้าวโพดและลิกไนต์ (B/L) ที่ 10%-90%, 20%-80% และ 30%-70% โดยน้ำหนักและอัตราส่วนอากาศสมมูล (ER) ต่อองค์ประกอบแก๊สชีวมวล (H_2, CO, CH_4, CO_2) ประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่น (ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (CGE) และการแปลงของคาร์บอน (CC)) ได้ถูกศึกษา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าที่ B/L ระหว่าง 20/80 ถึง 30/70 ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซมีเทน (CH_4) มีค่าค่อนข้างคงที่ ส่งผลให้ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวลและ CGE เพิ่มขึ้น โดยที่ ER เท่ากับ 0.2 ให้ค่าประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมดีที่สุด

คำหลัก: แก๊สซิฟิเคชั่นร่วม ซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทย สมดุลอุณหพลศาสตร์ แก๊สซิไฟเออร์ชนิดไหลลง

Abstract

Co-gasification of corncub and Thai-lignite mixtures was performed to investigate the gasification performance in a downdraft fixed bed gasifier using thermodynamic analysis. The effect of mixture ratios of 10%-90%, 20%-80% and 30%-70% (w/w) of corncub-lignite (B/L) and air equivalence ratio (ER) are considered to account for their impacts on the performance including syngas content (H_2, CO, CH_4, CO_2), cold gas efficiency (CGE) and carbon conversion (CC). Results from simulation indicated that the B/L of 20/80 to 30/70 led to increase H_2 when CO and CH_4 was not much affected. These caused higher values in the syngas heating value and CGE. The ER = 0.2 represents the optimum performance in the co-gasification

Keywords: Co-gasification, Corncub and Thai-lignite, Thermodynamic equilibrium, Downdraft gasifier

1. บทนำ

แก๊สซิฟิเคชั่นเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อนกระบวนการหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ชีวมวล หรือถ่านหิน ให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น แก๊สดังกล่าวสามารถใช้ในกระบวนการทางความร้อน ความเย็น ไฟฟ้าหรือเคมี โดยอาศัยสารตัวกลางเป็นตัวทำปฏิกริยา ได้แก่ อากาศ ก๊าซออกซิเจน ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือการผสมกันเองระหว่างตัวกลางเป็นต้น

แก๊สซิฟิเคชั่นร่วมของชีวมวลและถ่านหินเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO_2) และการพึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล [2] ข้อได้เปรียบของเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

Masnadi และคณะ [3] พบว่าการใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมทำให้ค่าผลผลิตไฮโดรเจนและปฏิกริยาของชาร์เพิ่มขึ้น Xu และคณะศึกษาผลกระทบของชนิดเชื้อเพลิงและส่วนผสมของถ่านหินต่อชีวมวลในกระบวนการแก๊สซิฟิ-เคชั่นโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารทำปฏิกริยา พวกเขาพบว่าที่อัตราส่วนผสมของลิกไนต์ต่อเปลือกข้าวที่ 4:1 ให้ค่าพลังงานกระตุ้นน้อยที่สุด

จาก [5-7] ระบุว่าการเพิ่มอัตราส่วนของชีวมวลทำให้เพิ่มอัตราการแปลงคาร์บอน ประสิทธิภาพแก๊สเย็นและลดการเกิดน้ำมันดินในแก๊สชีวมวล อย่างไรก็ตามค่าความร้อนของกีสชีวมวลมีค่าลดลงเนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สชีวมวลแบบจำลองแก๊สซิฟิเคชั่นได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อศึกษากระบวนแก๊สซิฟิเคชั่นและประกอบการออกแบบแก๊สซิฟิไฟเออร์ แบบจำลองแก๊สซิฟิเคชั่นยังแบ่งได้เป็นแบบจำลองทางจลนศาสตร์และสมดุลทางอุณหพลศาสตร์ [8] แบบจำลองทางจลนศาสตร์ศึกษาผลของความเร็วของปฏิกริยาเคมีและผลผลิตที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยา [9] แบบจำลองอุณหพลศาสตร์ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารสู่สภาวะสมดุลกับสิ่งแวดล้อมภายใต้ระยะที่นานพอสมควรและอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมระหว่างถ่านหินกับชีวมวลมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอการจำลองการเกิดแก๊สชีวมวลของแก๊สซิฟิเคชั่นร่วม โดยศึกษาผลของอัตราส่วนซังข้าวโพดต่อถ่านหินลิกไนต์ไทยและอัตราส่วนอากาศสมมูลต่อปริมาณแก๊สชีวมวลและประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วม ซึ่งผลลัพธ์จากแบบจำลองสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบแก๊สซิไฟเออร์ชนิดไหลลงได้

2. แบบจำลองทางสมดุลอุณหพลศาสตร์

2.1 สมมติฐาน

งานวิจัยได้กำหนดข้อสมมติฐานเพื่อจำลองกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น ดังต่อไปนี้

(1) กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นเกิดในช่วงอุณหภูมิคงที่และมีมวลไหลเข้า-ออกคงที่

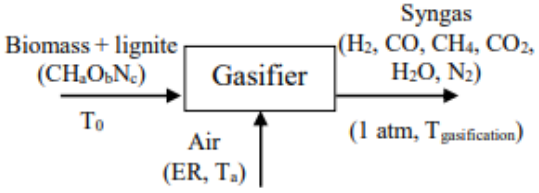
(2) แก๊สซิไฟเออร์ไหลลงทำงานที่สภาวะสมดุลอุณหพลศาสตร์ หมายถึง สารตั้งต้นมีเวลานานเพียงพอในการทำปฏิกริยาภายในแก๊สซิไฟเออร์จนเข้าสู่สภาวะสมดุลทางเคมี

(3) เชื้อเพลิงและอากาศเข้าแก๊สซิไฟเออร์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

(4) แก๊สชีวมวลมีพฤติกรรมเป็นก๊าซอุดมคติและเกิดจากส่วนผสมของก๊าซไฮโดรเจน (H_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH_4), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไอน้ำ (H_2O) และไนโตรเจน (N_2)

(5) ซัลเฟอร์และมลพิษในชีวมวลและถ่านหินที่ได้จากการแก๊สซิฟิเคชั่นไม่ได้นำมาพิจารณาในแบบจำลอง

(6) ของแข็งที่เหลือรวมถึงขี้เถ้าจากการแก๊สซิฟิเคชั่นและน้ำมันดินไม่ได้พิจารณาในแบบจำลองนี้



รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงแบบจำลองแก๊สซิฟิเคชั่นร่วม

สมการแก๊สซิฟิเคชั่นสามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$CH_aO_bN_c + m(O_2+3.76N_2) \rightarrow n_{H2}H_2 + n_{CO}CO + n_{CH4}CH_4 + n_{CO2}CO_2 + n_{H2O}H_2O + n_{N2}N_2 \quad (1)$$

โดย a, b และ c คือเลขอะตอมของไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนต่อหนึ่งอะตอมของคาร์บอนในเชื้อเพลิงร่วมตามลำดับ ค่า m คือโมลของอากาศซึ่งเกิดจากผลคูณของอากาศทางทฤษฎี a_{th} ซึ่งเท่ากับ 1 + b/4 - c/2 และอากาศสมมูล ER คำนวณได้จาก

$$ER = \frac{\left(\dot{m}_{air}/\dot{m}_{biomass}\right)_{actual}}{\left(\dot{m}_{air}/\dot{m}_{biomass}\right)_{stoichiometric}} = \frac{AF_{actual}}{AF_{stoichimetric}} \quad (2)$$

2.2. แบบจำลองแก๊สซิฟิเคชั่น

แบบจำลองแก๊สซิฟิเคชั่นในบทความนี้เลือกใช้วิธีพลังงานอิสระของกิบส์ที่น้อยที่สุด (Gibbs free energy minimization method [9]) โดยพลังงานอิสระของกิบส์ทั้งหมด (total Gibbs free energy, G_t) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และจำนวนโมลของสาร i (n_i) ที่พิจารณา ดังสมการต่อไปนี้

$(G_t)_{T,P} = f(n_1, n_2, n_3, \ldots, n_i)$ (3)

โดยพลังงานอิสระของกิบส์ทั้งหมด สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$G_t = \sum_{i=1}^{N} n_i \mu_i \quad (4)$$

โดย

$$\mu_i = \Delta G_{fi}^0 + RT \ln\left(y_i \phi_i P / P^0\right) \quad (5)$$

สมการที่ (4) สามารถจัดรูปใหม่ได้ดังนี้

$$G_t = \sum_{i=1}^{N} n_i \Delta G_{fi}^0 + \sum_{i=1}^{N} RT \ln(y_i) \quad (6)$$

เพื่อคำนวณหา n_i จากพลังงานอิสระของกิบส์ที่น้อยที่สุด สามารถคำนวณโดยการใช้ Lagrange's multipliers [8]

$$\sum_{i=1}^{n} n_i a_{ik} = A_k \quad (k = 1,2,\ldots,w) \quad (7)$$

โดย a_{ik} และ A_k คือจำนวนอะตอมของธาตุ k ในแต่ละโมเลกุลของแก๊ส i และจำนวนอะตอมทั้งหมดของธาตุ k ในระบบ ตามลำดับ w คือ จำนวนธาตุทั้งหมดในระบบ และอาศัย Lagrange multipliers λ_k เพื่อคูณในแต่ละสมการของการสมดุลมวล ดังนี้

$$\lambda_k \left(\sum_{i=1}^{N} n_i a_{ik} - A_k \right) = 0 \quad (8)$$

ผลรวมของสมการทั้งหมด คือ

$$\sum_k \lambda_k \left(\sum_{i=1}^{N} n_i a_{ik} - A_k \right) = 0 \quad (9)$$

Lagrange function L ถูกกำหนดขึ้นเมื่อการคำนวณรวมเข้ากับ G_t

$$L = G_t + \sum_k \lambda_k \left(\sum_{i=1}^{N} n_i a_{ik} - A_k \right) \quad (10)$$

ทำให้ค่า L มีค่าน้อยที่สุดได้เมื่อทำการ partial derivatives ของแต่ละสมการ แล้วให้มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล สมการที่ (10) จึงมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นกัน ดังนี้

$$\frac{\partial L}{\partial n_i} = 0 \quad (11)$$

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทย

	B	L	B/L		
			10/90	20/80	30/70
การวิเคราะห์แบบละเอียด (wt%)					
C	45.5	58.7	57.4	56.1	54.7
H	6.2	5	4.3	4.5	4.7
O	47	33.4	34.8	36.1	37.5
N	1.3	2	1.6	1.6	1.5
S	0	0.9	0.8	0.7	0.6
HHV* (MJ/kg)	17.4	18.4	18.3	18.2	18.1

2.3 ประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่น

ในงานวิจัยนี้ ประสิทธิภาพแก๊สเย็น (CGE) และการแปลงคาร์บอน (CC) ได้ถูกใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพแก๊สซิฟิ-เคชั่น โดยก่อนที่จะคำนวณค่าดังลกล่าวจำเป็นต้องทราบค่าความร้อนของแก๊สชีวมวลก่อน [8] ดังนี้:

LHV_{syngas} (kJ/Nm^3)

$= (30.0y_{CO} + 25.7y_{H2} + 85.4y_{CH4}) \times 4.2$ (12)

โดย y คือ สัดส่วนโดยโมลของแก๊สชีวมวล

ประสิทธิภาพแก๊สเย็น คำนวณได้จาก

$$CGE(\%) = \frac{Y_{sg} \times LHV_{syngas}}{HHV_{fuel}} \times 100 \quad (13)$$

โดย Y_{sg} คือ ปริมาตรของแก๊สชีวมวลต่อน้ำหนักของเชื้อเพลิงร่วม (Nm^3/kg-fuel) และ ค่า HHV_{fuel} คือค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง (MJ/kg)

และค่าการแปลงคาร์บอน คำนวณได้จาก

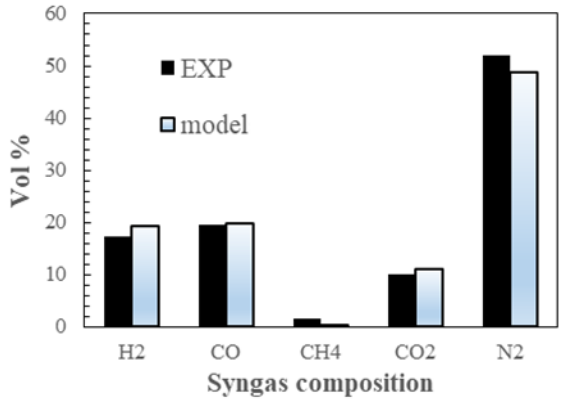
$$CC(\%) = \left[1 - \frac{\dot{m}_{syngas}\left(y_{CO_2}\frac{12}{44} + y_{CO}\frac{12}{28} + y_{CH_4}\frac{12}{16} \right)}{\dot{m}_{fuel} y_C} \right] \times 100 \quad (14)$$

โดย y_i คือ สัดส่วนโดยมวลของแก๊สชีวมวลชนิด i

2.4. การตรวจสอบแบบจำลอง

ข้อมูลจากการทดลอง (EXP) ของ Jayah และคณะ [11] ได้ถูกใช้เปรียบเทียบกับผลการจำลองในงานวิจัยนี้ โดยใช้ไม้ยางเป็นเชื้อเพลิงในแก๊สซิไฟเออร์ชนิดไหลลงที่ความดัน 1 บรรยากาศและ 900 องศาเซลเซียส. ในการเปรียบเทียบนี้ได้เลือก ผลการทดสอบแบบจำลองที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ที่ 2.03 มีปริมาณแก๊ส H_2, CO, CH_4, CO_2, และ N_2 ดังรูปที่ 2

จากรูปดังกล่าว พอสรุปได้ว่าแบบจำลองในงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากทดลองของ Jayah และคณะ

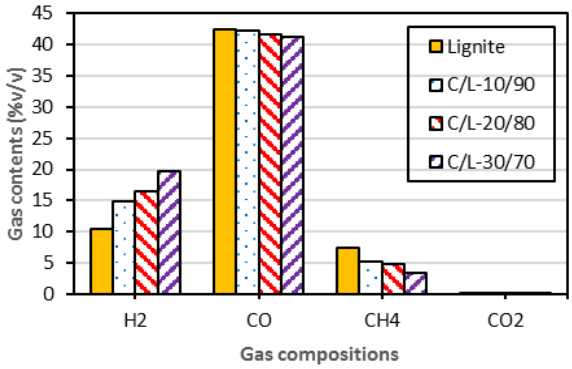


รูปที่ 2 เปรียบเทียบองค์ประกอบแก๊สชีวมวลระหว่างผลการทดลองและแบบจำลอง

3. ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

ในแบบจำลองนี้อาศัยโปรแกรม STANJAN [12] เพื่อจำลองการเกิดแก๊สซิเคชั่นร่วม โดยอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อถ่านหิน (B/L) และอัตราส่วนอากาศสมมูล (ER) ได้ถูกศึกษา โดยใช้ค่าของถ่านลิกไนต์เป็นค่ากลางที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ภายใต้สภาวะ 900 °C ความดัน 1 บรรยากาศ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงซึ่งประกอบด้วยแบบละเอียด (ultimate analysis) แสดงดังตารางที่ 1

แก๊สซิฟิเคชั่นของสารที่มีองค์ประกอบคาร์บอนกับออกซิเจนมักเกิดที่อุณหภูมิสูง (>700 °C) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สชีวมวล (producer gas หรือ syngas) โดยคุณภาพของแก๊สชีวมวลและประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่น ขึ้นอยู่กับ ความชื้น ขี้เถ้า ขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบของชีวมวล รวมถึงการควบคุมแก๊สซิไฟเออร์ แก๊สชีวมวลประกอบด้วยแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ (H_2, CO, CH_4) และเผาไหม้ไม่ได้ (CO_2, N_2) โดยสารไฮโดรคาร์บอนอื่นๆมีปริมาณน้อยมาก (<1%)



รูปที่ 3 องค์ประกอบแก๊สชีวมวลจากแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมชีวมวล-ลิกไนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ (ER = 0.2)

รูปที่ 3 แสดงส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นของซังข้าวโพดจาก 0% ถึง 30% พบว่าก๊าซ H_2 มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดย H_2 เพิ่มขึ้นจาก 10% เป็น 20% ในขณะที่ก๊าซ CO และ CO_2 มีค่าค่อนข้างคงที่ และค่า CH_4 มีค่าลดลงจาก 7% ถึง 4% โดยปริมาณก๊าซ CO และ CH_4 มีค่าประมาณ 40% การเพิ่มขึ้นของ H_2 ในแก๊สชีวมวลเกิดเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในโซนออกซิเดชั่นและรีดักชั่นจากสมการที่ (7)-(9) ในขณะที่ CH_4 มีค่าลดลงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ H_2 ในปฏิกริยา Methanation ในสมการที่ (9)

Boudouard reaction:

$$C + CO_2 \rightarrow 2CO, \quad \Delta H = +172 \text{ kJ/mol} \qquad (15)$$

Water gas primary reaction:

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2, \quad \Delta H = +131 \text{ kJ/mol} \qquad (16)$$

Water gas secondary reaction:

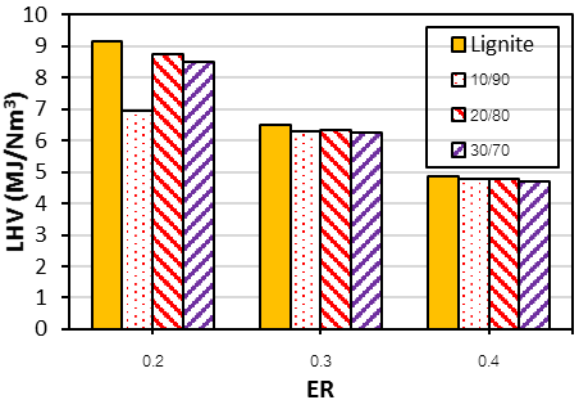
$$C + 2H_2O \rightarrow CO + 2H_2, \quad \Delta H = +90 \text{ kJ/mol} \qquad (17)$$

Methanation reaction:

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2, \quad \Delta H = +206 \text{ kJ/mol} \qquad (18)$$

Water gas shift reaction:

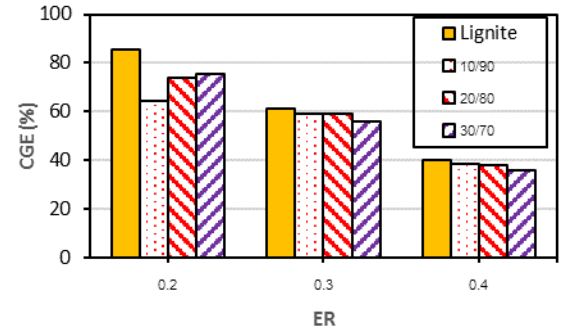
$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2, \quad \Delta H = -41 \text{ kJ/mol} \qquad (19)$$



รูปที่ 4 ความร้อนของแก๊สชีวมวลของซังข้าวโพด-ลิกไนต์ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวลที่อัตราส่วนซังข้าวโพดต่อลิกไนต์ต่างๆแสดงดังรูปที่ 4 ที่ ER = 0.2 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนชีวมวลจาก 0% ถึง 30% พบว่า แนวโน้ม LHV ของแก๊สชีวมวลเพิ่มขึ้นจาก 7 MJ/Nm^3 ถึง 8.7 MJ/Nm^3 เนื่องจากปฏิริยา Methanation นอกจากนี้ยังพบว่าที่ B/L เท่ากับ 20/80 มีค่า LHV ของแก๊สชีวมวลมากที่สุดเท่ากับ 9.1 MJ/Nm^3 ดังนั้นในการแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมนี้ที่ค่า B/L เท่ากับ 20/80 ให้ค่า LHV ของแก๊สชีวมวลมากที่สุดซึ่งสามารถนำค่า LHV ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในต่อไปได้

เมื่อพิจารณาค่า ER พบว่าค่า LHV ของเชื้อเพลิงร่วมและลิกไนต์มีค่าลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณอากาศทำให้แก๊สที่สามารถเผาไหม้เกิดการเจือจางลง

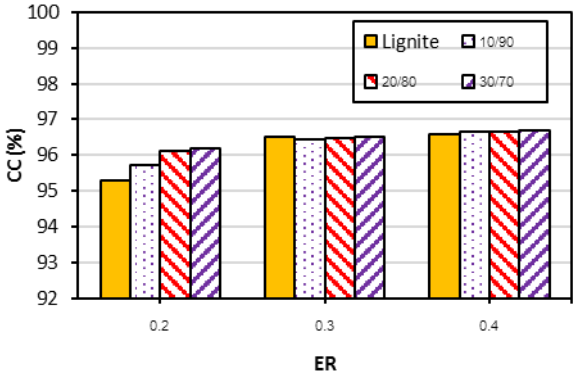


รูปที่ 5 ประสิทธิภาพแก๊สเย็นของซังข้าวโพด-ลิกไนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ

ประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นโดยทั่วไปประเมินได้จากประสิทธิภาพแก๊สเย็น (Cold Gas Efficiency, CGE) และการแปลงคาร์บอน (Carbon Conversion, CC) โดยประสิทธิภาพแก๊สเย็นสามารถคำนวณได้จากพลังงานรวมทั้งหมดของแก๊สชีวมวลโดยไม่พิจารณาความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิของแก๊สชีวมวลเทียบกับพลังงานทั้งหมดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบนั้น

จากรูปที่ 5 พบว่าที่ ER = 0.2 ประสิทธิภาพแก๊สเย็นมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 64% เป็น 74% เมื่อเพิ่มอัตราส่วนชีวมวลจาก 0 ถึง 30% แสดงให้เห็นว่าที่ B/L ระหว่าง 20/80 ถึง 30/70 ให้ค่า CGE ค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับค่าของลิกไนต์ซึ่งเป็นค่ากลางที่ใช้เปรียบเทียบ

เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของค่า ER ต่อค่า CGE แล้วพบว่าค่า CGE มีค่าลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มค่า ER เห็นได้ชัดว่า ที่ค่า ER = 0.2 มีค่า CGE สูงที่สุด



รูปที่ 6 การแปลงคาร์บอนของซังข้าวโพด-ลิกไนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ

ผลของการเพิ่มค่า B/L ต่อ CC แสดงในรูปที่ 6 ที่ ER=0.2 ค่าของ CC มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มปริมาณ B/L แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณซังข้าวโพดจะช่วยให้การแปลงคาร์บอนของแข็งเป็นแก๊สชีวมวลที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนได้ง่ายขึ้น เมื่อพิจารณาที่ค่า ER ระหว่าง 0.2 ถึง 0.4 พบว่าที่ค่า ER = 0.4 ให้ค่า CC มากที่สุด อาจเนื่องมาจากปริมาณอากาศจำนวนมากช่วยทำให้เกิดปฏิกริยาแก๊สซิฟิเคชั่นได้ดีขึ้น

4. สรุป

แบบจำลองทางอุณหพลศาสตร์ของการแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมระหว่างซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทยในแก๊สซิไฟเออร์ชนิดไหลลงได้ถูกพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพในงานวิจัยนี้ โดยผลของอัตราส่วนร่วมซังข้าวโพด-ลิกไนต์ (B/L) และอัตราส่วนอากาศสมมูล (ER) ต่อองค์ประกอบแก๊สชีวมวล ค่าความร้อนต่ำของแก๊สชีวมวล (LHV) ประสิทธิภาพเย็นของแก๊ส (CGE) และการแปลงคาร์บอน(CC) ได้ถูกศึกษา

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณชีวมวลที่เพิ่มขึ้นและค่า ER ต่ำส่งผลดีต่อประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วม โดยที่ B/L ระหว่าง 20/80 ถึง 30/70 ต่างให้ค่า LHV และ CGE มากที่สุด ที่ ER = 0.2 เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของ H_2 โดยที่ค่า CO และ CH_4 ค่อนข้างคงที่ และที่ ER = 0.3-0.4 ให้ค่า CC มากที่สุด

แก๊สซิฟิเคชั่นร่วมระหว่างชีวมวลและถ่านหินในอัตราส่วนที่เหมาะสมนอกจากเพิ่มประสิทธิภาพของการแก๊สซิฟิเคชั่นได้แล้วยังสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่สิ้นเปลืองได้ อันส่งผลให้ช่วยลดมลพิษทางอากาศได้อีกทางหนึ่งด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University Research and Development Institute, KURDI)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Loha, C., H. Chattopadhyay, and P. K. Chatterjee. (2011). Thermodynamic analysis of hydrogen rich synthetic gas generation from fluidized bed gasification of rice husk. *Energy*, Vol. 36(7), pp. 4063-4071.

[2] Jeong H.J., Park S.S., Hwang J. (2014). *Fuel,* Vol. 116, pp. 465-470.

[3] Masnadi M.S., Grace J.R., Bi X.T., Lim C.J., Ellis N., Li Y. H., and Watkinson A. P. (2015). *Renewable Energy*, Vol. 83 pp.918-930.

[4] Xu C., Hu S., Xiang J., Zhang, L., Sun, L., Shuai C., Chen Q., He L., Edreis E.M.A.(2014). *Bioresource. Technology*. Vol. 154, pp.313-321.

[5] Pan Y.G., Velo E., Roca X., Manya J.J. and Puigjaner L. (2000). Fluidized-bed cogasification of residual biomass/ poor coal blends for fuel gas production. *Fuel*, Vol.79 (11), pp.1317–1326.

[6] Chmielniak T. and Sciazko M. (2003). Co-gasification of biomass and coal for methanol synthesis. *Applied Energy*. Vol. 74(3-4), pp.393–403.

[7] McLendon T.R, Lui A.P., Pineault R.L., Beer S.K., Richardson S.W. (2004). High-pressure co-gasification of coal and biomass in a fluidized bed. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 26(4), pp.377–388.

[8] Kuo P.C., Wu W. and Chen W.H. (2014). Gasification performances of raw and torrefied biomass in a downdraft fixed bed gasifier using thermodynamic analysis. *Fuel*, Vol. 117, pp. 1231-1241.

[9] Levenspiel O. and Levenspiel C. (1972). *Chemical reaction engineering*. Vol. 2. Wiley New York.

[10] Sonobe T., Worasuwannarak N. And Pipatmanomai S. (2008). Synergies in co-pyrolysis of Thai lignite and corncob, *Fuel Processing Technology*, Vol. 89(12), pp. 1371-1378.

[11] Jayah T., Aye L., Fuller R.J. and Stewart D.F. (2003). Computer simulation of a downdraft wood gasifier for tea drying. Biomass and Bioenergy, 25(4): pp. 459-469.

[12] Reynolds W. (1981). Stanjan interactive computer programs for Chemkin equilibrium analysis. 1981.

การออกแบบ, การสร้างและการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบไอน้ำความดันต่ำ

Design, construction and performance testing of low pressure – superheated steam dryer

ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน, ศิริพงษ์ ตรีรัตน์, สมชาย แสงนวล, กาจ อิ่มบุญอาบ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเชียงราย 199 ม. 6 ต.ป่าอ้อดอนชัย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 5700
ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน (pakdee.me@gmail.com)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการออกแบบ, การสร้างและการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบไอน้ำความดันต่ำ โดยใช้มันเทศเป็นวัสดุทดลอง ซึ่งจะศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องอบแห้งและจลนพลศาสตร์การอบแห้ง คุณภาพของมันเทศหลังอบแห้งซึ่งจะพิจารณาในด้าน สีและการหดตัว ในการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องอบแห้งจะพิจารณาในแง่ ความสิ้นเปลืองพลังงานและความสามารถในการทำงานตามสภาวะจริง โดยจะทดลองอบแห้งมันเทศด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำที่อุณหภูมิอบแห้งในช่วง 70 – 90°C และ ความดันภายในห้องอบในช่วง 10 kPa สัมบูรณ์ ความชื้นเริ่มและสุดท้ายของการอบแห้งมันเทศในการทดลองแต่ละครั้งประมาณ 250 - 300 % มาตรฐานแห้งและ 18% มาตรฐานเปียก จากการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งสามารถสร้างสุญญากาศได้ต่ำสุด 5 kPa สัมบูรณ์ อุณหภูมิสูงสุด 90 °C และสามารถอบแห้งมันเทศได้ดีที่สุดที่ความดัน 10 kPa สัมบูรณ์ และ อุณหภูมิ 80 °C โดยพิจารณาในแง่ความสิ้นเปลืองพลังงาน เวลาที่ใช้การอบแห้ง สี และการหดตัว

คำหลัก: คุณภาพ; เครื่องอบแห้ง; สมรรถนะการทำงาน; ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดันต่ำ

Abstract

The objective of this research was to study design, construction and performance testing of Low pressure – superheated steam dryer. The performance evaluation of the cabinet dryer was condition in terms of drying kinetics and dried product quality (color and shrinkage) of sweet potato. The experiments were carried out under the conditions of drying temperature range between 70 – 90°C and pressure 10 kPa. Initial moisture content and final moisture content of pumpkin was between 250 - 900 % dry-basis and of 18% wet-basis, respectively. The experimental results showed that the dryer can create a vacuum minimum 5 kPa absolute , maximum temperature 90°C. It was also found in this study that the dryer could dry the sweet potato at 10 kPa absolute pressure and temperature at 80°C was suggested as the best drying condition in terms of energy consumption, color and shrinkage.

Keywords: quality; dryers; performance; low pressure superheated steam

1.บทนำ

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งชนิดต่างๆ ออกมาอย่างต่อเนื่องและก็สามารถใช้งานได้จริงในครัวเรือนและอุตสาหกรรมเช่นการอบแห้งด้วยลมร้อนปั๊มความร้อนการอบแห้งสูญญากาศ รวมถึงการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งแต่ละชนิดมีลักษณะข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันซึ่งผู้ใช้ต้องเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมตัว อย่างเช่นการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำได้ถูกนำมาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อนเนื่อง (Mujumdar & Devahastin, 2000) เนื่องจาก ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำสามารถอบแห้งได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C โดยการลดความดันในห้องอบแห้งให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอก ดังนั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งจึงดีขึ้น โดยปกติแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งโดยการอบแห้งไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ มีคุณภาพดีกว่าการอบแห้งโดยการอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งแบบสุญญากาศ ในอดีตมีนักวิจัยหลายท่านทำการทดลองอบแห้งด้วยวิธีดังกว่า อย่างเช่น Chen et al. (1992) ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยการอบแห้งรังไหมด้วยไอน้ำความร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำและพบว่าวิธีการอบแห้งนี้ช่วยในการพัฒนาคุณภาพของผ้าไหมที่ผลิตขึ้นในแง่ของความสว่างและความแข็งแรงของเส้นใย นอกจากนี้ Iwotech บริษัท เดนโซในเดนมาร์ก (1993) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งไอน้ำความร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำกระบวนการนี้ดำเนินการในหม้อต้มที่มีความดันต่ำด้วยปั๊มสูญญากาศ โดยใช้ไอน้ำร้อนในช่วง 50°C - 90°C โดยหมุนเวียนไอน้ำที่ความเร็วสูงถึง 20 m/s ที่ความดัน 4 mbar โดยใช้พัดลมภายในห้องอบแห้ง ผลการทดลองนี้ทำให้ไม้ที่มีคุณภาพดีขึ้นสามารถกำจัดสารสกัดจากไม้ได้น้อยที่สุดไม่มีการเปลี่ยนสีจากการเกิดออกซิเดชั่นไม่มีอันตรายจากไฟไหม้หรือการระเบิดและมีอัตราการอบแห้งที่สูงขึ้นทำให้ประหยัดพลังงานได้ถึง 50% เมื่อเทียบกับเตาอบทั่วไป Elustondo et. al. (2002) ได้ศึกษาการอบแห้งอาหารโดยการอบแห้งไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำ ทำการทดลองวัสดุหลายชนิดมี ชิ้นเนื้อไม้, กล้วย, แอปเปิ้ล, มันฝรั่งและมันสำปะ หลังถูกอบแห้งโดยใช้ความดันในการอบแห้ง 10-20 kPa และอุณหภูมิอบแห้ง 60 - 90°C อย่างไรก็ตามยังไม่มีการกล่าวถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้ง Devahastin et al. (2004) ได้พัฒนาเครื่องอบไอน้ำร้อนแรงดันต่ำซึ่งสามารถทำงานได้โดยใช้ไอน้ำที่จัดหามาจากหม้อไอน้ำทั่วไปที่มีอยู่ในโรงงานอาหาร การใช้แครอทเป็นวัสดุที่ไวต่อความร้อนเป็นวัสดุทดลองเพื่อตรวจสอบจลพลศาสตร์การอบแห้งและพารามิเตอร์คุณภาพต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้ง จากนั้น Nimmol และคณะ (2007) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งแบบเดียวกับ Devahastin et al. โดยใช้เครื่องทำความร้อนแบบอินฟราเรดติดตั้งภายในห้องอบแห้ง โดยทดสอบกับชิ้นกล้วย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำเพียงอย่างเดียว จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวยังคงเป็นระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น ยังไม่พบว่ามีการพัฒนาต่อจนสามารถใช้งานได้ในจริงในงานอุตสาหกรรม

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอบแห้งดังกล่าวเป็นต้นแบบที่จะสามารถใช้งานได้ใกล้เคียงกับงานจริงได้ในลำดับถัดไป จึงมุ่งเน้นการออกแบบเป็นแบบขนาดเล็กกะทัดรัด ใช้งานง่ายสะดวกซึ่งจะแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านจะเป็นลักษณะการใช้งานในห้องปฏิบัติการโดยใช้มันเทศเป็นวัสดุทดลองซึ่งจะศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องอบแห้งและจลนพลศาสตร์การอบแห้งรวมไปถึงคุณภาพของมันเทศหลังอบแห้งซึ่งจะพิจารณาในด้านสีและการหดตัว และความสิ้นเปลืองพลังงานรวมไปถึงความสามารถในการทำงานตามสภาวะจริง

2.วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

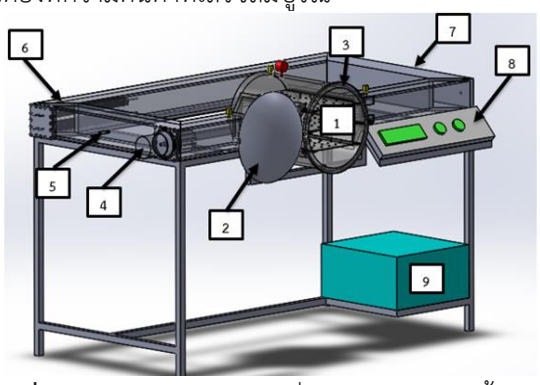
มันเทศที่ใช้ในการทดสอบ หั่นเป็นชิ้น ขนาด 20 x 30 x 3 mm. ซื้อจากตลาดขายส่งสินค้าเกษตร อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

2.2 อุปกรณ์

ค่าพลังงานไฟฟ้าจะบันทึกจากวัตต์ฮาวมิเตอร์ (MITSUBISHI Co. Ltd.) ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ A&D รุ่น GF 3000 ค่าความละเอียด ± 0.01 g ชุดควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแบบ PID (Proportional–Integral–Derivative Controller) ค่าความถูกต้อง ±0.5°C ต่อเข้ากับเทอร์โมคับเปิล ชนิด K เพื่อวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและอุณหภูมิแวดล้อม

2.3 วิธีการวิจัย

เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งความดันต่ำแสดงดังรูปที่ 1 ส่วนหลักๆจะต้องประกอบไปด้วย ห้องอบแห้งรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 cm. ยาว 42 cm. ทำด้วยสแตนเลสหุ้มด้วยฉนวนโพรียูริเทนโฟม ปั๊มสุญญากาศ ฮีตเตอร์ไฟฟ้าให้ความร้อน พัดลม สำหรับกระจายไอน้ำ และเครื่องมือวัดต่างๆ ประกอบด้วย เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดอุณหภูมิ มิเตอร์วัดการใช้ไฟฟ้า และเครื่องชั่งน้ำหนัก และรูปที่ 2 เป็นรายละเอียดของอุปกรณ์เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดันต่ำที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 1 รายละเอียดภายในเครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดันต่ำ (1.ถาดรับวัสดุอบ, 2. ฝาปิดห้องอบ, 3. เทอร์โมคับเปิล, 4. พัดลม, 5. ท่อทางเข้าไอน้ำ, 6. ฮีตเตอร์, 7. ระบบท่อไอน้ำ, 8. ชุดควบคุมการทำงานเครื่อง, 9. ระบบสุญญากาศ)



รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดันต่ำที่เสร็จสมบูรณ์

การคำนวณหาขนาดของฮีตเตอร์ในห้องอบแห้งกำหนดให้มันเทศสดที่ใช้ในการอบเท่ากับ 1 kg ความชื้นเริ่มต้น 350 % d.b. ความชื้นสุดท้าย 18 % w.b. ค่าความจุความร้อนจำเพาะของมันเทศ C_p = 3.43 kJ/kg $^{\circ}$C [6] อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายของมันเทศเท่ากับ 25°C และ 90 $^{\circ}$C ค่าความร้อนแฝงของน้ำที่ความดัน 5 kPa สัมบูรณ์ h_{fg} = 2423 kJ/kg ปริมาณน้ำที่ต้องระเหยหาได้จากสมการเมื่อทราบมวลแห้งของวัสดุแล้ว

$$M_d = \frac{(w - d)}{d} \qquad (3)$$

เมื่อ

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เศษส่วน

w คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้งที่ไม่มีความชื้น, kg dry product

อัตราความร้อนที่ต้องให้กับระบบ คือความร้อนที่ต้องการในระบบเพื่อใช้ในการระเหยน้ำออกจากมันเทศ ประกอบด้วยความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ซึ่งความร้อนทั้งสองชนิดดังกล่าวจะใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของมันเทศและใช้ในการระเหยน้ำออกจากมันเทศ ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = (m_i c_p \Delta T) + (m h_{fg}) + (m_o c_p \Delta T) \qquad (4)$$

เมื่อ

Q คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องการในระบบ, kJ

m_i , m, m_o คือ มวลของวัสดุสด,มวลของน้ำที่ระเหยและมวลของวัสดุหลังอบ ตามลำดับ, kg

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ, kJ/kg$^{\circ}$C

h_{fg} คือ ค่าความร้อนแฝงกลายเป็นไอ, kJ/kg

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ, $^{\circ}$C

ให้ระบบมีการสูญเสียความร้อนในส่วนต่างๆ โดยรวมไว้ในค่า Safety factor = 1.5 แทนค่าสมการตัวแปรต่างๆลงในสมการ (4) ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่ใช้ในระบบเท่ากับ 2 kW จึงเลือกฮีตเตอร์ขนาด 3 kW

การหาขนาดของปั๊มสุญญากาศ ในการคำนวณหาขนาดพิกัดมอเตอร์ของปั๊มสุญญากาศ สามารถคำนวณจากสมการ

$$W_s = V \Delta P / \eta_v \eta_m \quad (5)$$

เมื่อ

W_s คือ กำลังทำงานมอเตอร์ปั๊มสุญญากาศ, kW

V คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของไอน้ำ, m^3/s

ΔP คือ ความดันสูญเสียในระบบ, Pa

η_v คือ ประสิทธิภาพของปั๊มสุญญากาศ, %

η_m คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์, %

โดยกำหนดให้

ค่าSafety factor = 1.2 ความดันต่ำสุดในห้องอบแห้งที่ต้องการ 5 kPa ความดันภายนอกเท่ากับความดันบรรยากาศ 101 kPa ไม่คิดความดันสูญเสียในระบบส่วนอื่น เนื่องจากระยะจากห้องอบแห้งถึงท่อทางออกสั้นมาก η_v = 0.5 และ η_m = 0.85 ความหนาแน่นของไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดัน 10 kPa อุณหภูมิ 150°C ρ = 0.0512 kg/m^3 จากการคำนวณได้ W_s = 1.25 kW จึงเลือก เลือกพิกัดมอเตอร์เท่ากับ 1.5 kW (2 hp) เพื่อป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลังและเลือกใช้ปั๊มสุญญากาศแบบวงแหวนน้ำ (Water – Ring Vacuum pump) ซึ่งสามารถใช้งานได้ดีกับระบบที่มีไอน้ำในปริมาณมาก โดยมีอัตราการไหลเชิงปริมาตร 10 - 200 m^3/hr ทำความดันได้ต่ำสุด 5 kPa สัมบูรณ์

ตารางที่ 1 พิกัดเครื่องอบแห้ง

อุปกรณ์	พิกัด
ห้องอบแห้ง	
1.ฮีตเตอร์ในห้องอบแห้ง	* 3 kW
ปั๊มสุญญากาศ	
1.มอเตอร์	*2 hp
2.อัตราการไหลเชิงปริมาตร	200 m^3/hr
3.ความดันได้ต่ำสุด (สัมบูรณ์)	5 kPa

*ที่มา จากการคำนวณในสมการ (4) และ (5)

2.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

a) จัดเตรียมมันเทศโดยหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม มีขนาด 20 x 30 x 3 mm. จำนวน 10 ชิ้นใส่ในถาดทดลอง ใช้ความดันทดสอบ 10 kPa สัมบูรณ์ จากนั้นทำการอบแห้งโดยควบคุมอุณหภูมิ 60, 70, 80, 90, °C และความเร็วไอน้ำ 0.2, 0.5, 1 m/s ตามลำดับ

b) เก็บข้อมูล, อุณหภูมิ ความดัน มวลของมันเทศและความสิ้นเปลืองพลังงาน ในแต่ละการทดสอบแล้วคำนวณค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ(Specific energy consumption,SEC) จากสมการ

$$SEC = \frac{3.6E_p}{(M_{in} - M_f)W_d} \quad (6)$$

เมื่อ Ep คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ (kW-h), M_{in} คือ ความชื้นเริ่มต้นของมันเทศ (% dry-basis), Mf คือ ความชื้นสุดท้ายของมันเทศ (% dry-basis), Wd คือ น้ำหนักแห้ง (kg) และ 3.6 คือ ตัวเลขแปลงหน่วยของพลังงานไฟฟ้า

c) ทดสอบจนมันเทศมีความชื้นสุดประมาณ 18% db. และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบเวลาการอบแห้ง

d) นำตัวอย่างไปหาน้ำหนักแห้งด้วยวิธี Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 ชม.

e) นำมันเทศที่ผ่านการอบแห้งเรียบร้อยแล้วไปทดสอบคุณภาพ ในด้าน สี การหดตัว

f) ทุกการทดสอบทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพมันเทศหลังการอบแห้ง

1) การทดสอบคุณภาพด้านสี จะทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Miniscan XE Plus โดยวัดค่าสีออกมาเป็น L เป็นค่าความสว่าง (Lightness: 0-100; ดำ - ขาว), a เป็นค่าสีแดงและเขียว (+ Redness/Greenness) และ b เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (+ Yellowness/-Blueness) ในระบบ CIE LAB โดยจะทำการวัดสีมันเทศก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้ง โดยในแต่ละการทดลองจะทำการวัดสีมันเทศจำนวน 5 ชิ้น ชิ้นละ 3 จุด ๆ ละ 3 ซ้ำ สมการคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสี [8]

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (8)$$

เมื่อ ΔL, Δa, Δb คือ ค่าความแตกต่างของค่าเริ่มต้นและสุดท้ายของความสว่าง, ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของมันเทศตามลำดับ, ΔE คือค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของมันเทศ

2) การทดสอบการหดตัวจะทำการวัดปริมาตรของตัวอย่างก่อนและหลังการอบแห้งโดยวิธีแทนที่ปริมาตรโดยการแทนที่ลงในน้ำมันพืช ในแต่ละการทดลองจะทำการวัดการหดตัวของมันเทศจำนวน 10 ชิ้น จะทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยปริมาตรของวัตถุจะเท่ากับปริมาตรของของเหลวที่เพิ่มขึ้นในภาชนะ ดังนั้นจึงหาปริมาตรของวัตถุได้จาก สมการดังนี้

$$\%\ Shrinkage = \frac{V_o - V_f}{V_o} \times 100$$

เมื่อ V_o คือ ปริมาตรของวัตถุเริ่มต้นอบแห้ง, ml

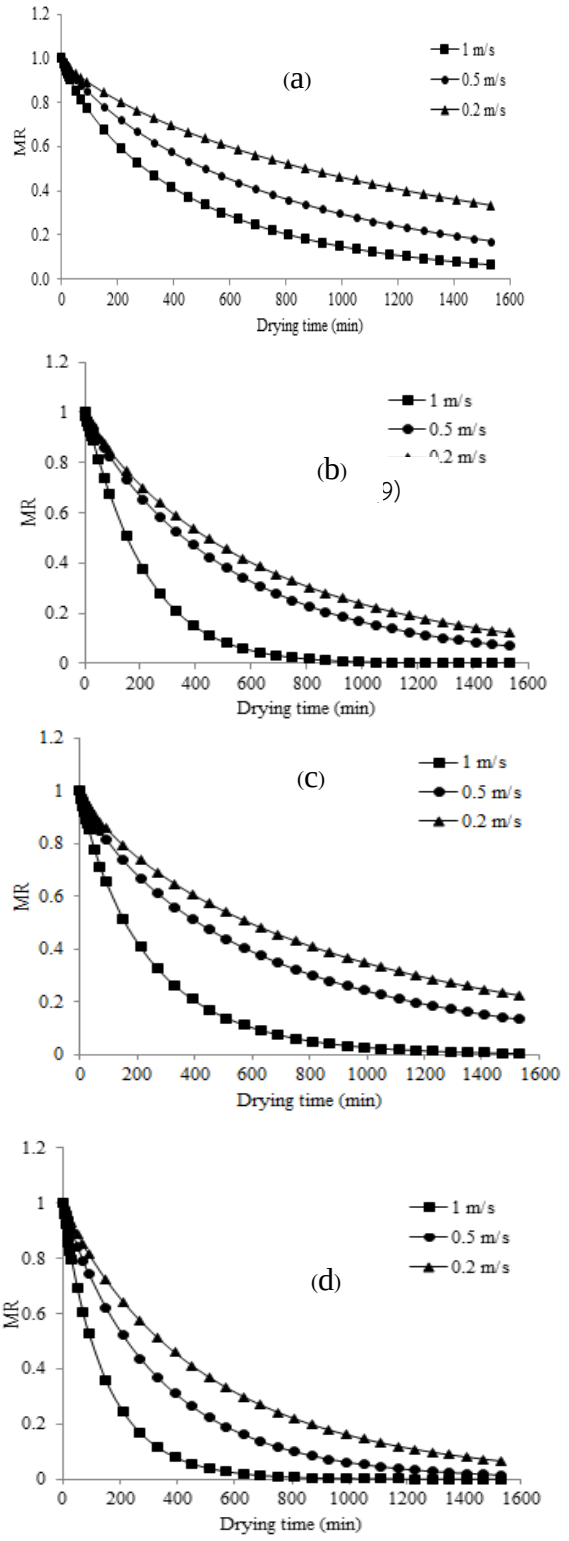
V_f คือ ปริมาตรของวัตถุหลังอบแห้ง, ml

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองการอบแห้งมันเทศ โดยใช้สภาวะการอบแห้งต่างๆ และคำนวณหาค่าอัตราส่วนความชื้นที่เวลาต่างๆดังสมการที่ (10) และผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4

$$\text{Moisture ratio (MR)} = \frac{M_t}{M_{in}} \quad (10)$$

เมื่อ M_{in} คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (% dry-basis), M_t คือความชื้นที่เวลาใดๆ ของวัสดุ (% dry-basis), จากรูปที่ 4 (a) ถึง 4 (d) แสดงจลนพลศาสตร์การอบแห้งมันเทศโดยมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 250 – 300 % dry-basis และ ความชื้นสุดท้ายหลังอบแห้งแต่ละกรณีอยู่ประมาณ 18% w.b.จากกราฟทั้งหมดจะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้นและความเร็วไอน้ำในห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มมากขึ้นทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างไอน้ำและมันเทศจะเพิ่มมากขึ้น อัตราการถ่ายโอนความชื้นยิ่งสูงมากขึ้นเช่นกัน ในส่วนของความความเร็วไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนและการถ่ายโอนมวลเพิ่มขึ้นทำให้น้ำสามารถระเหยออกไปได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น



รูปที่ 4 ผลการทดลองอัตราส่วนความชื้นของมันเทศกับระยะเวลาการอบแห้งด้วยความดันสัมบูรณ์ : (a) 60°C, (b) 70°C, (c) 80°C, (d) 90°C

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่า MR ลดลงอย่างลดเร็วในช่วงแรกของการอบแห้งเนื่องจากน้ำสามารถระเหยออกได้ง่ายและจะช้าลงเมื่อเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำในตัวมันเทศระเหยได้ยากขึ้นเพราะว่าผลิตภัณฑ์บางส่วนเริ่มแห้งและขัดขวางการเคลื่อนตัวของน้ำจากข้างในออกสู่ด้านนอก

3.1 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเครื่องอบแห้ง

การใช้พลังงานจากการอบแห้งมันเทศโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้การใช้พลังงานลดลงทุกความความเร็วไอน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้เวลาในการอบแห้งลดลงส่งผลให้การใช้พลังงานลดลง ในแง่ของอิทธิพลของความความเร็วไอน้ำภายในห้องอบแห้งต่อการใช้พลังงานพบว่าเมื่อความความเร็วไอน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้การใช้พลังงานลดลงเนื่องจากเวลาในการอบแห้งที่สั้นลง

3.2 คุณภาพด้านสีของมันเทศ

ผลการวัดสีของมันเทศ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์มันเทศ ภายหลังการอบแห้งที่สภาวะการทดลองต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของมันเทศก่อนและหลังการอบแห้ง พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อสีของมันเทศคืออุณหภูมิที่ใช้อบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับความความเร็วไอน้ำภายในห้องอบ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้นการเปลี่ยนแปลงสีรวมในรูปของ ΔE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากความร้อนทำให้มีการเปลี่ยนสีของมันเทศเข้มขึ้น ขณะที่ปัจจัยของความเร็วไอน้ำส่งผลต่อสีของมันเทศน้อยกว่าเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

ตารางที่ 2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งมันเทศที่สภาวะต่างๆ

Steam Velocity (m/s)	Tem (°C)	Time (min)	Energy consumption	SEC	ΔE	% Shrinkge
0.2	60	N/A	-	-	22.4	96.3
	70	N/A	-	-	25.3	85.3
	80	N/A	-	-	27.1	81.3
	90	1420	6.7	144.8	29.1	61.8
0.5	60	N/A	-	-	18.4	94.3
	70	1470	9.9	182.7	21.1	83.5
	80	652	6.9	128.0	24.4	75.1
	90	930	6.7	146.7	27.1	47.6
1	60	1530	19.4	677.8	13.1	82.5
	70	810	14.1	524.6	14.3	83.8
	80	510	9.9	366.6	15.8	65.3
	90	390	5.8	193.4	23.0	44.8

3.3 คุณภาพด้านการหดตัวของมันเทศ

ผลการทดลองของการหดตัวของมันเทศโดยการอบแห้งแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งผลการทดลองพบว่าผลของอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วไอน้ำมีผลต่อการหดตัวของมันเทศมีความแตกต่างกัน พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้มีเปอร์เซ็นการหดตัวน้อยลงโดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 90 °C อาจเนื่องมาจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจุดเดือดของความชื้นในมันเทศที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าผลิตภัณฑ์อบแห้งทีสภาวะอุณหภูมิน้อยกว่าส่งผลให้มีโครงสร้างมีรูพรุนมากขึ้นซึ่งช่วยลดการหดตัวได้ดี ในส่วนของความเร็วไอน้ำพบว่ามีอิทธิพลต่อการหดตัวโดยที่พื้นผิวของตัวอย่างแห้งได้อย่างรวดเร็วและอาจสร้างชั้นที่เป็นของแข็งทำให้ตัวอย่างยากที่จะหดตัวทำให้การหดตัวลดลงได้ด้วยเช่นกัน

4.สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำโดยใช้มันเทศเป็นวัสดุทดลอง มีการพิจารณาถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องและจลนพลศาสตร์การอบแห้งรวมไปถึงคุณภาพของมันเทศหลังอบแห้งซึ่งจะพิจารณาในด้านสีและการหดตัว รวมไปถึงความสิ้นเปลืองพลังงาน จากการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องอบแห้งได้แก่ความสิ้นเปลืองพลังงานและความสามารถในการทำงานตามสภาวะจริง ผลที่ได้คือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นและลดความดันภายใน ห้องอบแห้ง จะช่วยลดเวลาในการอบแห้งให้น้อยลงซึ่งจะส่งผลให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งลดลงตามไปด้วย และตัวเครื่องอบแห้งสามารถสร้างสุญญากาศได้ต่ำสุด 10 kPa สัมบูรณ์ อุณหภูมิสูงสุด 100°C ในด้านคุณภาพพบว่าอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำมีผลต่อค่าสีและการหดตัว โดยอุณหภูมิมีผลต่อคุณภาพมากกว่าความเร็ว

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ในการทำวิจัย และวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพ และให้ทุนวิจัยเป็นเงินสนับสนุนในการทำโครงการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Li. Y. B., Seyed-Yagoobi,J. Moreira, R. G. and Yamsaengsurg, R. (1999). Seperheated steam impingement drying of tortilla chip. Drying Technology.17(122),191-213.

[2]ฉัตรชัย นิมมล (2548), การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, เทคนิค เครื่องกล-ไฟฟ้า-อุตสาหกรรม ปีที่ 22 ฉบับ 252 ส.ค. 48

[3] Phet Pimpaporn, Sakamon Devahastin, Naphaporn Chiewchan,(2007), Effects of combined pretreatments on drying kinetics and quality of potato chips undergoing low-pressure superheated steam drying, Journal of Food Engineering 81 (2007) 318–329

[4] D.Elustondo, M.P. Elustondo, and M.J.Urbicain (2000),Mathematical modeling of moisture evaporation from foodstuffs exposed to sub-atmospheric pressure superheated steam. Journal of Food Engineering, 49(2001) 15-24.

[5] Chatchai Nimmol , Sakamon Devahastin , Thanit Swasdisevi , Somchart Soponronnarit,(2007) Drying and heat transfer behavior of banana undergoing combined low-pressure superheated steam and far-infrared radiation drying, Applied Thermal Engineering 27 (2007) 2483–2494

[6] Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical Applications URL: http://www.engineeringtoolbox.com, access on 10/11/2014.

[7] สำราญ ธิช่างทอง, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2544), รายงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องต้นแบบของเครื่องอบแห้งกุ้งแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[8] Chatchai Nimmol , Sakamon Devahastin, Thanit Swasdisevi, Somchart Soponronnarit (2007), Drying of banana slices using combined low-pressure superheated steam and far-infrared radiation, Journal of Food Engineering 81 (2007) 624–633.

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าโดยการหุ้มฉนวนสุญญากาศ

Thermal Efficiency Improvement of An Electrical Vacuum Insulated Kettle

วศิษฐ ธีระเจตกูล, ไพรัตน์ มาติยา และ ปิณฑวุฒิ ชาทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ที่อยู่ 150 ถนน ศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40000
* E-mail : vasith.te@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าที่หุ้มฉนวนสุญญากาศ โดยสร้างหม้อต้มน้ำไฟฟ้าเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 เซนติเมตร ความจุ 13.5 ลิตร ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า 3,000 วัตต์ การทดลองทั้งแบบไม่หุ้มฉนวนและหุ้มฉนวน หนา 1 เซนติเมตร โดยฉนวนมี 4 แบบ คือ แบบที่ 1 ฉนวนโฟม PU แบบที่ 2 เป็นโฟม PU และใยแก้ว, แบบที่ 3 โฟม PUบรรจุถุง HDPE ทำสุญญากาศ แบบที่ 4 ฉนวนสุญญากาศ ในการทดลองแบ่งเป็น 3 ช่วงที่ 1 ต้มน้ำจากอุณหภูมิห้องไปจนเดือด ช่วงที่ 2 คือ ต้มน้ำให้เดือดต่อไปอีก 45 นาที ช่วงที่ 3 ปล่อยให้เย็นตัวลง 24 ชั่วโมงผลการทดลองได้ผลดีสุดคือ หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าที่หุ้มด้วยฉนวน โฟมบรรจุถุงสุญญากาศ ช่วงที่ 1 ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 96.02 % ช่วงที่ 2 ได้การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 5.01 กิโลวัตต์.ชั่วโมง/กิโลกรัม และ ช่วงที่ 3 อัตราการเย็นตัวได้ 2.295 องศาเซนเซียสต่อชั่วโมง

คำหลัก : ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้า, ฉนวนสุญญากาศ, การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

Abstracts

The objectives of this research were to find the thermal efficiency of an electrical vacuum insulated kettle. The electrical kettle's capacity was 13.5 liter and 27 centimeter diameter. The energy feeding used was a 3,000 watt electric heater. The kettles used in the experiment were non-insulated and insulated with 1 cm thickness. The insulation was divided into 4 types: the first type was PU-foam. The second type was PU-foam with fiberglass, the third was PU-foam in HDPE vacuum packing and the forth was the vacuum. The experiment was divided into 3 stages: the first stage, the water was boiled from room temperature to boiling temp. The second stage was to boil water from boiling temp further for 45 minutes. The third stage, the kettle was allowed to cool down for 24 hours. The results obtained the best result was insulated by PU-foam in HDPE vacuum packing. The first stage was thermal efficiency of 96.02 % , the second stage was specific power consumption 5.01 kWh/kg, and the third stage was cooled rate 2.2955 ^{O}C/hr.

Keywords: Thermal Efficiency Electrical Kettle Vacuum Insulator Specific Power Consumption

1. บทนำ

หลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีปัญหาความต้องการการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น มีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อความสะดวกสบาย เพื่อความบันเทิง เพื่อการปรุงอาหาร การหุงต้ม โดยเฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อนจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมาก เช่น หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้า กาต้มน้ำไฟฟ้า กระทะไฟฟ้า หรือเตารีดไฟฟ้าเป็นต้น โดยเฉพาะหม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าที่ใช้พลังงานสูงมากและไม่มีการหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนอีกทั้งยังเกิดอันตรายจากการสัมผัสผิวหม้อต้ม เพราะอุณหภูมิผิวหม้อต้มสูงเกือบ 100 ^{O}C แม้จะมีการพัฒนาเป็นผนัง 2 ชั้นหรือมีผ้าคลุมแล้วก็ตาม การสูญเสียความร้อนยังคงมากอยู่ ควรมีการหุ้มฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน พัฒนาให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นอีก

หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้า ใช้ต้มน้ำในปริมาณมากกว่ากระติกน้ำร้อนไฟฟ้าทั่วไป นิยมใช้ในโรงพยาบาลโรงแรม

สถานศึกษา รวมทั้งภัตตาคาร ร้านขายเครื่องดื่มร้านสะดวกซื้อ เพื่อการจัดประชุม อบรม สัมมนา ใช้ชงชา กาแฟ เตรียมเครื่องดื่ม หรือ ฆ่าเชื้ออุปกรณ์การแพทย์ มีจำหน่ายทั้งแบบผนังชั้นเดียว ผนัง 2 ชั้น หรือมีผ้าหุ้มกันความร้อน ขนาด 4-40 ลิตร บริการคนได้ 15–150 คน มีข้อดีคือสามารถยกเคลื่อนที่ได้สะดวก มองเห็นระดับน้ำเติมน้ำได้ง่าย ล้างทำความสะอาดได้ แต่ก็มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงมาก 1,500-3,000 W [1] จึงควรมีการหุ้มฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าใช้จ่าย

การเลือกใช้ฉนวนความร้อนโดยทั่วไป หากระดับอุณหภูมิไม่สูงนัก จะเลือกใช้วัสดุประเภท โฟมโพลิยูลิเทน โฟมโพลิเอทิลีน ใยแร่ ใยหิน หรือใยแก้ว ที่อุณภูมิสูงก็จะเป็นวัสดุเซรามิก หรืออิฐทนไฟ และมีนักวิจัยได้ศึกษาประยุกต์ใช้งานฉนวนในระบบอาคารและอุปกรณ์ในครัวเรือน เกิดผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น เช่น การวิจัยคอนกรีตบล็อกสอดไส้ฉนวนกันความร้อนโฟมพลาสติก[2] การใช้ฉนวนใยหินครอบด้านข้างสวมเข้ากับหม้อก๋วยเตี๋ยว[3] การศึกษาหม้อต้มก๋วยเตี๋ยวฉนวนสุญญากาศทำเป็นทรงกระบอกเหล็กกลวง 2 ชั้นครอบหม้อต้มก๋วยเตี๋ยวอีกชั้นหนึ่ง ฝาปิดบรรจุโฟม และชุดฉนวนเปลี่ยนวัสดุจากเหล็กเป็นสเตนเลส[4]ก็ให้ผลดียิ่งขึ้น การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของกระทะฉนวนสุญญากาศใช้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้า[5]

การศึกษาการนำความร้อนของแผงฉนวนสุญญากาศ vacuum insulation panels (VIPs) โดยมีแกนวัสดุเป็นรูพรุน ทำจากซิลิกาเคลือบฟิล์มหลายชั้นเป็นอลูมิเนียมและโพลิเอทีลีนจะมีค่าความต้านทานความร้อนดีกว่าแผ่นโฟมโพลีสไตลีนถึง 10 เท่า[6] ยิ่งใช้วัสดุแกนมีรูพรุนเล็กๆจัดวางซ้อนกันแบบหลายชั้น จะลดการนำความร้อนของวัสดุได้ดีขึ้นอีก[7] ศึกษาด้านอายุการใช้งาน พบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นอายุการใช้งานจะน้อยลง แต่การอบก่อนปิดผนึกฉนวนสุญญากาศ ก็จะช่วยลดการรั่วซึม ลดการคลายประจุจากผิววัสดุภายในเมื่ออุณหภูมิสูง สามารถยืดอายุการใช้งานได้มากขึ้น[8]

สถานการณ์พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยหลายปีที่ผ่านมา มีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามภาวะเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน เช่น หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมาก ควรปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น การหุ้มฉนวนจะช่วยประหยัดพลังงาน แม้ว่าปัจจุบันจะมีการหุ้มฉนวนผ้าหรือทำเป็นผนัง 2 ชั้นแล้ว แต่อุณหภูมิผิวนอกยังสูงอยู่ ต้องพัฒนาการใช้ฉนวนที่ป้องกันความร้อนให้ได้มากขึ้นอีก และฉนวนที่ให้ค่าความต้านทานความร้อนดี คือ โฟม ใยแก้ว และแผงฉนวนสุญญากาศ จึงควรศึกษาการนำมาใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนจากหม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้านี้

2. ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

หลักการทดสอบและวิเคราะห์ ได้ประยุกต์วิธีการของ WBT[9] และหม้อหุงข้าวไฟฟ้า[10] ทดสอบเป็น 3 ช่วง คือช่วงแรกเป็นช่วงต้มน้ำให้เดือด ช่วงที่สองเป็นช่วงระเหยไอน้ำ และช่วงสุดท้ายคืออัตราการเย็นตัว โดยให้การทดสอบมีการคำนวณค่าเพื่อใช้ในการตรวจสอบดังนี้

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency: η) เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถนำความร้อนจากเชื้อเพลิงไปใช้ในการต้มน้ำในหม้อต้มให้ร้อนและกลายเป็นไอ

$$\eta = \frac{c_{pw}(T_{wf}m_{wf} - T_{ws}m_{ws}) + (m_{ws} - m_{wf})h_{wap}}{3600 \times E} * 100$$

โดย η คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน *(%)*

T_{ws} คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ *(^{o}C)*

T_{wf} คือ อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำ *(^{o}C)*

m_{ws} คือ มวลเริ่มต้นของน้ำ *(kg/s)*

m_{wf} คือ มวลสุดท้ายของน้ำ *(kg/s)*

c_{pw} คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่า 4.187 *(kJ/kg K)*

h_{wap} คือ ค่าความร้อนแฝงของน้ำมีค่า 2,270 *(kJ/kg)*

E คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ *(kWh)*

การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Power Consumption: spc) ค่านี้ใช้พิจารณาผลการใช้พลังงานมากแค่ไหนในช่วงระเหยน้ำ ต่อน้ำระเหยไป 1 kg

$$spc = \frac{E}{m_w}$$

โดย spc คือ การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ *(kWh/kg)*

m_w คือ มวลของน้ำที่หายไป *(kg)*

3. วิธีการดำเนินโครงการ

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Data Logger) รุ่น HIOKI 8422-51 MEMORY HILOGGER ใช้คู่กับสายเทอร์โมคับเปิ้ล ชนิด K

3.1.2 เครื่องชั่งน้ำ OHAUS รุ่น D31P608L ทศนิยม 3 ตำแหน่ง ชั่งได้ 1g - 60 kg

3.1.3 วัตต์มิเตอร์

3.1.4 หม้อต้มน้ำร้อน ขนาด 13.5 ลิตร 5 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1 ไม่มีฉนวน

แบบที่ 2 มีฉนวนโฟม PU 100% ทนอุณหภูมิระหว่าง - 40˚C - 100˚C ไม่ลามไฟ หนา 1 cm

แบบที่ 3 มีฉนวนโฟม PU และใยแก้วตราเพชร 50:50 % หนา 1 cm

แบบที่ 4 มีฉนวนโฟม PU บรรจุถุงสุญญากาศ เป็นถุง HDPE ขนาด 5x8 นิ้ว หนา 0.07 mm. ทนความร้อนได้ 100˚C รวมความหนาของฉนวน 1 cm

แบบที่ 5 แบบฉนวนสุญญากาศ หนา 1 cm



(ก) โฟม PU ถุง VAC (ข) ถุง HDPE ค) PU บรรจุ

รูปที่ 1 ฉนวนโฟม PU และแบบโฟม PUในถุงสุญญากาศ



(ก) โฟม PUและใยแก้ว (ข) ฉนวนสุญญากาศ

รูปที่ 2 ฉนวนโฟม PUและใยแก้ว และแบบสุญญากาศ

3.2 ขั้นตอนการทดสอบและเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล แยกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

การทดลองส่วนที่ 1

ช่วงที่ 1: ต้มให้เดือด การทดลองประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มไฟฟ้า

1.1 ชั่งน้ำหนักหม้อต้มไฟฟ้า ที่ใช้ทดลอง

1.2 เติมน้ำ ประมาณร้อยละ 80 ของปริมาตรหม้อต้มไฟฟ้า หรือ 11 ลิตร แล้วชั่งน้ำหนักน้ำ (ปิดฝา)

1.3 วัดอุณหภูมิน้ำก่อนต้ม

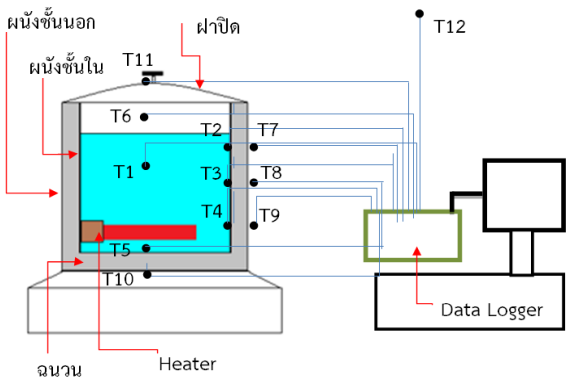
1.4 วัดอุณหภูมิหม้อต้ม อุณหภูมิผนังภายในและภายนอก สายเทอร์โมคัปเปิ้ล ตามรูปที่ 4 โดยด้านข้างหม้อจะติดสูงและต่ำจากน้ำ 1 เซนติเมตร ทั้งด้านนอกและด้านใน เพื่อดูการหมุนเวียนของอุณหภูมิน้ำ

1.5 เปิดกระแสไฟฟ้าเริ่มจับเวลาทุก 5 นาที และกวนน้ำทุก 10 นาที หยุดเวลาเมื่ออุณหภูมิน้ำถึง 90 °C ควบคุมโดย PID Controller (จุด T1) เนื่องจาก Heater อยู่สูงกว่าก้นหม้อต้ม จึงต้องกวนน้ำ ราว 1 นาที ให้ความร้อนลงด้านล่าง อุณหภูมิ T4 กับ T5 มีค่าใกล้เคียงกัน

1.6 บันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ เวลา ชั่งน้ำหนักน้ำ อุณหภูมิหม้อต้ม อุณหภูมิผนังภายในและภายนอก



รูปที่ 3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 4 แผนผังแสดงจตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

ช่วงที่ 2 หาการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ทดสอบการใช้พลังงานต่อเนื่องจากช่วงที่ 1 (อุณหภูมิน้ำต้องลดลงไม่มากกว่า 6 องศา)

2.1 ต้มน้ำให้เดือดต่อไปอีก 45 นาที กวนน้ำทุกๆ 10 นาที (ควบคุม T1 ไว้ที่ 90 °C) ให้ความร้อนลงด้านล่าง อุณหภูมิ T4 กับ T5 มีค่าใกล้เคียงกัน ด้านล่าง T4,T9 ต้องร้อนกว่าด้านบน T2,T7

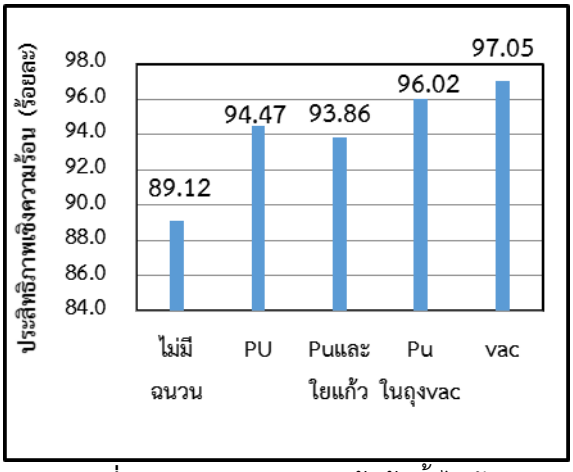
2.2 ตัดไฟแล้วบันทึกค่าเหมือน ช่วงที่ 1

ช่วงที่ 3 อัตราการเย็นตัว **(Cooling Rate)**

3.1 ต่อเนื่องจากช่วงที่ 2 ตัดไฟฟ้าแล้ว ปล่อยให้อุณหภูมิน้ำลดลง 24 ชั่งโมง โดยบันทึกอุณหภูมิ ทุก 5 นาที (ไม่ต้องกวนน้ำ)

3. ผลการดำเนินโครงการและการอภิปรายผล

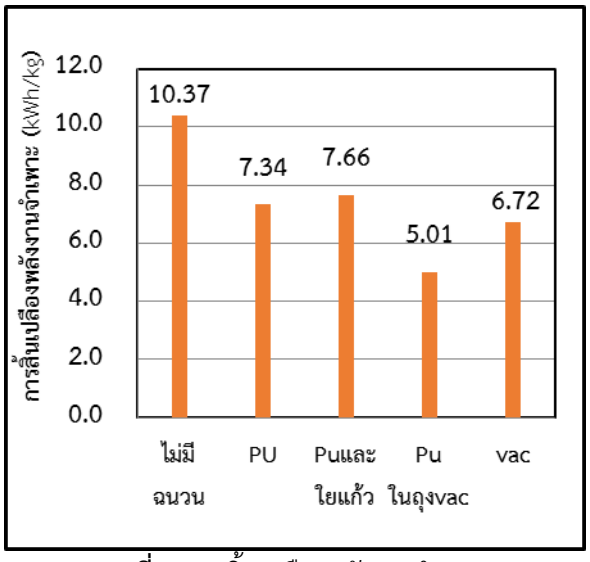
ทำการทดสอบ 2 ครั้ง คำนวณแล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพของหม้อต้มน้ำไฟฟ้า

จากรูปที่ 5 เป็นผลการทดสอบช่วงที่ 1 คือต้มน้ำให้เดือด คำนวณผลประสิทธิภาพเชิงความร้อนแล้วพบว่าหม้อต้มแบบไม่หุ้มฉนวนมีประสิทธิภาพ เชิงความร้อนต่ำที่สุด 89.12 % หม้อต้มแบบฉนวนโฟมPU แบบฉนวนโฟมPUและใยแก้ว มีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่อใช้ฉนวนโฟมบรรจุถุงสุญญากาศ ได้ค่าสูงขึ้น และแบบฉนวนสุญญากาศ มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด 97.05 %

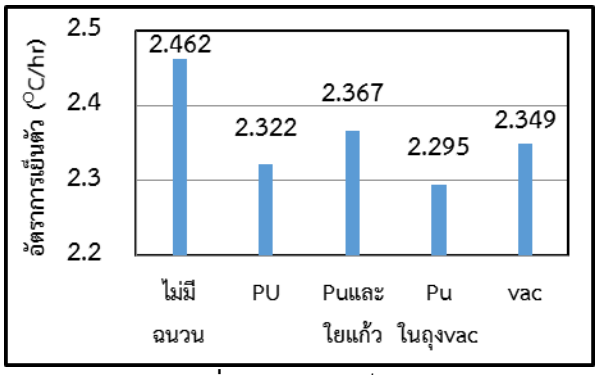
จากรูปที่ 6 เป็นผลการทดสอบช่วงที่ 2 ต้มน้ำต่อที่ 90 °C ไปอีก 45 นาที เป็นการระเหยน้ำเพื่อดู



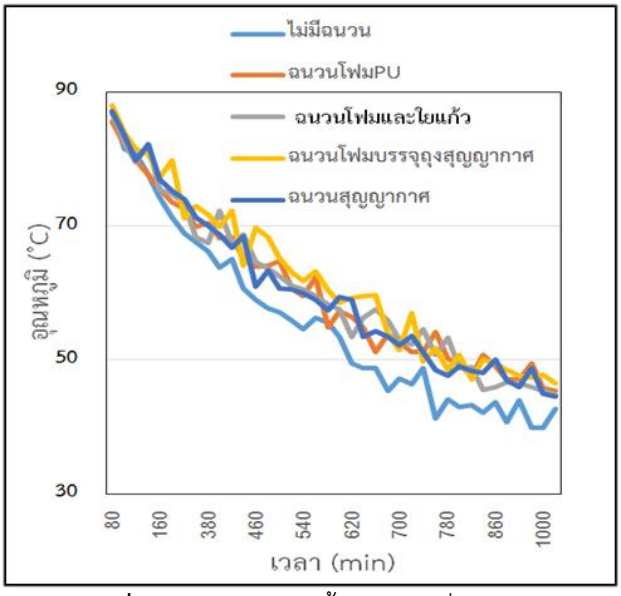
รูปที่ 6 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

การสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงต่อการระเหยน้ำจนหมด 1 kg หรือ 1 ลิตร ในเวลาที่เท่ากัน พบว่า หม้อต้มไฟฟ้าแบบไม่มีฉนวน ใช้พลังงานในการระเหยน้ำสิ้นเปลืองมากที่สุด ค่า spc สูงถึง 10.37 kWh/kg หม้อต้มแบบฉนวนโฟม PU แบบฉนวนโฟม PUและใยแก้ว 2 แบบนี้มีค่าความสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน แต่แบบฉนวนโฟมบรรจุถุงสุญญากาศกลับสิ้นเปลืองน้อยที่สุดคือ 5.01 kWh/kg ต่ำกว่าแบบฉนวนสุญญากาศ (ซึ่งหากพิจารณาจากรูปที่ 5 แล้ว แบบสุญญากาศจะเป็นฉนวนที่ดีที่สุด) เป็นเพราะว่า การทดสอบช่วงที่ 2 นี้ เป็นการทดสอบที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน รวมทั้งการผลิตหม้อต้มแบบสุญญากาศ ต้องทำเป็นผนัง 2 ชั้นอาจทำความหนาของฉนวนได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีผ่านสุญญากาศได้มาก ค่า spc ของแบบสุญญากาศจึงสูงกว่าแบบฉนวนโฟมบรรจุถุงสุญญากาศ

จากรูปที่ 7 และรูปที่ 8 เป็นการทดสอบช่วงที่ 3 หาอัตราการเย็นตัว โดยทิ้งให้อุณหภูมิลดลงนาน 24 ชั่วโมงผลปรากฏว่า หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าแบบไม่มีฉนวน อุณหภูมิลดลงมากที่สุด อัตราการเย็นตัว 2.462 °C/hr ที่เหลือการเย็นตัวใกล้เคียงกันแต่ก็ค่อนข้างชัดเจนว่าหม้อต้มที่ใช้ฉนวนโฟมบรรจุถุงสุญญากาศมีค่าต่ำสุด อัตราการ



รูปที่ 7 อัตราการเย็นตัว



รูปที่ 8 การเย็นตัวของน้ำร้อน 24 ชั่วโมง

เย็นตัว 2.295 °C/hr และการทดสอบช่วงที่ 3 นี้ต้องใช้เวลานานมาก การแผ่รังสีความร้อนจึงส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังฉนวนสุญญากาศ ค่าการเย็นตัวจึงมากกว่าฉนวนโฟม PU บรรจุถุงสุญญากาศ ส่งผลเช่นเดียวกับการทดลองช่วงที่ 2

4. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองได้ผลดีสุดคือ เลือกใช้หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าที่หุ้มด้วยฉนวนโฟม PU บรรจุถุงสุญญากาศ ช่วงที่ 1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด 96.02 % ช่วงที่ 2 ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ที่เป็นค่าแสดงถึงการใช้พลังงานในการต้มน้ำให้เดือด มีค่าต่ำที่สุด คือ 5.01 kWh/kg (หรือ 5.01 kWh/liter) และ ช่วงที่ 3 อัตราการเย็นตัวช้าที่สุดได้ 2.295 °C/hr

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุน ทั้งด้านงบประมาณ การใช้สถานที่ วัสดุและครุภัณฑ์

6. เอกสารอ้างอิง

[1]. คลังครัวเรือน. ถังต้มน้ำร้อนไฟฟ้า [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.crhouseware.com/buf-urn1.htm (วันที่สืบค้น 1 พฤษภาคม 2559)

[2]. ประเสริฐ อิ่มนาง, วศิษฐ ธีระเจตกูล, ธีระฑิต ดวงมุสิก, อภิชาติ ศรีสำราญ และเอกชัย แสนสงค์. (2547). คอนกรีตบล็อกสอดไส้ฉนวนกันความร้อนโฟมพลาสติก. วารสารวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีที่ 8 ฉบับที่ 1(กย–ธค): 26-36.

[3]. บุญเตือน ทองอยู่. (2546). หม้อต้มก๋วยเตี๋ยวประสิทธิภาพสูง หม้อช่วยชาติประหยัดพลังงาน, ภูมิปัญญาไทย, เทคโนโลยีชาวบ้าน, ฉบับที่ 313

[4]. วศิษฐ ธีระเจตกูล และวันชัยแสนคำวงษ์. (2550). การประหยัดพลังงานของหม้อต้มก๋วยเตี๋ยวฉนวนสุญญากาศ, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญญบุรี. ปีที่ 10 ฉบับที่ 3 (พค-สค): 87– 95

[5]. วศิษฐ ธีระเจตกูล, ประพัฒน์ ศรีรัตนพัฒน์ และวีระชาติ พิมคต. (2559). การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของกระทะฉนวนสุญญากาศใช้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้า. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 7, 25 ก.ค.59, 460-464.

[6]. J. Fricke, Hubert Schwab and U. Heinemann. (2006). Vacuum Insulation Panels – Exciting Thermal Properties and Most Challenging Applications, International Journal of Thermophysics. Vol. 27, Iss. 4, pp.1123-1139.

[7]. Jae-Sung Kwon, Choong Hyo Jang, Haeyong Jung and Tae-Ho Song. (2009). Effective thermal conductivity of various filling materials for vacuum insulation panels, International Journal of Heat and Mass Transfer 52 (2009). pp. 5525–5532.

[8]. C.G.Yang, Y.J.Li, X.Gao and L.Xu. (2012). A Review of Vacuum Degradation Research and

the Experimental Outgassing Research of the Core Material- PU Foam on Vacuum Insulation Panels, Proceedings of IVC 2010, Physics Procedia 32 (2012).pp.239 – 244.
[9]. Global Alliance for Clean Cookstove. (2015). *Cookstove Emissions and Efficiency in a Controlled Laboratory Setting* . The Water Boiling Test Version 4.2.3 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://cleancookstoves.org/binary-data/DOCUMENT/file/000/000/399-1.pdf (วันที่สืบค้น 12 มีนาคม 2558)
[10]. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 2545-2555 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า-คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน. กระทรวงอุตสาหกรรม

ความเค้นหนาแน่นที่ฟิลเลตสำหรับการรับแรงในแนวแกนโดยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

Stress Concentration at Fillet for Axial Loading by Finite Element Simulation

ชาญวิทย์ ชัยอมฤต, ธนากร พุกพันธ์ และ นันทพงษ์ แก้วลาลัย

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
เลขที่ 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โทรศัพท์ 0-4333-6370-1 E-mail: chanwit.ca@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของวัสดุที่มีการลดขนาดหน้าตัดลงด้วยรัศมีบ่า ชิ้นงานมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบเขตของการทดสอบคืออัตราส่วนความกว้างของชิ้นงานด้านใหญ่ต่อด้านเล็กอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 และรัศมีบ่าเท่ากับ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิเมตรตามลำดับ จากนั้นใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์โดยกำหนดให้ความกว้างด้านใหญ่เป็นแบบยึดแน่นและให้ภาระโหลดแบบวัฏจักรขนาด 50 เมกะปาสคาล กระทำที่ด้านเล็กของชิ้นงาน วัสดุที่ใช้ทดสอบมี 4 ชนิด ได้แก่ สแตนเลส อลูมิเนียม เหล็กโครงสร้าง และเหล็กหล่อเทา จากการศึกษาพบว่าเหล็กโครงสร้างมีค่าตัวประกอบของความเค้นหนาแน่นเฉลี่ยต่ำที่สุด และอลูมิเนียมมีค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าอายุการใช้งาน อลูมิเนียมมีค่าอายุการใช้งานมากสุดที่อัตราส่วนความกว้างของชิ้นงานด้านใหญ่ต่อด้านเล็กเท่ากับ 1.05, 1.15, 2 และ 3 ส่วนสแตนเลสมีค่าอายุการใช้งานมากสุดที่อัตราส่วนความกว้างของชิ้นงานด้านใหญ่ต่อด้านเล็กเท่ากับ 1.50 สำหรับการเปรียบเทียบความปลอดภัย พบว่าเหล็กโครงสร้างมีค่าความปลอดภัยสูงสุดที่อัตราส่วนความกว้างด้านใหญ่ต่อด้านเล็กเท่ากับ 1.05 ส่วนสแตนเลสมีค่าความปลอดภัยมากที่สุดที่อัตราส่วนความกว้างด้านใหญ่ต่อด้านเล็กเท่ากับ 1.15, 1.50, 2 และ 3

คำหลัก: ไฟไนต์เอลิเมนต์, ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น

Abstract

The purpose of this paper was to examine the stress concentration factor of materials with reduction of the cross-sectional area with fillet radius. The feature of the workpiece is rectangular. The scope of the test was the width ratio of the workpiece of large side towards small side between 1 and 3, and fillet radius was equal to 5, 10, 15, 20, 25 and 30 mm, respectively. The data were analyzed using finite element method by determining the large side of width being fastened, and the 50 MPa cyclic load was done on the small side of the workpiece. There are 4 types of test materials, including stainless steel, aluminum, structural steel and gray cast iron. The study results found that the structural steel had the lowest average stress concentration factor, and the aluminum had the highest average stress concentration factor. The comparison of the lifetime cost, aluminum had the highest life at 1.05, 1.15, 2 and 3 width ratio of the workpiece of the large side towards the small side. The stainless steel had the highest life at 1.50 width ratio of the large side towards the small side. The comparison of the safety indicated that the structural steel had the highest safety value at 1.05 width ratio of the large side towards the small side. The stainless steel had the highest safety at 1.15, 1.50, 2 and 3 width ratio of the large side towards the small side.

Keywords: finite element, stress concentration factor

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาการออกแบบชิ้นส่วนวัสดุโดยมีข้อกำหนดพื้นฐานในรูปแบบต่างๆ มากมาย ซึ่งการออกแบบชิ้นส่วนในเบื้องต้นก็เป็นเพียงเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดมาจากความเค้นของวัสดุ ในการออกแบบที่ดีจำเป็นอย่างยิ่งต้องคำนึงถึงความเค้นหนาแน่นสะสมด้วยเพราะถ้าหากนำไปใช้งานโดยไม่ทราบถึงลักษณะการกระจายความเค้นและความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นอย่างถูกต้องก็จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ ดังนั้นการออกแบบชิ้นส่วนของวัสดุที่คิดคำนึงถึงความเค้นหนาแน่นก็เป็นข้อกำหนดที่มีความสำคัญอีกประการหนึ่งในการพิจารณา

แต่ยังมีงานวิจัยไม่มากนักที่ได้ทำการศึกษาลักษณะของความเค้นหนาแน่นที่เหมาะสมกับวัสดุชนิดหนึ่งชนิดใด ทำให้การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวัสดุที่ต่างชนิดกันเกี่ยวกับค่าความเค้นหนาแน่นนั้นยังคงมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง การที่จะทราบถึงค่าความเค้นหนาแน่นของวัสดุที่เกิดใกล้บริเวณการเปลี่ยนขนาดของหน้าตัดจะสามารถทำนายหรือป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในวัสดุได้ ทำให้สามารถนำข้อมูลจากการศึกษาเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบที่ถูกต้องเหมาะสมมากที่สุดต่อไป

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาค้นคว้าและสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยลดขนาดหน้าตัดของวัสดุลงด้วยรัศมีบ่าที่อัตราส่วนความกว้างของชิ้นงานด้านใหญ่ต่อด้านเล็กที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นลักษณะการเกิดความเค้นหนาแน่นและสามารถทราบถึงตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของคุณสมบัติวัสดุทดสอบทั้ง 4 ชนิดซึ่งได้แก่ สแตนเลส อลูมิเนียม เหล็กโครงสร้าง และเหล็กหล่อเทา

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องของการทำแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ถูกต้องจำเป็นต้องทราบถึงค่าคุณสมบัติที่แท้จริงของวัสดุทดสอบทั้ง 4 ชนิด รวมถึงทฤษฎีที่ต้องใช้เพื่อการคำนวณความเค้น ความล้า ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น [1] และทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์ [2]

เมื่อวัสดุถูกแรงซึ่งต่ำกว่าค่าความแข็งแรงสูงสุดมากระทำกลับไปกลับมาซ้ำๆกันก็จะเกิดการแตกหักขึ้นได้ เนื่องจากเกิดความล้า ความล้าที่เกิดในวัสดุนี้เป็นสาเหตุใหญ่ของการเสียหายของชิ้นส่วนเครื่องจักรต่างๆ ขบวนการเกิดความล้าที่แท้จริงยังไม่เป็นที่เข้าใจดีนัก แต่จากการศึกษาพบว่าความล้าจะเกิดเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่หนึ่งจะเกิดรอยแตกขึ้นเมื่อมีความเค้นหนาแน่นในบริเวณนั้น และในระยะที่สองเมื่อมีความเค้นซ้ำไปซ้ำมารอยแตกนี้ก็จะโตขึ้นเรื่อยๆจะมีพื้นที่ภาคตัดขวางของวัสดุลดลงจนกระทั่งแรงกระทำต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าค่าความแข็งแรงสูงสุดวัสดุก็จะแตกหักจากกัน [3]

การทดสอบความล้ามีอยู่หลายวิธี แต่โดยหลักการทดสอบทั่วๆไปจะเหมือนกันคือ จะให้แรงกระทำเป็นรอบกับชิ้นทดสอบ โดยให้เกิดความเค้นค่าต่างๆแล้วบันทึกจำนวนรอบที่วัสดุจะทนได้ไว้ จากนั้นนำมาเขียนความสัมพันธ์จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับจำนวนรอบ และสามารถทราบถึงอายุการใช้งานของวัสดุนั้นๆได้ [4]

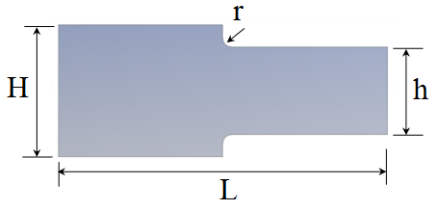
เมื่อวัสดุรับแรงกระทำ ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นจะอยู่ตรงบริเวณรัศมีบ่าเมื่อนำมาเทียบกับความเค้นทั่วไปแล้วจะได้ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น ดังสมการที่ (1)

$$k_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_0} \qquad (1)$$

โดยที่ k_t คือตัวประกอบความเค้นหนาแน่น σ_{max} คือความเค้นสูงสุด (นิวตันต่อตารางเมตร) σ_0 คือความเค้น (นิวตันต่อตารางเมตร)

2.2 การออกแบบการทดสอบ

ตัวอย่างแบบจำลองชิ้นงานที่มีการลดขนาดหน้าตัดด้วยรัศมีบ่าได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 1 โดยที่ L คือความยาว (มิลลิเมตร) H คือความกว้างด้านใหญ่ (มิลลิเมตร) h คือความกว้างด้านเล็ก (มิลลิเมตร) r คือรัศมีบ่า (มิลลิเมตร)



รูปที่ 1 ตัวอย่างชิ้นงานที่มีการลดหน้าตัดด้วยรัศมีบ่า

จากรูปที่ 1 เป็นรูปร่างของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบด้วยโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีการใช้อัตราส่วนความกว้างของชิ้นงานด้านใหญ่ต่อด้านเล็ก (H/h) ที่อัตราส่วน 1.05, 1.15, 1.5, 2 และ 3 ความกว้างด้านเล็กคงที่เท่ากับ 100 มิลลิเมตร รัศมีบ่าทดสอบที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิเมตร ตามลำดับ

วัสดุที่ใช้ทดสอบมีด้วยกัน 4 ชนิดได้แก่ สแตนเลส อลูมิเนียม เหล็กโครงสร้าง และเหล็กหล่อเทา ซึ่งทุกชนิดเหล่านี้จะต้องมีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามค่ามาตรฐานดังตารางที่ 1 การทดสอบจะถูกกำหนดให้ส่วนที่เป็นความหนากับความยาวคงที่ และกำหนดให้ใช้ภาระโหลดแบบวัฏจักรขนาด 50 MPa

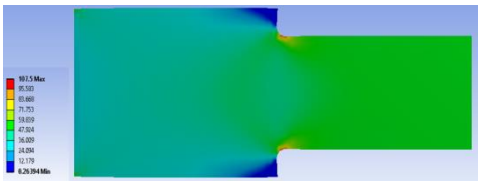
ตารางที่ 1 ค่าคงที่ทางกายภาพของวัสดุทดสอบ

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทดสอบ	สแตนเลส	อลูมิเนียม	เหล็กโครงสร้าง	เหล็กหล่อเทา
โมดุลัสความยืดหยุ่น(GPa)	190	71	207	100
โมดุลัสความแข็งแกร่ง(GPa)	73.1	26.2	79.3	41.4
ความเค้นดึงสูงสุด(MPa)	586	310	460	240
อัตราส่วนปัวซอง	0.305	0.334	0.292	0.211
ความหนาแน่น (kg/m^3)	7750	2770	7850	7200

3. การทดสอบ

3.1 ผลการทดสอบ

เมื่อทำการทดสอบด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ของเหล็กโครงสร้างที่อัตราส่วนรัศมีบ่าต่อความกว้างด้านเล็ก r/h = 0.1 กับอัตราส่วนความกว้างด้านใหญ่ต่อด้านเล็ก H/h = 1.5 พบว่าตรงบริเวณรัศมีบ่าจะเป็นตำแหน่งที่มีความเค้นสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปตัวอย่างผลการทดสอบความเค้น

ผลการคำนวณตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของวัสดุทั้ง 4 ชนิดทั้งหมด ซึ่งทดสอบด้วยการแบ่งตามอัตราส่วนความกว้างของชิ้นงานด้านใหญ่ต่อด้านเล็ก H/h กับอัตราส่วน r/h แสดงได้ดังตารางที่ 2 ถึง 5

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของสแตนเลส

r/h	อัตราส่วนความกว้าง H/h				
	1.05	1.15	1.5	2	3
0.05	1.5378	1.8562	2.2334	2.4348	2.5890
0.1	1.4510	1.6448	2.1488	2.3356	2.4154
0.15	1.4509	1.6433	1.9586	2.0800	2.1372
0.2	1.2839	1.6390	1.8041	1.9062	1.9282
0.25	1.2839	1.4626	1.7137	1.7870	1.8062
0.3	1.2838	1.4527	1.6837	1.6837	1.7142

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของอลูมิเนียม

r/h	อัตราส่วนความกว้าง H/h				
	1.05	1.15	1.5	2	3
0.05	1.5897	1.9068	2.2336	2.4312	2.5888
0.1	1.4822	1.7010	2.1464	2.3324	2.4136
0.15	1.3036	1.6994	1.9565	2.0776	2.1356
0.2	1.3035	1.6951	1.8026	1.9055	1.9279
0.25	1.3035	1.5121	1.7133	1.7866	1.8060
0.3	1.3035	1.5015	1.6280	1.6831	1.7139

ตารางที่ 4 ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของเหล็กโครงสร้าง

r/h	อัตราส่วนความกว้าง H/h				
	1.05	1.15	1.5	2	3
0.05	1.5123	1.8566	2.2348	2.4236	2.5894
0.1	1.4354	1.6170	2.1500	2.3372	2.4162
0.15	1.4354	1.6156	1.9597	2.0814	2.1382
0.2	1.2741	1.6115	1.8050	1.9067	1.9284
0.25	1.2741	1.4381	1.7140	1.7873	1.8064
0.3	1.2741	1.4287	1.6281	1.6841	1.7144

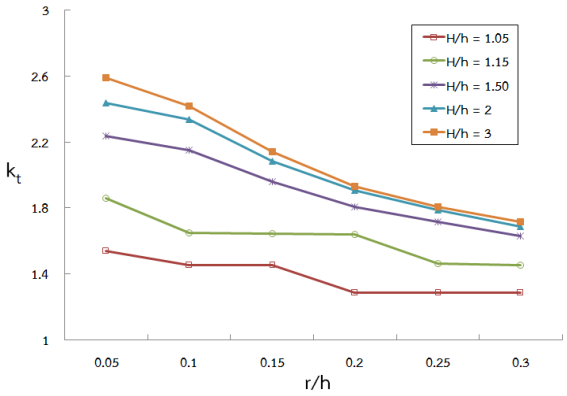
ตารางที่ 5 ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของเหล็กหล่อเทา

r/h	อัตราส่วนความกว้าง H/h				
	1.05	1.15	1.5	2	3
0.05	1.4617	1.8565	2.2360	2.4410	2.5900
0.1	1.4048	1.7497	2.1526	2.3406	2.4182
0.15	1.4048	1.7487	1.9620	2.0842	2.1400
0.2	1.3916	1.5689	1.8067	1.9085	1.9291
0.25	1.2546	1.5565	1.7147	1.7880	1.8069
0.3	1.2546	1.5530	1.6284	1.6449	1.7149

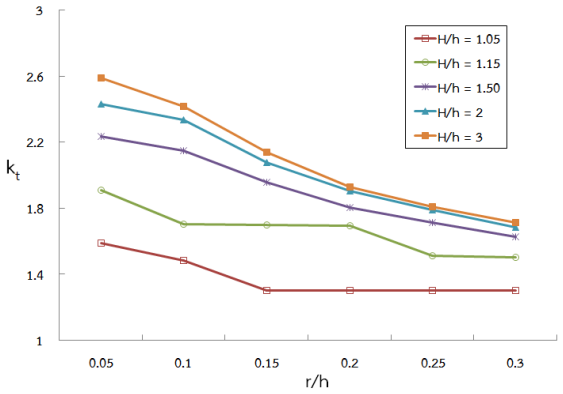
3.2 การวิเคราะห์ผลการคำนวณ

เมื่อนำผลการคำนวณตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของวัสดุทั้ง 4 ชนิดมาหาค่าเฉลี่ย พบว่าเหล็กโครงสร้างมีค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นน้อยที่สุดเท่ากับ 1.8026 และอลูมิเนียมมีค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ 1.8195

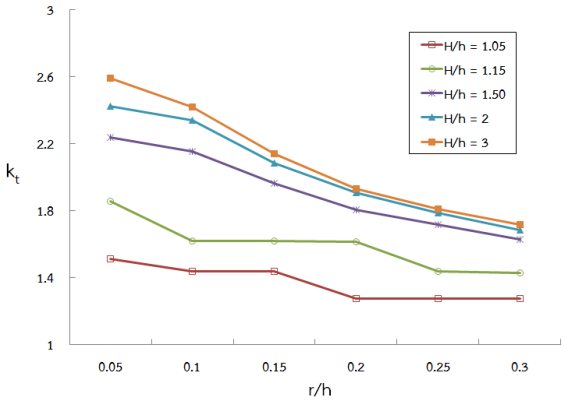
หากนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อดูแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเค้นหนาแน่นกับอัตราส่วนรัศมีบ่าต่อความกว้างด้านเล็ก จะได้แนวโน้มของวัสดุทั้ง 4 ชนิดเป็นไปตามรูปที่ 3 ถึง 6



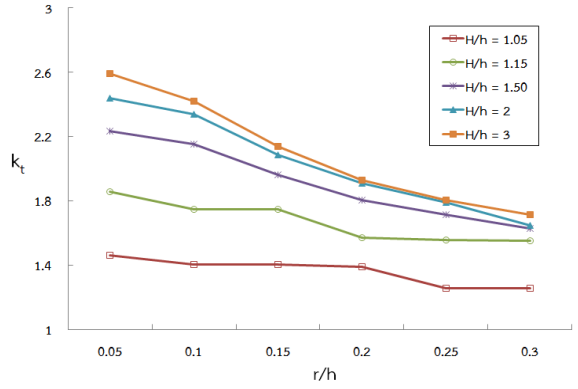
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเค้นหนาแน่นกับอัตราส่วนรัศมีบ่าต่อความกว้างด้านเล็กของสแตนเลส



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเค้นหนาแน่นกับอัตราส่วนรัศมีบ่าต่อความกว้างด้านเล็กของอลูมิเนียม



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเค้นหนาแน่นกับอัตราส่วนรัศมีบ่าต่อความกว้างด้านเล็กของเหล็กโครงสร้าง



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเค้นหนาแน่นกับอัตราส่วนรัศมีบ่าต่อความกว้างด้านเล็กของเหล็กหล่อเทา

จากกราฟความสัมพันธ์ของวัสดุทั้ง 4 ชนิดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน เมื่ออัตราส่วนความกว้าง H/h มากขึ้นแนวโน้มของตัวประกอบความเค้นหนาแน่นก็จะมาก นั่นคือยิ่งลดขนาดหน้าตัดลงมากขึ้นค่าความเค้นหนาแน่นจะมากขึ้นตามไปด้วย

การพิจารณาถึงอิทธิพลของรัศมีบ่าต่อการเกิดความเค้นหนาแน่น พบว่าถ้ารัศมีบ่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลให้ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นลดลง

เมื่อนำผลการคำนวณค่าความปลอดภัยของการทดสอบวัสดุทั้ง 4 ชนิดมาพิจารณาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งได้ผลการทดสอบเป็นไปดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าความปลอดภัยเฉลี่ยของวัสดุทั้ง 4 ชนิด

วัสดุ	อัตราส่วนความกว้าง H/h				
	1.05	1.15	1.5	2	3
สแตนเลส	1.8933	2.0113	1.9583	1.8822	1.8030
อลูมิเนียม	1.3236	1.4070	1.4160	1.2870	1.3040
เหล็กโครงสร้าง	3.6892	0.9506	0.9122	0.8610	0.8399
เหล็กหล่อเทา	0.5384	0.5676	0.5287	0.4989	0.4870

จากตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบความปลอดภัยเฉลี่ยพบว่า เหล็กโครงสร้างมีค่าความปลอดภัยเฉลี่ยสูงสุดที่อัตราส่วนความกว้างด้านใหญ่ต่อด้านเล็ก 1.05 เท่ากับ 3.6892 ส่วนสแตนเลสมีค่าความปลอดภัยเฉลี่ยมากที่สุดที่อัตราส่วนความกว้างด้านใหญ่ต่อด้านเล็ก 1.15, 1.50, 2 และ 3 เท่ากับ 2.0113 1.9583 1.8822 1.8030 ตามลำดับ

4. สรุปผลการทดสอบ

จากการวิเคราะห์วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของชิ้นงานที่ภาระโหลดแบบวัฏจักรเท่ากับ 50 MPa โดยใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน 4 ชนิด มีผลสรุปของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของวัสดุทั้ง 4 ชนิดเหล่านี้ พบว่าเหล็กโครงสร้างให้ค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นเฉลี่ยต่ำที่สุด และอลูมิเนียมให้ค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุด

2. แนวโน้มของตัวประกอบความเค้นหนาแน่นมีแนวโน้มทิศทางไปในแนวทางเดียวกัน นั่นคือที่อัตราส่วนความกว้างมากขึ้นตัวประกอบความเค้นหนาแน่นก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

3. รัศมีบ่ามีอิทธิผลต่อผลการทดสอบ โดยเมื่อเพิ่มรัศมีบ่าให้มากขึ้นจะส่งผลการคำนวณให้ได้ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นที่ลดลง

4. จากการเปรียบเทียบที่อัตราส่วนความกว้างด้านใหญ่ต่อด้านเล็กของทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่าวัสดุที่เป็นสแตนเลสให้ค่าความปลอดภัยเฉลี่ยมากที่สุด ยกเว้นที่อัตราส่วนความกว้างด้านใหญ่ต่อด้านเล็กที่ 1.05 เหล็กโครงสร้างจะได้ค่าเฉลี่ยความปลอดภัยสูงที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน (2546). การออกแบบเครื่องจักรกล 1, ISBN: 9-74534-352-8, กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[2] ปราโมทย์ เดชะอำไพ (2550). ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม, ISBN: 9-74031-934-4, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] Thomas H. Courtney (2005). Mechanical Behavior of Materials, ISBN: 1-57766-425-6, Waveland Pr Inc, 2 edition, McGraw-Hill.

[4] A.J. McEvily (1990). Atlas of Stress-Corrosion and Corrosion Fatigue Curve, ISBN: 0-87170-374-2, ASM International.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยขวดพลาสติก

Testing the efficiency of the plastic bottle granulator

วรนาถ สมนาม[1], ขวัญฤดี สมพินิจ[1],ผศ.สุรสิทธิ์ พ่อค้า[1],จังหวัด เจริญสุข[1],สิทธิศักดิ์ เริงฤทธิ์[1,*],ณัทปภา จันทร์โสม[2]

[1] มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ 62/1 ถนน เกษตรสมบูรณ์ ตำบล เมืองกาฬสินธุ์ อำเภอ เมือง จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000

[2] วิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย 179/137ถนน ประชาสโมสร, ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น, 40000

*ผู้ติดต่อ: r.sittisak@gmail.com, 063-721-8998, 043-602-044

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องบดย่อยขวดพลาสติก ซึ่งได้ทำการทดสอบกับขวดพลาสติก 2 ชนิด ได้แก่ ขวดชนิด Polyethylene terephthalate (PET) และ Polyethylene (PE) โดยเลือกใช้ความเร็วรอบ 3 ระดับ ได้รอบ 550 ,700 และ 850 รอบต่อนาที ขนาดของรูตะแกรงมีการจำกัดที่ 25.4 มิลลิเมตร ผลการทดสอบพบว่า ขวดชนิด PET มีประสิทธิภาพสูงสุด 96.68 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที และที่อัตราการป้อน 18.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สำหรับขวด PE มีประสิทธิภาพสูงสุด 99.08 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาที และที่อัตราการป้อน 25.33 กิโลกรัมชั่วโมง

คำหลัก: พลาสติก ,เครื่องบดย่อยขวดพลาสติก

Abstract

The aim of this study was to find out the efficiency of the plastic bottle granulator which was created and developed. The granulator was tested with two kinds of the plastic bottle i.e. Polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle and Polyethylene (PE) plastic bottle by using speed rounds three levels namely 550, 700 and 850 rpm and fixed the diameter size of the grille holes at 25 mm. for testing. The result found that the maximum grinding efficiency for the PET plastic bottle of 96.68 percent at 700 rpm. and 18.69 kg/hr. feed rate. The maximum grinding efficiency for the PE plastic bottle of 99.08 percent at 550 rpm. and 25.33 kg/hr. feed rate.

Keywords: Plastic,_The plastic bottle granulator

1. บทนำ

ขวดพลาสติกเป็นวัสดุ ที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีราคาถูกน้ำหนักเบา จึงมีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ขยะมูลฝอยมีปริมาณสูงขึ้นมากตามไปด้วย ซึ่งขยะมูลฝอยเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้ เกิดปัญหา สิ่งแวดล้อม ขยะมูลฝอยหรือของเสียกำลังมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปี เพราะสาเหตุจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม นับเป็นปัญหาที่สำคัญของชุมชนซึ่งต้องจัดการและแก้ไข ดังนั้นการนำขวดพลาสติกมารีไซเคิล นอกจากจะช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยแล้วยังเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีใน ช่วงที่ผ่านมา ทำให้การนำกลับมาใช้ใหม่ของขวดพลาสติก ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่ ด้วยกันหลากหลายกระบวนการ แต่กระบวนการที่สำคัญที่สุดก็คือ การลดขนาดพลาสติกก่อนนำไปรีไซเคิลเพื่อสะดวกต่อการขนส่งและการนำไปรีไซเคิล

จากปัญหาดังกล่าวทางผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการศึกษา พัฒนาและสร้างเครื่องบดย่อยขวดพลาสติกขึ้น เพื่อให้มีขนาดพอเหมาะแก่การใช้งานและใช้ต้นทุนในการผลิตไม่สูง เพื่อลดปัญหาขยะจากขวดพลาสติก และเพิ่มมูลค่าให้กับขยะจากขวดพลาสติก

2. การดำเนินการ

1.เพื่อศึกษาพัฒนา ออกแบบและสร้างเครื่อง บดย่อยขวดพลาสติก

2.เพื่อหาประสิทธิภาพการย่อยขวดพลาสติก

3. วิธีการดำเนินการศึกษา

ทำการศึกษา และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย่อยขวดพลาสติกซึ่งใช้ขวดพลาสติก 2 ชนิด ได้แก่ (Polyethylene terephthalate :PET) และพลาสติกชนิด (Polyethylene :PE) โดยใช้ความเร็วรอบ 550 , 700 และ 850 rpm ซึ่งทำการทดสอบ 5 ซ้ำต่อหนึ่งความเร็วรอบ ป้อนเข้าเครื่องรอบละ 1 kg โดยจับเวลาในการทดสอบ

ตัวแปรที่กำหนด

ตัวแปรต้น

- ชนิดขวดพลาสติก [Polyethylene Terephalate (PET) และ Polyethylene (PE)]
- ความเร็วรอบมอเตอร์ (550, 700 และ 850 rpm)

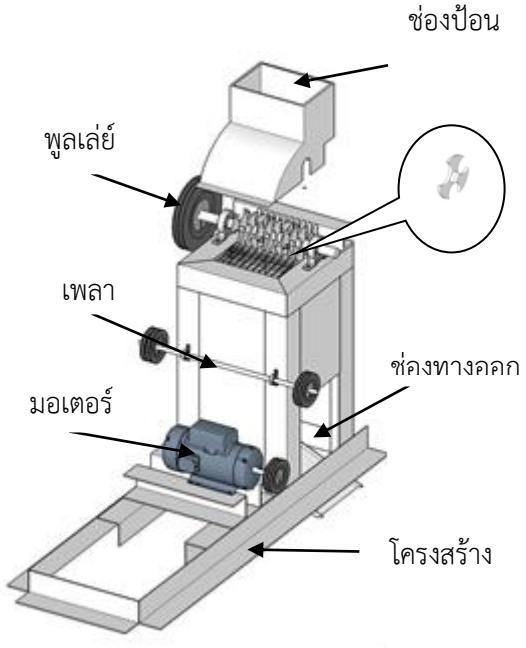
ตัวแปรตาม

- อัตราการย่อยขวดพลาสติก (kg/hr)
- ระยะเวลา (min)

ตัวแปรควบคุม

- อัตราการป้อน 1 kg.
- รูตะแกรง 25.4 mm.

4. การออกแบบเครื่องบดย่อยขวดพลาสติก



รูปที่ 1 เครื่องบดย่อยขวดพลาสติก

5. ผลการศึกษา

ในการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องบดย่อยขวดพลาสติกได้ทำการออกแบบ และสร้างดังรูปที่ 1 พร้อมทำการทดสอบการทำงานของเครื่องบดย่อยขวดพลาสติกได้ผลการศึกษา ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate (PET) (อัตราการป้อน 1 กิโลกรัม)

ความเร็วรอบ (rpm)	เศษพลาสติก		เวลา (min)	η (%)
	ย่อยได้ (kg)	ตกค้าง (kg)		
550	0.954	0.044	5.05	95.38
700	0.966	0.032	3.10	96.68
850	0.940	0.058	2.21	94.18

$$\text{ประสิทธิภาพการย่อย } (\eta) = \frac{Output}{Input} \times 100$$

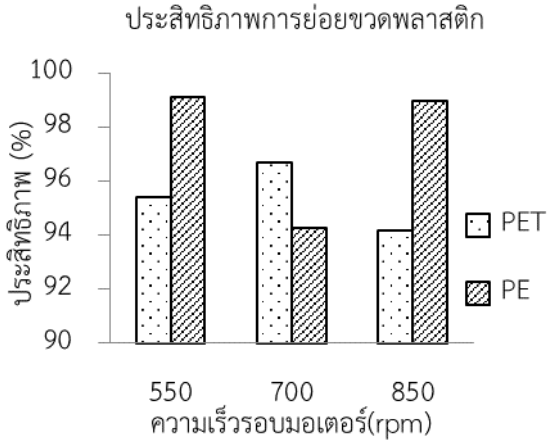
จากตารางที่ 1 พบว่าอัตราการย่อยขวดพลาสติก จำนวน 1 kg ที่ความเร็วรอบ 700 rpm ได้ปริมาณการย่อยสูงสุดเฉลี่ย 0.966 kg เศษตกค้าง 0.032 kg ใช้เวลา 5.05 min ได้ประสิทธิภาพ 96.68 % ที่ความเร็วรอบ 550 rpm ย่อยได้ 0.954 kg ตกค้าง 0.044 kg ใช้เวลา 5.05 min ประสิทธิภาพ 95.38 % และที่ความเร็วรอบ 700 rpm ย่อยได้ 0.940 kg ตกค้าง 0.058 kg ใช้เวลา 2.21 min ได้ประสิทธิภาพ 94.18 %

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) (อัตราการป้อน 1 กิโลกรัม)

ความเร็วรอบ (rpm)	เศษพลาสติก		เวลา (min)	η (%)
	ย่อยได้ (kg)	ตกค้าง (kg)		
550	0.989	0.009	2.35	99.08
700	0.943	0.054	1.13	94.27
850	0.987	0.010	1.08	98.98

$$\text{ประสิทธิภาพการย่อย } (\eta) = \frac{Output}{Input} \times 100$$

จากตารางที่ 2 พบว่าอัตราการย่อยขวดพลาสติก จำนวน 1 kg ที่ความเร็วรอบ 550 rpm ได้ปริมาณการย่อยสูงสุดเฉลี่ย 0.989 kg เศษตกค้าง 0.009 kg ใช้เวลา 2.35 min ได้ประสิทธิภาพ 99.08 % ที่ความเร็วรอบ 850 rpm ย่อยได้ 0.987 kg ตกค้าง 0.010 kg ใช้เวลา 1.08 min ประสิทธิภาพ 98.98 % และที่ความเร็วรอบ 700 rpm ย่อยได้ 0.943 kg ตกค้าง 0.054 kg ใช้เวลา 1.13 min ได้ประสิทธิภาพ 94.27 %



รูปที่ 2 กราฟแสดงประสิทธิภาพการย่อยขวดพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate (PET) และชนิด Polyethylene (PE)

จากรูปที่ 2 พบว่าผลการทดสอบ ขวดพลาสติกชนิด (Polyethylene terephthalate :PET) ที่ความเร็วรอบ 700 rpm ได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 96.68 % ที่ความเร็วรอบ 550 และ 850 rpm ทำได้ 95.38 % และ 94.18 % ตามลำดับ ซึ่งชนิด (Polyethylene :PE) ได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วรอบ 550 rpm ทำได้ 99.08 % ที่ความเร็วรอบ 850 และ 700 rpm ได้ 98.98 % และ 94.27 % ตามลำดับ

6. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเพื่อสร้าง และพัฒนาเครื่องบดย่อยขวดพลาสติก นี้จนถึงการทดสอบการทำงานจะพบปัญหาที่เกิดขึ้นหลายจุดด้วยกัน ซึ่งผู้จัดทำได้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในบางส่วนแล้วเพื่อให้เครื่องย่อยขวดพลาสติกจะได้มีปัญหาน้อยที่สุดและจากการทดลองเครื่องยังมีปัญหาเกี่ยวกับการป้อนขวดพลาสติกเข้าสู่เครื่องย่อย เพราะบางครั้งเกิดการกระดอนของขวด ทำให้เกิดความไม่

สม่ำเสมอของการป้อน และยังเกิดการสั่นสะเทือน ดังนั้นควรยึดเครื่องกับพื้นให้แน่น เพื่อลดการสั่นสะเทือนของเครื่อง

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงงาน เรื่องการสร้างและพัฒนาเครื่องบดย่อยขวดพลาสติกจะสำเร็จลุล่วงได้ดี ก็ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรสิทธิ์ พ่อค้า และอาจารย์สิทธิศักดิ์ เริงฤทธิ์ ที่ได้ให้แนวคิดแนวความรู้และคำปรึกษาตลอดจนการออกแบบในการสร้างโครงงาน และน้องๆ นักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจสนับสนุนจนสำเร็จด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] กุณฑล ทองศรี, การออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยขวดพลาสติก, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2550

[2] กาญจน์อเนก ครอบนพรัตน์ และคณะ, การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยขวดพลาสติก, สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพเชียงใหม่, 2555

[3] พรชัย จงจิตรไพศาล, สกรูขนถ่ายวัสดุ, ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530

[4] ศราวุธ จันทร์กลาง, การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยขวดพลาสติกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดการขยะภายในชุมชนเทศบาลเมืองขลุง จังหวัดจันทบุรี, ภาควิชาการจัดการวิศวกรรม, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2556

[5] คุณสมบัติวัสดุ.(สืบค้นออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: www.school.scimath.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 28 มีนาคม 2560)

[6] พอลิเมอร์.(สืบค้นออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: www.sc.sci.rmutp.ac.th (วันที่สืบค้นข้อมูล : 29 มีนาคม 2560)

[7] มนัส สถิรจินดา, วิศวกรรมการอบชุบเหล็ก, ภาควิศวกรรมอุตสหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย, 2540

[8] มอเตอร์.(สืบค้นออนไลน์).เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 15 พฤษภาคม 2561)

การศึกษารูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ
The study flow patterns of a working fluid with in a closed–loop oscillating heat pipe with check valve

กิตติพล ขาวงาม[1*] สัจพันธ์ จริงมาก[1] ชัยณรงค์ หล่มช่างคำ[1] ณรงค์ สีหาจ่อง[2*] สุระ ตันดี[2] คณิต จันทะกล[2]
ปรีชา ชนะสงคราม[2]

[1] วิทยาลัยพิชญบัณฑิต 171/2 หมู่ 2 ถ.วิจารณ์รังสรรค์ ต.หนองบัว อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู 39000
[2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
E-mail kittipon.khaongam@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 086-2411141

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับใช้ท่อแก้ว Pyrex L_e=5 10 และ15 cm ท่อแบ่งออกเป็น 3 ส่วน L_e,L_a,L_c แต่ละส่วนจะมีความยาวเท่ากัน 15 30 และ45 cm D_i=0.0203 cm จำนวนโค้งเลี้ยว 5 และ7 โค้งเลี้ยว มุมเอียง 0 60 และ90° อุณหภูมิน้ำร้อน 70 80 และ90 °C ใช้ซิลเวอร์นาโนเป็นสารทำงาน อัตราการเติม (FR) 50 % ของส่วนทำระเหย ใช้วาล์วกันกลับจำนวน 2 ตัว อุณหภูมิน้ำเย็นคงที่ 20 °C ทำการบันทึกรูปแบบการไหลในส่วนทำระเหยด้วยกล้องดิจิตอล 2 เครื่อง เพื่อสังเกตรูปแบบการไหล จากการทดลองพบว่า L_e=5 10 และ15 cm มีรูปแบบการไหลเป็นแบบสลักพร้อมกับมีรูปแบบการไหลแบบโพรงปะปนอยู่เล็กน้อย แต่ความยาวฟองไอมีความยาวไม่เท่ากัน เมื่อเปลี่ยนเป็นจำนวนโค้งเลี้ยว 5 และ7 โค้งเลี้ยว ยังคงมีรูปแบบการไหลเป็นแบบสลักไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อปรับมุมเอียงเพิ่มขึ้น 0 60 และ90° รูปแบบการไหลที่พบเป็นแบบสลักไม่เปลี่ยนแปลง อุณหภูมิน้ำร้อนเพิ่มขึ้น 70 80 และ90 °C รูปแบบการไหลเป็นแบบสลัก เมื่อพิจารณาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด ชุดทดลองที่มีความยาว L_e=10 cm จำนวน 7 โค้งเลี้ยว มุมเอียง 60° และอุณหภูมิ 90 °C ให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนดีที่สุด

คำหลัก: รูปแบบการไหล, ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ, ของไหลนาโนซิลเวอร์ไนเตรท

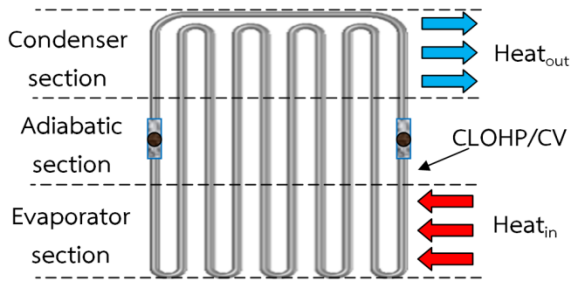
Abstract

This research is study of flowing pattern the inside working substance inside the (CLOHP/CV) the glass pipe pyrex. L_e=5 10 and 15 cm The pipe is divided into 3 L_e, L_a, L_c The total lengths various 15 30 and 45 cm D_i= 0.0203 cm with 5 and 7 turns. The inclination angles were 0 60 and 90° The heat source temperatures were controlled at 70 80 and 90 °C used silver nano substance as the working substance were used as working fluids with the filling rate (FR) 50 % of the evaporator. The with 2 checked valves. Coolant condensate temperature constant at 20 °C The recorded the flowing pattern by 2 digital cameras to observe the flowing pattern. The research found that the L_e=5 10 and 15 cm had the slug *flow* pattern mixed with the churn *flow* pattern a little. However the length of the vapor bubble was not the same. When the changed the number of the turns to 5 and 7 turns the flowing pattern was still the slug *flow* pattern. When the increased the angles 0 60 and 90° the flowing pattern was still the slug *flow* pattern. When the increased the evaporator temperature 70 80 and 90 °C the flowing pattern was still the slug *flow* pattern. the maximum heat exchange rate, the found that L_e=10 cm with 7 turns 60° of angle the temperature at 90 °C had the maximum heat exchange rate.

Keywords: Flow Pattern, closed-loop oscillating heat pipe, Nano Fluid.

1. บทนำ

ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ (CLOHP/CV) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอีกประเภทหนึ่งที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง โดยภายในท่อความร้อนจะมีสารทำงานบรรจุอยู่ภายในท่อภายใต้สุญญากาศ การทำงานของท่อความร้อนโดยอาศัยหลัก การส่งถ่ายความร้อน เมื่อสารทำงานได้รับความร้อนสารทำงานที่อยู่ในท่อจะระเหยกลายเป็นไอและเคลื่อนไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่ง ในระหว่างการเคลื่อนตัวนี้จะคายความร้อนและกลายเป็นของเหลวที่บริเวณผิวภายในของท่อซึ่งท่อความร้อนจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ L_e ส่วนทำระเหยจะเป็นส่วนรับความร้อน L_a ส่วนกันความร้อนเป็นส่วนป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอก L_c ส่วนควบแน่นสารทำงานจะถ่ายเทความร้อนออกสู่ด้านนอกและนำความร้อนไปใช้งาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ

รูปแบบการไหล เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อความร้อนซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ โดยแงการพิจารณารูปแบบการไหลออกเป็นสองสภาวะคือสภาวะปกติและสภาวะวิกฤต สภาวะวิกฤต คือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่วนทำระเหยสูงขึ้น จะทำให้ความดันไอมากขึ้นจนทำให้ก้อนของเหลวภายในท่อความร้อนไม่สามารถเคลื่อนที่มารับความร้อนที่ส่วนทำระเหยได้ทำให้เกิดการแห้งขึ้นท่อความร้อนไม่สามารถถ่ายเทความร้อนไปยังส่วนควบแน่นได้[1]วาล์วกันกลับทำหน้าที่บังคับทิศทางการไหลของสารทำงานภายในท่อให้มีทิศทางการไหลไปในทิศทางเดียวกัน[5]ที่กล่าวมาข้างต้นได้มีนักวิจัยศึกษาเกี่ยวกับท่อชนิดนี้ มีดังนี้ การศึกษาผลของความเสียดทานของผนังภายในที่มีต่อรูปแบบการไหลในท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดท่อความร้อนทำมาจากท่อแก้วพบว่าเมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นรูปแบบการไหลยังคงเป็น Slug flow ที่มุมเอียง 50° ให้ค่าการส่งถ่ายความร้อนสูงสุด[2]ผลของมุมเอียงและสารทำงานที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่สภาวะวิกฤตท่อความร้อนทำมาจากท่อแก้วพบว่ามุมเอียงมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนวิกฤต จำนวนโค้งเลี้ยวไม่มีผลต่อการไหล[3]ความสัมพันธ์ในการทำนายลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่สภาวะการทำงานปกติ D_i=2.03 mm สารทำงาน R123 ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนดีที่สุด7646 w/m^2 [4] ผลของรูปร่างและตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับพบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวส่วนทำระเหยและอัตราส่วนวาล์วกันกลับลดลง[5]นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนักวิจัยส่วนใหญ่สนใจที่จะศึกษาเฉพาะท่อความร้อนแบบท่อทองแดงเพื่อให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนดีที่สุดแต่การศึกษารูปแบบการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อนที่ติดตั้งวาล์วกันกลับยังเป็นส่วนน้อยดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะเน้นศึกษาการระบายความร้อนของท่อความร้อนซึ่งทำจากท่อแก้ว Pyrex เพื่อให้สามารถมองเห็นการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของความยาวส่วนทำระเหย ผลของจำนวนโค้งเลี้ยว ผลของมุมเอียง และอุณหภูมิที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ(CLOHP/CV)

3. ขอบเขตของวิจัย

3.1 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับสร้างจากท่อแก้ว Pyrex D_i= 0.0203 cm ขนาดความยาวของส่วนทำระเหยต่างกัน L_e= 5 10 และ15 cm ท่อแบ่งออกเป็น 3 ส่วน L_e,L_a,L_c ในแต่ละส่วนจะมีความยาวเท่าๆกัน ความยาวรวมทั้งหมด L_T=15 30 และ 45 cm

3.2 จำนวนโค้งเลี้ยวของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ 5 และ7 โค้งเลี้ยว

3.3 ใช้น้ำผสมกับซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$)เป็นอนุภาคนาโนเป็นสารทำงาน

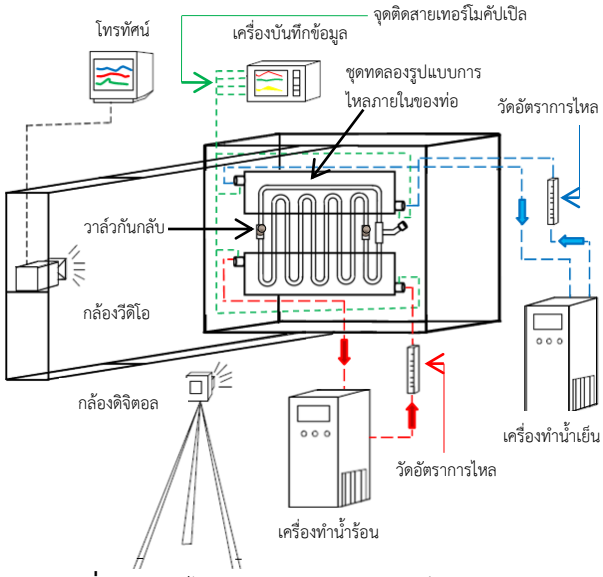
3.4 มุมเอียงที่ใช้ในการทดลอง $\beta = 0$ 60 และ 90°

3.5 อุณหภูมิน้ำร้อน T_{so}= 70 80 และ 90 °C อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นส่วนควบแน่นคงที่ T_{si}=20 °C

3.6 เติมสารทำงาน 50 % โดยปริมาตรของท่อ

3.7 ใช้วาล์วกันกลับจำนวน 2 ตัว (ติดตั้งตำแหน่งด้านนอกของโค้งเลี้ยว)

4. วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 2 แสดงไดอะแกรมและอุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 2 แสดงไดอะแกรมการทดลองนำชุดทดลองประกอบเข้ากับแท่นทดสอบที่สามารถปรับมุมเอียงองศาได้ติดสายเทอร์โมคับเปิล Type K ทั้งหมด 4 จุด ย่านการวัด TC ต่อเข้ากับเครื่อง Data logger Yokogawa รุ่น MV 1000 chanel 24 ช่อง มีค่าความแม่นยำ ± 0.15 % จากนั้นต่อท่อน้ำร้อนขาเข้าและขาออกที่ส่วนทำระเหยจากเครื่อง Hot bath Thermo fisher scientific รุ่น EX-35 มีค่าความผิดพลาด ± 0.01 °C และต่อท่อน้ำเย็นขาเข้าและขาออกที่ส่วนควบแน่นจากเครื่อง Cooling bath EYELA รุ่น CA-1112CE ค่าความถูกต้อง ± 2 °C ทดลองท่อความร้อนเพื่อศึกษารูปแบบการไหลภายในท่อ โดยเริ่มตั้งแต่มุมเอียง 0 60 และ 90° แต่ละมุมเอียงจะต้องเข้าสู่สภาวะคงที่ 15 min จึงทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณและเตรียมทดลองในเงื่อนไขต่อไปการทดลองหาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนจะใช้อุณหภูมิเครื่องทำน้ำร้อนที่ส่วนทำระเหย 70 80 และ 90 °C อุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็นคงที่ 20 °C ปรับอัตราการไหล 0.4 L/min คงที่ทั้งเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องทำน้ำร้อนเท่ากันโดยจะทดลองในแต่ละชุดการทดลองที่สร้างขึ้นตามเงื่อนไข การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนควบแน่นหาได้จาก[6][8]

$$Q_{cool} = \dot{m}_{cool} C_{pcool} \left(T_{out} - T_{in}\right) \qquad (5)$$

โดยที่ Q_{cool} =ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากส่วนทำระเหยไปยังส่วนควบแน่น (W) $\dot{m}_{cool}$ =อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเย็นส่วนควบแน่น (kg/s) $C_{p,cool}$ =ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารรับความร้อน $\left(KJ/kg.^{\circ}C\right)$ $\left(T_{out} - T_{in}\right)$ = ความแตกต่างของอุณหภูมิของสารรับความร้อน $^{\circ}C$ การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ[7]

$$q_c = \frac{Q}{\pi D_o L_c N} \qquad (6)$$

เมื่อ q_c =อัตราการถ่ายเทความร้อนจากส่วนทำระเหยไปยังส่วนควบแน่น $\left(W/m^2\right)$ D_0 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อความร้อน (m) L_c =ความยาวส่วนควบแน่น (m) N_{con} = จำนวนโค้งเลี้ยว

5. ผลการทดลอง

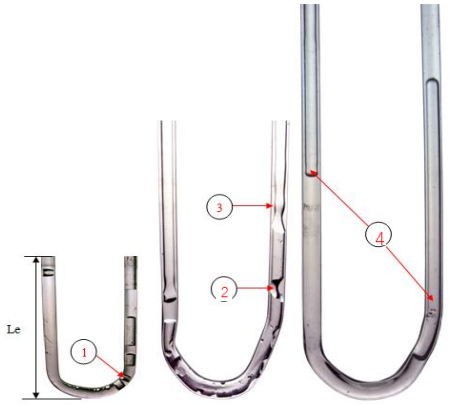
5.1 ความยาวส่วนทำระเหยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อน

รูปที่ 3 (ก) $\beta = 60^{\circ}$ T_{so}= 90 °C โค้งเลี้ยว 7 โค้ง เลี้ยว L_e=5 cm พบว่า มีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ไม่มาก เพราะมีพื้นที่รับความร้อนและระบายความร้อนมีน้อย รูปแบบการไหลส่วนใหญ่เป็นแบบสลักที่มีความยาวน้อย พร้อมรูปแบบโพรงปะปนอยู่เล็กน้อย

รูปที่ 3 (ข) $\beta = 60^{\circ}$ T_{so}= 90 °C โค้งเลี้ยว 7 โค้ง เลี้ยว L_e=10 cm พบว่า อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนดีที่สุดรูปแบบการไหลส่วนใหญ่เป็นแบบสลัก เกิดการไหลย้อนกลับลงมารวมตัวกับของเหลวที่เกาะอยู่ที่ผิวด้านในของโค้งเลี้ยว

รูปที่ 3 (ค) $\beta = 60^{\circ}$ T_{so}= 90 °C โค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว L_e=15 cm พบว่า อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลงรูปแบบการไหลของสารทำงานเป็นแบบสลักที่ยาวมีลักษณะเป็นหัวกระสุนด้านหนึ่งและทั้งสองด้าน พร้อมการเกิดการขาดของของเหลวภายในช่วงโค้งเลี้ยว

1.เกิดฟองไอแบบสลัก 2.เกิดการขาดของเหลว 3.การไหลย้อนกลับ 4.ของเหลวติดที่ผิวของท่อความร้อน



รูปที่ 3 (ก) Le= 5 cm (ข) Le=10 cm (ค) Le=15 cm

รูปที่ 3	ความยาวส่วนทำระเหย	ความยาวฟองไอ	ความเร็วของฟองไอ	อัตราการถ่ายเทความร้อน	รูปแบบฟองไอ
(ก)	5 cm	20 mm	0.17 m/s	0.6 W	สลักสั้น
(ข)	10 cm	50 mm	0.45 m/s	1.02 W	สลัก
(ค)	15 cm	100 mm	0.35 m/s	0.4 W	สลักยาว

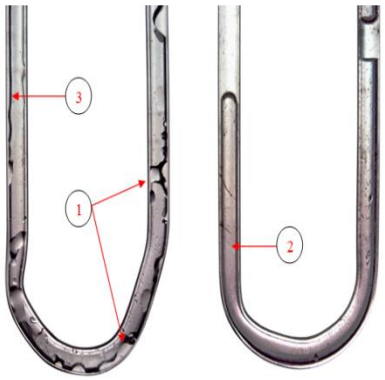
จากรูปที่ 3 รูปแบบการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ T_{so}=90 °C โค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว (ก) L_e= 5 cm (ข) L_e= 10 cm (ค) L_e= 15 cm

5.2 ผลของจำนวนโค้งเลี้ยวที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อน

รูปที่ 4 (ก) $\beta = 60^{\circ}$ T_{so}= 90 °C L_e= 10 cm โค้งเลี้ยว 5 โค้งเลี้ยว พบว่า มีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ต่ำการเดือดของสารทำงานเคลื่อนที่ไปทั้งทางด้านซ้าย-ขวาขึ้นบนพร้อมกับของเหลวบางส่วนได้เคลื่อนที่ลงส่วนทำระเหยจึงเกิดการชนของของเหลวกับฟองไออยู่ขณะหนึ่ง จึงจะเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันเป็นเหตุให้สารทำงานเคลื่อนที่ขึ้นบนยังไม่ได้แลกเปลี่ยนความร้อนยังส่วนควบแน่น แต่กลับลงมาจากการชนของของเหลวจึงทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนไม่ได้ดีมาก รูปแบบการไหลของสารทำงานส่วนใหญ่เป็นแบบสลักพร้อมกับแบบโพรงปะปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งแบบสลักจะสั้นและมีอยู่จำนวนมาก มีการขาดของของเหลวภายในท่อความร้อนบางโค้งเลี้ยวจะเป็นฟองไอเกิดในส่วนทำระเหยเป็นส่วนใหญ่ไปถึงส่วนกันความร้อน ขณะเดียวกันจะมีของเหลวบางส่วนติดที่ผนังภายในท่อความร้อนเป็นจำนวนมาก

รูปที่ 4 (ข) $\beta = 60^{\circ}$ T_{so}= 90 °C L_e= 10 cm โค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว พบว่า รูปแบบของสารทำงานเป็นแบบสลักที่มีความยาวเพิ่มขึ้นมีจำนวนมากเกิดการขาดของของเหลวภายในท่อความร้อนที่มีความยาวมาก ขณะเดียวกันการเคลื่อนที่ของของเหลวกับฟองไอมีการผลักดันกันระหว่างโค้งเลี้ยวลดลงพร้อมกับการเคลื่อนที่ของสารทำงานมีการเคลื่อนที่ขึ้นและลงไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น สารทำงานส่วนใหญ่จะรวมตัวกันที่ส่วนควบแน่น(L_C)จำนวนมากพร้อมกับใช้เวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนนานขึ้น

1.ของเหลวติดผนังภายในท่อความร้อน 2.เกิดฟองไอแบบสลัก 3.การไหลย้อนกลับ



รูปที่ 4 (ก) จำนวน 5 โค้งเลี้ยว (ข) จำนวน 7 โค้งเลี้ยว

รูปที่ 4	จำนวนโค้งเลี้ยว	ความยาวฟองไอ	ความเร็วของฟองไอ	อัตราการถ่ายเทความร้อน	รูปแบบฟองไอ
(ก)	5	20 mm	0.2 m/s	0.82 W	สลัก
(ข)	7	50 mm	0.45 m/s	1.2 W	สลัก

จากรูปที่ 4 รูปแบบการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ จำนวนโค้งเลี้ยว 5 โค้งเลี้ยว จำนวนโค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว

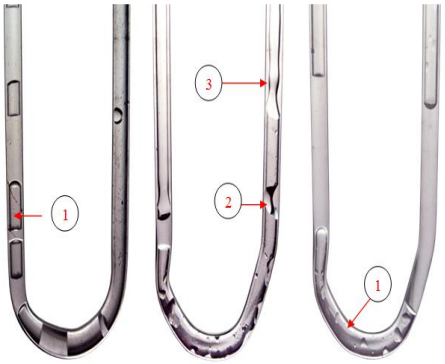
5.3 ผลของมุมเอียงที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อน

รูปที่ 5 (ก) T_{so}= 90 °C จำนวนโค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว L_e=10 cm $\beta = 0^{\circ}$ พบว่า จะเกิดรูปแบบการไหลในแนวระดับซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบสลักสั้น พร้อมการขาดของของเหลวในบางส่วนโดยส่วนนั้นจะเป็นฟองไอยาวที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่ช้ามาก

รูปที่ 5 (ข) T_{so}= 90 °C จำนวนโค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยวที่ L_e=10 cm $\beta = 60^{\circ}$ พบว่าการเคลื่อนที่ของสารทำงานมีความเร็วมาก การเคลื่อนที่จะไปทั้งด้านซ้ายขวาของโค้งเลี้ยวอยู่ขณะหนึ่งจึงจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน

รูปที่ 5 (ค) T_{so}= 90 °C โค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยวที่ L_e=10 cm $\beta = 90^{\circ}$ พบว่าการเคลื่อนที่ของสารทำงานมีความเร็วลดลงเกิดการผลักดันของของเหลวกับฟองไอที่บ่อยครั้งมากในการเคลื่อนที่ขึ้นลงของของเหลวกับฟองไอจะต้องใช้เวลา 10-20 วินาทีต่อครั้ง

1.เกิดฟองไอแบบสลัก 2.ของเหลวติดที่ผนังภายในท่อความร้อน



รูปที่ 5 (ก) $\beta = 0^{\circ}$ (ข) $\beta = 60^{\circ}$ (ค) $\beta = 90^{\circ}$

รูปที่ 5	มุมเอียง (องศา)	ความยาวฟองไอ	ความเร็วของฟองไอ	อัตราการถ่ายเทความร้อน	รูปแบบฟองไอ
(ก)	0	15 mm	0.17 m/s	-	สลักสั้น
(ข)	60	50 mm	0.45 m/s	1.2 W	สลัก
(ค)	90	40 mm	0.35 m/s	0.6 W	สลักยาว

จากรูปที่ 5 รูปแบบการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ T_{so}= 90 °C L_e=10 cm จำนวนโค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว $\beta = 0$ 60 และ90°

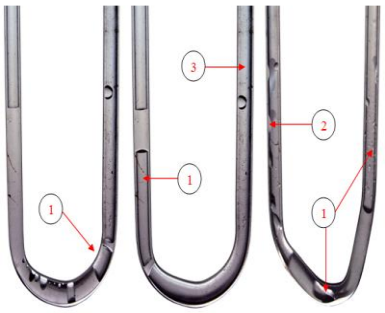
5.4 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อน

รูปที่ 6 (ก) $\beta = 60^{\circ}$ จำนวนโค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว L_e=10 cm T_{so}= 70 °C พบว่า จะมีการเดือดเป็นฟองก้อนเล็กและขยายตัวยาวขึ้นเป็นแบบสลักที่ยาวขึ้นเกิดขึ้นที่บริเวณกึ่งกลางด้านล่างของโค้งเลี้ยวนั้นและฟองไอที่เกิดขึ้นจะมีการเคลื่อนที่ไปรวมกับฟองไอขนาดใหญ่ที่อยู่ใกล้กันพร้อมๆกับเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนโดยมีการเคลื่อนที่ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของโค้งเลี้ยว รูปแบบการไหลส่วนใหญ่เป็นแบบสลักฟองไอจะมีความเร็วเฉลี่ย 0.27 m/s และความยาวเฉลี่ยของฟองไอ 15 mm

รูปที่ 6 (ข) $\beta = 60^{\circ}$ โค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว L_e=10 cm T_{so}=80 °C พบว่า จำนวนฟองเล็กเกิดจากการเดือดบริเวณด้านล่างของส่วนทำระเหยเพิ่มมากขึ้น ฟองไอเหล่านี้จะมีการเคลื่อนที่ขึ้นบนจึงมีการผลักดันกันและรวมตัวกันเป็นฟองไอที่ยาวขึ้นมีความเร็วของฟองไอเพิ่มมากขึ้นอีก จึงทำให้มีฟองไอเกิดการบิดเบี้ยวและสภาวะแห้งอยู่ประมาณ 0.8-1.0 วินาทีในแต่ละครั้งเกิดสภาวะการท่วมประมาณ 5-10 ครั้งต่อวินาที

รูปที่ 6 (ค) $\beta = 60^{\circ}$ โค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว L_e=10 cm T_{so}=90 °C พบว่าฟองไอที่เกิดจากการเดือดจะเป็นแบบสลักที่มีขนาดยาวเพิ่มขึ้นพร้อมกับความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น การเคลื่อนที่ขึ้นบนมีทั้งด้านซ้ายและด้านขวา แต่ไม่นานนักจะมีสารทำงานเคลื่อนที่กลับมาด้านล่างพร้อมเคลื่อนที่ไปเพียงด้านเดียวแทนการเคลื่อนที่ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาฟองไอเหล่านี้ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ขึ้นบนและกลับลงมาส่วนทำระเหยเร็วขึ้นมากประมาณ 4-5 วินาทีต่อครั้ง

1.เกิดฟองไอแบบสลัก 2.การไหลย้อนกลับ 3.การขาดของของเหลว



รูปที่ 6 (ก) T_{so}= 70 °C (ข) T_{so}= 80 °C (ค) T_{so}= 90 °C

รูปที่ 6	อุณหภูมิส่วนทำระเหย °C	ความยาวฟองไอ	ความเร็วของฟองไอ	อัตราการถ่ายเทความร้อน	รูปแบบฟองไอ
(ก)	70	30 mm	0.27 m/s	0.5 W	สลัก
(ข)	80	40 mm	0.3 m/s	0.6 W	สลัก
(ค)	90	50 mm	0.45 m/s	1.2 W	สลัก

จากรูปที่ 6 ผลของมุมเอียงที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับจำนวนโค้งเลี้ยว 10 โค้งเลี้ยว L_e=10 cm $\beta = 0$ 60 และ90° (T_{so}= 70 80 และ90 °C,T_{si}= 20 °C)

6. สรุปผลการทดลอง

ผลของการศึกษารูปแบบการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ

6.1 ความยาวของส่วนทำระเหย L_e=10 cm มีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนดีที่สุดรูปแบบการไหลส่วนใหญ่เป็นแบบสลักเกิดการไหลย้อนกลับลงมารวมตัวกับของเหลวที่เกาะอยู่ที่ผิวด้านในของโค้งเลี้ยว

6.2 จำนวนโค้งเลี้ยว 7 โค้งเลี้ยว รูปแบบของสารทำงานเป็นแบบสลักที่มีความยาวเพิ่มขึ้นมีจำนวนมากเกิดการขาดของของเหลวภายในท่อความร้อนที่มีความยาวมาก ขณะเดียวกันการเคลื่อนที่ของของเหลวกับฟองไอมีการผลักดันกันระหว่างโค้งเลี้ยวได้ดี

6.3 มุมเอียง 60° การเคลื่อนที่ของสารทำงานมีความเร็วมากการเคลื่อนที่จะไปทั้งด้านซ้ายขวาของโค้งเลี้ยวอยู่ขณะหนึ่งจึงจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันดีกว่ามุมเอียง 0° และ90°

6.4 อุณหภูมิน้ำร้อน 90 °C ให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนดีที่สุดฟองไอที่เกิดจากการเดือดจะเป็นแบบสลักที่มีขนาดยาวเพิ่มขึ้นพร้อมกับความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณพี่คณิต จันทะกล พี่ปรีชา ชนะสงคราม ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลการทดลองเพื่อนำมาเขียนบทความวิจัย *อันเป็นประโยชน์ทางการศึกษา* ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร.ณรงค์ สีหาจ่อง

อ.ดร.สุระ ตันดี อ.ดร.ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์ และรวมทั้งอาจารย์ที่ไม่ได้กล่าวมากรุณาให้ความรู้คำแนะนำอย่างเอาใจใส่ผม กิตติพล ขาวงาม ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] นำพร ปัญโญใหญ่.(2547).ผลของโค้งเลี้ยวและอัตราส่วนสนทัดที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสั่นปลาย ปิดที่สภาวะวิกฤต.หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเชียงใหม่.

[2] *ณรงค์ สีหาจ่อง*.(2545).ผลของความเสียดทานของผนังภายในที่มีต่อรูปแบบการไหลในท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด.หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเชียงใหม่.

[3] สุระ ตันดี.(2548).ผลของมุมเอียงและสารทำงานที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่สภาวะวิกฤต.หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเชียงใหม่.

[4] Rittidech S. Terdtoon P. Murakami M. Kamonpet P. and Jompakdee, W. (2003). Correlation to Predict Heat Transfer Characteristics of a Close-End Oscillating Heat Pipe at Normal Operating Condition. *Applied Thermal Engineering,* vol. 23, No. 4, pp. 497-510.

[5] Rittidech, S., Pipatpaiboon, N., Terdtoon, P.(2007).Heat-transfer characteristics of a closed-loop oscillating heat-pipe with check valves. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand.

[6] Akachi, H., Polasek, F., Stulc, P., (1996).Pulsating heat pipes: Proceedings of the Fifth International Heat Pipe *Symposium. Melbourne, Australia,* pp.208–217. ISBN 0-08-042842-8.

[7] Wannapakhe S., Rittidech S., Bubphachot B., and Watanabe, O.(2009).Heat transfer rate of a closed-loop oscillationg heat pipe wit check valves using silver nanofluid as working fluid. *Journal of Mechanical science and Technology,* vol. 23,pp. 1576-1582.

[8] Yunus, A. C., (2004). Heat Transfer A Practical Approach. Second Edition In SI Units, McGraw-Hill.

การควบคุมการนำทางแบบอัตโนมัติของเรือโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

Autonomous Navigation Control of Boat Using Fuzzy Logic Controller

ไกรศักดิ์ โพธิ์ทองคำ

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

*ผู้ติดต่อ: Email : kraisak.p@rmutp.ac.th, Tel.094-4983353

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมการนำทางแบบอัตโนมัติของเรือโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก เพื่อควบคุมให้เรือสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้ โดยทดสอบจำลองควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยแบบจำลองทางจลนศาสตร์ของเรือที่มีการป้อนค่าความเร็วแบบเชิงเส้นและเชิงมุมเป็นค่าการควบคุมให้กับระบบ ลูปการควบคุมที่ใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ลูปแรกเป็นการควบคุมค่าความผิดพลาดของระยะทางระหว่างตำแหน่งปัจจุบันของเรือกับตำแหน่งเป้าหมาย ลูปที่สองคือการควบคุมค่าความผิดพลาดของมุมหันเหตัวเรือไปยังตำแหน่งเป้าหมาย จากนั้นใช้โปรแกรมแมทแลป/ซิมมูลิ้งสำหรับการจำลองระบบ จากผลการทดสอบกำหนดตำแหน่งเป้าหมายให้เรือเคลื่อนที่ไปจำนวน 6 จุด พบว่าตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสามารถควบคุมเรือให้ไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและมีค่าความผิดพลาดสูงสุดของตำแหน่งที่ 0.05 เมตร

คำหลัก: การนำทาง, เรือ, ฟัซซีลอจิก

Abstract

This paper presents the design of autonomous navigation control system of the boat using fuzzy logic controller for motion control to the target position. Motion simulation control using kinematics model of boat that the linear and angular velocities are fed to the system as the control value. Control loop using a fuzzy logic controller is divided into 2 parts. First loop is the distance error control between actual position and target position. Second loop is the heading error control to the target position. Then MATLAB/Simulink is used to simulate the system. The simulation results from 6 target positions show that the fuzzy logic controller is able to control the boat to the desired target position with 0.05 meters position error.

Keywords: Navigation, Boat, Fuzzy Logic

1. บทนำ

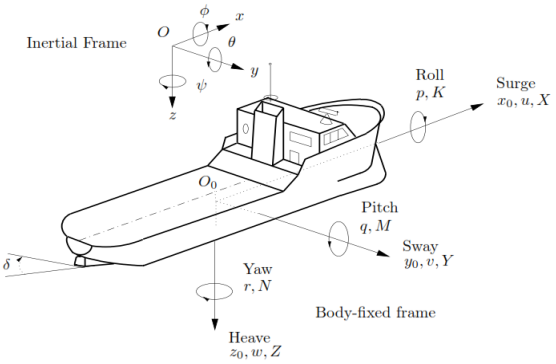
ในปัจจุบันปัญหาทางด้านระบบการจัดการทรัพยากรน้ำมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาประเทศ เพราะจะส่งผลโดยตรงต่องานด้านเกษตรกรรม ซึ่งหากมีการจัดการหรือมีข้อมูลทางด้านทรัพยากรน้ำที่ดี จะทำให้ระบบด้านเกษตรกรรมของประเทศมีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น ได้อีกทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โดยประเทศไทยและต่างประเทศได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเรือแบบอัตโนมัติกันเป็นอย่างมาก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ที่ต้องการ สำหรับการแก้ปัญหาในส่วนของการจัดการทรัพยากรน้ำ เช่นการนำมาสำรวจแหล่งน้ำหรือทะเล โดย [1-4] ได้ทำการพัฒนาระบบเรือสองทุ่นทำงานแบบอัตโนมัติ ควบคุมพิกัดและการเคลื่อนที่โดยใช้ระบบจีพี-เอส และเข็มทิศดิจิตอล สำหรับงานด้านการสำรวจ โดยติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดต่างๆ เพิ่มเข้าไปกับตัวเรือ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำและเซ็นเซอร์ส่งคลื่นเสียงตรวจวัดความลึกของแหล่งน้ำ หรือวัดขอบตลิ่ง เป็นต้น โดยการที่จะนำระบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมาทดสอบกับระบบจริงเพื่อใช้งานนั้น [5-6] ได้ทำการทดสอบการ

ควบคุมการทำงานของเรือโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับตัวควบคุมประเภทต่างๆ เช่น พีไอดี ฟัซซีลอจิก เป็นต้น เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ

โดยในบทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติของเรือ ซึ่งทำการจำลองการเคลื่อนที่โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบเทคนิคการควบคุมสำหรับการพัฒนานำไปใช้ในระบบนำทางอัตโนมัติจริงต่อไป

2. สมการแบบจำลองทางจลนศาสตร์ของเรือ

สมการแบบจำลองทางจลนศาสตร์จะถูกนำมาใช้ในส่วนของการจำลองการทำงานของเรือ โดยอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าจะพิจารณาการเคลื่อนที่ของเรืออยู่บนระนาบ x-y เท่านั้น โดยกำหนดให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งเรือในแนวดิ่งและการเอียงตัวของเรือในลักษณะด้านข้างและการคว่ำหน้า-หลัง มีค่าเท่ากับศูนย์ (w, p, q = 0) ซึ่งลักษณะของการกำหนดระบบพิกัดของตัวเรือและระบบพิกัดอ้างอิงแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบพิกัดของเรือและระบบพิกัดอ้างอิง [7]

โดยที่กำหนดค่าตัวแปรตำแหน่ง (Position) และลักษณะการวางตัวหรือการเอียง (Orientation) ของเรือที่ระบบพิกัดอ้างอิงได้ดังสมการที่ 1 และกำหนดค่าความเร็วเชิงเส้น-ความเร็วเชิงมุม (Linear-Angular Velocity) ที่กระทำกับตัวเรือเพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ดังสมการที่ 2

$$\eta = [x\ y\ z\ \phi\ \theta\ \varphi]^T \quad (1)$$

$$V = [u\ v\ w\ p\ q\ r]^T \quad (2)$$

ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ของตำแหน่งและลักษณะการวางตัวของเรือที่ระบบพิกัดอ้างอิงซึ่งเกิดจากการป้อนค่าอินพุตเป็นค่า V คือ

$$\dot{\eta} = J(\eta) \cdot V \quad (3)$$

เมื่อ $J(\eta)$ คือเมตริกซ์การแปลงความสัมพันธ์ (Transformation Matrix) ที่เกิดจากค่ามุมเอียงต่างๆ ของตัวเรือที่ระบบพิกัดของเรือแสดงดังสมการที่ 4

$$J(\eta) = \begin{bmatrix} J_1(\eta) & 0_{3\times3} \\ 0_{3\times3} & J_2(\eta) \end{bmatrix} \quad (4)$$

เมื่อ

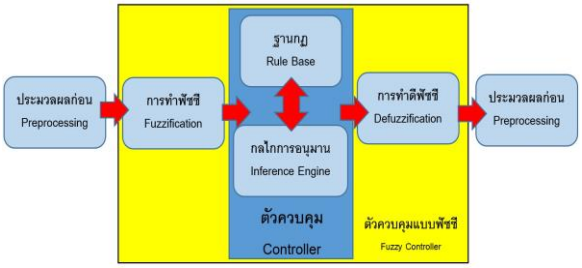
$$J_1(\eta) = \begin{bmatrix} c\varphi c\theta & -s\varphi c\phi + c\varphi s\theta s\phi & s\varphi s\phi + c\varphi c\phi s\theta \\ s\varphi c\theta & c\varphi c\phi + s\phi s\theta s\varphi & -c\varphi s\phi + s\varphi c\phi s\theta \\ -s\theta & c\theta s\phi & c\theta c\phi \end{bmatrix}$$

และ

$$J_2(\eta) = \begin{bmatrix} 1 & s\phi t\theta & c\phi t\theta \\ 0 & c\phi & -s\phi \\ 0 & s\phi/c\theta & c\phi/c\theta \end{bmatrix}$$

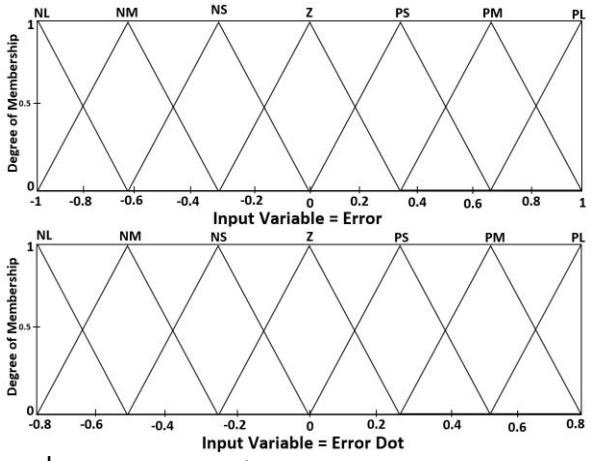
3. ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

ฟัซซีลอจิกเป็นศาสตร์ด้านการคำนวณรูปแบบหนึ่งที่ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ มากมาย โดยวิธีการคิดแบบฟัซซีเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ป้อนให้กับระบบ โดยมีวิธีการคิดและการตัดสินใจที่มีความยืดหยุ่นและซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยการทำงานที่สำคัญ 3 ส่วนคือการรับข้อมูลอินพุต (Fuzzification) ให้อยู่ในรูปแบบของค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก, การคิดและตัดสินใจตามกฎของฟัซซี (Fuzzy Inference) ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของกฎ If-Then Rules และสุดท้ายคือการแปลงค่าเอ้าท์พุตให้สามารถนำไปใช้สำหรับการควบคุมต่อไปได้ (Defuzzification) โดยโครงสร้างการควบคุมแสดงดังรูปที่ 2



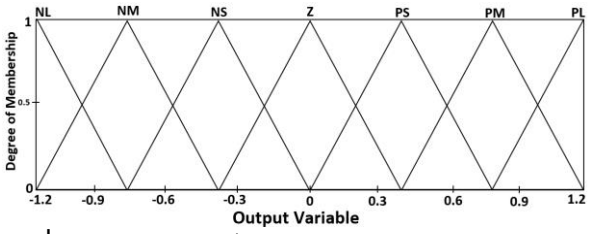
รูปที่ 2 โครงสร้างการควบคุมแบบฟัซซีลอจิก [8]

ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับใช้ในการควบคุมค่าความผิดพลาดของตำแหน่งและมุมหันเหของเรือ จะการรับค่าอินพุตเข้า 2 ตัว คือค่าความผิดพลาด (Error) และอัตราการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด (Error Dot) ซึ่งกำหนดค่ารับเข้าเป็นตัวแปรทางภาษาให้เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิก 7 ตัวประกอบด้วย NL, NM, NS, Z, PS, PM และ PL แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปร Error และ Error Dot

เมื่อทำการรับค่าอินพุตเข้ามาแล้วตัวควบคุมจะทำการแปลงค่าและประมวลผลตามกฎการควบคุมที่กำหนดไว้แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจะได้ค่าเอ้าท์พุตสำหรับการควบคุมระบบซึ่งเป็นตัวแปรทางภาษาของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก 7 ตัว ประกอบด้วย NL, NM, NS, Z, PS, PM และ PL แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปร Output

ตารางที่ 1 กฎการควบคุมของฟัซซี

Er dEr	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
NL	Z	NS	NM	NL	NL	NL	NL
NM	PS	Z	NS	NM	NL	NL	NL
NS	PM	PS	Z	NS	NM	NL	NL
Z	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
PS	PL	PL	PM	PS	Z	NS	NM
PM	PL	PL	PL	PM	PS	Z	NS
PL	PL	PL	PL	PL	PM	PS	Z

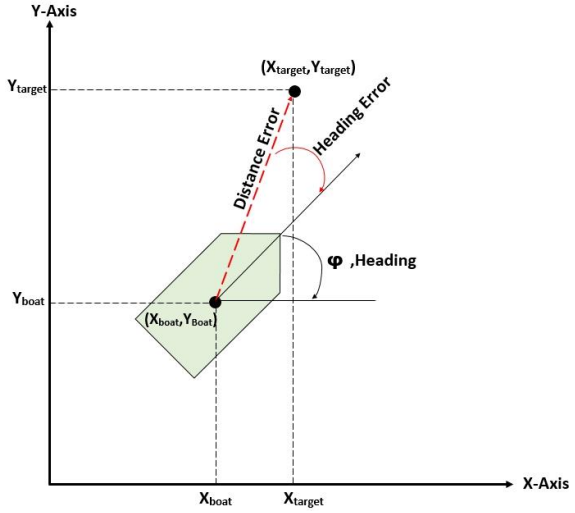
4. การออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือ

สำหรับการออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือนั้นจะประกอบไปด้วยลูปการควบคุมตัวแปรที่ต้องการ 2 ลูปคือ การควบคุมค่าความผิดพลาดระหว่างตำแหน่งของเรือปัจจุบันกับตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการ (Distance Error) แสดงดังสมการที่ 5 และลูปที่สองคือการควบคุมค่าความผิดพลาดของมุมหันเหของเรือกับตำแหน่งเป้าหมาย (Heading Error) เพื่อให้เรือสามารถปรับทิศทางเพื่อมุ่งหน้าไปยังเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง แสดงดังสมการที่ 6

$$DError = \sqrt{\left(X_{target} - X_{boat}\right)^2 + \left(Y_{target} - Y_{boat}\right)^2} \quad (5)$$

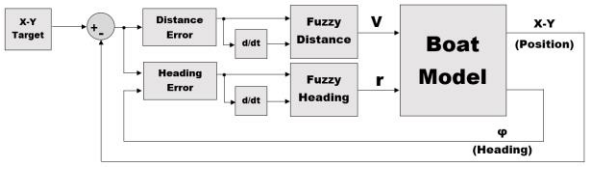
$$HError = a\tan 2\left(\left(Y_{target} - Y_{boat}\right), \left(X_{target} - X_{boat}\right)\right) - \varphi \quad (6)$$

เมื่อ X_{target} และ Y_{target} คือตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการควบคุมให้เรือเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ ซึ่ง X_{boat} , Y_{boat} และ φ คือตำแหน่งตามแนวพิกัด x, y และมุมหันเห ณ ปัจจุบันของตัวเรือเทียบกับแกนอ้างอิงตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตำแหน่งพิกัดของเรือและการคำนวณค่าความผิดพลาด

โดยที่ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งเรือกับเป้าหมาย (Distance Error) และค่าความผิดพลาดมุมหันเหของเรือกับเป้าหมาย (Heading Error) จะถูกป้อนเป็นค่าอินพุตให้กับตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ได้ออกแบบไว้ โดยแบ่งการควบคุมแยกส่วนกันเป็น 2 ลูป เพื่อให้ตัวควบคุมทำการคำนวณค่าเอ้าท์พุตออกมาและป้อนเป็นค่าอินพุตคือค่าความเร็วเชิงเส้น (v) และค่าความเร็วเชิงมุม (r) ให้กับแบบจำลองทางจลนศาสตร์ของเรือ โดยไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของเรือแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ไดอะแกรมการควบคุมการทำงาน

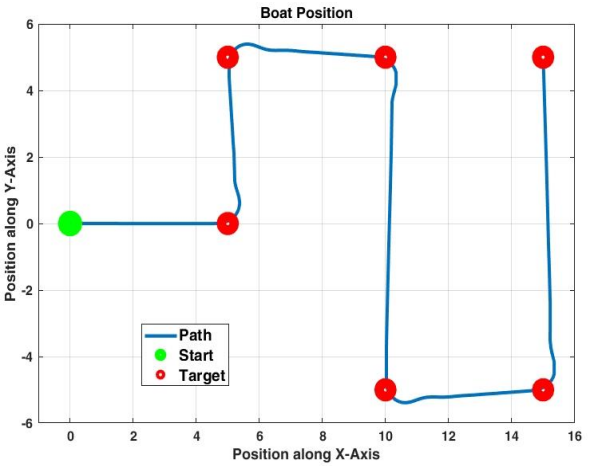
5. การจำลองการทำงานของเรือ

ในการทดสอบจำลองการเคลื่อนที่ของเรือจากแบบจำลองทางจลนศาสตร์โดยใช้โปรแกรม แมทแลป/ซิมมูลิ้ง นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งเป้าหมายตามแนวแกน x, y ที่ต้องการให้เรือเคลื่อนที่ไปจำนวน 6 จุด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตำแหน่งพิกัดเป้าหมายที่ใช้ในการจำลอง

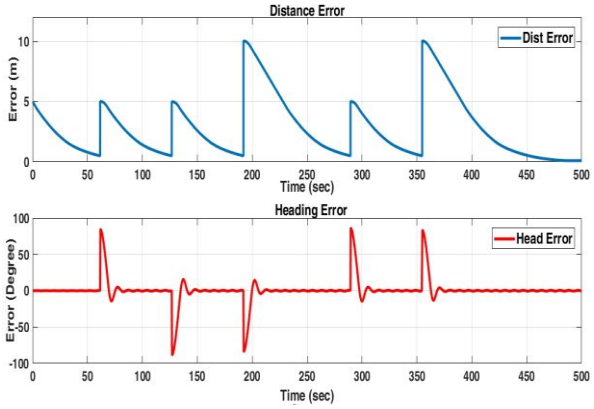
เป้าหมาย	แกน X	แกน Y
1	5	0
2	5	5
3	10	5
4	10	-5
5	15	-5
6	15	5

ในรูปที่ 7 แสดงตำแหน่งเริ่มต้นที่จุด (0,0) (สีเขียว) และตำแหน่งเป้าหมายที่จุดต่างๆที่กำหนดไว้ (สีแดง) พร้อมทั้งเส้นทางการเคลื่อนที่ของเรือ (สีน้ำเงิน) ที่เริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นผ่านตำแหน่งเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามจุดต่างๆ โดยหากเรือเคลื่อนที่เข้าใกล้เป้าหมายน้อยกว่า 0.05 เมตรแล้วนั้น ตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการให้เรือเคลื่อนที่ไปจะขยับเป็นตำแหน่งถัดไปเรื่อยๆ ตามลำดับที่กำหนดไว้ โดยจากรูปจะเห็นได้ว่าเรือจะพยายามปรับทิศทางการหันเหเพื่อเลี้ยวมุ่งหน้าไปยังตำแหน่งเป้าหมายถัดไปได้อย่างถูกต้อง



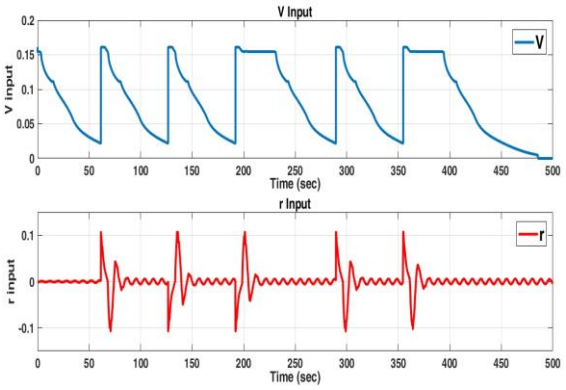
รูปที่ 7 ผลตำแหน่งเส้นทางการเคลื่อนที่ตามจุดพิกัด

ในรูปที่ 8 แสดงค่าความผิดพลาดของตำแหน่งเรือปัจจุบันกับตำแหน่งเป้าหมาย (Distance Error) และค่าความผิดพลาดของมุมหันเหเรือกับตำแหน่งเป้าหมาย (Heading Error) โดยจากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อเรือเคลื่อนที่เข้าถึงตำแหน่งเป้าหมายหนึ่งและเปลี่ยนเป้าหมายไปยังตำแหน่งถัดไป จะมีค่าความผิดพลาดของตำแหน่งและมุมหันเหเกิดขึ้น โดยตัวควบคุมสามารถควบคุมเรือให้หันเหและเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายใหม่ได้ สังเกตได้จากค่าความผิดพลาดทั้ง 2 ที่ค่อยๆ ลดลงเมื่อเคลื่อนที่เข้าใกล้ไปยังตำแหน่งเป้าหมายขณะนั้นๆ



รูปที่ 8 ค่าความผิดพลาดของระยะทางและมุมหันเห

ในรูปที่ 9 แสดงค่าสัญญาณอินพุต v และ r จากตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่ป้อนให้กับแบบจำลองทางจลนศาสตร์ของระบบ โดยค่าสัญญาณการควบคุมจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งเป้าหมาย และค่อยๆ ลดลงเพื่อลดความเร็วในการเคลื่อนที่และการปรับมุมหันเหของเรือเมื่อเคลื่อนที่เข้าใกล้เป้าหมายใหม่



รูปที่ 9 ค่าอินพุตที่ป้อนให้กับแบบจำลองของเรือ

6. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิก สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติของเรือตามจุดพิกัดเป้าหมายที่กำหนด แบ่งลูปการควบคุมเป็น 2 ลูป คือการควบคุมตำแหน่งและการควบคุมมุมหันเหของเรือ โดยทำการทดสอบจำลองการเคลื่อนที่โดยใช้แบบจำลองทางจลนศาสตร์ (kinematics Model) ที่มีการป้อนอินพุตเป็นค่าความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมให้กับตัวเรือเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ โดยใช้โปรแกรมแมทแลป/ซิมมูลิ้ง จากผลการทดสอบพบว่าตัวควบคุมสามารถควบคุมให้เรือเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการได้ โดยมีค่าความผิดพลาดสูงสุดระหว่างตำแหน่งเรือกับตำแหน่งเป้าหมายอยู่ที่ 0.05 เมตร แต่จากเส้นทางการเคลื่อนที่ของเรือจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งเป้าหมายเรือจะพยายามหันเหทิศทางเพื่อมุ่งหน้าไปยังเป้าหมายใหม่ ซึ่งเส้นทางการเคลื่อนที่นี้จะไม่ได้อยู่ในแนวเส้นระหว่างจุดเป้าหมายทั้งสองซึ่งอาจมีผลในกรณีที่ต้องการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ระหว่างจุดที่แม่นยำ ดังนั้นหากต้องการแก้ไขข้อจำกัดส่วนนี้ควรต้องมีการพัฒนาเทคนิคการควบคุมเสริมให้กับระบบ อาทิเช่น การสร้างเส้นทางการเคลื่อน (Trajectory) ระหว่างจุดเป้าหมาย เพื่อให้เรือเคลื่อนที่ตามได้อย่างถูกต้อง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์, มนูศักดิ์ จานทอง, ไกรศักดิ์ โพธิ์ทองคำ, ชาญณรงค์ ชูสุย และสุรศักดิ์ ทิมพิทักษ์ (2559). เรือสำรวจแหล่งน้ำแบบสองทุ่นพร้อมระบบควบคุมตามจุดพิกัดจีพีเอสแบบอัตโนมัติ, การประชุมวิชาการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์ 2559, กรุงเทพฯ

[2] Sergio R. S., Sergio C., Anibal M. and Nuno C. (2007). An Autonomous Boat Based Synthetic Aperture Sonar, paper presented in the OCEANS Conference 2007, Vancouver, Canada.

[3] Alves J., Oliveira R., Pascoal A., Rufino M., Sebastiao L. and Silvestre C. (2006). Vehicle and Mission Control of the DELFIM Autonomous Surface Craft, paper presented in the 14th

Mediterranean Conference on Control and Automation 2006, Ancona, Italy.

[4] Gabriele F., Alessandro M., Francesco F., Francesco C., and Celilia L. (2015). The HydroNet ASV, a Small-Sized Autonomous Catamaran for Real-Time Monitoring of Water Quality: From Design to Missions at Sea, IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 40(3), July 2015, pp. 710-726.

[5] Vaneck T. W. (1997). Fuzzy Guidance Controller for an Autonomous Boat, IEEE Control Systems, Vol. 17(2), April 1997, pp. 43-51.

[6] Mohammad N. and Nader M. (2017). Design of Small Autonomous Boat for Course-keeping Manuevers, paper presented in the 4th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT'17), Bacelona, Spain.

[7] Fossen T. I., Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. Wiley, 2011.

[8] Ae Suwaphan. ฟัซซีลอจิก Fuzzy Logic. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา : http://www.academia.edu/7750667/บทที่18 ฟัซซีลอจิกFuzzyLogic, เข้าดูเมื่อวันที่ 18/04/2560.

การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษาผลิตผลเกษตร

Design and Development of Low-cost Controlled Atmosphere Cabinet for Agricultural Product Storage

รวิภัทร ลาภเจริญสุข* และ ธนกร นาราพานิช

ห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ถ.ฉลองกรุง แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
*ผู้ติดต่อ: ravipat.la@kmitl.ac.th, โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 5008, โทรสาร 02-239-8336

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำโดยการประยุกต์ใช้ตู้เย็นแบบ force air ที่มีขายตามท้องตลาด เซนเซอร์วัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ถูกติดตั้งภายในตู้เพื่อใช้ในการตรวจจับระดับก๊าซภายในตู้ การจ่ายก๊าซควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสั่งการไปยังโซลินอยวาล์ว เซนเซอร์ทั้ง 2 ถูกปรับเทียบค่าด้วยเครื่องมือวัดปริมาณก๊าซพร้อมทั้งศึกษาการแพร่กระจายของก๊าซถูกวัดในตู้ทั้งหมด 27 จุด สมการปรับเทียบเซนเซอร์แสดงค่า R^2 = 0.999 สำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน และ R^2 = 0.994 สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ การกระจายตัวของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์แสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051% และ 3.54±0.06% ตามลำดับ ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำสามารถนำมาใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลการเกษตรได้

คำหลัก: ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ ต้นทุนต่ำ การเก็บรักษา ผลิตผลเกษตร

Abstract

This research aims to design and development of low-cost controlled atmosphere cabinet which applied from commercial force air refrigerator. The oxygen and carbon dioxide sensors were installed for monitoring both gas in the cabinet. Gas feeding were controlled by microcontroller which commanded to the solenoid valve. Both sensors were calibrated using the headspace gas analyzer and gas diffusion were measured on 27 positions around the cabinet. The calibration equations showed R^2 = 0.999 of oxygen sensor and R^2 = 0.994 of carbon dioxide sensor. Mean and standard deviation of diffusion of oxygen and carbon dioxide were 3.535±0.051% and 3.54±0.06% respectively. The low-cost controlled atmosphere cabinet could be used for agricultural product storage.

Keywords: Controlled Atmosphere Cabinet; Low-cost; Storage; Agricultural product.

1. บทนำ

ผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวมาแล้วจะเสื่อมสภาพจนเน่าเสียเนื่องจากกระบวนทางสรีรวิทยา ได้แก่ การหายใจ การคายน้ำ และการผลิตเอทธิลีน การยืดอายุการเก็บรักษาจะช่วยแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งทำได้โดยการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมปริมาณก๊าซที่มีผลต่อการหายใจ (ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์) วิธีการนี้เรียกว่าการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ (Controlled atmosphere storage) โดยหลักการคืออาศัยการควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากทั้งในระดับชาติและนานาชาติที่ศึกษาการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศโดยจากการสืบค้นพบว่างานวิจัยระดับชาติที่

ผ่านมาศึกษาการประยุกต์ใช้กับ บร็อกโคลี่, มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้, ดอกกุหลาบสีแดง พันธุ์ Dallas [1], ผลเงาะพันธุ์ทองเมืองตราด [2], มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์น้ำดอกไม้ [3], มะนาว [4] และสำหรับในระดับนานาชาติมีงานวิจัยที่ศึกษาเทคโนโลยีนี้กับการเก็บรักษาแอปเปิลพันธุ์ Granny Smith [5], ลูกแพร์พันธุ์ Abate Fetel [6], ฝรั่ง [7], สตอเบอรี่ [8] และมะละกอพันธุ์ Golden [9] เป็นต้น เทคโนโลยีนี้ถูกใช้ในระดับอุตสาหกรรมการเกษตรขนาดใหญ่ทั้งนี้เนื่องจากมีต้นทุนที่สูง ทำให้เกษตรกรและผู้บริโภคไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ได้ ดังนั้นการพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศให้มีต้นทุนที่ถูกลงจะทำให้เทคโนโลยีนี้เข้าถึง เกษตรกร ผู้ประกอบการรายย่อย หรือแม้แต่ผู้บริโภคจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง

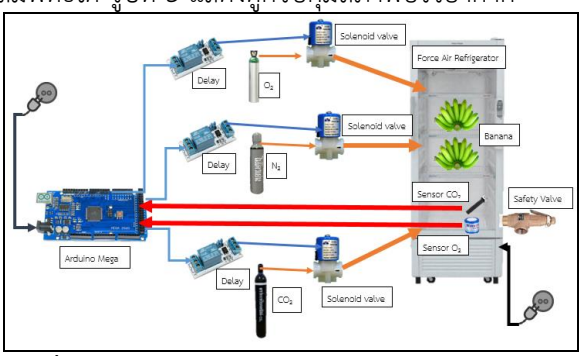
อย่างไรก็ตามการพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศให้สามารถใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้จำเป็นต้องเริ่มต้นจากการพัฒนาต้นแบบและทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้กระบวนการและระบบที่เหมาะสมที่สุดก่อนการต่อยอดไปในเชิงพาณิชย์ต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำโดยการประยุกต์ใช้ตู้เย็นแบบ Forced air circulation ที่มีขายตามท้องตลาดเพื่อติดตั้งระบบควบคุมสภาพบรรยากาศที่พัฒนาขึ้น โดยระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ต้องมีความถูกต้องและแม่นยำในการควบคุมระดับการจ่ายก๊าซให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรและการกระจายตัวของปริมาณก๊าซทั้งสองต้องมีสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้ เนื่องจากหากระบบควบคุมปริมาณก๊าซไม่มีความถูกต้อง แม่นยำ และการกระจายตัวของปริมาณก๊าซภายในตู้ไม่สม่ำเสมออาจส่งผลต่อกระบวนการในหายใจของผลิตผลอาจทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตผลสั้นลงได้ ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ในการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร งานวิจัยนี้ช่วยสร้างความเข้มแข็งและมั่นคงทางอาหาร ส่งเสริมรากฐานที่มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมของประเทศชาติได้ต่อไป

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำ

ระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ โซลินอยวาล์ว เซนเซอร์ และวาล์วควบคุมความปลอดภัย วงจรการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศดังแผนภาพในรูปที่ 1 และมีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

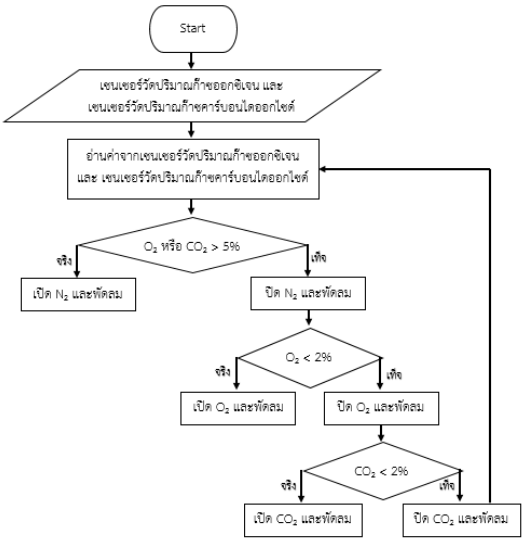
เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน (Grive, ME2-O2-Φ20, Chine) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Winson, MH-Z16, Chine) อ่านค่าปริมาณก๊าซในตู้และส่งสัญญาณมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino, Mega, Italy) ทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการจ่ายก๊าซตามปริมาณที่ต้องการไปยังโซลินอยด์วาล์ว (Yong Chuang, YCWS1, Chine) เพื่อให้ก๊าซไหลผ่านจากถังเข้าสู่ตู้ตามที่ตั้งค่าไว้ โดยในขั้นต้นของการพัฒนาได้กำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจน 2-5% และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2-5% เนื่องจากระดับของปริมาณนี้เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิด เช่น กล้วยหอมทอง [10] กระหล่ำดอก [10] กระหล่ำปลี [10] ลูกพลับ [10] สาลี่ [10] ฝรั่ง [11,12,13] แอปเปิล [14,15,16] และกีวี [17] เป็นต้น ขั้นตอนการทำงานของคำสั่งที่ป้อนให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 2 นอกจากนั้นเพื่อป้องกันความดันภายในตู้สูงจนอาจเกิดอันตรายจึงมีการติดตั้งวาล์วควบคุมความปลอดภัย (SS, S10L, Taiwan) ทำหน้าที่ระบายก๊าซในตู้ออก โดยระบบข้างต้นถูกติดตั้งเข้ากับตู้เย็นแบบ Forced air circulation ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ รูปที่ 3 แสดงตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ



รูปที่ 1 วงจรการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

2.2. การสอบเทียบเซนเซอร์

การสอบเทียบเซนเซอร์ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Headspace gas analyzer, Bridge, 900141, USA โดยความละเอียดในการวัดสำหรับก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 0.001% และสำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.01%) เป็นเครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบดังแสดงในรูปที่ 4 การทดลองจะกำหนดปริมาณของก๊าซออกซิเจนเข้าสู่ตู้ตั้งแต่ 1 ถึง 6% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกป้อนเข้าสู่ตู้ตั้งแต่ 2.5 ถึง 6% วัดปริมาณก๊าซทั้งสองชนิดที่ทุก 0.25% ด้วยเครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาตรฐานและอ่านปริมาณก๊าซที่เครื่องวัดมาตรฐานกับเซนเซอร์อ่านได้พร้อมบันทึกผลเพื่อนำค่าอ่านได้จากทั้ง 2 อุปกรณ์มาสร้างสมการสอบเทียบเซนเซอร์



รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของคำสั่งชุดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3 ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำ

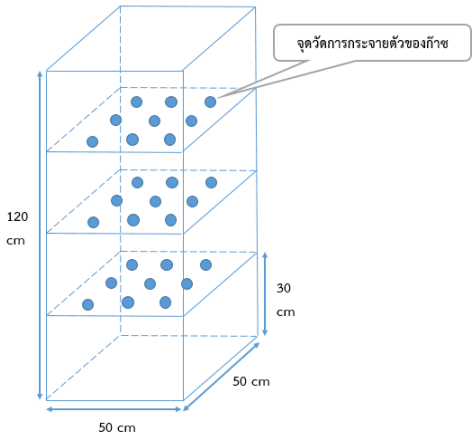


รูปที่ 4 เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.3 การทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

เนื่องจากตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้เป็นการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนเข้ากับตู้เย็นแบบ Force air circulation ซึ่งก๊าซภายในตู้จะมีการไหลเวียนตลอดเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้เพื่อยืนยันว่าผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาภายในตู้นี้ทุกตำแหน่งจะอยู่ภายใต้สภาวะในการเก็บรักษาเดียวกัน โดยการทดสอบกำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 3.5% ซึ่งเป็นค่ากลางระหว่างช่วงของการกำหนดระบบควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 2-5% ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ (Bridge, 900141, USA) วัดปริมาณก๊าซภายในตู้ทั้งหมด 27 ตำแหน่ง แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 9 ตำแหน่ง โดยแต่ละจุดวัดจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่วัดได้จากทั้ง 27 จุดมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งที่วัดการกระจายตัวของก๊าซ

3. ผลการทดลอง

3.1 ต้นทุนของชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ

ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำที่ได้พัฒนามานี้ อุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดคือระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน โดยต้นทุนระบบควบคุมปริมาณก๊าซแสดงในตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบราคากับตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่จำหน่ายตามท้องตลาด (ราคาโดยประมาณ 105,000 ถึง 210,000 บาท [18]) ตู้ที่พัฒนาขึ้นนี้มีราคาถูกกว่าอย่างมาก และระบบควบคุมปริมาณก๊าซที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปติดตั้งและประยุกต์ใช้กับตู้เย็นแบบ Forced air circulation ตามขนาดความจุที่ต้องการได้ จึงกล่าวได้ว่าตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำที่พัฒนามานี้สามารถนำมาต่อยอดเชิงพาณิชย์ที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน เกษตรกร ร้านสะดวกซื้อ โรงแรม และร้านอาหารได้ในอนาคต

ตารางที่ 1 ต้นทุนระบบควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

รายการ	ราคา (บาท)
เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน	3,000
เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	3,000
ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	2,000
อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ โซลินอยด์วาล์ว ท่อก๊าซ สายไฟ หัวจ่ายก๊าซ	5,000
รวมเป็นจำนวนเงิน	13,000

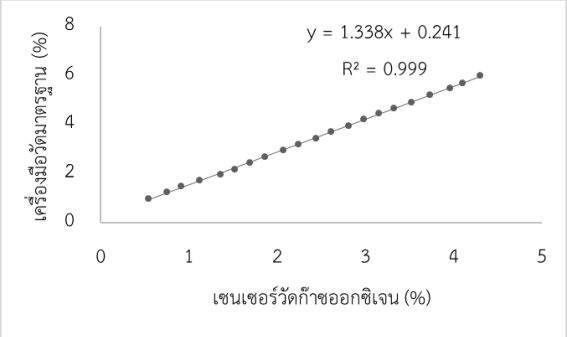
3.2 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์

เพื่อปรับตั้งความถูกต้องในการอ่านค่าของเซนเซอร์ จำเป็นต้องสอบเทียบเซนเซอร์กับเครื่องมือวัดมาตรฐาน สำหรับเซนเซอร์วัดออกซิเจนสมการสอบเทียบแสดงในสมการที่ 1 ซึ่งให้ผลค่า R^2 = 0.999 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจนอ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้แสดงในรูปที่ 6 สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์สมการสอบเทียบแสดงในสมการที่ 2 ซึ่งให้ผลค่า R^2 = 0.994 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลแสดงในรูปที่ 7

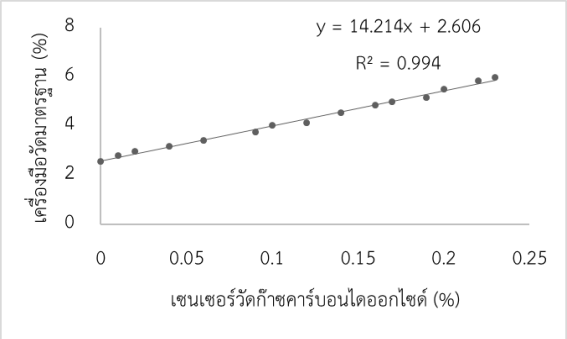
$$Y = 1.338X + 0.241 \quad (1)$$

$$Y = 14.214X + 2.606 \quad (2)$$

โดยที่ X คือค่าที่เซนเซอร์วัดได้ Y คือค่าจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน โดยสมการที่ได้นี้จะถูกป้อนสู่คำสั่งการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ปรับเทียบความถูกต้องในการตรวจจับและควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจนอ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้

3.3 ผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้ จากการกำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้ไว้ที่ 3.5% และทำการวัดปริมาณก๊าซทั้ง 27 จุดโดยรอบภายในตู้ โดยผลที่ได้สำหรับก๊าซออกซิเจนมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051% และสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.54±0.06% แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของก๊าซในตู้มีความสม่ำเสมอ ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าผลิตผลที่เก็บรักษาภายในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศนี้ทุกตำแหน่งภายในตู้จะอยู่ภายใต้สภาวะในการเก็บรักษาเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [19] ที่สร้างระบบการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศสำหรับร้านค้าปลีกที่เพียงแค่ควบคุมปริมาณก๊าซในกล่องอะคีลิกใสที่วางไว้ในตู้เย็นแบบ Forced air circulation ยากต่อการนำผลิตผลที่ถูกเก็บรักษาออกจากตู้เพื่อจำหน่าย จึงเป็นสิ่งยืนยันว่าตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ได้ถูกพัฒนาในงานวิจัยนี้เหมาะสมต่อการนำไปงานเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

ก๊าซ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ออกซิเจน	3.535%	0.051
คาร์บอนไดออกไซด์	3.54%	0.06

4. สรุปผลการทดลอง

ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นได้ถูกปรับเทียบเซนเซอร์วัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างสมการในการควบคุมการจ่ายก๊าซให้มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยสมการปรับเทียบแสดงค่า R^2 = 0.999 สำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน และ R^2 = 0.994 สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ จากการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้โดยจากการทดสอบก๊าซออกซิเจนแสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051% และคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 3.54±0.06% ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้มีต้นทุนต่ำกว่าที่จำหน่ายตามท้องตลาด เหมาะแก่การนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลการเกษตรได้ นอกจากนั้นเนื่องจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศนี้ จึงสามารถพัฒนาระบบการทำงานต่างๆ ให้มีความอัจฉริยะยิ่งขึ้นต่อไปได้ในอนาคต เช่น การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) มาควบคุมการทำงานจากระยะไกลผ่านสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์ การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรและประมวลผลผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (cloud computing) เป็นต้น ซึ่งสามารถช่วยในการติดตามผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษาได้ตลอดเวลา ตอบสนองภาคการเกษตรบนฐานเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าอย่างเป็นวงกว้าง ตามยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สัญญาเลขที่ KREF186012)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วรินธร ยิ้มย่อง และ ชูชีพ ผ่องพันธ์ (2552) *รายงานวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ*, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[2] มานัส แจ่มจำรูญ (2545) *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเรื่องการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาและชีวเคมีของเงาะพันธุ์ทองเมืองตราดภายใต้สภาพการเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ*, สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] คุณวุฒิ สุวพานิช (2540) *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตผลของการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วง (Mangifera indica L.) พันธุ์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้*, สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] จักรพันธุ์ จันทร์ตักเตือน (2546) *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตการพัฒนาต้นแบบตู้เก็บควบคุมบรรยากาศ*, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[5] Mditshwa A., Fawole O., Vries F., Merwe K., Crouch E. and Opara U. (2017). Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in 'Granny Smith' apples for long distance supply chains, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 127, pp. 27-34.

[6] Vanoli M., Grassi M. and Rizzolo A. (2016). Ripening behavior and physiological disorders of 'Abate Fetel' pears treated at harvest with 1-MCP and stored at different temperatures and atmospheres, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 111, pp. 274-285.

[7] Teixeira G., Júnior L., Ferraudo A. and Durigan J. (2016). Quality of guava (Psidium guajava L. cv. Pedro Sato) fruit stored in low-O_2 controlled atmospheres is negatively affected by increasing levels of CO_2, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 111, pp. 62-68.

[8] Li L., Luo Z., Huang X., Zhang L., Zhao P., Ma H., Li X., Ban Z. and Liu X. (2015). Label-free quantitative proteomics to investigate strawberry fruit proteome changes under controlled atmosphere and low temperature storage, *Journal of Proteomics*, vol. 120, pp. 44-57.

[9] Martins D. and Resende E. (2015). External quality and sensory attributes of papaya cv. Golden stored under different controlled atmospheres, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 110, pp. 40-42.

[10] จริงแท้ ศิริพานิช. (2549). *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11] Alba-Jiménez J. E., Benito-Bautista P., Nava G. M., Rivera-Pastrana D. M. and Mercado-Silva E. M. (2018). Chilling injury is associated with changes in microsomal membrane lipids in guava fruit (Psidium guajava L.) and the use of controlled atmospheres reduce these effects, *Scientia Horticulturae*, Vol. 240, October 2018, pp. 94-101.

[12] Teixeira G. and Durigan, J., (2010). Effect of controlled atmospheres with low oxygen levels on extended storage of guava fruit (Psidium guajava L. 'Pedro Sato'), *HortScience*, vol. 45(6), pp. 918–924.

[13] Benito-Bautista P. and Mercado-Silva, E. (1997). Effects of CA treatments on guava (Psidium guajava L.) fruit quality, paper presented in the 7th Controlled Atmosphere Research Conference, University of California, Davis, CA. USA.

[14] Sheng L., Hanrahan I., Sun X., Taylor M., Mendoza M. and Zhu M.J. (2018). Survival of Listeria innocua on Fuji apples under commercial cold storage with or without low dose continuous ozone gaseous, *Food Microbiology*, Vol. 76, pp. 21-28.

[15] Mditshwa A., Fawole O., Vries F., Merwe K., Crouch E. and Opara U. (2017). Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in 'Granny Smith' apples for long distance supply chains, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 127, pp. 27-34.

[16] Tessmer M., Appezzato-da-Glória B. and Antoniolli L. (2016). Influence of growing sites and physicochemical features on the incidence of lenticel breakdown in 'Gala' and 'Galaxy' apples, *Scientia Horticulturae*, Vol. 205, pp. 119-126.

[17] Li H., Pidakala P., Billing D. and Burdon J. (2017). Textural changes in 'Hayward' kiwifruit during and after storage in controlled atmospheres, *Scientia Horticulturae*, Vol. 222, pp. 40-45.

[18] Alibaba.com (2018). Controlled atmosphere cold storage, URL: https://www.alibaba.com/.

[19] วรินธร พูลศรี (2558). การออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศสำหรับร้านค้าปลีก, *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 46(3/1 พิเศษ), หน้า 243-246.

การใช้ของไหลนาโนกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก

Use of Nano-Fluid with Parabolic Trough Solar Collector

ณัฐฐา ลือชาติเมธิกุล และ ปริญ คงกระพันธ์*

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
*ผู้ติดต่อ: parin.khongkrapan@gmail.com
เบอร์โทรศัพท์ 053875590, เบอร์โทรสาร 053875599

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานให้กับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประเภทรวมแสงแบบรางพาราโบลิกขนาดพื้นที่รับแสงโดยประมาณ 2 m^2 เพื่อประยุกต์ใช้กับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการทดสอบระบบที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยในช่วง 300 W/m^2 ถึง 900 W/m^2 และค่าความเข้มข้นของสารละลายนาโนกราฟีนที่ใช้เป็นสารทำงานเท่ากับ 0.1% w/w จากผลการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ด้วยสารทำงานดังกล่าวที่อัตราการไหลคงที่เท่ากับ 1 LPM พบว่าอุณหภูมิของสารทำงานนาโน ณ ทางออกของท่อรับรังสีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 59.3 °C ซึ่งสูงกว่าการใช้น้ำสะอาดเป็นสารทำงานเท่ากับ 4.77% ทำให้ระบบสามารถผลิตน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 58.1 °C ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำสะอาดเป็นสารทำงานเท่ากับ 6.80% จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าการใช้อนุภาคนาโนกราฟีนผสมในสารทำงานช่วยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผลิตได้จากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกได้อย่างมีนัยสำคัญในทุกค่าความเข้มรังสีอาทิตย์

คำหลัก: ตัวเก็บรังสีอาทิตย์, รางพาราโบลิก, ระบบผลิตน้ำร้อน, อนุภาคนาโน, ของไหลนาโน

Abstract

This research presented using nano-fluid as a working fluid of a parabolic trough solar collector with aperture size of 2 m^2. The system was performed at average solar intensity of 400–900 W/m^2 with graphene-water solution concentration of 0.1%w/w. The results showed that the maximum temperature of nano-fluid at the exit of the solar collector with a constant flow rate of 1 LPM was 59.3 °C. The produced maximum temperature of using graphene-water solution was higher than using of pure water as the working fluid about 4.77%. The system using nano-fluid produced the highest temperature of hot water of 58.1 °C, higher than using the pure water about 6.80%. It was also summarized that using nano-fluid as the working fluid significantly increased water temperature produced from parabolic trough solar collector for all solar intensity levels.

Keywords: Solar collector, Parabolic trough solar collector, Hot water generation system, Nano particle, Nano-fluid

1. บทนำ

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประเภทรวมแสงแบบรางพาราโบลิก (Parabolic Trough Solar Collector; PTSC) เป็นเทคโนโลยีการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน โดยเทคโนโลยีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำร้อน โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีหน้าที่รวบรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อถ่ายเทให้กับสารทำงาน (Working Fluid) ที่ลำเลียงผ่านระบบท่อ เช่น น้ำ น้ำมัน เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติของสารทำงานจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์โดยตรง เนื่องจากสารทำงานแต่ละชนิดมีจุดเดือด ความหนืด ค่าความจุ

ความร้อนจำเพาะ และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้สารทำงานจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ [1-4]

งานวิจัยนี้จะนำเสนอการใช้สารละลายนาโนเป็นสารทำงานของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประเภทรวมแสงแบบรางพาราโบลิก ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity; k) ให้กับสารทำงานไม่ว่าจะเป็นน้ำหรือน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำให้สารละลายที่ได้รับการผสมจากอนุภาคนาโนมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนดีขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้อีกด้วย

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 อนุภาคนาโน (Nano particle)

อนุภาคนาโน คือ วัสดุที่มีขนาดเล็กมากในระดับ 1-100 nm วัสดุนาโนสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ วัสดุนาโนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเชิงวิศวกรรม ได้แก่ วัสดุนาโนที่มีธาตุคาร์บอนเป็นหลัก (Carbon based materials) และวัสดุนาโนที่เป็นสารกึ่งตัวนำและโลหะ (Semiconductor and metal nanomaterials) โดยวัสดุนาโนทั้ง 2 ชนิดนี้จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำงานในระบบความร้อนและความเย็นได้ การสังเคราะห์อนุภาคนาโนทำได้จากทั้งกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางความร้อน อนุภาคนาโนที่นิยมใช้ในการสังเคราะห์ของไหลนาโนได้แก่ อนุภาคโลหะ (Metallic particles), อนุภาคออกไซด์ (Oxide particle), ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon nanotube) และอนุภาคกราฟีน (Graphene)

กราฟีน (Graphene) เป็นอนุภาคนาโนมีองค์ประกอบหลัก คือ แกรไฟต์ (Graphite) ซึ่งเป็นธาตุคาร์บอนชนิดหนึ่ง กราฟีนเกิดจากการเรียงตัวของอะตอมแกรไฟต์ที่เป็นชั้น ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี โดยในทางทฤษฎีนั้น กราฟีนมีพื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area; SSA) ประมาณ 2,630 m^2/g ซึ่งมีค่าสูงกว่าท่อนาโนคาร์บอนที่มีขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะในช่วง 100-1,000 m^2/g ถึง 2.6 เท่า และยังมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนในช่วง 1,500-2,500 W/m·K ซึ่งมีค่าสูงกว่าทองแดงประมาณ 40 เท่า ทำให้อนุภาคกราฟีนมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงและมีคุณสมบัติของการเป็นตัวนำความร้อนที่ดี

2.2 ของไหลนาโน (Nano fluid)

ของไหลนาโน คือ สารละลายหรือของไหลที่เกิดจากการผสมอนุภาคนาโน (Nano particle) ชนิดต่าง ๆ กับของไหลฐาน (Base fluid) เช่น น้ำ น้ำมัน เอทิลีนไกลคอล เป็นต้น ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำงาน ของไหลนาโนสามารถผลิตได้โดยการผสมอนุภาคดังกล่าวกับของไหลฐานในอัตราส่วนต่าง ๆ ภายในอ่างผสมอัลตราโซนิค (Ultrasonic bath) ในระยะเวลาที่กำหนด โดยค่าความหนาแน่น (Density) ค่าความความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) และค่าประสิทธิผลการนำความร้อน (Effective thermal conductivity) ของของไหลนาโนที่ผลิตขึ้นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) [5] (2) [6] และ (3) [6] ตามลำดับ

$$\rho_{nf} = \rho_{bf}\left\{1 + \left[\frac{\emptyset(\rho_p - \rho_{bf})}{\rho_{bf}}\right]\right\} \quad (1)$$

$$(c_p)_{nf} = \frac{(c_p)_{bf}\left\{1 - \left[\frac{\emptyset((c_p)_{bf}\rho_{bf} - (c_p)_p\rho_p)}{(c_p)_{bf}\rho_{bf}}\right]\right\}}{\left\{1 + \left[\frac{\emptyset(\rho_p - \rho_{bf})}{\rho_p}\right]\right\}} \quad (2)$$

$$(k_{eff})_{nf} = k_{bf}\left\{\frac{k_p + 2k_{bf} - [2\emptyset(k_{bf} - k_p)]}{k_p + 2k_{bf} + [\emptyset(k_{bf} - k_p)]}\right\} \quad (3)$$

เมื่อ

ρ_{nf} คือ ความหนาแน่นของของไหลนาโน, kg/m^3

ρ_{bf} คือ ความหนาแน่นของของไหลฐาน, kg/m^3

ρ_p คือ ความหนาแน่นของอนุภาคนาโน, kg/m^3

$(c_p)_{nf}$ คือ ความจุความร้อนจำเพาะของของไหลนาโน, J/kg·K

$(c_p)_{bf}$ คือ ความจุความร้อนจำเพาะของของไหลฐาน, J/kg·K

$(c_p)_p$ คือ ความจุความร้อนจำเพาะของอนุภาคนาโน ,J/kg·K

$(k_{eff})_{nf}$ คือ ค่าประสิทธิผลการนำความร้อนของของไหลนาโน, W/m·k

k_{bf} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของของไหลฐาน, W/m·k

k_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอนุภาคนาโน, W/m·k

$\emptyset$ คือ อัตราส่วนโดยปริมาตรของอนุภาคนาโนต่อของไหลฐาน

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานในระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประเภทรวมแสงแบบรางพาราโบลิกที่มีขนาดพื้นที่รับแสงโดยประมาณ 2 m^2 จำนวน 2 ชุด ดังรูปที่ 1 โดยชุดแรกใช้น้ำสะอาดเป็นสารทำงานและชุดที่สองใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงาน ทำการส่งจ่ายสารทำงานของระบบทั้งสองด้วยอัตราการไหลคงที่ 1 LPM เท่ากัน การเตรียมสารทำงานนาโนทำได้โดยการผสมอนุภาคนาโนกราฟีนกับน้ำสะอาดด้วยอัตราส่วนโดยมวลเท่ากับ 0.1%w/w ทำการเตรียมของไหลนาโนด้วยอ่างผสมอัลตราโซนิคดังรูปที่ 2 ที่ค่าความถี่คงที่ 43 kHz เป็นระยะเวลา 60 min แล้วทำการบรรจุสารทำงานนาโนในระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และทำการเก็บข้องมูลต่าง ๆ ทำในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น.



รูปที่ 1 ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประเภทรวมแสงแบบรางพาราโบลิก



รูปที่ 2 การเตรียมของไหลนาโนด้วยอ่างผสมแบบอัลตราโซนิค

4. ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ระบบ ในวัน เวลา สภาพแวดล้อม และค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เดียวกัน โดยระบบที่ 1 และ 2 ใช้น้ำสะอาด และของไหลนาโน (กราฟีนผสมน้ำสะอาด 0.1% w/w) เป็นสารทำงานที่อัตราการไหลคงที่ 1 LPM เท่ากันตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิของสารทำงาน ณ ทางออกของท่อรับรังสีของระบบที่ 1 และ 2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 56.6 °C และ 59.3 °C ตามลำดับ และจากการทดลองยังพบว่าระบบทั้งสองสามารถผลิตน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 54.4 °C และ 58.1 °C ตามลำดับ ผลของอุณหภูมิของสารทำงานและอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผลิตได้แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

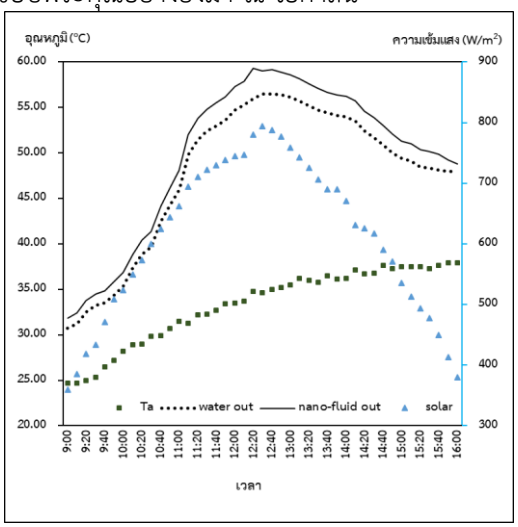
5. สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกด้วยสารทำงาน 2 ชนิด คือ น้ำสะอาด และของไหลนาโนชนิดกราฟีนผสมน้ำสะอาดที่ความเข้มข้นโดยมวลเท่ากับ 0.1% w/w โดยในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบมีอุณหภูมิแวดล้อมต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 24.7 °C และ 37.9 °C ตามลำดับ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 360 W/m^2 และ 794 W/m^2 ตามลำดับ พบว่าระบบที่ใช้ของไหลนาโนสามารถสร้างอุณหภูมิสารทำงาน ณ ทางออกของท่อรับรังสีได้สูงสุดเท่ากับ 59.3 °C ซึ่งสูงกว่าการใช้น้ำสะอาดเป็นสารทำงานเท่ากับ 4.77% และระบบดังกล่าวสามารถผลิตน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 58.1 °C ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำสะอาดเป็นสารทำงานเท่ากับ 6.80% จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าการใช้อนุภาคนาโนกราฟีนผสมในสาร

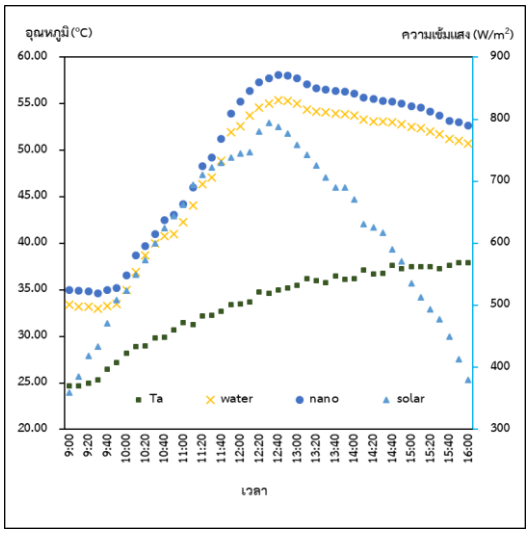
ทำงานช่วยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผลิตได้จากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกได้อย่างมีนัยสำคัญในทุกค่าความเข้มรังสีอาทิตย์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และการสนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัยจากสาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดย ดร.สุรศักดิ์ กุยมาลี คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้



รูปที่ 3 อุณหภูมิของน้ำและของไหลนาโนณ ทางออกของท่อรับรังสี



รูปที่ 4 อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผลิตได้จากระบบที่ใช้น้ำและของไหลนาโนเป็นสารทำงาน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Cabrera F.J., García A.F., R.M.P. Silva and García M. P. (2013). *Use of parabolic trough solar collectors for solar refrigeration and air-conditioning applications*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 20, pp. 103-118.

[2] Zhu G. and Lewandowski A. (2012). *A New Optical Evaluation Approach for Parabolic Trough Collectors: First-Principle OPTical Intercept Calculation*, Journal of Solar Energy Engineering, vol. 134 (4).

[3] Mohamed S.M. and Taqiy E.B. (2013), *Parabolic trough solar thermal power plant: Potential, and projects development in Algeria*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 21, pp. 288-297.

[4] Yu W. and Xie H. (2011). A Review on Nano-fluids: Preparation, Stability Mechanisms, and Applications. *Journal of Nanomaterials*, Vol.

[5] Choi P. (2007). Hydronynamic and Heat Transfer Study of Dispersed Fluid with Submicron Metallic Oxide Particles. *A Journal of Thermal Energy Generation, Transport, Storage, and Conversion*, pp. 151–170.

[6] Xuana Y. and Roetzel W. (2000). Conceptions for heat transfer correlation of Nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 43, pp. 3701-3707.

ผลกระทบของความดันต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ

Effects of Pressure on The Removal Efficiency of Hydrogen Sulfide in Biogas

ยอดเพชร โคตรลือชา, อาทิตย์ แสงงาม และ สังคม ศรีสมพร*

คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เลขที่ 59/5 หมู่ 1 ถนน วปรอ. 366 ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47000

ติดต่อ: sungkom.s@ku.th, โทรศัพท์ 042-725-033, เบอร์โทรสาร 042-725-034

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซพิษมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนโลหะและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ โดยแบ่งการกำจัดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้วิธีดักจับด้วยน้ำและส่วนที่ 2 ใช้วิธีดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ทำการศึกษาอิทธิพลของความดันต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยทดลองที่ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ 9 ทดลองโดยการปรับเปลี่ยนค่าความดันของก๊าซชีวภาพที่ 2 3 และ 4 บาร์ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าความดันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการกำจัดที่ความดัน 2 บาร์ คือ 84.21% และประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดที่ความดัน 4 บาร์ คือ 86.03% นอกจากนี้วิธีนี้ยังสามารถเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนได้ 10-28% วิธีนี้เป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่ใช้ในการบำบัดก๊าซชีวภาพเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเพิ่มปริมาณมีเทนให้สูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพสูงขึ้นเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง

คำหลัก: ก๊าซชีวภาพ, อิทธิพลของความดัน, กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

Abstract

This research examined the removal of hydrogen sulfide, hydrogen sulfide is a highly toxic and corrosive gas. This research aims to design and build the removal of hydrogen sulfide equipment. The equipment has 2 part: part 1 used water scrubbing and part 2 adsorption by activated carbon. The influence of pressure on the removal efficiency of hydrogen sulfide was investigated. The experiment was carried out by pH of water 9 and adjusting the pressure of biogas at 2, 3 and 4 bar respectively. The results showed that increasing pressure increased the removal efficiency of hydrogen sulfide. The removal efficiency at 2 bar is 84.21% and the maximum removal efficiency at 4 bar is 86.03%. In addition, this method can increase the methane content by 10-28%. This is another option to treat biogas for remove hydrogen sulfide and reduce carbon dioxide to increase methane content and Increase the efficiency of biogas as a renewable energy source for use as a fuel.

Keywords: Biogas, Influence of pressure, Removal hydrogen sulfide

1. บทนำ

ปัญหาวิกฤติด้านพลังงานในปัจจุบันเป็นปัญหาใหญ่ระดับชาติ ที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ เนื่องจากพลังงานเป็นสิ่งที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ จึงทำให้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันลดลง จากปัญหาดังกล่าวประเทศไทยจึงได้วางกรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ โดยการจัดทำแผนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ปี พ.ศ. 2558 – 2579 โดยกระทรวงพลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นพลังงานหลักของประเทศ ทดแทนการนำเข้าพลังงานและน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคต เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ โดยพลังงานทดแทน มีหลายชนิด เช่น พลังงานลม พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากชีวมวล พลังงานจากก๊าซชีวภาพ เป็นต้น[1] ซึ่งก๊าซชีวภาพมีการผลิตและใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสมกับการทำเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ส่งผลให้ของเสียที่เกิดขึ้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นั้นมีองค์ประกอบของก๊าซหลายชนิด โดยองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพได้แก่ ก๊าซมีเทน(CH_4)และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) นอกจากนั้นยังมีก๊าซอื่นๆ เช่น ก๊าซไนโตรเจน(N_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) และไอน้ำ เป็นต้น[2] จากองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เป็นก๊าซพิษที่ทำปฏิกิริยากับโลหะ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน จึงจำเป็นต้องมีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพก่อนการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการต่างๆ

วิธีในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การใช้ปฏิกิริยาทางเคมีและการใช้วิธีทางชีววิทยา[3]

1.1 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมี สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีดังนี้

1.1.1 การดูดซึมสารเคมีด้วยสารละลายน้ำ

การใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการลดปริมาณซัลเฟอร์ด้วยสารละลายน้ำ โดยใช้สารเคมีที่มีองค์ประกอบของเหล็กเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดของสารละลาย FeOOH $FeCl_2$ และ $Fe(OH)_3$[4] จากนั้นมีการใช้ Fe-EDTA ด้วยวิธีการ CCRD ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ[5] ต่อมามีการศึกษาการใช้ Mesoporous silica gel (SG) และ Silica SBA-15 ที่ทำการเพิ่มประสิทธิภาพด้วย Methyl-diethyl-amine ในการกำจัด[6] และมีการศึกษาการผสมผสานการกำจัดรูปแบบใหม่โดยใช้ Polydimethylsiloxane (PDMS) ร่วมกับ Membrane bioscrubber ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์[7] โดยผลที่ได้จากการทดลองโดยวิธีมีประสิทธิภาพสูง แต่มีขั้นตอนในการดำเนินการหลายขั้นตอนและจำเป็นต้องมีความรู้ด้านเคมีสูงจึงเหมาะสำหรับผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านทางเคมี

1.1.2 การดูดซับไฮโดรเจนซัลไฟด์บนตัวดูดซับของแข็ง

จากการศึกษางานวิจัยโดยใช้ตัวดูดซับที่เป็นของแข็งพบว่าการใช้ตัวดูดซับที่มีองค์ประกอบของเหล็ก(II)ออกไซด์สูง โดยที่ใช้ตัวดูดซับศิลาแลง(Laterite) ซึ่งตัวดูดซับดังกล่าวมีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้ทฤษฎีฟังก์ชันนอลความหนาแน่น[8] จากนั้นมีการใช้กากกะลามะพร้าวชุบด้วยองค์ประกอบของเหล็ก(Iron oxide impregnated coco coir) เพื่อใช้เป็นวัสดุในการดูดซับ ซึ่งมีต้นทุนในการดำเนินการต่ำแต่มีประสิทธิภาพสูง[9]

ต่อมามีการศึกษาการใช้วัสดุร่วมกันโดยการใช้เหล็กพรุนเป็นตัวดูดซับร่วมกับขยะมูลฝอย ขยะย่อยสลายได้ และกรองบุหรี่ที่ใช้แล้ว[10] และได้มีงานวิจัยทำการเปรียบเทียบการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยใช้วัสดุ 5 ชนิดตามท้องตลาดทั่วไป คือ ตะกรันเตาหลอมเหล็ก(GSFS) ศิลาแลง(Laterite) ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์มูลสัตว์ และถ่านกัมมันต์หรือไบโอชาร์ ผลที่ได้คือศิลาแลงมีประสิทธิภาพในการกำจัดดีที่สุด[11] นอกจากนี้ได้ศึกษาการใช้ถ่านกัมมันต์ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพ โดยการทำให้ถ่านกัมมันต์เปียกและชุบด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดและศึกษาการใช้สารละลายโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) ในการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ของถ่านกัมมันต์[12-13]

1.1.3 การดักจับด้วยตัวทำละลายหรือขั้นตอนของเหลวอื่นๆ

การใช้วิธีดักจับด้วยตัวทำละลายนิยมใช้น้ำเป็นตัวดักจับอย่างแพร่หลาย การบำบัดก๊าซชีวภาพเพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) เพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทน(CH_4)โดยการใช้เครื่องดักจับด้วยน้ำ[14]

ศึกษาการใช้วิธีการดักจับด้วยน้ำด้วยการใช้คลอรีนเป็นสารออกซิแดนท์เพื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนซัลไฟด์[15] และมีการใช้เทคโนโลยีของ Alkaline oxidative scrubbing ซึ่งเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์[16] จากงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิธีการดักจับด้วยน้ำพบว่าสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์ และเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทน เป็นการบำบัดก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่งที่มีต้นทุนต่ำและใช้เวลาในการดำเนินการน้อย

1.2 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วิธีการทางชีววิทยา

วิธีนี้เป็นการใช้แบคทีเรียทำหน้าที่กำจัดสารประกอบซัลเฟอร์ ในอุปกรณ์จำพวกตัวกรองชีวภาพ เครื่องฟอกชีวภาพ จากการศึกษาวิธีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยวิธีทางชีววิทยา โดยมีการออกแบบเครื่องกรองชีวภาพโดยใช้วัสดุบรรจุในตัวกรองชีวภาพเพื่อเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียที่ใช้ในการกำจัด โดยใช้ Fibous peat และ Resin บรรจุในเครื่องกรองชีวภาพ[17] ใช้ polypropylene pall rings บรรจุในเครื่องกรองชีวภาพ[18] และมีการบรรจุวัสดุในเครื่องกรองชีวภาพด้วยวัสดุ Ceramsite ร่วมกับ Perlite[19] นอกจากนี้มีการศึกษาการใช้ Biomembrane ด้วยอุปกรณ์สำหรับในห้องทดลองที่ได้รับการพัฒนาเพื่อปรับปรุงการกำจัด H_2S โดยใช้แบคทีเรีย Thiobacillus thioparus ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์[20] วิธีนี้เป็นการกำจัดที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ใช้เวลาในการดำเนินการนานในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

จากการศึกษาพบว่าการใช้น้ำเป็นตัวดักจับและการใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับมีต้นทุนในการกำจัดที่ต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และบำบัดก๊าซชีวภาพในครัวเรือน และชุมชน

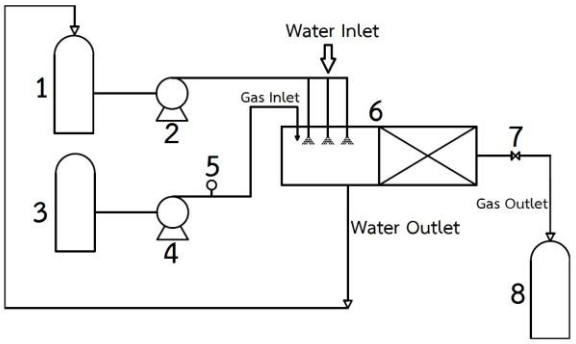
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการกำจัดด้วยปฏิกิริยาทางเคมีโดยการใช้น้ำเป็นตัวดักจับร่วมกับการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากวิธีนี้สามารถหาวัสดุในการกำจัดได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับประชาชนทั่วไปที่ต้องการทำการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพก่อนการใช้งาน

โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วิธีดักจับด้วยน้ำร่วมกับการใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยพบว่าค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ 9 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการทดลอง

2. อุปกรณ์

ทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วิธีการดักจับด้วยน้ำร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้ท่ออะคริลิคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร และยาว 1000 มิลลิเมตร การกำจัดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้วิธีการดักจับไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยน้ำพร้อมทั้งลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และส่วนที่ 2 ใช้การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยถ่านกัมมันต์ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยทำการปรับเปลี่ยนความดันของก๊าซชีวภาพที่ 2 3 และ 4 บาร์ ตามลำดับ ด้วยสวิตช์ความดันแบบปรับเองได้



รูปที่ 1 แสดงชุดอุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

โดย 1. ถังบรรจุน้ำ 2. ปั๊มน้ำเพิ่มแรงดัน 3. ถังบรรจุก๊าซชีวภาพ 4. ปั๊มเพิ่มความดันก๊าซชีวภาพ 5. เกจวัดความดันก๊าซ 6. อุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 7. วาล์ว และ 8. ถังบรรจุก๊าซชีวภาพ

3. วิธีการทดลอง

3.1 ทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยการกำจัดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้วิธีการดักจับไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยน้ำพร้อมทั้งลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทน และส่วนที่ 2 ใช้การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยถ่านกัมมันต์ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.2 ทำการปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ 9 ด้วยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เติมลงในถังเก็บน้ำและทำการกวนผสม จากนั้นวัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำโดยเครื่อง pH Meter และทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์โดยขั้นตอนแรกนำถ่านกัมมันต์แช่ในน้ำที่ผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นเวลา 45 นาทีเพื่อให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์มีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำละเหยกลายเป็นไอน้ำจนหมด ขั้นตอนสุดท้ายอบถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติพื้นผิวและเพิ่มจำนวนรูพรุนของถ่านกัมมันต์

3.3 เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพที่จะใช้ในการทดลองในถุงบรรจุอากาศขนาด 1 ลิตร เพื่อทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography(GC) ก่อนทำการทดลอง

3.4 ทำการทดลองโดยปล่อยก๊าซชีวภาพจากถังบรรจุก๊าซผ่านเข้าสู่อุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยส่วนที่ 1 มีการติดตั้งหัวฉีดสเปรย์น้ำเพื่อใช้น้ำเป็นตัวดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และในส่วนที่ 2 บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว โดยทำการวิเคราะห์ความดันของก๊าซชีวภาพก่อนเข้าอุปกรณ์กำจัดที่ 2 3 และ 4 บาร์ ตามลำดับ ด้วยสวิทช์ความดันแบบปรับเองได้

3.5 เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพที่ได้จากการทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

3.6 ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผ่านการทดลองด้วยอุปกรณ์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography(GC) ในการวิเคราะห์

3.7 คำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากสมการที่ 1 และสรุปผลการทดลอง

$$RE(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \, x \, 100 \quad (1)$$

โดย RE คือ ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

C_{in} คือ ความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพขาเข้า

C_{out} คือ ความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพขาออก

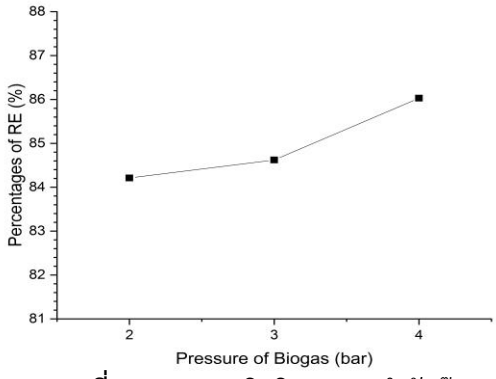
4. ผลการทดลอง

ก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการทดลองมีองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณร้อยละองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

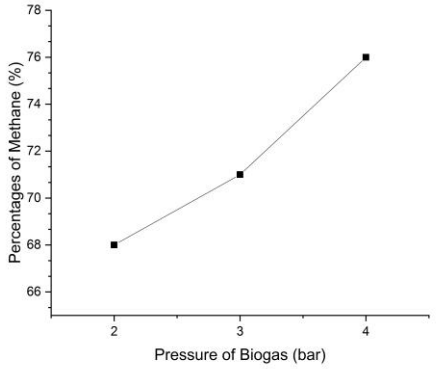
องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	ปริมาณร้อยละ
มีเทน	52-64 %
คาร์บอนไดออกไซด์	28-46 %
ไนโตรเจน	0.8-3 %
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	0.2-2 %
ไฮโดรเจน	0.5-1.4 %
ไอน้ำ และก๊าซอื่น ๆ	0.3-2.5 %

จากการทดลองใช้วิธีการดักจับด้วยน้ำร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยที่ทำการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดของถ่านกัมมันต์และเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และจากนั้นทำการทดลองโดยการปรับเปลี่ยนค่าความดันของก๊าซชีวภาพที่ไหลเข้าเครื่องกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ความดัน 2 3 และ 4 บาร์ ตามลำดับ โดยก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณการปนเปื้อนของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 494 ppm และมีปริมาณก๊าซมีเทน 52-64%



รูปที่ 2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ความดันของก๊าซชีวภาพ 2 บาร์ สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ 84.21% ที่ 3 บาร์ สามารถกำจัดได้ 84.62% และที่ 4 บาร์ สามารถกำจัดได้สูงสุด 86.03% จากผลการทดลองพบว่าค่าความดันของก๊าซชีวภาพที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ นอกจากสามารถลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้แล้ว วิธีนี้ยังสามารถเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนได้



รูปที่ 3 แสดงปริมาณก๊าซมีเทนจากการทดลอง

เนื่องจากการดักจับด้วยน้ำทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น โดยความดันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สามารถเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนได้เล็กน้อย

5. สรุปผลการทดลอง

การทดลองกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยวิธีการดักจับด้วยน้ำร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ความดันของก๊าซชีวภาพ 2 บาร์ สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ 84.21% ที่ 3 บาร์ สามารถกำจัดได้ 84.62% และที่ 4 บาร์ สามารถกำจัดได้สูงสุด 86.03% ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือความดันของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 4 บาร์ ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากยังสามารถเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนได้ประมาณ 10–28% จากการทดลองพบว่าการใช้สองวิธีร่วมกันเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ มีต้นทุนต่ำ และสามารถทำได้ทั่วไปในชุมชนขนาดเล็กไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้การเพิ่มขนาดของเครื่องกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และเพิ่มพื้นที่สัมผัสของก๊าซชีวภาพกับตัวดูดซับ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), กระทรวงพลังงาน (2559). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.eppo.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 28/05/2561.

[2] กฤตภาส สิงค์บุตร, วิชชากร จารุศิริ และ ปฐมทัศน์ จิระเดชะ (2554). *การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัย*, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

[3] Nicolas Abatzoglou, Steve Boivin (2008), A review of biogas purification processes, Wiley InterScience, 2009, pp. 42 - 71.

[4] Nagele, H.J., Steinbrenner, J., Hermanns, G., Holstein, V., Haag, N.L., and Oechsner, H. (2017), Innovative additives for chemical desulphurization in biogas processes: A comparative study on iron compound products, *Biochemical Engineering Journal,* 2017, pp. 181 - 187.

[5] Djeine Cristina Schiavon Maia, Rafael Niklevicz, R., Rafael Arioli, Laercio Frare, M., Pedro Arroyo, A., Marcelino Gimenes, L., and Nehemias Pereira, C. (2017), Removal of H_2S and CO_2 from biogas in bench scale and the pilot scale using a regenerable Fe-EDTA solution, *Fuel and Energy Abstracts*, vol. 58, 2017, pp. 410 - 504.

[6] Quanmin Xue, Yingshu Liu and Peng Huo (2011), Study of hydrogen sulfide removal on MDEA modified adsorbents for gas purification. *5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 2011, pp. 1 - 4.

[7] Ebrahim Tilahun, Erkan Sahinkaya and Baris Calli (2017), A hybrid membrane gas absorption and bio-oxidation process for the removal of hydrogen sulfide from biogas, *International Biodeterioration and Biodegradation,* vol. 127, 2017, pp. 69 - 76.

[8] Natthakkan Thanakunpaisit, Niramol Jantarachat and Usa Onthong (2017), Removal of hydrogen sulfide from biogas using laterite materials as an adsorbent. *Energy Procedia*, vol. 138, 2017, pp. 1134 - 1139.

[9] Muchlis Hasan and Agus Jatnika Effendi (2015), Biogas desulphurization by iron oxide impregnated Coco Coir in laboratory scale fixed bed reactor, *International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application(ICSEEA)*, 2015, pp. 25 - 29.

[10] Phil Cherosky and Yebo Li (2013), Hydrogen sulfide removal from biogas by bio-based iron Sponge, *Biosystems Engineering*, vol. 114, 2013, pp. 55 - 59.

[11] Skerman, A.G., Heubeck, S., Batstone, D.J., and Tait, S. (2017), Low-cost filter media for removal of hydrogen sulphide from piggery biogas, *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 105, 2017, pp. 117 - 126.

[12] Russamee Sitthikhankaew, Somrudee Predapitakkun, Ratanawan Kiattikomol, Sudhibhumi Pumhiran, Suttichai Assabumrungrat, Navadol Laosiripojana (2011), Temperature program adsorption of hydrogen sulfide by NaOH-impregnated activated carbons for hot fuel gas purification, *IEEE Conference on Clean Energy and Technology(CET)*, 2011, pp. 384 - 388.

[13] Russamee Sitthikhankaew, Somrudee Predapitakkun, Ratanawan Kiattikomol, Sudhibhumi Pumhiran, Suttichai Assabumrungrat, Navadol Laosiripojana (2011), Performance of commercial and modified activated carbons for hydrogen sulfide removal from simulated biogas, *IEEE Conference on Clean Energy and Technology(CET)*, 2011, pp. 135 - 139.

[14] Yadav, S.D., Bimlesh Kumar, Thipse, S.S. (2013), Biogas purification: Producing natural gas quality fuel from biomass for automotive applications, *International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability*, 2013, pp. 450 - 452.

[15] Jean-Baptiste Vilmain, Valerie Courousse, Pierre-Francois Biard, Mohamed Azizi, Annabelle Couvert (2014), Kinetic study of hydrogen sulfide absorption in aqueous chlorine solution, *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 92, 2014, pp. 191 - 204.

[16] Krischan, J., Makaruk, A., Harasek, M. (2012), Design and scale-up of an oxidative scrubbing process for the selective removal of hydrogen sulfide from biogas, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 215-216, 2012, pp 49 - 56.

[17] Shaohua Qiao, Lei Fu, Yao Chi and Naiqiang Yan, (2008), Removal characteristics of hydrogen sulfide in biofilters with fibrous peat and resin, *2*

International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2008, pp. 3996 – 3999.

[18] Jing Chen, (2010) Removal of hydrogen sulfide in a Biotrickling Filter under extremely acidic conditions, *International Conference on Digital Manufacturing and Automation*, vol. 2, 2010, pp. 158 - 161.

[19] Jianwei Liu, Wenlin Ma, Yuzhu Zhao and Hen Ji (2011), Removal of sulfide hydrogen and ammonia from waste gases by biofilter, *International Symposium on Water Resource and Environmental Protection*, vol. 3, 2011, pp. 2176 - 2179.

[20] Lucie Pokorna-Krayzelova, Jan Bartacek, Dana Vejmelkova, Ana Alvarez, A., Petra Slukova, Jindrich Prochazka, Eveline Volcke, I.P. and Pavel Jenicek (2017), The use of a silicone-based biomembrane for microaerobic H_2S removal from biogas, *Separation and Purification Technology*, vol. 189, 2017, pp. 145 - 150.

การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนระหว่างครีบเข็มรูปตัววายและครีบเข็มทรงกระบอกในอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม

Thermal Performance Comparative Study of Y Shape Pin Fin and Circular Pin Fin on Plate Pin Fin Heat Sink

ทิฆัมพร เลขะผล, เพ็ญศิริ สมพงษ์ และ สังคม ศรีสมพร*

คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เลขที่ 59/5 หมู่ 1 ถนน วปรอ. 366 ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47000

*ติดต่อ: sungkom.s@ku.th, เบอร์โทรศัพท์ 042-725-033, เบอร์โทรสาร 042-725-034

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนระหว่างครีบเข็มรูปตัววายและครีบเข็มทรงกระบอกในอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม ทำการศึกษาด้วยการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ระบายความร้อนในสามมิติและวิเคราะห์สมรรถนะด้วยระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยพิจารณาถึงตัวแปรรูปร่างของอุปกรณ์ระบายความร้อนที่มีผลต่อสมรรถนะคือ อัตราส่วนความสูงของครีบเข็มต่อความสูงของครีบแผ่นจำนวน 4 ค่า คือ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ กำหนดให้ค่าความเร็วของอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนมีค่า 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ตัวแปรที่ใช้ในการวัดสมรรถนะการระบายความร้อนคือ ค่าความต้านทานความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อน จากผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราส่วนความสูงของครีบตัววายต่อความสูงของครีบแผ่นที่ให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุดคือ 0.6 และค่าอัตราส่วนความสูงของครีบเข็มรูปทรงกระบอกต่อความสูงของครีบแผ่นที่ให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุดคือ 0.8 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนพบว่าอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มรูปตัววายมีสมรรถนะสูงกว่าครีบเข็มรูปทรงกระบอก

คำหลัก: ระเบียบพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม, ครีบระบายความร้อนรูปตัววาย

Abstract

The objective of this research was to a comparative study of thermal performance of Y shape pin fin heat sink and circular pin fin heat sink on plate pin fin heat sink. A three-dimensional model of computational fluid dynamics was used as a tool in this research. The variables, plate pin fin height ratio 4 value is 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 respectively, the velocity of air used in the study 5 value is 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 m/s respectively. The thermal resistance of the heat sink is used to measure the heat sink performance. The results of this study showed that the optimum of Y shape plate pin fin height ratio was 0.6 and the optimum of circular plate pin fin height ratio was 0.8, which gave the lowest heat sink thermal resistance. The Y shape plate pin fin heat sink has better cooling capacity than circular plate pin fin heat sink.

Keywords: Computational fluid dynamics, plate pin fin heat sink, Y-shape pin fin

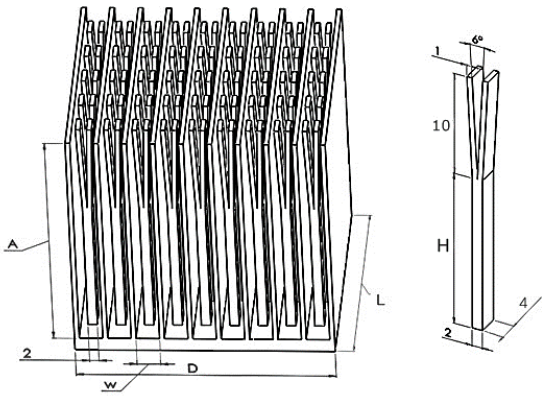
1. บทนำ

เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันที่พัฒนาสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถผลิตอุปกรณ์ เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูง แต่มีขนาดเล็กและบางมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการพกพาและใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์พกพา หรือแม้แต่คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ เป็นต้น ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้นมีความหนาแน่นเชิงความร้อนที่สูงจึงเสี่ยงต่อความเสียหาย ดังนั้นอุปกรณ์ระบายความร้อนที่มีพื้นระบายความร้อนที่มากขึ้นจึงเป็นที่ต้องการ

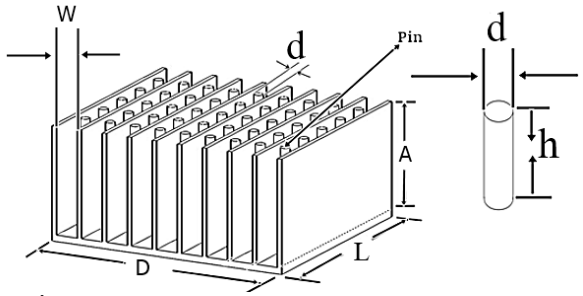
อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม [1] เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยอากาศที่ถูกนำมาใช้ในการระบายความร้อนเมื่อไม่นานมานี้ ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจึงมีไม่มากนัก โดยส่วนใหญ่งานวิจัยที่พบเป็นงานวิจัยที่ศึกษาการออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแผ่น [2-4] และอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบเข็ม [5-7] ซึ่งมีหลากหลายวิธีในการศึกษาทั้งการสร้างเครื่องมือเพื่อทดลองหาค่าการถ่ายเทความร้อน การใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD: Computational Fluid Dynamics) เพื่อจำลองรูปแบบการถ่ายเทความร้อน [8] และนำไปสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการทำนายค่าการถ่ายเทความร้อนและวิธีการล่าสุดที่นิยมใช้ในการออกแบบคือการหาค่าเหมาะสมสุด [9-11] แต่สำหรับอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมนั้นมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาไม่มากนัก งานที่พบคือการวิเคราะห์หาอิทธิพลของรูปร่างพื้นที่หน้าตัดของครีบเข็มที่มีผลต่อการระบายความร้อนและการใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเพื่อวิเคราะห์การระบายความร้อนในช่องทางการไหลที่มีครีบเข็ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบผสมที่มีครีบเข็มรูปตัววาย โดยพิจารณาถึงอิทธิพลของความเร็วของอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนและความสูงของครีบเข็มต่อการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม และนำผลที่ได้จากการศึกษามาเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มรูปทรงกระบอก โดยคาดหวังว่าผลจากการศึกษาจะเป็นข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ตัดสินใจในการเลือกอุปกรณ์ระบายความร้อนประเภทนี้ต่อไป

2. รูปร่างและขอบเขตของปัญหาที่ทำการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มรูปตัววายที่มีขนาดความกว้างของอุปกรณ์ระบายความร้อน (D) เท่ากับ 55 มิลลิเมตร ความยาวของอุปกรณ์ระบายความร้อน (L) เท่ากับ 50 มิลลิเมตร และความสูงของครีบแผ่น (A) เท่ากับ 50 มิลลิเมตร ความสูงของฐานของอุปกรณ์ระบายความร้อนเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างครีบแผ่น (W) เท่ากับ 5 มิลลิเมตร ความหนาของครีบแผ่นเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ความหนาและความยาวของครีบเข็มรูปตัววายมีค่าเท่ากับ 2 และ 4 มิลลิเมตร ตามลำดับ จำนวนครีบเข็มเท่ากับ 5 ครีบต่อแถว มุมของปีกครีบเข็มรูปตัววายเท่ากับ 6 องศาและความสูงของปีกครีบเข็มรูปตัววายเท่ากับ 10 มิลลิเมตร กำหนดตัวแปรความสูงของครีบเข็มรูปตัววายที่ทำการศึกษา (H) คือระยะความสูงจากฐานถึงความสูงก่อนจะแยกเป็นรูปตัววาย และรูปร่างที่ทำการเปรียบเทียบคือครีบเข็มรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของครีบทรงกระบอกเท่ากับ 2 มิลลิเมตร อากาศไหลเข้าไประบายความร้อนทางด้านหน้าของอุปกรณ์ระบายความร้อน รูปร่างของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มรูปตัววายแสดงไว้ในรูปที่ 1 ส่วนอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มทรงกระบอกที่นำมาใช้เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนมีขนาดความสูงของครีบแผ่น (A) เส้นผ่าศูนย์กลางของครีบเข็มที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม (d) ความสูงของครีบเข็ม (h) ความยาวของอุปกรณ์ระบายความร้อน (L) ความกว้างของอุปกรณ์ระบายความร้อน (D) ระยะห่างระหว่างครีบแผ่น (W) และมีการควบคุมให้ขนาดเท่ากันเหมือนกับอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มรูปตัววายดังแสดงไว้ในดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบสามมิติของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มรูปตัววาย



รูปที่ 2 แสดงรูปแบบสามมิติของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มทรงกระบอก

3. สมมติฐานและคุณสมบัติต่าง ๆ ของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ทางผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานและคุณสมบัติต่างๆ ของการศึกษาไว้ดังนี้ (1) การกระจายความร้อนมีค่าสม่ำเสมอตลอดทั้งพื้นที่ฐานของอุปกรณ์ระบายความร้อน (2) ความเร็วของอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนมีค่าสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลเข้า (3) ไม่คิดอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี (4) อากาศที่ไหลเป็นแบบปั่นป่วน เนื่องจากไหลผ่านสิ่งกีดขวาง อุปกรณ์ระบายความร้อนที่ทำการศึกษาผลิตจากอลูมิเนียมและใช้อากาศในการระบายความร้อนทิ้ง วัสดุของอลูมิเนียมที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติของวัสดุเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของอลูมิเนียม

คุณสมบัติ	ค่าที่ใช้
ความหนาแน่น (ρ) (kg/m^3)	2719
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) (W/m·°k)	202.4
ค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) (J/kg·k)	871

ส่วนค่าคุณสมบัติของอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนกำหนดให้มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ โดยมีค่าแสดงคุณสมบัติของอากาศตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของอากาศ

คุณสมบัติ	ค่าที่ใช้
ความหนาแน่น (ρ) (kg/m^3)	1.225
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) (W/m·°k)	0.0242
ค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) (J/kg·k)	1006.43
ค่าความหนืด (kg/m·s)	1.789e-5

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนระหว่างครีบเข็มรูปตัววายและครีบเข็มทรงกระบอกในอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการวิเคราะห์หาคำตอบของการศึกษา ดังนั้นสมการที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคือสมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม และสมการพลังงาน ดังแสดงในสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (3) ตามลำดับ

$$\nabla.(\rho u) = 0 \qquad (1)$$

$$(u.\nabla)\rho u = -\nabla p + \mu\nabla^2 u \qquad (2)$$

$$u.\nabla T = \frac{k}{\rho C_p}\nabla^2 T \qquad (3)$$

เมื่อ p คือ ความดัน, N/m^2
u คือ ความเร็วของอากาศ, m/s
μ คือ ความหนืดของอากาศ, kg/m·s
ρ คือ ความหนาแน่น, kg/m^3
T คือ อุณหภูมิ, K
k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สมการที่ (1) ถึง (3) สามารถนำไปคำนวณค่าต่าง ๆ ของอุปกรณ์ระบายความร้อนได้ตามสมการที่ (4) และสมการที่ (5) ดังนี้

$$R_{HS} = \frac{\Delta T}{Q} \qquad (4)$$

$$P_F = \left(\frac{\Delta p}{\rho}\right)\left(\frac{dm}{dt}\right) \quad (5)$$

เมื่อ R_{HS} คือ ค่าความต้านทานความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อน, k/w

ΔT คือ คือผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ฐานของอุปกรณ์ระบายความร้อนกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, K

Δp คือ ความดันตกคร่อมอุปกรณ์ระบายความร้อน, N/m^2

dm/dt คือ อัตราการไหลมวลของอากาศต่อเวลา, kg/s

5. วิธีการทดลอง

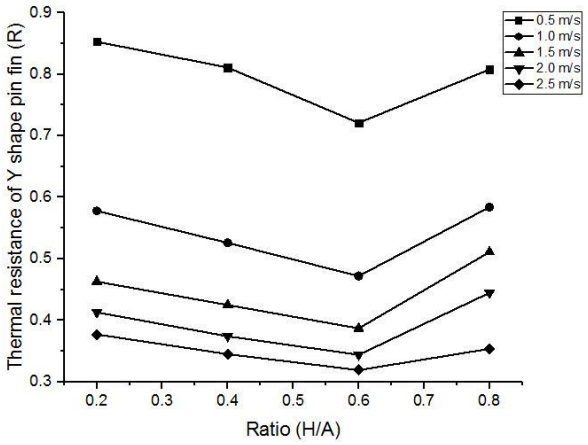
ในการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนระหว่างครีบเข็มรูปตัววายและครีบเข็มทรงกระบอกในอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาคำตอบของงานวิจัยโดยใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ทำการศึกษาโดยการสร้างและใช้แบบจำลองสามมิติของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม ทำการศึกษาปรับเปลี่ยนค่าความเร็วของอากาศที่เข้าไประบายความร้อนจำนวน 5 ค่า คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, และ 2.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ กำหนดอัตราส่วนความสูงของครีบเข็มต่อความสูงของครีบแผ่นจำนวน 4 ค่า คือ 0.2, 0.4, 0.6, และ 0.8 ตามลำดับ และกำหนดให้อากาศที่ไหลเข้าไประบายความร้อนเป็นการไหลแบบปั่นป่วนเนื่องจากเป็นการไหลผ่านสิ่งกีดขวางคือครีบเข็ม ในการศึกษาได้ทำการทดลองเปรียบเทียบขนาดของเอลิเมนต์จำนวน 6 ค่า คือ 0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าขนาดเอลิเมนต์ที่เหมาะสมทั้งผลลัพธ์ที่ได้และเวลาในการคำนวณคือ 1.0 มิลลิเมตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ขนาดเอลิเมนต์เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรในการศึกษา

6. ผลการทดลอง

ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการระบายความร้อนระหว่างครีบเข็มรูปตัววายและครีบเข็มทรงกระบอกในอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม สามารถอธิบายเป็นข้อได้ดังนี้

6.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของครีบเข็มต่อความสูงของครีบแผ่น

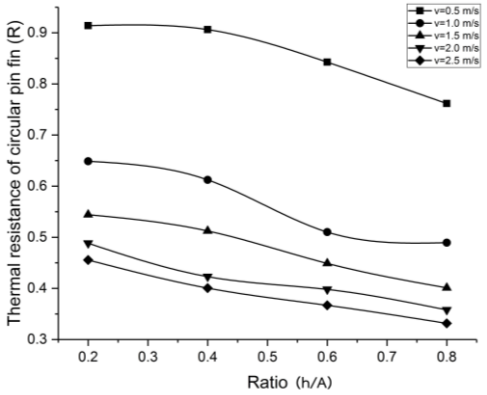
ผลที่ได้จากการศึกษาเมื่อปรับเปลี่ยนความสูงของครีบเข็มจำนวน 4 ค่า คือ 10, 20, 30, และ 40 มิลลิเมตรหรือคิดเป็นอัตราส่วน (H/A) คือ 0.2, 0.4, 0.6, และ 0.8 ตามลำดับ ตัวแปรที่นำมาใช้ในการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนคือ ค่าความต้านทานความร้อน จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มค่าอัตราส่วน (H/A) ค่าความต้านทานความร้อนมีแนวโน้มลดลงและมีค่าต่ำสุดที่ (H/A) เท่ากับ 0.6 ในทุกค่าความเร็วของอากาศ หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มค่า (H/A) ขึ้นค่าความต้านทานความร้อนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้สามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากครีบเข็มรูปตัววายนั้นแม้จะมีพื้นที่ในการระบายความร้อนมากแต่ก็ปิดกั้นช่องทางการไหลของอากาศ เมื่ออัตราส่วน (H/A) มีค่าสูงอากาศโดยส่วนใหญ่จะไหลขึ้นด้านบนไม่เข้าไประบายความร้อนบริเวณฐานครีบ จึงทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าต่ำ ซึ่งกราฟผลการศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 3 ดังนี้



รูปที่ 3 แนวโน้มของค่าความต้านทานความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนค่าอัตราส่วนความสูงของครีบเข็มรูปตัววาย

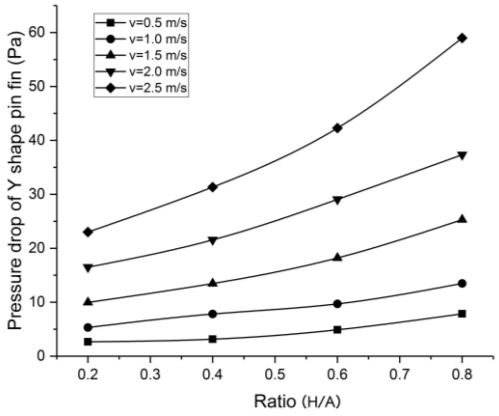
สำหรับอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบผสมหน้าตัดวงกลม เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความสูงของครีบเข็มจำนวน 4 ค่า คือ 10, 20, 30, และ 40 มิลลิเมตรหรือคิดเป็นอัตราส่วน (h/A) คือ 0.2, 0.4, 0.6, และ 0.8 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มค่าอัตราส่วน (h/A) ค่าความต้านทานความร้อนจะมีแนวโน้มลดลงและมีค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุดที่อัตราส่วน (h/A)

เท่ากับ 0.8 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มสมรรถนะการระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงไว้ดังกราฟผลการศึกษาในรูปที่ 4 ดังนี้

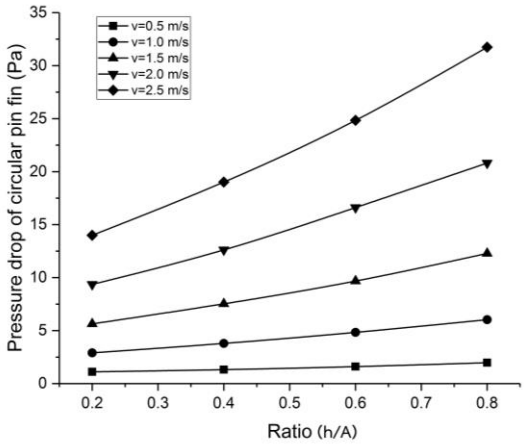


รูปที่ 4 กราฟแสดงแนวโน้มของค่าความต้านทานความร้อนของครีบเข็มทรงกระบอกเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความสูง

นอกจากค่าความต้านทานความร้อนจะต้องมีค่าแนวโน้มที่ต่ำแล้ว อีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้หรือออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อนนั่นก็คือค่ากำลังพัดลมที่ใช้ในการผลักอากาศเข้าไประบายความร้อนในอุปกรณ์ระบายความร้อน เนื่องจากปัจจุบันมีความพยายามออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้มีการใช้พลังงานที่ประหยัดไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจนเกินไป ชาร์จแบตเตอรี่ครั้งเดียวใช้งานได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน จากผลการศึกษาพบว่าค่าความดันลดคร่อมของอุปกรณ์ระบายความร้อนมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนความสูง ผลการศึกษาแนวโน้มของค่าความดันลดของอุปกรณ์ระบายความร้อนของครีบเข็มรูปตัววายและครีบเข็มหน้าตัดวงกลมแสดงไว้ในรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 กราฟแสดงแนวโน้มของค่าความดันลดของครีบเข็มรูปตัววายเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความสูง

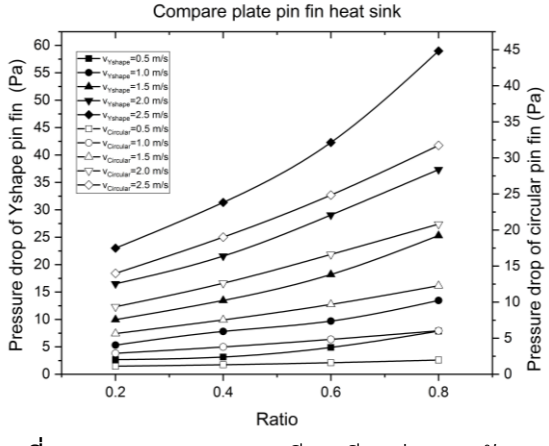


รูปที่ 6 กราฟแสดงแนวโน้มของค่าความดันลดของครีบเข็มรูปทรงกระบอกเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความสูง

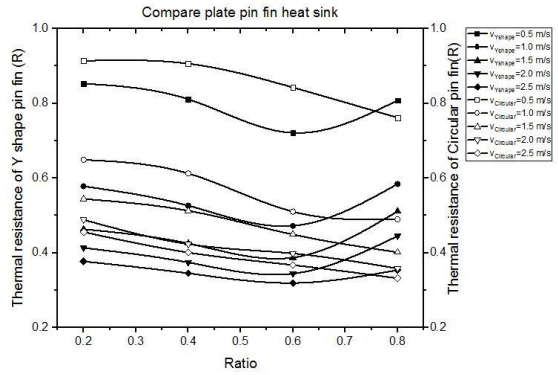
6.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของครีบเข็มรูปตัววายกับครีบเข็มทรงกระบอก

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบครีบเข็มรูปตัววายและครีบเข็มทรงกระบอกโดยใช้ขนาดของอุปกรณ์ระบายความร้อนเท่ากัน จำนวนครีบ 5 ครีบเท่ากัน อัตราส่วนความสูงของครีบเข็มต่อครีบแผ่นเท่ากัน พบว่าค่าความต้านทานความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนที่มีครีบเข็มรูปตัววายมีค่าต่ำกว่าของอุปกรณ์ระบายความร้อนที่มีครีบเข็มทรงกระบอกทุกกรณี ผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในรูปที่ 7 และรูปที่ 8

ส่วนผลการเปรียบเทียบค่าความดันลดในอุปกรณ์ระบายความร้อนนั้นพบว่าครีบเข็มรูปตัววายมีค่าความดันลดมากกว่าครีบเข็มทรงกระบอกทุกกรณีเช่นกัน



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความดันลดของครีบรูปตัววายและครีบรูปทรงกระบอก



รูปที่ 8 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของครีบรูปตัววายและครีบรูปทรงกระบอก

7. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาตามหัวข้อที่ 6.1 และ 6.2 สามารถสรุปผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ได้ว่า (1) เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าไประบายความร้อน แนวโน้มของค่าความต้านทานความร้อนลดลงแต่ความดันลดคร่อมอุปกรณ์ระบายความร้อนเพิ่มขึ้น (2) ค่าอัตราส่วนความสูงของครีบเข็มรูปตัววายต่อความสูงของครีบแผ่นที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 0.6 ในขณะที่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนความสูงขึ้นไปจะส่งผลให้กีดขวางการไหลของอากาศทำให้ค่าความต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้น ส่วนครีบเข็มรูปทรงกระบอกค่าอัตราส่วนความสูงของครีบเข็มหน้าตัดวงกลมต่อความสูงของครีบแผ่นที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 0.8 เนื่องจากให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด แสดงว่าสามารถระบายความร้อนออกได้ดีที่สุด (3) อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่มีครีบเข็มรูปตัววายระบายความร้อนได้ดีกว่าครีบเข็มทรงกระบอก ในขณะเดียวกันก็สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Amer Al-damook and FahadSalehAlkasmoul, (2018). Heat transfer and air flow characteristics enhancement of compact plate-pin fins heat sinks. *Propulsion and Power Research*, In press, corrected proof, Available online 11 June 2018.

[2] Daechan Jeon and Chan Byon, (2017). Thermal performance of plate fin heat sinks with dual-height fins subject to natural convection. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 113, October 2017, Pages 1086-1092.

[3] Tae Hoon Kim, Kyu Hyung Do and Sung Jin Kim, (2017). Closed-form correlations of pressure drop and thermal resistance for a plate fin heat sink with uniform air jet impingement. *Energy Conversion and Management*, Volume 136, 15 March 2017, Pages 340-349.

[4] Waleed Al-Sallami, Amer Al-Damook and H.M. Thompson, (2017). A numerical investigation of the thermal-hydraulic characteristics of perforated plate fin heat sinks. *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 121, November 2017, Pages 266-277.

[5] Hafiz Muhammad Ali and Adeel Arshad, (2017). Experimental investigation of n-eicosane based circular pin-fin heat sinks for passive cooling of electronic devices. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 112, September 2017, Pages 649-661.

[6] Wei Wan, Daxiang Deng, Qingsong Huang, Tao Zeng and Yue Huang, (2017). Experimental study and optimization of pin fin shapes in flow boiling of micro pin fin heat sinks. *Applied Thermal Engineering*, Volume 114, 5 March 2017, Pages 436-449.

[7] Adeel Arshad, Hafiz Muhammad Ali, Shahab Khushnood and Mark Jabbal, (2018). Experimental investigation of PCM based round

pin-fin heat sinks for thermal management of electronics: Effect of pin-fin diameter. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 117, February 2018, Pages 861-872.

[8] Sanchai Ramphueiphad and Sujin Bureerat, (2018). Synthesis of multiple cross-section pin fin heat sinks using multiobjective evolutionary algorithms. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 118, March 2018, Pages 462-470.

[9] Kaj Lampio and Reijo Karvinen, (2017). Optimization of convectively cooled heat sinks. *Microelectronics Reliability*, Volume 79, December 2017, Pages 473-479.

[10] Hyeokmin Kwon, Younghwan Joo and Sung Jin Kim, (2018). Analytic approach to thermal optimization of horizontally oriented radial plate-fin heat sinks in natural convection. *Energy Conversion and Management*, Volume 156, 15 January 2018, Pages 555-567.

[11] Jan H. K. Haertel, Kurt Engelbrecht, Boyan S. Lazarov and Ole Sigmund, (2018). Topology optimization of a pseudo 3D thermofluid heat sink model. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 121, June 2018, Pages 1073-1088.

การศึกษาการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้

Study of Vibration on a Bogie Model

คงศิริ พรนิค, ธีรภัทร์ ทาซ้าย และ ณรงค์ สีหาจ่อง

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ม.6 ถ. ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ:kp.envi@gmail.com 0834166125

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของชุดจำลองโบกี้รถไฟ โดยมุ่งศึกษาผลของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในชุดจำลองโบกี้ จะมีตัวแปรในการศึกษาคือตัวสปริง ตัวสปริงที่ทดลองมีค่านิจสปริงเท่ากับ 31,570 นิวตันต่อเมตร เพื่อให้สปริงรับการสั่นสะเทือนและถูกทำให้การสั่นสะเทือนสลายไปโดยโช๊คอัพ แต่การสั่นสะเทือนก็ยังคงมีอยู่ซึ่งจะทำการหาระดับการสั่นสะเทือนสูงสุดของการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของตัวชุดจำลองโบกี้จะทำการศึกษาตั้งแต่ความเร็วเริ่มหมุนจนถึงความเร็วสูงสุด โดยใช้มอเตอร์ไปขับชุดรางรถไฟให้หมุนส่งกำลังไปต่อที่ล้อรถไฟที่จำลองขึ้นมา การปรับความเร็วจะใช้ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่แผงควบคุม ปรับความถี่มอเตอร์จาก 1 เฮิรตซ์ถึง 60 เฮิรตซ์ ผลการศึกษาพบว่า การสั่นสะเทือนตามการเคลื่อนที่ในแนวแกน X มีระยะการกระจัดอยู่ที่ ±0.38 มิลลิเมตร ที่ความถี่มอเตอร์ 24 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ 37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การสั่นสะเทือนด้านข้างในแนวแกน Y มีระยะการกระจัดอยู่ที่ ±0.6 มิลลิเมตร ที่ความถี่มอเตอร์ 35 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ 55 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การสั่นสะเทือนในแนวดิ่งแกน Z มีระยะการกระจัดอยู่ที่ ±0.4 มิลลิเมตร ที่ความถี่มอเตอร์ 50 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ 78 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

คำหลัก: การสั่นสะเทือน ,ระบบราง, โบกี้รถไฟ

Abstract

This article has an objective to study movement behaviors of a bogie model in terms of vibration that happened in the bogie model. There are 2 variables: one springs constant and bogie speed. In this article, a spring constant of 31,570 N/m. The springs were used to absorb vibration forces and allow damping. However, vibrations still remained. Maximum vibration levels were investigated. The bogie model was run from start velocity of 0 km/h to maximum velocity of 94 km/h. The bogie model was driven by a motor drive to the rail wheel which rotated to wheel bogie model. Speed adjustment was controlled by adjusting the motor's frequency from 1 Hz to 60 Hz.

This vibration results showed that longitudinal displacement was ±0.38 millimeter at a 24 Hz of motor frequency and velocity of bogie model at 37 km/h. Lateral displacement was ±0.6 millimeter at a 35 Hz of motor frequency and velocity of bogie model at 55 km/h. Vertical displacement was ±0.4 millimeter at a 50 Hz of motor frequency and velocity of bogie model at 78 km/h

Keywords: Vibrations, Railways, Bogie

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันรถไฟขนส่งมวลชนได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของประชาชนในเมืองใหญ่ๆทั่วโลก ระบบขนส่งมวลชนด้วยรางสามารถจำแนกออกได้เป็นสองประเภท คือ ระบบขนส่งมวลชนด้วยรางชนิดความจุต่ำ (Light Rail Transit System)จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากรางที่ 3 ซึ่งเรียกว่า Third rail หรือจากสายไฟฟ้าเหนือราง โดยกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบฯ จะมีกำลังศักย์ต่ำกว่าระบบขนส่งมวลชนแบบหนัก ทั้งนี้ ระบบขนส่งมวลชนแบบเบานี้ ส่วนมากจะให้บริการในย่านที่มีความหนาแน่นประชากรสูง เนื่องจากมีความเร็วในการเดินรถต่ำกว่าระบบขนส่งมวลชนแบบด้วยรางชนิดความจุสูงและปลอดภัยต่อประชาชนมากกว่าเพราะใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีกำลังศักย์ต่ำกว่า และระบบขนส่งมวลชนด้วยรางชนิดความจุสูง (High Rail Transit System) จะมีการให้พลังงานไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าเหนือรางที่ใช้ความต่างศักย์กำลังสูง[1] ฉะนั้นแล้วการเคลื่อนที่ของรถไฟจะมีผลต่อการบำรุงรักษาหรือรวมไปถึงความสบายของผู้โดยสารก็มาจากการสั่นสะเทือน จึงได้มีการศึกษาในส่วนผลของความเร็วที่เป็นผลให้เกิดการสั่นสะเทือน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของชุดจำลองล้อรถไฟที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้
2. เพื่อศึกษาผลของอุปกรณ์ ขดสปริง อันมีผลต่อการลดแรงสั่นสะเทือนในตัวรถไฟ
3. เพื่อหาผลของความเร็วของชุดล้อรถไฟที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนกับตัวรถไฟ

1.3 ขอบเขต

1. สัดส่วนของตัวแคร่ในการศึกษาต่อขนาดแคร่รถไฟของจริงอยู่ที่ 1 : 3
2. ค่า k ของสปริง (Spring Rate) ที่ใช้ทดสอบมี1 ตัว ดังนี้

   k = 31,570 N/m.

3. ใช้โช๊คอัพ (Damping Ratio) อยู่ 1 ตัว
4. ศึกษาความเร็วตั้งแต่เริ่มหมุน เริ่มจาก 1 Hz – 60 Hz โดยเพิ่มครั้งละ 1 Hz

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบทางรางรถไฟ

รถไฟเป็นยานพาหนะขนส่งที่แตกต่างจากยานพาหนะอื่นๆ คือ คนขับจะไม่สามารถเลือกได้ว่าจะวิ่งไปทางไหน แต่พนักงานที่อยู่ภาคพื้นดินจะเป็นคนกำหนดให้ ก่อนที่จะมีรถไฟอย่างใน ปัจจุบันนี้ มนุษย์เราได้เรียนรู้เรื่องการใช้ยานพาหนะที่มีล้อซึ่งสามารถลากไปตามรางมานานแล้ว ต่อมาจึงเรียนรู้ว่า หากมีการใช้วัสดุปูทางให้ราบเรียบ จะสามารถลากหรือเข็นยานพาหนะผ่านไปได้สะดวก โดยไม่ต้องออกแรงมาก ซึ่งได้มีการพัฒนาต่อเนื่องมาเรื่อยๆ โดยใช้วัสดุที่มีอยู่ในแต่ละยุคสมัย ปูทางลาดให้รถวิ่ง เช่น ขอนไม้ แผ่นไม้กระดาน แผ่นหิน แผ่นเหล็ก เป็นต้น จนในที่สุดก็พัฒนามา เป็นรางรถไฟที่มีรูปร่างดังที่เห็นในปัจจุบัน[2]

2.2 ระบบรองรับน้ำหนัก (แคร่)

โบกี้ (Bogies) หมายถึง ส่วนที่รองรับน้ำหนักตัวรถ ออกแบบเพื่อปรับปรุงสมรรถนะให้ตู้รถไฟสามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วสูงอย่างปลอดภัยและให้ความรู้สึกที่นิ่มนวลต่อผู้โดยสาร[3]

2.3 การเกิดการสั่นสะเทือนของล้อรถไฟ

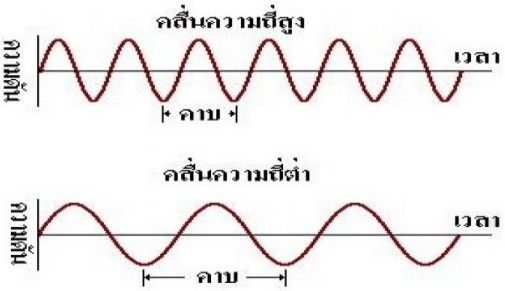
เมื่อล้อรถไฟวิ่งบนราง ล้อด้านที่วิ่งด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่าจะวิ่งออกหน้า ล้อที่วิ่งด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าเพลาล้อก็จะเอียงไปในทางที่จะคัดท้ายให้ล้อพร้อมเพลาเคลื่อนกลับไปในทางตรงกันข้าม ซึ่งล้อด้านที่เคยวิ่งด้วยเส้นผ่าศูนย์เล็กกว่าจะเปลี่ยนเป็นวิ่งด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า และวิ่งออกหน้าล้อด้านตรงข้าม เป็นการคัดท้ายให้เกิดการส่ายตัวกลับสลับกันไปมา ดังนั้น หากเป็นการเคลื่อนที่ในสภาพปกติแล้วแรงกระแทกระหว่างบังใบล้อกับหัวรางก็จะมีความรุนแรงน้อยกว่าล้อรถไฟที่พื้นล้อเป็นรูปทรงกระบอก ล้อรถไฟที่ลาดเอียงจะทำให้เพลาล้อจะส่ายตัวไปมารอบศูนย์กลาง (Axle Hunting) ขณะเดียวกันศูนย์กลางของเพลาล้อจะเคลื่อนที่ออกทางด้านข้างซ้ายขวาสลับกัน ศูนย์กลางของเพลาล้อในขณะที่ล้อเคลื่อนที่ไปตามทางจึงส่ายเป็นลักษณะงูเลื้อย Sinusoidal เรียกว่า Hunting Motion[3]

2.4 ทฤษฎีการสั่นสะเทือนเบื้องต้น

การสั่นสะเทือน คือการเคลื่อนที่ของวัตถุรอบๆจุดสมดุลในช่วงเวลาหนึ่งของการเคลื่อนที่ ไม่ว่าการเคลื่อนที่รอบจุดสมดุลนั้นจะเกิดขึ้นในแบบการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาหรือจะเป็นการแกว่งรอบจุดสมดุลก็ตาม

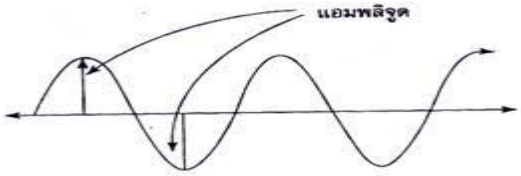
องค์ประกอบที่ใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่แบบสั่นนี้ได้แก่

1.ความถี่ (Frequency) วัตถุที่มีการสั่นจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งคงที่หนึ่ง เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสูงสุดค่าหนึ่งและกลับมาผ่านตำแหน่งสูงสุดอีกค่าหนึ่ง และย้อนกลับมายังตำแหน่งคงที่เดิมถือว่ามีการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ



รูปที่ 1 แสดงลักษณะความถี่สูงและต่ำ

2.แอมพลิจูด (Amplitude) วัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบสั่นจะมีระยะทางหรือการขจัดมากที่สุดในแต่ละข้างของตำแหน่งคงที่หนึ่ง



รูปที่ 2 แสดงค่าแอมพลิจูดของการสั่นสะเทือน

3. การดำเนินการทดลอง

3.1 วิธีการทดลอง

1. เตรียมอุปกรณ์การทดลอง ได้แก่ ชุดจำลองโบกี้ เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน และคอมพิวเตอร์ โดยต่อไฟเข้ากับชุดควบคุมมอเตอร์และต่อชุดวัดการสั่นสะเทือนไว้ที่แคร่และอีกด้านต่อเข้ากับมอนิเตอร์แสดงผลและเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนเข้ากับคอมพิวเตอร์

2. ใช้ความถี่เริ่มต้นในการทดสอบเป็น 1 Hz ไปจนถึงจุดที่เกิดการกวัดแกว่งของล้อกับราง โดย ใช้ปุ่ม RUN สีเขียวบนหน้าปัดชุด Speed Control และค่อยๆ หมุนตัวควบคุมความเร็ว โดยเพิ่มความถี่ขึ้นมาทีละ 1 Hz

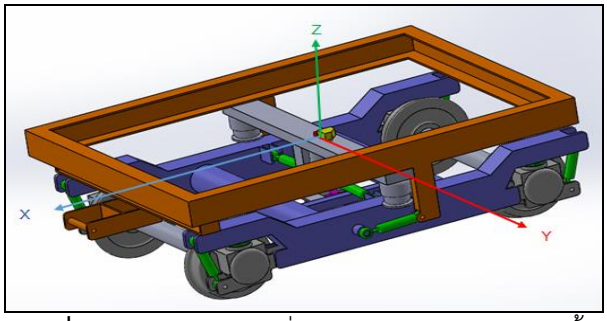
3. บันทึกค่าการทดลองโดยใช้เวลา 20 วินาทีต่อความถี่ไฟฟ้า 1 Hz จากอุปกรณ์มาบันทึกผลการทดลอง

4. ทำซ้ำอีกครั้งตามข้อที่ 2 โดยทำการเปลี่ยนโหมดการวัดในแต่ละแกนการสั่นสะเทือน และทดลองซ้ำ

5. นำค่าที่ได้จากการทดลองทั้ง 6 ขั้นตอน มาทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

7. สรุปผลและอภิปรายผล



รูปที่ 3 แสดงทิศทางการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้

3.2 รูปแบบการวัดการสั่นสะเทือน

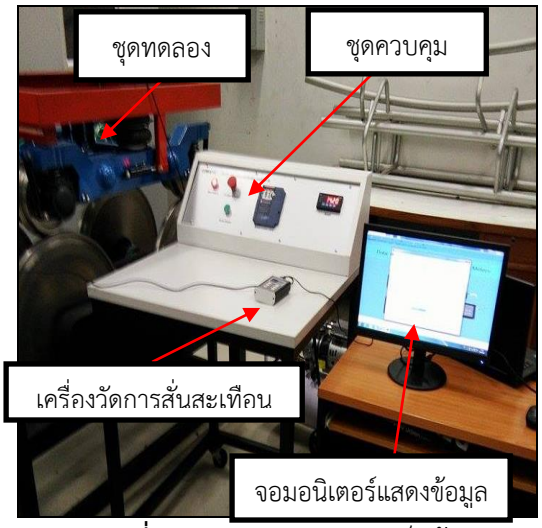
การวัดค่าการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้นั้นจะมีลักษณะลำดับการสั่นสะเทือนก่อนถึงหัวของเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน โดยมีลำดับดังนี้

1. การสั่นสะเทือนเริ่มจากการที่ล้อและรางเกิดการเสียดสีกันทำให้เกิดการสั่นสะ เทือนขึ้นบนตัวล้อของชุดจำลองโบกี้

2. การสั่นสะเทือนจากตัวล้อจะไปที่เพลาเข้าสู่ประกบล้อและผ่านสปริงกับโช้คอัพก่อนการสั่นสะเทือนจะไปที่โครงโบกี้

3. การสั่นสะเทือนจากโครงโบกี้จะเดินทางผ่านแอร์สปริงและโช้คอัพก่อนจะส่งการสั่นสะเทือนไปที่โครงของตัวรถไฟ

4. การสั่นสะเทือนที่เดินทางมาถึงโครงของตัวรถไฟจะติดหัวของเครื่องมือวัดที่คานของโครงของตัวรถไฟโดยจะติดตรงบริเวณจุดเดือยหันของโครงของตัวรถไฟ

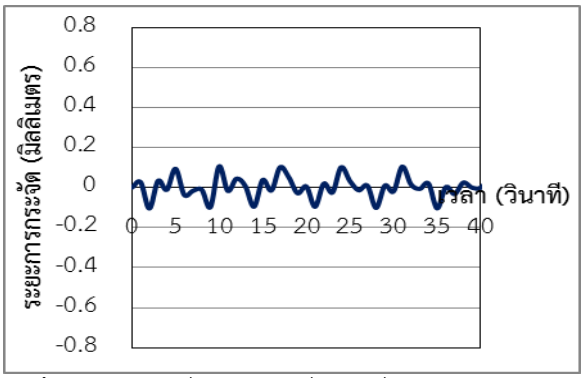


รูปที่ 3 แสดงชุดทดลองและเก็บข้อมูล

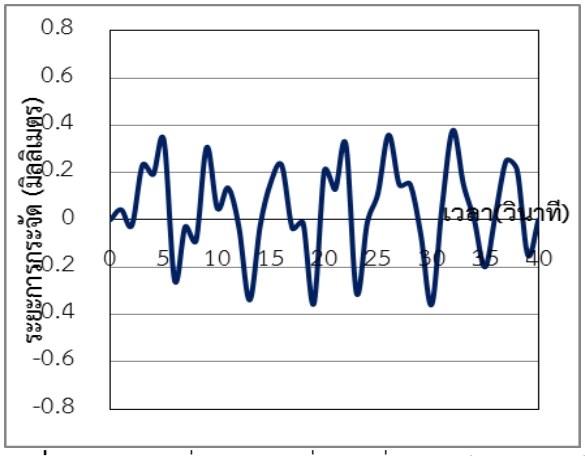
4.ผลการดำเนินการ

4.1 ผลของการสั่นสะเทือนในชุดจำลองโบกี้รถไฟที่เกิดขึ้นโดยใช้การวัดแบบการกระจัด (Displacement) บนแกน X

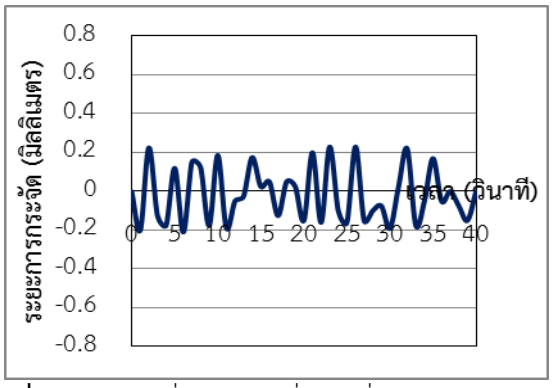
การวัดค่าแอมพลิจูดจากการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้ ได้ทำการวัดค่าการเคลื่อนตัวออกจากแนวแกนของสามแกน โดยแกน X จะแสดงค่าในช่วงความถี่ทางไฟฟ้าที่ 15 เฮิรตซ์ 24 เฮิรตซ์ และ 50 เฮิรตซ์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 15 เฮิรตซ์ แกน X



รูปที่ 5 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 24 เฮิรตซ์ แกน X

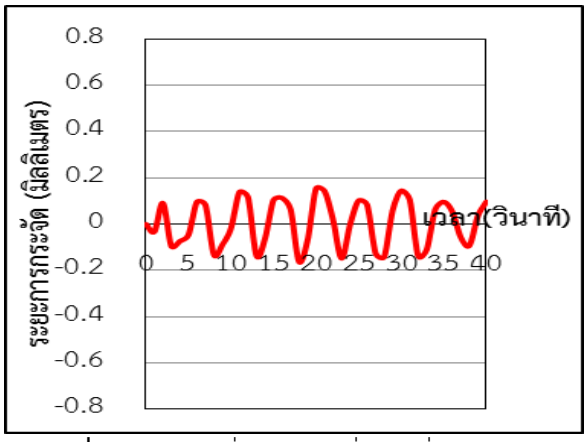


รูปที่ 6 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 50 เฮิรตซ์ แกน X

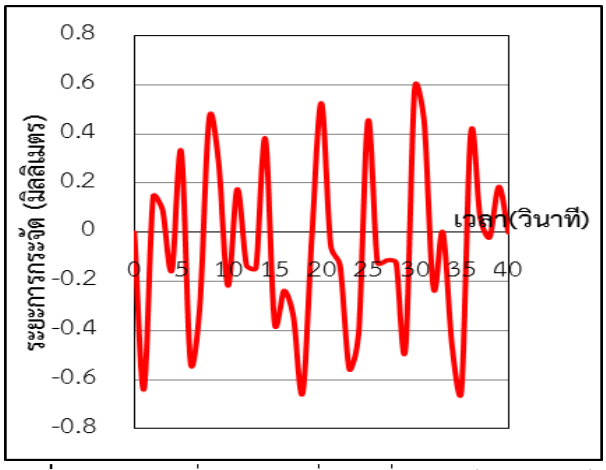
จากรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 6 เป็นการสั่นสะเทือนในแนวแกน X จากการทดลองพบว่า ที่ช่วงความถี่มอเตอร์ขับเคลื่อนที่ 24 เฮิรตซ์ หรือที่ความเร็วตัวชุดจำลองโบกี้ที่ 37.344 กิโลเมตรต่อวินาที จะเกิดระยะการสั่นสะเทือนสูงสุดขึ้น ซึ่งวัดค่าแอมพลิจูดได้ที่ 0.37 มิลลิเมตร ส่วนการเคลื่อนที่ ณ ความถี่มอเตอร์ 15 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ที่ 23.23 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วัดค่าแอมพลิจูดได้ 0.1 มิลลิเมตร และที่ความถี่มอเตอร์ 50 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ 78.85 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วที่มากกว่าช่วงที่เกิดระยะการสั่นสะเทือนสูงสุดแต่ก็มีค่าแอมพลิจูดน้อยกว่า ซึ่งวัดได้อยู่ที่ 0.2 มิลลิเมตร โดยการสั่นสะเทือนในแนวแกน X จะมีลักษณะเกิดค่าแอมพลิจูดสูงสุดคล้ายกันของทั้งสามขอบเขต โดยได้เลือกแผนภูมิของสปริง k มาเป็นตัวแทนในการแสดงค่าแอมพลิจูดในแต่ละช่วงของการเคลื่อนที่

4.2 ผลของค่าความถี่ในชุดจำลองโบกี้รถไฟที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนโดยใช้การวัดแบบการกระจัด (Displacement) บนแกน Y

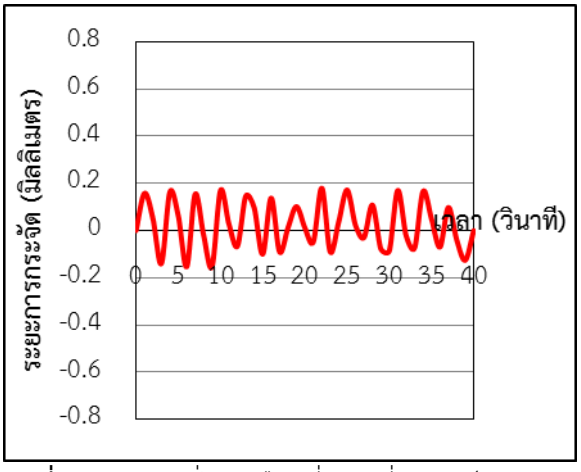
การวัดค่าแอมพลิจูดจากการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้ ได้ทำการวัดค่าการเคลื่อนตัวออกจากแนวแกนของสามแกน โดยแกน Y จะแสดงค่าในช่วงความถี่ทางไฟฟ้าที่ 20 เฮิรตซ์ 35 เฮิรตซ์ และ 55 เฮิรตซ์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 20 เฮิรตซ์แกน Y



รูปที่ 8 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 35 เฮิรตซ์ แกน Y



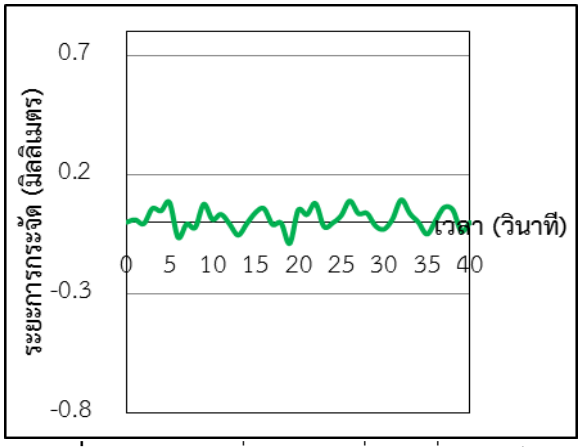
รูปที่ 9 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 55 เฮิรตซ์ แกน Y

จากรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 9 เป็นการสั่นสะเทือนในแนวแกน Y จากการทดลองพบว่า ที่ช่วงความถี่มอเตอร์ขับเคลื่อนที่ 20 เฮิรตซ์ หรือที่ความเร็วตัวชุดจำลองโบกี้ที่ 31.04 กิโลเมตรต่อวินาที จะเกิดระยะการสั่นสะเทือน ซึ่งวัดค่าแอมพลิจูดได้ที่ 0.37 มิลลิเมตร โดยยังไม่ใช่ระดับการสั่นสะเทือนสูงสุด แต่เมื่อชุดจำลองโบกี้ถูกปรับความถี่ของมอเตอร์ขับเคลื่อนเข้าสู่ 35 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ที่ 54.94 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วัดค่าการเกิดแอมพลิจูดสูงสุดของการเคลื่อนที่ได้ 0.62 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะสูงสุดที่เกิดขึ้นในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น และที่ความถี่มอเตอร์ 55 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ 78.85 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วที่มากกว่าช่วงที่เกิดระยะการสั่นสะเทือนสูงสุดแต่ก็มีค่าแอมพลิจูดน้อยกว่า ซึ่งวัดได้อยู่ที่ 0.2 มิลลิเมตร โดยการสั่นสะเทือนในแนวแกน Y จะมีลักษณะเกิดค่าแอมพลิจูดสูงสุดคล้ายกันของทั้งสามขอบเขต โดยได้เลือกแผนภูมิของสปริง k มาเป็นตัวแทนในการแสดงค่าแอมพลิจูดการเกิดระยะการสั่นสะเทือนของการเคลื่อนที่

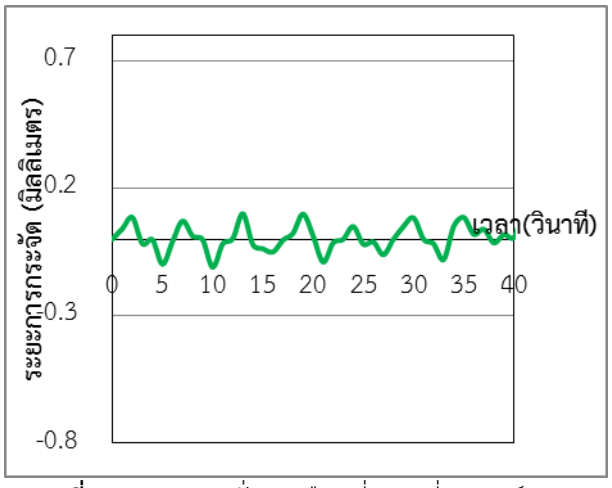
4.3 ผลของค่าความถี่ในชุดจำลองโบกี้รถไฟที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนโดยใช้การวัดแบบการกระจัด (Displacement) บนแกน Z

การวัดค่าแอมพลิจูดจากการสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้ ได้ทำการวัดค่าการเคลื่อนตัวออกจากแนวแกนของสามแกน โดยแกน Z จะแสดงค่าในช่วงความถี่ทางไฟฟ้าที่ 2 เฮิรตซ์ 10 เฮิรตซ์ และ 35 เฮิรตซ์

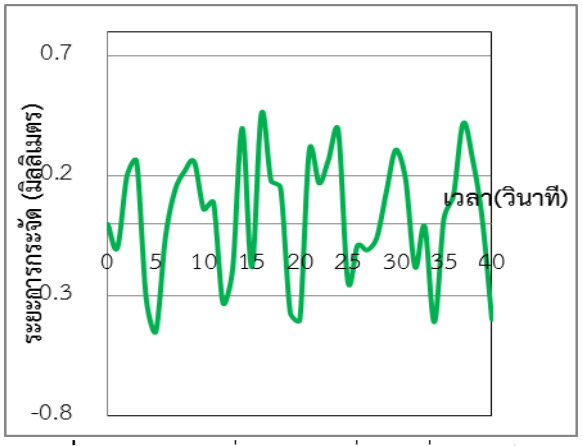
ซึ่งจะเป็นช่วงที่แสดงให้เห็นความแตกต่างของระยะการเคลื่อนตัวออกจากแนวแกนได้ชัดเจนดังแสดงต่อไปนี้



รูปที่ 10 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 10 เฮิรตซ์แกน Z



รูปที่ 11 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 20 เฮิรตซ์แกน Z



รูปที่ 12 แสดงการสั่นสะเทือนที่ความถี่มอเตอร์ 50 เฮิรตซ์แกน Z

จากรูปที่ 10 ถึง 12 เป็นการสั่นสะเทือนในแนวแกน Z จากการทดลองพบว่า ที่ช่วงความถี่มอเตอร์ขับเคลื่อนที่ 10 เฮิรตซ์ หรือที่ความเร็วตัวชุดจำลองโบกี้ที่ 15.17 กิโลเมตรต่อวินาที จะเกิดระยะการสั่นสะเทือน ซึ่งวัดค่าแอมพลิจูดได้ที่ 0.1 มิลลิเมตร โดยยังไม่ใช่ระดับการสั่นสะเทือนสูงสุด เมื่อชุดจำลองโบกี้ถูกปรับความถี่ของมอเตอร์ขับเคลื่อนเข้าสู่ 20 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ที่ 31.04 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วัดค่าการเกิดแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่ได้ 0.1 มิลลิเมตร และที่ความถี่มอเตอร์ 50 เฮิรตซ์ ความเร็วชุดจำลองโบกี้ 78.85 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วที่เกิดระยะการสั่นสะเทือนสูงสุด ซึ่งวัดค่าแอมพลิจูดได้อยู่ที่ 0.2 มิลลิเมตร โดยการสั่นสะเทือนในแนวแกน Z จะมีลักษณะเกิดค่าแอมพลิจูดสูงสุดคล้ายกันของทั้งสามขอบเขต โดยได้เลือกแผนภูมิของสปริง k มาเป็นตัวแทนในการแสดงค่าแอมพลิจูดการเกิดระยะการสั่นสะเทือนของการเคลื่อนที่

5. สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.การสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้ เป็นการศึกษาพฤติกรรมการสั่นในแต่ละความเร็วของระบบรองรับน้ำหนักโดยใช้สปริงที่มีค่า k = 31,570 N/m. จากการทดลองพบว่า การวัดการสั่นสะเทือนโหมดการกระจัดของชุดจำลองโบกี้จะมากหรือน้อย ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วที่ชุดจำลองเคลื่อนที่ ซึ่งในแต่ละแกนของการสั่นสะเทือนก็จะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับว่าจะเกิดการสั่นสะเทือนสูงที่สุดในแต่ละแกนที่ความถี่และความเร็ว ณ จุดใด

5.2.การสั่นสะเทือนของชุดจำลองโบกี้นี้ เมื่อทำการทดลองพบว่าช่วงความถี่ทางไฟฟ้าช่วงใดที่จะเกิดการสั่นสะเทือนสูงสุดของการเคลื่อนที่จากความเร็วเริ่มต้นจนถึงความเร็วสูงสุด จากการทดลองพบว่า ช่วงความถี่ 24 เฮิรตซ์ 35 เฮิรตซ์ และ 55 เฮิรตซ์ หรือช่วงความเร็วชุดจำลองโบกี้ที่ 37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 55 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและ 78 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมักจะเกิดการสั่นสะเทือนสูงสุดของทั้งสามแกน

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้มีพระคุณหลายท่านคณะ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ณรงค์ สีหาจ่อง ที่ปรึกษา

ปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียเวลาอันมีค่ายิ่งคอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในระหว่างที่ทำการศึกษาตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ในระหว่างการดำเนินโครงการด้วยความเอาใจใส่ สนับสนุนการดำเนินโครงการของคณะวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและอาจารย์ในสาขาวิชาต่างๆ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นทุกท่าน ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนและได้มอบความรู้ให้คณะผู้ดำเนินงานมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จนมีโอกาสได้นำความรู้ความสามารถจัดทำโครงการนี้จนสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณบุพการีผู้ให้กำเนิดที่สนับสนุนการศึกษาคอยอบรมสั่งสอน อีกทั้งยังเป็นแรงสนับสนุนและให้กำลังใจที่ดีตลอดมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1]นักสิทธ์ นุ่มวงษ์ (2554) **"ระบบและส่วนประกอบเบื้องต้นของรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน",** วารสารการขนส่งและโลจิสติกส์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 1.ภาควิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2]นคร จันทร, 2554. **ช่างรถไฟ: ความรู้ทั่วไปด้านวิศกรรมรถไฟ โครงการจัดตั้งสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีระบบขนส่งทางรางแห่งชาติ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

[3]นพพร แก้วอำพุท, สมคิด สุพรรณสีมา, ภาณุ ลีติรัตน์นัยน์ และดร.มานนท์ สุขละมัย. 2556. **ล้อและระบบรองรับน้ำหนักของรถไฟ.** กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ.

[4] Klaus Knothe, Sebastian Stichel**, Rail Vehicle Dynamics Mechanical Systems and Signal Processing**. Volumes 66–67, January 2016, Pages 785- 792

[5]Klaus Knothe, Sebastian Stichel, 2003. **Rail Vehicle Dynamics**. Switzerland: Springer Vieweg.

อิทธิพลของอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มกับความกว้างช่องทางการไหลต่อการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม

Effect of the Ratio between Pin Fin Diameter and Channel Width on the Cooling Performance of PPFHS.

วีรพล สิมพิลา, เพ็ญศิริ สมพงษ์ และ สังคม ศรีสมพร*

คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
เลขที่ 59/5 หมู่ 1 ถนน วปรอ. 366 ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47000
*ติดต่อ: sungkom.s@ku.th, โทรศัพท์ 042-725-033, เบอร์โทรสาร 042-725-034

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มรูปทรงกระบอกต่อความกว้างของช่องทางการไหลต่อการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม ทำการศึกษาด้วยการสร้างแบบจำลองสามมิติและวิเคราะห์หาคำตอบโดยใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ตัวแปรที่นำมาศึกษาคืออัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มต่อระยะห่างระหว่างครีบแผ่นทั้งหมด 4 ค่า (0.2, 0.4, 0.6, 0.8) ความเร็วของอากาศที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 6 ค่า (0.5, 1.0, 1.5 ,2.0, 2.5 และ 3.0 เมตรต่อวินาที) ปรับเปลี่ยนค่าสูงของครีบเข็มทั้งหมด 5 ค่า (10, 20, 30, 40 และ 50 มิลิเมตร) และตัวแปรที่ใช้วัดค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ระบายความร้อนคือค่าความต้านทานความร้อน ผลจากการศึกษาพบว่าค่าอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มต่อระยะห่างระหว่างครีบแผ่นที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.6 เนื่องจากให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด

คำหลัก: ครีบเข็มหน้าตัดวงกลม, อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม, ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Abstract

This research studied the effect of the ratio between diameter of the cylindrical pin fin and the width of the flow channel (d/c) on the cooling performance of plate pin fin heat sinks. The study was conducted by three-dimensional modeling and analysis using computational fluid dynamics methods. The 4 values of the (d/c) ratio (0.2, 0.4, 0.6 and 0.8), the 6 values of the air velocity (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0 meter per second) and the 5 values pin fin height (10, 20, 30, 40 and 50 millimeter.) are considered in this research. The variables used to measure the performance of the cooling device were the thermal resistance. The results showed that the optimum ratio of pin fin diameter to distance between plate fin is 0.6.

Keywords: Circular Pin Fin, Plate Pin Fin Heat sink, Computational Fluid Dynamics.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูงและมีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วมีการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเกือบทุกประเทศและหลากหลายรูปแบบ และยังถูกพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลง บางลง เพื่อให้สะดวกในการพกพา ยกตัวอย่างเช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์พกพา หรือแม้แต่คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะก็ยังถูกพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลงด้วยเช่นกัน ผลจากการออกแบบตามแนวโน้มที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลให้ความหนาแน่นของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์มีค่าสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันการถ่ายเทความร้อนออกจากอุปกรณ์กลับเป็นไปได้ยากเนื่องจากมีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนที่จำกัด ทำให้ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อน (Heat Sink) ที่มีขนาดใหญ่และมีพื้นที่ในการระบายความร้อนเพียงพอลงไปในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้

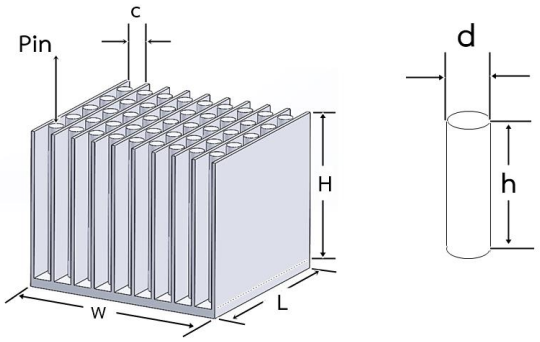
อุปกรณ์ระบายความร้อนที่ใช้ในการระบายความร้อนในปัจจุบันมีหลายแบบ แต่อุปกรณ์ระบายความร้อนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคืออุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบที่ระบายความร้อนโดยใช้อากาศ เนื่องจากมีราคาถูก บำรุงรักษาง่าย ไม่มีข้อจำกัดที่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอุปกรณ์ระบายความร้อนประเภทนี้ถูกพัฒนาและทำการศึกษามาอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถแยกออกเป็น 3 ประเภท คือ (1) อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแผ่น (Plate-Fin Heat Sink) (2) อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบเข็ม (Pin-Fin Heat Sink) และ (3) อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม (Plate-Pin Fin Heat Sink) ซึ่งอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบที่ 3 เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนที่ผสมกันระหว่างครีบแผ่นและครีบเข็มเพื่อให้มีพื้นที่ในการระบายความร้อนมากขึ้น อุปกรณ์ระบายความร้อนทั้ง 3 แบบมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้สมรรถนะการระบายความร้อนมีค่าสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ มีทั้งการทดสอบเพื่อหาสมการการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์ทั้งแบบครีบแผ่นและครีบเข็ม[1-3] โดยสิ่งที่ได้คือสมการที่ใช้ในการทำนายค่าการถ่ายเทความร้อน การสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ระบายความร้อนและวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนด้วยระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ [4-10] และในปัจจุบันวิธีการออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อนที่กำลังเป็นที่นิยมมากคือการออกแบบโดยการหาค่าเหมาะสมที่สุด [11-13] ซึ่งเป็นการสร้างฟังก์ชันเป้าหมายและกำหนดตัวแปรออกแบบคือตัวแปรรูปร่างของอุปกรณ์ระบายความร้อน แต่การออกแบบด้วยการค่าเหมาะสมสุดนี้เป็นการออกเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานเป็นกรณีไปเท่านั้น

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันเนื่องจากพื้นที่ระบายความร้อนที่มากกว่าอุปกรณ์ระบายความร้อนอีก 2 แบบที่กล่าวมาแล้วข้างต้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของครีบเข็มต่อความกว้างของช่องทางการไหลอากาศหรือระยะห่างระหว่างครีบแผ่นที่มีต่อสมรรถนะการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม โดยคาดว่าผลการศึกษาที่ได้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจของผู้ออกแบบและผู้ใช้อุปกรณ์ระบายความร้อนในการออกแบบหรือเลือกใช้อุปกรณ์ระบายความร้อนประเภทนี้

2. รูปร่างอุปกรณ์ระบายความร้อนที่ทำการศึกษา

ในการศึกษาผลของตัวแปรรูปร่างครีบเข็มต่อการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดรูปร่างของอุปกรณ์ระบายความร้อนไว้ตามรูปที่ 1

อุปกรณ์ระบายความร้อนตามรูปที่ 1 ผลิตจากอะลูมิเนียมเพื่อใช้ในการระบายความร้อน (Q) จำนวน 50 วัตต์ออกจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดย c คือระยะห่างระหว่างครีบแผ่น H คือความสูงของครีบแผ่นซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 มิลลิเมตร d คือเส้นผ่าศูนย์กลางของครีบเข็มที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม h คือความสูงของครีบเข็ม W และ L คือความกว้างและความยาวของอุปกรณ์ระบายความร้อนซึ่งมีค่าเท่ากับ 55 และ 50 มิลลิเมตรตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้จำนวนครีบเข็มทรงกระบอกมีจำนวน 5 ครีบ



รูปที่ 1 รูปร่างปัญหาที่ทำการศึกษา

ความหนาของครีบแผ่นเท่ากับ 1 มิลลิเมตร อากาศไหลเข้าไประบายความร้อนทางด้านหน้าของอุปกรณ์ระบายความร้อน

3. สมมติฐานและคุณสมบัติต่าง ๆ ของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดสมมติฐานของการศึกษาไว้ดังนี้ (1) การกระจายความร้อนสม่ำเสมอตลอดทั้งพื้นที่ฐาน (2) ความเร็วของอากาศสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลเข้า (3) ไม่คิดอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี อุปกรณ์ระบายความร้อนผลิตจากอะลูมิเนียมและมีคุณสมบัติของวัสดุเป็นไปตามตารางที่ 1 (4) การไหลของอากาศเป็นการไหลแบบปั่นป่วนเนื่องจากอากาศไหลผ่านสิ่งกีดขวางคือครีบเข็มหน้าตัดวงกลม

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของอะลูมิเนียม

คุณสมบัติ	ค่าที่ใช้
ความหนาแน่น (ρ) (kg/m^3)	2719
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) (W/ m.°K)	202.4
ค่าความร้อนจำเพาะ (C_P) (J/kg.K)	871

ตารางที่ 1 จากคู่มือและคุณสมบัติของอะลูมิเนียม: วัสดุอัลลอยและวัสดุพิเศษ (ASM Handbook, Properties and Selection:Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials)

ส่วนค่าคุณสมบัติของอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนกำหนดให้มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ โดยมีค่าตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของอากาศ

คุณสมบัติ	ค่าที่ใช้
ความหนาแน่น (ρ) (kg/m^3)	1.225
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) (W/m.°K)	0.0242
ค่าความร้อนจำเพาะ (C_P) (J/kg.K)	1006.43
ค่าความหนืด (kg/m.s)	1.789e-5

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาอิทธิพลของรูปร่างของครีบเข็มรูปทรงกระบอกต่อสมรรถนะของการระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสมในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการวิเคราะห์หาคำตอบของการศึกษา ดังนั้นสมการที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคือสมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม และสมการพลังงาน ดังแสดงในสมการที่ 1 – สมการที่ 3 ตามลำดับ

$$\nabla.(\rho u) = 0 \quad (1)$$

$$(u.\nabla)\rho u = -\nabla p + \mu\nabla^2 u \quad (2)$$

$$u.\nabla T = \frac{k}{\rho C_p}\nabla^2 T \quad (3)$$

โดยที่ ρ คือความหนาแน่นของอากาศ u คือความเร็วของอากาศ p คือความดัน μ คือความหนืดของอากาศ k คือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และ T คืออุณหภูมิ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สมการที่ 1-3 สามารถนำไปคำนวณค่าต่างๆของอุปกรณ์ระบายความร้อนได้ตามสมการที่ 4 – สมการที่ 5 ดังนี้

$$R_{HS} = \frac{\Delta T}{Q} \quad (4)$$

$$P_F = \left(\frac{\Delta p}{\rho}\right)\left(\frac{dm}{dt}\right) \quad (5)$$

โดยที่ R_{HS} คือค่าความต้านทานความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อน P_F คือ ค่ากำลังพัดลมต้องใช้ในการผลักอากาศ $\Delta T = T_{JC} - T_a$ คือผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ฐานของอุปกรณ์ระบายความร้อนกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม T_{JC} คืออุณหภูมิที่ฐานของอุปกรณ์ระบายความร้อน T_a คืออุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการระบาย

ความร้อน Δp คือความดันตกคร่อมอุปกรณ์ระบายความร้อน และ dm/dt คืออัตราการไหลมวลของอากาศต่อเวลา

5. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการวิเคราะห์หาคำตอบ ซึ่งเป็นระเบียบวิธีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการรับรองความถูกต้องดังได้กล่าวไว้แล้วในบทนำ ในการศึกษาใช้แบบจำลองของปัญหาเป็นแบบ 3 มิติกำหนดให้การไหลของอากาศเป็นแบบปั่นป่วนทำการศึกษาโดยพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปร คือ (1) ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าไประบายความร้อน โดยกำหนดความเร็วไว้จำนวน 6 ค่า คือ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ (2) ค่าสูงของครีบเข็ม (h) ทั้งหมด 5 ค่า คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลิเมตร ตามลำดับ (3) อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของครีบเข็มรูปทรงกระบอกต่อความกว้างของช่องทางการไหล (d/c) จำนวน 4 ค่า คือ 0.2, 0.4, 0.6, และ 0.8 ตามลำดับ ส่วนขนาดของเอลิเมนต์ที่ใช้มีขนาดเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดเอลิเมนต์ที่ได้ผลมาจากการศึกษาเปรียบเทียบค่าจากขนาด 0.25, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรตามลำดับพบว่าค่าอุณหภูมิจากการทดสอบเริ่มมีค่าคงที่ที่ขนาดเอลิเมนต์เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร

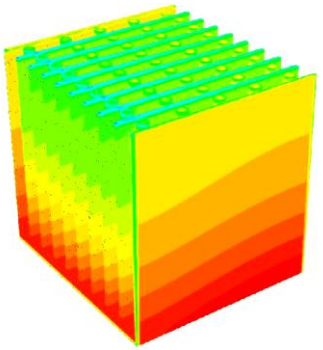
6. ผลการศึกษา

ผลที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของรูปร่างครีบเข็มต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบผสม มีดังนี้

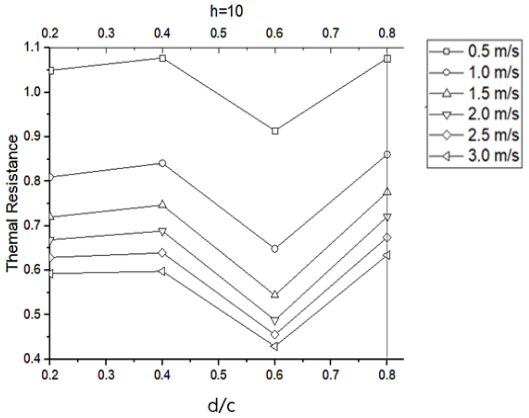
6.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มต่อระยะห่างครีบแผ่นต่อค่าความต้านทานความร้อน

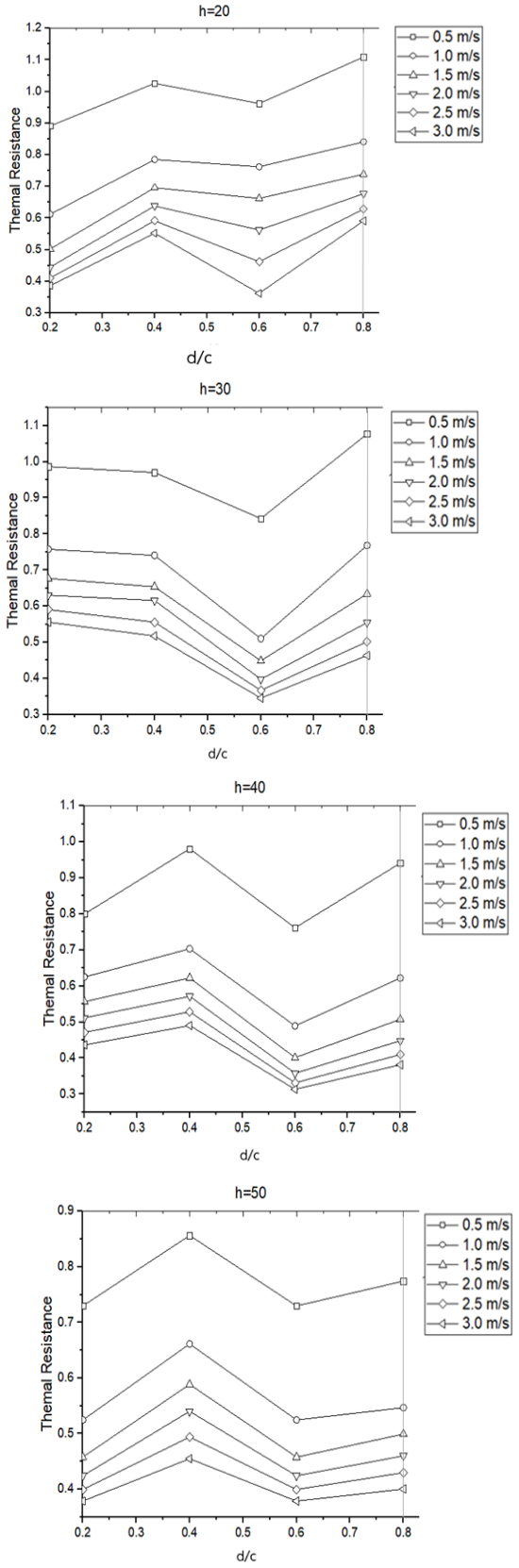
เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มต่อช่องว่างระหว่างครีบแผ่นจำนวน 4 ค่า คือ 0.2, 0.4, 0.6, และ 0.8 ตามลำดับ พบว่าค่าความต้านทานความร้อนมีแนวโน้มลดลงและต่ำสุดที่ค่าอัตราส่วน (d/c) เท่ากับ 0.6 ในทุกความเร็วอากาศ โดยค่าความเร็วของอากาศที่ทำให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุดคือความเร็วเท่ากับ 3.0 เมตร/วินาที และค่าความเร็วที่ให้ค่าความต้านทานความร้อนมากที่สุดคือความเร็วเท่ากับ 0.5 เมตร/วินาที ตัวอย่างการกระจายตัวของอุณหภูมิในอุปกรณ์ระบายความร้อนแสดงไว้ในรูปที่ 2 โดยบริเวณที่เป็นสีแดงคือบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดและสีน้ำเงินคือบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุด กราฟแสดงผลที่ได้จากการศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 พบว่าที่ค่าอัตราส่วนความสูงระหว่างครีบเข็มกับครีบแผ่นต่างกันและจากการศึกษาที่ค่าความเร็วต่าง ๆ แนวโน้มของค่าความต้านทานความร้อนมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วน (d/c) และลดลงต่ำสุดที่ค่า (d/c) เท่ากับ 0.6 และเมื่อค่า (d/c) สูงกว่า 0.6 ค่าความต้านทานความร้อนจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน นั่นหมายความว่าในการออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อนอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มต่อระยะห่างระหว่างครีบแผ่นที่เหมาะสมควรจะมีค่าเท่ากับ 0.6 จึงจะให้ความต้านทานความร้อนต่ำสุด



รูปที่ 2 การกระจายตัวของอุณหภูมิในอุปกรณ์ระบายความร้อน

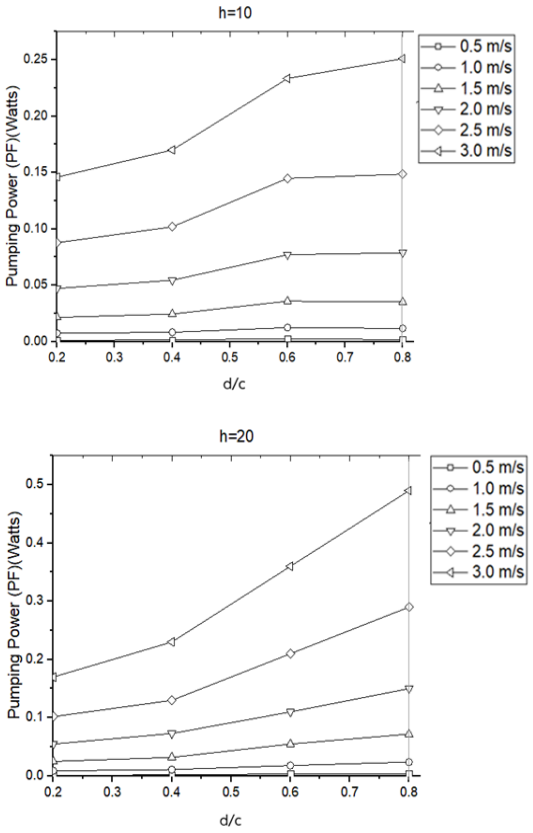


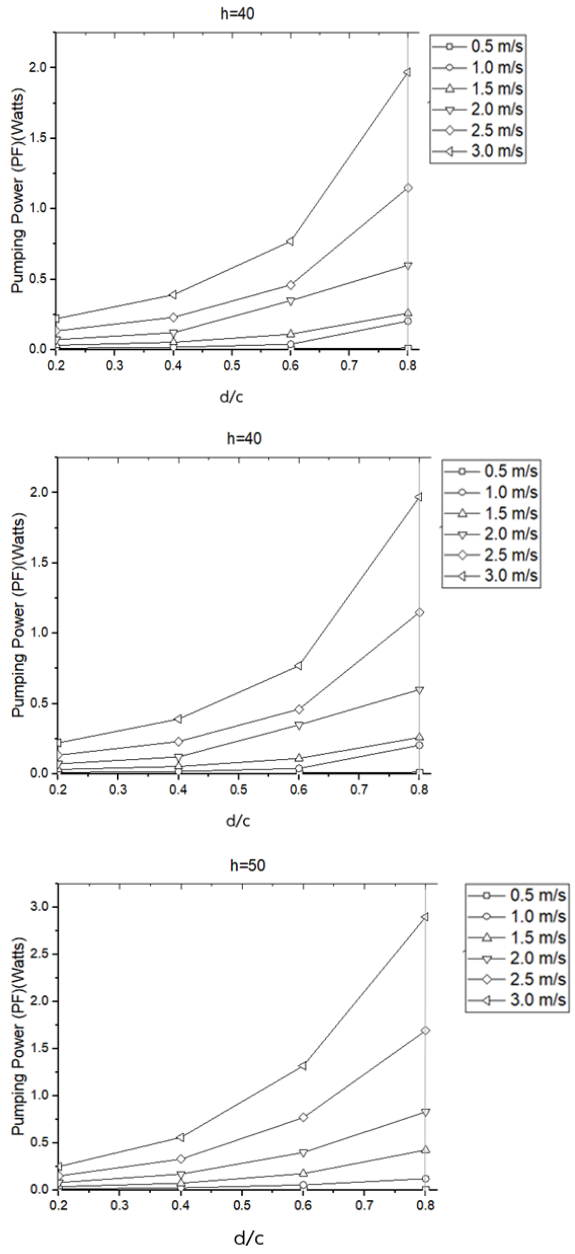


รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าความต้านทานความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนค่าอัตราส่วน (d/c)

6.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มต่อระยะห่างครีบแผ่นต่อค่าความดันลดคร่อมอุปกรณ์ระบายความร้อน

อย่างไรก็ตามในการออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อนนอกจากต้องคำนึงถึงค่าความต้านทานความร้อนที่ต้องการให้มีค่าต่ำแล้ว ในปัจจุบันยังต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานอีกด้วย ดังนั้นจึงต้องดูค่ากำลังที่พัดลมต้องใช้ในการผลักอากาศเข้าไประบายความร้อนด้วย ซึ่งเมื่อปรับเปลี่ยนค่าอัตราส่วน (d/c) พบว่ากำลังที่พัดลมต้องใช้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วยในทุกกรณีเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วน (d/c) มีผลต่อกำลังที่ต้องใช้ในการผลักอากาศโดยแปรผันตรงต่อกัน กราฟแสดงผลการศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 4





รูปที่ 4 กราฟแสดงกำลังที่พัดลมต้องใช้ในการผลักอากาศเมื่อปรับเปลี่ยนค่าอัตราส่วนอัตราส่วน (d/c)

7. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าในการออกแบบหรือเลือกใช้อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบผสมที่มีครีบเข็มทรงกระบอกนั้น สำหรับอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางครีบเข็มต่อระยะห่างครีบแผ่นที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.6 เนื่องจากให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด หากอัตราส่วน (d/c) มีค่าสูงกว่านี้จะทำให้ขัดขวางการไหลของอากาศ ทำให้อากาศไหลเข้าไประบายความร้อนได้ลดลง ส่งผลให้ค่าความต้านทานความร้อนสูงขึ้น แต่ที่อัตราส่วนนี้ก็ต้องใช้กำลังของพัดลมในการผลักอากาศสูงที่สุดเช่นกัน

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Yoav Peles, AliKoşar Chandan, MishraChih-JungKuo and Brandon Schneider, Forced convective heat transfer across a pin fin micro heat sink. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 48, Issue 17, August 2005, Pages 3615-3627.

[2] Joo, Y., & Kim, S. J. (2015). Comparison of thermal performance between plate-fin and pin-fin heat sinks in natural convection. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 83, 345-356.

[3] Hans Jonsson and Bahram Moshfegh, (2001). Modeling of the Thermal and Hydraulic Performance of Plate Fin, Strip Fin, and Pin Fin Heat Sinks—Influence of Flow, Bypass. *IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES*, VOL. 2 4 , NO. 2 , JUNE 2001.

[4] Ali, H. M., Arshad, A., Jabbal, M., & Verdin, P. G. (2018). Thermal management of electronics devices with PCMs filled pin-fin heat sinks: a comparison. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 117, 1199-1204.

[5] Arshad, A., Ali, H. M., Khushnood, S., & Jabbal, M. (2018). Experimental investigation of PCM based round pin-fin heat sinks for thermal management of electronics: effect of pin-fin diameter. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 117, 861-872.

[6] Wan, W., Deng, D., Huang, Q., Zeng, T., & Huang, Y. (2017). Experimental study and optimization of pin fin shapes in flow boiling of micro pin fin heat sinks. *Applied Thermal Engineering*, 114, 436-449.

[7] Sadaghiani, A. K., & Koşar, A. (2018). Numerical investigations on the effect of fin shape and surface roughness on hydrothermal characteristics of slip flows in microchannels with pin fins. *International Journal of Thermal Sciences*, 124, 375-386.

[8] Amit Md. Estiaque Arefin, (2016). Thermal Analysis of Modified Pin Fin Heat Sink for Natural Convection, Informatics, Electronics and Vision (ICIEV), *2016 5th International Conference on13-14 May 2016*, Bangladesh, (2016), Dhaka, Bangladesh.

[9] David C. Woodrum, Xuchen Zhang, Peter A. Kottke, Yogendra K. Joshi, Andrei G. Fedorov, Muhannad S. Bakir and Suresh K. Sitaraman, (2016). Reliability Assessment of Hydrofoil-Shaped Micro-Pin Fins. *Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm)*, 2016 15th IEEE Intersociety Conference on 31 May-3 June 2016, Atlanta,(2016), Las Vegas, NV, USA.

[10] Silvia Zulk, Thies Ko¨neke and Axel Mertens. (2016). Analytical Modeling of Plate Fin Heat Sinks for Natural Convection Cooling in Power Electronics. *Institute for Drive Systems and Power Electronics Leibniz Universita¨t Hannover Welfengarten 1*, 30167 Hannover, Germany.

[11]Lee, S. (1995). Optimum design and selection of heat sinks. *IEEE Transactions on Components*, Packaging, and Manufacturing Technology: Part A, 18(4), 812-817.

[12]Wang, C. C., Hung, C. I., & Chen, W. H. (2012). Design of heat sink for improving the performance of thermoelectric generator using two-stage optimization. Energy, 39(1), 236-245.

[13] Mohd Zainolarifin Mohd Hanafi, Fatimah Sham Ismail and Rashidah Rosli. (2015). Radial Plate Fins Heat Sink Model Design and Optimization, *Control Conference (ASCC)*, 2015 10th Asian on 31 May-3 June 2015, Kota Kinabalu, Malaysia.

การหาการปลอมปนในผงขมิ้นชันแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด

The Determination of Turmeric Contamination by Rapid Method Using Near Infrared Technique

ปรียานุช อึ่งพวง, บุญฑริก ลาดลงเมือง, ธิติภัทร แก้ววงษ์, อนุรักษ์ ครองทรัพย์, ภานุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง

สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น, 40000
*.ผู้ติดต่อ: nungnut_bam@hotmail.com, โทร 0805358117

บทคัดย่อ

ผงขมิ้นชันเป็นทั้งยา ส่วนผสมเครื่องสำอางและอาหาร ซึ่งมีความสำคัญต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องตรวจสอบการปลอมปนในผงขมิ้นชัน ก่อนนำมาใช้งาน การตรวจสอบต้องใช้เวลานาน ใช้สารเคมีราคาแพง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการปลอมปนในผงขมิ้นชันแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด โดยใช้เครื่อง FT-NIRs และ DLP-NIRs ในช่วงความยาวคลื่น 1000 - 2500 นาโนเมตร และ 900 - 1700 นาโนเมตร โดยมีตัวอย่างของผงขมิ้นชันปลอมปนแป้งและสีผสมอาหาร 13 ระดับ (ตั้งแต่ 0-20%) สแกนผ่านถุงPE ด้านละ 15 จุด พบว่า ช่วงความยาวคลื่น 1,220 และ 1,450 นาโนเมตร แสดงช่วงของ อะโรมาติก และแป้ง จากนั้นสร้างสมการทดสอบ และทำนายสมการด้วยวิธี PLS (Partial Least Square) พบว่าการใช้ FT-NIRs และ DLP-NIRs ได้จำนวนแฟคเตอร์ ค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (R^2) และค่าความผิดพลาดมาตรฐานแบบจำลอง(SEC) คือ 10, 0.86, 2.28% และ 9, 0.92, 1.71% ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความผิดพลาดมาตรฐานการทำนาย(SEP) และค่าความผิดพลาด (Bias) คือ 3.07%, 0.07% และ 2.06%, 0.01% เมื่อทดสอบ T – test ไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าทำนายที่ร้อยละ 95 แสดงว่าสามารถประยุกต์ใช้และประกันคุณภาพการตรวจสอบได้

คำหลัก: เนียร์อินฟราเรด, การปลอมปน, ขมิ้นชัน

Abstract

Turmeric flour as both medicine and ingredient in cosmetics and food are important for health. It is necessary to check the contamination before using which takes a long time and uses expensive chemical substances. Therefore, this research's objective is to determine the turmeric contamination by rapid method using near infrared techniques by FT-NIRs and DLP-NIRs in the wavelength range of 1000 – 2500 and 900 - 1700 nm. The 13 levels samples of turmeric flour and food coloring contamination (0-20%) were 15 points scanned through each of PE bag. It was found that the wavelength range of 1,220 and 1,450 nm. were the aromatic and flour. The calibration equations and validation equations by partial least square found that the FT-NIRs and DLP-NIRs provided the factor number, multiple correlation coefficients (R^2), standard error of calibration (SEC) were 10, 0.86, 2.28% and 9, 0.92, 1.71%, respectively. Standard error of prediction validation (SEP) and bias were 3.07%, 0.07% and 2.06%, 0.01%, respectively. T - test showed that there were no difference between the actual and the predicted values with 95 percent accuracy which indicated that they could be applied and assured the examination

Keywords: Near Infrared, Contamination, Turmeric Flour.

1.บทนำ

ขมิ้นชัน (Curcuma longa Linn. หรือ Turmeric) เป็นพืชล้มลุกในวงศ์ Zingiberaceae ที่จัดอยู่ในตระกูลขิง มีเหง้าอยู่ใต้ดิน เนื้อในของเหง้ามีตั้งแต่สีเหลืองเข้มจนถึงสีแสดจัด นิยมนำไปใช้ในการประกอบอาหาร แต่งสี แต่งกลิ่นอาหาร เช่น แกงไตปลา แกงกะหรี่ เป็นต้น มีสารสำคัญ เคอร์คูมิน (Curcumin) เป็นสรรพคุณทางยาที่รักษาอาการและโรคต่างๆ ได้ และอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และเกลือแร่ต่าง ๆ รวมไปถึงเส้นใย คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เป็นต้น สำหรับการส่งออกโดยรวมจะแบ่งการส่งออกเป็น 2 แบบ คือ ขมิ้นชันแห้งและขมิ้นชันผง ซึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศ มูลค่าการส่งออกทั้งหมด 1,407 ล้านบาท/ปี (ปี 2560) [1] การส่งออกจะมีเกณฑ์ระบุไว้ว่าจะต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ปลอมปนลงไปในผงขมิ้นชัน เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ก่อนส่งออกจึงต้องมีการตรวจสอบสิ่งปลอมปนในผงขมิ้นชันทุกครั้ง ซึ่งการตรวจสอบโดยส่วนใหญ่จะใช้เวลานาน และมูลค่าการตรวจสอบแพง ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่จึงสามารถตอบโจทย์ในการตรวจสอบการปลอมปนในผงขมิ้นชันที่รวดเร็ว น่าเชื่อถือ และลดต้นทุนการตรวจสอบระยะยาว

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดเปกโทรสโกปี(Near Infrared Spectroscopy; NIR) เป็นการศึกษาอัตรกิริยาระหว่างรังสีเนียร์อินฟราเรดช่วงความยาวคลื่น 750 – 2,500 นาโนเมตร กับสสารในวัตถุเมื่อรังสีเนียร์อินฟราเรดตกกระทบไปยังวัตถุจะเกิดการดูดกลืนรังสีเนียร์อินฟราเรดของสสาร โดยการดูดกลืนแสงเกิดจากการสั่นของพันธะ C-H O-H และ N-H ข้อมูลเหล่านี้จะแสดงออกมาในรูปแบบเส้นสเปกตรัมและจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของส่วนประกอบทางชีวภาพของวัสดุชีวภาพนั้นๆ[7] เทคนิค NIR ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพอาหารและเครื่องดื่ม ใช้ในการใช้ตรวจสอบปริมาณองค์ประกอบทางเคมีกับตัวอย่างที่อยู่ในรูปของตัวอย่างผง [3], [5], [11] และ NIRs ยังเคยถูกใช้ในการตรวจสอบเชิงปริมาณของสาร อาทิ Cellulose, Carbohydrate ,Aromatic [2] ซึ่งสารดังกล่าวเป็นจะเป็นองค์ประกอบภายในที่สำคัญของผงขมิ้นชันที่เปลี่ยนแปลงตามระดับการปลอมปนในผงขมิ้นชัน

ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยใช้เทคนิค FT – NIRs (Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ตัวอย่างจะถูกสแกนโดยคลื่นแสงช่วงเนียร์อินฟราเรดในทุกช่วงความยาวคลื่นที่สนใจในช่วงเวลาทั้งหมด [9] ซึ่งต่างจากวิธีเดิมที่เป็น Dispersive ซึ่งจะสแกนเฉพาะช่วงคลื่นแสงในขณะเวลาหนึ่งเท่านั้น และเทคนิค FT – NIRs จะมีข้อดีกล่าวคือ สามารถสแกนตัวอย่างได้รวดเร็ว มีอัตราส่วนสัญญาณคลื่นแทรก (S/N)สูง มีความเสถียรของคลื่นแสงสูง และง่ายในการส่งถ่ายข้อมูลคาลิเบรชัน [6] แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมีขนาดใหญ่และราคาแพงมาก ซึ่งในปัจจุบันระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงใกล้ย่านอินฟราเรด (NIR) มีการพัฒนามากในปัจจุบัน ระบบ Digital Light Processing (DLP) แสดงผลโดยใช้เทคโนโลยีกระจกดิจิตอล(Digital Micromirror) ทำให้อุปกรณ์กำเนิดแสง และตรวจวัดแสงมีขนาดเล็กลง ต้นทุนต่ำลงมาก

แม้ว่าจะมีการศึกษา วิจัย การใช้เทคนิค NIRs ในการตรวจสอบสมุนไพร ในรูปแบบต่างๆมากขึ้น แต่การตรวจสอบการปลอมปนในผงขมิ้นชันในประเทศไทยแทบยังไม่มีการศึกษาวิจัย โดยเฉพาะการใช้เทคนิค DLP – NIRs ร่วมกับ เทคนิค FT – NIRs ซึ่งมีความแม่นยำสูงและสามารถตรวจวัดได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการปลอมปนในผงขมิ้นชันแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด โดยใช้เครื่อง FT-NIRs และ DLP-NIRs ซึ่งจะก่อประโยชน์ในการค้าขายและผู้บริโภคก็จะได้รับผงขมิ้นชันที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมแป้งมัน และสีผสมอาหาร แป้งมัน 100 g สีผสมอาหารแบบผง สีน้ำตาล 0.8 g สีเหลือง 0.5 g นำมาผสมกับน้ำเปล่า 30 มิลลิลิตร แล้วนำแป้งผสมกับสีนำเข้าอบ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 105 องศา แล้วใช้เครื่องบดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนในตะแกรงร่อนขนาด 80 Mesh จะได้สีและอนุภาคเหมือนผงขมิ้นชันแล้วจึงนำมาผสมกับผงขมิ้นชัน ที่ปลูกจากเกษตรกรกลุ่มบ้านดงกลาง อ.พระยืน จ. ขอนแก่น โดยจะเริ่มปนที่ 0.00%, 1.73%,

3.66%, 5.06%, 7.12%, 8.33%, 10.40%, 11.67%, 13.58%, 15.05%, 16.66%, 18.32% และ 20.00% จะได้ตัวอย่างที่ปลอมปนแป้งทั้งหมด 13 ระดับ 13 ตัวอย่าง และแป้งมันผสมสี 100% ปลอมปน 50%

2.2 การตรวจวัดสเปกตรัม

เครื่อง FT – NIR spectrometer รุ่น NIR Flex N500 ผลิตโดยบริษัท Buchi Labortechnik, AG, Flawil ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ พร้อมด้วยชุดบรรจุตัวอย่าง solid sample holder (XL) ดังรูปที่1 ในช่วงเลขคลื่นแสง 4000-10000 cm^{-1}หรือ ความยาวคลื่น 1000-2500 nm แบบการสะท้อนแสงด้วยความละเอียด 16 cm^{-1}ของช่วงคลื่นแสงจะบันทึกค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดจำนวน 30 ครั้ง



รูปที่ 1 FT – NIR spectrometer

เครื่อง DLP – NIR spectrometer ที่พัฒนาขึ้นดังรูปที่ รูปที่ 2 ตรวจวัดแบบดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 900-1700 nm



รูปที่ 2 DLP – NIR spectrometer

2.3 การหาปริมาณการปลอมปนแป้ง

การหาปริมาณการปลอมปนแป้งใช้วิธีการนำแป้งและสีผสมอาหารแบบผง ละลายในน้ำเปล่าผสมเข้าด้วยกันจะได้สีเลียนแบบผงขมิ้นชันแล้วนำเข้าอบ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 105 องศา แล้วนำไปปั่น จากนั้นผสมแป้งที่เตรียมไว้ กับผงขมิ้นชันบริสุทธิ์ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดังสมการ

$$(w_1/w_2) \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักแป้ง, (g)

W_2 คือ น้ำหนักสมุนไพรผสมแป้ง, (g)

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เส้นสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างจากการตรวจวัด 30 ซ้ำต่อตัวอย่าง จะได้เส้นสเปกตรัม รวมทั้งหมด 390 เส้น การวิเคราะห์สร้างสมการและตรวจสอบสมการ Calibration โดยใช้ Partial least squares regression (PLSR)โดยจะมีสูตรสมการ คือ โดยเลือกใช้ Full cross validation และสมการตรวจสอบ (Prediction) โดยไม่มีการปรับแต่งเส้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม The Unscrambler version 10.1 (Camo, Oslo, Norway) โดยจะมีสูตรสมการ PLSR คือ

$$Y=B_0 + B_nX_n \qquad (2)$$

เมื่อ Y คือ ค่าองค์ประกอบทางเคมี

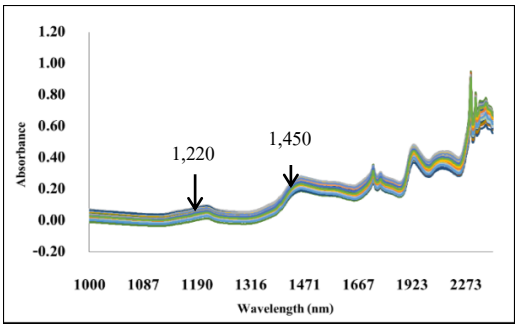
X_n คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น n ตำแหน่ง

B_0 คือ ค่าคงที่ณจุดตัดแกน Y เมื่อ X มีค่าเท่ากับศูนย์

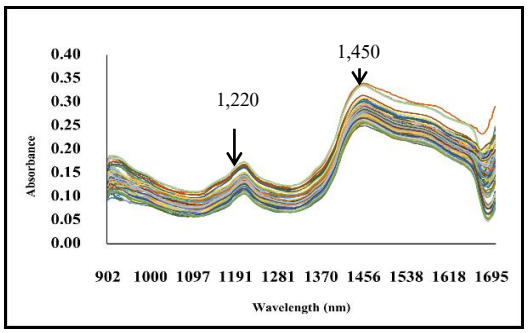
B_n คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ความยาวคลื่น n ตำแหน่ง

3. ผลและวิจารณ์

3.1 การตรวจวัดเส้นสเปกตรัมของตัวอย่างในคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยการตรวจวัดด้วยเครื่อง FT – NIR spectrometer ในช่วงความยาวคลื่น 1000-2500 nm แสดงในรูปที่ 3(a),4(a) และการตรวจวัดด้วยเครื่อง DLP – NIR spectrometer ในช่วงความยาวคลื่น 900-1700 nm แสดงในรูปที่ 3(b),4(b)

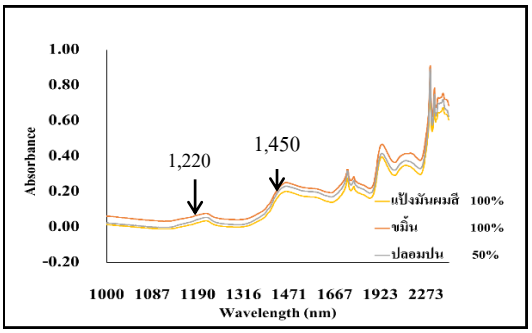


(a)

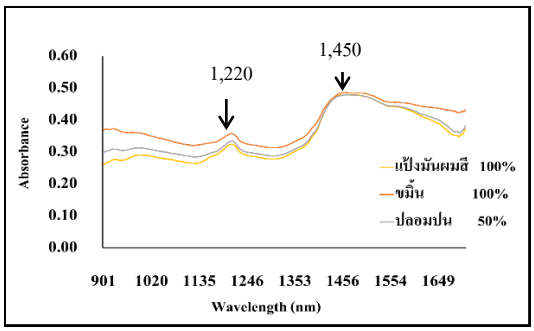


(b)

รูปที่ 3 Original Spectra of Sample with Scanned by FT – NIR spectrometer (a) and DLP – NIR spectrometer (b)



(a)



(b)

รูปที่ 4 Average NIR-Spectra and wavelength of Flour, Turmeric and 50% Contamination (a) FT – NIR spectrometer (b) DLP – NIR spectrometer

จากผลการวิจัยเส้นสเปกตร้าเริ่มต้นของตัวอย่างทั้งหมดพบว่ามีการเลื่อนของเส้นสเปกตร้า (Base line) เนื่องจากความแตกต่างของปริมาณการปลอมปนในผงขมิ้นชันแสดงถึงช่วงการดูดกลืนแสงที่สำคัญคือ ช่วงความยาวคลื่น 1,220 nm เป็นช่วงการดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับสองของพันธะ C-Hเป็นโมเลกุลของสารประกอบอะโรมาติก[8,10] และ ช่วงความยาวคลื่น 1,450 nm เป็นช่วงการดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับสองของพันธะ C-H เป็นโมเลกุลของสารประกอบแป้ง [4] และจากรูปที่ 4 สแกนแป้งที่ผสมสี 100% ขมิ้นชัน 100% ปลอมปน 50% ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าเส้นสเปรกตร้าขององคประกอบทางเคมีที่เกิดอันตรกิริยากับชวงการดูดกลืนแสง NIR ตางกัน

3.2 การหาช่วงการดูดกลืนแสง

Partial least squares regression (PLSR) ถูกนำมาพัฒนาเพื่อหาช่วงการดูดกลืนแสงวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยวิธีทางสถิติโดยการสร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้นและหาผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดจากสเปกตร้าเริ่มต้น เป็นการใช้คลื่นแสงทั้งหมด คือเลขคลื่นแสง 4000–10000 cm^{-1} หรือ ความยาวคลื่น 1000-2500 nm สำหรับเครื่องตรวจแบบ FT-NIR และที่ความยาวคลื่น 900-1700nm สำหรับเครื่องตรวจวัดแบบ DLP-NIR เนื่องจากในช่วงการดูดกลืนแสงนี้เส้นสเปกตร้าได้แสดงลักษณะสำคัญของส่วนประกอบหลักในตัวอย่างประกอบกับผลการคำนวณ PLSR โดยจะพิจารณาจากค่าR^2 (multiple correlation coefficients), SEC (Standard error of calibration),SEP (Standard error of prediction) และ Bias (The average of difference between actual value and NIR-value) ซึ่งการทำนายที่ดี R^2 จะต้องมีค่ามากและจะต้องมีค่า SEC,SEP และ Bias น้อย ดังตารางที่ 1

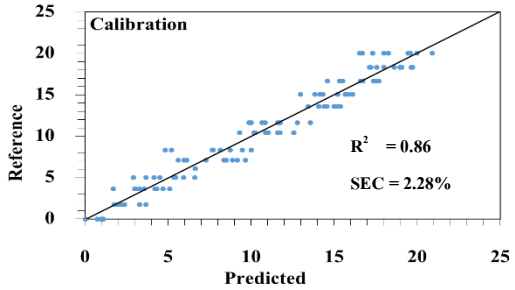
ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ PLSR ที่ช่วงความยาวคลื่น 1000 – 2500 nm และช่วงความยาวคลื่น 900-1700 nm ในการตรวจหาการปลอมปนในผงขมิ้นชัน

Spectromerter	(F)	R^2	SEC	SEP	Bias
FT - NIR	10	0.86	2.28	3.07	0.07
DLP - NIR	9	0.92	1.71	2.06	0.01

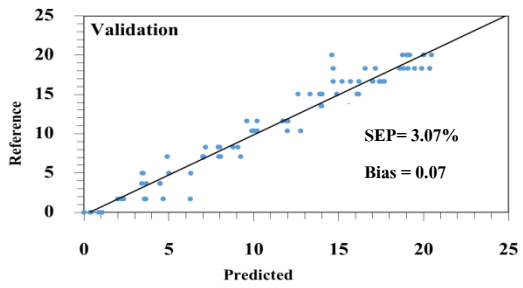
หมายเหตุ F: Number of factors used in the calibration equation

จากตารางที่ 1 ผลการใช้วิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (PLSR) ผลการวิจัยพบว่าการตรวจสอบการปลอมปนในขมิ้นชัน พบว่าการใช้ FT-NIRs และ DLP-NIRs ได้จำนวนแฟคเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (R^2) และค่าความผิดพลาดมาตรฐานแบบจำลอง(SEC) คือ 10, 0.86, 2.28% และ 9, 0.92, 1.71% ตามลำดับ ในขณะที่ ค่าความผิดพลาดมาตรฐานการทำนาย(SEP) และค่าความผิดพลาด (Bias) คือ 3.07%, 0.07% และ 2.06%, 0.01%

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและทำนาย โดยการสร้างสมการ Calibration และ การทวนสอบหรือการ Validation สแกนโดยเครื่อง FT-NIRs ดังรูปที่5 และ DLP-NIRs ดังรูปที่6 ในช่วงความยาวคลื่น 1000 - 2500 นาโนเมตร และ 900 - 1700 นาโนเมตร

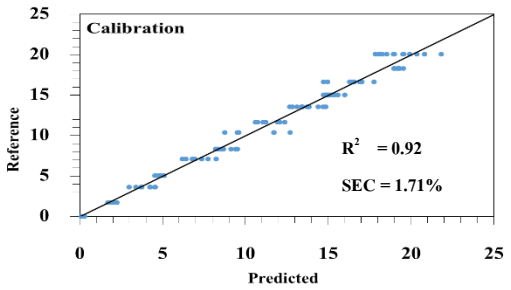


(a)

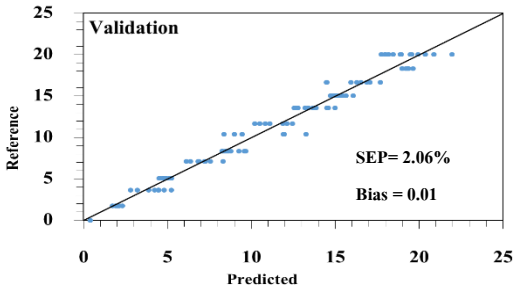


(b)

รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย Calibration และ Validation เครื่อง FT – NIR



(a)



(b)

รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย Calibration และ Validation เครื่อง DLP – NIR

จากรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและทำนาย โดยการสร้างสมการ Calibration และ การทวนสอบหรือการ Validation โดยใช้ T-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดในการทำนายการปลอมปนในผงขมิ้นชันได้ถูกต้อง และรวดเร็ว

4. สรุปผล

การพัฒนาระบบการตรวจสอบมีความแม่นยำถูกต้องสูงโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดแบบเทคนิค FT – NIR และ DLP – NIR สำหรับหาการปลอมปนในผงขมิ้นชันโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดช่วงเลขคลื่นแสง 4000-10000 cm^{-1}หรือความยาวคลื่น1000-2500 และช่วงความยาวคลื่น 900 - 1700 nm โดยใช้สเปกตร้าเริ่มต้น ในการคำนวณวิธี PLSR สามารถใช้ในการทำนายที่เหมาะสมแม่นยำ และสามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมในอนาคต เพื่อจะได้เลือกใช้เครื่องมือและวิธีการ ให้เหมาะสมกับตัวอย่างมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยและทดสอบคุณภาพสินค้าโดยไม่ทำลาย สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์บริการข้อมูลสารสนเทศกระทรวงพาณิชย์, 2560. มูลค่าการส่งออกสินค้าเรียงตามมูลค่า, [ระบบออนไลค์], แหล่งที่มา http://www.moc.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/07/2561.

[2]Baera, I., Gurnyb, R., Margota, P. 2007. NIR analysis of cellulose and lactose-Application to ecstasy tablet analysis. Forensic Science International 167, 234–241.

[3] Borina, A., Ferrão, M.F., Mello, C., Maretto, D.A., Poppi, R. J. 2006. Least-squares support vector machines and near infrared spectroscopy for quantification of common adulterants in powdered milk. Analytica Chimica Acta 579, 25-32.

[4] Burns, DA. and Ciurczak, E.W. 2008. Handbook of Near-Infrared analysis, third edition, CRC Press, Florida, USA

[5] Guo-quan, L., Hua-hong, H., Da-peng, Z. 2006. Application of near-infrared spectroscopy to predict sweetpotato starch thermal properties and noodle quality. Journal of Zhejiang University SCIENCE B 7, 475-481.

[6] Manley, M.L., Van, Z., Osborne, B.G. 2002. J. Near Infrared Spectrosc. 10, 71-76.

[7] Marten, G., Shenk, J., Barton, III.F. 1985. Near infrared reflectance spectroscopy (NIRs): Analysis of Forage quality. USDA. Agriculture Research Service. Handbook No. 643.

[8]Osborne, B.G., Fearn, T., Hindle, P.H. 1993. Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK

[9]Supprung,.P.,.Ratree,.S.,Petchsing,.C.,Trisuvan awat, W. 2012 Prediction of insect damaged rough rice contamination using FT NIR and NIR hyperspectral imaging. The 3rd Asian NIR symposium, 14-18 May 2012, Bangkok, Thailand

[10] Williams, P. 2007. Near Infrarad Spectroscopy in Food Science and Technology, Ed by Ozaki, Y., Fred McClure, W., Christy, A.A. Wiley Interscience, A John wiley & Sons, Inc., USA. p. 165.

[11] Xiaoying, N., Zhilei, Z., Kejun, J., Xiaoting, L. 2012. A feasibility study on quantitative analysis of glucose and fructose in lotus root powder by FT-NIR spectroscopy and chemometrics. Food Chemistry133, 592-597.

การตรวจสอบการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวแบบรวดเร็ว ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด

Contamination Testing of Soybean Oil in Coconut Oil by Near Infrared Technique

พชรพล โบราณมูล, ชุติมา กองพล, สุวนันท์ กองเกิด*, ประสิทธ์ โสภา, และ ภานุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง

วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ขอนแก่น 40000

*สุวนันท์ กองเกิด: Suwanan25005@hotmail.com 095-6476257

บทคัดย่อ

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันพืชที่มีการใช้ในภาคอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง ด้วยกรรมวิธีการผลิตที่มีราคาสูง ทำให้มีการปลอมปนออกมาเพื่อลดต้นทุนเพิ่มกำไรให้กับผู้ประกอบการ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด โดยมีตัวอย่างของน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันมะพร้าว 10 ระดับ (5 - 50%) สแกน 50 ครั้งต่อตัวอย่าง โดยมีผลการทดสอบเปรียบเทียบจากเครื่อง FT-NIRs และ DLP-NIRs ในช่วงความยาวคลื่น 1,000 – 2,500 นาโนเมตร และ 1,350 – 2,250 นาโนเมตร ซึ่งเป็นองค์ประกอบของไขมัน พบว่าการตรวจสอบด้วยการใช้เนียร์อินฟราเรด และสร้างสมการทำนายด้วยวิธี PLSR (Partial least Square Regression) สเปกตรัมเริ่มต้นมีค่าการทำนาย R^2 ,SEC ,SEP และ Bias ของเครื่อง FT- NIRs คือ 0.97 ,0.39% ,0.39% และ 0.0032% ตามลำดับ และเครื่อง DLP-NIRs คือ 0.98 ,0.38% ,0.43% และ -0.0004% ตามลำดับ เมื่อทดสอบ T-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างค่าจริงและค่าการทำนายแสดงว่าการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรด สามารถประกันคุณภาพการตรวจสอบได้

คำหลัก: น้ำมันพืช, เนียร์อินฟราเรด, น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันมะพร้าว

Abstract

Coconut oil is a vegetable oil used in the food and cosmetic industry production with high price. Therefore contamination to reduce costs there as to increase profits for entrepreneurs. This research aims to determine the contamination of soybean oil in coconut oil by using nearInfrared technique. The 10 samples of soybean oil mixed with coconut oil (5-50%) were scanned 50 times per sample comparison with FT-NIRs and DLP-NIRs in the range of 1,000 – 2,500 nm. and 1,350 – 2,250 nm. which was the fat range. The detection by the use of nearInfrared and creation a predictive equation using PLSR (Partial least Square Regression) found the initial spectrum showed the predictive values of R^2, SEC, SEP, and Bias for FT-NIRs at 0.97, 0.39%, 0.39% and 0.0032%, respectively, and DLP-NIRs at 0.98, 0.38%, 0.43%, and -0.0004%, respectively. The T-test showed that there was no difference between the actual and predicted values with 95 percent reliability which nearInfrared could be quality assurance verified.

Keywords: Vegetable oil, Nearinfrared, Soy bean oil, Coconut oil

1. บทนำ

พืชน้ำมันที่โรงงานอุตสาหกรรมนำมาสกัดน้ำมันพืช เพื่อใช้ในการบริโภคส่วนใหญ่นิยมใช้เมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งสกัดโดยผ่านกรรมวิธีได้น้ำมันประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัว นอกจากนั้นนิยมใช้ส่วนของพืชจำพวกมะพร้าวนำมาสกัดโดยวิธีธรรมชาติได้น้ำมันพืชประเภทกรดไขมันอิ่มตัว [1] โรงงานส่วนใหญ่จะเลือกตั้งโรงงานใกล้ตลาดสินค้าสำเร็จรูปและพบว่าปริมาณความต้องการมีมากกว่าปริมาณการผลิต เนื่องจากเกษตรกรไม่นิยมปลูกพืชน้ำมันมีการเปรียบเทียบผลตอบแทนพืชน้ำมันที่ปลูกกับพืชชนิดอื่นจึงทำให้มีการนำเข้าเพิ่มขึ้นทุกปี และขั้นตอนการซื้อขายพืชน้ำมันและน้ำมันพืชต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เพื่อให้น้ำมันพืชคุณภาพดีไม่มีการปลอมปนระหว่างน้ำมันพืชชนิดต่างๆ การปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองที่มีราคาถูกเข้ากับน้ำมันมะพร้าวที่มีราคาสูงกว่าและคุณสมบัติที่คล้ายกันเพราะน้ำมันมะพร้าวเป็นไขมันอิ่มตัวเมื่อทำการผสมเข้าด้วยกันก็ยังจับตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ ดังนั้นจึงส่งผลให้เพิ่มกำไรให้ผู้ผลิตและลดต้นทุนได้มาก จึงต้องใช้หลักการประเมินด้วยสายตาหรือหาปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองจะใช้การวิเคราะห์โครมาติกสำหรับการจำแนกประเภทซึ่งต้องใช้เวลานานทำให้ผู้รับซื้อสินค้าเสียเวลาในการคัดเลือกสินค้า อย่างไรก็ตามมีการศึกษาวิจัยนำเทคโนโลยีหรือเทคนิคตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวโดยไม่ทำลายตัวอย่างมาใช้มากขึ้นได้แก่ การใช้คลื่นแสงเป็นต้น

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดเปกโทรสโกปี(Near Infrared Spectroscopy; NIR) เป็นการศึกษาอัตรกิริยาระหว่างรังสีเนียร์อินฟราเรดช่วงความยาวคลื่นแสง 750 – 2,500 nm กับสสารในวัตถุเมื่อรังสีเนียร์อินฟราเรดตกกระทบไปยังวัตถุจะเกิดการดูดกลืนรังสีเนียร์อินฟราเรดของสสาร โดยการดูดกลืนแสงเกิดจากการสั่นของพันธะ C–H , O-H และ N-H ข้อมูลเหล่านี้จะแสดงออกมาในรูปแบบเส้นสเปกตรัมและจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของส่วนประกอบทางชีวภาพของวัสดุชีวภาพนั้นๆ [7] เทคนิค NIR ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพอาหารและเครื่องดื่ม [9] ใช้ในการใช้ตรวจสอบปริมาณองค์ประกอบทางเคมีกับตัวอย่างที่อยู่ในรูปของตัวอย่างผง [5] และ NIRs ยังเคยถูกใช้ในการตรวจสอบเชิงปริมาณของสารอาทิ [8] ความเป็นไปได้ในการตรวจหาน้ำมันปนเปื้อนไขมันไก่ในน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้เนียร์อินฟราเรดร่วมกับการวิเคราะห์ฮีโมเมตตริก ในอุตสาหกรรมอาหารความกังวลหลักที่สำคัญคือการปลอมปนของน้ำมัน จากผลการศึกษาการวิเคราะห์การใช้ NIR Spectroscopy ตรวจจับโครมาติกสำหรับการปลอมปนของไขมันไก่ในน้ำมันถั่วเหลือง มีวัตถุประสงค์ในการวัดสเปกตรัมในน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์และตัวอย่างที่ปลอมปนโดยแตกต่างกันที่ความเข้มข้นของไขมันไก่ (1 - 50% v/v ในน้ำมันถั่วเหลือง) การวิเคราะห์โครมาติกสำหรับการจำแนกประเภทและการหาปริมาณของตัวอย่างปลอมปนน้ำมันถั่วเหลือง ดำเนินการโดยสร้างแบบจำลองของการเปรียบเทียบระดับโดยใช้ SIMCA และแบบ PLS ที่ช่วงความยาวคลื่น 1,350 – 2,230 nm ตัวอย่างที่บริสุทธิ์และปลอมปน SIMCA สามารถแยกได้อย่างถูกต้องใช้ PLS ตรวจผลข้อมูลที่ทดสอบเทียบกับค่า R^2 มีค่ามากกว่า 0.98% ผลของการตรวจสอบปลอมปน 1% วัดด้วย PLS ความคลาดเคลื่อน 0.4033% จะเห็นได้ว่ามีการใช้เทคนิค NIRs ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำมันพืชมากขึ้น

ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยใช้เทคนิค FT – NIRs (Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ตัวอย่างจะถูกสแกนโดยคลื่นแสงช่วงเนียร์อินฟราเรดในทุกช่วงความยาวคลื่นที่สนใจในช่วงเวลาทั้งหมด [10] ซึ่งต่างจากวิธีเดิมที่เป็น Dispersive ซึ่งจะสแกนเฉพาะช่วงคลื่นแสงในขณะเวลาหนึ่งเท่านั้น และเทคนิค FT – NIRs จะมีข้อดีคือสามารถสแกนตัวอย่างได้รวดเร็วมีอัตราส่วนสัญญาณคลื่นแทรก (S/N) สูงมีความเสถียรของคลื่นแสงสูงและง่ายในการส่งถ่ายข้อมูล Calibration [6] แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมีขนาดใหญ่และราคาแพงมาก ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ (NIR) มีการพัฒนามากในปัจจุบัน ระบบ Digital Light Processing (DLP) แสดงผลโดยใช้เทคโนโลยีโดยการใช้กระจกดิจิตอล (Digital Micro Mirror) ทำให้อุปกรณ์กำเนิดแสงและตรวจวัดแสงมีขนาดเล็กลงต้นทุนต่ำลงมาก

แม้ว่าจะมีการศึกษาวิจัยการใช้เทคนิค NIRs ในการตรวจสอบน้ำมันพืชในรูปแบบต่างๆมากขึ้น แต่การตรวจสอบการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวในประเทศไทยแทบยังไม่มีการศึกษาวิจัยโดยเฉพาะการใช้เทคนิค DLP–NIRs ร่วมกับ เทคนิค FT–NIRs ซึ่งมีความแม่นยำสูง และสามารถตรวจวัดได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดโดยใช้เครื่อง FT-NIRs และ DLP-NIRs ซึ่งจะก่อประโยชน์ในการค้าขาย และผู้บริโภคจะได้รับผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ

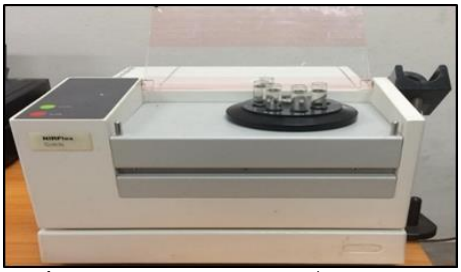
2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation)

เตรียมน้ำมันมะพร้าว 100 g น้ำมันถั่วเหลือง 100 g (จากห้างสรรพสินค้า) นำมาผสมเข้าด้วยกันโดยอัตราส่วนร้อยละ โดยเริ่มปนที่ 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, และ 50% จะได้ตัวอย่างที่ปลอมปนน้ำมันถั่วเหลือง 10 ระดับ รวมทั้งหมด 10 ตัวอย่าง จากนั้นนำน้ำมันตัวอย่างบรรจุลงในคิวเวทขนาด 3.5 มิลลิลิตร โดยบรรจุตัวอย่างละ 3 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปสแกนในอุณหภูมิห้อง

2.2 การสแกนค่าสเปกตรัม (NIR analysis)

วางตัวอย่างลงไปในช่องที่แสงสะท้อนมายังตัวอย่างสแกนค่าสเปกตรัมของการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าว โดยใช้ช่วงจำนวนช่วงคลื่นแสงต่อเซนติเมตร ตั้งแต่ 4,000 – 10,000 cm^{-1} โดยเลือกระบบการวัดแบบการสะท้อนแสงกลับ (Reflectance) บันทึกค่าสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่าง



รูปที่ 1 สแกนค่าสเปกตรัม เครื่อง FT – NIR



รูปที่ 2 สแกนค่าสเปกตรัม DLP – NIR

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองอ้างอิง

โดยจะได้จากค่าการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ผสมน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันถั่วเหลือง โดยจะเริ่มปลอมปนที่ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพื่อจะใช้เป็นวิธีในการวิเคราะห์ปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองอ้างอิง (Reference Value) บันทึกค่าเปอร์เซ็นต์การปลอมปนของแต่ละตัวอย่าง ทุกๆ ตัวอย่างจะปรากฏชุดข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ค่าสเปกตรัมของน้ำมันมะพร้าวและค่าการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลือง

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เส้นสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างจากการตรวจวัด 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง จะได้เส้นสเปกตรัมแต่ละชนิดเท่ากับ 50 เส้น รวมทั้งหมด 500 เส้น การวิเคราะห์สร้างสมการและตรวจสอบสมการ Calibration โดยใช้ PLSR (Partial least Square Regression) โดยเลือกใช้ Full cross validation และสมการตรวจสอบ (Prediction) โดยไม่มีการปรับแต่งเส้นในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม The Unscrambler x 10.1 (Camo, Oslo, Norway) โดยจะมีสูตรสมการ PLSR คือ

$$Y = B0 + BnXn \qquad (1)$$

เมื่อ Y คือ ค่าองค์ประกอบทางเคมี

Xn คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น n ตำแหน่ง

b0 คือ ค่าคงที่ณจุดตัดแกน Y เมื่อ X มีค่าเท่ากับศูนย์

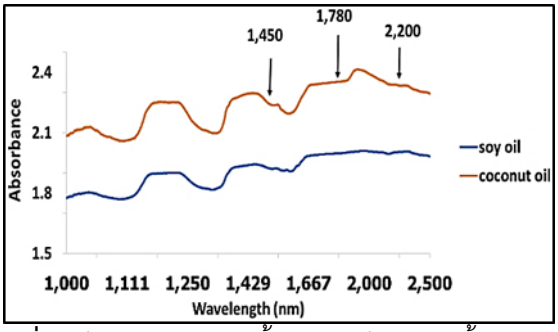
bn คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ความยาวคลื่น n ตำแหน่ง

2.5 การทดสอบความแม่นยำของสมการ (Validation)

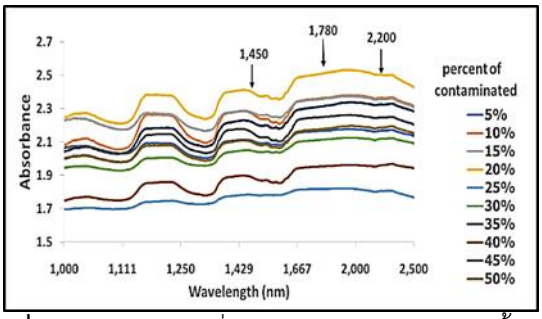
แทนค่าสเปกตรัมของปริมาณการปลอมปนน้ำมันมะพร้าวกลุ่มที่ 2 ลงในสมการเทียบมาตรฐานที่สร้างขึ้นในข้อ 2.4 เพื่อทำนายปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวใช้วิธีทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการปลอมปนที่ทำนายได้จากสมการ และการปลอมปนที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธีมาตรฐาน และพิจารณาความคลาดเคลื่อน

3. ผลและวิจารณ์

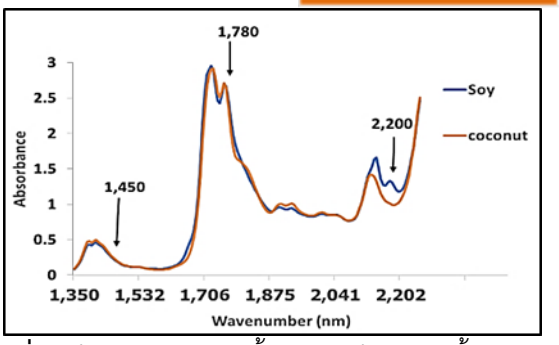
3.1 การตรวจวัดเส้นสเปกตรัมของตัวอย่างในคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยการตรวจวัดด้วยเครื่อง FT – NIR ในช่วงความยาวคลื่น 1,000-2,500 nm แสดงในรูปที่ 3 และ4 และการตรวจวัดด้วยเครื่อง DLP – NIR ในช่วงความยาวคลื่น 1,350 – 2,250 nm แสดงในรูปที่ 5และ 6



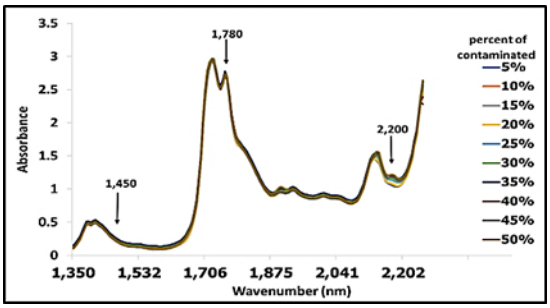
รูปที่ 3 เส้นสเปกตรัมของน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันถั่วเหลือง FT-NIR



รูปที่ 4 เส้นสเปกตรัมเริ่มต้นปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าว FT-NIR



รูปที่ 5 เส้นสเปกตรัมของน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันถั่วเหลือง DLP-NIR



รูปที่ 6 เส้นสเปกตรัมเริ่มต้นปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าว DLP-NIR

จากผลการวิจัยจากเส้นสเปกตร้าเริ่มต้นของตัวอย่างทั้งหมดพบว่ามีการเลื่อนของเส้นสเปกตร้า (Base line) เนื่องจากความแตกต่างของปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวแสดงถึงช่วงการดูดกลืนแสงที่สำคัญคือ ช่วงความยาวคลื่น 1,350 – 1,531 nm เป็นช่วงการดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับหนึ่งของพันธะ O-H เป็นโมเลกุลของสารประกอบแป้ง น้ำ ซูโครส [9] และ [11] ช่วงความยาวคลื่น 1,700 – 1,800 nm เป็นช่วงการดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับหนึ่งของพันธะ C-H เป็นโมเลกุลของสารประกอบเซลลูโลส [4] และช่วงความยาวคลื่น 2,000 – 2,200 nm เป็นช่วงการดูดกลืนแสงคอมบิเนชันของพันธะ N-H เป็นโมเลกุลของสารประกอบโปรตีน [11] ซึ่งจากรูปที่ 4 และ6 จะเฉลี่ยให้เหลือ 10 เส้นสเปกตรัม เพื่อจะบอกช่วงปริมาณการปลอมปน คือ เส้นสีน้ำเงิน สีส้ม สีเทา สีเหลือง สีฟ้า สีเขียว สีม่วง สีน้ำตาลเข้ม สีดำ และสีน้ำตาลอ่อน ตามลำดับ จะบอกช่วงเปอร์เซ็นต์การปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าว คือ0 - 5%, 5 - 10%, 10 - 15%, 15 - 20%, 20 – 25%, 25% - 30%, 30 – 35%, 35% - 40%, 40% - 45%, 45% - 50%ตามลำดับ จะได้ช่วงเปอร์เซ็นต์การปลอมปนน้ำมัน

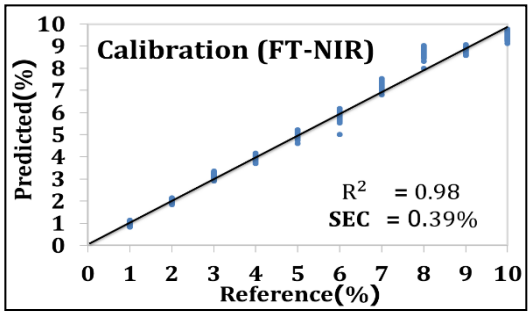
ถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าว 10 ระดับ รวมทั้งหมด 10 ตัวอย่าง

3.2 การหาช่วงการดูดกลืนแสงPLSR ถูกนำมาพัฒนาเพื่อหาช่วงการดูดกลืนแสงวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยวิธีทางสถิติโดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น และหาผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดจากสเปกตรัมเริ่มต้น เป็นการใช้คลื่นแสงทั้งหมด คือจำนวนคลื่นแสง 4,000–10,000 cm^{-1} หรือ 1,000-2,500 nm สำหรับเครื่องตรวจแบบ FT-NIR และที่ความยาวคลื่น 1,350 – 2,250 nm สำหรับเครื่องตรวจวัดแบบ DLP-NIR เนื่องจากในช่วงการดูดกลืนแสงนี้เส้นสเปกตร้าได้แสดงลักษณะสำคัญของส่วนประกอบหลักในตัวอย่างประกอบกับผลการคำนวณ PLSR โดยจะพิจารณาจากค่า R^2 (multiple correlation coefficients), SEC (Standard error of calibration),SEP (Standard error of prediction) และ Bias (The average of difference between actual value and NIR-value) ซึ่งการทำนายที่ดี R^2 จะต้องมีค่ามากและจะต้องมีค่า SEC, SEP และ Bias น้อย ดังตารางที่ 1

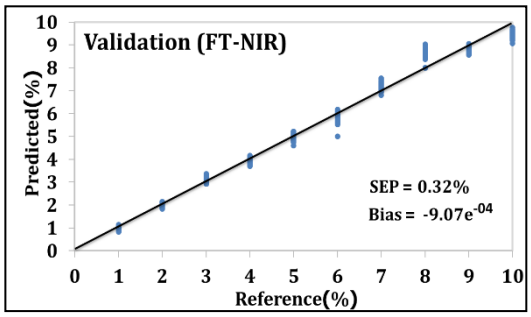
ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ PLSR ที่ช่วงคลื่นแสง 4,000-10,000 cm^{-1} และช่วงความยาวคลื่น 1,350 - 2,250 nm ในการตรวจหาการปลอมปนในน้ำมันมะพร้าว

Spectrometer	(F)	R^2	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)
FT - NIR	6	0.88	0.88	1.06	-4.17
DLP - NIR	4	0.98	0.38	0.42	0.003

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย ปริมาณการปลอมปนในน้ำมันมะพร้าว โดยใช้สมการ Calibration ที่ดีที่สุด สแกนโดยเครื่อง FT – NIR การดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่นตลอดช่วงคือ 1,000 – 2,500 nm หรือ ช่วงคลื่นแสงต่อเซนติเมตรตั้งแต่ 4,000 - 10,000 cm^{-1} และการทวนสอบหรือการ Validation จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าจากการทำนายแสดงในรูปที่ 7 (a) และ (b) และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย ปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวโดยใช้สมการ Calibration ที่ดีที่สุดสแกนโดยเครื่อง DLP Nano Scan NIR การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตลอดช่วงคือ 1,350 – 2,250 nm และการทวนสอบหรือการ Validation จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าจากการทำนายแสดงในรูปที่ 8 (a) และ (b) และเมื่อเปรียบเทียบค่าจริงและค่าทำนาย ค่าปริมาณการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวใช้ Full Cross Validation พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดในการทำนายปริมาณการปลอมปนได้อย่างดีและถูกต้องเพียงพอรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่างใช้ได้ในการตรวจสอบจริง

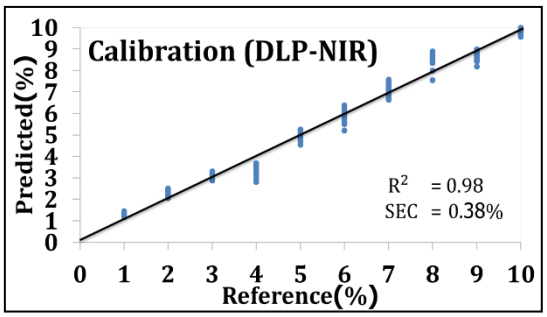


(a)

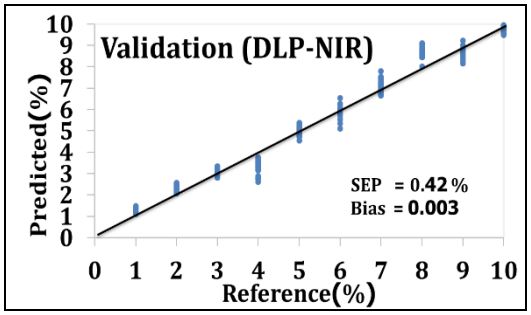


(b)

รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย Calibration และ Validation เครื่อง FT-NIR



(a)



(b)

รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย Calibration และ Validation เครื่อง DLP – NIR

4. สรุป

การพัฒนาระบบการตรวจสอบมีความแม่นยำถูกต้องสูงโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดแบบเทคนิค FT – NIR และ DLP – NIR สำหรับหาการปลอมปนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำมันมะพร้าวโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดช่วงจำนวนคลื่นแสง 4,000-10,000 cm^{-1} หรือ 1,000-2,500 nm และช่วงความยาวคลื่นแสง 1,350 – 2,250 nm โดยใช้สเปกตรัมเริ่มต้นในการคำนวณวิธี PLSR สามารถใช้ในการทำนายที่เหมาะสมแม่นยำและสามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมในอนาคต เพื่อจะได้เลือกใช้เครื่องมือและวิธีการให้เหมาะสมกับตัวอย่างให้มากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยและทดสอบคุณภาพสินค้าโดยไม่ทำลาย สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วารุณี ศศิวงศ์ภักดี, 2522. อุตสาหกรรมน้ำมันพืชไทย :คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[2] Baera, I., Gurnyb, R., Margota, P. 2007. NIR analysis of cellulose and lactose-Application to ecstasy tablet analysis. Forensic Science International.

[3] Borina, A., Ferrão, M.F., Mello, C., Maretto, D.A., Poppi, R. J. 2006. Least-squares support vector machines and near infrared spectroscopy for quantification of common adulterants in powdered milk. Analytica Chimica Acta 579.

[4] Burns, DA. and Ciurczak, E.W. 2008. Handbook of Near-Infrared analysis, third edition, CRC Press, Florida, USA

[5] Guo-quan, L., Hua-hong, H., Da-peng, Z. 2006. Application of near-infrared spectroscopy to predict sweetpotato starch thermal properties and noodle quality. Journal of Zhejiang University SCIENCE B 7, 475-481.

[6] Manley, M.L., Van, Z., Osborne, B.G. 2002. J. Near Infrared Spectrosc. 10, 71-76.

[7] Marten, G., Shenk, J., Barton, III.F. 1985. Near infrared reflectance spectroscopy (NIRs) : Analysis of Forage quality. USDA. Agriculture Research Service. Handbook No. 643.

[8] N.A.Tuhaime and et at, (2016)

[9] Osborne, B.G., Fearn, T., Hindle, P.H. 1993. Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK

[10]Supprung,.P.,.Ratree,.S.,Petchsing,.C.,Trisuvan awat, W. 2012 Prediction of insect damaged rough rice contamination using FT NIR and NIR hyperspectral imaging. The 3rd Asian NIR symposium, 14-18 May 2012, Bangkok, Thailand

[11] Williams, P. 2007. Near Infrarad Spectroscopy in Food Science and Technology, Ed by Ozaki, Y., Fred McClure, W., Christy, A.A. Wiley Interscience, A John wiley & Sons, Inc., USA.

[12] Xiaoying, N., Zhilei, Z., Kejun, J., Xiaoting, L. 2012. A feasibility study on quantitative analysis of glucose and fructose in lotus root powder by FT-NIR spectroscopy and chemometrics. Food Chemistry133,592-59

การตรวจสอบคุณภาพและการเจือปนในน้ำนมดิบแบบรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด

The Quality and Adulteration Evaluation of Raw Milk by Rapid Method Using Near Infrared Technique

อรวรรณ สวรรค์ทอง จุฬวฏี ตุ่นป่า* อนุรักษ์ ครองทรัพย์ และ ภานุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง

สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น, 40000

*จุฬวฏี ตุ่นป่า: E-mail, jungsis1823@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในขั้นตอนการรับซื้อน้ำนมดิบ ได้มีการตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบของน้ำนมดิบซึ่งมีผลต่อราคาในการรับซื้อดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดมาใช้ในการตรวจสอบน้ำนมดิบที่มีการเจือปนน้ำและปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบแบบไม่ทำลายตัวอย่างและรวดเร็ว โดยสแกนตัวอย่างและเก็บข้อมูลจากเครื่อง NIR Milk EPE และ FT-NIR ที่ความยาวคลื่น 900-1700 และ 1000-2500 nm โดยมีตัวอย่างน้ำนมดิบที่ถูกเจือปนน้ำตั้งแต่ 0-50% พบว่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการทำนายของทั้งสองเครื่องอยู่ที่ความยาวคลื่น 900-1700 nm และช่วงการดูดกลืนแสงของน้ำที่สำคัญได้แก่ 978, 1190 และ 1450 nm จากนั้นสร้างสมการทำนายผลการเจือปนน้ำและปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบด้วยวิธี PLSR (Partial Least Square Regression) และทดสอบสมการ ได้จำนวนแฟกเตอร์ ค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (R^2) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) และค่าความผิดพลาด (Bias) คือ การเจือปนน้ำ 0.95, 3.64%, 4.54%, 0.08%, และ 0.98, 2.02%, 3.19%, 0.003% ปริมาณของแข็ง 0.93, 0.55%, 0.68%, -0.009% และ 0.98, 0.30%, 0.43%, -0.004% ตามลำดับ เมื่อทดสอบโดยใช้ T-test พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าทำนายที่ร้อยละ 95 แสดงว่าสามารถประยุกต์ใช้และประกันคุณภาพการตรวจสอบได้

คำหลัก: เนียร์อินฟราเรด, น้ำนมดิบ, การเจือปน

Abstract

Currently in the process of purchasing, raw milk is checked to determine the quality and composition which affects the price of it. Therefore, objective of this research is to use of near infrared technique to rapid detect the non-destructive adulterated water and solids raw milk samples. The adulterated water in the range of 0-50% samples were scanned and data were collected from the NIR Milk EPE and FT-NIR at the wavelength range of 900-1700 and 1000-2500 nm. The appropriate wavelength of 900-1700 nm which the water absorption were 978, 1190 and 1450 nm. Then, the equations for predicting water contamination and solid content in raw milk were analyzed by PLSR (Partial Least Square Regression) method. The factor number, coefficient of determination (R^2), standard error of calibration (SEC), standard error of prediction validation (SEP), and bias of water adulteration for NIR Milk EPE and FT-NIR were 0.95, 3.64, 4.54%, 0.08% and 0.98, 2.02%, 3.19%, 0.003% respectively. The solid content for NIR Milk EPE and FT-NIR were 0.93, 0.55%, 0.68%, -0.009% and 0.98, 0.30%, 0.43%, -0.004% respectively. There was no difference between the actual and predicted values at 95 percent confidence for T-test. It could be applied for quality assurance examination.

Keywords: Near Infrared, Raw milk, Adulteration

1. บทนำ

ปัจจุบันปริมาณการผลิตน้ำนมดิบทั้งหมดของประเทศไทยมีถึง 1,197,658 ตัน /ปี (ปี 2560) และราคาน้ำนมดิบที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย กิโลกรัมละ 18.09 บาท สูงขึ้นเล็กน้อยจาก 18.02 บาท ของปี 2559 ร้อยละ 0.39 เนื่องจากมีการประกาศใช้ มาตรฐานการรับซื้อน้ำนมโค ณ ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบควบคู่กับ ประกาศราคากลางรับซื้อน้ำนมโค ณ ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ ซึ่งเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำนมดิบให้ดีขึ้น [1] โดยในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพ และรับซื้อน้ำนมดิบจะมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้วยการวัดค่าต่างๆ ในน้ำนมดิบ นอกจากนั้นการตรวจหา สิ่งเจือปนในน้ำนมดิบถือเป็นสิ่งสำคัญและปัญหาที่พบอยู่บ่อยๆ คือ เกษตรกรมักเติมน้ำลงไปในน้ำนมดิบเพื่อเพิ่มปริมาณ หากพบว่ามีการเจือปนน้ำในน้ำนมดิบเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ผู้รับซื้อน้ำนมดิบสามารถตัดราคาหรือระงับการซื้อในครั้งนั้นได้ [2] การตรวจวัดวิเคราะห์คุณภาพและสิ่งเจือปน ต้องใช้วิธีวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการทางเคมี เครื่องมือตรวจวัดต่างๆ มีการตรวจสอบที่ยุ่งยากมีหลายขั้นตอน ต้องอาศัยผู้มีทักษะในการวิเคราะห์เป็นผู้ตรวจสอบ ซึ่งทำให้เสียเวลาในการตรวจสอบตัวอย่างถูกทำลายเกิดการใช้สารเคมีส่งผลให้เกษตรกรไม่ได้ความเป็นธรรม ในการซื้อขายน้ำนมดิบและก่อเกิดความเสียหาย ในกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์นมก่อนจะรู้ผลการตรวจสอบน้ำนมดิบ อย่างไรก็ตามมีการศึกษาวิจัยนำเทคโนโลยีหรือเทคนิคตรวจสอบคุณภาพผลผลิตเกษตร น้ำนมดิบ โดย**ไม่ทำลายตัวอย่างมา**ใช้มากขึ้นได้แก่การใช้คลื่นแสง เป็นต้น

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดเปกโทรสโกปี (Near Infrared Spectroscopy; NIRs) เป็นการศึกษาอันตรกิริยาระหว่างรังสีเนียร์อินฟราเรดช่วงความยาวคลื่นแสง 750 – 2,500 nm กับสสารในวัตถุเมื่อรังสีเนียร์อินฟราเรดตกกระทบไปยังวัตถุจะเกิดการดูดกลืนรังสีเนียร์อินฟราเรดของสสาร โดยการดูดกลืนแสงเกิดจากการสั่นของพันธะ C-H O-H และ N-H ข้อมูลเหล่านี้จะแสดงออกมาในรูปแบบเส้นสเปกตรัมและจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของส่วนประกอบทางชีวภาพของวัสดุชีวภาพนั้นๆ สำหรับในอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม มีการนำเทคนิคNIRs มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่างๆ ของน้ำนม เช่น ปริมาณโปรตีน ไขมัน น้ำตาลแลคโตส และองค์ประกอบอื่นๆ [3-4]

ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยใช้เทคนิค FT-NIRs (Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ตัวอย่างจะถูกสแกนโดยคลื่นแสงช่วงเนียร์อินฟราเรดในทุกช่วงความยาวคลื่นที่สนใจในช่วงเวลาทั้งหมด [5] ซึ่งต่างจากวิธีเดิมที่เป็น Dispersive ซึ่งจะสแกนเฉพาะช่วงคลื่นแสงในขณะเวลาหนึ่งเท่านั้นและเทคนิค FT-NIRs จะมีข้อดี กล่าวคือสามารถสแกนตัวอย่างได้รวดเร็วมีอัตราส่วน สัญญาณคลื่นแทรก (S/N) สูงมีความเสถียรของคลื่นแสงสูง และง่ายในการส่งถ่ายข้อมูลคาลิเบรชัน [6] แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมีขนาดใหญ่และราคาแพงมาก [7] ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ (NIR) มีการพัฒนามากในปัจจุบันระบบ Digital Light Processing (DLP) แสดงผลโดยใช้เทคโนโลยีโดยการใช้กระจกดิจิตอล(Digital Micro mirror) ทำให้อุปกรณ์กำเนิด แสงและตรวจวัดแสงมีขนาดเล็กลงต้นทุนต่ำลงมาก

ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการตรวจสอบคุณภาพและการเจือปนน้ำในน้ำนมดิบโดยใช้เทคนิค FT-NIRs และ DLP-NIRs ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ในการซื้อขายน้ำนมดิบ การผลิตน้ำนมดิบ และการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำนมดิบในประเทศไทยให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นไปในอนาคต

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำนมดิบ

นำน้ำนมดิบมาเจือปนกับน้ำโดยเติมน้ำสะอาดลงในน้ำนมดิบคิดตามน้ำหนัก จะได้ตัวอย่างน้ำนมดิบที่มีน้ำปนอยู่ในช่วง 0 - 50% (w/w) โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 2.5% ทั้งหมด 21 ตัวอย่าง

2.2 การตรวจวัดสเปกตรัม

เครื่อง NIR Milk EPE (DLP-NIRs) ที่พัฒนาขึ้น ดังรูปที่ 1 โดยตรวจวัดแบบสะท้อนแสง (reflectance mode) ในช่วงคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น (Wavelength region) 900-1700 nm



รูปที่ 1 เครื่อง NIR Milk EPE

เครื่อง FT – NIR spectrometer รุ่น NIR Flex N500 ผลิตโดยบริษัท Buchi Labortechnik, AG, Flawil ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ พร้อมด้วยชุดบรรจุตัวอย่าง Liquid sample vial ดังรูปที่ 2 ในจำนวนช่วงคลื่นแสง 4000-10000 cm^{-1} หรือ 1000-2500 nm แบบการสะท้อนแสงด้วยความละเอียด 16 cm^{-1} ของช่วงคลื่นแสงจะบันทึกค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดจำนวน 30 ครั้ง



รูปที่ 2 เครื่อง FT – NIR spectrometer

2.3 การหาการเจือปนและปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบ

การเจือปนน้ำในน้ำนมดิบได้จากการคำนวณปริมาณการเจือปนตามอัตราส่วนร้อยละ

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดังสมการ

$$\left(\frac{W_1}{W_2}\right) \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักน้ำ, (g)

W_2 คือ น้ำหนักน้ำรวมกับน้ำหนักน้ำนมทั้งหมด, (g)

การหาปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบโดยนำตัวอย่างน้ำนมดิบอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แล้วนำไปอบต่ออีก 3 ชั่วโมง เพื่อยืนยันว่าน้ำหนักตัวอย่างคงที่แล้ว

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เส้นสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่าง จากการตรวจวัด 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง จะได้เส้นสเปกตรัมรวมทั้งหมด 210 เส้น การวิเคราะห์สร้างสมการและตรวจสอบสมการ Calibration โดยใช้ Partial least squares regression (PLSR) เลือกใช้ Full cross validation และสมการตรวจสอบ (Prediction) โดยไม่มีการปรับแต่งเส้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม The UnscramblerX 10.1 (Camo, Oslo, Norway) โดยจะมีสูตรสมการ PLSR คือ

$$Y = b_0+b_1X_1+b_2X_2...+b_nX_n \qquad (2)$$

เมื่อ *Y* คือ ค่าทำนาย

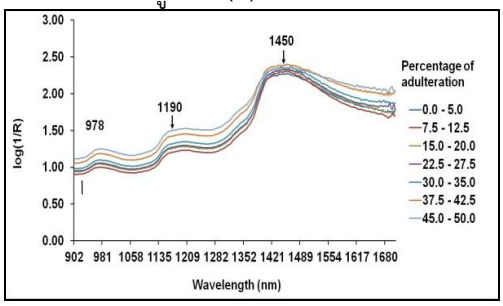
$X_1, X_2,...,X_n$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น n ตำแหน่ง

b_0 คือ ค่าคงที่จุดตัดแกน Y เมื่อ X มีค่าเท่ากับศูนย์

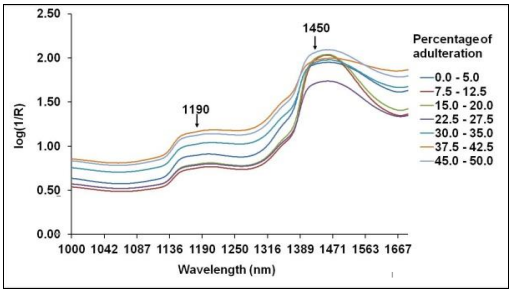
$b_1, b_2,...,b_n$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ความยาวคลื่น n ตำแหน่ง

3. ผลและวิจารณ์

การตรวจวัดเส้นสเปกตรัมของตัวอย่างในคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยการตรวจวัดด้วยเครื่อง NIR Milk EPE ในช่วงความยาวคลื่น 900-1700 nmแสดงในรูปที่ 3(a)และเครื่อง FT-NIR spectrometer ในช่วงความยาวคลื่น 1000-2500 nm แต่พบว่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการสแกนอยู่ที่ 1000-1700 nm แสดงในรูปที่ 3(b)



(a)



(b)

รูปที่ 3 Average NIR-Spectrum and wavelength of Adulteration (a) NIR Milk EPE (b) FT – NIR spectrometer

จากผลการวิจัยเส้นสเปกตรัมเริ่มต้นของตัวอย่างทั้งหมดของตัวอย่างน้ำนมดิบปนน้ำแสดงถึงการดูดกลืนคลื่นแสงที่สำคัญคือจะครอบคลุมช่วงการดูดกลืนแสงของน้ำ คือ ช่วงความยาวคลื่น 978 nm เป็นช่วงดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับสองของพันธะO-H [8] 1,190 nm [9] และ 1,450 nm เป็นช่วงดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับหนึ่งของพันธะO-H [10-11]

PLSR ถูกนำมาพัฒนาเพื่อหา ช่วงการดูดกลืนแสงวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยวิธีทางสถิติโดยการสร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้นและหาผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดจากสเปกตรัมเริ่มต้นเป็นการใช้คลื่นแสง คือจำนวนคลื่นแสง 10000-5880 cm^{-1} หรือ 1000-1700 nm สำหรับเครื่อง FT-NIR และที่ความยาวคลื่น 900-1700nm สำหรับเครื่อง NIR Milk EPE เนื่องจากในช่วงการดูดกลืนแสงนี้เส้นสเปกตรัมได้แสดงลักษณะสำคัญของส่วนประกอบหลักในตัวอย่างประกอบกับผลการคำนวณ PLSR โดยจะพิจารณาจากค่าR^2 (multiple correlation coefficients), SEC (Standard error of calibration), SEP (Standard error of prediction) และ Bias (The average of difference between actual value and NIR-value) ซึ่งการทำนายที่ดี R^2 จะต้องมีค่ามากและจะต้องมีค่า SEC, SEP และ Bias น้อย ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ PLSR ในการตรวจหาการเจือปนน้ำในน้ำนมดิบ

Spectrometers	F	R^2	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)
NIR Milk EPE	5	0.95	3.64	4.54	0.085
FT - NIR	10	0.98	2.02	3.19	0.003

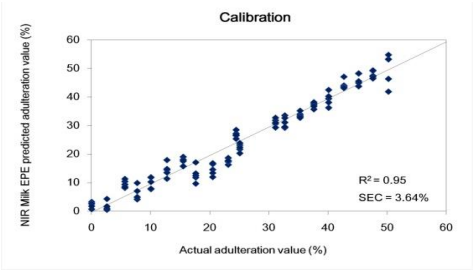
ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ PLSR ในการตรวจหาปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบ

Spectrometers	F	R^2	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)
NIR Milk EPE	5	0.93	0.55	0.68	-0.009
FT - NIR	9	0.98	0.30	0.43	-0.004

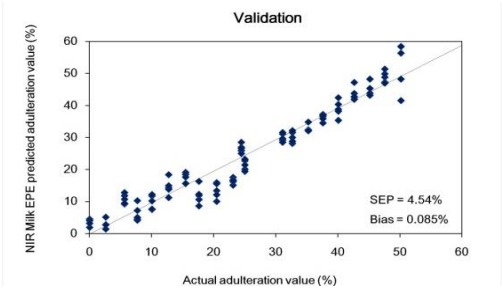
หมายเหตุ F: Number of factors used in the calibration equation

จากตารางที่ 1 และ 2 ผลการใช้วิธีการถดถอยของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (PLSR) พบว่าการตรวจสอบการเจือปนน้ำและปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบพบว่าการใช้ NIR Milk EPE (DLP-NIRs) และ FT-NIRs ได้จำนวนแฟกเตอร์ สมการค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (R^2) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) และค่าความผิดพลาด (Bias) คือ การเจือปนน้ำ 5, 0.95, 3.64%, 4.54%, 0.08% และ 10, 0.98, 3.64%, 4.54%, 0.08% ปริมาณของแข็ง 5, 0.93, 0.55%, 0.68%, 0.009%, และ 9, 0.98, 0.30%, 0.43%, -0.004% ตามลำดับ

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและทำนาย โดยการสร้างสมการ Calibration และ การทวนสอบหรือการ Validation สแกนโดยเครื่อง NIR Milk EPE ในช่วงความยาวคลื่น 900 - 1700 nm และเครื่อง FT-NIRs ในช่วงความยาวคลื่น 1000 – 1700 nm การเจือปนน้ำในน้ำนมดิบ ดังรูปที่ 4 และ 5 ปริมาณของแข็งน้ำนมดิบ ดังรูปที่ 6 และ 7

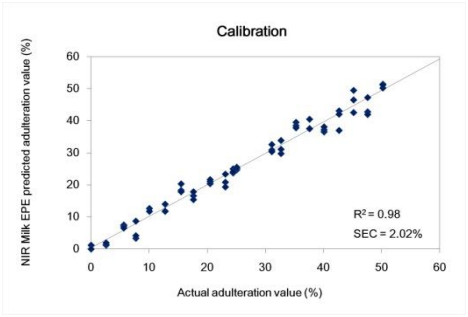


(a)

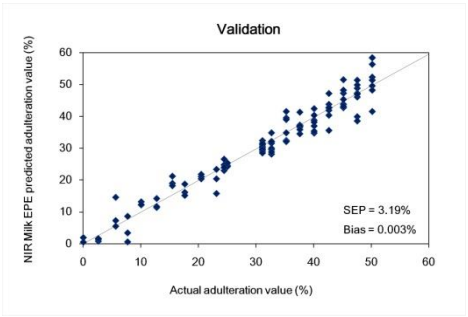


(b)

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเจือปนน้ำกับค่าจากการวัดด้วยเครื่อง NIR Milk EPE สำหรับกลุ่มตัวอย่าง Calibration (a) และ Validation (b)

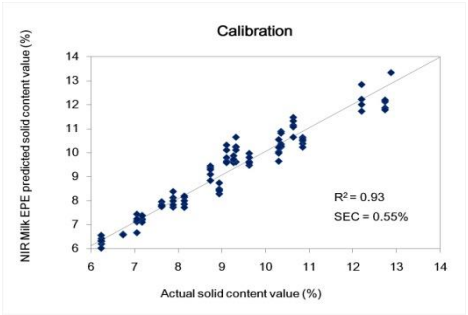


(a)

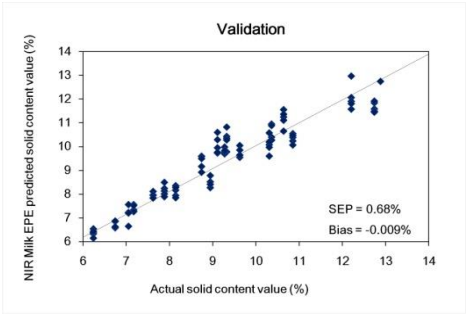


(b)

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเจือปนน้ำกับค่าจากการวัดด้วยเครื่อง FT-NIRs สำหรับกลุ่มตัวอย่าง Calibration (a) และ Validation (b)

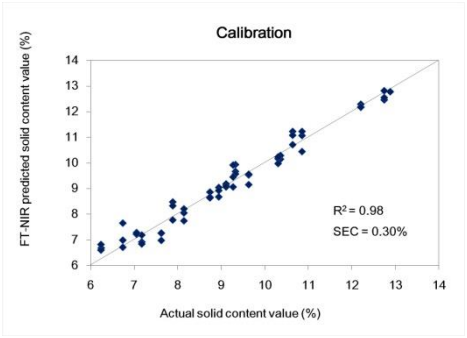


(a)

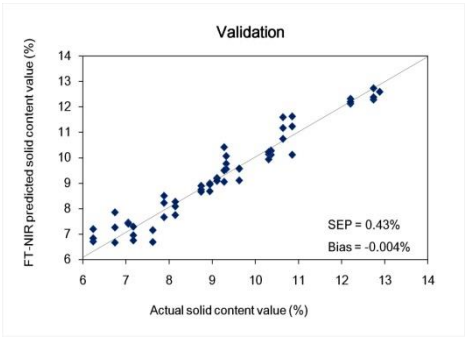


(b)

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณของแข็งกับค่าจากการวัดด้วยเครื่อง NIR Milk EPE สำหรับกลุ่มตัวอย่าง Calibration (a) และ Validation (b)



(a)



(b)

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณของแข็งกับค่าจากการวัดด้วยเครื่อง FT-NIRs สำหรับกลุ่มตัวอย่าง Calibration (a) และ Validation (b)

จากรูปที่ 4, 5, 6 และ 7 เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและทำนาย โดยการสร้างสมการ Calibration และการทวนสอบหรือการ Validation โดยใช้ T-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดในการทำนายการเจือปนน้ำและปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบได้ถูกต้องรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง

4. สรุปผล

การพัฒนาระบบการตรวจสอบมีความแม่นยำถูกต้องสูงโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรด ในกาหาการเจือปนน้ำและปริมาณของแข็งในน้ำนมดิบ โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดช่วงจำนวนคลื่นแสง 10000-5880 cm^{-1} หรือ 1000-1700 nm และช่วงความยาวคลื่นแสง 900-1700 nm โดยใช้สเปกตรัมเริ่มต้น ในการคำนวณวิธี PLSR สามารถใช้ในการทำนายที่เหมาะสมแม่นยำและสามารถนำไปใช้ในภาค

อุตสาหกรรมในอนาคต เพื่อจะได้เลือกใช้เครื่องมือและวิธีการให้เหมาะสมกับตัวอย่างให้มากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยและทดสอบคุณภาพสินค้าโดยไม่ทำลาย สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร,.2561. *สถานการณ์โคนมโลก&ไทยปี61,* [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://dairydevelopment program.weebly.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 14/3/2561.

[2] Kesemsumran, s., Thanapase, W. and Kiaysoonthon, A. (2007). Fesasibility of near-infrared spectroscopy to detect and to quantify adulterants in cow milk. Analytical Science. 23(7), 907-910.

[3] Laporte, M.F. and Paquin, P. (1999). Near-infrared analysis of fat, protein and casein in cow' s milk. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 47, 2600-2605.

[4] Tsenkova, R., Atanassova, S., Toyoda, K., Ozaki, Y., Itoh, K. and Fearn, T. (1999). Near-infrared spectroscopy for dairy management: Measurement of unhomogenized milk composition. Journal of Dairy Science. 82(11), 2344-2351.

[5] Supprung,.P.,.Ratree,.S.,Petchsing,.C.,Trisuvan awat, W. 2012 Prediction of insect damaged rough rice contamination using FT NIR and NIR hyperspectral imaging. *The 3rd Asian NIR symposium, 14-18 May 2012*, Bangkok, Thailand

[6] Manley, M.L., Van, Z., Osborne, B.G. 2002. J. Near Infrared Spectrosc. 10, 71-76.

[7] Tarkosova, J., Copikova, J. (2000). J. Near Infrared Spectrosc. 8, 251-257

[8] Saranwong, S., J. Sornsrivichai, and S. Kawano. 2003. Performance of a portable NIR instrument for brix value determination of intact mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* 11:175-181.

[9] Mohamad M., Sabbri A.R.M., Matjafri M.Z., and Omar A. F. (2014). Correlation between near infrared spectroscopy and electrical techniques in measuring skin moisture content, *9th National Seminar on Medical Physics 2014,* Putrajaya, Malaysia

[10] Osborne, B.G., Fearn, T., Hindle, P.H. 1993. Practical NIR Spectroscopy with Applications in food and Beverage Analysis. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK

[11] Williams, P. 2007. in Near Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology, Ed by Y. Ozaki, W. Fred McClure and A.A. Christy.Wiley Interscience, A John wiley & Sons, Inc., USA. p.165

การศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งลำไยด้วยลมร้อนในอุโมงค์ลมแบบปิด

The kinetic study of hot air drying of longan in closed loop wind tunnel

สุดาภรณ์ ประเสวะกา, ณัฐิวุฒิ สุริยสุภาพงศ์, สิริรัตน์ วันโสม, ภูชิสส์ ตันวาณิชกุล*

สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น, 40000

*ผู้ติดต่อ: Email, dr.bhuchiss@gmail.com, 089-7778623

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นผลผลิตการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย โดยให้ผลผลิตพร้อมๆกันในฤดูกาล ทำให้เกิดลำไยล้นตลาดและราคาตกต่ำ การแปรรูปลำไยสดเป็นลำไยอบแห้งเป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าของลำไย นอกจากนี้ลำไยอบแห้งยังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ การอบแห้งลำไยโดยทั่วไปจะใช้พลังงานความร้อนค่อนข้างสิ้นเปลือง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ การศึกษาจลศาสตร์การอบแห้งของลำไยด้วยลมร้อน ทดสอบภายใต้ความเร็วลม 0.5, 1.0, 1.5 m/s และที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 75 C° ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า อัตราส่วนความชื้นลดลงในลักษณะเอ็กซ์โปเนนเชียลตามระยะเวลาของการอบแห้ง แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบชั้นบางถูกนำมาวิเคราะห์ ด้วยเทคนิควิเคราะห์สมการถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น ค่าทางสถิติใช้ในการพิจารณาแบบจำลอง ผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วนความชื้นของการทดลองสอดคล้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Midilli ซึ่งสามารถอธิบายพฤติกรรมการอบแห้งของลำไยได้ดีที่สุด โดยค่าทางสถิติประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) มีค่ามากกว่า 0.998 ทุกค่าอุณหภูมิทดสอบ ค่าไคสแควร์ (χ^2) อยู่ในช่วง 1.4013x10^{-5} และ 5.8425x10^{-5} , ค่า RMSE = 0.00373 และ 0.00761 และ ค่า Sum of residuals อยู่ในช่วง 0.00572 และ 0.19729 ตามลำดับ จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำแปรผันตามอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 9.472 × 10^{-10}, 1.538 × 10^{-9}, และ 2.000 × 10^{-9} m^2/s สอดคล้องอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 C° ตามลำดับ

คำหลัก: แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบชั้นบาง, การอบแห้งด้วยลมร้อน, สัมประสิทธิ์การแพร่

Abstract

Longan is important of agro-product of Thailand a lot yielding in the season, therefore, it is overflow and the prices falls. The transformation from fresh longan to dried longan is one method to more value added. In addition, dried longan is also needed by oversea markets. In process of dried longan, normally it uses a lot of energy. Therefore, the objectives of this study is the kinetic study of hot air drying of longan under air velocity 0.5, 1.0, 1.5 m/s and drying temperature 55, 65, and 75 C° respectively. As a result, moisture ratio is fall down as exponential decay by drying time. Thin layer of mathematical models are analyzed by techniques non-linear regression. The statistical value is examined the model. It was found that the moisture ratio by experimental is most fitted with Midilli model. The statistic values including of the coefficient of determination (r^2) is more than 0.998 in all temperature testing, chi square is in the range of 1.4013×10^{-5} and 5.8425×10^{-5}, root mean square error (RMSE) is in the range 0.00373 and 0.00761, and Sum of residuals is 0.00572 และ 0.19729 respectively. By calculating, the value of diffusivity is 9.472 × 10^{-10}, 1.538 × 10^{-9}, and 2.000 × 10^{-9} m^2/s related with temperature 55, 65 และ 75 C° respectively.

Keywords: Thin layer mathematical model, hot air drying, Diffusion coefficient

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่เน้นผลิตเพื่อการริโภคและการส่งออกเป็นหลัก โดยผลผลิตทางการเกษตรจำแนกตามลักษณะของสินค้า แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ 1.) สินค้าเกษตรกรรม เป็นผลผลิตที่ได้จากเกษตรกรรมโดยตรง ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ใบยาสูบ ถั่วเขียว กาแฟดิบ 2.) สินค้าอุตสาหกรรมการเกษตร เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ผ่านการแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำตาลทราย ผลไม้กระป๋อง ผลิตภัณฑ์ปอ ผลิตภัณฑ์ยาง ผลิตภัณฑ์ผัก และผลิตภัณฑ์ผลไม้ การนำผลผลิตทางการเกษตรที่มีอยู่มากมายนำมาแปรรูปนอกจากจะเก็บไว้รับประทาน จำหน่ายในประเทศแล้วยังส่งออกไปต่างประเทศ ราคาผลผลิตทางการเกษตรที่ขายได้ส่วนใหญ่ในปี พ.ศ. 2559 คือ ผลไม้ เช่น ลำไย ทุเรียน มังคุด และเงาะ ราคาอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศยังคงมีอย่างต่อเนื่อง ด้านการส่งออกสินค้าพืชและผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น ได้แก่ สับปะรดและผลิตภัณฑ์ ลำไยและผลิตภัณฑ์ และทุเรียนและผลิตภัณฑ์ [4]

การอบแห้งลำไยเป็นกระบวนการแปรรูปเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยลมร้อนถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและสิ่งที่ผู้ประกอบการต้องการมากที่สุดคือ การผลิตลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพดี เวลาในการอบแห้งสั้น และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ทั้งนี้กรรมวิธีการผลิตลำไยอบแห้งเชิงพาณิชย์ได้แก่ การอบแห้งลำไยทั้งลูก และการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อ มาตรฐานกรมส่งเสริมการเกษตรและกรมการค้าภายใน ได้กำหนดเกณฑ์ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของลำไยเฉพาะเนื้อที่อบแห้ง โดยเกรด A จะต้องมีลักษณะเป็นผลชัดเจน ขนาดผลสม่ำเสมอ ไม่มีเศษวัสดุเจือปน เนื้อลำไยมีสีเหลืองทอง รสชาติของเนื้อลำไยหวานไม่ขม และเนื้อลำไยแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 ลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมและมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด [5]

โดยทั่วไปการอบแห้งลำไยด้วยลมร้อนค่อนข้างจะใช้เวลาอบแห้งที่ยาวนาน 1-2 วัน ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานในกระบวนการแปรรูปค่อนข้างมาก จากศักยภาพด้านตลาดลำไยอบแห้ง รวมถึงวิธีการแปรรูปที่ได้กล่าวถึงข้างต้น จึงควรมีการศึกษาจลศาสตร์การอบแห้งของลำไยด้วยลมร้อน เพื่อทราบถึงกระบวนการลดความชื้นลำไยที่เหมาะสมและให้ได้ผลผลิตให้มีคุณภาพดี นอกจากนี้จะสามารถออกแบบการใช้พลังงานที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปได้ ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพและเป็นการลดต้นทุนของการแปรรูป [5]

2. แบบจำลองการอบแห้งแบบชั้นบาง

แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการอบแห้งแบบชั้นบางเพื่ออธิบายลักษณะเฉพาะของการอบแห้งผลิตผลการเกษตร โดยสมการจะอยู่ในรูปของเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังสมการ (1)

$$\mathrm{MR} = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \exp(kt) \qquad (1)$$

โดย MR คืออัตราส่วนความชื้น, M คือ ความชื้นวัสดุที่เวลา t ใดๆ (%db), และ M_i คือความชื้นเริ่มต้นวัสดุ (%db) t คือ เวลาการอบแห้ง (min) และ k คือค่าคงที่การอบแห้ง (min^{-1}) นอกจากนี้แบบจำลองการอบแห้งผลิตผลการเกษตรยังมีหลายแบบจำลอง อาทิ Page, Diffusion, Henderson and Pabis, modified Page, Lewis, Midilli and Kucuk, Logarithmic, Two Term, Thompson, Wang and Singh เป็นต้น

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ประมาณการจากกฎการแพร่ข้อที่ 2 ของ Fick สำหรับแผ่นบางเขียนได้ดังสมการ (2)

$$\begin{aligned}\mathrm{MR} &= \frac{M_i - M_e}{M_o - M_e} \\ &= \frac{8}{\pi^2}\sum_{n-1}^{\infty}\frac{1}{(2n+1)^2}\exp\left(\frac{-(2n+1)\pi^2 D_{eff}\, t}{4H^2}\right)\end{aligned} \qquad (2)$$

กำหนดให้ ขณะความชื้นลดลงโดยขนาดวัสดุอบไม่หดตัวเล็กลง ค่าสัมประสิทธ์การแพร่และอุณหภูมิอบแห้งคงที่ ผลเฉลยของสมการที่ (2) สามารถพิจารณาเฉพาะพจน์แรกของอนุกรมคำตอบได้ดังสมการ (3)

$$\ln \mathrm{MR} = \ln\frac{M_i}{M_o} = \ln\frac{8}{\pi^2} - \left(\frac{\pi^2 D_{eff}\, t}{4H^2}\right) \qquad (3)$$

โดย MR เป็นอัตราส่วนความชื้น M_i เป็นค่าความชื้นที่เวลา t ใดๆ M_e เป็นค่าความชื้นสมดุล และ M_o เป็นความชื้นเริ่มต้น (kg น้ำ/kg มวลแห้ง) ค่า H คือครึ่งหนึ่งของความหนาของวัสดุแบบชั้นบาง (m) ค่า D_{eff} คือค่า

สัมประสิทธิ์การแพร่ (m^2/s) จากสมการ (3) ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ สามารถหาได้จากความชันของสมการเส้นตรงของกราฟระหว่าง $\ln MR$ กับเวลา t

$$\text{Slope} = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4H^2} \quad (4)$$

ซอฟท์แวร์ Statistica 10 ถูกใช้วิเคราะห์สมการถดถอย ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรากกำลังสอง (RMSE) ค่าไคสแควร์ (χ^2) และผลรวมความคลาดเคลื่อน (Residuals) ถูกใช้พิจารณาแบบจำลอง ดังสมการ (5) - (7) ตามลำดับ

$$\text{RMSE} = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2\right]^{1/2} \quad (5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{N-p} \quad (6)$$

$$\text{Residuals} = \sum_{i=1}^{N}(MR_{pre,i} - MR_{exp,i}) \quad (7)$$

โดย $MR_{pre,i}$ เป็นอัตราส่วนความชื้นของการทำนาย และ $MR_{exp,i}$ เป็นอัตราส่วนความชื้นจากผลการทดลอง N และ p เป็นจำนวนข้อมูลผลการทดลองและจำนวนค่าคงที่ในสมการถดถอยของแบบจำลอง ตามลำดับ

ค่าที่ได้จากการทดสอบอบแห้งจะถูกทดสอบกับแบบจำลองที่เหมาะสมทั้งหมด 9 แบบจำลองที่แตกต่างกันดังตารางที่ 1

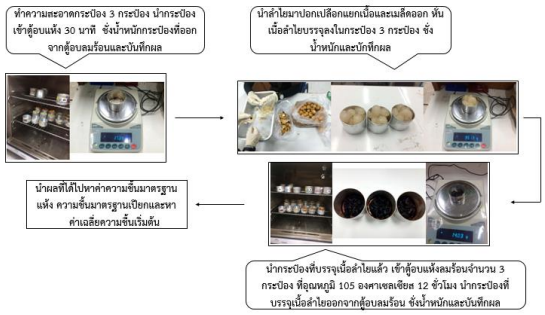
ตารางที่ 1 แบบจำลองการอบแห้งแบบชั้นบาง

	ชื่อแบบจำลอง	รูปแบบสมการ
1	Lewis	$MR = \exp(-kt)$
2	Page	$MR = \exp(-kt^y)$
3	Henderson and Pabis	$MR = a\exp(-kt)$
4	Wang and Singh	$MR = 1 + at + bt^2$
5	Logarithmic	$MR = a\exp(-kt) + C$
6	Two Term Exponential	$MR = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$
7	Midilli	$MR = a\exp(-kt^n) + bt$
8	Approximation of Diffusion	$MR = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kbt)$
9	Verma et al.	$MR = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-gt)$

3. วัสดุและวิธีการทดสอบ

3.1 ลำไย

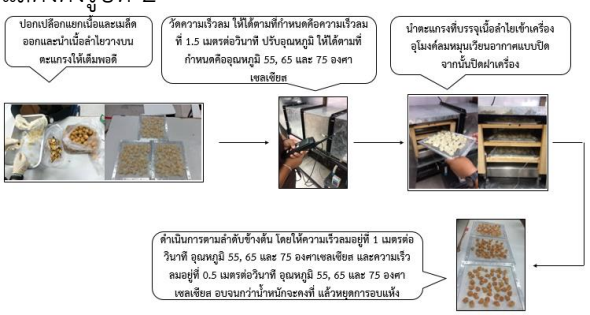
ลำไยจากภาคเหนือสายพันธ์อีดอถูกเลือกใช้ทดลอง ลำไยสมบูรณ์ถูกคัดขนาดลูกใกล้เคียงกัน ถูกล้างทำความสะอาดผึ่งแห้งและทำการแกะเปลือกและลอกเม็ดออกเหลือเพียงเนื้อลำไย ลำไยส่วนหนึ่งถูกนำไปหาความชื้นเริ่มต้น โดยความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยของลำไยประมาณ 480% มาตรฐานแห้ง ลำไยอีกส่วนหนึ่งถูกจัดวางในตะแกรงในแบบชั้นบาง ทดสอบและบันทึกผลน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาอบแห้ง ขั้นตอนการทำแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

3.2 การอบแห้งด้วยลมร้อน

ในการทดสอบอบแห้งลำไย ใช้ความเร็วลมที่ 0.5, 1.0, 1.5 m/s ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน (Testo-425) อุณหภูมิทดสอบ เท่ากับ 55, 65, 75°C ตามลำดับ เนื้อลำไยถูกวางบนตะแกรงซึ่งวางบนเครื่องชั่ง โดยลมร้อนเคลื่อนผ่านตะแกรงในแนวขนานผ่านลำไย น้ำหนักลำไยถูกบันทึกอัตโนมัติทุกๆ 5 นาที และหยุดการทดสอบเมื่อน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือความชื้นเข้าสู่สมดุล ขั้นตอนการทำแสดงดังรูปที่ 2

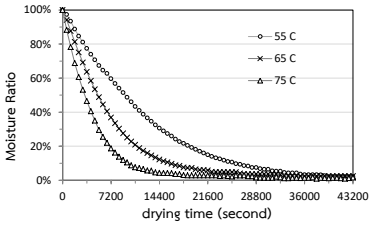


รูปที่ 2 ขั้นตอนการอบแห้งด้วยเครื่องอุโมงค์ลมหมุนเวียนอากาศแบบปิด

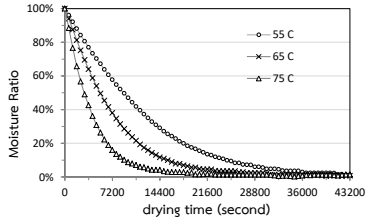
4 ผลการทดสอบ

4.1 ลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนความชื้นลดลงในลักษณะเอ็กซ์โปเนนเชียลตามระยะเวลาของการอบแห้ง โดยควบคุมความเร็วลม 0.5, 1.0, 1.5 m/s แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 (ก) ถึง (ค) ตามลำดับ

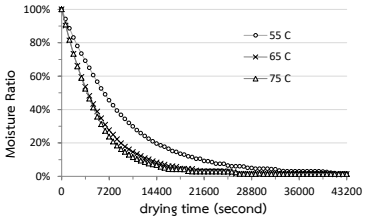


(ก)



(ข)

รูปที่ 3 ลักษณะเฉพาะการอบแห้งเนื้อลำไยที่ความเร็วลม (ก) 0.5 m/s (ข) 1.0 m/s ตามลำดับ



(ค)

รูปที่ 4 ลักษณะเฉพาะการอบแห้งเนื้อลำไยที่ความเร็วลม (ค) 1.5 m/s

4.2 เกณฑ์พิจารณา (สถิติ) แบบจำลองแบบชั้นบาง

จาก 7 แบบจำลองในตารางที่ 1 พบว่าแบบจำลองสอดคล้องกับการทดสอบอบแห้งแบบชั้นบางมากที่สุดคือแบบจำลองของ Midilli ค่าทางสถิติถูกสรุปในตารางที่ 2

จากการวิเคราะห์สมการการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (Non–linear regression) ค่าสถิติของทุกอุณหภูมิ $r^2 > 0.998$, $\chi^2 = 1.4013\times10^{-5} - 5.8425\times10^{-5}$, Sum of residuals = 0.00572 – 0.19729 และ RMSE = 0.00373 – 0.00761

ตารางที่ 2 เกณฑ์พิจารณา (สถิติ) แบบจำลองแบบชั้นบาง

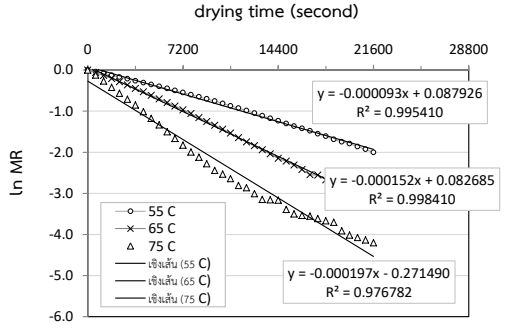
No.	Model constants	r^2	x^2	RMSE	Sum of residuals
1.					
55 °C	k=0.00008590	0.9979	3.3167E-04	0.01813	-0.40446
65 °C	k=0.00013756	0.9981	1.2150E-04	0.01097	0.17619
75 °C	k=0.00024227	0.9982	8.7896E-05	0.00933	0.63461
2.					
55 °C	k=0.00002057, y=1.14920348	0.9997	1.8128E-05	0.00424	-0.04918
65 °C	k=0.00005768, y=1.09563234	0.9994	4.0275E-05	0.00632	0.38442
75 °C	k=0.00020017, y= 1.02241917	0.9985	8.5254E-05	0.00919	0.66975
3.					
55 °C	a= 1.05302072, k=0.00009021	0.9976	1.9409E-04	0.01387	-0.49871
65 °C	a= 1.03960270, k=0.00014287	0.9986	7.1505E-05	0.00842	0.14402
75 °C	a=1.01531780, k=0.00024599	0.9985	8.3176E-05	0.00908	0.62685
4.					
55 °C	a=-0.00004786, b=5.2971E-10	0.9436	6.8542E-03	0.08242	-2.16617
65 °C	a=-0.00005374,b=6.3526E-10	0.8172	2.2567E-02	0.14955	-4.45907
75 °C	a=-0.00005685, b=6.9202E-10	0.6186	4.6598E-02	0.21490	-7.05811
5.					
55 °C	a=1.05609402, k=0.00008659, c=-0.01212041	0.9979	1.4045E-04	0.01180	0.00000
65 °C	a= 1.03914369, k=0.00014399, c=0.00217467	0.9986	6.8680E-05	0.00825	0.00000
75 °C	a=1.01350307, k=0.00025280, c=0.00736482	0.9987	4.1493E-05	0.00641	0.00000

No.	Model constants	r^2	x^2	RMSE	Sum of residuals
6.					
55 °C	a=1.67401535, k=0.00011148	0.9998	1.2434E-05	0.00351	-0.05624
No.	Model constants	r^2	x^2	RMSE	Sum of residuals
65 °C	a=1.58640213, k=0.00017073	0.9995	4.1636E-05	0.00642	0.41487
75 °C	a=0.70693604, k=0.00026951	0.9981	8.5788E-05	0.00922	0.57847
7.					
55 °C	a=0.98694666, k=0.00001640, n=1.17152758, b=7.1089E-09	0.9998	1.4013E-05	0.00373	0.00572
65 °C	a=1.00460449, k=0.00005677, n=1.09847674, b=9.8176E-08	0.9995	2.6370E-05	0.00511	0.07382
75 °C	a=1.01143302, k=0.00021417, n=1.01632011, b=1.3008E-07	0.9982	5.8425E-05	0.00761	0.19729
8.					
55 °C	a=11.40328614, k=0.00013169, b=1.05013151	0.9998	1.0896E-05	0.00329	0.00528
65 °C	a=16.88985555, k=0.00011204, b=0.98762028	0.9983	1.0431E-04	0.01017	0.37218
75 °C	a=0.50414708, k=0.00024144, b=1.00688227	0.9982	8.7895E-05	0.00933	0.63454
9.					
55 °C	a=-26.70483411, k=0.00005935, g=0.00006011	0.9983	1.4237E-04	0.01188	0.31923
65 °C	a=-16.36988878, k=0.00011067, g=0.00011202	0.9983	1.0431E-04	0.01017	0.37220
75 °C	a=-1.52531588, k=0.00024217, g=0.00024221	0.9982	8.7896E-05	0.00933	0.63462

จากการพิจารณาค่าสถิติแบบจำลองแบบชั้นบาง ได้ผลว่า สมการของ Midilli ใช้อธิบายพฤติกรรมการอบแห้งของลำไยได้ดีที่สุด

4.3 สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำในเนื้อลำไย (D_{eff})

จากสมการที่ 4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำแปรผันตามอุณหภูมิ ซึ่งทำนายจากผลสมการเส้นตรงระหว่างค่า $\ln MR$ กับเวลาอบแห้ง จะได้ค่า D_{eff} ที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 75 C° เท่ากับ 9.472×10^{-10}, 1.538×10^{-9} และ $2.000\times10^{-9} m^2/s$ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟ ln(MR) กับเวลาการอบแห้ง เพื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ

5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาจลศาสตร์การอบแห้งของลำไยด้วยลมร้อน พบว่าอัตราส่วนความชื้นลดลงในลักษณะเอ็กซ์โปเนนเชียลตามระยะเวลาของการอบแห้ง โดยควบคุมความเร็วลม 0.5, 1.0, 1.5 m/s และที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 75 C° ซึ่งอธิบายได้โดย เกณฑ์การพิจารณา (สถิติ) แบบจำลองแบบชั้นบาง อัตราการอบแห้งของลำไยสอดคล้องกับการอบแห้งแบบชั้นบางทั่วไป การคำนวณทางสถิติถูกสรุปในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์สมการการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (Non – linear regression) พบว่าแบบจำลองของ Midilli ใช้อธิบายพฤติกรรมการอบแห้งของลำไยได้ดีที่สุด จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำแปรผันตามอุณหภูมิ D_{eff} ที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 75 C° เท่ากับ 9.472×10^{-10}, 1.538×10^{-9} และ 2.000×10^{-9} m^2/s ตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้อยู่ภายใต้โครงงานระดับปริญญาตรี ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

การศึกษาจลศาสตร์การอบแห้งของลำไยด้วยลมร้อน สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ขอขอบพระคุณ ดร.ภูชิสส์ ตันวาณิชกุล ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ทฤษฎีและองค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องของโครงงานจนได้รับความสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กฤษณ์ อภิญญาวิศิษฐ์ และคณะ, 2555. การอบแห้งลำไยด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อน . [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.phtnet.org/download/phtic-seminar/1077.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2561.

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนา, 2552. ภาวะเศรษฐกิจไทย และเศรษฐกิจการเกษตร ไตรมาสที่ 1 . [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.oae.go.thg เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2561.

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนา ธ.ก.ส., 2559. แนวโน้มราคาลำไย ป พ.ศ.2558/2559 [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.kasetkaoklai.com เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2561.

[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนา ธ.ก.ส., 2559. ปัญหาการผลิตลำไย ปการผลิต 2558/2559 [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.kasetkaoklai.com เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2561.

[5] สมบัติ ขอทวีวัฒนาม, 2526. หลักการอบแห้ง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา htpp://www.kmutt.ac.th/foodeng/download/mini-food-eng-drying.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 23/04/2561.

[6] สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่, 2558. การปลูกลำไยในประเทศไทย [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.ndoae.doae.go.th เข้าดูเมื่อวันที่ 23/04/2561.

[7] A. Ruiz Celma a, S. Rojasa, F. Lopez-Rodriguezb (2007). Chemical. Engineering and Processing: Process Intensification. URL: http://www.sciencedirect.com, access on 15/05/2018.

[8] Gorlin, S. M, Slezinger, 2015. Wind Tunnels and Their Instrumentation, Israel Program for Scientific Translations Jerusalem. URL: htpp://www.trove.nla.gov.au, access on 15/05/2018.

[9] Mehta, R. D, Bradshaw, 2016. Design Rules for Small Low Speed Wind Tunnel. URL: htpp://www.cambridge.or, access on 27/04/2018.

[10] Miguel A. González Hernández, 2016. Design Methodology for a Quick and Low - Cost Wind Tunnel. URL: htpp://www.cdn.intechopen.com/pdfs/42327/InTech, access on 25/05/2018.

[11] R.K Goyala, ARP. Kineslyb, M.R. Manikantana, S. Mllyasa, 2006. Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. URL: htpp://www.sciencedirect.com, access on 12/05/2018.

การพัฒนาอุโมงค์ลมสำหรับศึกษาลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

The Development of Wind Tunnel for Characteristic Drying Study

ณัฐิวุฒิ สุริยสุภาพงศ์, สิริรัตน์ วันโสม, สุดาภรณ์ ประเสวะกา, ภูชิสส์ ตันวาณิชกุล*

สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

*ผู้ติดต่อ: Email, dr.bhuchiss@gmail.com, 089-7778623

บทคัดย่อ

การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นกระบวนการเก็บรักษาอาหารประเภทหนึ่ง เพื่อยืดอายุผลิตภัณฑ์ในขณะที่ยังคงรักษาสารอาหารและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ปัจจัยที่สำคัญในการอบแห้งด้วยลมร้อน ประกอบด้วยอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเร็วลม ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังนั้นวัตถุประสงค์การศึกษานี้ คือ การออกแบบและพัฒนาอุโมงค์ลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อการศึกษาการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สำหรับประเภทของการพัฒนาอุโมงค์ลม ทิศทางการไหลของอากาศแบบย้อนกลับถูกเลือกใช้เพื่อลดการใช้พลังงานความร้อน จากการพัฒนาอุโมงค์ลมสามารถควบคุมให้อากาศร้อนอยู่ในปัจจัย ความเร็วลม ไม่ต่ำกว่า 2 m/s อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 40-70°C และความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ 80% นอกจากนี้ในการพัฒนาอุโมงค์ลม เครื่องชั่งซึ่งติดตั้งภายในอุโมงค์ลมถูกทดสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักซึ่งแปรผันตามอุณหภูมิ ผลการทดสอบพบว่าน้ำหนักบันทึกมีค่าคงที่เมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

คำหลัก : อุโมงค์ลมแบบหมุนเวียนอากาศ, การอบแห้งแบบลมร้อน, การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

Abstract

Drying is a process in food preservation for prolonging food life and maintain nutrient with safely for consumer. The key factors in drying process are includes of the temperature of air, relative humidity of air, and air velocity which is different in each product. Therefore the objectives of this study are design and development of wind tunnel in laboratory scale in order to drying study of agro-product. For type of wind tunnel in the development, returning air type is chosen in tunnel for reducing the energy consumption. According to the development of wind tunnel, drying key factors can be controlled as the air velocity is at least 2 m/s, the air temperature is in the range 40-70°C, and the relative humidity of air is not less than 80%. Moreover, in the development, the digital weight scale installing inside tunnel is tested under varying air temperature. As a result, the recorded weight is constant while the air temperature is not change.

Keywords: Return air wind tunnel, Hot air drying, Hot air dryer development

1. บทนำ

การอบแห้งเป็นกระบวนการสำคัญในกระบวนการแปรรูปอาหารและวัสดุทางชีวภาพ [1] การอบแห้งอาหารและวัสดุทางชีวภาพด้วยวิธีการและเงื่อนไขที่เหมาะสมจะยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลานานและยังคงรักษาสมบัติที่ต้องการไว้ การอบแห้งในครัวเรือนส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพต่ำในแง่ของคุณภาพผลิตภัณฑ์และการใช้พลังงาน ในอีกด้านหนึ่งภาคอุตสาหกรรมมีการใช้เทคนิคการอบแห้งที่หลากหลาย อุโมงค์ลมถูกนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งองุ่น (ลูกเกด) [2] ห้องอบแห้งออกแบบเป็นอุโมงค์ ภายในบรรจุรถเข็นถาดองุ่น อากาศจะถูกทำให้ร้อนและถูกบังคับโดยเตาเผาไหม้และเครื่องระบายอากาศตามลำดับภายในห้อง ด้านท้ายอุโมงค์ลมติดตั้งส่วนบังคับการไหลอากาศ เพื่อลดการไหลย้อนกลับ

ของอากาศ [3] การปรับปรุงนี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

อุโมงค์ลมระดับห้องปฏิบัติการทั่วไปได้รับการพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานประเภทของอุโมงค์ ตามคำนิยาม [4] อุโมงค์ลมสำหรับการทดสอบทางวิศวกรรม คือ พื้นที่ทดสอบโดยบังคับอากาศให้ไหลผ่านพื้นที่ การตรวจวัดข้อมูลทำได้โดยเครื่องมือเฉพาะ เพื่อตรวจสอบการไหลของอากาศที่มีผลต่อวัสดุทดสอบ อุโมงค์ลมแบ่งออกตามเส้นทางไหลของอากาศได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) อุโมงค์ลมอุโมงค์แบบเปิด (Open Wind Tunnel) และอุโมงค์ลมแบบเวียนอากาศ (Return Wind Tunnel)

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า อุโมงค์ลมระดับห้องปฏิบัติการสามารถทำความร้อนในช่วง 40-80°C [1], [5]-[7] ในขณะที่บางเครื่องทำความร้อนได้สูงถึง 100°C [8]. อัตราการไหลของอากาศแบ่งออกเป็น 3 ระดับ เช่น ต่ำกว่า 0.5 m/s ช่วงอัตราเร็ว 0.5-2 m/s และ มากกว่า 2 m/s สำหรับ อัตราการไหลแบบต่ำ [5], ปานกลาง [1], [3], [9] และสูง [7] ตามลำดับ

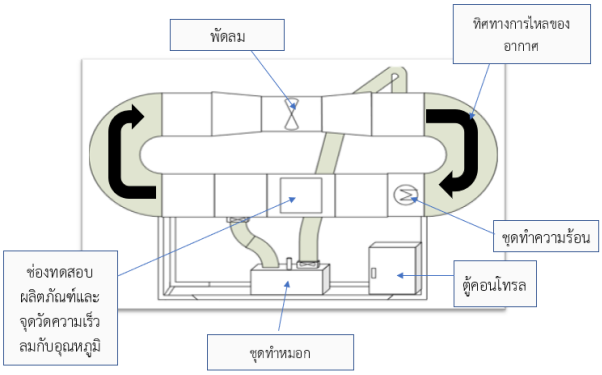
ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อพัฒนาอุโมงค์ลมขนาดเล็กสำหรับห้องปฏิบัติการให้สามารถควบคุมความเร็วการไหลของอากาศในระดับต่ำ อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ โดยมีเป้าหมายให้สามารถควบคุมความเร็วอากาศ ช่วงไม่เกิน 3 m/s อุณหภูมิ ช่วง 40-80°C และความชื้นสัมพัทธ์อากาศได้ถึง 80%

2. วิธีการศึกษา

2.1 แบบแนวคิดและการจัดสร้าง

แนวคิดของการออกแบบอุโมงค์ลมระดับห้องปฏิบัติการแบ่งออกเป็นส่วนประกอบสำคัญ คือ 1) โครงสร้าง อุโมงค์ลมเป็นแบบบังคับอากาศไหลแบบวนกลับเพื่อลดการใช้พลังงาน โครงสร้างสามารถแยกชิ้นส่วนเพื่อง่ายต่อการดัดแปลง ทำจากแผ่นเหล็กบาง หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ภายในติดตั้งชุดกระจายอากาศลดความปั่นป่วนของอากาศบริเวณทดสอบวัสดุ และ 2) อุปกรณ์ควบคุม ประกอบด้วย พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนสามารถปรับความเร็วการไหลของอากาศได้ในช่วงทดสอบ 1.0-3.0 m/s ฮีทเตอร์ครีบสำหรับทำอากาศร้อน ชุดตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิอากาศด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค พร้อมคอนโทรลเลอร์แบบ PID อุณหภูมิใช้งานออกแบบให้อยู่ในช่วง 40-80°C อุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ด้วยเครื่องทำหมอกและคอนโทรลเลอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ ช่วงการทำความชื้นสัมพัทธ์อากาศได้ไม่ต่ำกว่า 90% นอกจากนี้ยังออกแบบให้มีเครื่องชั่งติดตั้งภายในอุโมงค์ลม เพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักแบบต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 1.

จากแนวคิดการพัฒนาอุโมงค์ลม ได้ดำเนินการจัดสร้าง โดยติดตั้งโบลเวอร์ขนาด 350 W พร้อมชุดปรับความเร็วรอบ ฮีทเตอร์ครีบขนาด 6,000 W พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิตอล เครื่องผลิตความชื้นแบบหมอก พร้อมชุดควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ภายในติดตั้งเครื่องชั่งพิกัด 20 กิโลกรัม ความละเอียด 1 กรัม เชื่อมต่อชุดบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ อุโมงค์ที่จัดสร้างแล้วเสร็จแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แบบแนวคิดของอุโมงค์ลมและอุปกรณ์ประกอบ



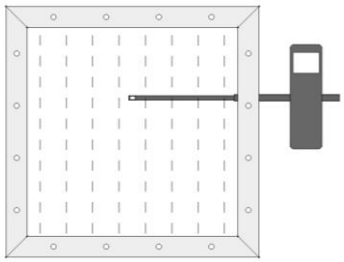
รูปที่ 2 อุโมงค์ลมระดับห้องปฏิบัติการพร้อมอุปกรณ์

2.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบ

2.2.1 ทดสอบอัตราการไหลของอากาศ

ในการทดสอบอัตราการไหลของอากาศ ใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน (Testo 425) โดยตรวจวัดในแต่ละตำแหน่งตามหน้าตัดของอุโมงค์ลม

พร้อมกับปรับความต่างศักย์ของเรกูเลเตอร์คุมความถี่มอเตอร์ แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตำแหน่งหัววัดความเร็วลม ตามหน้าตัดอุโมงค์ลม

2.2.2 ทดสอบอุณหภูมิอากาศ

การทดสอบการทำความร้อนของอุโมงค์ลม ทดสอบกับความเร็วลมแตกต่างกันที่ 1.0, 1.5 และ 2.0 m/s ตามลำดับ โดยตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการสูงสุด ทำการจับเวลาพร้อมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและบันทึกผล

2.2.3 ทดสอบความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

การทดสอบสมรรถนะการทำความชื้นของอุโมงค์ลม ทำโดยการตั้งค่าความชื้นที่ต้องการสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการทดสอบในช่วง 50, 60, ถึง 70°C หลังจากนั้นบันทึกการเปลี่ยนแปลงความชื้นพร้อมเวลาที่อุโมงค์ลมสามารถทำความชื้นได้

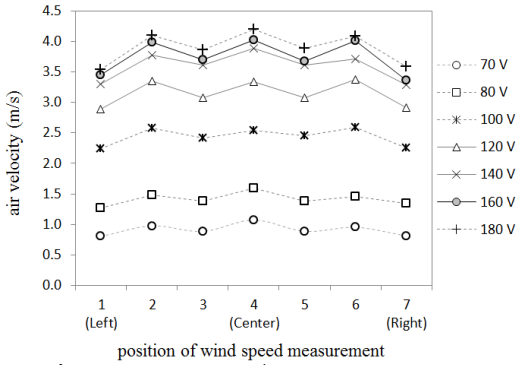
2.2.4 ทดสอบเครื่องชั่งภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การทดสอบเครื่องชั่งอัตโนมัติ ทำการทดสอบภายใต้สภาวะอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจาก 40, 50, 60, ถึง 70°C ตามลำดับ โดยทำการทดสอบ 2 กรณี คือ แบบไม่มีตุ้มน้ำหนักวาง และ แบบมีตุ้มน้ำหนักวางบนเครื่องชั่ง บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิ

3 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบ

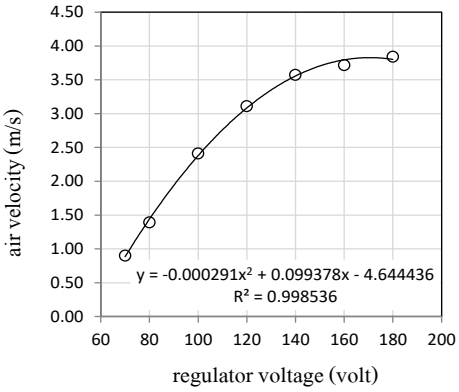
3.1 ผลการทดสอบอัตราการไหลของอากาศ

ในการทดลองที่มีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าคือเริ่มจาก 70 ถึง 180 โวลต์ ผลจากการทดลองพบว่าความเร็วอากาศภายในอุโมงค์ลมแปรผันตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้พัดลม ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลความเร็วลมที่สัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้า

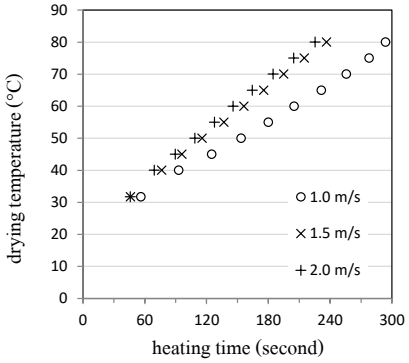
ทำการเฉลี่ยค่าความเร็วลมตามหน้าตัดอุโมงค์ลม ทำการพล็อตกราฟระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วลมเฉลี่ย วิเคราะห์สมการแบบโพลิโนเมียล ได้ค่าสถิติที่ R^2=0.998 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูบท 5 ความเรวลมเฉลยสมพนธกบแรงดนเพพา

3.2 ผลการทดสอบอุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิเริ่มต้นภายในห้องทดสอบเริ่มต้นที่ 31°C กำหนดค่าสูงสุดในการทดสอบที่ 80°C ผลการทดสอบได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 6

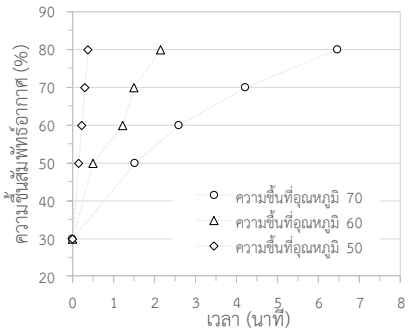


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วลมแตกต่างกัน

จากรูปที่ 6 อัตราการทำความร้อนเมื่อเทียบกับเวลาค่อนข้างเป็นเชิงเส้น และสามารถทำอากาศร้อนได้ถึง 80°C ภายใน 5 นาที ที่ความเร็วลม 2 m/s

3.2 ผลทดสอบความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

ความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นของอากาศประมาณ 30% โดยตั้งค่าสูงสุดความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในอุโมงค์ลม 90% ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นตามเวลาของแต่ละอุณหภูมิทดสอบ แสดงดังรูปที่ 7

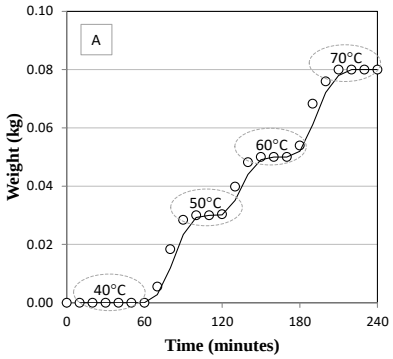


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในอุโมงค์ลมกับเวลา ที่อุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน

ผลการทดสอบพบว่าอุโมงค์ลมสามารถทำความชื้นสัมพัทธ์อากาศได้ถึง 80% ที่อุณหภูมิอากาศ 70°C ภายใน 7 นาที

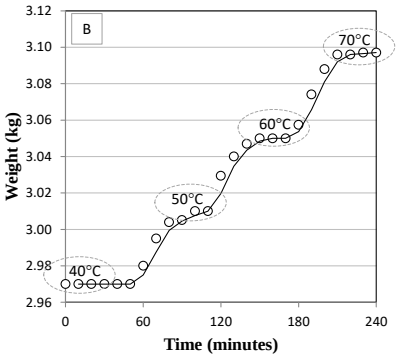
3.2 ผลทดสอบเครื่องชั่งภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การทดสอบน้ำหนักของเครื่องชั่งในสภาวะเริ่มต้นไม่มีตุ้มน้ำหนัก (0 kg) และมีตุ้มน้ำหนัก (2.97 kg) เทียบกับอุณหภูมิ 40-70°C ที่ความเร็วลม 1.5 m/s แสดงดังรูปที่ 8-9 ตามลำดับ



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเครื่องชั่งตามอุณหภูมิ กรณี ไม่มีตุ้มน้ำหนักเริ่มต้น (0 kg)

จากรูปที่ 8 พบว่าน้ำหนักเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแบบเชิงเส้น น้ำหนักจากเครื่องชั่งเข้าสู่สมดุลอุณหภูมิได้เร็ว จึงเกิดปรากฏการณ์ขั้นบันได ดังรูป



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเครื่องชั่งตามอุณหภูมิ กรณี มีตุ้มน้ำหนักเริ่มต้น (2.97 กก.)

4. สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาอุโมงค์ลมระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำความเร็วอากาศคงที่ได้ถึงมากกว่า 4 m/s และให้ความร้อนได้ถึง 80°C สามารถทำความชื้นอากาศภายในอุโมงค์ลมได้ถึง 80% ที่อุณหภูมิ 70°C นอกจากนี้เครื่องชั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักภายใต้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการคำนวณน้ำหนักที่แท้จริงในกรณี การทำการทดสอบภายใต้สภาวะที่ต้องปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ แต่ในความเป็นจริงระดับการทดสอบ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุมให้คงที่ในแต่ละการทดสอบการอบแห้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาอุโมงค์ลมสำหรับศึกษาลักษณะเฉพาะของการอบแห้งสำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ขอขอบพระคุณ ดร. ภูชิสส์ ตันวาณิชกุล ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ทฤษฎีและองค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องของโครงงานจนได้รับความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น (RMUTI) ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนการวิจัยจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินการจัดทำโครงงาน

ครั้งนี้คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Zhu and X. Shen. (2014). The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 72, pp. 345–351.

[2] James F. Thompson, Tunnel dehydration, Chapter 29, pp. 224-227.

[3] Ronald L. Adams and James F. Thompson, (1985). Improving drying uniformity in concurrent flow tunnel dehydrators. Transaction of ASAE vol. 28, No. 3, pp. 890-892.

[4] Josué Njock Libii, Wind Tunnels in Engineering Education, Wind Tunnels and xperimental Fluid Dynamics Research, (Indiana University-Purdue University Fort Wayne USA), p235-238.

[5] T. Orikasa, S. Koide, S. Okamoto, T. Imaizumi, Y. Muramatsu, J-ichi Takeda, T. Shiina, A. Tagawa. (2014). Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices, Journal of Food Engineering, vol. 125, pp. 51–58.

[6] L.S. (Ceclu), E. Botez, O. V. Nistor, D. G. Andronoiu, G. D. Mocanu. (2016). Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices, Food Chemistry, vol. 195, pp. 104–109, 2016.

[7] C. Fiorentini, S.M. Demarchi, N.A. Quintero Ruiz, R.M. Torrez Irigoyen, S.A. Giner. (2015). Arrhenius activation energy for water diffusion during drying of tomato leathers: The concept of characteristic product temperature, biosystems engineering, vol. 132, pp. 39-46.

[8] Y.W. Huang, M.Q. Chen, L. Jia, (2016). Assessment on thermal behavior of municipal sewage sludge thin-layer during hot air forced convective drying, Applied Thermal Engineering, vol. 96, pp. 209–216.

[9] E. Mirzaee, S. Rafiee, A. Keyhani, Z. Emam-Djomeh, (2009). Determining of moisture diffusivity and activation energy in drying of apricots, RES. AGR. ENG., vol. 55, pp. 114–120.

[10] Tanwanichkul B., The Prototype of Hot Air Dryer Development for Drying Characteristic Study. The 9th International Conference on Sciences, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB 2017), Kunming University of Sciences and Technology, China, 26-28 June 2017.

การจำลองการถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

Simulation of heat transfer and pressure drop in a plate heat exchanger

นายวสุ พิริยะกุลวัฒน์*, และ อาทิตย์ คูณศรีสุข

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: wasu_piriya@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0-4422-4410, เบอร์โทรสาร 0-4422-4411

บทคัดย่อ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchangers, PHEs) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญและถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในงานด้านวิศวกรรม เช่น นำมาใช้เป็นเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นสำหรับโรงไฟฟ้า อัตราการถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่ถูกติดตั้งในโรงไฟฟ้าจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการ ดังนั้นการทำนายค่าการถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียได้อย่างถูกต้องจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่ใช้ R32 R245fa และ R134a เป็นสารทำงาน โดยจะทำการปรับอุณหภูมิอิ่มตัว ฟลักซ์มวล และฟลักซ์ความร้อน เพื่อหาผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะพบว่าความดันสูญเสียรวมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อฟลักซ์มวลเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิอิ่มตัวลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนไม่ขึ้นอยู่กับฟลักซ์ความร้อนเมื่อสารทำงานอยู่ในสถานะของเหลวอิ่มตัวและไออิ่มตัวที่ทางเข้าและออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

คำหลัก: เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่น เครื่องระเหย ความดันสูญเสีย สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน การเปลี่ยนสถานะ

Abstract

Plate heat exchangers (PHEs) have been widely used in power plants and factories. The rate of heat transfer and pressure drop across the plate heat exchanger affect the investment and operating costs of power plants. Therefore, it is important to be able to predict them accurately. The aim of this study is to simulate the evaporation process in an evaporator of organic Rankine cycle (ORC) power plants. In this paper, a code was developed to predict the heat transfer coefficient and pressure loss across a plate heat exchanger. R32 R245fa and R134a are selected as the working fluid. The operating saturation temperature, mass flux and heat flux are varying to determine their effects. It was found that the total pressure drop increases with the increase of the mass flux and with the decrease of the saturation temperature. It was also found that the heat transfer coefficient is weakly dependent on the heat flux when the working fluid are saturation liquid and saturation vapor at the inlet and outlet of the plate heat exchanger respectively.

Keywords: Plate heat exchanger; Evaporator; Pressure drop; Heat transfer coefficient; Phase change

1. บทนำ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรม โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเป็นชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เป็นเครื่องระเหย (evaporator) ในโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเนื่องจากพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดของตัวอุปกรณ์เอง และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับชนิดอื่น [1] อีกทั้งในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคการเชื่อมติดแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นสามารถรับแรงดันและอุณหภูมิได้มากขึ้น ส่งผลให้สามารถใช้ในงานที่สารทำงานมีการเปลี่ยนสถานะได้เป็นอย่างดี [2]

เมื่อสารทำงานไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและมีการเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้น (flow boiling) การถ่ายเทความร้อนจะประกอบด้วย 2 กลไก คือ nucleate boiling และ convective boiling โดย Huang et al. [3] พบว่า nucleate boiling จะเป็นกลไกหลัก เมื่อคุณภาพไอ (vapour quality) ที่ทางออกมีค่าเท่ากับ 0.4 – 1 และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับฟลักซ์ความร้อน (heat flux) เป็นหลัก

การเดือดแบบไหลภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเป็นกระบวนที่มีความซับซ้อนซึ่งได้รับผลกระทบจากฟลักซ์มวล ฟลักซ์ความร้อน คุณภาพไอ อุณหภูมิอิ่มตัว คุณสมบัติของสารทำงาน และโครงสร้างภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อย่างไรก็ตาม มีบทความวิจัยจำนวนหนึ่งนำเสนออิทธิพลของอุณหภูมิอิ่มตัวและชนิดของสารทำงานที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดย Khan et al. [4] ได้ทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียของ ammonia ที่มีอุณหภูมิระหว่าง -25°C ถึง -2°C พบว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอิ่มตัวสูงขึ้น Han et al. [5] ได้ทดลองโดยใช้สารทำงานเป็น R140A และ R22 และปรับอุณหภูมิระเหยเป็น 5°C, 10°C และ 15°C พบว่าค่าทั้งสองจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิระเหยลดลง

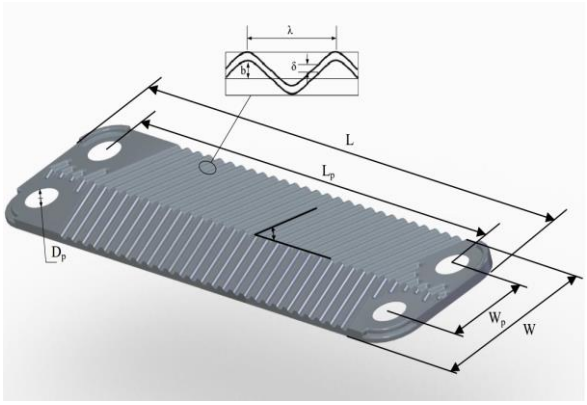
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนและความดันสูญเสียเป็นสิ่งที่ได้รับผลกระทบจากเงื่อนไขสภาวะการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาเนื่องจากมีผลต่อการออกแบบระบบ ในงานวิจัยนี้จึงทำการจำลองเชิงตัวเลขเพื่อหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียด้วยโปรแกรม MATLAB ร่วมกับ NIST REFPROP [7]

2. วิธีดำเนินงาน

ในบทความนี้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่ใช้จำลองมีข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

Parameters	Value
Length, *L* (mm)	317
Width, *W* (mm)	76
Port-to-port length, L_p (mm)	278
Corrugation pitch, λ (mm)	7
Amplitude of corrugation, *b* (mm)	1
Hydraulic diameter, D_h (mm)	3.4
Heat transfer area (m^2)	0.186

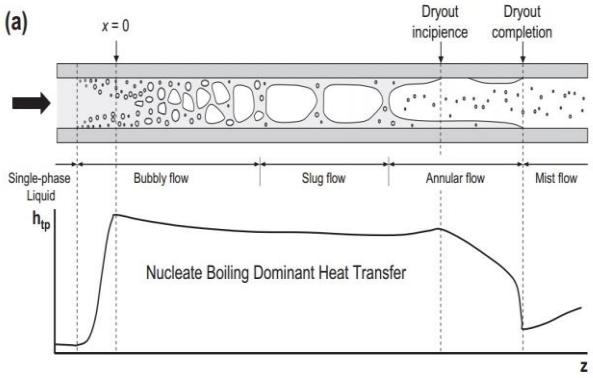


รูปที่ 1 ลักษณะภายในของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

และแบ่งการจำลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 การทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ในการเดือดของสารทำงานเมื่อผ่านช่องที่มีขนาดเล็กจะมีลักษณะดังรูปที่ 1



รูปที่ 2 Nucleate boiling heat transfer [6]

จากรูปที่ 2 เมื่อสารทำงานเริ่มกลายเป็นไอทั้งหมดในช่วง annular flow และ mist flow ในช่วงนี้จะเรียกว่า dryout regime สมการที่ใช้ในการทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจึงมีลักษณะดังสมการที่ 1

$$h_{tp} = \frac{x_{cri} - x_{in}}{x_{out} - x_{in}} h_{cooper} + \frac{x_{out} - x_{cri}}{x_{out} - x_{in}} h_v \qquad (1)$$

เมื่อ h_{tp} คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเมื่อสารทำงานมีการเปลี่ยนสถานะ, W/m^{2}K

x คือ ค่าคุณภาพของไอ

ความสัมพันธ์นี้แสดงถึงกระบวนการถ่ายเทความร้อนในช่วง dryout และเป็นการเดือดแบบ nucleate โดย h_v และ h_{cooper} มีนิยามดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$h_v = 0.023 \mathrm{Re}_v^{0.8} \mathrm{Pr}_v^{0.4} \frac{k_v}{D_h} \qquad (2)$$

$$h_{cooper} = 35 P_r^{0.12} (-\log_{10} P_r)^{-0.55} M^{-0.5} q^{0.67} \qquad (3)$$

เมื่อ *Re* คือ Reynold number

Pr คือ Prandtl number

P_r คือ ความดันที่ปรับลดลง, Pa

D_h คือ Hydraulic diameter, m

M คือ น้ำหนักโมเลกุล, g/mol

q คือ ฟลักซ์ความร้อน, W/m^2

คุณภาพไอวิกฤต (Critical vapour quality, x_{cri}) นำไปสู่การคำนวณสัดส่วนของ nucleate boiling และ dryout ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด โดย x_{cri} มีนิยามดังสมการที่ 4

$$x_{cri} = x_{out}, x_{out} < x_{di}$$
$$x_{cri} = x_{di}, x_{out} \geq x_{di} \qquad (4)$$

โดยคุณภาพไอที่เริ่มเข้าสู่ช่วง dryout (dryout inception quality, x_{di}) มีนิยามดังสมการที่ 5

$$x_{di} = 0.58 * \exp[0.54 - 8.513 \mathrm{x} 10^6 \cdot \mathrm{We}_v^{-2.3644} \mathrm{Fr}_v^{3.2282} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{7.8831}] \qquad (5)$$

Fr_v และ We_v คือ vapour Froude number และ vapour Weber number

$$Fr_v = \frac{G^2}{g \rho_v^2 D_h} \qquad (6)$$

$$We_v = \frac{G^2 D_h}{g \rho_v \sigma} \qquad (7)$$

เมื่อ *G* คือ ฟลักซ์มวล, kg/m^{2}s

g คือ ความเร่งจากแรงโน้มถ่วง, m/s^2

ρ_v คือ ความหนาแน่นของสารทำงานที่มีสถานะเป็นไอ, kg/m^3

ρ_l คือ ความหนาแน่นของสารทำงานที่มีสถานะเป็นของเหลว, kg/m^3

σ คือ แรงตึงผิว, N/m

2.2 การทำนายความดันสูญเสีย

ความดันสูญเสียรวมประกอบไปด้วยความดันสูญเสียจากแรงเสียดทาน ความดันสูญเสียที่ทางเข้าออก ความดันสูญเสียที่เกิดจากแรงโน้มถ่วง และความดันสูญเสียที่เกิดจากการเร่งตัวของสารทำงาน ดังสมการที่ 8

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{fric} + \Delta P_{port} + \Delta P_g + \Delta P_{acc} \qquad (8)$$

เมื่อความดันสูญเสียที่เกิดจากแรงเสียดทานสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 9

$$\Delta P_{fric} = 2 f_{tp} \frac{L_p G_{wf}^2}{D_h \rho_m} \qquad (9)$$

โดยที่ friction factor สามารถหาได้จากสมการที่ 10

$$f_{tp} = 0.2090\,\mathrm{Re}_{eq}^{0.6043}\,\mathrm{Re}_{lo}^{-0.5}, \mathrm{Re}_{eq} > 6000$$
$$f_{tp} = 0.0672\,\mathrm{Re}_{eq}^{0.7279}\,\mathrm{Re}_{lo}^{-0.5}, \mathrm{Re}_{eq} < 6000 \quad (10)$$

ความดันสูญเสียที่ทางเข้าออกสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11

$$\Delta P_{port} = 0.75\frac{G_p^2}{\rho_m} \quad (11)$$

ความดันสูญเสียที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 12

$$\Delta P_g = \rho_m g L_p \quad (12)$$

และความดันสูญเสียที่เกิดจากการเร่งตัวของสารทำงานสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 13

$$\Delta P_{acc} = G_{wf}^2 \Delta x\left(\frac{1}{\rho_v} - \frac{1}{\rho_l}\right) \quad (13)$$

สำหรับสารทำงานที่เลือกมาใช้ในการศึกษานี้ คือ R32 (CH_2F_2) R134a ($C_2H_2F_2$) และ R245fa ($C_3H_3F_5$) เนื่องจากเมื่อเทียบกับสารทำงานชนิดอื่นที่ความดันเดียวกัน สารทำงานที่เลือกมีจุดเดือดต่ำส่งผลให้ได้งานสุทธิมากกว่าสารทำงานชนิดอื่น และมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและด้านสิ่งแวดล้อมของ R32

Fluids	$T_{boiling}$ (°C)	$T_{critical}$ (°C)	ALT[1] (ปี)	ODP[2]	GWP[3] (100 ปี)
R32	-52	78.11	4.9	0	675
R134a	-26.3	101.06	14	0	1,430
R245fa	15	154.05	7.6	0	1,030

1. การคงสภาพของสารในบรรยากาศ (Atmospheric Lifetime, ALT)

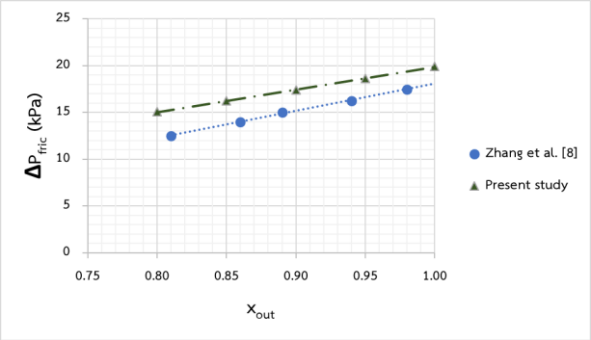
2. ค่าศักยภาพในการทำลายโอโซน (Ozone Depletion Potential, ODP)

3. ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP)

3. การตรวจสอบความถูกต้อง

งานวิจัยนี้ใช้คุณสมบัติของสารทำงานจากโปรแกรม NIST REFPROP [7] และตรวจสอบความถูกต้องกับงานวิจัยของ Zhang et al. [8] ได้ผลดังนี้

3.1 การตรวจสอบความถูกต้องการจำลองความดันสูญเสีย



รูปที่ 2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของ ΔP_{fric} ของสารทำงาน R134a G = 137 kg/m^{2}s, T_{sat} = 60°C

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าความดันสูญเสียเมื่อสารทำงานไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่ได้จากการจำลองมีค่ามากกว่างานวิจัย [8] เมื่อกำหนดให้สถานะของสารทำงานที่ทางออกเข้าใกล้สถานะไออิ่มตัวค่าที่ทำนายได้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยการจำลองจะกำหนดให้สารทำงานที่ทางออกมีสถานะไออิ่มตัว

3.2 การตรวจสอบความถูกต้องการจำลองสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

Zhang et al. [8] ได้จำลองด้วยสารทำงาน R245fa และใช้ค่าอุณหภูมิอิ่มตัว (T_{sat}) ช่วง 100°C – 130°C ค่าฟลักซ์มวล (G) ในช่วง 56 – 103 kg/m^{3}s ค่าฟลักซ์ความร้อน (q) ในช่วง 10 – 37 kW/m^2 และค่าคุณภาพไอที่ทางออก (x_{out}) ในช่วง 0.51 – 1 ได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอยู่ในช่วง 2,500 – 5,000 W/m^{2}K

เมื่อทำการจำลองได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอยู่ในช่วง 2,404 – 4,888 W/m^{2}K โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 3.84 % เมื่อเทียบกับ Zhang et al. [8] จึงยืนยันได้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้จำลองการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นได้ โดยความคลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นจากกำหนดคุณภาพไอที่ทางเข้าออกแตกต่างกัน

4. ผลการจำลอง

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้สารทำงานคือ R32 R134a และ R245fa โดยกำหนดสถานะของสารทำงานที่ตำแหน่งทางเข้าออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นให้เป็นของเหลวอิ่มตัวและไออิ่มตัว ตามลำดับ

ผลการจำลองประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

4.1 ความดันสูญเสีย

ในการจำลองความดันสูญเสียได้เลือกใช้ค่าอุณหภูมิอิ่มตัวในช่วง 60°C – 75°C ฟลักซ์มวล 86 kg/m^{2}s – 137 kg/m^{2}s ได้ผลการจำลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการจำลองเพื่อหาความดันสูญเสีย

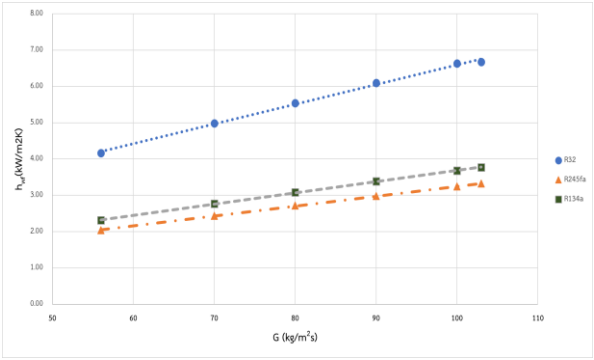
fluids	T_{sat} (°C)	G (kg/m^{2}s)	x_{out}	total (kPa)
R32	60	86	1	5.91
		103	1	8.32
		120	1	11.21
		137	1	14.58
	70	86	1	4.47
		103	1	6.03
		120	1	7.98
		137	1	10.25
	75	86	1	3.77
		103	1	5.04
		120	1	6.57
		137	1	8.35
R134a	60	86	1	9.14
		103	1	13.12
		120	1	17.89
		137	1	23.46
R134a	70	86	1	6.86
		103	1	9.74
		120	1	13.19
		137	1	17.22
	75	86	1	5.99
		103	1	8.44
		120	1	11.37
		137	1	14.79
R245fa	60	86	1	37.88
		103	1	55.19
		120	1	75.94
		137	1	100.17
	70	86	1	27.09
		103	1	39.44
		120	1	54.22
		137	1	71.50
	75	86	1	23.08
		103	1	33.57
		120	1	46.14
		137	1	80.82

จะเห็นได้ว่าฟลักซ์มวลมีผลต่อความดันสูญเสียรวมโดยตรงเนื่องจากการเพิ่มฟลักซ์มวลเป็นการความเร็วของสารทำงานส่งผลให้ ΔP_{fric} เพิ่มขึ้นอย่างมาก การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอิ่มตัวทำให้ความดันสูญเสียรวมเพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่อพิจารณาที่ฟลักซ์มวลเท่ากัน จะพบว่าที่อุณหภูมิอิ่มตัวต่ำกว่าจะมีความดันสูญเสียรวมมากกว่า

R32 จะมีค่า ΔP_{fric} ต่ำกว่า R134a และ R245fa เนื่องจากความหนาแน่นของสารทำงานในสถานะไอและของเหลวมีค่าน้อยกว่า

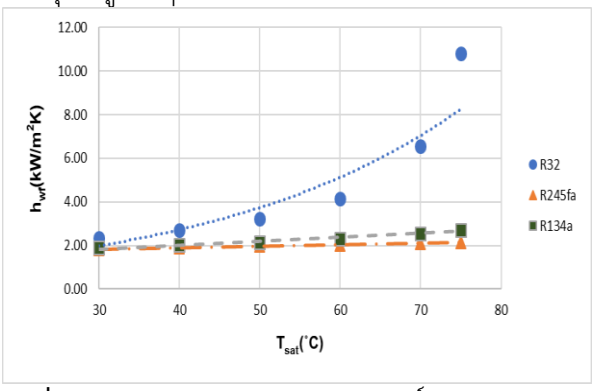
4.2 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ในการจำลองสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ได้เลือกใช้ค่าอุณหภูมิอิ่มตัวในช่วง 30°C – 75°C เนื่องจากเป็นช่วงอุณหภูมิที่ไม่เกินอุณหภูมิวิกฤตของสารทำงาน R32 ฟลักซ์มวล 56 kg/m^{2}s – 103 kg/m^{2}s และฟลักซ์ความร้อน 10 kW – 32 kW เป็นค่าในช่วงที่ [8] ได้เลือกทำการทดลอง



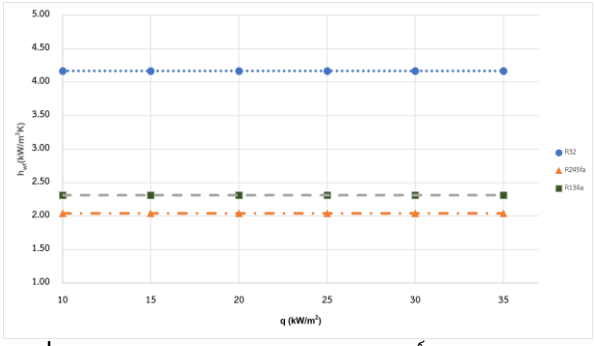
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนกับฟลักซ์มวล

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อฟลักซ์มวลเพิ่มขึ้นเนื่องจากในการไหลแบบ nucleate boiling ฟลักซ์มวลจะส่งผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในช่วง dryout โดยที่สารทำงาน R32 จะมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากกว่าสารทำงาน 2 ชนิด เนื่องจาก R32 มีจุดเดือดและอุณหภูมิวิกฤตที่ต่ำกว่า



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนกับอุณหภูมิอิ่มตัว

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอิ่มตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของสารทำงานเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity) และ Prandtl เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีข้อสังเกตอีกว่าในช่วงอุณหภูมิอิ่มตัวเท่ากับ 60°C ขึ้นไป ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของ R32 ที่ได้มีค่ามากกว่าในช่วงอุณหภูมิ 30°C - 50°C และมีค่ามากกว่าสารทำงานอีก 2 ชนิด เนื่องจาก R32 มีอุณหภูมิวิกฤตเท่ากับ 78.11 °C



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนกับฟลักซ์ความร้อน

จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มฟลักซ์ความร้อนไม่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เนื่องจากการไหลแบบ nucleate boiling เมื่อ x_m มีค่าเท่ากับ 0.5 อิทธิพลก่อนช่วง dryout จะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วง dryout นั่นคือฟลักซ์มวลและอุณหภูมิอิ่มตัวจะส่งผลมากกว่าฟลักซ์ความร้อน

5. สรุปผล

ในงานวิจัยนี้เป็นการจำลองเพื่อหาความดันสูญเสียและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเมื่อสารทำงานไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นโดยพิจารณาว่ามีการเปลี่ยนสถานะของสารทำงาน เมื่อตรวจสอบความถูกต้องกับงานวิจัยอื่นพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเป็นเพราะความคลาดเคลื่อนจากอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยที่เลือกนำมาตรวจสอบความถูกต้องและการบังคับให้สถานะของสารทำงานที่ตำแหน่งทางเข้าออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเป็นของเหลวและไออิ่มตัว

สารทำงานที่เลือกนำมาจำลองคือ R32 R134a และ R245fa จากนั้นทำการปรับอุณหภูมิอิ่มตัว ฟลักซ์มวล และฟลักซ์ความร้อน พบว่า

- ความดันสูญเสียรวมเพิ่มขึ้นเมื่อฟลักซ์มวลเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิอิ่มตัวลดลง
- เมื่อ x_m มีค่าเท่ากับ 0.5 ฟลักซ์ความร้อนไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
- ในช่วงอุณหภูมิที่ทำการทดลอง R32 ถือเป็นสารทำงานที่น่าสนใจเนื่องจากมีความดันสูญเสียที่ต่ำและมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับสารทำงานอีก 2 ชนิด

- R134a และ R245fa เป็นสารที่น่าสนใจรองลงมาตามลำดับ เมื่อไม่พิจารณาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Quoilin, S., Van Den Broek, M., Declaye, S., Dewallef, P., & Lemort, V. (2013). Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *22*, 168-186.

[2] Han, D. H., Lee, K. J., & Kim, Y. H. (2003). Experiments on thecharacteristics of evaporation of R410A in brazed plate heat exchangers with differentgeometric configurations. *Applied thermal engineering*, *23*(10), 1209-1225.

[3] Huang, J., Sheer, T. J., & Bailey-McEwan, M. (2012). Heat transfer and pressure drop in plate heat exchanger refrigerant evaporators. *International journal of refrigeration*, *35*(2), 325-335.

[4] Khan, M. S., Khan, T. S., Chyu, M. C., & Ayub, Z. H. (2014). Evaporation heat transfer and pressure drop of ammonia in a mixed configurationchevr on plateheat exchanger. *International JournalofRefrigeration*, *41*, 92-102.

[5]_Han, D. H., Lee, K. J., & Kim, Y. H. (2003). Experimentson the characteristics of evaporation of R410A in brazed plate heat exchangers with differentgeometricconfigurations. *Applied thermal engineering*, *23*(10), 1209-1225.

[6] Kim, S. M., & Mudawar, I. (*2013*). Universal approach to predicting saturated flow boiling heat transfer in mini/micro-channels–Part I. Dryout incipience quality. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *64*, 1226-1238.

[7] Lemmon, E. W., Huber, M. L., & McLinden, M. O. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 9.1,.

[8] Zhang, J., Desideri, A., Kærn, M. R., Ommen, T. S., Wronski, J., & Haglind, F. (2017). Flow boiling heat transfer and pressure drop characteristics of R134a, R1234yf and R1234ze in a plate heat exchanger for organic Rankine cycle units. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *108*, 1787-1801.

ผลของปริมาณน้ำมันที่มีต่อค่าความร้อนสูง(HHV) ในเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่น

Effect of oil content on high heat value (HHV) in cashew nut undergoing the torrefaction process.

ไตรทศ แก้วเหง้า*, วุฒิชัย จันโทริ และ อดิศักดิ์ เดชป้องหา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เลขที่ 150 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ไตรทศ แก้วเหง้า: E-mail thaitot.ka@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0810588897

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำมันในเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่นที่มีต่อค่าปริมาณความร้อนสูง โดยกระบวนการทอริแฟกชั่นเป็นกระบวนการที่ใช้ปรับปรุงชีวมวลโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300°C โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีความชื้นต่ำ บดง่าย และค่าความร้อนสูงขึ้นใกล้เคียงกับถ่านหิน ในการทดลองนี้นำเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่มีระดับน้ำมันในชีวมวลแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยนำมาผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่นที่ใช้เตาปฏิกรณ์เป็นแบบเบดนิ่งวางในแนวดิ่งและมีอุปกรณ์ในการดักน้ำมันและแยกไอออกไปควบแน่น ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 300°C เวลาในกระบวนการ 60 min โดยมีอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 1 l/min ใช้เป็นแก๊สเฉื่อยในการป้องกันการลุกไหม้ จากการทดลองพบว่าการกระบวนการทอริแฟคชั่นมีผลทำให้ของแข็งในชีวมวลมีค่า HHV เพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของน้ำมันในเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์คือ 0, 14.98 และ 37.14 มีการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อน(HHV) เป็น 21.14, 23.50และ 25.46 MJ/kg ตามลำดับ และกระบวนการทอริแฟกชั่นยังสามารถสกัดน้ำมันออกจากของแข็งของเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ได้ถึงร้อยละ 30

คำหลัก: ทอริแฟกชั่น, เปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์, ค่าความร้อนสูง

Abstract

The objective of this research was to study the effect of cashew nut shell on the torrefaction process of cashew nut in the high heat value. The process is a biomass-based process that uses heat 300 ° C. The product is a solid fuel with a high humidity content and a higher heating value. In this experiment, three levels of cashew nut had different levels of oil in the biomass. They were fed through a torrefaction process, using a vertical bed and a trapping device. In the process of uses heat 300°C, 60 min, the flow rate of nitrogen gas is 1 l / min. It is used as an inert gas to prevent combustion. In the experiments, it was found that the process of determining triglycerides resulted in the increase of HHV content in the cashew nut shell by 0, 14.98 and 37.14. HHV) were 21.14, 23.50 and 25.46 MJ / kg, respectively, and the torrefaction process was able to extract 30% of the oil from the shell solids

Keywords: torrefaction, cashew nut shell, high heat value.

1. บทนำ

ชีวมวลมีหลากหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดสามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานในรูปแบบต่าง ๆไม่ว่าจะอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊สขึ้นอยู่กับความความเหมาะสมของชีวมวลนั้น ๆ ในปัจจุบันมีชีวมวลที่เป็นพืชน้ำมันหลากหลายชนิด ซึ่งพืชน้ำมันสามารถนำมาสกัดด้วยวิธีต่างๆเพื่อนำน้ำมันที่ได้มาบริโภค หรือ เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ในกระบวนการสกัดน้ำมันจากพืชที่นิยมคือการหีบหรือการบีบอัดเพื่อแยกน้ำมันออกจากกากของชีวมวล จากกระบวนการดังกล่าวทำให้มีกากที่ได้จากการหีบซึ่งกากเหล่านี้ยังคงมีน้ำมันหลงเหลืออยู่ โดยปริมาณน้ำมันที่หลงเหลืออยู่ในกากนั้นมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด ซึ่งกากที่เหลือจากการหีบน้ำมันออกมานี้สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ หรือนำไปเข้ากระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็วเพื่อให้ได้น้ำมันชีวมวลออกมา [1, 2]

กระบวนการที่สามารถแปลงชีวมวลไปเป็นเชื้อเพลิงแข็งคือไพโรไลซีสแบบช้าซึ่งจะได้ถ่านชีวมวลและไพโรไลซีสแบบปานกลางซึ่งเรียกว่ากระบวนการทอริแฟคชั่น ซึ่งกระบวนการนี้จะดำเนินการภายใต้ความดันบรรยากาศโดยปราศจากออกซิเจนและอุณหภูมิในกระบวนการอยู่ระหว่าง 200 ถึง 300°C มีอัตราการให้ความร้อนแก่ชีวมวลไม่เกิน 50°C/min และเวลาคงอยู่ในกระบวนการอยู่ระหว่าง 5 ถึง 60 min โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นของแข็ง [3] ซึ่งกระบวนการทอริแฟคชั่นนั้นสามารถนำมาใช้กับพืชได้หลากหลายชนิดเช่นไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน พืชตระกูลหญ้า ขยะและกากตะกอนน้ำเสีย เป็นต้น [4-9] ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการทอริแฟคชั่นมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงถ่านหิน ซึ่งสามารถนำมาใช้แทน หรือใช้ร่วมกับถ่านหินในการเป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มไอน้ำและเตาหลอมโลหะได้ [10-12]

จากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาผลกระทบของกระบวนการทอริแฟคชั่นต่อชีวมวลที่เป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันที่แตกต่างกัน จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ว่าปริมาณน้ำมันในชีวมวลของพืชน้ำมันคือเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีค่าความร้อนสูง(HHV)ต่างกันอย่างไรเมื่อมีปริมาณน้ำมันที่แตกต่างกันโดยเปรียบเทียบเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่นที่อุณหภูมิ 300°C เวลาในกระบวนการ 60 min และที่ไม่ผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่น

2. วิธีการทดลองและการวิเคราะห์ผล

2.1 ชีวมวลที่นำมาทดลอง

พืชที่นำมาทดลองเป็นพืชที่มีน้ำมันอยู่ภายในคือเปลือกมะม่วงหิมะพานต์จากโรงงานแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์จังหวัดร้อยเอ็ด

2.2 การสกัดน้ำมัน

2.2.1 การหีบ (Pressing)

การหีบชีวมวลพืชน้ำมันนั้นจะใช้การหีบโดยนำชีวมวลบรรจุลงในกระบอกเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ที่มีรูด้านข้างสำหรับให้น้ำมันไหลออกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm แล้วนำกระบอกอัดใส่เพื่อกดชีวมวลจากนั้นจึงโยกกระบอกไฮดรอลิกส์ลงมากดกระบอกอัดให้กดอัดชีวมวลที่ความดัน 60 bar โดยการเตรียมชีวมวลจะทำการแยกชีวมวลมาหีบ 1 ครั้ง และหีบ 2 ครั้ง ในการหีบ 1 ครั้งเมื่อบีบอัดด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์แล้วก็จะนำชีวมวลออกจากกระบอกอัดเก็บไว้ในภาชนะเตรียมการทดลอง ส่วนการหีบ 2 ครั้งนั้น เมื่อ บีบอัดด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์แล้วให้ทำการคลายกระบอกอัดนำชีวมวลออกมาจากกระบอกทำการคลุกเคล้าชีวมวลและนำกลับไปอัดอีกครั้ง โดยน้ำมันที่ได้จากการหีบนำมาหาค่า HHV ดั่งแสดงใน ตารางที่ 1 และนำชีวมวลที่จะทำการทดลองมาวิเคราะห์หาค่า HHVต่อไป

2.2.2 การหาปริมาณน้ำมันที่เหลือในชีวมวลด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

ในการสกัดด้วยตัวทำละลายจะใช้ ตัวอย่างชีวมวลที่บดแล้ว 40 g มาสกัดด้วย n-hexane โดยใช้ Soxhlet เป็นเครื่องมือในการสกัดโดยให้ความร้อนที่ 80°C เป็นเวลา 4hr ตามมาตรฐานวิธี IUPAC Standard Method [13] ตัวทำละลายจะถูกกำจัดออกโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศแบบโรตารี่ปริมาณน้ำมันที่ และแสดงเป็นร้อยละของน้ำหนักบนพื้นฐานเปียก

2.3 Torrefaction apparatus

ในการทดลองกระบวนการทอริแฟคชั่นพืชน้ำมันได้ใช้เตาปฏิกรณ์เป็นแบบเบดนิ่งแนวดิ่งทำจากท่อ สแตนเลสทีมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.9 cm สูง 30 cm โดยมีตะแกรงที่มีรูขนาด 30 ไมโครเมตร รองอยู่ภายใน

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานความร้อนสูงของน้ำมันจากพืชโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter

ชนิดน้ำมัน	HHV (MJ/kg)
น้ำมันปาล์ม	31.45
น้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์	37.04
น้ำมันเม็ดมะเยาหิน	39.33
น้ำมันเม็ดสบู่ดำ	42.41

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำมันในเปลือกมะม่วงหิมพานต์โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter

ชีวมวล	ร้อยละของปริมาณโดยมวล (wt,%)
เปลือกมะม่วงหิมพานต์	37.14
เปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการหีบ	12.23

และมีแหล่งให้ความร้อนเป็นขดลวด ความร้อนไฟฟ้า 220 volt และใช้กระแส 22 Amp วัดอุณหภูมิโดยเทอร์-มอคัปเปิลชนิด เค โดยปลายจะอยู่ตรงกลางกระบอกเตาปฏิกรณ์ และใช้แก๊สไนโตรเจนที่มีอัตราการไหล 1 L/min เป็นแก๊สเฉื่อยในกระบวนการเพื่อป้องกันการลุกไหม้ของชีวมวล ในกระบวนการเมื่อชีวมวลได้รับความร้อนจะเกิดของเหลวและแก๊สโดยจะไหลออกจากชีวมวลลงด้านล่างผ่านตระแกรงและผ่านท่อแยกแก๊สและของเหลวโดยของเหลวไหลลงสู่หลอดแก้วที่มีขีดวัดปริมาตรขนาด 10 mL ส่วนแก๊สถูกแยกไปควบแน่นยังชุดควบแน่นด้วยน้ำอุณหภูมิ 20 ±1°C และแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นในชุดควบแน่นด้วยน้ำถูกส่งไปยังชุดควบแน่นด้วยน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0±1°C และแก๊สถูกปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ

งานวิจัยนี้ทำการการทดลองการทอริแฟคชั่นพืชน้ำมัน คือ เปลือกมะม่วงหิมพานต์ ที่มีระดับน้ำมันแตกต่างกัน 3 ระดับคือพืชน้ำมันที่ยังไม่หีบและหีบ 2 ครั้ง โดยในการทดลองการทอริแฟคชั่นใช้อุณหภูมิ 300°C เวลาในกระบวนการ 60 min

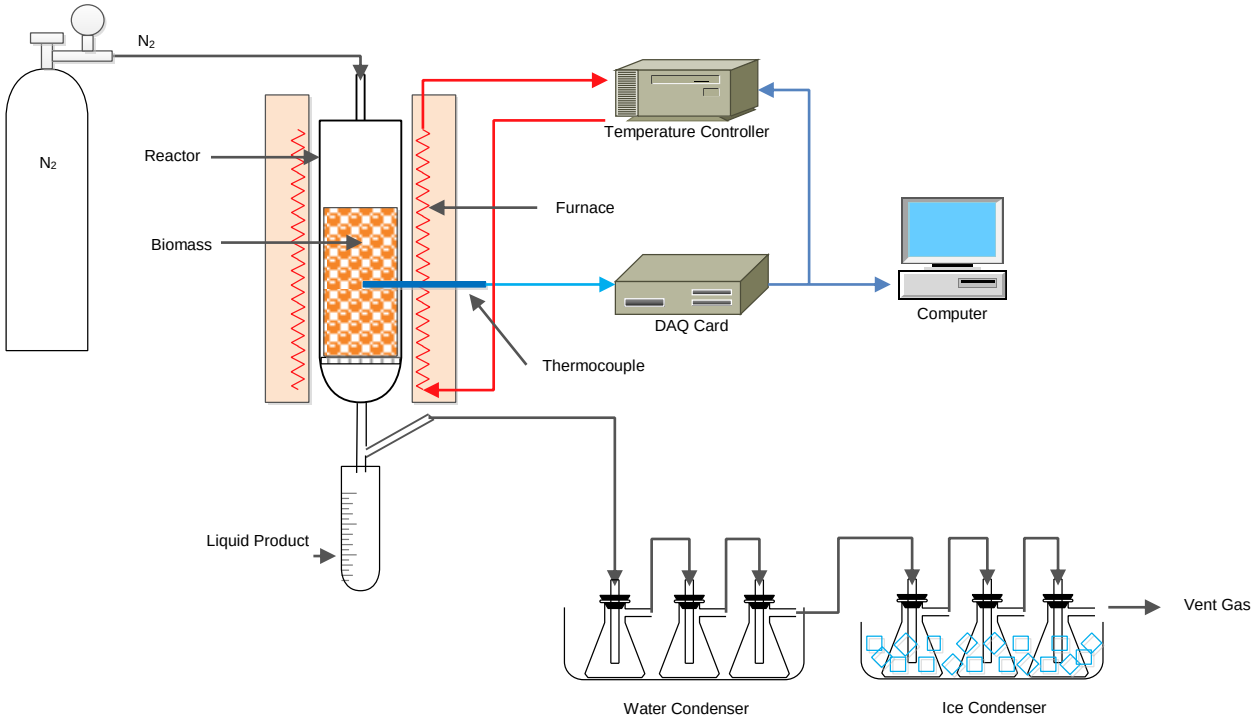
2.4 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

2.4.1 การวิเคราะห์ค่าความร้อนสูง(HHV)

การหาค่า HHV โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อนสูง (Bomb Calorimeter) รุ่น Parr 1341Oxygen Bomb Calorimeter ของบริษัท Parr Instrument Company ก่อนการทดลองใช้สาร Benzoic acid มาทดสอบหาค่า HHV ก่อนเพื่อทำการปรับเทียบค่าของเครื่องในการหาค่า HHV ใช้น้ำหนักของน้ำมัน และเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในการทดลองประมาณ 1 g ทำการทำค่าความร้อนสูงทุกการทดลองจะทำการหาค่าความร้อนสูง 3 ซ้ำ ในแต่ละทรีตเม้นท์

3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

จากการทดลองพบว่าค่าความร้อนของเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบปกติที่สกัดน้ำมันออกด้วยสารละลาย n Hexane ก็จะเหลือของแข็งเพียงอย่างเดียวที่มีค่าความร้อนสูง (HHV) 18.43 MJ/kg ตามตารางที่ 3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนสูงของน้ำมันที่ได้จากสูง สูงกว่าเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ร้อยละ 50.4 ซึ่งทำให้ทราบว่าถ้ามีปริมาณน้ำมันในเปลือกเม็ดมะม่วง-



รูปที่ 1 แผนภาพของการทดลองกระบวนการทอริแฟกชั่น

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนสูง (HHV)ของของแข็งของเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ล้างน้ำมันออกที่เงื่อนไขต่างๆ

เงื่อนไขการทดลองเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ล้างน้ำมันออกจนหมดด้วย n Hexane	ร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณน้ำมันก่อนการทอริแฟกชั่น (wt,%)	เงื่อนไขการทอริแฟกชั่น	HHV เปลือกมะม่วงหิมพานต์ (MJ/kg)
เปลือกมะม่วงหิมพานต์ปกติ	0	-	18.43
เปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ล้างน้ำมันออกแล้วมาทอริแฟคชั่น	0	300°C 60 min	21.14
เปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการทอริแฟคชั่น	37.14	300°C 60 min	25.46
เปลือกมะม่วงหิมพานต์หีบผ่านการทอริแฟคชั่น	14.98	300°C 60 min	23.50

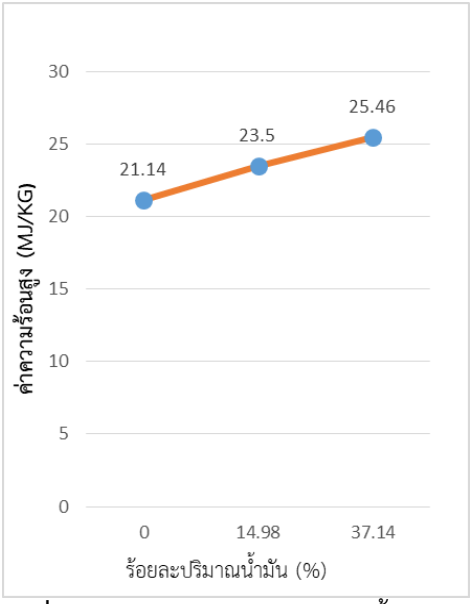
ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำมันและของแข็งของเปลือกมะม่วงหิมพานต์ปกติก่อนและหลังผ่านการทอริแฟกชั่น

เงื่อนไขชีวมวลก่อนการแยกน้ำมันด้วย n Hexane	ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำมัน (wt,%)	ร้อยละโดยน้ำหนักของของแข็ง(wt,%)
เปลือกมะม่วงหิมพานต์ปกติ	37.14	62.86
เปลือกมะม่วงหิมพานต์ปกติที่ผ่านการทอริแฟกชั่นที่ 300°C 60 min	7.10	92.90
เปลือกมะม่วงหิมพานต์หีบที่ผ่านการทอริแฟกชั่นที่ 300°C 60 min	5.41	94.59

หิมพานต์มากก็จะทำให้ ค่าความร้อนสูงของเปลือกนั้นมีมากขึ้นด้วย จากตารางผลการทดลอง ตารางที่3 การทดลองเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ล้างน้ำมันออกจนหมดด้วย n Hexane เพื่อต้องการพิจารณาผลของค่าความร้อนสูงของของแข็งของเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์เพียงอย่างเดียว พบว่า ของแข็งที่เป็นเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์เมื่อได้รับความร้อนในกระบวนการทอริแฟกชั่นจะทำให้ของแข็งมีค่าความร้อนสูง สูงขึ้น จาก 18.43 เป็น 21.14

การเปรียบเทียบผลของน้ำมันที่ทำให้ค่าความร้อนสูงของของแข็งมีการเปลี่ยนแปลงไปนั้นจากค่าที่แสดงในตารางที่ 3 พบว่าเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่นที่มีระดับน้ำมันที่ต่างกันคือ เปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีน้ำมันร้อยละ 0, 14.98 และ 37.14 มีค่าความร้อนสูง 21.14, 23.50 และ 5.46 MJ/kg ตามลำดับ โดยดูความแตกต่างได้จากรูปภาพที่ 2

จากตารางที่ 4 ปริมาณน้ำมันและของแข็งของเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ปกติก่อนและหลังผ่านการทอริแฟกชั่นทำให้เห็นว่า กระบวนการทอริแฟกชั่นทำให้น้ำมันออกจากของแข็งจากจากปริมาณน้ำมันร้อยละ 37.14 และ 34.18 เหลือเพียงเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีน้ำมัน เหลือเพียงร้อยละ 7.10 และ 5.41 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันในเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์และค่าความร้อนสูง

5.สรุปผล

จากผลการทดลองทำให้สรุปได้ว่าพืชน้ำมันเช่นเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่นทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นและค่าความร้อนยังสัมพันธ์กับปริมาณของน้ำมันที่มีอยู่ในเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์เมื่อมีปริมาณน้ำมันมากขึ้นทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้น

การนำเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์มาผ่านกระบวนการทอริแฟกชั่น ที่อุณหภูมิ 300°C เวลาในกระบวนการ 60 min ทำให้สามารถแยกน้ำมันออกจากเปลือกได้ถึงประมาณร้อยละ 30

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิยาเขตขอนแก่น และคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ได้เอื้อเฟื้อ สถานที่ อุปกรณ์และงบประมาณในการทดลองในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Mochizuki, T., et al., Pyrolyzer–GC/MS system-based analysis of the effects of zeolite catalysts on the fast pyrolysis of Jatropha husk. Applied Catalysis A: General, 2013.

[2] Murata, K., et al., Catalytic fast pyrolysis of jatropha wastes. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2012.

[3] Prins, M.J., Thermodynamic analysis of biomass gasification and torrefaction. 2005.

[4] Chen, W.-H., et al., Non-oxidative and oxidative torrefaction characterization and SEM observations of fibrous and ligneous biomass. Applied Energy, 2014. 114: p. 104-113.

[5] Chen, W.-H., et al., Thermal characterization of oil palm fiber and eucalyptus in torrefaction. Energy, 2014.

[6] Na, B.-I., et al., Torrefaction of oil palm mesocarp fiber and their effect on pelletizing. Biomass and Bioenergy, 2013

[7] Eseltine, D., et al., Torrefaction of woody biomass (Juniper and Mesquite) using inert and non-inert gases. Fuel, 2013. 113: p. 379-388.
[8] Ábrego, J., et al., Technical and Energetic Assessment of a Three-Stage Thermochemical Treatment for Sewage Sludge. Energy & Fuels, 2013.
[9] Chen, W.-H., K.-M. Lu, and C.-M. Tsai, An experimental analysis on property and structure variations of agricultural wastes undergoing torrefaction. Applied Energy, 2012.
[10] Pérez-Fortes, M., et al., Optimization of pre-treatment selection for the use of woody waste in co-combustion plants. Chemical Engineering Research and Design, 2014.
[11] Fryda, L., et al., Lab-scale co-firing of virgin and torrefied bamboo species Guadua angustifolia Kunth as a fuel substitute in coal fired power plants. Biomass and Bioenergy, 2014.
[12] Bergman, et al., Torrefaction for biomass co firing in existing coal-fired power station. 2005.
[13].IUPAC, IUPAC Standard Method (ISBN0632033371). 1992.

การพัฒนาระบบอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด

Development of a high-moisture paddy system using a combined fluidization technique and infrared radiation

กิตติภณ ฤทธิ์ทอง[1*], วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง[1], ฉัตรชัย นิมมล[2]

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[2] ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
*E-mail: kittipon.rit@gmail.com , 090-082-2189

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด โดยพิจารณาถึงอิทธิพลอุณหภูมิของอากาศร้อน การแผ่รังสีอินฟราเรด รูปแบบการอบแห้ง ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) งานวิจัยนี้มีรูปแบบการอบแห้ง 3 รูปแบบคือ 1) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นที่ใช้อากาศร้อน (HFB) 2) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด (IFB) และ 3) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด ตามด้วยการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมและการอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นที่ใช้อากาศร้อน (IVHFB) จากผลการศึกษาได้นำมาเปรียบเทียบ ของการใช้แนวความคิดแต่ละรูปแบบ พบว่าการอบแห้งแบบ HFB ที่อากาศร้อนอุณหภูมิ 100°C ใช้เวลาน้อยที่สุดในการอบแห้ง (75 นาที) แต่มีค่า SEC มากที่สุดมีค่า 63 MJ/kg_{water} กรณีเงื่อนไขการอบแห้งแบบ IFB ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด 200W ใช้เวลามากที่สุดในการอบแห้ง (240 นาที) มีค่า SEC ต่ำที่สุดมีค่า 50 MJ/kg_{water} และการอบแห้งแบบ IVHFB ร่วมกับการแผ่รังสีกำเนิดรังสีอินฟราเรด 600W ที่อากาศร้อนอุณหภูมิ 100°C ใช้เวลา (140 นาที) มีค่า SEC 53 MJ/kg_{water} จากการศึกษาพบว่าเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกลงได้ นอกจากนี้การใช้แนวคิดของการแผ่รังสีอินฟราเรด ช่วยลดเวลาในการอบแห้งที่มีความชื้นสูงได้มากที่สุด ประหยัดพลังงานมาก จุดที่น่าสนใจคือค่า SEC ที่น้อยที่สุดของเงื่อนไขการอบแห้งคือการอบแห้งแบบ IFB ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด 200W เป็นเงื่อนไขที่ประหยัดพลังงานมากที่สุดในงานวิจัยนี้

คำหลัก: การแผ่รังสีอินฟราเรด ข้าวเปลือก ความชื้น ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่น

Abstract

This study investigates the development of a high-moisture paddy system using a combined fluidization technique and infrared radiation by considering the influence of the hot air temperature, infrared radiating, and drying patterns affecting the change of the paddy moisture content and the Specific Energy Consumption (SEC). Three types of drying methods include 1) hot air fluidization drying (HFB), 2) infrared fluidization drying (IFB), and 3) infrared fluidization drying followed by ambient air ventilation and hot air fluidization drying (IVHFB). The study results have been compared and found that HFB drying at 100°C has the lowest drying time (75 minutes) but the highest SEC value of 63 MJ/kg_{water}. As for IFB drying conditions combined with 200W infrared radiation, the maximum drying time (240 minutes) with the lowest SEC value was 50 MJ/kg_{water} has been generated. In addition to that,

IVHFB drying combined with 600W infrared radiation at 100°C (140 min) has resulted SEC 53 MJ/kg_{water}. It has been found that the developed paddy dryer can reduce the moisture content. In addition, the use of infrared radiation can also decrease the drying time of the highest humidity as well as the energy consumption. More interestingly, the smallest SEC value of IFB drying condition combined with 200W infrared radiation is the most energy-saving condition in this research.

Keywords: Infrared Radiation, Paddy, Moisture, Specific Energy Consumption, Fluidization

1. บทนำ

ข้าวนับเป็นผลิตผลทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับประเทศค่อนข้างมากและเป็นอาหารหลักของประชากรในหลายประเทศ ข้าวที่มีคุณภาพดีตรงกับความต้องการของตลาดสามารถขายได้ในราคาสูง อย่างไรก็ตาม ข้าวเปลือก (paddy) ที่เก็บเกี่ยวมาส่วนใหญ่มักมีความชื้นสูง กล่าวคือ มีความชื้นประมาณ 25% (d.b.) ถึง 33% (d.b.) ซึ่งอาจเกิดความเสียหายจากเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา หรืออาจส่งผลให้ข้าวสารมีสีเหลืองเนื่องจากความร้อนซึ่งเกิดจากการหายใจของข้าวเปลือก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องนำข้าวเปลือกมาลดความชื้นหรืออบแห้ง (drying) เพื่อให้ความชื้นของข้าวเปลือกมีค่าประมาณ 14% (d.b.) ถึง 16% (d.b.) ซึ่งเป็นระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาโดยปราศจากการทำลายของแมลงและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในประเทศไทย การอบแห้งข้าวเปลือกสามารถทำได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (fluidized-bed dryer) [1-4] และเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน (impinging stream dryer) [5,6]

ในกรณีของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนนั้น ถือได้ว่าเป็นเครื่องอบแห้งที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ลดความชื้นของวัสดุอนุภาคที่มีปริมาณความชื้นที่ผิวสูง [7] หลักการของการอบแห้งแบบกระแสชนคือการให้กระแสการไหลของตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้ง 2 กระแส (หรือมากกว่า) มาชนกัน โดยให้กระแสใดกระแสหนึ่งพาวัสดุเข้ามาสู่ระบบ ผลจากการชนกันของกระแสการไหลของตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้งจะทำให้เกิดบริเวณที่มีอัตราการถ่ายเทมวลสาร ความร้อนและโมเมนตัมสูงมาก เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีแรงเฉือนและความปั่นป่วนของกระแสการไหลสูงมาก เมื่อนำเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนมาอบแห้งข้าวเปลือก พบว่า ความชื้นของข้าวเปลือกสามารถลดลงได้มากในระยะเวลาอันสั้น (2 ถึง 3 วินาที) ส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีค่าสูงมาก (สูงกว่าการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดและเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด) รวมถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งที่ได้ก็มีค่าสูงมาก [5] อย่างไรก็ตามคุณภาพของข้าวที่ได้กลับไม่เป็นไปตามที่ต้องการ กล่าวคือ ข้าวสารที่ได้หลังการสีมีการแตกหักค่อนข้างมากหรืออีกนัยหนึ่งคือร้อยละต้นข้าว (head rice yield) อยู่ในระดับต่ำมาก [6] โดยอาจมีสาเหตุมาจากข้าวเกิดการชนกันในระหว่างการอบแห้งซึ่งถือเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน

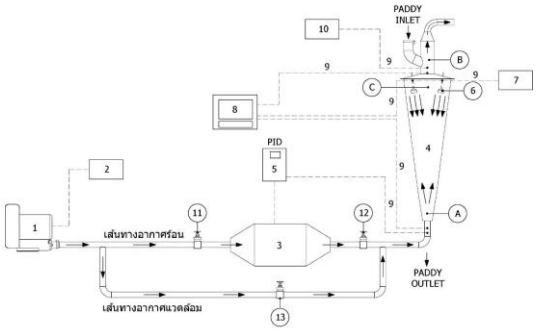
เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดถือเป็นเครื่องอบแห้งที่มีข้อดีมากโดยเฉพาะเมื่อพิจารณาในแง่ของคุณภาพของข้าวที่ได้หลังการอบแห้ง กล่าวคือ ข้าวเปลือกที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดจะมีร้อยละต้นข้าวสูงกว่าข้าวเปลือกที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งทั้งสองชนิดมาทำการพักตัว (tempering) และเป่าด้วยอากาศแวดล้อม (ventilation by ambient air) [8] ด้วยระยะเวลาที่เหมาะสม และด้วยลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่วัสดุที่นำมาอบแห้งจะถูกทำให้ลอยตัวโดยอาศัยอากาศร้อนที่ใช้เป็นตัวกลางในการอบแห้งเป็นตัวทำให้วัสดุนำมาอบแห้งเกิดการเคลื่อนที่ วัสดุจึงสามารถคลุกเคล้าและสัมผัสกับอากาศร้อนที่ได้ดี ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการถ่ายเทมวลที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้งมีค่ามาก อย่างไรก็ตาม การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดยังต้องการพลังงานมากสำหรับการทำให้เกิดการคลุกเคล้าของวัสดุที่นำมาอบแห้ง [9] เพื่อที่จะลดการใช้พลังงานในการอบแห้ง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเร่งกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดให้เร็วขึ้นเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการใช้

พลังงาน (ประหยัดพลังงาน) โดยวิธีการหนึ่งที่มีความน่าสนใจในการนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวคือการใช้พลังงานความร้อนเสริมจากการแผ่รังสีอินฟราเรด (infrared radiation: IR) ซึ่งถือเป็นแหล่งความร้อนเสริมที่มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้ง

2. อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแสดงรูปที่ 1 แผนผังเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด ที่ใช้ในงานวิจัยมีส่วน ประกอบหลักดังนี้ 1) เครื่องเป่าลมแรงดันสูง (blower) (Norvax, NVT-400, Taiwan) ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหลของอากาศโดยทำหน้าที่ป้อนอากาศเข้าสู่ระบบเพื่อเป็นตัวกลางในการอบแห้งและพาข้าวเปลือกให้เคลื่อนที่ในระบบ 2) อินเวอร์เตอร์ (inverter) (INVT, CHF100A-004G/5R5P-4, China) มีหน้าที่เปลี่ยนแปลงความเร็วลมโดยการปรับรอบการหมุนของเครื่องเป่าลมแรงดันสูง 3) ชุดทำความร้อนแบบไฟฟ้า (electric heater) จำนวน 10 ตัว รวมทั้งหมดขนาด 15 kW ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับตัวกลาง (ในที่นี้คืออากาศ) ที่ใช้ในการอบแห้ง 4) ห้องอบแห้ง (drying chamber) มีรูปทรงเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมคว่ำสูง 1.2 เมตร ด้านบนเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.57 x 0.57 เมตร โดยใส่ข้าวเปลือกตรงทางเข้า (paddy inlet) และมีเบด (ตำแหน่งA) ขนาดรูเท่ากับ 0.2 mm. มีหน้าที่รองรับข้าวเปลือกที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจะอยู่ด้านล่างของห้องอบแห้ง 5) ชุดควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) เป็นแบบ PID (Shinko, JCS-33A-R/M, Japan) ซึ่งมีความแม่นยำในการควบคุม ±1°C และทำการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่ระบบ ณ ตำแหน่ง A โดยทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดทำความร้อน 6) หลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด (Heat Plus, A-1-650, Japan) มีจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดมีขนาด 60 x 245 mm. ติดตั้งที่ด้านบนของห้องอบแห้ง หน้าที่ป้อนพลังงานความร้อนให้กับวัสดุ (ข้าวเปลือก) 7) เครื่องควบคุมการทำงานของหลอดอินฟราเรด (infrared radiator controller) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหลอดอินฟราเรด 8) ดาต้าล็อกเกอร์ (Data Logger, HIOKI LR8400-20 SERIES, Japan) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บค่าอุณหภูมิที่ผิวของหลอดรังสีอินฟราเรด ที่ตำแหน่ง (C) อุณหภูมิลมร้อนที่ทางเข้าและทางออกที่ตำแหน่ง(A) และ(B) 9) เทอร์โมคัปเปิล มีทำหน้าที่ส่งค่าอุณหภูมิไปยังชุด PID กับดาต้าล็อกเกอร์ 10) เครื่องมือวัดความชื้นที่มีความเที่ยงตรงสูง (VAISALA, HMP77, Finland) ใช้วัดที่ตำแหน่ง (B) 11,12) โกลบวาล์ว (globe valve) ทำหน้าที่ปรับปริมาณอากาศที่เข้าสู่ระบบ (กรณีใช้เส้นทางอากาศร้อน) ให้เปิดโกลบวาล์วตำแหน่งที่ 11 และ12 และทำการปิดโกลบวาล์วตำแหน่งที่13 13) โกลบวาล์ว (globe valve) ทำหน้าที่ปรับปริมาณอากาศที่เข้าสู่ระบบ (กรณีใช้เส้นทางอากาศแวดล้อม) ให้เปิดโกลบวาล์วให้สุดตำแหน่งที่13 และปิดโกลบวาล์วตำแหน่งที่ 11 และ12



รูปที่ 1 แผนผังเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด

2.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข.71 เป็นวัสดุในการทดลอง โดยข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 31 %(d.b.) ถูกเตรียมโดยการเติมน้ำตามจำนวนที่กำหนดเข้าไปผสมกับข้าวเปลือก จากนั้นจึงนำข้าวเปลือกดังกล่าวไปเก็บในภาชนะปิด เป็นระยะเวลา 2 วัน ก่อนเริ่มการทดลอง ข้าวเปลือกจะถูกนำออกจากภาชนะเพื่อผึ่งในบรรยากาศเป็นระยะเวลาประมาณ 20 นาที (ปรับอุณหภูมิของข้าวเปลือกให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง) ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการควบแน่นของไอน้ำที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

2.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองมีขั้นตอนดังนี้ 1) นำข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 31 %(d.b.) ปริมาณ 3 กิโลกรัม (kg) ป้อนข้าวเปลือกตรงทางเข้า ณ ตำแหน่ง paddy

inlet 2) ควบคุมเครื่องเป่าลมแรงดันสูงและชุดทำความร้อนแบบไฟฟ้า ให้ทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด 3) นำข้าวเปลือกออกจากระบบ ณ ตำแหน่ง paddy outlet เพื่อทำการชั่งน้ำหนัก 4) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งรูปแบบการอบแห้งไว้ 3 รูปแบบคือ 1) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นที่ใช้อากาศร้อน (HFB) 2) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด(IFB) 3) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด ตามด้วยการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมและการอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นที่ใช้อากาศร้อน (IVHFB) โดยมีเงื่อนไขการอบแห้ง การทดลอง 3 รูปแบบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขและรูปแบบการอบแห้ง

เงื่อนไขการอบแห้ง	รูปแบบการอบแห้ง				
	HFB	IFB	IVHFB		
IR POWER (W)	-	200	200	400	600
		400			
		600			
T (°C)	80	-	80	80	80
	90		90	90	90
	100		100	100	100

2.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในเครื่องอบแห้ง

ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่องเป่าลมแรงดันสูง ชุดทำความร้อนแบบไฟฟ้า และหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด เพื่อทำให้อากาศสามารถพาข้าวเปลือกให้ลอยพื้นในระบบได้ และพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดทำความร้อนเพื่อสร้างพลังงานความร้อนให้แก่อากาศที่ใช้เป็นตัวกลางสำหรับการอบแห้ง ในงานวิจัยนี้เราจะวิเคราะห์โดยใช้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption: SEC) เป็นดัชนีแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการ ลดความชื้นข้าวเปลือก โดยค่า SEC แสดงให้ทราบถึงพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ (ความชื้น) จำนวน 1 kgออกจากข้าวเปลือกซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการสมการที่ 1 ต่อไปนี้ [10]

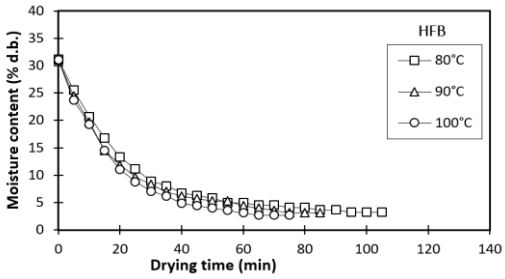
$$SEC = \frac{E}{m_{water}} \qquad (1)$$

เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเครื่องอบแห้ง (MJ/kg_{water}) E คือ ผลรวมของพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่พัดเครื่องเป่าลมแรงดันสูง ชุดทำความร้อนแบบไฟฟ้า และหลอดกำเนิดรังสีอินฟาเรด (MJ) ซึ่งสามารถวัดได้โดยตรงด้วยมาตรวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และ m_{water} คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากข้าวเปลือก (kg_{water}) ซึ่งประเมินได้จากความแตกต่างระหว่างความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกตามสมการต่อไปนี้ [10]

3.ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก

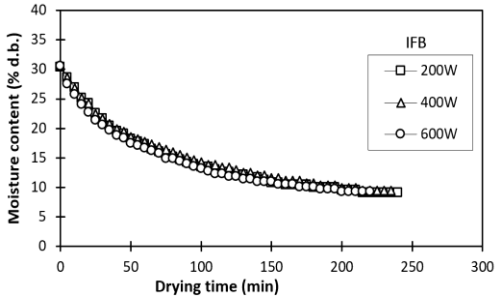
จากผลการทดลองเมื่อวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิอากาศร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น สำหรับการอบแห้งแบบ HFB แสดงดังรูปที่ 1 เมื่ออุณหภูมิของอากาศร้อนที่ 80 90 และ100°C พบว่า การลดลงของความชื้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วทั้ง 3 เงื่อนไขเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูง ความชื้นจะลดลงและช้าลงจนมีอัตราความชื้นมีค่าคงที่ จะเห็นว่าการใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วและใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 1 ผลกระทบของอุณหภูมิ ลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก สำหรับการอบแห้งแบบ HFB

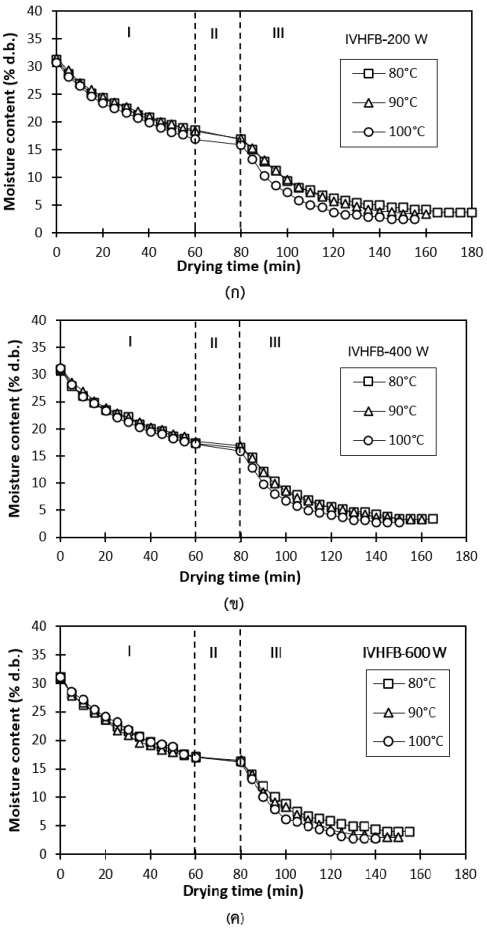
สำหรับการอบแห้งแบบ IFB แสดงดังรูปที่ 2 เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดที่ 200 400 และ600W จะเห็นว่าที่ 200W ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานที่สุด เมื่อเทียบกับขนาด 600W ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด ที่มีผลต่อความชื้น

สุดท้ายของข้าวเปลือก ผลกระทบระหว่างกำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดต่อความชื้น สำหรับการอบแห้งแบบ IFB แสดงดังรูปที่ 2 จะเห็นว่า เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดสูง ความชื้นจะลดลงได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดต่ำ หมายความว่าการอบแห้งจะใช้เวลาน้อยตามไปด้วย เนื่องจากผลกระทบของกำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด มีปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีอินฟราเรด ที่ปริมาณมากหรือน้อย ส่งผลให้ความชื้นในข้าวเปลือกลดลงเร็วกว่าเช่นกัน



รูปที่ 2 ผลกระทบของกำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด ต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกสำหรับการอบแห้งแบบ IFB

นอกจากนี้ผลกระทบระหว่างกำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นสำหรับการอบแห้งแบบ IVHFB ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3 มี 3 กรณีดังนี้คือ ในกรณีกำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดที่ 200 400 และ600W มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ 80 90 และ100°C ตามลำดับ จะเห็นว่า จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง จะเห็นว่าการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด (ช่วง I) ความชื้นที่ลงลดไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นการอบแห้งที่ใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดเท่ากัน ส่วนในช่วงการเป่าด้วยอากาศแวดล้อม (ช่วง II) เป็นช่วงที่ไม่ได้ใส่พลังงานใดๆ ให้กับข้าวเปลือกแต่ความชื้นก็ยังคงลดลงอยู่ เนื่องจากพลังงานความร้อนที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวเปลือกลดลงมาก (อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนออกจากข้าวเปลือก) ส่งผลให้ความชื้นที่ผิวของข้าวเปลือกลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาดังกล่าว และเมื่อความชื้นที่ผิวของข้าวเปลือกถูกอากาศแวดล้อมพาออกไป ในขณะที่ความชื้นในเมล็ดข้าวก็จะซึมออกมาที่ผิวของเมล็ดข้าวด้วย ทั้งนี้ช่วงการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมนั้นจะช่วยในการลดเวลาในการอบแห้งลงอย่างมาก สุดท้ายช่วงที่ใช้อากาศร้อนร้อน (ช่วง III) ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งถ้าใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิสูง ความชื้นจะยิ่งลดลงเร็วและใช้เวลาน้อย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยอินฟราเรดที่กำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดอินฟราเรดสูงๆ จะทำให้ปริมาณความร้อนในการแผ่รังสีมีค่ามากกว่าการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดต่ำหรือการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงจะทำให้แรงขับเคลื่อนสำหรับการถ่ายเทความร้อนมีค่ามาก [11] ซึ่งทั้งสองแบบส่งผลให้อัตราการถ่ายเทมวล (ความชื้น) มีค่ามากเช่นกัน



รูปที่ 3 ผลกระทบของกำลังไฟฟ้าของหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด การเป่าด้วยอากาศแวดล้อมและอุณหภูมิของลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกสำหรับการอบแห้งแบบ IVHFB

สรุปผล เมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ SEC พบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งและกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบการอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบ เมื่อมองด้านพลังงานเป็นหลัก วิธีการอบแห้งที่ดีที่สุดคือการอบแห้งแบบ IFB ที่ 200 W ซึ่งมีค่า SEC ต่ำที่สุดคือ 50 MJ/kg_{water} และเป็นเงื่อนไขที่ประหยัดพลังงานรวมในการอบแห้งมากที่สุด ดังตารางที่ 2 แสดงเวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ตารางที่ 2 เวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

รูปแบบการอบแห้ง	IR Power (W)	T (°C)	Drying Time (min)	E (MJ)	SEC (MJ/kg_{water})
IFB	200	-	240	6.8	49.9
	400		235	7.3	53.6
	600		220	7.7	56.5
HFB	-	80	105	12.1	68.0
		90	85	11.5	64.6
		100	75	11.4	63.1
IVHFB	200	80	180	11.1	63.4
		90	160	11.2	63.0
		100	150	11.0	60.9
	400	80	170	10.9	62.2
		90	160	10.8	60.7
		100	150	10.7	59.2
	600	80	155	9.9	55.7
		90	150	9.8	55.1
		100	140	9.6	53.1

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณรายได้ในการทำวิจัย ในการสร้างเครื่องรวมทั้งวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองครั้งนี้ และขอขอบคุณนักศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยได้แก่ นายดลนภัส วิชชาวุธ นายศรายุทธ ปานเถื่อน นายชัยวัฒน์ เปลื้องกลาง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Soponronnarit,S., Yapha,M.,Prachayawarakorn, S. 1995. Cross-flow fluidized bed paddy dryer: Prototype and commercialization. Drying Technology, 13, pp. 2207–2216.

[2] Poomsa-ad, N.,Soponronnarit, S., Wetchacama, S., Swasdisevi, T. 1999. Managing moist paddy by drying, tempering and ambient air ventilation. Drying Technology, 17, pp. 335–344.

[3] Tirawanichakul, S., Prachayawarakorn, S., Waranyanond, W., Tungtrakul, P., Soponronnarit, S. 2004. Effect of fluidized bed drying temperature on various quality attributes of paddy. Drying Technology, 22, pp. 1731–1754.

[4] Poomsa-ad, N., Terdyothin, A., Prachayawarakorn, S., Soponronnarit, S .2005 . Investigations on head rice yield and operating time in the fluidized-bed drying process : Experiment and simulation *Journal of Stored Products Research*, 41, pp .387–400.

[5] Nimmol, C., Devahastin, S. 2010. Evaluation of performance and energy consumption of an impinging stream dryer for paddy, Applied Thermal Engineering, 30, pp. 2204–2212.

[6] Swasdisevi, T., Devahastin, S., Thanasookprasert, S., Soponronnarit, S. 2013. Comparative evaluation of hot-air and superheated-steam impinging stream drying as novel alternatives for paddy drying. Drying Technology, 31, pp. 717–725.

[7] Kudra, T., Mujumdar, A.S., Meltser, V.L. 1995. “Impinging stream dryers”, Handbook of Industrial Drying, 2nd ed., Mujumdar, A.S. (Ed.), Marcel Dekker, New York, pp. 539–566.

[8] Meeso, N., Nathakaranakule, A., Madhiyanon, T., Soponronnarit, S. 2004. Influence of FIR irradiation on paddy moisture reduction and

milling quality after fluidized bed drying. Journal of Food Engineering, 65,. pp. 293–301

[9] Mihindukulasuriya, S.D.F., Jayasuriya, H.P.W. 2013. Mathematical modeling of drying characteristics of chilli in hot air oven and fluidizedbed dryers. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15, pp. 154–166.

[10] Nimmol, C., Sathapornprasath, K., Devahastin, S. 2012. Drying of high-moisture paddy using a combined impinging stream and pneumatic drying system. Drying Technology, 30, pp. 1854–1862

[11] Nimmol, C., Devahastin, S., Swasdisevi, T., Soponronnarit, S. 2007. Drying and heat transfer behavior of banana undergoing combined low-pressure superheated steam and far-infrared radiation drying. Applied Thermal Engineering, 27, pp. 2483–2494.

การศึกษาการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนในกระบวนการดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้ง โดยใช้การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Study to Water Flow Through Cooling Capstan in Dry Wire Drawing Process by Using Computational Fluid Dynamics Simulation

อนุวัฒน์ ไพรสนธิ์[1], ธราพงษ์ กาญจนปาริชาติ[2]* และ กริชเพ็ชร์ กลัดเนียม[1]

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[2] วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (ดอยสะเก็ด) อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220
*ติดต่อ: tarapong@rmutl.ac.th, 08-3515-4934

บทคัดย่อ

กระบวนการดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้งมีการไหลเวียนของน้ำผ่านถังระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของลวด การควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้อุณหภูมิลวดสูงเกินไปในระหว่างการผลิต ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ลวดมีโครงสร้างภายในผิดปกติ การวัดค่าอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านถังระบายความร้อนต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มจากภายนอกเครื่องจักร จึงทำให้ไม่มีการตรวจสอบค่าอัตราการไหลของน้ำอย่างสม่ำเสมอ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนในกระบวนการดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้ง โดยใช้การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ เพื่อคำนวณค่าอัตราการไหลของน้ำทางเข้าที่เปลี่ยนแปลงไป แล้วนำมาเทียบกับอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นจริง ผลการศึกษามีการแสดงการจำลองการไหลของน้ำผ่านถังระบายความร้อนในช่วงเริ่มต้นจนอัตราไหลของน้ำไม่เปลี่ยนแปลง และในช่วงอัตราการไหลของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงนี้ ค่าความคลาดเคลื่อนของอัตราการไหลของน้ำจากการจำลองเทียบจากค่าอัตราการไหลของน้ำที่วัดจริงเฉลี่ย 12.3 % ซึ่งแบบจำลองสามารถมีค่าความคลาดเคลื่อนของผลอัตราการไหลน้อยลง ถ้ามีการพิจารณาเงื่อนไขที่ซับซ้อนขึ้น เช่น คราบตะกรัน ขนาดท่อน้ำทางเข้า อุณหภูมิ เป็นต้น

คำหลัก: พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, การดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้ง , อัตราการไหลของน้ำ, วิธีโครงผลึกโบลต์ซมันน์

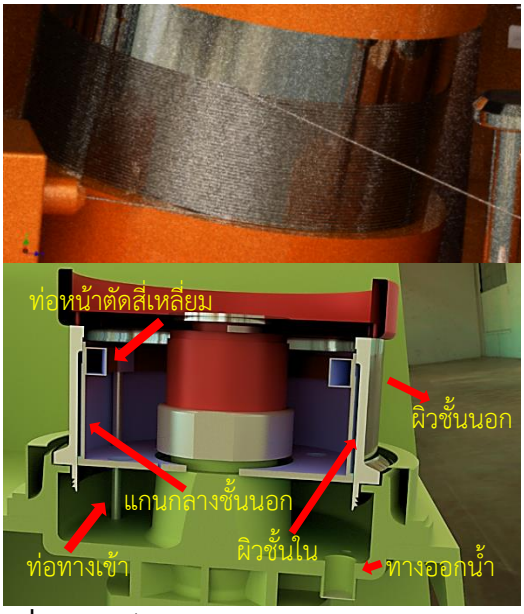
Abstract

Dry Wire Drawing Process have cooling water which flow through cooling capstan to reduce the temperature of wire, improper control water flow rate may effect to higher temperature during production, which may have an affect on structure inside the wire. The water_flow rate measurement through cooling capstan have to install additional equipment from outside the machine. So, there is no constantly checking water flow rate. This research studies water flow rate through cooling capstan in dry wire drawing process by using computational fluid dynamics simulation inside cooling capstan. The simulation water flow rate at the water inlet is calculated, then compare the actual water flow rate. The results of water flow rate from the simulation show the initial flow simulation until steady flow. During the steady flow rate, Water flow rate from the simulation compared to actual water flow There is an average 12.3% error. This model can be a result of less error. If there are more complexity conditions applied such as dregs, water pipe inlet, temperature etc.

Keyword : Computational Fluid Dynamics (CFD), Dry Drawing Process, Water Flow Rate, Lattice Boltzmann Method

1. บทนำ

การดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้งเป็นกระบวนหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตลวดเคเบิล ซึ่งเป็นการลดขนาดลวดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง โดยการดึงผ่านแม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปแบบต่อเนื่องหลาย ๆ ขั้น จึงทำให้เกิดความร้อนหลังจากการดึงลดขนาดในแต่ละขั้น และต้องมีการระบายความร้อนลวดก่อนเข้าสู่แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลำดับถัดไป การระบายความร้อนแก่ลวดมีการใช้วิธีการพันลวดรอบถังระบายความร้อนจำนวนหลายรอบ โดยในถังระบายความร้อนส่วนผิวชั้นในมีน้ำเย็นไหลผ่าน เพื่อลดอุณหภูมิของลวดที่สัมผัสกับผิวชั้นนอกของถังหมุนระบายความร้อน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพเต็ม และตัดขวางของถังระบายความร้อน

โรงงานผลิตลวดเคเบิลแห่งหนึ่งมีปัญหาอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนลวดที่ไม่เหมาะสม อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ลวดมีโครงสร้างภายในผิดปกติ ซึ่งการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านถังระบายความร้อนต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำเพิ่มเติมจากภายนอกเครื่องจักร ทำให้ไม่มีการตรวจสอบค่าอัตราการไหลของน้ำผ่านถังระบายความร้อนอย่างสม่ำเสมอ และข้อมูลการศึกษาเรื่องดังกล่าวในโรงงานแห่งนี้มีน้อย การศึกษาถึงพฤติกรรมของการไหลของน้ำผ่านถังระบายความร้อน ซึ่งการไหลภายในถังระบายความร้อนเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) เป็นการไหลประเภทหนึ่งซึ่งไม่สามารถคาดเดาถึงพฤติกรรมการไหลได้เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงแบบสุ่ม โดยหลักการการไหลแบบปั่นป่วนสามารถอธิบายพฤติกรรมได้ด้วย สมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes) แต่ในปัจจุบันยังไม่สามารถหาผลเฉลยเชิงวิเคราะห์สำหรับการไหลประเภทนี้ได้เนื่องจากความซับซ้อนของสมการ ดังนั้น การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการอธิบายพฤติกรรมของการไหลของปัญหานี้

สำหรับการจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ นั้น ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแบบต่อเนื่อง (Continuum CFD) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete CFD) ซึ่ง วิธี การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแบบต่อเนื่อง นั้นเมื่อแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยให้อยู่ในรูปของสมการพีชคณิตแล้ว อาจทำได้ยากเนื่องจากตัวแปรนั้น เก็บไว้ในรูปของเมทริกซ์ และมีขนาดใหญ่เมื่อลักษณะของปัญหานั้นมีความซับซ้อน [4] วิธีการจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแบบไม่ต่อเนื่องนั้นมีแนวคิดมาจากการเคลื่อนที่ และการชนกัน ของอนุภาค ตามหลักการของกฎอนุรักษ์มวลและกฎอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งสมการเริ่มต้นของวิธีนี้อยู่ในรูปของสมการพีชคณิตอยู่แล้ว จึงไม่ต้องทำการสร้างกริดการคำนวณ [3] เช่น สมการโครงผลึกโบลต์ซมันน์ (Lattice Boltzmann Equation) ทำให้การจำลองการไหลด้วยวิธีประเภทนี้ง่ายกว่าวิธีการจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแบบต่อเนื่อง เนื่องจากมีตัวแปรที่น้อยกว่า และสามารถจำลองการไหลที่มีลักษณะซับซ้อนไม่ว่าจะเป็นการไหลแบบปั่นป่วน, การไหลแบบหลายสถานะ (Multiphase Flow) หรือการไหลในวัสดุที่มีรูพรุน (Flow in Porous Media) เป็นต้น ซึ่งได้นำมาใช้จำลองทางพลศาสตร์ หลายประเภทเช่น การไหลภายในท่อผ่านสิ่งกีดขวาง [1] และ การจำลองความต้านทานเรือ [2] เป็นต้น

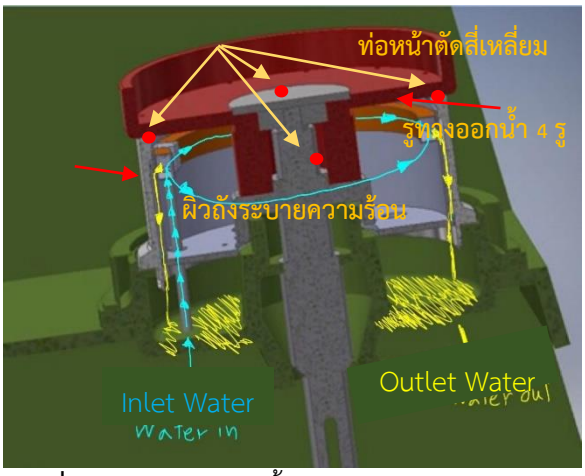
งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แบบจำลองการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลโดยใช้เทคนิค วิธีโครงผลึกโบลต์ซมันน์นำมาศึกษาการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนลวดในกระบวนการดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้ง โดยการวัดค่าอัตรา

การไหลของน้ำเทียบกับการจำลองพลศาสตร์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหล และสามารถพยากรณ์อัตราการไหลของน้ำผ่านถังระบายความร้อนในค่าอัตราการไหลอื่น ๆ ได้

2. แบบจำลองและสมการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสร้างแบบจำลองสามมิติ

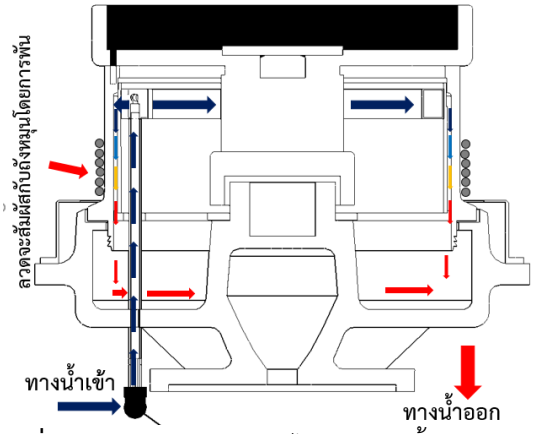
การสร้างแบบจำลองทำจากการวัดขนาดของส่วนประกอบของถังระบายความร้อนภายนอกที่มีอยู่จริง และแบบภาพฉายบริเวณภายในของถังระบายความร้อนได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผลิตลวดแห่งหนึ่ง จึงได้แบบจำลองสามมิติที่สมบูรณ์ทุกส่วนประกอบที่สำคัญของถังระบายความร้อน โดยแบบจำลองถังหมุนดังกล่าวไม่ได้



รูปที่ 2 ตัวอย่างทางเดินน้ำภายในถังระบายความร้อน

พิจารณาเรื่องการถ่ายเทความร้อนมาเกี่ยวข้องและถังระบายความร้อนไม่เคลื่อนที่ตามแกนหมุน ซึ่งการศึกษานี้ได้มีการเน้นที่บริเวณที่น้ำเริ่มเข้าไปสู่ถังระบายความร้อนจนถึงทางออกของน้ำเท่านั้น โดยยังไม่คิดการสูญเสียจากความฝืดในระบบท่อ

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าทางน้ำเข้าสามารถเข้าได้เพียงช่องทางเดียวโดยน้ำมีการส่งขึ้นไปยังบริเวณท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยมลักษณะวนรอบถัง เพื่อกระจายน้ำเย็นออกไปยังบริเวณช่องว่างระหว่างผิวภายในถังระบายความร้อนและผนังภายในโดยมีรูทางออกน้ำบริเวณดังกล่าวทั้งหมด 4 รู ที่มีระยะห่างเท่ากัน ซึ่งไหลลงไปยังด้านล่างตามทิศทางดังลูกศรสีเหลือง แล้วน้ำจึงไหลลงออกไปยังทางน้ำออก



รูปที่ 3 การทำงานของระบบไหลวนของน้ำสำหรับการระบายความร้อนลวด

2.2 วิธีโครงผลึกโบลต์ซมันน์

วิธีโครงผลึกโบลต์ซมันน์ คือเทคนิคการจำลองลักษณะการไหลของของไหล โดยใช้การเคลื่อนที่ และการชนกัน ของอนุภาค ตามกฎอนุรักษ์มวลและโมเมนตัม [6] และกำหนดให้อนุภาคมีรูปทรงเป็นแบบหกเหลี่ยมที่มีลักษณะสมมาตร เรียงต่อกันเป็นโครงตาข่าย แล้วกำหนดค่าของตัวแปรไว้แต่ละโหนด เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่มาชนกัน ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของความเร็ว ซึ่งเป็นไปตามกฎการชนตามแบบจำลองการชน [5] โดยได้จัดเรียงสมการใหม่ไว้ดังนี้

$$f_i(\vec{x}_i + \vec{e}_i\Delta t, t + \Delta t) = f_i(\vec{x}_i, t) + A_{ij}[f_j(\vec{x}_i, t) - f_j^{eq}(\vec{x}_i, t)] \quad (1)$$

$$\rho\vec{u} = \sum_{i=0}^{m-1} \vec{e}_i f_i \quad (4)$$

โดยที่

f_i = ฟังก์ชันการแจกแจง

$\vec{e}_i$ = ความเร็วของอนุภาคแบบไม่ต่อเนื่อง

A_{ij} = เมทริกซ์การกระจัดกระจาย

f_i^{eq} = ฟังก์ชันสมดุลของการแจกแจง

โดยแบ่งประเภทแบบจำลองความเร็วของอนุภาคที่ใช้กับวิธีLBM [7] และสามารถหาค่าฟังก์ชันสมดุลของการแจกแจงได้จาก

$$f_i^{eq} = \rho w_i = \left[1 + \frac{3}{c^2}\vec{e}_i\cdot\vec{u} + \frac{9}{2c^4}(\vec{e}_i\cdot\vec{u})^2 - \frac{3}{2c^2}\vec{u}\cdot\vec{u}\right] \quad (2)$$

เมื่อ

$C = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ = ความเร็วโครงผลึก

$\vec{u}$ = ความเร็วลัพธ์ของแต่ละโหนด

ρ = ความหนาแน่น

w_i = ตัวประกอบการถ่วงน้ำหนัก

การกำหนดค่าความหนาแน่นเริ่มต้นเพื่อ คำนวณใน วิธีโครงผลึกโบลต์ซมันน์ กำหนดให้มีค่า เท่ากับ 1 เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนหน่วยไปมาระหว่าง หน่วยโครงผลึก (Lattice Unit) กับ หน่วยนับได้ (Physical Unit) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแบบจำลองความเร็วของอนุภาคที่ใช้สำหรับความหนาแน่นและโมเมนตัมที่อยู่ในรูปของ หน่วยโครงผลึก นั้นสามารถหาได้จากกฎอนุรักษ์มวลและกฎอนุรักษ์โมเมนตัมดังนี้

$$\rho = \sum_{i=0}^{m-1} f_i \qquad (3)$$

$$\rho\vec{u} = \sum_{i=0}^{m-1} \vec{e}_i f_i \qquad (4)$$

จากสมการสภาวะของก๊าซในอุดมคติ สามารถหาความดันซึ่งอยู่ในรูปของ หน่วยโครงผลึกได้ ดังนี้

$$P = \rho\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2 \qquad (5)$$

และสามารถหาค่าความหนืดซึ่งอยู่ในรูปของ หน่วยโครงผลึกได้ ดังนี้

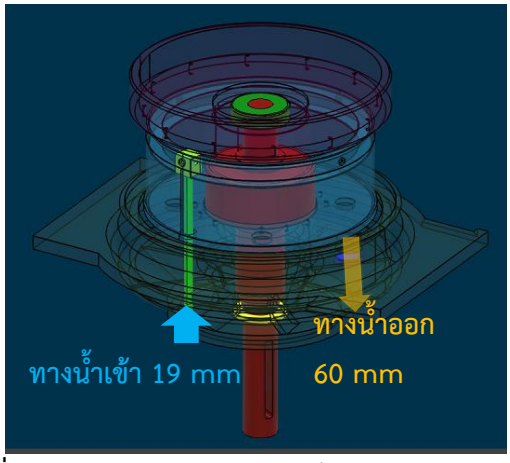
$$\upsilon = \left(\tau - \frac{1}{2}\right)\left(\frac{c}{\sqrt{3}}\right)^2 \Delta t \qquad (6)$$

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 แบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ 3 มิติ

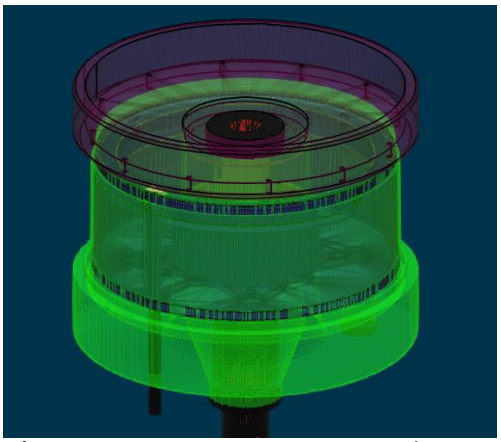
แบบจำลองนี้เขียนแบบสามมิติตามส่วนประกอบของถังจริง โดยท่อน้ำทางเข้าหลักมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 19 mm มีช่องที่น้ำไหลผ่านตามรูปร่างระหว่างผิวชั้นในและผิวชั้นนอกของถังระบายความร้อน และไหลลงสู่โถงทางออกด้านล่างถังที่มีท่อทางออกขนาด 60 mm ดังรูปที่ 4

ในการสร้างแบบจำลองต้องมีการสร้างโดเมนการคำนวณซึ่งการคำนวณด้วยวิธีโครงผลึกโบลต์ซมันน์ ทำการสร้างโครงตาข่ายสามมิติให้อยู่ในรูปแบบการเรียงตัวกันของอนุภาค แทนการสร้างกริด (Grid) ซึ่งขนาดของอนุภาคที่สร้างได้เลือกใช้ค่าที่มีความเหมาะสมที่สุด



รูปที่ 4 แบบจำลองถังระบายความร้อนสำหรับการจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

โดยได้ทำการทดสอบแบบจำลอง ทั้งหมด 4 ค่า และพบว่า ขนาดอนุภาค 4 mm มีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากค่าใช้เวลาน้อยกว่าขนาดอนุภาค 3 mm และพบว่ามีค่าอัตราการไหลสำหรับการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 1



รูปที่ 5 โครงตาข่ายสามมิติในแบบจำลองที่กำหนดไว้เฉพาะบริเวณที่น้ำไหลผ่าน

ตารางที่ 1 การทดสอบเพื่อหาขนาดของอนุภาคที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลอง

ขนาดอนุภาค (mm)	อัตราการไหลทดสอบที่วัดได้ (kg/s)	เวลาที่ใช้ในการจำลองผล
8	0.413	53 Seconds
6	0.524	2 Hours 47 Seconds
4	0.547	13 Hours 18 Seconds
3	0.546	1 Day 17 Hours

สภาวะขอบเขตที่ศึกษาเป็นถังระบายความร้อนในระบบปิด กำหนดให้ทางเข้าน้ำ และทางออกน้ำทางเดียว บรรยากาศภายในความดันอ้างอิง 1 atm กำหนดให้อัตราการไหลของน้ำที่ทางเข้า 28 33 และ 36 L/min ตามลำดับ เวลาที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหล 30 Seconds และ คุณสมบัติพื้นฐานของน้ำที่ใช้จำลองทางพลศาสตร์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ในการจำลองค่า

คุณสมบัติของน้ำ	ค่า
ค่าความร้อนจำเพาะ (J/kg-K)	4186
ค่าการนำความร้อน (W/m-K)	0.58
อุณหภูมิ (°c)	22
ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)	997

3.2 วิธีวัดอัตราการไหลของน้ำผ่านในถังระบายความร้อน

ในการศึกษานี้ได้ทำการวัดอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ถังระบายความร้อนลวดจากเครื่องจักรจริงในโรงงานผลิตลวดแห่งหนึ่ง อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำสำหรับน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนซึ่งมีอัตราการไหลที่สูง จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสมกับหน้างาน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบดิจิตอล โดยผ่านการสอบเทียบกับการวัดปริมาตรน้ำที่ไหลจริงผ่านเครื่องมือวัดแล้วพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อน ที่เฉลี่ย 1%

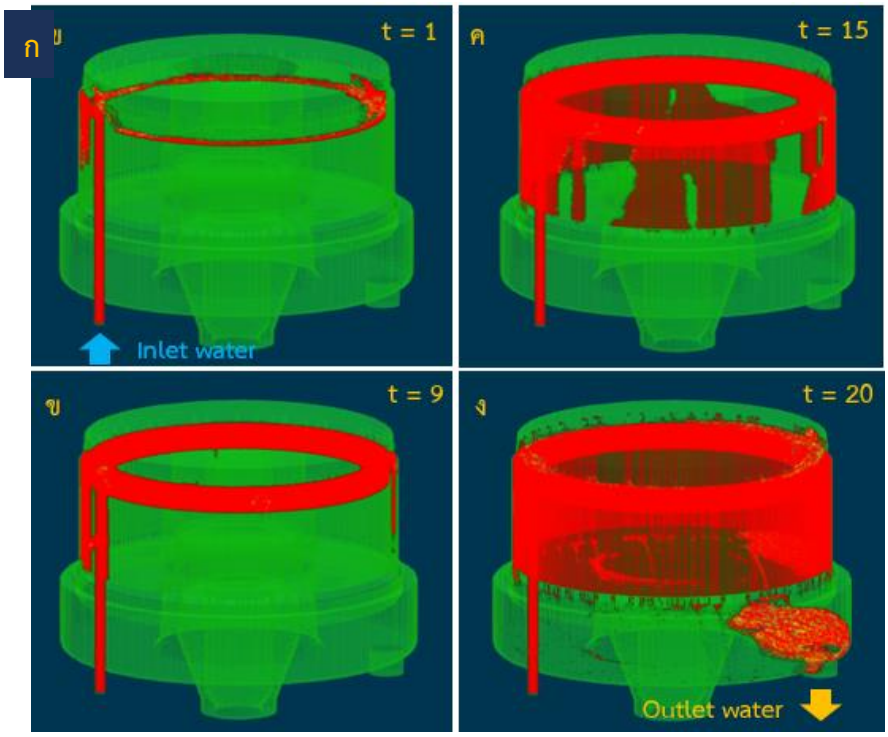


รูปที่ 6 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ

วิธีการวัดอัตราการไหล ได้ทำการวัด 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการวัดอัตราการไหลของน้ำในขณะที่น้ำยังไม่เข้าไปสู่ถังระบายความร้อน ซึ่งค่าดังกล่าวนำไปใช้กำหนดค่าอัตราการไหลของน้ำที่ทางเข้าในแบบจำลองทางพลศาสตร์ ส่วนที่สองเป็นการวัดอัตราการไหลของน้ำหลังจากเข้าสู่ถังระบายความร้อน ซึ่งการวัดแต่ละครั้งใช้เวลา 30 Seconds วัดซ้ำ 3 ครั้ง จำนวน 3 เครื่องจักร หลังจากที่ได้ทดสอบแล้วจึงได้ค่าอัตราการไหลของน้ำที่ทางเข้าซึ่งใช้ในการกำหนดค่าในการจำลองพลศาสตร์เท่ากับ 28 33 และ 37 L/min ตามลำดับ ในส่วนของ ค่าอัตราการไหลของน้ำหลังจากเข้าสู่ถังระบายความร้อนนำไปเทียบผลกับแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณต่อไป

4. ผลจากการศึกษา

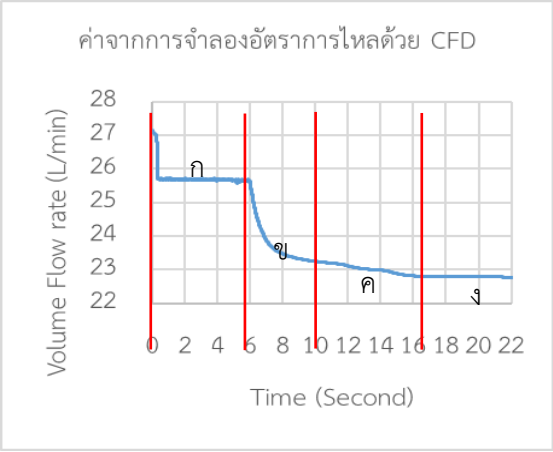
การศึกษาอัตราการไหลที่เข้าสู่ถังระบายความร้อนนี้มีการกำหนดให้ อัตราการไหลเริ่มต้นของน้ำที่ทางเข้าถังระบายความร้อน เท่ากับ 28 33 และ 36 L/min โดยวิเคราะห์ผลอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปของน้ำทางเข้าเมื่อน้ำเริ่มเข้าสู่ทางน้ำเข้า โดยได้เข้าไปสู่ห้องทรงสี่เหลียม



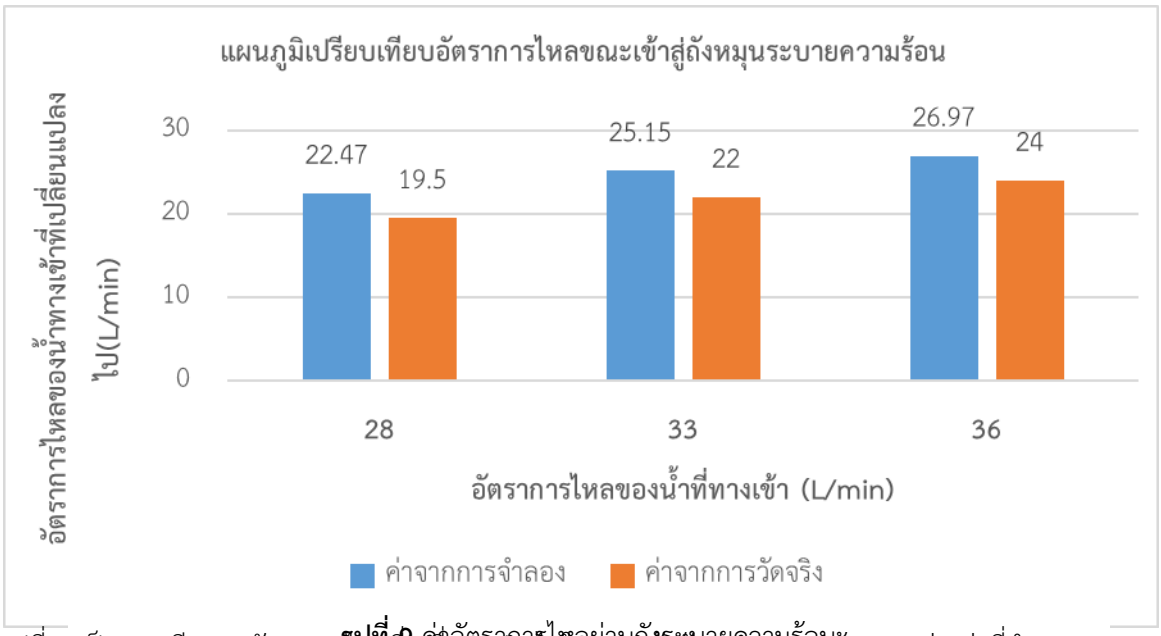
รูปที่ 7 การจำลองการไหลของน้ำผ่านถังระบายความร้อน

วนรอบคล้ายรูปโดนัทเป็นที่แรก แสดงดังรูปที่ 7ก ซึ่งในระยะเวลาประมาณ 6 Seconds น้ำจึงเต็มห้องและเริ่มล้นออกรูทั้ง 4 เล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 7ข โดยรูปดังกล่าวเป็นการแสดงถึงของไหลที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำ ไหลเข้าไปในถังระบายความร้อนโดยแสดงเป็นปริมาตรของของไหล (Volume of liquid phase) ในลักษณะของไหลสีแดงเพื่อให้สังเกตได้โดยง่าย หลังจากนั้น น้ำจึงไหลออกผ่านรูทั้ง 4 อย่างเต็มที่และเนื่องจากอัตราการไหลของน้ำที่สูงจึงทำให้น้ำที่ออกจากรูไหลออกอย่างรวดเร็วซึ่งทำให้น้ำไปสัมผัสกับผิวชั้นในของถังระบายความร้อน และไหลลงบริเวณด้านล่าง ดังรูปที่ 7ค และสุดท้ายน้ำจึงไหลเต็มบริเวณผนังของผิวชั้นในของถังระบายความร้อน เนื่องจากบริเวณผิวล่างมีช่องทางออกน้ำหนาเพียง 2 mm จึงทำน้ำไหลไปสู่ทางออกไม่ทันกับน้ำที่ไหลเข้ามา แสดงดังรูปที่ 7ง

เมื่อวิเคราะห์ผลจากอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ถังระบายความร้อน พบว่าการไหลภายในถังได้แบ่งช่วงการไหลออกเป็น 4 ช่วงด้วยกัน อธิบายประกอบดังรูปที่ 8 ในช่วง 8ก เมื่อน้ำเริ่มเข้าสู่ ถังระบายความร้อนอัตราการไหลได้ลดลงอย่างรวดเร็วและคงที่ชั่วขณะ เมื่อน้ำกำลังไหลเข้าสู่ห้องสี่เหลี่ยมวนเป็นวงกลม ดังรูปที่ 7ก ซึ่งในช่วง 8ข เมื่อน้ำเต็มห้องสี่เหลี่ยมอัตราการไหลมีค่าลดลงเล็กน้อย และน้ำออกจากรูทั้ง 4 ดังรูปที่ 7ข จนถึงช่วง 8ค เป็นช่วงที่น้ำเริ่มออกจากช่องด้านล่างที่มีความกว้าง 2 มิลลิเมตร และช่วง 8ง เป็นช่วงอัตราการไหลเข้าสู่ค่าคงที่ที่ค่าหนึ่ง ดังรูปที่ 7ง

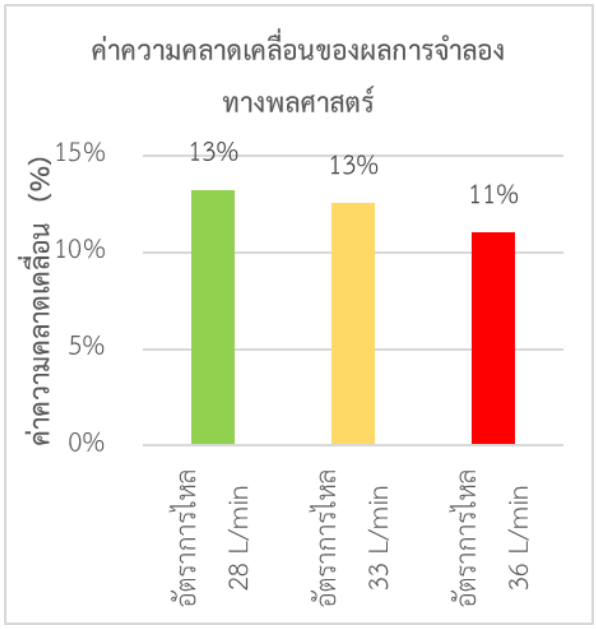


รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลจากการจำลอง เมื่ออัตราการไหลเข้า 28 L/min



รูปที่ 9 ค่าอัตราการไหลผ่านถังระบายความร้อน

รูปที่ 9 เป็นการเทียบผลอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะเข้าถังระบายความร้อนระหว่างค่าที่จำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนว



รูปที่ 10 ค่าความคลาดเคลื่อนของผลจำลองเทียบกับค่าการวัดจริง

รูปที่ 10 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจากการจำลอง และ ค่าจริง ผล

แสดงให้เห็นว่า การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ค่าอัตราการไหลของน้ำที่ทางเข้า 28 และ 33 L/Min มีค่าความคลาดเคลื่อน 13% ขณะที่การจำลองอัตราการไหลของน้ำ 36 L/Min มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ 11%

5.สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการจำลองอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนในกระบวนการดึงขึ้นรูปลวดแบบแห้ง โดยใช้การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ถังระบายความร้อนถังมีการเปลี่ยนแปลง 4 ช่วง ก่อนที่อัตราการไหลของน้ำเริ่มไม่เปลี่ยนแปลงค่า เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นน้ำเริ่มเข้าไปยังบริเวณห้องที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมวนเป็นวงกลม ในช่วงนี้อัตราการไหลของน้ำได้ลดลงบางส่วน จนเมื่อน้ำเต็มห้องสี่เหลี่ยม น้ำจึงเริ่มถูกระบายออกจาก รูทั้ง 4 ที่ทะลุออกมาจากห้องสี่เหลี่ยม ส่งผลให้อัตราการไหลลดลงมากขึ้น และในช่วงนี้น้ำได้ไหลไปสัมผัสผนังชั้นในของถังระบายความร้อน เมื่อเริ่มท่วมสูงจนสัมผัสกับผนังจนเต็มพื้นที่ผิวชั้นในของถังหมุนระบายความร้อน ในขณะนั้นน้ำก็เริ่มระบายออกผ่านช่องว่างขนาดเล็กระหว่างผิวชั้นในถังหมุนระบายความร้อนและแกนกลางชั้นนอกของถังหมุนระบายความร้อน อัตราการไหลของน้ำในช่วงนี้จะเริ่มลดลง จนในท้ายที่สุดอัตราการไหลของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่าน้อยมาก ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านถังระบายความร้อนส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิของลวดที่พันรอบถังระบายความร้อน เมื่อน้ำมีการไหลผ่านบริเวณแกนชั้นนอกของถังหมุน จึงเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างลวดและน้ำ ถ้าการ

ไหลของน้ำไม่ดีพอ เมื่อทำการดึงขึ้นรูปในแม่พิมพ์ถัดไปอาจส่งผลต่อการระบายความร้อนแก่ลวดในเรื่องของความร้อนสะสม เป็นเหตุให้เกิดโครงสร้างภายในของลวดเปลี่ยนแปลง หรือเกิดการขยายตัวของเหล็กกล้าด้วยเช่นกัน

ในส่วนของผลการจำลองอัตราการไหลของน้ำที่เข้าถังระบายความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยการทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่เฉลี่ย 12.3 % เมื่อเทียบกับค่าที่วัดอัตราการไหลของน้ำผ่านถังระบายความร้อนจากเครื่องจักรจริง ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจากยังไม่พิจารณาปัจจัยในการทดสอบที่ทำให้อัตราการไหลลดลงได้ เช่น คราบตะกรัน หรือสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บริเวณผิวชั้นในของถังระบายความร้อน ระยะทาง และขนาดของท่อทางเดินน้ำก่อนเข้าสู่ถังระบายความร้อน เป็นต้น การจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณดังกล่าวสามารถนำไปหาอัตราการไหลค่าอื่น ๆ ที่เข้าสู่ถังระบายความร้อน และเพิ่มการพิจารณาเงื่อนไขและแบบจำลองให้วิเคราะห์การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างถังกับลวดได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โรงงานผลิตลวดเคเบิลแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ที่ให้โอกาสในศึกษาครั้งนี้ขอบคุณอาจารย์ที่คอยให้คำปรึกษาในด้านวิชาการต่าง ๆ สุดท้ายขอขอบคุณพนักงานละผู้ที่เกี่ยวข้องในโรงงานที่คอยช่วยปฏิบัติงานและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] จิราภรณ์ รื่นสัมฤทธิ์ (2554). วิธีแลตทิตโบทซ์มานน์สำหรับการไหลของของไหลภายในท่อผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นสามเหลี่ยม. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] ปรานต์ ทองไหลเลิศ และ ภณังกูล สีดาวงศ์. การคำนวณความต้านทานเรือตรวจการณ์ ต.991ด้วยโปรแกรม lattice Boltzmann: XFlow. กองวิศวกรรมเครื่องกลเรือ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ, สมุทรปราการ.

[3] พงษ์สรัญ สัจจริตานันท์ (2558). การจำลองแบบเชิงตัวเลขของการไหลในถังกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ, วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] วัชพล โรจนรัตนางกูร (2551). การจำลองเชิงตัวเลขโดยตรงสำหรับกำไหลแบบปั่นป่วนในท่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้วิธีโครงผลึกโบลต์ซมันน์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสรุนารี, นครราชสีมา

[5] F. J. Higuera, J. Jimenez (1989), Boltzmann approach to lattice gas simulations. Europhysics Letters 9 (7) (1989). pp 663 – 668.

[6] H.K.Versteeg, W. Malalasekera. (2007). An introduction to Computational Fluid Dynamics 2nd ED., John Wiley & Sons, New York.

[7] Y. H. Qian, D. D'Humières and P. Lallemand (1992). Lattice BGK Models for Navier-Stokes Equation. Europhys. Lett., 17 (1992), pp. 479.

[8] Yu Dinga and Haifei Liua (2018). Lattice Boltzmann method for rain-induced overland flow. Journal of Hydrology 562 (2018), pp.789 – 795.

[9] Xiana Romani Fernandez, Lars Egmont Spelter and Hermann Nirschl (2012). Computational Fluid Dynamics (CFD) and Discrete Element Method (DEM) Applied to Centrifuges, ISBN: 78-953-51-0271-7, Intech, Croatia

การคัดแยกพันธุ์ข้าวแบบเมล็ดเดี่ยวอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด

The Rice Varieties sorting by Single Kernel Rapid Method Using Near Infrared Technique

ฤทธิเกียรติ นันท์ดี, สุทธญาณ์ ลิละคร, สิริยากร ศรีอ่อน, คนึงนิตย์ จับใจเหมาะ, และ ภานุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง*

วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000
Email: panuwatph1@yahoo.com, 089-8617415

บทคัดย่อ

ข้าวขาวเป็นข้าวที่ไทยส่งออกมากที่สุด มีการแข่งขันในตลาดโลก เนื่องจากมีหลายประเทศที่สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบพันธุ์ข้าวที่ถูกต้องก่อนส่งออก แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงและใช้เวลานาน งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดมาใช้ในการหาวิธีคัดแยกสายพันธุ์ข้าวอย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง EPE-NIRs และเครื่อง FT-NIRs ที่ความยาวคลื่น 330 – 1100 และ 1000 - 2500 นาโนเมตร โดยมีตัวอย่างของข้าว 6 สายพันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 1, พิษณุโลก 2, ปทุมธานี 1, สุพรรณบุรี 2, กข 15 (สุรินทร์) และขาวดอกมะลิ 105 (อุบลราชธานี) จากนั้นสร้างสมการทดสอบ และทำนายสมการด้วยวิธี PLS-DA (Partial Least Square – Discriminant Analysis) พบว่าการใช้สเปกตรัมเริ่มต้นเป็นเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (R^2) ความผิดพลาดมาตรฐานของแบบจำลอง (SEC) ความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) และความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) คือ 0.845, 0.672%, 0.762%, -0.003% และ 0.927, 0.460%, 0.638%, 0.002% ตามลำดับ เมื่อทดสอบ T-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างค่าจริงและค่าการทำนาย แสดงว่าการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสามารถประกันคุณภาพการตรวจสอบได้

คำหลัก: ข้าว, การคัดแยก, เนียร์อินฟราเรด, สเปกตรัม

Abstract

White rice is the most Thailand exported rice. There is competition in the global market. Because many countries can produce in large quantities. It is necessary to check the rice varieties before export. However, it has a high detection cost and takes a long time. The purpose of this research is to use infrared technique to find out how to isolate rice varietiy quickly and without damaging the samples. EPE-NIRs and FT-NIRs were used at wavelengths 330 - 1100 and 1000 - 2500 nm. Six rice varieties ; Chai Nat1, Phitsanulok 2, Pathumthani 1, Suphan Buri 2, RD 15 (Surin) and KDML 105 (Ubon Ratchathani) were used as samples then the equations were tested and predicted by PLS-DA (Partial Least Square – Discriminant Analysis) The use of original spectrum was the most appropriate technique for data analysis showed the multiple correlation coefficients (R^2), standard error of calibration (SEC), standard error of prediction (SEP) and the average of difference between actual value and NIR-value (Bias) at 0.845, 0.672%, 0.762%, -0.003% for EPE-NIRs and 0.927, 0.460%, 0.638%, 0.002% for FT-NIRs. The T-test showed that there were no difference between the actual and predicted values with 95 percent reliability which Near Infrared could be quality assurance verified.

Keywords: Rice, Sorting, Near Infrared and Spectrum

1. บทนำ

ประเทศไทยผลิตและส่งออกข้าวขาวเป็นอันดับต้นๆของโลก ในปี 2560 ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวประมาณ 24.07 ล้านตันต่อปี ราคาข้าวขาวในปัจจุบันจะอยู่ที่ประมาณ 434 ดอลลาร์ต่อตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร et al., 2017) ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวขาวมากกว่าร้อยละ 50 ของการส่งออกข้าวทั้งหมด โดยคิดเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับข้าวชนิดอื่นๆ นับเป็นตลาดหลักที่มีการแข่งขันสูงและมีความผันผวน เพราะมีผู้ส่งออกข้าวหลายประเทศ โดยมีการแบ่งประเภทข้าวขาวเพื่อการส่งออกเป็นหลายประเภท อาทิ ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ข้าวขาว 5 เปอร์เซ็นต์ และข้าวขาว 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (กรมการค้าต่างประเทศ et al., 2016) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบพันธุ์ข้าว แบ่งประเภทของข้าวที่ถูกต้องก่อนส่งออก และการตรวจสอบในปัจจุบันจะใช้วิธี DNA Fingerprint Method ซึ่งเป็นวิธีที่มีความแม่นยำถูกต้องมาก แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูง ใช้เวลานาน และยังต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญสูง ต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ อีกทั้งเป็นการตรวจสอบคุณภาพ หรือตรวจสอบพันธุ์ที่ต้องทำลายตัวอย่าง ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาหาวิธีหรือเทคโนโลยีที่มีราคาถูก รวดเร็ว มีความแม่นยำถูกต้องและไม่เป็นการทำลายตัวอย่าง (Delwiche et al., 1995)

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Near Infrared Spectroscopy, NIRS) เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เป็นเทคนิคที่ใช้คลื่นแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 700 – 2500 นาโนเมตร ใช้หลักการดูดกลืนพลังงานของโมเลกุลสารประกอบที่มีพันธะ H-O, H-N, H-C และ C=O อยู่ในโมเลกุล เป็นต้น แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงมาหาความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) กับผลการวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธีการ (Chemometrics) เพื่อให้ได้สมการในการทำนายปริมาณสารหรือสารประกอบชนิดนั้นๆ เทคนิค NIRs สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกข้าวพันธุ์ต่างๆ ซึ่งกำลังได้รับความนิยมเป็นที่ยอมรับสูง เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง รวดเร็ว และลดการใช้สารเคมี (Valintron et al., 2010) รายงานการวิจัยการใช้เทคนิค NIRs ในการตรวจสอบการคัดแยกของข้าวญี่ปุ่น โดยใช้เทคนิคเมล็ดเดี่ยวโดยการวัดปริมาณโปรตีนของข้าวเมล็ดเดี่ยว โดยใช้สมมุติฐานว่ากราฟการกระจายของปริมาณโปรตีนของแต่ละเมล็ด จะบ่งบอกว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มประเภทเดียวกันหรือไม่ (Supprung et al., 2010) ในการคัดแยกพันธุ์ข้าวได้รวดเร็วโดยไม่ทำลายตัวอย่างจึงมีความสำคัญในทางการค้าและกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ข้าวมาก

ในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้เทคนิค FT-NIRs (Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ตัวอย่างจะถูกสแกนโดยคลื่นแสงช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ ในทุกช่วงความยาวคลื่นที่สนใจในช่วงเวลาทั้งหมด (Supprung et al., 2012) ซึ่งต่างจากวิธีเดิมที่เป็น Dispersive ซึ่งจะสแกนเฉพาะช่วงคลื่นแสงในขณะเวลาหนึ่งเท่านั้น (Supprung et al., 2012) เทคนิค FT–NIRs จะมีข้อดีคือ สามารถสแกนตัวอย่างได้รวดเร็ว มีอัตราส่วนสัญญาณคลื่นแทรก (S/N) สูง มีความเสถียรของคลื่นแสงสูง และง่ายในการส่งถ่ายข้อมูลคาลิเบรชัน แต่ข้าวมีช่วงความยาวคลื่นที่ต่ำกว่าช่วงที่เครื่อง FT-NIRs สามารถวัดได้หรือกล่าวคืออาจจะได้ผลแม่นยำไม่สูงพอที่จะยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีในระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRs) มีการพัฒนามากในปัจจุบัน ได้แก่ เครื่อง EPE–NIRs เป็นเครื่องต้นแบบคัดแยกพันธุ์ข้าวด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด ในรูปแบบอินเตอร์แอกแตนซ์ (Interactance) มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ชุดป้อนตัวอย่างและชุดตรวจวัดคลื่นแสง โดยชุดตรวจวัดคลื่นแสงประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง ท่อใยแก้วนำแสงและแยกแสง ชุดตรวจรับแสง โพรบตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสง ชุดหน่วยเก็บและจ่ายไฟฟ้า และชุดวิเคราะห์ประมวลผล

แม้ว่าจะมีการศึกษา วิจัย การใช้เทคนิค NIRs ในการตรวจสอบความชื้นข้าวและพันธุ์ข้าวมากขึ้น แต่การตรวจสอบหาการคัดแยกพันธุ์ของข้าวขาวในประเทศไทยแทบยังไม่มีการศึกษาวิจัยเลย โดยเฉพาะการใช้เทคนิค EPE-NIRs ร่วมกับ เทคนิค FT-NIRs ซึ่งมีความแม่นยำสูงและสามารถตรวจวัดได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการคัดแยกพันธุ์ข้าวแบบรวดเร็วโดยใช้เทคนิค EPE-NIRs และ FT-NIRs ซึ่งก่อให้เกิด

ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมการเกษตร การค้า และการแปรรูปข้าวในตลาดโลกต่อไปในอนาคต

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมข้าวเปลือก 6 สายพันธุ์ (จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวของแต่ละจังหวัด) นำมากะเทาะเปลือกและขัดขาวด้วยเครื่องต้นแบบขัดขาวข้าว หลังจากนั้นนำข้าวที่ขัดขาวแล้วบรรจุใส่ถุงซิปขนาด 7x10 เซนติเมตร จำนวนสายพันธุ์ละ 50 ตัวอย่าง ปิดให้มิดชิดและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

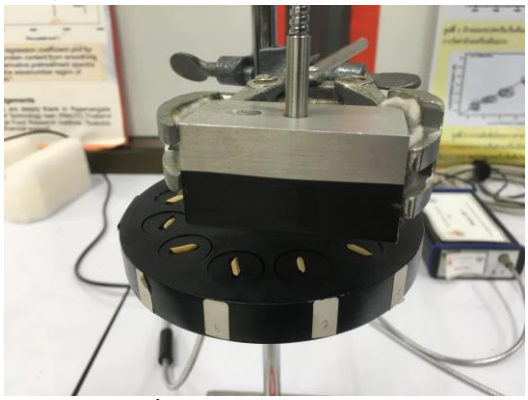
2.2. การตรวจวัดสเปกตรัม

เครื่อง FT–NIR Spectrometer รุ่น NIR Flex N500 พร้อมด้วยชุดบรรจุตัวอย่าง solid sample holder (Vial) ดังรูปที่ 1 ในจำนวนช่วงคลื่นแสง 4000 - 10000 cm^{-1} หรือ 1000 - 2500 nm



รูปที่ 1 FT–NIR spectrometer

เครื่อง EPE–NIR Spectrometer ที่พัฒนาขึ้น (อยู่ระหว่างจดสิทธิบัตร) ดังรูปที่ 2 ซึ่งจะวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดที่มีช่วงความยาวคลื่น 330 - 1,100 นาโนเมตร



รูปที่ 2 EPE–NIR Spectrometer

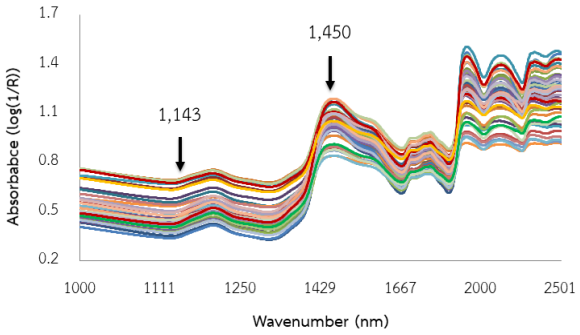
2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

เส้นสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่างชนิดละ 50 เส้น รวมทั้งหมด 300 เส้น การวิเคราะห์สร้างสมการและตรวจสอบสมการ Calibration โดยใช้ PLS-DA (Partial Least Square – Discriminant Analysis) เลือกใช้ Full cross validation และสมการตรวจสอบ (Prediction) โดยใช้เส้นสเปกตรัมเริ่มต้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม The Unscrambler version 10.1 (Camo, Oslo, Norway)

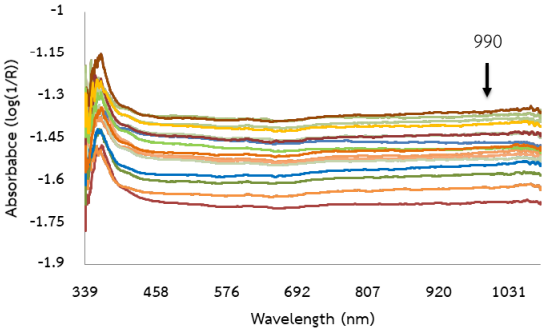
3. ผลและวิจารณ์

3.1 การตรวจวัดเส้นสเปกตรัมของตัวอย่าง

ผลการตรวจวัดเส้นสเปกตรัมเริ่มต้นของข้าวขาวในคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยการตรวจวัดด้วยเครื่อง FT–NIR spectrometer ในช่วงความยาวคลื่น 1000 - 2500 nm แสดงในรูปที่ 3 (a) และการตรวจวัดด้วยเครื่อง EPE–NIR spectrometer ในช่วงความยาวคลื่น 330 - 1100 nm แสดงในรูปที่ 3 (b)



(a)



(b)

รูปที่ 3 Average NIR-Spectra and wavelength of Paddy (a) FT–NIR spectrometer (b) EPE–NIR spectrometer

จากผลการวิจัยการใช้เส้นสเปกตรัมเริ่มต้นของข้าวขาวพบว่ามีการเลื่อนของเส้นสเปกตรัม (Base line) เนื่องจากความแตกต่างโมเลกุลภายในเมล็ดของแต่ละพันธุ์ ทำให้ไม่สามารถเห็นพีคได้ชัดเจน และพีคไม่แยกออกจากกัน จากเส้นสเปกตรัมแสดงถึงช่วงการดูดกลืนแสงที่สำคัญ คือที่ความยาวคลื่น 1143 nm เป็นช่วงดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับสองของพันธะ C-H เป็นโมเลกุลของสารประกอบอะโรมาติก (Aromatic compound) อย่างไรก็ตามที่ความยาวคลื่น 1450 nm เป็นช่วงดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับหนึ่งของพันธะ O-H เป็นโมเลกุลของแป้งและน้ำ ในขณะที่ ที่ความยาวคลื่น 990 nm เป็นช่วงการดูดกลืนแสงโอเวอร์โทนอันดับสองของพันธะ O-H เป็นโมเลกุลของน้ำเช่นกัน (Osborne et al., 1993 และ Williams, 2007)

3.2 การหาช่วงการดูดกลืนแสง

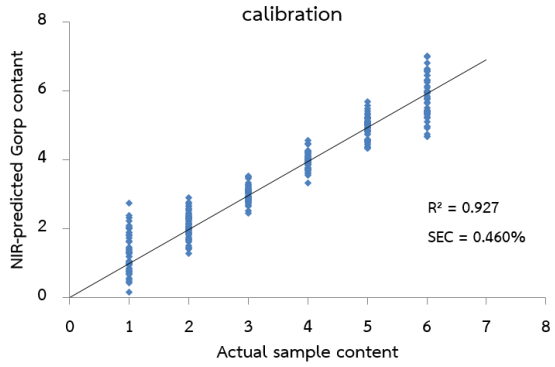
PLS-DA ถูกนำมาพัฒนาเพื่อหาช่วงการดูดกลืนแสงวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยวิธีทางสถิติโดยการสร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้น และหาผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดจากสเปกตรัมเริ่มต้น เป็นการใช้คลื่นแสงทั้งหมด คือ จำนวนคลื่นแสง 1000 - 2500 nm สำหรับเครื่องตรวจแบบ FT-NIR และที่ความยาวคลื่น 330 - 1100 nm สำหรับเครื่องตรวจวัดแบบ EPE-NIR เนื่องจากในช่วงการดูดกลืนแสงนี้เส้นสเปกตรัมได้แสดงลักษณะสำคัญของส่วนประกอบหลักในตัวอย่างประกอบกับผลการคำนวณ PLS-DA โดยจะพิจารณาจากค่า R^2 (Multiple Correlation Coefficients), SEC (Standard error of calibration), SEP (Standard error of prediction) และ Bias (The average of difference between actual value and NIR-value) ซึ่งการทำนายที่ดี R^2 จะต้องมีค่ามากและจะต้องมีค่า SEC, SEP และ Bias น้อยที่สุด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ PLS-DA ที่ช่วงคลื่นแสง 330 - 1100 nm และช่วงคลื่นแสง 1,000 – 2,500 นาโนเมตร ในการคัดแยกพันธุ์ข้าวแต่ละชนิด

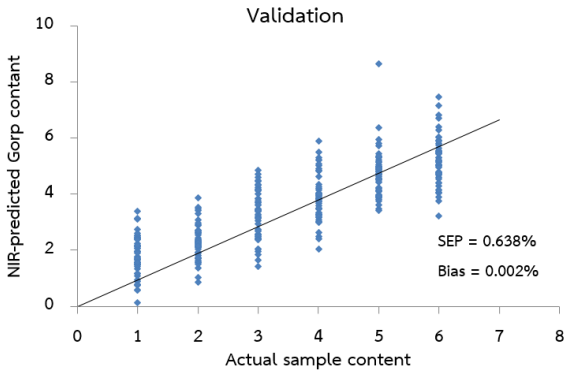
Spectrometer	Spectral Pretreatment	N	Calibration		Validation	
			R^2	SEC	SEP	Bias
EPE-NIRs	Original	300	0.845	0.672	0.762	-0.003
FT-NIRs	Original	300	0.927	0.460	0.638	0.002

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนายการคัดแยกพันธุ์ข้าว โดยใช้สมการ Calibration สแกนโดยเครื่อง FT–NIR การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตลอดช่วงคือ 1,000 – 2,500 นาโนเมตร และการทวนสอบหรือการใช้สมการ Validation จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าการทำนายแสดงในรูปที่ 4 (a) และ (b) และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนายการคัดแยกพันธุ์ข้าว โดยใช้สมการ Calibration สแกนโดยเครื่อง EPE–NIR การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตลอดช่วงคือ 330 – 1,100 นาโนเมตร และการทวนสอบหรือการใช้สมการ Validation จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าการทำนายแสดงในรูปที่ 5 (a) และ (b) เปรียบเทียบค่าจริงและค่าทำนายการคัดแยกพันธุ์ข้าวใช้ Full Cross Validation และจากผลการสุ่มทดสอบทำนายพันธุ์ข้าวขาวของเครื่อง FT–NIR และ EPE–NIR จากตัวอย่าง 100 ตัวอย่าง พบว่า เครื่อง FT–NIR พบตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง ที่ไม่สามารถแบ่งกลุ่มได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 5% และเครื่อง EPE–NIR พบตัวอย่าง 15 ตัวอย่าง ที่ไม่สามารถแบ่งกลุ่มได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 15% ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้คลื่นแสงเนียร์

อินฟราเรดในการทำนายการคัดแยกพันธุ์ข้าวขาวได้เป็นอย่างดี ใช้ในการตรวจสอบได้จริง

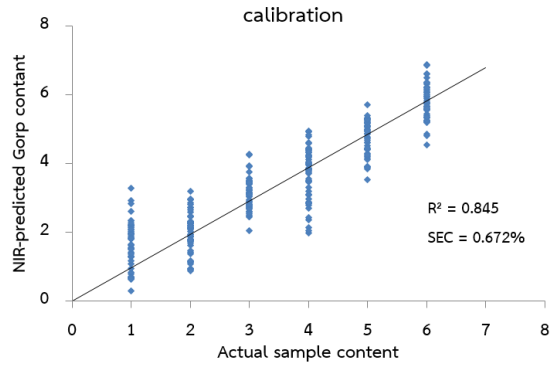


(a)

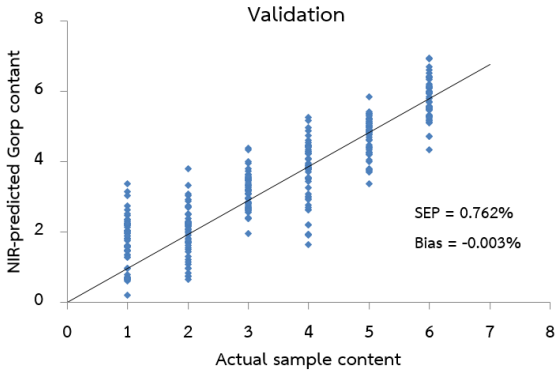


(b)

รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย Calibration และ Validation เครื่อง FT–NIR



(a)



(b)

รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย Calibration และ Validation เครื่อง EPE–NIR

4. สรุป

การพัฒนาระบบการตรวจสอบมีความแม่นยำถูกต้องสูงและไม่ทำลายตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง FT–NIR และ EPE–NIR สำหรับหาการคัดแยกพันธุ์ข้าวขาวโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดช่วงจำนวนคลื่นแสง 4000 - 10000 cm^{-1} หรือ 1000 - 2500 nm และช่วงความยาวคลื่นแสง 330 - 1100 nm โดยใช้สเปกตรัมเริ่มต้นในการคำนวณวิธี PLS-DA สามารถใช้ในการทำนายที่เหมาะสมแม่นยำ ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านการค้า การส่งออกของข้าวไทย และสามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมในอนาคต เพื่อจะได้เลือกใช้เครื่องมือและวิธีการ ให้เหมาะสมกับตัวอย่างให้มากขึ้นต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยและตรวจสอบสินค้าแบบไม่ทำลาย สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ และทุนสนับสนุนงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปีที่ 60

[2] กรมการค้าต่างประเทศ, 2559. ประเภทข้าวเพื่อการส่งออก กระทรวงพาณิชย์

[3] Delwiche. S. R., Bean. M. M., Miller, R. E., Williams, P. C. 1995. Apparent Amylose Content

of Miller Rice by Near-Infrared Reflectance Spectrophotometry. Cereal Chemistry, 72(2): 182-187.

[4] วรินทร มณีวรรณ, ศุภศักดิ์ ลิมปิติม ปาริชาติ เทียนจุมพล. 2553. การหาปริมาณโปรตีนในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 401-404.

[5] Supprung. P., Ratree. S., Saranwong. S. 2010. Performance of Fourier Transform NIR Spectrophotometer for Determining Variety Contamination of Thai “KDML105” Rough Rice. The 2nd Asian NIR symposium, 15-18 Oct 2010, Shanghai, Chaina.

[6] Supprung., P., Ratree, S., Petchsing, C., Trisuvanawat, W. 2012. Prediction of insect damaged rough rice contamination using FT-NIRs and NIR hyperspectral imaging. The 3rd Asian NIR symposium, 14-18 May 2012, Bangkok, Thailand.

การออกแบบ และพัฒนาเครื่อง Mini CNC 5 แกน

Design and Development of Mini CNC 5 Axis

เฉลิมขวัญ สวงโท* ,สุริยา นัฏสุภัคพงศ์

สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ.ประชาอุทิศ บางมด ทุ่งครุ กทม. 10140
*chalermkhuen@thaixon.co.th, 0898936227

บทคัดย่อ

เครื่อง Mini CNC 5 แกนที่ใช้งานในปัจจุบันเป็นเครื่องที่ใช้ระบบขับแกน Y แบบเดี่ยว และนำแกน A และ B มาติดตั้งบน Table ทำให้เครื่องมีขนาดใหญ่ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย และสิ้นเปลืองพื้นที่ใช้งาน ดังนั้นจึงทำการออกแบบเครื่องจักรโดยใช้ระบบการขับแกน Y เป็นแบบคู่ และรวมแกน A และ B เป็นส่วนเดียวกับโครงสร้างของเครื่อง รวมถึงได้รวมอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้ที่โครงสร้างด้านใน และใช้ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค ในการควบคุมการทำงานแทน คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ จากการออกแบบ และจัดทำเครื่อง จะได้เครื่องจักรขนาด 430x550x600 mm สามารถกัดชิ้นงานที่มีขนาดสูงสุด 120x160x100 mm โดยสามารถกัดชิ้นงานวัสดุไม้ พลาสติก ทองเหลือง และอลูมิเนียม เครื่อง Mini CNC 5 แกนที่ได้จึงเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็ก สามารถกัดชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แกนทั้ง 5 แกนสามารถเคลื่อนที่ได้พร้อมกันทำให้สามาถกัดชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้ และมีการออกแบบระบบจับยึดชิ้นงานสำหรับใช้งานร่วมกับเครื่องจักร ทำให้ผู้ใช้งานทำงานได้ง่ายขึ้น

Abstract

In present, the Mini CNC 5 axis machine use single Y axis system with A axis and B axis add on the table that causes the size of the machine very large, uncomfortable to move and need more space. Then, this project designs the machine by use double Y axis system and mixed A axis and B axis on structure of machine. Moreover, this machine includes the electronic equipment inside the structure and uses notebook for control system instead of desktop computer. For design and development, the machine size is 430x550x600 mm and the machine can make the maximum part about 120x160x100 mm. The materials that can use with this machine are wood, plastic, brass and aluminum. Therefore, the Mini CNC 5 axis machine is small which can make the large model. The machine has simultaneous movement of all 5 axes which can make the complex part and this design has the Fixture build in on machine that can help for operation easily.

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องกัด Mini CNC มากขึ้น เครื่องที่มี 5 แกนมีความสามารถในการกัดงานที่มีความซับซ้อน และกัดงานที่มีผิวโค้งได้ดี เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของแต่ละแกนพร้อมกัน (Simultaneous Function) การจับยึดชิ้นงานใช้การจับยึดครั้งเดียวก็สามารถกัดงานได้ทุก ๆ ด้าน ทำให้ลดขั้นตอนการทำงานและลดการใช้อุปกรณ์จับยึดลง

เครื่อง Mini CNC 5 แกนที่มีจำหน่าย ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1 และ 2 เป็นเครื่องที่ใช้ระบบการเคลื่อนที่ของแกน Y เป็นระบบแกนเดี่ยว แกน A และ B เป็นแกนที่แยกจากโครงสร้างเครื่องจักร จัดวางระบบไฟฟ้าแยกและใช้คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะเป็นชุดควบคุมการทำงาน ทำให้เครื่องจักรมีขนาดใหญ่



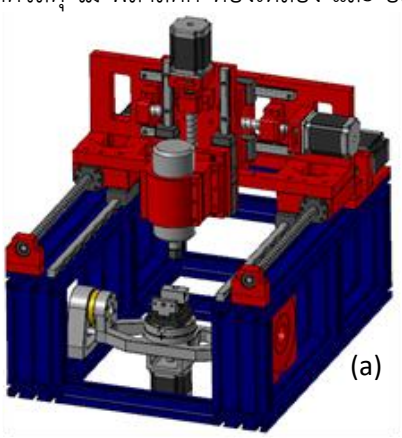
รูปที่ 1 เครื่อง Mini CNC 5 แกน

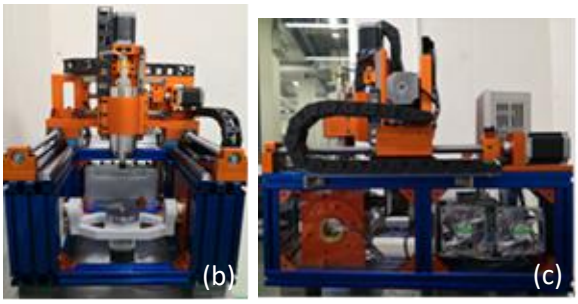


รูปที่ 2 เครื่อง Mini CNC 4 แกน

การออกแบบระบบการเคลื่อนที่ของแกน Y เป็นระบบแกนคู่ และรวมระบบแกน A และ B กับโครงสร้างเครื่องจักร รวมถึงการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้า และใช้ Notebook เป็นชุดควบคุมการทำงาน ทำให้เครื่องจักรมีขนาดที่เล็กลง สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และประหยัดพื้นที่การทำงาน มีการออกแบบชุดจับยึดชิ้นงานให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่อง จักร ทำให้ง่ายต่อการใช้งานดังรูปที่ 3

เครื่อง Mini CNC 5 แกนนี้เหมาะในการนำไปใช้ผลิตชิ้นงานต้นแบบ ชิ้นงานอื่นๆ และชิ้นงานที่มีความซับซ้อน สามารถกัดวัสดุ ไม้ พลาสติก ทองเหลือง และ อลูมิเนียม





รูปที่ 3 เครื่อง Mini CNC 5 แกนที่ออกแบบ และพัฒนา (a) ใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบ (b) ภาพถ่ายเครื่องจักรด้านหน้า (c) ภาพถ่ายเครื่องจักรด้านข้าง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ออกแบบ และพัฒนาเครื่อง Mini CNC 5 แกนให้มีขนาดเล็กสะดวกในการเคลื่อนย้าย และลดพื้นที่การใช้งาน

1.2.2 ทดสอบการเคลื่อนที่ และการกัดงานแบบ 5แกนพร้อมกัน (Simultaneous Function)

1.2.3 ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ใช้สำหรับเครื่อง Mini CNC 5 แกน เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการใช้งาน

1.3 ขอบเขต

ออกแบบ และสร้างเครื่อง Mini CNC 5 แกน ขนาดเล็กโดยมีขนาดเครื่องจักร 430 (X) x 550 (Y) x 600 (Z) mm โดยสามารถกัดชิ้นงานที่มีขนาดสูงสุด 120 (X) x 160 (Y) x 100 (Z) mm ใช้ระบบการเคลื่อนพร้อมกันทั้ง 5 แกน (Simultaneous Function) รวมทั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องจักร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่อง Mini CNC 5 แกนที่มีขนาดเล็กทำให้ง่ายในการเคลื่อนย้าย และลดพื้นที่ใช้งาน

1.4.2 สามารถกัดชิ้นงานที่มีพื้นผิวโค้ง และชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้

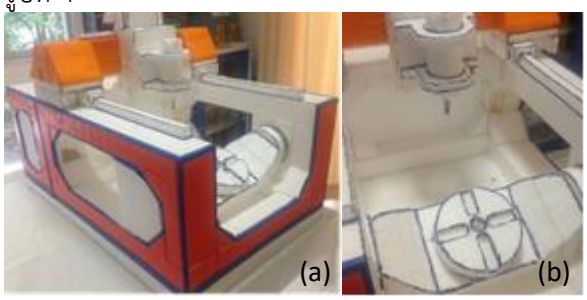
1.4.3 ผู้ใช้งานใช้งานได้ง่ายเนื่องจากมีระบบจับยึดที่ออกแบบให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักร

2. วิธีการดำเนินการ

การดำเนินงานมี 5 ขั้นตอนดังนี้

2.1 ออกแบบโครงสร้างโมเดล

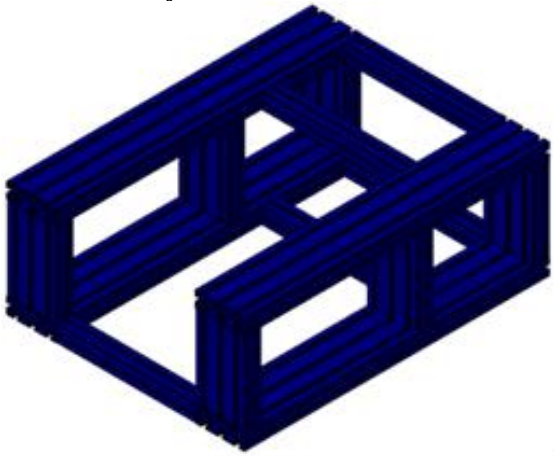
ใช้วัสดุโฟมตัดทำเป็นโคงสร้างเครื่องจักร โดยใช้ขนาดจริง 1:1 เพื่อดูความเหมาะสมของการวางตำแหน่งของแต่ละแกน และพื้นที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า การทำโมเดลทำให้ลดเวลาการออกแบบ และทำให้ง่ายในการแก้ไข สามารถมองเห็นภาพรวมของเครื่องจักรได้ง่ายดังรูปที่ 4



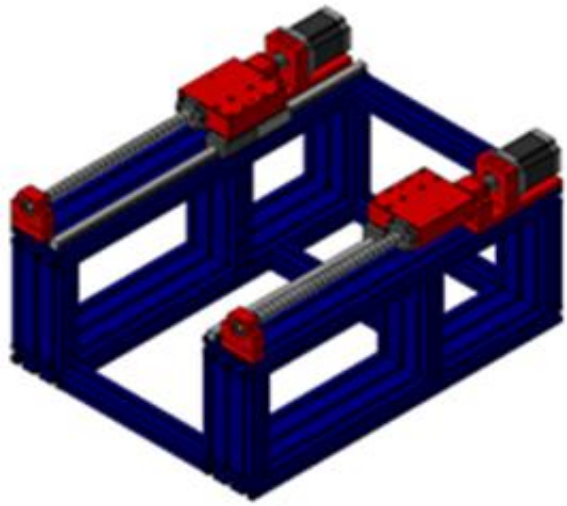
รูปที่ 4 โมเดลโฟม (a) รายละเอียดโครงเครื่อง (b) รายละเอียดแกน A,B

2.2 ออกแบบโครงสร้างโดยใช้คอมพิวเตอร์

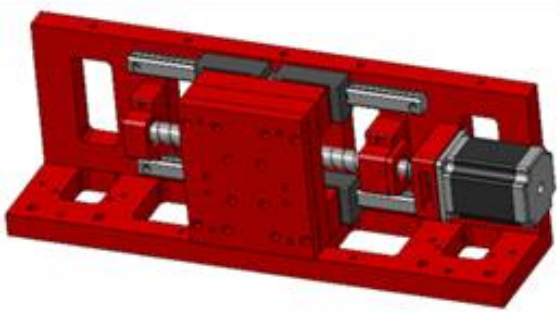
เมื่อได้ภาพรวมของเครื่องจักรแล้วจึงออกแบบรายละเอียดของแต่ละชิ้นส่วน โดยเริ่มจากโครงเครื่องจักรซึ่งใช้โครงอลูมิเนียมมาตรฐานขนาด 30 x 60 mm จากนั้นทำการออกแบบระบบแกนต่าง ๆ โดยเริ่มจากแกน Y แกน X แกน Z แกน A และแกน B โดยใช้อุปกรณ์มาตรฐานสำหรับการเคลื่อนที่เป็น Linear และ Ball Screw ดังรูปที่ 5-9



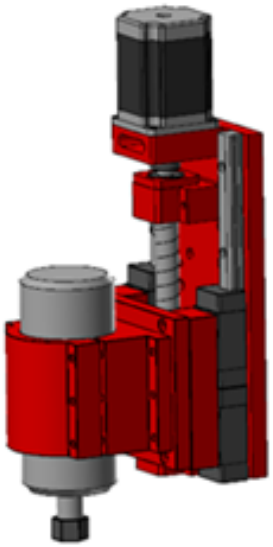
รูปที่ 5 โครงของเครื่องจักร



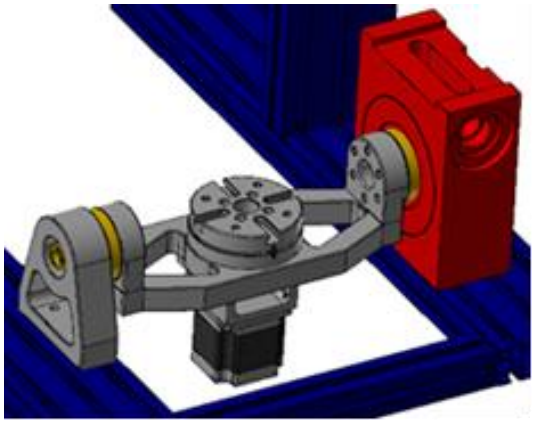
รูปที่ 6 โครงสร้างแกน Y แบบคู่



รูปที่ 7 โครงสร้างแกน X



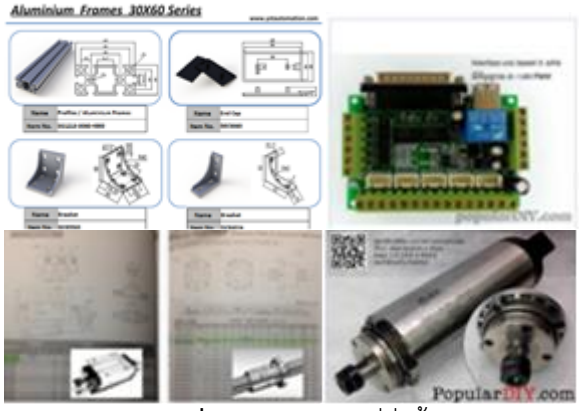
รูปที่ 8 โครงสร้างแกน Z



รูปที่ 9 โครงสร้างแกน A และ B

2.3 สั่งซื้ออุปกรณ์

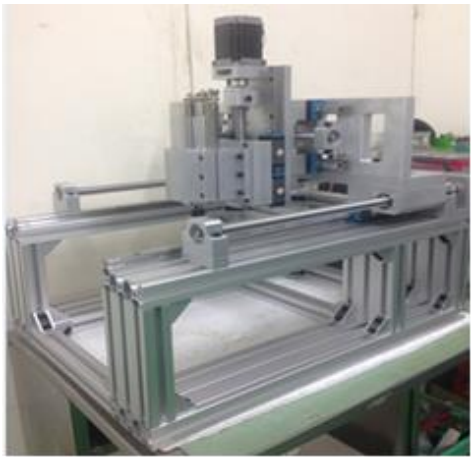
อุปกรณ์ที่ต้องสั่งซื้อจะเป็นอุปกรณ์ที่ผลิตเองไม่ได้ ประกอบด้วยเฟรมอลูมิเนียม Stepping Motor ชุด Driver ขับ Stepping Motor ชุด Interface 5 แกน ชุด Switching และ Spindle ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ชุดอุปกรณ์ที่สั่งซื้อ

2.4 ผลิตชิ้นส่วน และประกอบเครื่องจักร

ใช้เครื่องจักร CNC Milling และ CNC Lathe ที่ใช้งานในโรงงานทำการผลิตแต่ละชิ้นส่วน และทำการทดลองประกอบ ดังรูปที่ 11 จากนั้นทำการชุบสี (Anodize) เพื่อความสวยงาม



รูปที่ 11 การประกอบเครื่องจักร

2.5 ทดสอบการเคลื่อนที่ และปรับตั้งความละเอียดเครื่องจักร

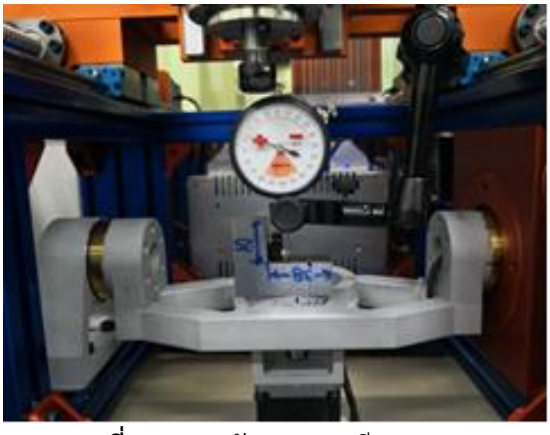
ทำการตั้งระดับของแต่ละแกนด้วย Dial Gage จากนั้นประกอบอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ และปรับค่าความละเอียดของแต่ละแกนโดยเทียบขนาดกับ Gage Block และ Dial Gage ดังรูปที่ 12-16



รูปที่ 12 การปรับความละเอียดแกน X



รูปที่ 13 การปรับความละเอียดแกน Y



รูปที่ 14 การปรับความละเอียดแกน Z



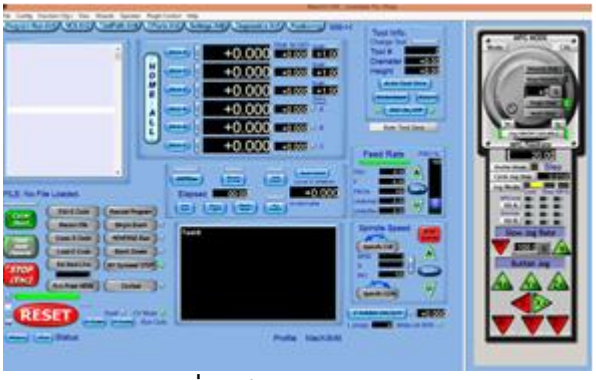
รูปที่ 15 การปรับความละเอียดแกน B



รูปที่ 16 การปรับความละเอียดแกน B

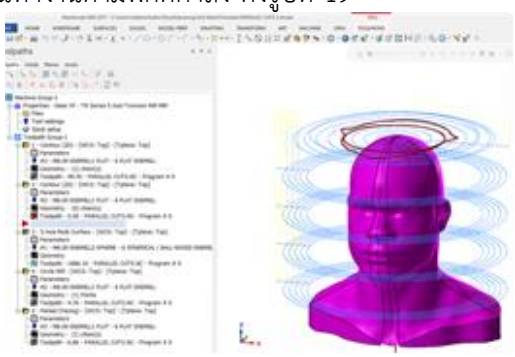
3. ผลการทดลอง

ใช้โปรแกรม Mach 3 ดังรูปที่ 17 ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง Mini CNC 5 แกน โดยทำการ Setup ค่า Parameter ต่าง ๆ ของเครื่องจักร และทำการ Set ศูนย์งาน และ Set Tool ที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน

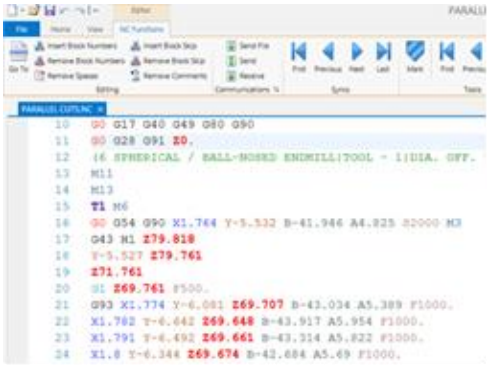


รูปที่ 17 โปรแกรม Mach 3

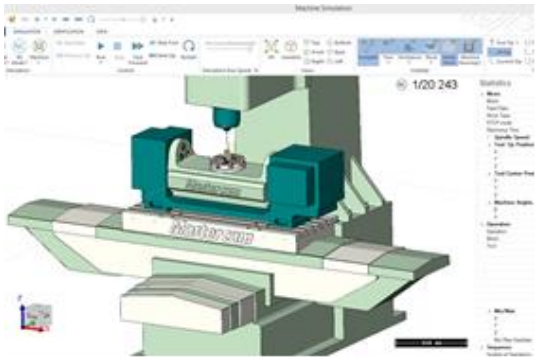
ใช้โปรแกรม Master CAM ดังรูปที่ 18 ในการทำ Tool Path และให้ค่าตำแหน่งการกัดของ Tool รวมถึง G และ M Code เพื่อส่ง Code ให้เครื่อง Mini CNC 5 แกนทำงานตามพิกัดคำสั่ง ดังรูปที่ 19



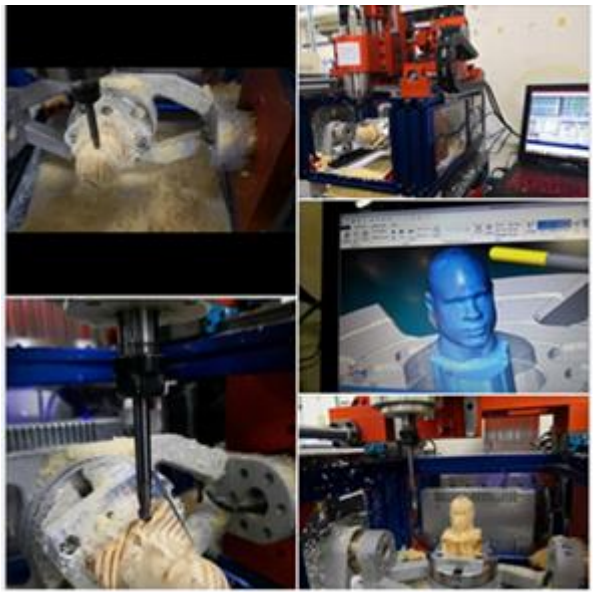
รูปที่ 18 โปรแกรม Master CAM



รูปที่ 19 ค่าพิกัด และ G,M Code



รูปที่ 20 การทำ Simulation เพื่อตรวจสอบการกัดงาน



รูปที่ 21 ภาพแสดงการกัดงาน

จากการทดลองกัดชิ้นงานโดยใช้อุปกรณ์จับยึด (Fixture) ที่ได้ทำการออกแบบ ดังรูปที่ 20-21 พบว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามพิกัดการเคลื่อนที่ และมีการทำงานพร้อมกันทั้ง 5 แกนสามารถกัดงานที่มีพื้นผิวโค้ง และงานที่มีความซับซ้อนหลายๆ ด้านโดยมีการจับยึดเพียงขั้นตอนเดียว

4. ข้อเสนอแนะ

เครื่อง Mini CNC 5 แกนที่ทำการออกแบบ และทดลองกัดชิ้นงานมีข้อบกพร่องที่ต้องทำการปรับปรุงดังนี้ คือการขับระบบแกน B ยังมีปัญหาเรื่องความเข็งแรง เนื่องจากออกแบบให้เป็นระบบขับตรง ทำให้มีแรงจับไม่ดีพอ การแก้ไขเบื้องต้น คือใช้การกัดในระยะลึกที่น้อย ส่วนการแก้ปัญหาระยะยาวคือออกแบบเป็นระบบเฟืองขับเหมือนแกน A จะมีความแข็งแรงมากกว่า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท โกลบอล-ไทยซอน พรีซิชั่น อินดัสทรี จำกัด ในการให้ใช้เครื่องจักร ในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ บริษัท PB โลหะกิจ ที่ทำการชุบ Anodize ให้เครื่องจักรมีความสวยงาม บริษัท สยาม NB ที่จัดหาโครงอลูมิเนียมให้ในการทำเครื่อง Mini CNC 5 แกน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Wei Qin, “Design and Analysis of a Small-Scale Cost-Effective CNC Milling Machine”, Graduate College of University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013.

[2] Torius Spilling, “Self – Improving CNC Milling Machine”, University of Oslo, 2014.

แนวทางการสร้างเกณฑ์การพิจารณาการคลุกเคล้าของอาหารผสมและฮอร์โมนต้นแบบ

Development of design consideration in mixed feed and hormone prototype

จักรินทร์ สารฤทธิ์ และศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
นายจักรินทร์ สารฤทธิ์: jakkarinton.jt@gmail.com, 088-0576271

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางการสร้างเกณฑ์การพิจารณาการคลุกเคล้าของอาหารผสมและฮอร์โมน (ต้นแบบ) โดยสร้างเครื่องผสมอาหารและพ่นฮอร์โมน มิติของเครื่อง กว้างXยาวXสูง 45X80X52.5 เซนติเมตร ชุดส่งกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ความเร็วรอบ 14.5 รอบต่อนาที ปั๊มน้ำขนาด 12 โวลต์ และถังบรรจุฮอร์โมนขนาด 1 ลิตร การทดลองผสมอาหารและฮอร์โมน โดยใช้วัตถุดิบในการผสมคือ ปลาป่น 7 กิโลกรัม รำอ่อน 3 กิโลกรัม และฮอร์โมน 1กรัม ทำละลายกับแอลกอฮอล์ 1 ลิตร ทำการทดลอง 2 วิธี คือ ผสมด้วยการใช้แรงคนผสม และเครื่องผสมอาหารและพ่นฮอร์โมน หลังจากการการทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่างตำแหน่ง หัว กลาง และท้าย ตำแหน่งละ 3 ตัวอย่าง จากนั้นทำการตรวจสอบตัวอย่าง ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ จะได้ค่าพลังงานความร้อนจำเพาะของอาหารผสมแต่ละตำแหน่งเพื่อสร้างเกณฑ์การพิจารณาการคลุกเคล้าโดยการใช้ค่าเฉลี่ยรวมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะทำให้ทราบว่าการผสมคลุกเคล้าอาหารเข้ากัน ผลการทดลองด้วยเครื่องผสมอาหารและฮอร์โมนได้ค่าพลังงานความร้อนจำเพาะเฉลี่ย ตำแหน่งหัว กลาง และท้าย คือ 17325, 17435 และ 17437 จูลต่อกรัม ตามลำดับ และผลการทดลองใช้แรงคนผสมได้ค่าพลังงานความร้อนจำเพาะเฉลี่ยตำแหน่งหัว กลาง และท้าย คือ 17169, 17190 และ17092 จูลต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยมารวมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำให้ทราบว่าค่าความร้อนจำเพาะของอาหารที่ผสมโดยเครื่องผสมอยู่ภายในช่วงค่าเฉลี่ยบวกลบ 1.5 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและแรงคนอยู่ภายนอกช่วงค่าเฉลี่ยบวกลบ 1.5 เท่าของค่าเบี่ยงมาตรฐาน

คำหลัก: การคลุกเคล้าของอาหารผสมและฮอร์โมนต้นแบบ,ปลาหมอ, 17-Beta Estradiol

Abstract

This objective of this article was to a development of a mixing indicator model for animal feed and hormone by constructing a feed and hormone mixing machine. Its structure was 45X80X52.5 cm, transmission electric motor speed of 14.5 rpm, pump of 12 V and hormone tank size of 1 liter. Tests were done by mixing feed and hormone by the use of following materials: 7 kg of fish meal, 3 kg rice bran and 1 g of hormone soluble in 1 liter of alcohol 2 test methods are compared, mixing by hand and mixing using the machine. After the test, random samples were collected at the start, middle and end of the process. Next, the sample were tested in a bomb calorimeter to get thermal energy of development of a mixing indicator model for animal feed and hormone .By the use of average sum and standard deviation, heating value at start, middle and end are: 17325, 17435 and17437 j/g for the machine mode. By hand the result heating value at start, middle and end are: 17169, 17190 and17092 j/g. It was found that the heating values of the samples mixed by the machine the range of the mean plus minus 1.5 times the standard deviation, however the values of the manual mixing lie outside the range

1. บทนำ

ในอดีตการผสมอาหารปลาแต่ละชนิดยุ่งยากและวุ่นวายไม่มีสัดส่วนตายตัว ไม่ได้มาตรฐาน ไม่ได้สารอาหารเพียงพอที่จะทำให้ปลาเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ต่อมามีการพัฒนาการนำเศษอาหารมาบดสับให้ละเอียดแล้วจึงเติมแร่ธาตุต่างๆ ลงไปจึงเรียกว่าอาหารเหล่านี้ว่า “อาหารสำเร็จรูป” อาหารสำเร็จรูปนั้นเป็นตัวทุ่นแรงอย่างหนึ่งเพื่อไม่ให้เราต้องมาผสมอาหารเอง แต่มีราคาแพงและยังไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ ต่อมาด้วยเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยมากยิ่งขึ้น มีหนังสือสูตรการผสมอาหารอย่างชัดเจน ส่งผลผู้ประกอบการรายย่อยเริ่มผสมอาหารกันใช้กันเอง แต่ยังขาดอุปกรณ์ที่ทันสมัย ยังคงใช้แรงมนุษย์ในการผสมอยู่ ซึ่งมีปัญหาอยู่ในการผสมอาหารกับฮอร์โมนต้องพ่นฮอร์โมนให้เป็นละอองเล็กๆ เพื่อไม่ให้อาหารเปียกจนจับตัวกันเป็นก้อน ใช้เวลาในการผสม 2-3 ชั่วโมง จนกว่าจะพ่นฮอร์โมนให้ทั่วกับอาหาร และขาดการตรวจสอบคุณภาพของอาหรที่ผสมแล้ว

จากปัญหาใช้เวลานานในการผสมอาหารกับฮอร์โมนจึงเป็นสาเหตุผลหลักเพื่อหาแนวทางการสร้างเกณฑ์การพิจารณาการคลุกเคล้าของอาหารผสมและฮอร์โมนต้นแบบ ขึ้นมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคลุกเคล้า ช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตให้มีเพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์

2 ทฤษฎี

2.1 รำอ่อน

รำข้าวแยกออกเป็น 2 ชนิด คือรำหยาบและรำละเอียด รำหยาบมีส่วนผสมของแกลบปนทำให้คุณค่าต่ำกว่ารำละเอียดเพราะมีเยื่อใยสูงและมีแร่ซิลิกาปนในแกลบมากรำรำหยาบมีโปรตีนประมาณ 8 – 10 เปอร์เซ็นต์ไขมันประมาณ 7 – 8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรำละเอียดมีโปรตีนประมาณ 12 – 15 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 12 – 13 เปอร์เซ็นต์ รำมีไขมันสูงจึงไม่ควรเก็บรำไว้นานเกิน 15 – 20 วัน เพราะจะมีกลิ่นจากการหืน

2.2 ปลาป่น

ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ให้โปรตีนสูงและมีคุณภาพดี ทำมาจากปลาเป็ดเศษปลาเล็กปลาน้อย หรือหัวปลาที่เหลือ จากโรงงานทำปลากระป๋อง ทำให้ปลาป่นที่ผลิตได้มีคุณภาพหลากหลาย ดังนั้นในการซื้อขายปลาป่น จึงมีการแบ่งเกรด ตามเปอร์เซ็นต์โปรตีนในปลาป่น โดยปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 1 จะมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 60% ปลาป่น ชั้นคุณภาพที่ 2 มีโปรตีน ไม่น้อยกว่า 55% และปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 3 มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 50%

2.3 ฮอร์โมน

การแปลงเพศปลาหมอ ใช้ฮอร์โมน 17-Beta Estradiol ในการเตรียมสารละลายฮอร์โมน จะใช้ 17-Beta Estradiol จำนวน 1 g ละลายใน Ethyl alcohol ปริมาตร 1 Liter. การเตรียมอาหารมีชีวิตร่วมกับฮอร์โมน17- Beta Estradiol สำหรับอนุบาลปลาหมอเป็นเพศเมียการเตรียมฮอร์โมนในอาหารมีชีวิต จะนำสารละลายฮอร์โมน17- Beta Estradiol ปริมาณ 0.01 Liter

2.4 ค่าเฉลี่ย(Average)

หมายถึง การหารผลรวมของข้อมูลทั้งหมดด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลที่ไม่ได้แจกแจงความถี่ จะได้สมการดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \qquad \text{..... (1)}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum x$ คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard deviation: SD)

หมายถึง ค่าวัดการกระจายที่สำคัญทางสถิติจะได้สมการดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{(x-\bar{X})^2}{n-1}} \qquad \text{..... (2)}$$

เมื่อ x คือ ข้อมูล (ตัวที่ 1,2,3...,n)

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.6 วิธีการผสมอาหาร

เนื่องจากการผสมโดยใช้แรงคน 1 คนในการผสมอาหารปลาหมอและพ่นฮอร์โมนโดยขั้นตอนการผสมมีดังต่อไปนี้

1)เตรียมอุปกรณ์ในการผสมฮอร์โมนโดยนำเจืออาง 0.001ลิตร มาผสมกับแอลกอฮอล์ 1ลิตร คนให้เข้ากันนำมาเทใส่กระบอกพ่นเพื่อเตรียมพ่นให้ฮอร์โมนเป็นละออง

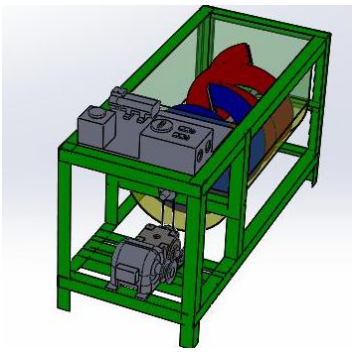
2) เตรียมอาหารที่ใช้ในการผสม โดยนำปลาป่น 7 กิโลกรัม และรำอ่อน 3กรัม มาคนใส่กระบะผสมปูนโดยใช้คราดเป็นตัวคนผสมให้ปลาป่นและรำก่อนเข้ากัน

3) เมื่ออาหารผสมกันได้ที่แล้วนำกระบอกพ่นที่ใส่ฮอร์โมนผสมนำมาพ่นโดยคนและพ่นไปพร้อมกันเพื่อไม่ให้อาหารที่ผสมกันแล้วจับตัวกันเป็นก้อนเนื่องจากพ่นเปียกจนเกินไป

4) เมื่อผสมอาหารกับฮอร์โมนแล้วนำไปเก็บไว้ในที่ชื้นให้พ้นจากแสงแดด

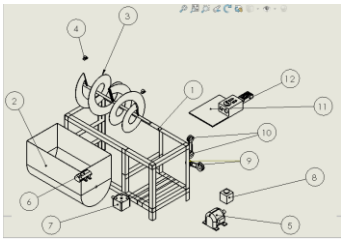
3. การออกแบบและสร้าง

ผู้จัดทำต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับการผสมอาหารแบบเดิมสามารถติดตั้งและซ่อมบำรุงง่าย สามารถใช้งานได้ทันที



รูปที่ 1 ลักษณะเครื่องผสมอาหารและพ่นฮอร์โมน

ผู้จัดทำได้มีการออกแบบเกลียวผสมในลักษณะหมุดสลับทางเพื่อให้อาหารมารวมกันที่จุดตรงกลางและพ่นฮอร์โมนลงในตำแหน่งนี้



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบเครื่อง

ชุดโครงทำจากเหล็กฉาก 45X80X52.5 เซนติเมตร[1]วางถังผสมอาหารรูปตัวยู[2]พร้อมยึดติดเกลียวผสมทวนเข็ม&ตามเข็ม[3]ด้วยตลับลูกปืน[4]ส่งกำลังโดยชุดมอเตอร์ ส่งกำลัง 1450 รอบ 1 แรงม้า[5]เพิ่มการส่งกำลังโดยติดตั้งเกียร์ทด1:50[7]ขับเคลื่อนโดยใช้ชุดเสตอโซ่[10]ชุดพ่นฮอร์โมนถังบรรจุฮอร์โมน 1 ลิตร[8]ส่งกำลังโดยใช้ปั๊มน้ำ 4.9 บาร์[6]ควบคุมการทำงานโดยชุดคอนโทรนเลอร์[11] ติดตั้งพาเวอร์ซับพลาย[12]เพื่อใช้กับปั๊มน้ำและมอเตอร์ไฟฟ้า

3.1 การทดสอบและเก็บข้อมูล

ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2ส่วนคือส่วนที่หนึ่งทำการผสมโดยใช้มือ ส่วนที่สองใช้เครื่องผสมอาหารปลาและฮอร์โมน โดยใช้สูตรในการผสมสูตรเดียวกันคือ ปลาป่น 7กิโลกรัม รำอ่อน3กิโลกรัม และฮอร์โมน 1กรัม ทำละลายกับแอลกอฮอล์ 1ลิตร



รูปที่ 3 เริ่มผสมโดยใช้มือ



รูปที่ 4 เริ่มพ่นฮอร์โมน



รูปที่ 5 เริ่มผสมโดยใช้เครื่อง



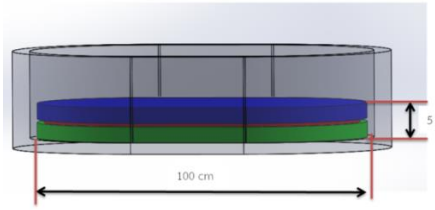
รูปที่ 6 เริ่มพ่นฮอร์โมน

3.2 วิธีการเก็บข้อมูล

หลังจากผสมเสร็จทั้งคู่นำตัวอย่าง 3 จุด หัว กลาง และจุดท้าย 3ค่า มาทำการเข้าเครื่องเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ เพื่อหาค่าความร้อนเพาะ(J/g) พร้อมจดบันทึก



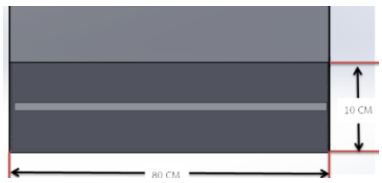
รูปที่ 7 ตำแหน่งตัวอย่างการผสมอาหารโดยใช้มือ



รูปที่ 8 ขนาดของกระบะผสมปูน



รูปที่ 9 ตำแหน่งตัวอย่างการผสมอาหารโดยใช้เครื่อง



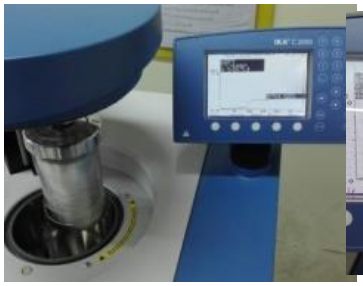
รูปที่ 10 ขนาดของถังผสมอาหาร



รูปที่ 11 ชั่งตวง



รูปที่ 12 ตัวอย่างเข้าลูกบอมบ์



รูปที่ 13 เริ่มการทดลอง



รูปที่ 14 บันทึกผล

4 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองผสมอาหารและฮอร์โมน ด้วยการใช้มือผสมและเครื่องผสมอาหารและฮอร์โมนตามกำหนดให้ใช้จำนวนในการทดลอง ปลาป่น 7 กิโลกรัม รำอ่อน 3 กิโลกรัมและฮอร์โมน 1กรัม ทำละลายกับแอลกอฮอล์ 1,000 มิลลิลิตร เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคลุกเคล้าของวัตถุดิบโดยใช้มือผสมและเครื่องผสม โดยการใช้เครื่องมือวัดบอมบ์แคลอริมิเตอร์มาทำการวัดหาค่าพลังงานความร้อนจำเพาะมาเปรียบเทียบกัน เครื่องผสมอาหารและพ่นฮอร์โมนสามารถเครื่องผสมอาหารและพ่นฮอร์โมนแทนการใช้มือผสม ได้แสดงผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

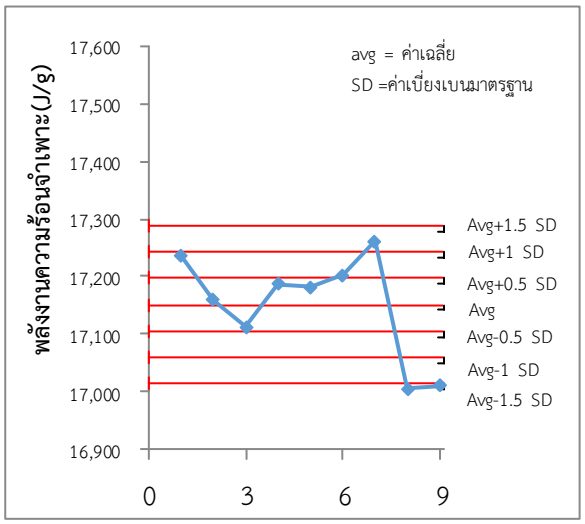
ตารางที่ 1 แสดงค่าพลังงานความร้อนจำเพาะ(J/g) ของวัตถุดิบ

ชนิดของวัตถุดิบ	รำอ่อน	ปลาป่น	ฮอร์โมน	แอลกอฮอล์ 95%
ตัวอย่างที่1	18,438	16,822	31,248	24,280
ตัวอย่างที่2	18,448	16,907	32,792	
ตัวอย่างที่3	18,440	16,872	30,986	
เฉลี่ย	18,442	16,867	31,675	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5	43	976	0

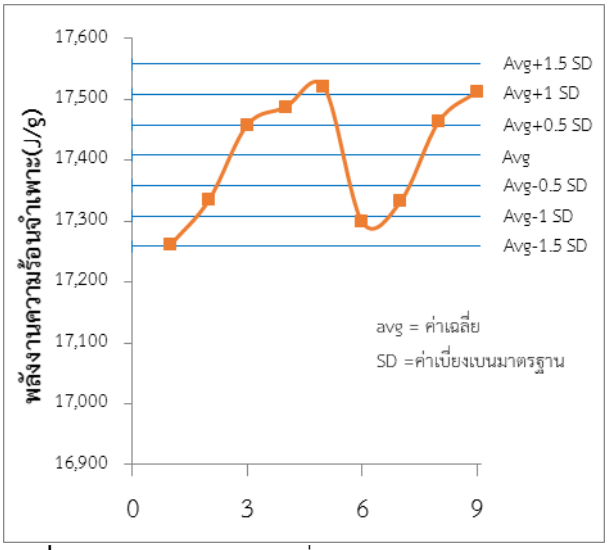
จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าของวัตถุดิบฮอร์โมนจะให้ค่าพลังงานความร้อนมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 32,792 (J/g) ส่วนรำอ่อนให้ค่าพลังงานความร้อน เฉลี่ยอยู่ที่ 18,442 (J/g) และปลาป่นจะให้พลังงานความร้อนน้อยที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 16,867 (J/g) จากสมการที่ (1)

ตารางที่ 2 แสดงค่าพลังงานความร้อนจำเพาะ(J/g) โดยใช้มือผสมที่ระดับความลึก 2.5 ซม.

ตัวอย่าง	จุดหัวที่ 25 ซม.	จุดกลางที่ 50ซม.	จุดท้ายที่ 75ซม.
ตัวอย่างที่1	17,236	17,202	17,262
ตัวอย่างที่2	17,159	17,187	17,004
ตัวอย่างที่3	17,111	17,181	17,009
เฉลี่ย	17,169	17,190	17,092
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	63.06	10.82	147.53



รูปที่ 15 กราฟแสดงเส้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผสมโดยใช้คน



รูปที่ 16 กราฟแสดงเส้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผสมโดยใช้เครื่องผสมอาหารและฮอร์โมน

จากตารางที่ 2และ รูปที่14 เมื่อนำตัวอย่างการทดลอง ที่ใช้มือผสมและใช้เครื่องผสมอาหารและฮอร์โมนมาทำการเข้าเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ได้ค่าพลังค่าพลังงานความร้อนจำเพาะ(J/g) ในการใช้มือผสม ได้ค่าอยู่ที่ 17,004-17,262 (J/g) ค่าเฉลี่ยแต่ละตำแหน่งของตัวอย่างจุดหัวกลางและท้าย 17,169, 17,190, 17,092 (J/g) ตามลำดับ จากสมการที่ (1)เมื่อนำมาหาค่าเบี่ยงมาตรฐานแต่ละตำแหน่งของตัวอย่าง คือ 63.06,10.82,147.53 ตามลำดับ จากสมการที่ (2)

ตารางที่ 3 แสดงค่าพลังงานความร้อนจำเพาะ(J/g) โดยใช้เครื่องผสมอาหารและฮอร์โมนที่ระดับความลึก 5 ซม.

ตัวอย่าง	จุดหัวที่ 18.75ซม.	จุดกลางที่ 37.5ซม.	จุดท้ายที่ 56.25 ซม.
ตัวอย่างที่1	17,458	17,299	17,513
ตัวอย่างที่2	17,335	17,487	17,464
ตัวอย่างที่3	17,262	17,520	17,333
เฉลี่ย	17,325	17,435	17,437
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	99.06	119.22	93.06

จากตารางที่ 3 และรูปที่15เมื่อนำตัวอย่างการทดลอง ที่ใช้มือผสมและใช้เครื่องผสมอาหารและฮอร์โมนมาทำการเข้าเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ได้ค่าพลังค่าพลังงานความร้อนจำเพาะ(J/g) ในการใช้เครื่องผสมอาหารและพ่นฮอร์โมน ได้ค่าอยู่ที่ 17,262-17520 (J/g) ค่าเฉลี่ยแต่ละตำแหน่งของตัวอย่างจุดหัวกลางและท้าย 17,325, 17,435, 17,437 (J/g) ตามลำดับจากสมการที่ (1) เมื่อนำมาหาค่าเบี่ยงมาตรฐานแต่ละตำแหน่งของตัวอย่าง คือ 99.06, 119.22, 93.06 ตามลำดับ จากสมการที่ (2)

5.สรุปผล

จากการแนวทางการสร้างเกณฑ์การพิจารณาการคลุกเคล้าของอาหารผสมละฮอร์โมนต้นแบบแล้วสร้างเครื่องผสมอาหารและชุดพ่นฮอร์โมน สามารถใช้ผสมอาหารปลาหมอได้จริง จากการทดลองนำปลาป่น รำอ่อนและฮอร์โมนเข้าเครื่องบอมบ์แคลอริมิตเตอร์ พบว่าได้ค่าพลังงานความร้อนของวัตถุดิบแต่ละชนิดให้พลังงานแตกต่างกัน รำอ่อนให้พลังงานความร้อนจำเพาะอยู่ที่ 18,442 J/g ปลาป่นให้พลังงานความร้อนจำเพาะอยู่ที่ 16,867 J/g และฮอร์โมนให้พลังงานความร้อนอยู่ที่ 31,675 J/g ส่งผลไปยังเมื่อผสมอาหารเสร็จโดยเครื่องผสมอาหาร หรือใช้คนผสมอาหาร แล้วสุ่มตัวอย่าง 3 ตำแหน่งคือ จุดหัว จุดกลางและจุดท้าย ของถังผสม นำมาตำแน่งละ 3 จุด มาทดลองหาค่าพลังงานความร้อน

ค่าพลังงานความร้อนที่ได้อยู่ใน ช่วง17,004-17,520 J/g ค่าพลังงานความร้อนจำเพาะที่ได้ยังบอกสามารถบอกได้อีกว่า เครื่องสามรถคลุกเคล้าให้เข้ากันได้ในระดับเดียวมากกว่าคน สังเกตได้จากการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้คนผสมอาหารจะได้ค่าเบี่ยงเบน 10.82-147.53 ส่วนใช้เครื่องผสมอาหารจะได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 93.06-119.22 ค่าที่ได้จากการทดลองอยู่ในเส้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.5 เท่าทั้งหมด

6. เอกสารอ้างอิง

[1]สำนักงานกรมปศุสัตว์จังหวัดสุพรรณบุรี(2549). รายละเอียด, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา : http://pvlo-spr.dld.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/07/2555.

[2]สำนักงานพัฒนาอาหารสัตว์(2549). ปลาป่น, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา :http://nutrition.dld.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/07/2555.

[3]เอ็มเค เกษตร(2558). ฮอร์โมน17 Beta Estradiol, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.aldamexthailand.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/07/2555.

[4]พัฒนาโดยนายธีระพงษ์ กระการดี วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย (2557).ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.stvc.ac.thเข้าดูเมื่อวันที่ 28/07/2555.

อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (PPI) ที่มีผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุน

Effect of pore per inch (PPI) on the solid fuel–air premixed combustion of porous burner

ฆนัท วิญญูวิสิทธิ์รักษ์, วุฒินันท์ ยศไกร, นพดล ขอวาดกลาง, กิตติ ดวงศรี และ บัณฑิต กฤตาคม*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: paiwinyuvisitruk01@gmail.com, bundit.kr@rmuti.ac.th เบอร์โทรศัพท์: 044-233000 ต่อ 3410

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (PPI) ที่มีผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง (แกลบ) ด้วยการจ่ายเชื้อเพลิงผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหัวพ่นไฟซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 106 mm และความยาว 400 mm อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) ที่ทำการทดลอง คือ 0.097 kg/min โดยมีอัตราการจ่ายอากาศ (Q_{AP}) เท่ากับ 15 Q_{AP} ส่งผลให้สัดส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ (*F/A*) ของบทความวิจัยนี้มีค่าเป็น 0.0105 วัสดุพรุนทำมาจากตาข่ายสแตนเลส เบอร์ 304 และจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (*PPI*) ทำการทดลอง 3 ค่า คือ 8, 12 และ16 พฤติกรรมการเผาไหม้ที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วย โครงสร้างทางอุณหภูมิตลอดแนวความยาวของหัวพ่นไฟ (*T*) ปริมาณแก๊สไอเสีย (*CO* และ NO_x) และประสิทธิภาพของการเผาไหม้ (η_c) จากการทดลองพบว่าระดับ *T* มีค่าสูงสุดเมื่อ *PPI* เท่ากับ 12 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ *CO* และ NO_x ที่มีค่าต่ำกว่าและสูงกว่ากรณี PPI อื่น ๆ ดังนั้น ค่า η_c ในบทความวิจัยนี้ จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 95 % เกิดขึ้นที่สภาวะ *PPI* = 12

คำหลัก: หัวพ่นไฟวัสดุพรุน, การจ่ายเชื้อเพลิงผสมกับอากาศ, แกลบ, ตาข่ายสแตนเลส

Abstract

The objective of this project is to investigated the effect of pore per inch on a solid porous burner (Rice husk) using the premixed fuel and air before entering to the combustion chamber. The dimension of combustion chamber is 106 mm in diameter and 400 mm in length. The fuel rate input (Q_F) of 0.097 kg/min and air flow rate of 15 m^3/hr are the experimental conditions resulting to the fuel-air ratio (*F/A*) has 0.0105. The 304 stainless steel with three different pores per inch (*PPI*) consisting of 8, 12 and 16 are examined. The combustion phenomena studied in this project are temperature profile along the burner length (*T*), exhaust gases (*CO* and NO_x) and combustion efficiency (η_c). From the experiment, it is found that the T yield maximum at *PPI* = 12 corresponding to a lower and a higher level of *CO* and NO_x compared with other PPI respectively. The maximum η_c of this project is 95% at the condition of *PPI* = 12.

Keywords: Porous burner, Premixed fuel and air, Rice husk, Stainless wire-net

1. บทนำ

หัวเผาหรือหัวพ่นไฟวัสดุพรุน (Porous burner) ได้มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การให้ความร้อนกับหม้อต้มไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำในหม้อต้มน้ำทางอุตสาหกรรม การหล่อและ การหลอมเหล็ก เป็นต้น [1] ซึ่งหัวเผาหรือหัวพ่นไฟสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ ตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ 1) หัวพ่นไฟที่ใช้แก๊ส (Gas burner) 2) หัวพ่นไฟที่ใช้น้ำมัน (Oil burner) และ 3) หัวพ่นไฟที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง (Solid burner) แต่ในบทความวิจัยนี้จะมุ่งเน้นพัฒนาหัวพ่นไฟที่ใช้เชื้อเพลิง (ชีวมวล) ซึ่งที่ผ่านมาหัวพ่นไฟได้ถูกนำมาใช้ร่วมกับวัสดุพรุนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ในการเผาไหม้ให้ดียิ่งขึ้น จึงเรียกหัวพ่นไฟแบบนี้ว่า หัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแข็ง (Solid porous burner) คือ การใช้วัสดุพรุนมาช่วยในการเผาไหม้ [1,2] ในปี ค.ศ. 2015 นิวัฒน์ เกตุชาติ [3] ได้ทำการสร้างหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแข็งชีวมวล (แกลบ) ร่วมกับวัสดุพรุน ชนิดตาข่ายสแตนเลส เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ แต่ก็พบว่าการเผาไหม้ยังไม่ดี สังเกตได้จากเศษเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้ในเตาเผาไหม้ เพราะวัสพรุนที่ถูกติดตั้งไว้ด้านบนของห้องเผาไหม้ไม่ได้ช่วยส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนของห้องเผาไหม้ ต่อมาในปี ค.ศ.2016 นครินทร์ ลิลัน และคณะ [4] ได้พัฒนาและสร้างหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแข็ง (แกลบ) ชนิดตาข่ายสแตนเลสที่มีการจ่ายอากาศแบบสองทิศทาง คืออากาศส่วนบนก็จะไหลผ่านวัสดุพรุนเพื่ออุ่นอากาศที่มีความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีของเปลวไฟในห้องเผาไหม้ พบว่าประสิทธิภาพในการเผาไหม้มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีเศษเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้ ในห้องเผาไหม้เหลืออยู่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่ จะพัฒนาหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแข็ง โดยการจ่ายเชื้อเพลิงผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เพื่อทำให้เชื้อเพลิงกับอากาศเกิดการคลุกเคล้าได้ดียิ่งขึ้นและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้

จากงานวิจัยของนิวัตน์ เกตุชาติ [3] และ นครินทร์ ลิลัน และคณะ [4] ที่มีข้อเสียเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (PPI) ที่มีผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุน โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง อุปกรณ์การทดลองหรือหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแข็งมีขนาดและวิธีการทดลองคล้ายคลึงกับ นครินทร์ ลิลัน และคณะ [4] แต่จะทำการปรับปรุงรูปแบบการจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ให้เป็นแบบผสมมาพร้อมกับอากาศ ซึ่งจะมีรูปแบบการจ่ายอากาศ ดังต่อไปนี้ คืออากาศส่วนแรกจะจ่ายเข้าทางเดียวกับเชื้อเพลิงเพื่อช่วยในการคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศได้ดียิ่งขึ้น และส่วนที่สองจะจ่ายเข้าด้านบนของห้องเผาไหม้ อากาศจะไหลผ่านวัสดุพรุนที่มีอุณหภูมิสูงและเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนจากลักษณะเด่นของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเชื้อเพลิงแข็งแบบใหม่นี้ ผู้จัดบทความวิจัยคาดว่าจะได้การประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการผลิต หรือสร้างหัวพ่นไฟตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ใช้งานได้จริงในทางอุตสาหกรรม

2. รายการสัญลักษณ์

F/A สัดส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศ (kg/hr)

CO แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)

NO_X ออกไซด์ของไนโตรเจน (ppm)

PPI จำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส

Q_{AP} อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)

Q_F อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (kg/min)

η_c ประสิทธิภาพการเผาไหม้

E_F พลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง (kJ)

E_U พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ (kJ)

E_{co} พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับ CO ที่ไม่เผาไหม้ (kJ)

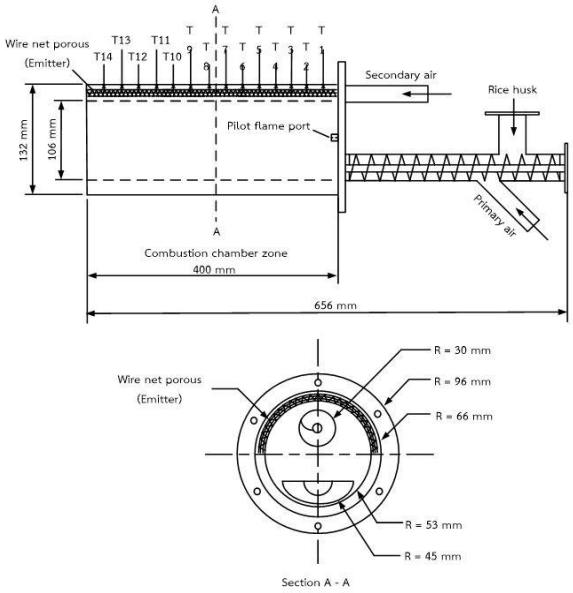
3. อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์การทดลองของการพัฒนาหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแข็งด้วยการจ่ายเชื้อเพลิงผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ แบ่งออกได้ 2 ส่วนที่สำคัญ ประกอบไปด้วย ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนที่ป้อนเชื้อเพลิงแข็งไปกับอากาศ (Injection zone) โดยการป้อนเชื้อเพลิงแข็งที่ช่องป้อนเชื้อเพลิง (Solid fuel port) และถูกลำเลียงไปยังห้องเผาไหม้ด้วยสกรูเกลียว

(Screw- conveyer) และส่วนที่สองเป็นห้องเผาไหม้ (Combustion chamber zone) และส่วนที่สองเป็นห้องเผาไหม้ (Combustion chamber zone)

จากส่วนประกอบทั้งหมดของการพัฒนาหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแข็งด้วยการจ่ายเชื้อเพลิงผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้จะมีหลักการทำงานเมื่อป้อนเชื้อเพลิงกับอากาศไปยังช่องลำเลียง (Injection zone) เชื้อเพลิงจะถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ด้วยสกรูลำเลียง (Screw conveyer) เมื่ออัตราการจ่ายตามปริมาณที่ต้องการทดลอง เมื่อเชื้อเพลิงถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ จุดติดไฟด้วยวิธีใช้ไฟล่อ (Pilot flame) เมื่อเชื้อเพลิงติดไฟแล้ว จะเพิ่มความเร็วอากาศให้มีอัตราการจ่ายตามปริมาณที่ต้องการทดลอง โดยเมื่ออากาศจะถูกแบ่งออกเป็นสองทิศทาง ประกอบไปด้วย อากาศทิศทางที่หนึ่งเป็นอากาศทิศทางด้านบน จะไหลไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับวัสดุพรุนตัวดูดซับเกิดการอุ่นอากาศทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก่อนจะไหลเข้ามายังห้องเผาไหม้ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งเสริมการเผาไหม้และคลุกเคล้าเข้ากับเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี จึงทำให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สำหรับทิศทางที่สองจะเป็นการจ่ายเชื้อเพลิงอากาศเข้าห้องเผาไหม้จากด้านล่างซึ่งเป็นฐานรองเชื้อเพลิงและจะเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิง ทำให้เกิดการเผาไหม้ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถอธิบายข้อดีของการจ่ายอากาศแบบสองทิศทางได้ คือ เปลวไฟที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (แกลบ) จะแผ่รังสีความร้อนไปยังชั้นวัสดุพรุนที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของเปลวไฟหรือในแนวการไหลของอากาศทิศทางแรก ซึ่งวัสดุพรุนตัวนี้จะทำการดูดซับเอาความร้อนจากเปลวไฟไว้ หลังจากนั้นจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว จึงคาดว่าการเผาไหม้ด้วยการจ่ายอากาศแบบสองทิศทางจะส่งเสริมการเผาไหม้ได้ดียิ่งกว่า การจ่ายอากาศแบบทิศทางเดียว จากกลไกการเผาไหม้ทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตราบใดที่มีเชื้อเพลิงป้อนเข้ามาในห้องเผาไหม้ ด้วยเหตุนี้เองนี้เพื่อให้เข้าถึงปรากฏการณ์ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งและการส่งถ่ายความร้อนระหว่างวัสดุพรุนกับเปลวไฟที่เกิดขึ้นอุณหภูมิตามแนวแกนถูกตรวจวัดได้ดังต่อไปนี้ เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (K-type Thermocoubles) จำนวน 14 ชิ้น ที่ มีเส้นผ่านขนาดศูนย์กลาง 2 mm ด้วยระยะห่างของแต่ละตัว 25 mm จะถูกติดตั้งในส่วนของห้องเผาไหม้ (Combustion chamber zone) ที่ด้านบนของวัสดุพรุน สาเหตุที่ไม่สอดเทอโมคับเปิลจนทะลุถึงตำแหน่งตรงกลาง เนื่องจากไม่ต้องการให้ขัดขวางการไหลของเชื้อเพลิงแข็งที่ผ่านมายังห้องเผาไหม้ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อกลไกการไหลของเชื้อเพลิงแข็ง



รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์การทดลอง

3.2 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

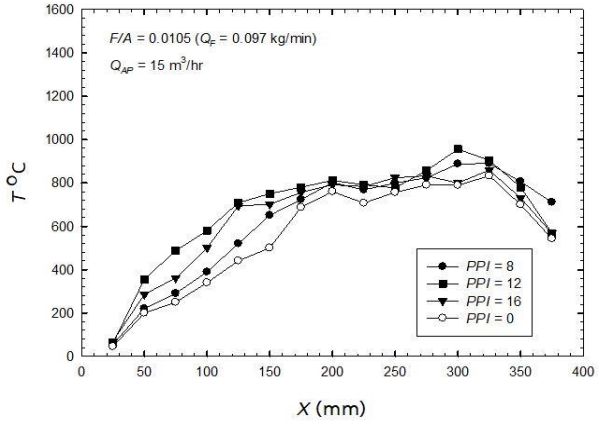
สำหรับบทความวิจัยนี้ เพื่อแสดงถึงสมรรถนะของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนที่พัฒนาขึ้น ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion efficiency, η_c) [2] ได้นำมาใช้งานดังสมการที่ (1) ต่อไปนี้

$$\eta_c = \frac{E_F - E_U - E_{CO}}{E_F} \times 100\%$$

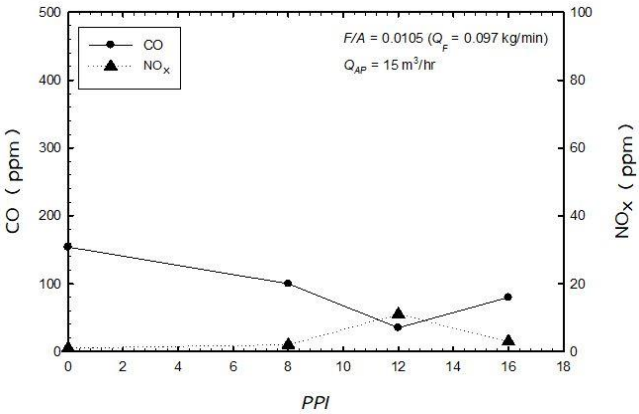
4. ผลการทดลอง

รูปที่ 2 แสดงอิทธิพลของจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (*PPI*) ต่อโครงสร้างทางความร้อนซึ่งแสดงอยู่ในรูปการกระจายตัวของอุณหภูมิตามแนวแกนภายในอุปกรณ์ การทดลองซึ่งในที่นี้เรียกว่าโครงสร้างทางอุณหภูมิ (Temperature profile, *T*) เป็นการทดลองที่สภาวะการเผาไหม้ F/A = 0.0105 Q_F = 0.097 kg/min และ Q_{AP} = 15 m^3/hr โดยจะมีการจ่ายเชื้อเพลิงแข็ง (แกลบ) ผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ จากการทดลองพบว่าโครงสร้างทางอุณหภูมิ (*T*) ของจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่าย

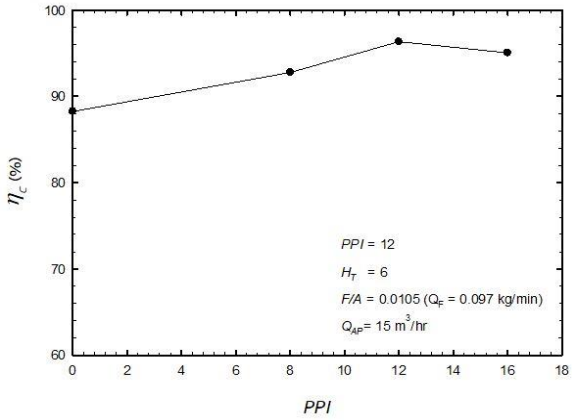
สแตนเลส (*PPI*) เท่ากับ 12 จะมีระดับสูงกว่า จำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (*PPI*) เท่ากับ 8 และ 16 เนื่องจากเป็นค่าที่ *PPI* เหมาะสม จึงส่งผลให้สามารถกักเก็บพลังงานจากเปลวไฟหรือความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (แกลบ) ได้อย่างเต็มที่จึงช่วยส่งผลให้การแผ่รังสี [5] หรือสนับสนุนกลไกการเผาไหม้ได้ดีกว่า [6] ตาข่ายที่มี *PPI* ต่ำและสูงจนเกินไป ผลที่ได้นี้ สามารถยืนยันได้ด้วยปริมาณ *CO* และ NO_x ที่มีระดับต่ำสุดและที่สูงเมื่อใช้ *PPI* = 12 ดังแสดงในรูปที่ 3 ด้วยเหตุนี้ ค่า η_c ที่ *PPI* เท่ากับ 12 จะมีค่าสูงที่สุด เช่นกัน คือมีค่าเท่ากับ 95% ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 2 อิทธิพลของ *PPI* ต่อ *T*



รูปที่ 3 อิทธิพลของ *PPI* ต่อ *CO* และ NO_x



รูปที่ 4 อิทธิพลของ *PPI* ต่อ η_c

5. สรุปผลการทดลอง

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลส กรณีอิทธิพลของจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (*PPI*) โดยมีการศึกษาจำนวน 3 ค่า คือ 8, 12 และ 16 ที่สภาวะ Q_{AP} = 15 m^3/hr และ *F/A* = 0.0105 สามารถสรุปผลการทดลองได้คือ โครงสร้างทางอุณหภูมิ (*T*) ของจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (*PPI*) เท่ากับ 12 จะมีระดับสูงกว่าระดับ T ของจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วของตาข่ายสแตนเลส (*PPI*) กรณีเท่ากับ 8 และ 16 เนื่องจากเป็นค่าที่ *PPI* เหมาะสมส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ (η_c) สูงที่สุดเท่ากับ 95 % เมื่อ *PPI* = 12

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ที่ให้เงินทุนสนับสนุนโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2561 และ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่ช่วยสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] บัณฑิต กฤตาคม (2554). หัวพ่นไฟอุตสาหกรรมและการประยุกต์ใช้วัสดุพรุนในหัวพ่นไฟ, *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม*, ปีที่ 12 (1), หน้า 76-87.

[2] Ponsen T. and Prasartkaew B. (2014). Pulsation Gas Flow Porous Medium Burner Fueled with Solid Feedstock; paper presented in *the 5th TSME International Conference on Mechanical Engineering* 17-19th December. The Empress, Chiang Mai, Thailand.

[3] นิวัฒน์ เกตุชาติ (2015). *หัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแข็งชนิดตาข่ายสแตนเลสที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[4] นครินทร์ ลิลัน พลายแก้ว บุญจันทร์ และเทอดศักดิ์ สิมนาม (2016). *การพัฒนาหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแข็งที่มีการจ่ายอากาศแบบสองทิศทาง*, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[5] Weinberg F. (1996) Heat-recirculating burners: Principles and some recent development, *Combustion Science and Technology*, Vol. 121, pp. 3-22.

[6] สำเริง จักรใจ (2004). *การเผาไหม้*, สำนักพิมพ์จุฬาลงณ์กรมหาวิทยาลัย, ครั้งที่ 1.

การคำนวณเชิงตัวเลขของงานกระแทกล้ออัลลอย

Numerical simulation of impact alloy wheels

วิษณุพงศ์ ตะเคียน[1]*, ติณกร ภูวดิน[2], ธงไชย ลีทา[3]

[1] สถาบันอุตสาหกรรมการบินแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา
[3] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา
*ผู้ติดต่อ E-mail: wisanupongt@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 083 088 6605, เบอร์โทรสาร -

บทคัดย่อ

การยุบตัวของล้ออัลลอยเมื่อถูกกระแทกจากการใช้งานส่งผลให้เกิดการบิดเบี้ยวหรือแตกหัก วิศวกรจะต้องออกแบบให้ล้อรถยนต์มีคุณสมบัติที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ผ่านมาตรฐานการทดสอบในระดับดี ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์จำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการกระแทกของล้ออัลลอย โดยใช้มาตรฐานการทดสอบล้ออัลลอยของประเทศญี่ปุ่น JWL เพื่อตรวจสอบกระบวนการออกแบบและแนวทางการปรับปรุงคุณภาพชิ้นงานให้ดีขึ้น ผลของการจำลองการกระแทกล้อที่แนวตรงก้านมีค่าความเค้น 51.84 MPa ซึ่งมีค่ามากกว่าการกระแทกระหว่างล้อมีค่าความเค้นอยู่ที่ 41.4 MPa

คำหลัก: ล้ออัลลอย, ไฟไนต์เอลิเมนต์, JWL

Abstract

Deformed alloy wheels occurred from impacted work which was influent to distortion or fracture. Especially an engineer had to design the car wheels which were more efficient, safe and excellent standard passing. This research, an analytical simulation was employed a finite element method for the impacted alloy wheels using the JWL standard (Japan Light Alloy Wheel standard), which verified the designed processing and the improved properties, obtained excellently improved properties as a guideline on testing wheels. The results of impact simulation in linear-spoke wheel direction that the von mises stress 51.84 MPa. There is more than impacting between spoke wheels which are 41.4 MPa.

Keywords: Alloy wheels, finite element, JWL

1. บทนำ

ปัจจุบันรถยนต์เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อชีวิตประจำวัน ซึ่งล้อรถยนต์เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ มีภาระโหลดต่าง ๆ จากการใช้งานมากระทำ จำเป็นต้องมีความทนทานต่อการใช้งาน บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้องมีมาตรฐานในการออกแบบและทดสอบล้ออัลลอย การทดสอบล้ออัลลอย จะมีอยู่ 3 รูปแบบ โดยการทดสอบแรงกระแทกเป็น 1 ใน 3 การทดสอบที่จำเป็น [1, 2] กระบวนการทดสอบ มีระยะเวลานานทั้งการออกแบบ การหล่อขึ้นรูป การเตรียมชิ้นงาน ซึ่งสิ้นเปลืองทั้งเวลาและกระบวนการทำงาน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นอีกทางหนึ่งที่ดี ลดเวลาในการออกแบบและผลิต เป็นประโยชน์ต่อบริษัทผู้ลิต [3, 4] อย่างไรก็ตาม การผลิตก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดผลเสียต่อการทดสอบได้เช่นกัน การหดตัวของโลหะ ในบริเวณที่อยู่ตรงกลางและเย็นช้าที่สุด จะเกิดการหดตัวและเป็นโพรง ทำให้ชิ้นงานบริเวณนั้น เกิดจุดบกพร่อง [5] และส่งผลต่อการทดสอบล้ออัลลอย

2. ทฤษฎีพื้นฐานและสมการคณิตศาสตร์

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการปะทะแบบกลศาสตร์ (Impact dynamics) ของซอฟแวร์ ANSYS ถูกเลือกใช้ในงานวิจัยนี้ โมดูลที่ใช้คือ Explicit Dynamics ซึ่งประกอบไปด้วย กฎทรงมวล การอนุรักษ์พลังงาน การอนุรักษ์โมเมนตัม โดยจะสร้างแบบจำลอง 3

มิติ ประกอบไปด้วย ชุดก้อนน้ำหนัก ล้ออัลลอย และแท่นยึดล้อ แบบจำลอง คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ การกำหนดจุดปล่อยน้ำหนักมีดังนี้

กฎทรงมวล [6]

$$\rho = \frac{\rho_0 v_0}{v} = \frac{m}{v} \qquad (1)$$

กฎทรงมวล ใช้ในการกำหนดมวลรวมก่อนเข้ากระแทกเท่ากับมวลหลังการกระแทก

ρ_0 คือ ความหนาแน่นเริ่มต้น (kg/m^3)

ρ คือ ความหนาแน่นที่เวลาใด ๆ

m คือ มวลที่เวลาใด ๆ

v_0 คือ ปริมาตรเริ่มต้นก่อนการปะทะ (m^3)

v คือ ปริมาตรที่เวลาใด ๆ (m^3)

การอนุรักษ์โมเมนตัม [6]

ความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุ จะประกอบไปด้วยแรงในแนวแกน x, y, z

X $$\rho \ddot{x} = \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial_x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial_y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial_z} \qquad (2)$$

Y $$\rho \ddot{y} = \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial_x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial_y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial_z} \qquad (3)$$

Z $$\rho \ddot{z} = \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial_x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial_y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial_z} \qquad (4)$$

โดย $\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$ คือความเร่ง ในแนวแกน

สมการอนุรักษ์พลังงาน [6]

$$\dot{e} = \frac{1}{\rho}\left(\begin{array}{l} \sigma_{xx}\dot{\varepsilon}_{xx} + \sigma_{yy}\dot{\varepsilon}_{yy} + \sigma_{zz}\dot{\varepsilon}_{zz} + \\ 2\sigma_{xx}\dot{\varepsilon}_{xx} + 2\sigma_{yy}\dot{\varepsilon}_{yy} + 2\sigma_{zz}\dot{\varepsilon}_{zz} \end{array} \right) \qquad (5)$$

$\dot{e}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงต่อเวลา (J/S)

3. การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

3.1 มาตรฐานเครื่องกระแทก

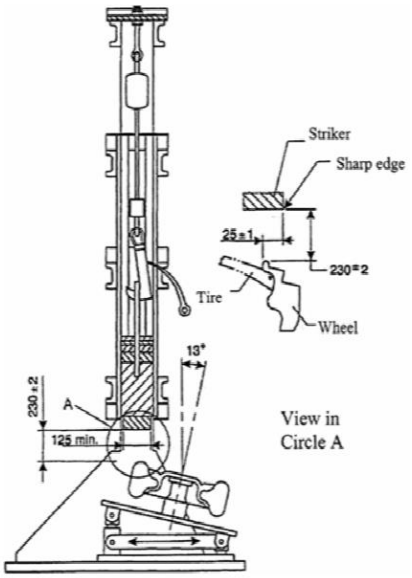
มาตรฐานการทดสอบการกระแทกล้อรถยนต์ของ JWL (Japan Light Alloy Wheel standard) [2] เป็นมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งกำหนดการทดสอบการกระแทกล้ออัลลอยกำหนดรายละเอียดต่างๆ เช่น สมการการคำนวณโหลด ขนาดของล้อ มุมองศาการทดสอบ และเครื่องทดสอบ ซึ่งลักษณะการทดสอบ ดังรูปที่ 1 จะประกอบไปด้วย แท่นวางล้ออัลลอย ชุดน้ำหนักตามการออกแบบ และชุดความปลอดภัยอื่น ส่วนประกอบของสมการที่ใช้ในการคำนวณคือ

W= โหลดที่ใช้ในการออกแบบ และการทดลอง (kg)

D = น้ำหนักของโหลดที่ใช้ทดสอบการกระแทก (kg)

ถ้าต้องการออกแบบล้ออัลลอยซึ่งมีขนาดรับน้ำหนักได้ W จะต้องใช้โหลดในกระกระแทก เท่ากับ W1 ดังในสมการที่ (6)

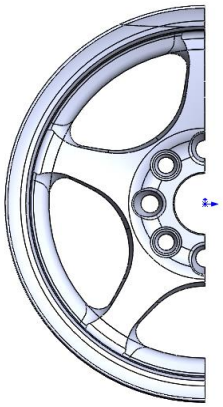
D = 0.6W + 180 ≈ W1 kg (6)



รูปที่ 1 เครื่องทดสอบการกระแทก (JWL)

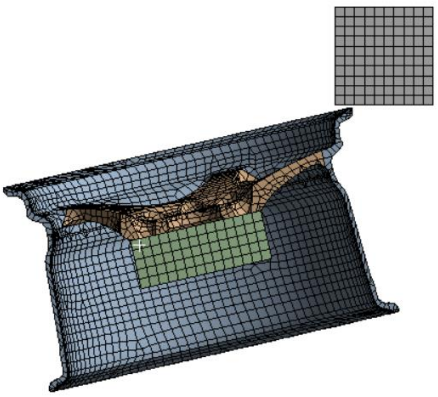
3.2 สร้างแบบจำลองและเงื่อนไข

สร้างรูปแบบโมเดลโดยใช้เทคนิควิศวกรรมย้อนรอย สแกนล้อจริงและใช้โปรแกรมช่วยปรับโมเดลสร้างชิ้นงานขึ้นใหม่ ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โมเดลล้อ 3 มิติ

สร้างขนาดแบบจำลองล้ออัลลอยและแท่งน้ำหนักทดสอบซึ่งขึ้นจากโมเดลจริง โดยการจำลองจะใช้แค่ล้ออัลลอยและแท่นน้ำหนัก โดยล้อจะต้องมีมุมเอียงที่ 13 องศา ระยะของแท่นน้ำหนักจากล้ออยู่ที่ 23 เซนติเมตร การสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ การสร้างเอลิเมนต์ที่ถูกต้องและมีความละเอียดสูง จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าแม่นยำ ในงานวิจัยนี้ ใช้เอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมเป็น quadratic mesh โดยสร้างเอลิเมนต์ทั่วไปมีขนาด 5 มม. และในบริเวณหลังก้านล้อซึ่งมีค่าความเค้นสูงใช้เอลิเมนต์ขนาด 2 มม. เอลิเมนต์ในการจำลองทั้งหมด 18,961 เอลิเมนต์



รูปที่ 3 แบบจำลองการทดสอบกระแทกของล้อ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุของล้ออัลลอย [7]

Elasticity modulus	64 GPa
Poisson's ratio	0.34
Yield stress	218 MPa
Ultimate stress	283 MPa
Fracture strain	0.072

โดยลักษณะของพารามิเตอร์ในการทดลอง ต้องมีระยะ 23 ซม. แต่ในการจำลองจะลดระยะของตัวน้ำหนักกระแทกเพื่อลดระยะเวลาในการจำลอง จากสมการ [7]

W= 500 kg น้ำหนักจะเท่ากับ D = 0.6W+180≈480 kg

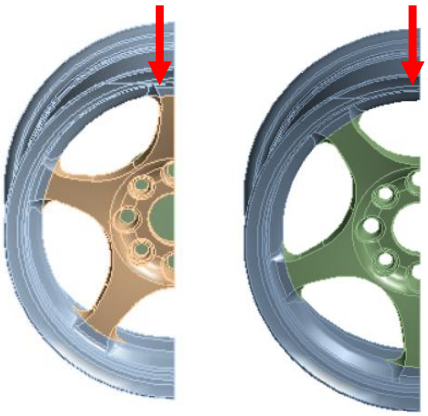
และความเร็วในการกระแทก จะเท่ากับ

$$v = \sqrt{2gh} \qquad (1)$$

= 2.12 m/s

4. ผลการทดลองวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

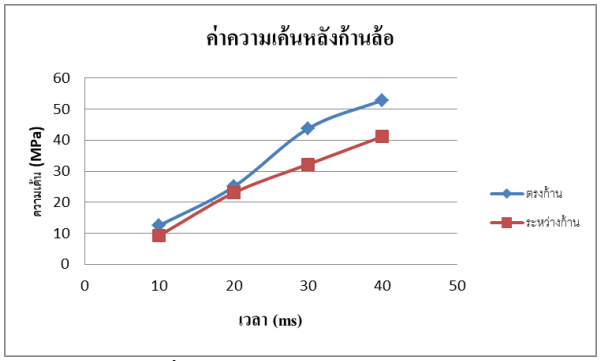
จากผลการทดลองการกระแทกของล้อ โดยไม่ใช้ยาง ได้ทำการจำลอง 2 แบบคือ กระแทกตรงก้านก้านล้อ และกระแทกบริเวณที่เป็นช่องระหว่างก้านล้อ ดังรูปที่ 4



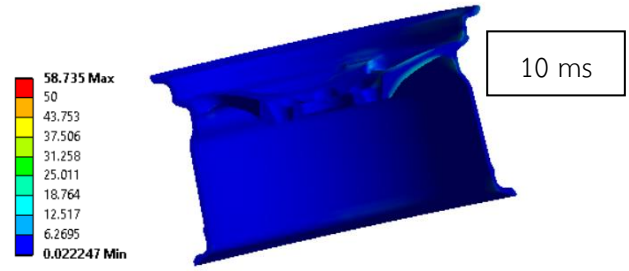
รูปที่ 4 (ซ้าย) กระแทกตรงก้าน
(ขวา) กระแทกระหว่างก้าน

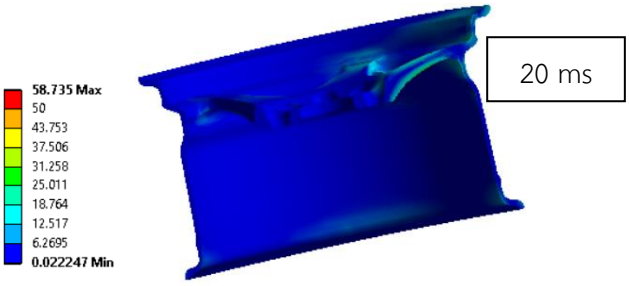
ตามมาตรฐานการทดสอบ จะทดสอบการกระแทกที่ระหว่างก้าน ซึ่งเป็นจุดอ่อนแอที่สุดของล้อและในงานวิจัยนี้เพิ่มจุดกระแทกอีกหนึ่งจุด คือส่วนตรงก้านเพื่อตรวจสอบค่าความเค้นที่เกิดขึ้น

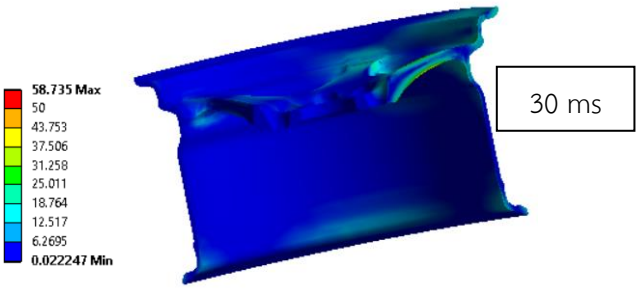
โดยการกระแทกล้อที่แนวตรงก้าน มีค่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่ล้อมีขนาด 51.84 MPa บริเวณหลังล้อและมีความเค้นที่เกิดขึ้นไปในส่วนอื่นๆของล้อเช่นกัน ค่าความเค้นของการกระแทกระหว่างล้อมีขนาด 41.4 MPa บริเวณหลังล้อเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6

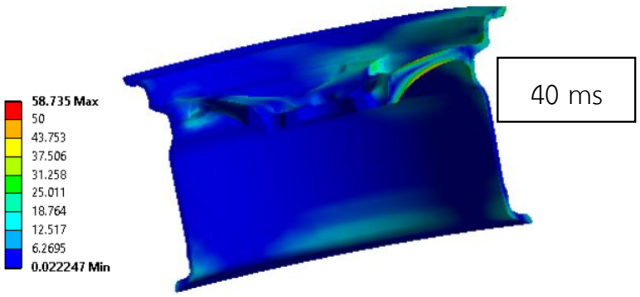


รูปที่ 5 ค่าความเค้นในเวลาต่างๆ





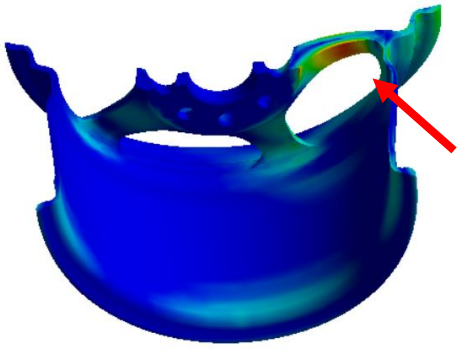


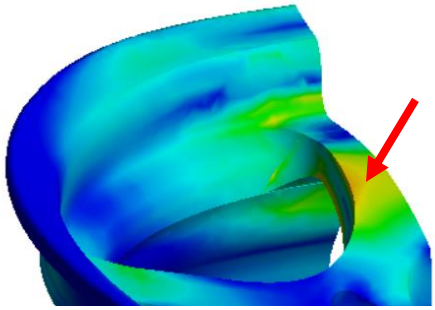


รูปที่ 6 ค่าความเค้น Von-mises การกระแทกล้อที่แนวตรงก้านแต่ละช่วงเวลา (ms)

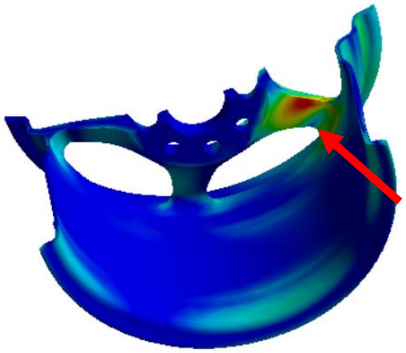
5. สรุปและวิเคราะห์ ผลการทดลอง

จากผลการตรวจสอบค่าความเค้นที่เกิดขึ้น พบว่าการทดสอบกระแทกของล้อแบบไม่มียาง สามารถทำนายผลการทดสอบกระแทกได้ และช่วยให้สามารถดูแนวโน้มก่อนการออกแบบล้ออัลลอยได้ ดังเช่นล้อตัวอย่างนี้ ได้จำลองการกระแทกแบบตรงก้าน มีค่าความเค้นที่ 51.84 MPa และระหว่างก้านล้อมีค่าความเค้นที่ 41.4 MPa ซึ่งค่าความเค้นทั้งสองได้จากการจำลองของล้อที่ผ่านมาตรฐานการทดสอบแล้ว มีความน่าเชื่อถือ เมื่อต้องออกแบบสร้างรูปแบบล้ออัลลอยใหม่ สามารถตรวจสอบบริเวณที่มีค่าความเค้นสูงและปรับแก้ก่อนการผลิตจริงได้





รูปที่ 7 บริเวณที่เกิดค่าความเค้นสูงของล้อที่กระแทกตรงก้าน



รูปที่ 8 บริเวณที่เกิดค่าความเค้นสูงของล้อที่กระแทกระหว่างก้าน

จากค่าความเค้นที่แสดงในรูปที่ 7 และ 8 พบว่าบริเวณที่มีค่าความเค้นสูงที่สุดคือ บริเวณหลังก้าน เนื่องจากเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างชุดจับยึดฐานล้อและส่วนที่ได้รับแรงกระแทก จึงเกิดแรงดัดที่บริเวณส่วนกลางของทั้งสองส่วน ซึ่งก็คือก้านล้อ ควรระวังในการออกแบบล้อให้มีความหนามากยิ่งขึ้น และการตรวจสอบด้วยค่าความเค้น ช่วยให้มีความรวดเร็วในการออกแบบ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาบันอุตสาหกรรมการบินแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ซึ่งสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] SAE J328 (2001). Wheels-passenger car and light truck performance requirements and test procedures. Warrendale, (PA): Society of Automotive Engineering, Inc.

[2] JWL (2014). Testing conditions for light alloy road wheels.

[3] Zhu Maotao and Han Bing (2007). Analysis of impact test of aluminum disc wheels based on FEM. SAE International, DOI: 10.4271.

[4] Chia-Lung Chang and Shao-Huei Yang (2009). Simulation of wheel impact test using finite element method. Engineering Failure Analysis.

[5] Si-Young Kwak, Jie Cheng2 and Jeong-Kil Choi (2011). Impact analysis of casting parts considering shrinkage cavity defect, 69th World Foundry Congress, Hangzhou China.

[6] Theory Manual and SPH, ANSYS – Explicit

[7] Muhammet Cerit (2010) Numerical simulation of dynamic side impact test for an aluminium alloy wheel. Scientific Research and Essays Vol. 5(18), pp. 2694-2701.

การศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้แผงทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

A Study on the Reduction of Air Temperature Before the Condenser by Using a Cooling Pad in a Large Air Conditioning Unit.

ณรงค์ สีหาจ่อง*, จินตสิทธิ์ สมตา และ ณัฐวุฒิ รู้บุญ

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

*ผู้ติดต่อ: Srihajong@yahoo.com, 083-2823387, 043-338-869-70

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้แผงทำความเย็นที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ โดยแผงทำความเย็นมีขนาด 150x90x10 cm. จะติดตั้งหน้าแผงคอนเด็นเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ที่อัตราการไหลของน้ำเข้าแผงทำความเย็นเท่ากับ 0.55 , 0.63 และ 0.83 kg/s จากการทดลองผลพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิบรรยากาศกับอุณหภูมิเฉลี่ยหลังแผงทำความเย็นมีค่า 1.7 2.3 และ 5.6 °C ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ,COP เท่ากับ 6.23 6.39 และ 7.92 และค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ,EER เท่ากับ 2.36 , 2.44 และ 2.6 Btu/hr/W ตามลำดับ เมื่อเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังติดตั้งแผงทำความเย็นพลังงานไฟฟ้าลดลงถึง 16 %

คำหลัก: การลดอุณหภูมิอากาศ แผงทำความเย็น เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

Abstract

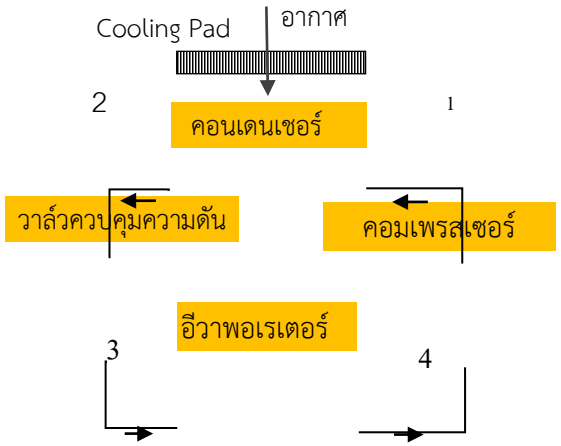
This project is to study the reduction of air temperature before the condenser by using the cooling pad which affects the energy saving in large air conditioning system. The 150x90x10 cm panel will be installed on the front condenser panel of the air conditioning unit. The cooling water flow rate was 0.55, 0.63 and 0.83 kg / s. The results showed that the temperature difference between the ambient temperature and the average temperature after the cooling pad was 1.7, 2.3 and 5.6 °C. Coefficient of performances, COP were 6.23, 6.39 and 7.92. The Energy Efficiency Ratios, EER were 2.36, 2.44 and 2.6 Btu / hr / W, respectively. Comparing the electrical energy consumption of air conditioning unit before and after installation the cooling pad have decreased by 16%

Keywords: Reduction of Air Temperature, Cooling Pad, Large Air Conditioning Unit

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้า หมายถึง พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีแบบหนึ่งอันมีผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ และกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะไหลผ่านความต้านทานไฟฟ้าได้ถ้าต่อให้เป็นวงจร ผลจากกระแสไฟฟ้าดังกล่าวอาจทำให้เกิดผลต่าง ๆ กันดังเช่นก่อให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก เกิดความร้อนหรือแสงสว่างเป็นต้นบ[1] เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือเครื่องปรับอากาศ เพราะเครื่องปรับอากาศนั้นได้มีความสำคัญมากทั้งในด้านอุตสาหกรรมและครัวเรือน อุปกรณ์ที่สามารถลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศลงได้ แต่ต้องคำถึงการติดตั้งและขนาดให้พอเหมาะไม่เปลี่ยนรูปร่างจากอุปกรณ์ชุดเดิมจากโรงงาน ก็ส่งผลให้ผู้ประกอบการด้านนี้สนใจที่จะมาพัฒนาวิจัยด้านการใช้พลังงานมากขึ้น อุปกรณ์ที่สามารถลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ และวิธีหนึ่งที่ช่วยประหยัดพลังงานลงได้คือการลดอุณหภูมิของ

อากาศก่อนเข้าแผงคอนเด็นเซอร์ และอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือแผงทำความเย็น (Cooling Pad) โดยจะทำการติดตั้งเข้ากับชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศดังแสดงในรูปที่ 1

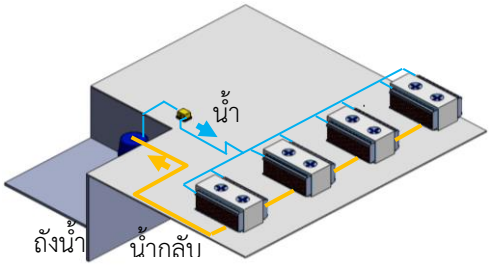


รูปที่ 1 วัฏจักรระบบปรับอากาศติดตั้งระบบแผงทำความเย็น

ดังนั้นในงานศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาการแผงทำความเย็นที่ปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเข้าแผง ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิของแผงทำความเย็นส่งผลให้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลดลง

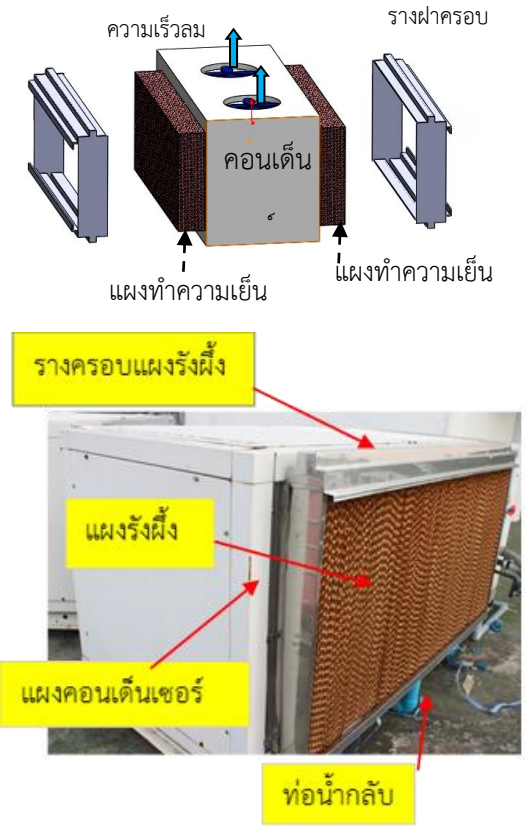
2. อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 2 แสดงการจำลองระบบการติดตั้งแผงทำความเย็นกับชุดคอนเด็นเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 182,400 บีทียู/ชั่วโมง (15.2 ตัน) จำนวน 4 เครื่องของห้องประชุมแคแซด มทร.อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น โดยน้ำจากถังจะถูกปั๊มไปยังด้านบนของแผงทำความเย็นทั้ง 8 แผง และไหลกลับถัง ดังแสดงในรูปที่ 3.16



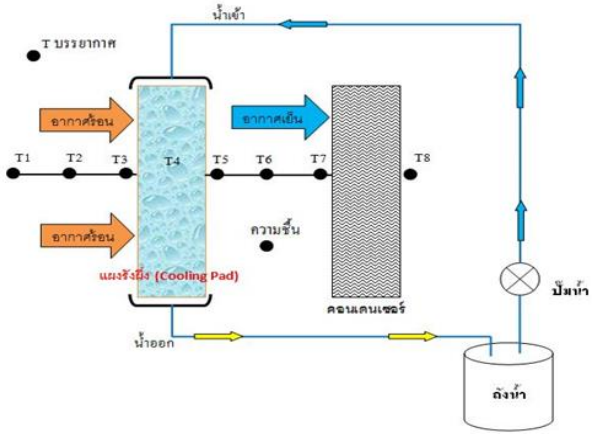
รูปที่ 2 การจำลองระบบและการติดตั้งของแผงทำความเย็น

และแผงทำความเย็นมีขนาด 115x90x10 cm. ซึ่งจะติดเข้าด้านหน้าของแผงระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ทั้ง2ข้าง ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การติดตั้งแผงทำความเย็นกับคอนเด็นเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ

อากาศที่ผ่านแผงทำความเย็นไปยังแผงคอนเดนเซอร์ จะถูกวัดอุณหภูมิด้วยสายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆ และน้ำจะถูกปั๊มจากถังไปยังด้านบนของแผงทำความเย็นที่อัตราการไหลของน้ำ 3 อัตราการไหล คือ 0.55 0.63 และ 0.83 kg/s ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิที่ผ่านแผงก่อนเข้าแผงคอนเด็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆ

อุณหภูมิที่ผิวท่อจุดที่ 1 2 3 และ 4 จะใช้เป็นตัวแนวโน้มการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient Of Performance : COP) โดยสมการดังนี้

งานที่ใช้ในการอัด(W_c) คือ ความแตกต่างของเอนทาลปีของสารทำความเย็นระหว่างจุด 1 และจุด 2

$$W_c = h_2 - h_1 \quad \text{(kJ/kg)} \qquad \text{.....(1)}$$

ประสิทธิภาพเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance: COP) หาได้จากสมการ

$$\text{COP} = \frac{h_1 - h_4}{W_c} \qquad \text{.....(2)}$$

และ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) และค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR) โดยค่า EER ซึ่งมีหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมง/วัตต์ นิยมใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องชนิดไดเร็คเอ็กส์แพนชั่นหรือเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ส่วนค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น นิยมใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ เช่น ระบบน้ำเย็น หาได้จากสมการ

$$\text{EER} = 3.142\ \text{COP (Btu/hr/W)} \qquad \text{....(3)}$$

เมื่อ

COP คือ สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบทำความเย็น

h_1 คือ ค่าเอนทาลปีสารทำความเย็น ณ จุดที่ 1

h_4 คือ ค่าเอนทาลปีสารทำความเย็น ณ จุดที่ 4

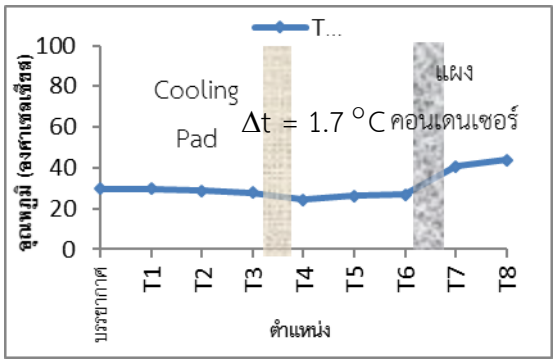
W_c คือ กำลังไฟฟ้าที่ให้แก่คอมเพรสเซอร์

1 Watt มีค่าเท่ากับ 3.142 Btu./hr.

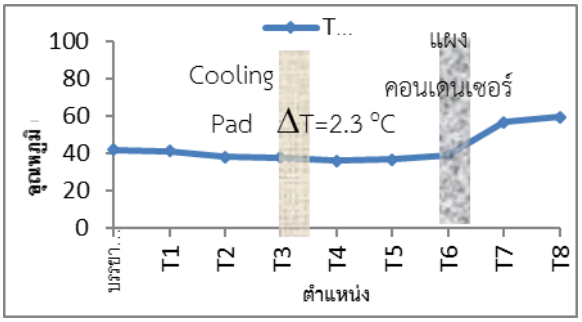
3. ผลการทดลอง

3.1 ผลของอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผงคอนเดนเซอร์หลังติดตั้งแผงทำความเย็น ที่อัตราการ 0.55 0.63 และ 0.83 kg/s

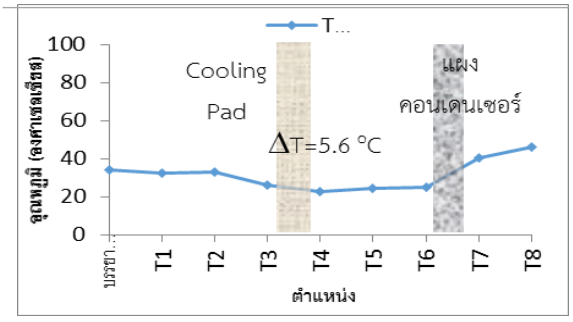
รูปที่ 5 6 และ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผ่านแผงทำความเย็นที่อัตราการไหลของน้ำ พบว่าที่ อัตราการไหลของน้ำ เท่ากับ 0.55 และ 0.63 kg/s พบว่าน้ำที่ไหลผ่านแผงทำความเย็นที่มีลักษณะการไหลของน้ำที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิบรรยากาศกับอุณหภูมิเฉลี่ยหลังแผงทำความเย็นมีค่าเท่ากับ 1.7 และ 2.3 °C และที่อัตราการไหลของน้ำ 0.83 kg/s น้ำที่ไหลผ่านแผงทำความเย็น ที่มีลักษณะการไหลของน้ำที่ค่อนข้างสม่ำเสมอทั่วทั้งแผงทำความเย็น ส่งผลทำให้อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิบรรยากาศกับอุณหภูมิเฉลี่ยหลังแผงทำความเย็นมีค่าแตกต่างกันมากถึง 5.6 °C



รูปที่ 5 กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศหลังติดตั้งแผงทำความเย็นที่อัตราการ 0.55 kg/s

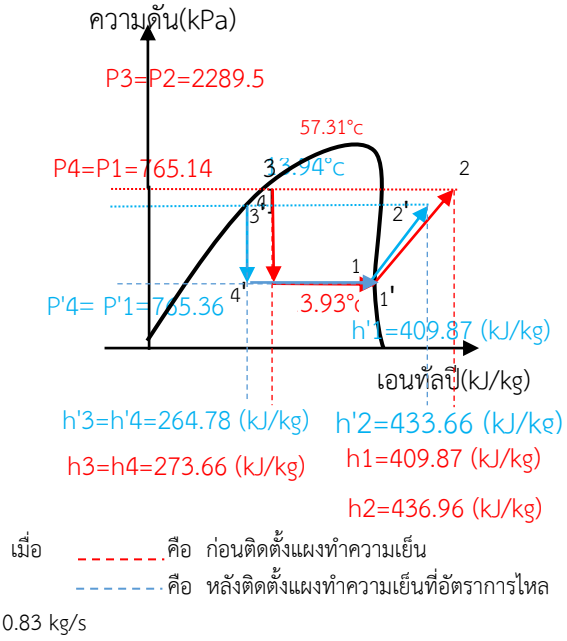


รูปที่ 6 กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศหลังติดตั้งแผงทำความเย็นที่อัตราการ 0.63 kg/s



รูปที่ 7 กราฟเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศหลังติดตั้งแผงทำความเย็นที่อัตราการ 0.83 kg/s

3.2 ผลของอุณหภูมิของระบบปรับอากาศระหว่างความดันและเอนทัลปี (P-H diagram)



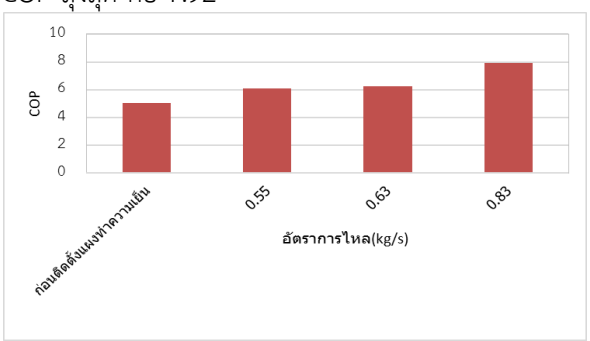
เมื่อ ------- คือ ก่อนติดตั้งแผงทำความเย็น
------- คือ หลังติดตั้งแผงทำความเย็นที่อัตราการไหล 0.83 kg/s

รูปที่ 8 อุณหภูมิของวัฏจักรเครื่องปรับอากาศหลังการติดตั้งแผงทำความเย็นที่อัตราการไหล 0.83 kg/s

รูปที่ 8 แสดงความดันและเอนทัลปี (P-H diagram) ของระบบปรับอากาศก่อนและหลังติดตั้งแผงทำความเย็นที่อัตราการไหล 0.83 kg/s พบว่ามีอุณหภูมิที่ผิวท่อแผงคอนเด็นเซอร์ก่อนและหลังติดตั้งจะแตกต่างกัน 6 oC ส่งผลค่าเอนทัลปีของช่วง 4' – 1' มากขึ้นการนั้นหมายความว่าการทำความเย็นของวัฏจักรสูงขึ้น และช่วง 1' – 2' ค่าเอนทัลปีลดลง ส่งผลให้พลังงานลดลงเมื่อเทียบกับไม่ติดตั้งแผงทความเย็น

3.3 ผลของสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient Of Performance : COP) ของเครื่องปรับอากาศก่อนและ หลัง ติดตั้งแผงทำความเย็น

จากรูปที่ 9 จะแสดงความสัมพนธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศกรณีเครื่องปรับอกาศที่ไม่ติดตั้งและติดตั้งแผงทำความเย็น ที่อัตราการไหลของน้ำ 0.55 0.63 และ 0.83 kg/s พบว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งแผงทำความเย็นจะมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ต่ำสุด เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผงทำความเย็น ทั้งนี้ที่อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่แผงทำความเย็น 0.83 kg/s จะให้ค่า COP สูงสุด คือ 7.92

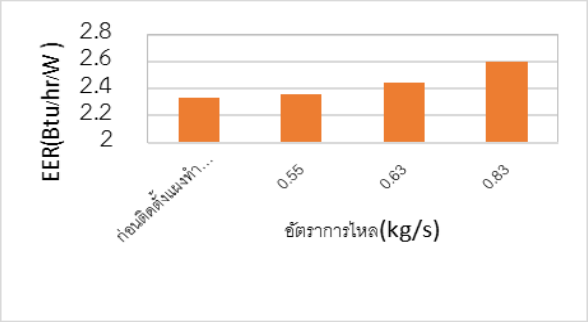


รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP)ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังติดแผงทำความเย็น

3.4 ผลของประสิทธิภาพการให้ความเย็น (Energy Efficiency Ratio : EER)ของเครื่องปรับอากาศก่อนและ หลัง ติดตั้งแผงทำความเย็น

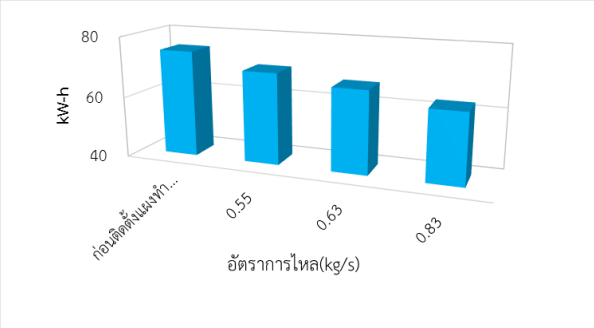
จากรูปที่ 10 แสดงอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศก่อนการติดตั้งแผงทำความเย็นจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.33 Btu/hr/W และเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผงทำความเย็นที่อัตราการไหลของน้ำเข้าแผงทำความเย็นเพิ่มขึ้น ค่า อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของ

เครื่องปรับอากาศจะมีค่าสูงขึ้น และค่า EER สูงสุดคือ 2.6 Btu/hr/W ที่อัตราการไหลของน้ำ 0.88 kg/s



รูปที่ 10 ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น (EER)ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังติดแผงทำความเย็น

3.5 ผลของการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งแผงทำความเย็นกับเวลา



รูปที่ 11 แสดงพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังติดแผงทำความเย็นกับเวลาเดินเครื่อง 300 นาที

รูปที่ 11 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังติดแผงทำความเย็นเทียบกับเวลาเดินเครื่อง 300 นาที พบว่า เครื่องปรับอากาศที่ปรับอัตราการไหลของน้ำเข้าเข้าแผงทำความเย็น 0.83 kg/s จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ 63 หน่วย(kW-h) และเมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งแผงทำความเย็นจะเห็นว่าพลังงานไฟฟ้าลดลงถึง 12 kW-h หรือลดลง 16%

4. สรุปผล

ผลของการติดตั้งแผงทำความเย็นกับเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ที่มีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำทีไหลเข้าแผงทำความเย็น สามารถสรุปได้ดังนี้

- ที่อัตราการไหลของน้ำ 0.83 kg/s จะเป็นอัตราการไหลที่เหมาะสมที่สุดโดยมีอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิบรรยากาศกับอุณหภูมิเฉลี่ยหลังแผงทำความเย็นมีค่าแตกต่างกันมากถึง 5.6 °C และมี
- ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของเครื่องปรับอากาศสูงถึง 7.92 และ
- ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น (EER) เท่ากับ 2.6 Btu/hr/W และ
- เมื่อเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังติดตั้งแผงทำความเย็นพลังงานไฟฟ้าลดลงถึง 16 %

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ หน่วยงานจัดการพลังงาน มหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนงานโครงการในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ปิยะรัตน์ ประมวลผล, 2539.การศึกษาการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศโดยใช้หลักการวิเคราะห์พลังงาน, กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[2] มานพ แจ่มกระจ่าง, 2549.การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดพลังงาน, ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา.

[3] วรศิษฐ์ ตรูทัศนวินท์, รุ่ง กิตติพิชัย. การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดพรีคูลลิ่งคอนเดนเซอร์จากน้ำเย็นที่กลั่นตัวจากอีวาพอเรเตอร์, ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหิดล,2553.

[4] Jiangsu Fengrun Electrical Equipment Co., Ltd. 2011. Evaporator and Condenser for Air-Conditioner [Online]. Available from: /http://www.asia.ru/en/Product/1278600.html. (2015,Jan. 15)

การออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

The Design and Construction of Pineapple Leafs Fiber Spinning Machine

ทรงฤทธิ์ รำมะเกศ, นันท์ณภัทร มีไกรราช, สายธาร โคตรทองทิพย์ และอนุรักษ์ ครองทรัพย์

สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับประรด และเพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด พบว่าใบสับปะรดมี ความกว้าง 47.72 มิลลิเมตร ความยาว 770 มิลลิเมตร ความหนา 1.55 มิลลิเมตร น้ำหนัก 45.10 กรัม ค่าสี L = 39.16, a = - 0.62, b = 38.40 ความชื้น 84.30 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) และ 538.38 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานแห้ง) จำนวนเส้นใย 60 เส้นต่อใบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.07 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงดึง 1.93 นิวตัน เครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด มีส่วนประกอบอยู่ 5 ส่วน ได้แก่ โครงเครื่อง ชุดส่งกำลัง ชุดใบตี ช่องใส่วัตถุดิบ และช่องทางออกวัตถุดิบ ซึ่งโครงเครื่องทำจากเหล็กฉากมี ความกว้าง × ความยาว × ความสูง เท่ากับ 450 × 700 × 860 มิลลิเมตร ชุดส่งกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ความสามารถในการทำงานจริง 1.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี 2.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพในการทำงาน 42.37 เปอร์เซ็นต์ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ราคาเครื่อง 26,500 บาท ค่าใช้จ่ายคงที่ 29,790 บาทต่อปี ค่าใช้จ่ายแปรผัน 83,186 บาทต่อปี จุดคุ้มทุน 135.72 ตันต่อปี และระยะคืนทุน 516 วัน

คำหลัก: ลักษณะทางกายภาพ, ความต้านทานแรงดึง, ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

The objective of this research were to study physical characteristics of pineapple leaves to design and construction of pineapple leaves fiber spinning machine and study the economic value of pineapple leaves fiber spinning machine. After studying physical characteristics of pineapple leaves. It were found that, the width is 47.72 millimeters, length is 770 millimeters, thickness is 1.55 millimeters, weight is 45.10 grams, color value L = 39.16, a = - 0.62, b = 38.40, moisture is 84.30 percentage (wet basis) and 538.38 percentage (dry basis), number of fibers 60 line per leaf, diameter 0.07 millimeters, tension resistance is 1.93 newton. Pineapple leaves fiber spinning machine consists of five parts structure, distributed electric power, spinning blade, material chamber and material outlet. The structure equal angle the width × length × thickness = 450 × 700 × 860 millimeters. The electric power is 3 kilowatt 220 Volt. The ability to actually work 1.03 kilograms per hour. Theoretical capabilities 2.44 kilograms per hour and efficiency of working 42.37 percentage. Economic Machine price is 26,500 Baht, value costs 29,790 Baht per year, variable costs 83,186 Baht per year, breakeven point 135.72 ton per year and payback period 516 day.

Keywords: Characteristics, Tension resistance, Economic value**.**

1. บทนำ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นแหล่งเพาะปลูกและส่งออกสับปะรดที่สำคัญอันดับหนึ่งของโลก พันธุ์ที่ปลูกกันมากคือพันธุ์ปัตตาเวีย ในปี พ.ศ. 2556 – 2557 มีพื้นที่ปลูกสับปะรดรวม 584,473 ไร่ เฉลี่ย 3,200 ต้นต่อไร่ ต้นสับปะรด 1 ต้น มีน้ำหนักใบ 2 กิโลกรัม ประมาณ 50 ใบ ใบสับปะรด 1 ใบ มีเส้นใยประมาณ 60 เส้น [1] หลังจากที่เกษตรกรได้เก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อเข้าสู่โรงงานจะมีการทำลายต้นและใบทิ้ง โดยการใช้รถไถสับทิ้งหรือปล่อยตากแดดให้แห้งแล้วเผาทำลาย ซึ่งวิธีการนี้นอกจากจะก่อมลพิษทางอากาศแล้ว ยังทำลายสิ่งแวดล้อมและทำให้เกิดโลกร้อน ซึ่งเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ จากการศึกษาใบสับปะรดภายในใบมีเส้นใยซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติ จึงมีการส่งเสริมการใช้ใบสับปะรดที่เหลือให้กลับมามีรายได้ ซึ่งในใบสับปะรดมีเส้นใยที่มีความแข็งแรง เหนียว ทนต่อแรงดึง สามารถนำไปใช้ทำเส้นด้ายเพื่อนำไปถักทอเสื้อผ้า ทำกระเป๋า เสื่อ พรม ผ้าห่ม และใช้ผลิตวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนและดูดซับเสียง เป็นต้น แต่การที่นำเส้นใยมาใช้นั้นยุ่งยาก เกษตรกรจึงไม่นิยมเพราะต้องใช้แรงงานคนในการตีซึ่งจะทำให้เกิดอุบัติเหตุในการตีเส้นใย จากการศึกษาพบว่ากระบวนการตีเส้นใยมีปัญหาคือกำลังการผลิตที่ได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคทำให้ต้องใช้เวลามากในกระบวนการผลิต [2]

จากเหตุผลดังกล่าว คณะผู้ศึกษาจึงเกิดแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด เพื่อช่วยลดเวลา ลดแรงงาน ลดอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ และช่วยลดขั้นตอนในการตีเส้นใยจากใบสับปะรด เพื่อเพิ่มปริมาณของผลผลิต และนำไปใช้ประโยชน์กับชุมชน พร้อมยังช่วยสร้างรายได้และเป็นอาชีพเสริมให้แก่ชาวบ้านและยังลดการเผาทำลายและลดมลพิษทางอากาศ [3]

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของสับปะรด

2.2 เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

2.4 เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ใบสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 รู้ถึงลักษณะทางกายภาพของสับปะรด

4.2 รู้ถึงการออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

4.3 รู้ประสิทธิภาพ และสามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

4.4 เกษตรกร และผู้ที่สนใจสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

4.5 ช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด

5. ทฤษฎี

5.1 ลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งมีรูปลักษณะไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90 - 100 เซนติเมตร พืชใบเดี่ยว เรียงสลับ ซ้อนกันถี่รอบต้น มีจำนวนใบ 30 – 50 ใบ ต่อ 1 ต้น ความกว้างประมาณ 6.5 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 1 เมตร ไม่มีก้านใบ ใบสับปะรดมีเส้นใย และเซลลูโลสที่ยึดติดกับเส้นใย เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้นจะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และสามารถดัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย [4]

5.2 เส้นใยใบสับปะรด

เป็นเส้นใยที่ได้จากพืชมีความอ่อนนุ่ม มีราคาถูก เส้นใยจากใบสับปะรดส่วนใหญ่ เป็นของเหลือใช้นำมาผลิตเป็นเส้นใย เพื่อเพิ่มมูลค่าและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ผลิตผ้าสำหรับวัสดุสิ่งทอและผลิตเส้นด้าย ทำให้ได้รับความสนใจจากนักวิจัยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการใช้ศักยภาพของเส้นใยเป็นวัสดุเสริมแรงในงานก่อสร้าง เส้นใยใบสับปะรดได้มาจากส่วนของใบ ซึ่งมีร้อยละ 40 จัดเป็นของเสียหลังการเก็บเกี่ยว การปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลสับปะรดในแต่ละต้นใช้พื้นที่ส่วนใหญ่สำหรับ

การแผ่กระจายของใบ เส้นใยใบสับปะรดมีสมบัติทางเชิงกลที่ดี มีปริมาณเซลลูโลสสูง ความยาวประมาณ 50 - 120 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.10 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 1.44 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความสามารถในการดูดซับความชื้นประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ [5]

5.3 ความชื้นของอาหารและผลิตภัณฑ์

ความชื้น เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเน่าเสียของอาหาร ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย และอาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำจะทำให้อาหารเสียง่าย เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร การเจริญของจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค และการสร้างสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เช่น Aflatoxin ใบถั่วลิสง ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่างๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส เช่น ความกรอบ ความหนืด การเกาะติดกันเป็นก้อน ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ความชื้นมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช กำหนดราคารับซื้อผันแปรตามปริมาณความชื้น ความชื้นเป็นตัวกำหนดความอ่อน – แก่ของผลผลิต [6]

ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \left(\frac{w - d}{w}\right) \times 100 \qquad (2.1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \left(\frac{w - d}{d}\right) \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ

M_w = ความชื้นมาตรฐานเปียก, (เปอร์เซ็นต์)

M_d = ความชื้นมาตรฐานแห้ง, (เปอร์เซ็นต์)

d = มวลแห้งของวัสดุ, (กิโลกรัม)

w = มวลเปียกของวัสดุ, (กิโลกรัม)

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis) เป็นค่าความชื้นที่มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน [7] ดังนี้

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis) เป็นค่าที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง เพราะช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากมวลแห้งของวัสดุจะคงที่

5.4 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

การคำนวณหาความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด คำนวณหาได้จากน้ำหนักของวัสดุที่ผ่านการตีต่อเวลาที่ใช้ตีทั้งหมด มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง [8] ดังนี้

$$\text{ความสามารถในการทำงานจริง} = \frac{\text{น้ำหนักของใบสับปะรดที่ผ่านการตี}}{\text{เวลาที่ใช้ในการตีทั้งหมด}} \qquad (2.3)$$

การคำนวณความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรดคำนวณหาได้จากน้ำหนักของใบสับปะรดที่ใช้ในการตีที่ความเร็วรอบต่อเวลาที่ใช้ในการตีทั้งหมด

$$\text{ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี} = \frac{\text{น้ำหนักของใบสับปะรดที่ใช้ตี}}{\text{เวลาที่ใช้ในการตีทั้งหมด}} \qquad (2.4)$$

ประสิทธิภาพในการทำงาน คือร้อยละของความสามารถในการทำงานจริงต่อความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีหาได้จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพในการทำงาน} = \frac{\text{ความสามารถในการทำงานจริง}}{\text{ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี}} \times 100 \qquad (2.5)$$

5.5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

โดยการศึกษาและวิเคราะห์การลงทุน ต้นทุน ต้นทุนผลิตภัณฑ์ ราคา กำไร จุดคุ้มทุน อัตราการคืนทุนและระยะเวลาคืนทุน

5.5.1 จุดคุ้มทุน (Break Even Point) หมายถึง ระดับการผลิตหรือการขายระดับใดระดับหนึ่งที่ก่อให้เกิดรายได้รวม (Total Revenue) เท่ากับต้นทุนรวม (Total Cost) ต้นทุนรวมประกอบด้วย ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร [9] ดังนี้

5.5.1.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ผันแปรไปตามจำนวนหน่วยผลิตหรือขาย ต้นทุนคงที่รวมจะคงที่ตลอดเวลา แต่ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยจะลดลง ถ้าปริมาณการผลิตหรือขายสูงขึ้น เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเช่า เงินเดือน ภาษีทรัพย์สิน เป็นต้น

5.5.1.2 ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่ผันแปรไปตามจำนวนหน่วยผลิตหรือขาย ถ้าปริมาณการผลิตหรือขายมากต้นทุนผันแปรจะมาก แต่ถ้าปริมาณการผลิตหรือขายน้อยต้นทุนผันแปรจะน้อย นั่นคือ ต้นทุนผันแปรรวมจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิตหรือขาย แต่ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยจะคงที่ เช่น ค่าแรงงาน ค่านายหน้า

จุดคุ้มทุนสามารถคำนวณได้ ดังสมการ

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่}}{\text{ค่าจ้าง} - \frac{\text{ค่าใช้จ่ายแปรผัน}}{\text{ความสามารถในการทำงาน}}} \quad (2.6)$$

5.5.1.3 ค่าใช้จ่ายคงที่ สามารถคำนวณได้ ดังสมการ

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่} = \text{ราคาเครื่อง} + \text{ค่าเสื่อมราคา} + \text{ค่าดอกเบี้ย} \quad (2.7)$$

ค่าเสื่อมราคา คือ ค่าใช้จ่ายที่ตัดจากมูลค่าของสินทรัพย์ ที่กิจการใช้ประโยชน์ประจำงวดทั้งนี้เพราะสินทรัพย์ประเภทอาคาร อุปกรณ์ เครื่องจักร รถยนต์ เป็นสินทรัพย์ที่มีไว้ใช้งานเป็นระยะเวลายาวนานและมักจะมีมูลค่าสูง จึงมีการประมาณประโยชน์จากสินทรัพย์เหล่านี้เฉลี่ยเป็นค่าใช้จ่ายแต่ละงวด [10]

1.) ค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง สามารถคำนวณได้ ดังสมการ

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{ราคาซื้อของเครื่อง} - \text{ค่าคงเหลือเมื่อเครื่องหมดอายุ}}{\text{อายุการปฏิบัติงานของเครื่องจักร}} \quad (2.8)$$

5.5.1.4 ค่าใช้จ่ายแปรผันสามารถคำนวณได้ ดังสมการ

$$\text{ค่าใช้จ่ายแปรผัน} = \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าบำรุงรักษา} \quad (2.9)$$

2.) ค่าบำรุงรักษา สามารถคำนวณได้ ดังสมการ

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = \text{ราคาเครื่อง} \times \text{เปอร์เซ็นต์ต้นทุนเครื่อง} \quad (2.10)$$

5.5.1.5 ค่าใช้จ่ายรวม สามารถคำนวณได้ ดังสมการ

$$\text{ค่าใช้จ่ายรวม} = \text{ค่าใช้จ่ายคงที่} + \text{ค่าใช้จ่ายแปรผัน} \quad (2.11)$$

ระยะเวลาคืนทุน คือ ปีที่ทำให้รายจ่ายเท่ากับรายรับ หรือเวลาที่กำไรเท่ากับเงินลงทุนครั้งแรก สามารถคำนวณได้ ดังสมการ [11]

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนครั้งแรก}}{\text{กำไร}} \quad (2.12)$$

6. วิธีการดำเนินงาน

6.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด

1.) วัสดุและอุปกรณ์

- ใบสับปะรด
- เครื่องชั่งดิจิตอล
- เครื่องวัดค่าสี
- เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- ตลับเมตร
- กระป๋องอลูมิเนียม
- เครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ
- เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

2.) ขนาดและน้ำหนัก

- นำใบสับปะรดวัดความกว้าง ความยาว และความหนา ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์
- ชั่งน้ำหนัก

3.) ค่าสี

- นำใบสับปะรดมาวัดค่าสี โดยเครื่องวัดค่าสี

4.) ความชื้น

- นำใบสับปะรดมาหั่นขนาด 1 เซนติเมตร
- ชั่งน้ำหนักกระป๋อง
- นำใบสับปะรดที่หั่น ใส่กระป๋อง ชั่งน้ำหนัก
- นำกระป๋องเข้าเครื่องอบแห้งสูญญากาศ 105 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง
- นำกระป๋องออกจากเครื่องอบแห้งสุญญากาศ ชั่งน้ำหนัก
- คำนวณความชื้นมาตรฐานเปียก จากสมการที่ (2.1)

- คำนวณความชื้นมาตรฐานแห้ง จากสมการที่ (2.2)

5.) เส้นใย

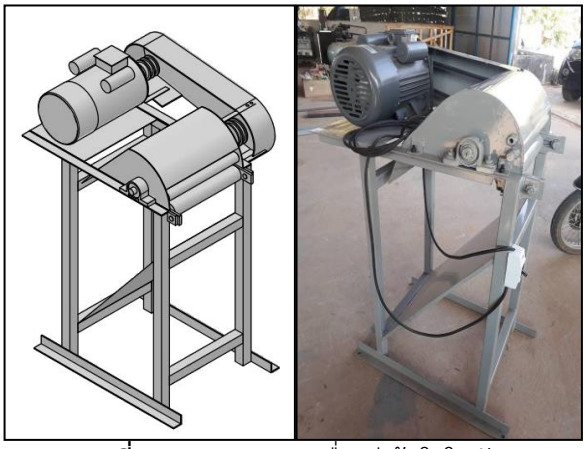
- นำใบสับปะรดมาชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม
- นำใบสับปะรดมาทุบนับจำนวนเส้นใยในใบสับปะรด

6.) ความต้านทานแรงดึง

- นำเส้นใยใบสับปะรดมาทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

6.2 การออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

การออกแบบเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด เป็นวัสดุที่หาง่าย ทนทาน ขนาดไม่ใหญ่ สามารถเคลื่อนย้ายได้ ต้นกำลังหาง่ายในท้องถิ่น ไม่ยุ่งยากต่อการใช้งาน ง่ายต่อการขึ้นรูปและง่ายต่อการควบคุมการทำงาน



รูปที่ 1 การออกแบบเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

6.3 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

1.) วัสดุและอุปกรณ์

- เครื่องตีเส้นใย
- ใบสับปะรด
- เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.) ความสามารถในการทำงานจริง

- นำใบสับปะรดชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม
- นำใบสับปะรดเข้าเครื่องตีเส้นใย
- จับเวลาในการตีเส้นใย
- ชั่งน้ำหนักเส้นใยที่ผ่านการตี
- คำนวณความสามารถในการทำงานจริง จากสมการที่ (2.3) และทางทฤษฎี จากสมการที่ (2.4)

3.) ประสิทธิภาพในการทำงาน

- นำความสามารถในการทำงานจริงและทางทฤษฎี จากข้อ 2.)
- คำนวณประสิทธิภาพในการทำงาน จากสมการที่ (2.5)

6.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์เครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

ถ้านำเครื่องตีเส้นใยไปรับจ้างสามารถหาจุดคุ้มทุนได้ จากสมการที่ (2.6) ค่าใช้จ่ายคงที่ จากสมการที่ (2.7) ค่าใช้จ่ายแปรผัน จากสมการที่ (2.9) ค่าบำรุงรักษา จากสมการ ที่ (2.10) ค่าใช้จ่ายรวม จากสมการที่ (2.11) และระยะเวลาคืนทุน จากสมการที่ (2.12)

7. ผลและอภิปราย

การทำงานโดยทั่วไปของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด เปิดสวิทช์ควบคุมเครื่อง จากนั้นมอเตอร์จะทำงานส่งกำลังไปพูเล่ย์เพื่อที่จะให้ชุดใบตีทำงาน เมื่อชุดใบตีหมุนตีเส้นใยใบสับปะรดให้ได้เส้นใยตามความต้องการ หลังจากนั้นกากใบที่ตีจะออกทางด้านหลังเครื่อง

7.1 ลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด

ตัวอย่าง	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ค่าสี			จำนวนเส้นใย (เส้น)
					L	a	b	
1	71.74	800.00	1.92	46.92	41.00	0.90	40.80	65
2	43.86	704.00	1.22	37.41	34.60	4.20	32.00	60
3	42.32	780.00	1.38	41.41	44.80	-5.30	38.20	66
4	43.78	832.00	1.82	49.17	36.60	-7.80	61.70	70
5	44.86	777.00	1.78	47.74	38.20	4.50	22.75	64
6	42.84	795.00	1.46	42.26	39.10	5.30	28.60	69
7	47.12	700.00	1.12	41.79	38.90	-5.40	62.80	61
8	42.24	912.00	1.42	42.18	39..5	2.30	44.30	74
9	47.22	813.00	1.32	49.80	41.80	2.30	33..3	70
10	48.44	712.00	1.32	42.78	37.70	0.30	30.70	63
11	54.12	754.00	1.56	49.44	38.60	-7.50	50.80	66
12	47.24	810.00	1.34	48.68	37.00	1.60	40.40	69
13	42.76	691.00	1.42	42.74	43.00	-0.80	33.90	58
14	48.12	700.00	1.74	47.86	41.00	-0.70	33.90	64
15	51.94	740.00	1.32	47.10	39.20	-7.60	50.80	63
16	45.58	740.00	1.66	46.12	41.50	-4.00	38.20	66
17	43.18	714.00	1.52	37.99	37.90	-1.30	31.50	62
18	46.62	800.00	1.88	47.64	37.30	3.60	29.30	68
19	54.12	830.00	1.76	48.81	39.70	-6.60	52.10	69
20	51.62	825.00	1.42	45.78	41.30	-3.40	32.20	68
21	51.54	743.00	1.88	46.58	38.10	2.00	29.30	63
22	50.12	800.00	1.56	49.24	38.20	2.50	35.80	67
23	39.34	700.00	1.52	31.26	38.40	-4.90	38.40	65
24	48.11	795.00	1.76	48.43	38.60	0.70	29.60	68
25	44.24	792.00	1.74	48.42	37.40	9.60	33.50	69
เฉลี่ย	47.72±6.22	770.36±54.12	1.55±0.22	45.10±4.51	39.16±1.77	-0.62±4.54	38.40±7.59	66.18±3.60

สำหรับผลของค่าเฉลี่ยจากการวัดความกว้างของเส้นใยใบสับปะรด คือ 47.72 มิลลิเมตร ค่าความยาวเฉลี่ย 770.36 มิลลิเมตร ค่าความหนาเฉลี่ย 1.55 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 45.10 กรัม ค่าสี L*, a* และ b*

39.16, -0.62 และ 38.40 ตามลำดับ และจำนวนเส้นใยเฉลี่ย 66.18 เส้น ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ความชื้นใบสับปะรด

ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนอบแห้ง (g)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (g)	ความชื้น	
			มาตรฐานแห้ง (%)	มาตรฐานเปียก (%)
1	17.37	2.84	511.62	83.65
2	18.95	3.04	523.36	83.96
3	17.82	2.62	580.15	85.30
เฉลี่ย	18.05 ± 0.66	2.83 ± 0.17	538.38 ± 29.92	84.30 ± 0.71

จากการหาความชื้นใบสับปะรดพบว่าน้ำหนักก่อนอบแห้งเฉลี่ย 18.05 กรัม และน้ำหนักหลังอบแห้งเฉลี่ย 2.83 กรัม ความชื้นมาตรฐานแห้งเฉลี่ย 538.38 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นมาตรฐานเปียกเฉลี่ย 84.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ความต้านทานแรงดึง

ตัวอย่างที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความยาว(mm)	แรงดึง(N)
1	0.065	645.00	1.13
2	0.075	725.00	0.87
3	0.065	601.00	1.59
4	0.075	509.00	1.57
5	0.060	690.00	1.41
6	0.065	584.00	3.42
7	0.060	664.00	3.32
8	0.075	614.00	2.35
9	0.065	469.00	1.03
10	0.055	625.00	2.56
เฉลี่ย	0.07±0.01	612.60±60	1.93±0.88

จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงของเส้นใยใบสับปะรด พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.07 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 612.60 มิลลิเมตร และแรงดึงเฉลี่ย 1.93 นิวตัน ตามลำดับ

7.2 การออกแบบและสร้างเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด



รูปที่ 2 ขั้นตอนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 2 ซึ่งเป็นขั้นตอนการตีเส้นใยใบสับปะรด นำใบสับปะรดเข้าเครื่องตีเพื่อแยกเส้นใยใบสับปะรดและนำเส้นใยใบสับปะรดที่ได้จากการตีนั้นนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น กระเป๋า และถักทอเสื้อผ้า เป็นต้น

7.3 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด

จำนวน (ครั้ง)	น้ำหนักก่อนตี (กิโลกรัม)	น้ำหนักหลังตี (กิโลกรัม)	เวลาในการตี (นาที)	ความสามารถจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ความสามารถทางทฤษฎี (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)
1	1	0.40	24.60	0.98	2.44	40.16
2	1	0.45	25.01	1.07	2.38	44.96
3	1	0.42	24.22	1.05	2.50	42.00
เฉลี่ย	1.00	0.42 ± 0.01	24.61 ± 0.27	1.03 ± 0.04	2.44 ± 0.06	42.37 ± 2.42

จากตารางประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด พบว่า น้ำหนักก่อนตีเฉลี่ย 1 กิโลกรัม น้ำหนักหลังตีเฉลี่ย 0.42 กิโลกรัม ใช้เวลาในการตีเฉลี่ย 24.16 นาที ความสามารถในการทำงานจริงเฉลี่ย 1.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีเฉลี่ย 2.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ย 42.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

7.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์เครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	มูลค่า
ราคาเครื่อง(บาท)	26,500
ค่าใช้จ่ายคงที่(บาทต่อปี)	29,790
ค่าใช้จ่ายแปรผัน(บาทต่อปี)	83,186
จุดคุ้มทุน(ตันต่อปี)	135.72
ระยะคืนทุน(วัน)	516

จากตารางความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ราคาเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด 26,500 บาท ค่าใช้จ่ายคงที่ 29,790 บาทต่อปี ค่าใช้จ่ายแปรผัน 83,186 บาทต่อปี จุดคุ้มทุน 135.72 ตันต่อปี และระยะคืนทุน 516 วัน

8. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

8.1 สรุป

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด พบว่าใบสับปะรดมี ความกว้าง 47.72 มิลลิเมตร ความยาว 770 มิลลิเมตร ความหนา 1.55 มิลลิเมตร น้ำหนัก 45.10 กรัม ค่าสี L = 39.16, a = -0.62 และb = 38.40 และความชื้น 84.30 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) และ 538.38 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานแห้ง) จำนวนเส้นใย 60 เส้นต่อใบ ความต้านทานแรงดึง 1.93 นิวตัน

เครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด ประกอบด้วย โครงเครื่องที่ทำจากเหล็กฉาก ชุดส่งกำลัง ชุดใบตีขนาด ความกว้าง × ความยาว × ความหนา เท่ากับ 370 × 140 × 2.0 มิลลิเมตร ช่องใส่วัตถุดิบขนาด ความกว้าง × ความยาว × ความสูง เท่ากับ 250 × 140 × 2.0 มิลลิเมตร และช่องทางออกวัตถุดิบ ประกอบด้วยโครงเครื่องที่ทำจากเหล็กฉากมีขนาด ความกว้าง × ความยาว × ความสูง เท่ากับ 450 × 700 × 860 มิลลิเมตร ชุดส่งกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 กิโลวัตต์ 220 โวลต์

การทดลองเครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด มีขนาดความยาว 784 มิลลิเมตร เหลือความยาว 700 มิลลิเมตร ความสามารถในการทำงานจริง เท่ากับ 1.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี เท่ากับ 2.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับ 42.37 เปอร์เซ็นต์ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ราคาเครื่อง 26,500 บาท ค่าใช้จ่ายคงที่ 29,790 บาทต่อปี ค่าใช้จ่ายแปรผัน 83,186 บาทต่อปี จุดคุ้มทุน 135.72 ตันต่อปี และระยะคืนทุน 516 วัน

8.2 อภิปรายผลการทดลอง

ผลการทดสอบเครื่องเส้นใยใบสับปะรด พบว่า การตีเส้นใยใบสับปะรด ใช้ใบสับปะรดชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีจำนวน 25 ใบ ใช้เวลาในการตี 22 นาที นำเส้นใยที่ตีได้ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล และลักษณะทางกายภาพของใบสับปะรด ขึ้นอยู่กับ พันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ และการดูแลรักษาของเกษตรกร ความชื้นมีผลต่อการความอ่อน - แก่ของใบ ความชื้นต่ำจะทำให้ใบแห้งจึงไม่สามารถเข้าเครื่องตีได้ และความชื้นมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ขนาด ความต้านทานแรงดึง ถ้านำเส้นใยใบสับปะรดรวมหลายเส้นความต้านทานแรงดึงจะสูงขึ้น มีความแข็งแรง เหนียว ทนทาน ทนต่อแรงดึง

การใช้เครื่องตีเส้นใยใบสับปะรด ลดเวลา ลดแรงงาน ลดการเกิดอุบัติเหตุ เพิ่มปริมาณผลผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการ ลดปัญหาการสร้างมลภาวะให้สิ่งแวดล้อม ความสามารถในการทำงานจริงมีค่าต่ำเนื่องจากการป้อนใบสับปะรด ได้เพียงครั้งละ 2 ใบ ถ้าต้องการให้ความสามารถในการทำงานจริงสูง ควรออกแบบช่องใส่วัตถุดิบ ให้ได้ครั้งละ หลายๆใบ ถ้าระยะเวลาการคืนทุนนาน การที่จะทำให้ระยะเวลาการคืนทุนเร็วจะต้องเพิ่มเวลาในการทำงานของเครื่องมากขึ้น

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ความเป็นมาการปลูกสับปะรดในประเทศไทย (2558). [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Documents/pineapple_km58_2.pdf. เข้าดูเมื่อวันที่ 10/6/2560

[2] คณะอาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ลำปาง (2559). ออกแบบและสร้างเครื่องฟั่นเชือกเส้นใยจากใบสับปะรดสำหรับสานหัตถกรรม,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://presspeoplethailand.com/2016/09/24/8328/ เข้าดูเมื่อวันที่ 21/11/2560.

[3] ทวีศักดิ์ แสงอุดม (2558). วิจัยและพัฒนาสับปะรด, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2251 เข้าดูเมื่อวันที่ 6/8/2560
[4] จินดารัฐ จำปาแก้ว (2553). ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด, [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา http://www.phetchaburi.doae.go.th/plant/pineapple.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 25/6/2561
[5] รุ่งทิพย์ ลุยเลา (2557). ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เส้นใยใบสับปะรด, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.thaitextile.org/index.php/blog/2016/11/nonwoven5 เข้าดูเมื่อวันที่ 6/5/2561
[6] ธนาพล วานิช (2556). ความชื้นกับอุตสาหกรรมอาหารและยา, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tanapolvanich.com/dry-bag/html/desiccant_th.htm เข้าดูเมื่อวันที่ 25/6/2561
[7] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2556), ความชื้น Moisture content, [ระบบออนไลน์], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0830/moisture-content-%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99 เข้าดูเมื่อวันที่ 15/8/2560
[8] กรกช สุขวัฒนกุล (2551),การพัฒนาและการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการเพื่อเพิ่มผลผลิต,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://digi.library.tu.ac.th/thesis/en/0170/01TITLE.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 19/7/2560
[9] จุดคุ้มทุนต้นทุนรวมประกอบต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน(2561).[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.logisticafe.com/2009/09/break-even-point/ เข้าดูเมื่อวันที่ 11/7/2561
[10] มานิดา ปาริจฉัตต์ (2556), ค่าเสื่อมราคา และการด้อยค่าของสินทรัพย์,[ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา https://sites.google.com/a/ttc.ac.th/jointventure-consignments/-kha-seuxm-rakha-mulkha-seuxm-sin-laea-kar-dxy-kha-khxng-sinthraphy เข้าดูเมื่อวันที่ 3/7/2560
[11] วสุพร ติ๋วงาม,(2558). การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรีสำหรับบ้านที่อยู่อาศัย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2015/TU_2015_5204030133_3860_3087.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 15/7/2560

ผลของตัวแปรไร้มิติที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบที่มีผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนผสมน้ำเป็นสารทำงาน

Effect of dimensionless parameters on heat transfer rate of closed loop oscillating flat heat pipe with nano carbon powder and water as working fluid

วสันต์ ศรีเมือง[1]*, สุรศักดิ์ จ่าบาล[1] และ วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ภิญโญ[2]

[1] สถาบันระบบรางแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมระบบขนส่งทางรางและเครื่องจักรกลหนัก คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: E-mail, wasan.sr@rmuti.ac.th, 044-233000, 044-233074

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลของตัวแปรไร้มิติที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบ (Closed Loop Oscillating Flat Heat Pipe, CLOFHP) ท่อความร้อนถูกทดลองโดยนำส่วนทำระเหยจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 75°C และใช้อากาศอุณหภูมิห้อง 28°C ไหลผ่านส่วนควบแน่นด้วยความเร็ว 0.25, 0.75 และ 1.25 m/s โดยใช้พัดลม สารทำงานที่เติมในท่อความร้อน ได้แก่ น้ำและน้ำผสมผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโน ผลการทดลองพบว่ากรณีใช้น้ำผสมผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนเป็นสารทำงานมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากรณีใช้น้ำเป็นสารทำงาน อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นตามความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่น ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนได้แก่ Bo, We, Fr, Ja, Pr และ ρ_v / ρ_l

คำหลัก: ท่อความร้อน, ผงนาโน, เครื่องอุ่นอากาศ

Abstract

This research paper is presents the effects of dimensionless parameters on heat rate of closed loop oscillating flat heat pipe (CLOFHP). In experiments, the evaporator section of CLOFHP air preheater was submerse in hot water of 75°C. The ambient air in tested room of 28 °C was flowed across the condenser section by fan with different velocities, were 0.25, 0.75 and 1.25 m/s, respectively. Water and carbon nano powder-water used for working fluid in CLOFHP. The experimental results indicated that the CLOFHP with nano carbon powder-water mixture is the higher heat transfer rate than water. The heat transfer rate of CLOFHP increased with air velocity. The Bo, We, Fr, Ja, Pr และ ρ_v / ρ_l were effected to heat rate of closed loop oscillating flat heat pipe (CLOFHP).

Keywords: Heat pipe, nano powder, air preheater.

1. บทนำ

ท่อความร้อนแบบ CLOFHP เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดใหม่ที่มีประสิทธิผลประมาณ 0.50-0.75 ซึ่งสูงกว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ-ครีบ (fin and tube) และท่อและถัง (shell and tube) CLOFHP ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนทำระเหย (evaporator section), 2) ส่วนกันความร้อน (adiabatic section) และ 3) ส่วนควบแน่น (condenser section) หลักทำงานของ CLOFHP คือดูดรับความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิสูง (คอนเดนเสทที่ปล่อยทิ้งออกจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม) เมื่อความร้อนถ่ายเทเข้าสู่สารทำงานซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในท่อความร้อน สารทำงานดังกล่าวนั้นจะกลายเปลี่ยนสถานะและเคลื่อนที่ไปยังส่วนควบแน่น จากนั้นสารทำงานจะถูกถ่ายเทความร้อนออกไปสู่แหล่งอุณหภูมิต่ำ (อากาศก่อนไหลเข้าพัดลม) จากนั้นสารทำงานภายในท่อความร้อนจะเกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวและไหลกลับสู่ส่วนรับความร้อนอีก

เนื่องจากว่าท่อความร้อนแบบ CLOFHP เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดใหม่ ปัญหาการออกแบบ CLOFHP มาเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อดูดความร้อนที่เหลือทิ้งจากคอนเดนเสทกลับมาใช้อุ่นอากาศนั้นยุ่งยาก กล่าวคือ วิศวกรหรือช่างเทคนิคไม่มีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ (ข้อมูลทางด้านเทคนิค) ที่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้ขาดแคลนข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปพิจารณาออกแบบ CLOFHP

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CLOFHP ที่ใช้ผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนผสมน้ำเป็นสารทำงาน โดยพิจารณาจากตัวแปรไร้มิติต่างๆ เพื่อเพิ่มข้อมูลที่เป็นประโยชน์ สะดวกและง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นแรกเกี่ยวกับท่อความร้อนหน้าตัดแบน (Flat heat pipe, FHP) หรือเทอร์โมไซฟอนหน้าตัดแบน (Flat Thermosyphon, FT) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากท่อความร้อนแบบหน้าตัดกลม หรือท่อความร้อนแบบธรรมดา (Conventional heat pipe, CHP) หรือเทอร์โมไซฟอนแบบธรรมดา (Conventional thermosyphon, CT หรือ Conventional Two Phase Closed Thermosyphon, CTPCT) เพื่อให้มีสมรรถนะสูงขึ้น Srimuang W. และคณะ [1] เสนอผลวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของขนาดความแบน, ความยาวของส่วนทำระเหย, ชนิดของสารทำงานและปริมาณการเติมที่มีผลต่อสมรรถนะของ FT จากงานวิจัยนี้พบว่า ตัวแปรต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นมีผลอย่างยิ่งต่อสมรรถนะทางความร้อนของ FT งานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกับที่กล่าวมาข้างต้นคือ Amatachya P. and Srimuang W. [2] ทำการทดลองหาสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนหน้าตัดแบน (Flat Two Phase Closed Thermosyphon, FTPCT) เพื่อเปรียบเทียบกับ CTPCT ซึ่งมีหน้าตัดกลม ผลการศึกษานี้พบว่าท่อความร้อนแบบ FTPCT มีสมรรถนะทางความร้อนสูงกว่า CTPCT

ประเด็นที่สอง งานวิจัยเกี่ยวกับตัวแปรไร้มิติ มีดังนี้ Payakaruk T. และคณะ [3] นำเสนอสมการของกลุ่มตัวแปรไร้มิติเพื่อทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CTPCT ต่อมา Rittidech S. and Srimuang W. [4] ได้เสนอสมการสหสัมพันธ์ลักษณะคล้ายกันสำหรับใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของ FTPCT อีกทั้ง Rittidech S. และคณะ [5] เสนอสมการของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่ใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดปลายปิด (Closed End Oscillating Heat Pipe, CEOHP) Khandekar S. และคณะ [6] ได้นำเสนอสมการของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่ใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบ (Closed Loop Oscillating Heat Pipe, CLOHP) Rittidech S. และคณะ [7] ได้นำเสนอสมการของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่ใช้ทำนายฟลักซ์ความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบมีลิ้นกันกลับ (Closed Loop Oscillating Heat pipe with Check Vale, CLOHP/CV) Waowaew N. และคณะ [8] ได้เสนอสมการกลุ่มตัวแปรไร้มิติเพื่อใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี (Radially Rotating Heat Pipe, RRHP) สรุปจากงานวิจัย [3-8] เห็นว่ามีตัวแปรไร้มิติเกี่ยวพันกับอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนชนิดต่างๆ ซึ่งนำไปสู่

การคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนในการออกแบบเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้เป็นอย่างดี

ประเด็นที่สามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำอนุภาคโลหะระดับนาโนมาผสมกับของเหลวเพื่อใช้เป็นสารทำงานท่อความร้อน Bhuwakietkumjohn N. and Rittidech S. [9] ทำการศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ CLOHP/CV ที่ใช้ Nano silver ผสม etanol เป็นสารทำงาน จากการศึกษานี้พบว่าการใช้ Nano silver ผสมใน Etanol ให้ฟลักซ์ความร้อนสูงกว่าการใช้ Etanol อย่างเดียว เนื่องจากว่าการเพิ่มอนุภาคระดับนาโนผสมลงในสารทำงานเหลวทำให้เพิ่มค่าการนำความร้อนของสารทำงาน จากเหตุผลนี้ผู้เขียนจึงเลือกสารทำงานที่เป็นของผสมระหว่างผงอนุภาคระดับนาโนของคาร์บอนกับน้ำ (Nano carbon powder and water) ซึ่งมีข้อดีคือ หาง่าย ราคาถูก และมีค่าการนำความร้อนสูงมาใช้เป็นสารทำงานในงานวิจัยนี้

ปัจจุบันยังไม่พบการศึกษาตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP ที่ใช้ผงอนุภาคระดับนาโนของคาร์บอนผสมกับน้ำเป็นทำงาน

3. ทฤษฎี

3.1 อัตราการถ่ายเทความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP สามารถอธิบายโดยค่าอัตราการถ่ายความร้อนทางด้านส่วนควบแน่น ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$Q_{act} = \dot{m}C_p(T_{c,out} - T_{c,in}) \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{m}$ คืออัตราไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s), C_p คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (W/m^{2}K), $T_{c,in}$ และ $T_{c,out}$ คืออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าและออกจากส่วนควบแน่นของ CLOFHP ตามลำดับ

โดยสัดส่วนการเติมผง nano carbon ในงานวิจัยเท่ากับ 0.1% w/v

3.2 ตัวแปรไร้มิติ

ตัวแปรไร้มิติต่างๆ ที่น่าสนใจ เช่น Bo, We, Fr, Ja, Pr, ρ_v/ρ_l ฯลฯ เป็นต้น ถูกนำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์กับอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรไร้มิติกับอัตราการถ่ายเทความร้อนอาจเป็นลักษณะแปรผันตรง, แปรผกผันหรือแปรแบบอื่น ๆ ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านั้นจะถูกใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างสมการสหสัมพันธ์เพื่อใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP ในโอกาสต่อไป

บอนด์นัมเบอร์ (Bo) เป็นอัตราส่วนของแรงลอยตัวต่อแรงตึงผิวของของไหล

$$Bo = 4R_h\left[g\left((\rho_l - \rho_v)/\sigma\right)\right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Bo แสดงปรากฏการณ์ที่ฟองอากาศที่เกิดจากการเดือดของของเหลว ซึ่งฟองอากาศมีความหนาแน่นต่ำกว่าของเหลว ฟองอากาศจึงพยายามที่จะลอยขึ้นไปสู่ด้านบนเหนือผิวของเหลว ถ้าหากบอนด์นัมเบอร์มีค่าสูงแสดงถึงการเดือดอย่างรุนแรง ในทางตรงกันข้ามถ้าหากว่าบอนด์นัมเบอร์มีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าไม่มีปรากฏการณ์เดือดขึ้น

เวเบอร์นัมเบอร์ (We) เป็นอัตราส่วนของแรงเฉื่อยต่อแรงตึงผิวของของเหลว และได้เพิ่มความสัมพันธ์ของความร้อนสัมผัสกับความร้อนแฝงเข้าไปด้วย แรงเฉื่อยเนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอของเหลวที่จะไหลจากส่วนทำระเหยขึ้นไปสู่ส่วนควบแน่น ส่วนแรงเนื่องจากความตึงผิวเป็นแรงที่ของเหลวและฟองไอพยายามดึงไม่ให้ของเหลวและฟองไอแยกหลุดลอยออกจากกัน

$$We = \frac{Q_m^2}{\rho_v h_{fg}^2 (4R_h)^3 \sigma} \quad (3)$$

ถ้าหากว่าค่าของ We มาก แสดงว่าฟองไอมีการเคลื่อนที่ ในทางตรงข้ามถ้าหากค่าของ We ต่ำ แสดงว่าฟองไอยังไม่มีการเคลื่อนที่ นั่นหมายความว่า ค่าของ We สูงทำให้เกิดการส่งถ่ายความร้อนสูงตามไปด้วย

ฟรูดส์นัมเบอร์ (Fr) เป็นอัตราส่วนของแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากน้ำหนักของของเหลว และได้เพิ่มความสัมพันธ์ของความร้อนสัมผัสกับความร้อนแฝงเข้าไปด้วย แรงเฉื่อยเนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอของเหลวที่กำลังไหลจากส่วนทำระเหยขึ้นไปสู่ส่วนควบแน่น ส่วนแรงเนื่องจากน้ำหนักของก้อนของเหลวที่ควบแน่นที่กำลังไหลลงส่วนทำระเหย

$$Fr = \frac{Q_m^2}{\rho_v^2 h_{fg}^2 (4R_h)^5 g} \quad (4)$$

Fr เป็นปรากฏการณ์ที่แสดงถึงความสามารถที่หยดของเหลวที่เกิดจากการกลั่นตัวสามารถไหลจากส่วนควบแน่นมายังส่วนทำระเหย ในขณะที่หยดของเหลวกำลังไหลลงมาตามผนังของ CLOFHP จะมีฟองไอไหลสวนทางขึ้นไปด้านบน การไหลสวนทางกันนี้อาจส่งผลให้หยดของเหลวที่ควบแน่นที่กำลังไหลลงมาไม่สามารถไหลถึงส่วนทำระเหยได้ เนื่องจากว่าหยดของเหลวที่ควบแน่นที่กำลังไหลลงอาจถูกฟองไอหอบไหลกลับไปสู่ส่วนควบแน่น

จาคอบนัมเบอร์ (Ja) เป็นอัตราส่วนของค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอต่อค่าความจุความร้อน ณ สภาวะที่เป็นของเหลว

$$Ja = \frac{h_{fg}}{Cp_l T_v} \qquad (5)$$

Ja แสดงถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งในส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น ในกรณีส่วนทำระเหย เมื่อให้ความร้อน (ความร้อนสัมผัส) แก่ CLOFHP ที่ส่วนทำระเหย สารทำงานที่อยู่ภายในท่อเมื่อได้รับความร้อนก็จะเกิดการเดือดในขณะที่เกิดการเดือด สารทำงานมีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวเพื่อกลายเป็นไอ ซึ่งในขณะนั้นความร้อนที่ของเหลวดูดรับเข้าไปเป็นความร้อนแฝง แต่ถ้าหากฟองไอยังได้รับความร้อนอีก ก็จะทำให้อุณหภูมิของฟองไอสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงฟองไอมีเอนทาลปีเพิ่มขึ้น ก้อนฟองไอนี้ทำหน้าที่พาความร้อนจากส่วนทำระเหยไปถ่ายเทยังส่วนควบแน่นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ในกรณีที่ส่วนควบแน่น เมื่อก้อนฟองไอถูกระบายความร้อนออก (ด้วยอากาศเย็น) ก็จะเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลว (คายความร้อนแฝง) และไหลลงสู่ส่วนทำระเหย ในขณะที่ก้อนฟองไอกำลังเปลี่ยนสถานะเป็นหยดของเหลว ความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับฟิล์มของเหลวที่ผนังท่อบางส่วน และส่งต่อไปยังอากาศหล่อเย็น

แพลนตันนัมเบอร์ (Pr) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าการสะสมความร้อนของของเหลวต่อค่าการนำความร้อนของก้อนของเหลว แสดงถึงปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนจากของเหลวไปสู่ฟองไอ หรือปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนจากฟองไอไปสู่ของเหลว กรณีค่าของ Pr เพิ่มขึ้นแสดงว่า สารทำงานที่มีสถานะเป็นของเหลวซึ่งมีค่าความจุความร้อนมากกว่าการนำความร้อน

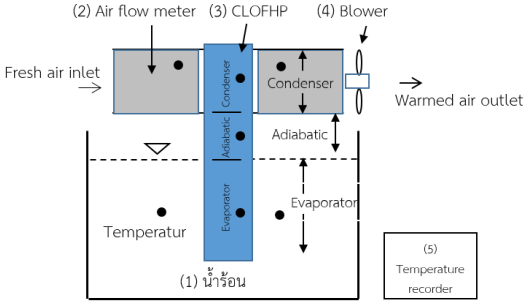
$$Pr = \frac{\mu_l Cp_l}{k_l} \qquad (6)$$

อัตราส่วนของความหนาแน่นของฟองไอต่อความหนาแน่นของของเหลว (D) ใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความหนาแน่นฟองไอและความหนาแน่นของของเหลวที่ความดันการทำงานของสารทำงานภายใน CLOFHP ที่ทำการทดลองที่อุณหภูมิการทำงานต่างๆ

$$D = \rho_v / \rho_l \qquad (7)$$

4. ชุดทดลองหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP

ในชุดทดลองนี้ ส่วนทำระเหยของ CLOFHP ถูกวางแช่ในน้ำร้อน และในขณะเดียวกันส่วนควบแน่นของ CLOFHP จะถูกวางในกล่องให้อากาศอุณหภูมิห้องไหลผ่าน ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP แสดงดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 ชุดทดลองหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP

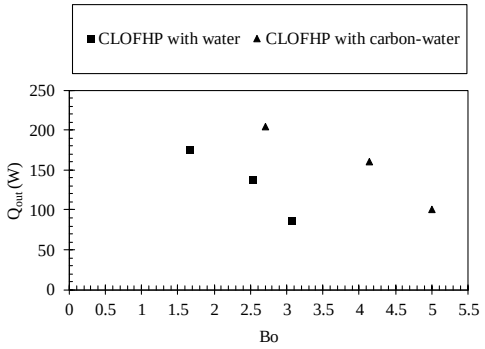
ไดอะแกรมของวงจรการทดสอบที่ผู้ทำวิจัยได้ทำการสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบและประเมินสมรรถนะของ CLOFHP แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 1) อ่างทำน้ำร้อน 2) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ 3) CLOFHP 4) พัดลมดูดอากาศ 5) เครื่องบันทึกอุณหภูมิ

สำหรับตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิมีดังนี้ จุดที่ 1 อุณหภูมิอากาศก่อนไหลเข้าส่วนควบแน่นของ CLOFHP ซึ่งเป็นอากาศในห้องทดลอง จุดที่ 2 อุณหภูมิอากาศไหลออกจากส่วนควบแน่นของ CLOFHP จุดที่ 3 และ 4 อุณหภูมิน้ำร้อนในอ่าง จุดที่ 5, 6 และ 7 เป็นอุณหภูมิที่ผิวของ CLOFHP ณ ส่วนควบแน่น ส่วนกันความร้อน และส่วนทำระเหย ตามลำดับ

5. ผลการวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP

5.1 ผลของบอนด์นัมเบอร์ (Bo) ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 2 แสดงผลการทดลองซึ่งพบว่าความสัมพันธ์ของ Bo กับการเปลี่ยนแปลงความร้อนมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน กล่าวคือ Bo มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความร้อนลดลงมีค่าลดลง นั่นหมายความว่าการเพิ่มขึ้นของแรงลอยตัวมีค่าต่ำกว่าการเพิ่มขึ้นของแรงตึงผิว ส่งผลให้ก้อนไอมีการเคลื่อนที่จากส่วนทำระเหยไปสู่ส่วนควบแน่นได้น้อย

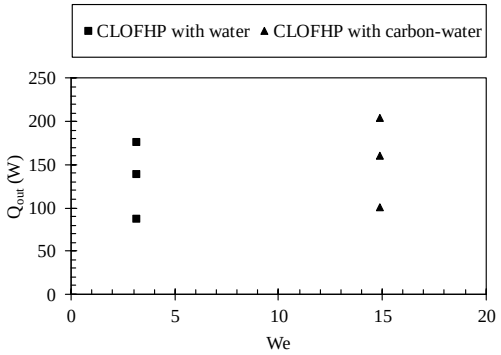


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Bo กับอัตราการถ่ายเทความร้อน

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อใช้สารทำงานเป็น water และ carbon-water มีค่าความร้อนสูงสุดเป็น 176.1 และ 204.2 W ตามลำดับ ซึ่งใช้สารทำงานเป็น carbon-water ให้ค่าความร้อนสูงกว่า water

5.2 ผลของเวเบอร์นัมเบอร์ (We) ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

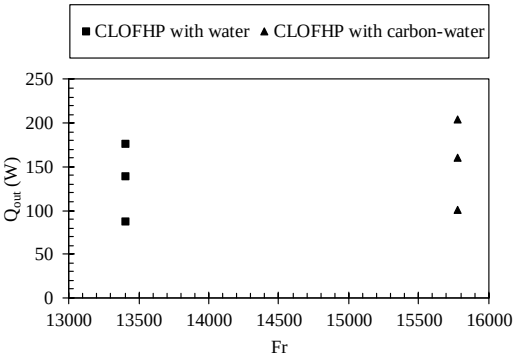
ผลของ We ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนแสดงดังรูปที่ 3 ผลที่ได้จากการทดลองนี้พบว่า การเปลี่ยนแปลงของ We ขึ้นอยู่กับชนิดของสารทำงาน โดยพบว่าค่า We ของ water มีค่าเป็น 3.11 และค่า We ของ carbon water มีค่าเป็น 14.9 ในการทดลองนี้สังเกตได้ว่าค่า We เพิ่มขึ้นตามความร้อนของ CLOFHP



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง We กับอัตราการถ่ายเทความร้อน

5.3 ผลของฟรูดส์นัมเบอร์ (Fr) ที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อน

ความสัมพันธ์ระหว่าง Fr กับอัตราการถ่ายเทความร้อนแสดงดังรูปที่ 4

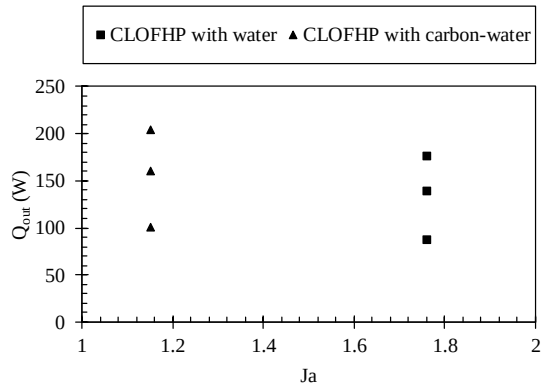


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Fr กับอัตราการถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 4 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของ Fr มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนของ CLOFHP ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ออกจากท่อความร้อน

5.4 ผลของจาคอบนัมเบอร์ (Ja) ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

ความสัมพันธ์ระหว่าง Ja ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายความร้อนแสดงดังรูปที่ 5

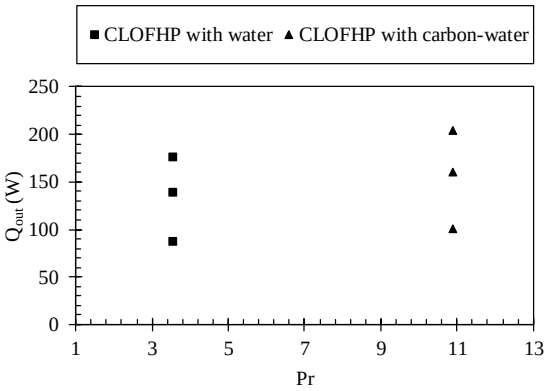


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Ja กับอัตราการถ่ายเทความร้อน

ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของฟิล์มของเหลวที่ผนังท่อ กล่าวคือ เมื่อเกิดการสะสมความร้อนขึ้นระหว่างฟิล์มของเหลวที่ผนังท่อก้อนฟองไอที่นำพาเอาความร้อนจากส่วนทำระเหยไปถ่ายเทที่ส่วนควบแน่นโดยเคลื่อนที่ผ่านส่วนกันความร้อน อุณหภูมิของฟองไอจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิของฟิล์มของเหลว ทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าลดลง ในกรณีที่ฟิล์มของเหลวที่ผนังท่อไม่เกิดการสะสมความร้อน ก้อนฟองไอก็จะสามารถถ่ายเทความร้อนออกได้มากขึ้น ปริมาณของหยดของเหลวที่จะไหลลงสู่ส่วนทำระเหยมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณของเหลวในส่วนทำระเหยมีเพียงพอต่อการรับเอาความร้อนจากแหล่งความร้อนสูงในรอบต่อไปได้ ทำให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นและเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลง Ja มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนกับการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อน โดย Ja เพิ่มขึ้นตามความร้อน กรณีใช้สารทำงานเป็น water และ carbon-water พบว่าค่าของ Ja ค่าเป็น 1.76 และ 1.15 ซึ่งให้ค่าความร้อนสูงสุดเป็น 176.1 และ 204.2 W ตามลำดับ

5.5 ผลของแพลนตันนัมเบอร์ (Pr) ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่าง Pr ที่กับค่าความร้อนแสดงดังรูปที่ 6 แต่ถ้าหาก Pr ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดการสะสมความร้อนขึ้นภายในก้อนของเหลวและฟองไอ หรืออาจกล่าวได้ว่า การเกิดการสะสมความร้อนขึ้นในฟองไอเมื่อ Pr สูง ซึ่งจะทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่า Pr มีค่าน้อยแสดงว่าก้อนของเหลวมีการสะสมความร้อนขึ้นทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของก้อนของเหลวในขณะนั้นมีค่าลดลงจึงทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าลดลงด้วย

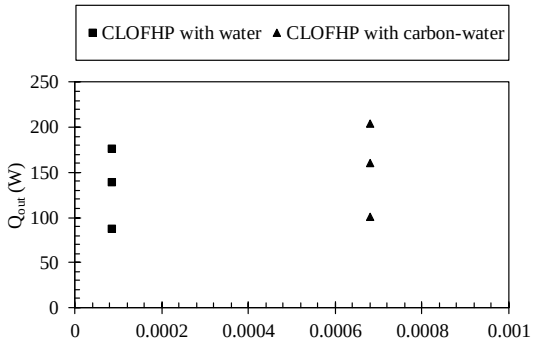


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pr กับอัตราการถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 6 สังเกตได้ว่า การเปลี่ยนแปลง Pr มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนกับการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อน ซึ่งการใช้สารทำงานเป็น carbon-water ทำให้ค่า Pr เพิ่มขึ้น

5.6 ผลของอัตราส่วนของความหนาแน่น (ρ_v / ρ_l) ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ρ_v / ρ_l กับอัตราการถ่ายเทความร้อน ในรูปที่ 7 พบว่า การทดลองที่อุณหภูมิการทำงานสูงๆ มากเท่าไรอัตราส่วนของความหนาแน่นของฟองไอต่ออัตราส่วนของ D ของๆ เหลวจะยิ่งมากขึ้นนั้นก็แสดงว่าความหนาแน่นของฟองไอภายในท่อมีปริมาณมากกว่าของเหลวการถ่ายเทความร้อนจะมีปริมาณมากกว่าการถ่ายเทความร้อนที่อัตราส่วนน้อย ๆ หรือที่สภาวะการทำงานที่อุณหภูมิการทำงานต่ำ ๆ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง ρ_v / ρ_l กับอัตราการถ่ายเทความร้อน

7.สรุป

งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า

- ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนได้แก่ Bo, We, Fr, Ja, Pr และ ρ_v / ρ_l
- อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นตามความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่น
- กรณีใช้น้ำผสมผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนเป็นสารทำงานมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากรณีใช้น้ำเป็นสารทำงาน

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Srimuang, W., Rittidech, S. and Bupchot B., Heat transfer characteristics of a Vertical Flat Thermosyphon (VFT), International journal of Mechanical Science and Technology, 20 (2009), 781-90.

[2] Amatachaya, P. and Srimuang, W., Comparative heat transfer characteristics of a flat two-phase closed thermosyphon (FTPCT) and a conventional two-phase closed thermosyphon (CTPCT), International Communications in Heat and Mass Transfer, 37 (2010), 293-98.

[3] Payakaruk, T., Terdtoon, P. and Ritthidech S., Correlations to predict heat transfer characteristics of an inclined closed two-phase thermosyphon at normal operating conditions. Applied Thermal Engineering, 20 (2000), 781-90.

[4] Rittidech, S. and Srimuang, W., Correlation to predict heat-transfer characteristics of a Vertical Flat Thermosyphon (VFT) at normal operating conditions, International journal of Heat and Mass Transfer, 53 (2010), 5984-5987.

[5] Rittidech, S., Terdtoon, P., Murakami, M., Kamonpet, P. and Jompakdee W., Correlation to predict heat transfer characteristics of a closed-end oscillating heat pipe at normal operating condition. Applied Thermal Engineering, (23) 2003, 497–10.

[6] Khandekar, S., Charoensawan, P., Groll, M. and Terdtoon, P., Closed loop pulsating heat pipes Part B: visualization and semi-empirical modeling, Applied Thermal Engineering, 23 (2003), 2021-33.

[7] Rittidech, S., Pipatpaiboon, N. and Terdtoon, P., Heat-transfer characteristics of a closed-loop oscillating heat-pipe with check valves. Applied Energy, 84 (2007), 565–77.

[8] Waowaew, N., Terdtoon, P., Maezawa, S., Kamonpet, P. and Klongpanich W., Correlation to predict heat transfer characteristics of a radially rotating heat pipe at vertical position. Applied Thermal Engineering, 23 (2003), 1019-32.

[9] Bhuwakietkumjohn, N. and Rittidech, S., Internal flow patterns on heat transfer characteristics of a closed-loop oscillating heat-pipe with check valves using ethanol and a silver nano-ethanol mixture, Experimental Thermal and Fluid Science, 34 (2010), 1000–07.

การทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบ

The prediction of heat transfer rate and effectiveness of a closed loop oscillating flat heat pipe as an air preheater

วสันต์ ศรีเมือง[1]*, สุรศักดิ์ จ่าบาล[1] และ วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ภิญโญ[2]

[1] สถาบันระบบรางแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมระบบขนส่งทางรางและเครื่องจักรกลหนัก คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: E-mail, wasan.sr@rmuti.ac.th, 044-233000, 044-233074

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบ (Closed loop Oscillating Flat Heat pipe, CLOFHP) ในการทดลองเครื่องอุ่นอากาศถูกทดลองโดยให้น้ำร้อนอุณหภูมิ 75°C ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายความร้อนให้กับส่วนทำระเหย และใช้อากาศอุณหภูมิห้อง 28°C ไหลผ่านส่วนควบแน่นด้วยความเร็ว 0.25, 0.75 และ 1.25 m/s โดยใช้พัดลม ผลการทดลองพบว่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศอยู่ในช่วง 0.61 ถึง 0.76 และผลจากการสร้างสมการสหสัมพันธ์ได้สมการเพื่อทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมการทำนายประสิทธิผลเป็น $Q_{predict} = 0.12\,[Bo^{-1/4}We^{0.4}Fr^{0.2}Ja^{-1/8}Pr^{0.25}(\rho_v/\rho_l)^{1.8}]^{1/10}$ และ $\varepsilon = 0.158\ln(V) + 0.5331$ ตามลำดับ

คำหลัก: ท่อความร้อน, ผงนาโน, เครื่องอุ่นอากาศ

Abstract

The objective of this research was correlated to predict the heat transfer rate and effectiveness of a closed loop oscillating flat heat pipe (CLOFHP) which apply for an air preheater. In experiments, the hot water of 75°C was used as heat source for evaporator section of CLOFHP air preheater. The ambient air in tested room of 28°C was flowed across the condenser section by fan with different velocities, were 0.25, 0.75 and 1.25 m/s, respectively. The experimental results indicated that the effectiveness of FTPCT air preheater were between 0.61 and 0.76. The correlated results for prediction of the heat rate and effectiveness were $Q_{predict} = 0.12[Bo^{-1/4}We^{0.4}Fr^{0.2}Ja^{-1/8}Pr^{0.25}(\rho_v/\rho_l)^{1.8}]^{1/50}$ and $\varepsilon = 0.158\ln(V) + 0.5331$, respectively.

Keywords: Heat pipe, nano powder, air preheater

1. บทนำ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานความร้อน มักจะมีความร้อนที่ใช้ไม่หมด แล้วปล่อยทิ้งสู่ชั้นบรรยากาศ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้ต้นทุนการใช้พลังงานความร้อนสูง ดังนั้นการนำเอาความร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด นอกจากจะส่งผลให้ต้นทุนการใช้พลังงานความร้อนลดต่ำลงแล้วยังช่วยลดสภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย ความร้อนเหลือทิ้งคือความร้อนที่ปล่อยทิ้งสู่ชั้นบรรยากาศหลังจากผ่านการใช้ประโยชน์แล้วซึ่งอาจอยู่ในรูปอากาศร้อน น้ำร้อน หรือของเหลวอื่นที่มีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศ ระดับคุณภาพของความร้อนเหลือทิ้งนั้นสามารถใช้อุณหภูมิเป็นตัวบอกคุณภาพของความร้อนเหลือทิ้งได้ โดยทั่วไปคุณภาพของความร้อนที่ปล่อยทิ้งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 เป็นความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพสูง มีอุณหภูมิในช่วง 600-1,600°C มักเป็นความร้อนที่อยู่ในรูปก๊าซไอเสียจากเตาเผา เหมาะที่จะนำไปใช้กับระบบผลิตกำลังงาน (power generation) ระบบผลิตกำลังงานและความร้อนร่วม (cogeneration) ระบบผลิตความเย็นแบบดูดกลืน (absorption chiller) หรือนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง เช่น อุ่นวัตถุดิบหรืออุ่นอากาศ สำหรับระดับที่ 2 เป็นความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพปานกลาง มีอุณหภูมิในช่วง 200-600°C มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปก๊าซไอเสียจากหม้อไอน้ำ กังหันก๊าซ เครื่องยนต์ หรือเตาขึ้นรูปโลหะ เหมาะที่จะนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำความดันปานกลาง หรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง ส่วนระดับที่ 3 เป็นความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพต่ำ มีอุณหภูมิในช่วง 35-200°C มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปคอนเดนเสท น้ำ หรือของเหลวที่ใช้ระบายความร้อน หรืออากาศระบายความร้อน คุณภาพระดับนี้สามารถที่จะนำไปใช้เพียงอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ อุ่นของเหลว อุ่นอากาศ หรือทำน้ำร้อน หรือนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง ก็ยังพอเป็นไปได้บ้าง

การนำพลังงานเหลือทิ้งจากคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เพื่ออุ่นอากาศก่อนไหลเข้าห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำนั้นจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งส่งผลให้ได้ประโยชน์สองประการคือ ประการแรกทำให้ลดการใช้พลังงาน และประการที่สองทำให้ลดการปล่อยคาร์บอนมอนอ็อกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีการนำเอาท่อความร้อนหน้าตัดแบนชนิดสั่นวงรอบ (closed-loop oscillating flat heat pipe, CLOFHP) มาใช้เพื่อนำเอาความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

เนื่องจากว่าท่อความร้อนแบบ CLOFHP เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดใหม่ ปัญหาการออกแบบ CLOFHP มาเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อดูดความร้อนที่เหลือทิ้งจากคอนเดนเสทกลับมาใช้อุ่นอากาศนั้นยุ่งยาก กล่าวคือ วิศวกรหรือช่างเทคนิคไม่มีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ (ข้อมูลทางด้านเทคนิค) ที่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้ขาดแคลนข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปพิจารณาออกแบบ CLOFHP เพื่อให้เกิดประสิทธิผลการถ่ายเทความร้อนที่เหมาะสม รวมทั้งนำเสนอวิธีการประเมินประสิทธิผลการถ่ายเทความร้อนที่ถูกต้องและแม่นยำ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CLOFHP ที่ใช้ผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนผสมน้ำเป็นสารทำงาน และนำผลการทดลองมาสร้างสมการสำหรับทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและทำนายประสิทธิผลของท่อความร้อนแบบ CLOFHP เพื่อเพิ่มข้อมูลที่เป็นประโยชน์ สะดวกและง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นที่แรก งานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำเอาท่อความร้อนมาประยุกต์ใช้เพื่อนำเอาความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่นั้น มีนักวิจัยหลายท่านที่ให้ความสนใจ ดังนี้ Noie S. H. and Majidian G. R. [1] ได้ทำการออกแบบ สร้างและทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CT สำหรับห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ชุดทดลองประกอบไปด้วยฮีตเตอร์ขนาด 1500 W และกำหนดความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CT เท่ากับ 2.3 m/s จากงานวิจัยนี้พบว่ามีประสิทธิผลเท่ากับ 0.16 ซึ่งผู้เขียนเห็นว่ามีค่าค่อนข้างต่ำมาก ต่อมา Yang F. และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาโดยการทดลองนำเอาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CT ไปประยุกต์ใช้สำหรับนำเอาความร้อนปล่อยทิ้งไปกับไอเสียเครื่องยนต์กลับมาใช้สำหรับอุ่นอากาศในห้องผู้โดยสาร ซึ่งได้ทำการทดลองโดยให้ไอเสียไหลผ่านส่วนทำระเหย อุณหภูมิอยู่ในช่วง 100 ถึง 300°C จาก

การศึกษานี้พบว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CT มีประสิทธิผล 0.28 จากนั้น Lukitubudi A. R. และคณะ [3] ได้ทำการออกออกแบบ สร้างและทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CT เพื่อนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งจากไอเสียของปล่องควันมาใช้สำหรับการผลิตเบเกอรี่ ซึ่งทำงานอยู่ในระดับอุณหภูมิปานกลาง (ต่ำกว่า 300°C) ทดลองในสภาวะความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CT ระหว่าง 1.5 ถึง 5 m/s และความร้อนที่จ่ายให้กับส่วนทำระเหยระหว่าง 4 ถึง 20 kW จากการทดลองพบว่าประสิทธิผลทางความร้อนอยู่ระหว่าง 0.18-0.63 ต่อมา Habeebullah M. H. และคณะ [4] ได้รายงานผลการวิจัยจากการนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งจากไอเสียของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CHP ในการทดลองได้กำหนดอุณหภูมิไอเสีย 300°C เพื่อไหลผ่านส่วนทำระเหยของท่อความร้อน จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าสามารถนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ใหม่ได้ 70 ถึง 93% นอกจากนี้ Riffat S. B. and Gan G. [5] เสนอผลวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะทางความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CHP ต่างกันสามชนิดที่ใช้สำหรับการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ ผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่า ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความสำคัญมากต่อประสิทธผลของ CHP กล่าวคือการเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่าน CHP ทำให้ประสิทธิผลลดลง และยังพบว่าค่าประสิทธิผลทางความร้อนขึ้นอยู่กับลักษณะของครีบและการจัดเรียงท่อของท่อความร้อนด้วย

ประเด็นที่สอง งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างสมการเพื่อทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน มีดังนี้ Payakaruk T. และคณะ [6] นำเสนอสมการของกลุ่มตัวแปรไร้มิติเพื่อทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CTPCT ต่อมา Rittidech S. and Srimuang W. [7] ได้เสนอสมการสหสัมพันธ์ลักษณะคล้ายกันสำหรับใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของ FTPCT อีกทั้ง Rittidech S. และคณะ [8] เสนอสมการสหสัมพันธ์ที่ใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดปลายปิด (Closed End Oscillating Heat Pipe, CEOHP งานในลักษณะ Waowaew N. และคณะ [9] ได้เสนอสมการสหสัมพันธ์สำหรับใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี (Radially Rotating Heat Pipe, RRHP)

สรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีสมการต่างๆ เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนชนิดต่างๆ ซึ่งทำให้สะดวกต่อการคำนวณค่าปริมาณความร้อนในการออกแบบเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่พบสมการใดที่ใช้สำหรับการทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP

3. ทฤษฎี

3.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศ

อัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP สามารถอธิบายโดยค่าอัตราการถ่ายความร้อนทางด้านส่วนควบแน่น ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$Q_{act} = \dot{m}C_p(T_{c,out} - T_{c,in}) \qquad (1)$$

เมื่อ $\dot{m}$ คืออัตราไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s), C_p คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (W/m^{2}K), $T_{C,in}$ และ $T_{C,out}$ คืออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าและออกจากส่วนควบแน่นของ CLOFHP ตามลำดับ

3.2 การสร้างสมการสหสัมพันธ์จากกลุ่มตัวแปรไร้มิติ

หลักการสร้างสมการสหสัมพันธ์เพื่อใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP นั้น เริ่มต้นด้วยพิจารณาตัวแปรไร้มิติต่างๆ ที่น่าสนใจ เช่น Bo, We, Fr, $L_e/4R_h$, Ja, Pr, ρ_v/ρ_l, Ku ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งพิจารณาตัวแปรต่างๆ ข้างต้นว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการถ่ายเทความร้อนในลักษณะใด (แปรผัน หรือผกผัน หรือแบบอื่น) จากนั้นจะเลือกเฉพาะตัวแปรไร้มิติที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP มาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการสหสัมพันธ์ที่ใช้ทำนายการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP โดยใช้หลักการสมการถดถอยมาช่วยพิจารณา

3.3 การคำนวณประสิทธิผล

สำหรับสมการในการคำนวณหาค่าประสิทธิผล (ε) ของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP นั้นยังไม่มีงานวิจัยใดนำเสนอสมการ แต่อย่างไรก็ตามผู้เขียนพิจารณาทบทวนงานวิจัยในอดีตพบว่า สามารถ

เทียบเคียงกับเครื่องอุ่นอากาศเทอร์โมไซฟอนได้ (หรือเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนธรรมดา) ซึ่ง Ong K. S. and Alalhi M. H. E. [10] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CTPCT ซึ่งผู้เขียนจะนำไปใช้หาค่าประสิทธิผลต่อไป โดยค่า U หาได้จากสมการ

$$Q_{act} = UA_e(T_w - T_{c,ave}) \qquad (2)$$

เมื่อ Q_{act} คืออัตราการคายความร้อนออกจากส่วนควบแน่นของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CTPCT (W), U คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K), A_e คือพื้นที่ถ่ายความร้อนที่ส่วนระเหย (m^2), T_w คืออุณหภูมิของน้ำในอ่างน้ำร้อน (^oC) และ $T_{c,ave}$ คืออุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ส่วนควบแน่น (^oC) โดยที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ส่วนควบแน่นสามารถหาได้จากสมการ $T_{c,ave} = (T_{c,in} - T_{c,out})/2$ เมื่อ $T_{c,in}$ คืออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าส่วนควบแน่น (^oC) และ $T_{c,out}$ คืออุณหภูมิของอากาศที่ไหลออกจากส่วนควบแน่น (^oC)

ในงานวิจัยนี้กำหนดสมมุติฐานว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนของ CTPCT ไม่แตกต่างกับท่อความร้อนแบบ CLOFHP (แต่พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสารทำงานต่างกัน) เราจะได้สมการที่ (1) เท่ากับสมการที่ (2) ซึ่งจะได้ค่า U ที่ใช้สำหรับการออกแบบท่อความร้อนแบบ CLOFHP

ต่อไปจะนำค่า U ที่ได้ไปคำนวณหาค่า Number of Transfer Unit (NTU) โดยใช้สมการ

$$NTU = \frac{UA_e}{\dot{m}C_p} \qquad (3)$$

เมื่อ U คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K), A_e คือพื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่ส่วนระเหย (m^2), $\dot{m}$ คืออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศไหลผ่านส่วนควบแน่น (kg/s) และ C_p คือค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ (J/kg.K)

การหาประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CTPCT เมื่อทราบค่า NTU ถูกนำเสนอโดย E. Azad and F. Geoola [11] ซึ่งเสนอสมการสำหรับหาประสิทธิผลที่ส่วนระเหยของ CTPCT กรณีมีจำนวนแถว n = 1 ดังนี้

$$\varepsilon_1 = 1\text{-}\exp^{(n)}(NTU) \qquad (4)$$

สำหรับค่าประสิทธิผลที่ส่วนระเหยของ CTPCT ที่มีจำนวนแถวมากกว่า n > 1 นั้น หาได้จากสมการ

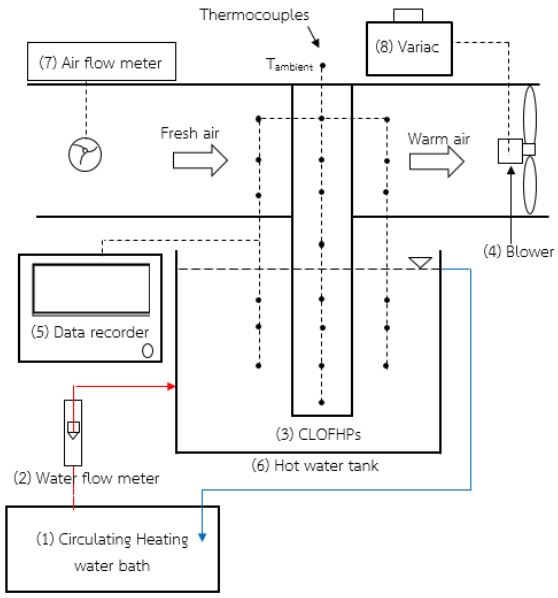
$$\varepsilon = 1-(1-\varepsilon_1)^n \qquad (5)$$

เมื่อ ε คือประสิทธิผลที่ส่วนระเหย, ε_1 คือประสิทธิผลที่ส่วนระเหยของ CLOFHP กรณี 1 แถว และ n คือจำนวนแถวของส่วนระเหย

ในงานวิจัยนี้จะพัฒนาการคำนวณหาค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP โดยต่อยอดจากสมการที่ (4) และ (5) ซึ่งจะนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์

4. ชุดทดลองเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP

เครื่องอุ่นอากาศเป็นอุปกรณ์สำหรับทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น วงจรทดลองแสดงดังรูปที่ 1



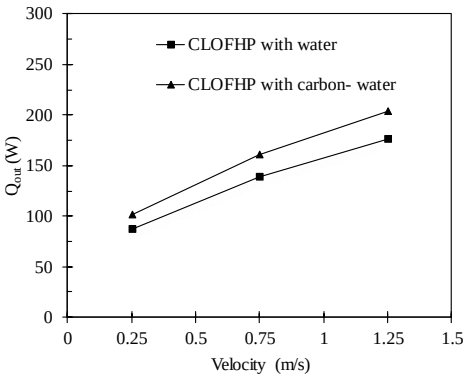
รูปที่ 1 ชุดทดลองหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CLOFHP

ผู้ทำวิจัยได้ทำการสร้างเครื่องอุ่นอากาศขึ้นและได้นำมาทดสอบและประเมินสมรรถนะ ชุดทดสอบประกอบด้วย 1) เครื่องทำน้ำร้อน 2) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ 3) เครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP 4) พัดลมดูดอากาศ 5) เครื่องบันทึกอุณหภูมิ 6) อ่างน้ำร้อน 7) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลอากาศ และ 8) Variac สำหรับปรับความเร็วของพัดลม ในชุดทดลองจะเห็นว่าเครื่องอุ่นอากาศจะทำหน้าที่ดูดรับเอาความร้อนจากน้ำร้อนเพื่อไปจ่ายให้กับอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่นของ CLOFHP

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลของความเร็วของอากาศที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากเครื่องอุ่นอากาศ

รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่นกับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ ในกรณีที่สารทำงานต่างชนิดกัน ในการทดลองนี้ ตัวแปรควบคุมคือปริมาณการเติมสารทำงาน (50%) ของปริมาตรรวม, อุณหภูมิน้ำร้อน (75°C) สำหรับตัวแปรอิสระได้แก่ ชนิดของสารทำงานและความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่น

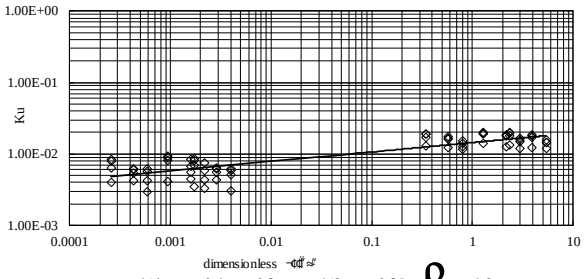


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่นกับอัตราการถ่ายเทความร้อน

จากรูปที่ 2 พบว่าความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่นเพิ่มขึ้นทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากเครื่องอุ่นอากาศเพิ่มขึ้น และยังพบว่าผงคาร์บอนที่ผสมลงในน้ำซึ่งใช้ทำเป็นสารทำงานทำให้มีอัตราการถ่ายความร้อนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจจะกล่าวได้ว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนแปรผันตรงในลักษณะค่อนข้างเชิงเส้นกับความเร็ว

5.2 ผลการสร้างสมการสหสัมพันธ์ด้วยหลักการคูทาเทลัทเซ

เมื่อนำเอาตัวแปรไร้มิติต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนมาพิจารณาร่วมกัน ซึ่งตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนได้แก่ Bo, We, Fr, Ja, Pr และ ρ_v / ρ_l จากนั้นนำความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านี้มาวิเคราะห์สร้างเชิงสมการถดถอยที่ใช้ในการทำนายค่าการถ่ายเทความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP ซึ่งความสัมพันธ์ของ Ku กับ กลุ่มตัวแปรไร้มิติ แสดงดังรูปที่ 3

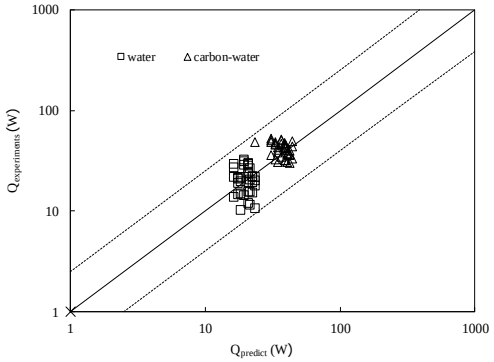


$$Bo^{-1/4}\, We^{0.4}\, Fr^{0.2}\, Ja^{-1/8}\, Pr^{0.25} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{1.8}$$

รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของ Ku กับกลุ่มตัวแปรไร้มิติ

5.3 การเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างการทดลองกับการทำนาย

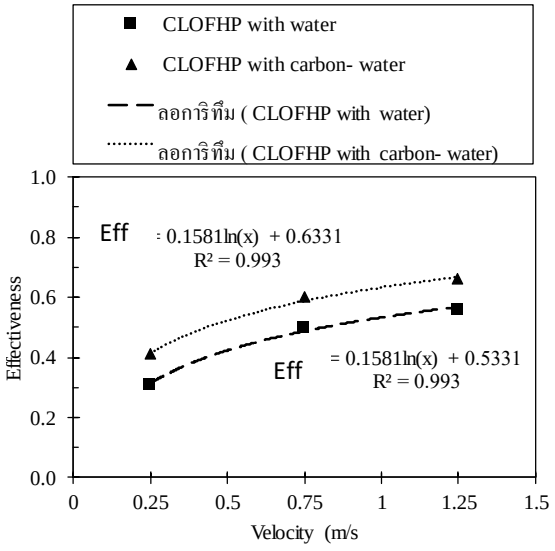
เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าสมการถดถอยที่วิเคราะห์มาได้ว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ จึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาแสดงความสัมพันธ์กับค่าที่ได้จากการทำนาย โดยพิจารณาความเหมาะสมของการเกาะกลุ่มของข้อมูลและพิจารณาค่าความเบี่ยงเบน ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4 และเมื่อทำการลากเส้นผ่านกลุ่มข้อมูลโดยกำหนดเส้นที่ได้นี้เป็นตัวแทนของค่าที่ทำนายได้ เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กระจายอยู่รอบๆ เส้นนี้ พบว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ±25% ซึ่งถือได้ว่ายอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมการถดถอยที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการทำนายหาความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP ได้



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการทดลองกับการทำนาย

5.4 ประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP

การคำนวณหาประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศสามารถหาได้จากสมการที่ (5) ซึ่งจะต้องใช้ค่า NTU จากสมการที่ (3) มาแทนค่าในสมการที่ (4) รูปที่ 5 แสดงค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ CLOFHP กับความเร็วอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่นซึ่งพบว่ากรณีใช้ carbon-water เป็นสารทำงาน ได้ค่าประสิทธิผลสูงกว่ากรณีใช้ water เป็นสารทำงาน 17.85 %



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศกับค่าประสิทธิผลของส่วนทำระเหย

เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลกับความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่นโดยใช้หลักการสมการถดถอยจะได้สมการเป็น $\varepsilon = 0.158\ln(V) + 0.5331$ ซึ่งสมการที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้จะสามารถนำไปใช้ในการทำนายหาประสิทธิผลในการถ่ายเทความร้อนของอุ่นอากาศแบบ CLOFHP ได้

6. สรุปผล

สมการสหสัมพันธ์เพื่อทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศคือ $Q_{predict}=0.12[Bo^{-0.25}We^{0.4}Fr^{0.2}Ja^{-1/8}Pr^{0.25}(\rho_v/\rho_l)^{1.8}]^{1/10}$ และสมการทำนายประสิทธิผลคือ $\varepsilon = 0.158\ln(V) + 0.5331$

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Noie, S. H. and Majidian, G. R., Waste heat recovery using heat pipe heat exchanger for surgery room in hospitals, Applied Thermal Engineering, 20 (14), (2000), 1271-82.

[2] Yang, F., Yuan, X. and Lin, G., Waste heat recovery using heat pipe heat exchanger for heating automobile using exhaust gas, Applied Thermal Engineering, 23 (2003), 367-72.

[3] Lukitobudi, A. R., Akbarzadeh, A., Johnson, A. W., and Hendy P., Design, construction and testing of a thermosyphon heat exchanger for medium temperature heat recovery in bakeries, Heat Recovery Systems, 15 (5) (1995), 481-91.

[4] Habeebullah, M. H., Akyurt, M., Najjar, Y. S. H. and El-Kalay, A. K., Experimental performance of a waste heat recovery and utilization system with a looped water in steel heat pipe, Applied Thermal Engineering, 18 (1998), 595-07.

[5] Riffat, S. B. and Gan, G., Determination of effectiveness of heat-pipe heat recovery for naturally-ventilated buildings, Applied Thermal Engineering, 18 (1998), 121-30.

[6] Payakaruk, T., Terdtoon, P. and Ritthidech S., Correlations to predict heat transfer characteristics of an inclined closed two-phase

thermosyphon at normal operating conditions. Applied Thermal Engineering, 20 (2000), 781-90.
[7] Rittidech, S. and Srimuang, W., Correlation to predict heat-transfer characteristics of a Vertical Flat Thermosyphon (VFT) at normal operating conditions, International journal of Heat and Mass Transfer, 53 (2010), 5984-5987.
[8] Rittidech, S., Terdtoon, P., Murakami, M., Kamonpet, P. and Jompakdee W., Correlation to predict heat transfer characteristics of a closed-end oscillating heat pipe at normal operating condition. Applied Thermal Engineering, (23) 2003, 497–10.
[9] Waowaew, N., Terdtoon, P., Maezawa, S., Kamonpet, P. and Klongpanich W., Correlation to predict heat transfer characteristics of a radially rotating heat pipe at vertical position. Applied Thermal Engineering, 23 (2003), 1019-32.
[10] Ong, K.S. and Alalhi, M. H. E., Experimental investigation on the hysteresis effect in vertical two-phase closed thermosyphons, Applied Thermal Engineering, 19 (1999), 399-08.
[11] Azad, E. and Geoola, F., A design procedure for gravity assisted heat pipe heat exchanger, Heat Recovery System, 4 (2) (1984), 101-11.

การออกแบบและสร้างเครื่องผสมปลาส้ม

The Design and Construction of Pickle Fish Mixed Machine

เพ็ญนภา ศรีจองแสง, อนันต์ มูลทิพย์, และประสิทธิ์ โสภา

สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ขอนแก่น 40000
Email: pennapa-020@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของปลานวลจันทร์ ออกแบบและสร้างเครื่องผสม ปลาส้ม และทดสอบประเมินความสามารถของเครื่องผสมปลาส้ม การทดสอบใช้ปลานวลจันทร์มีขนาดความกว้างของ หัว กลางและ หาง เฉลี่ยเท่ากับ 64.25±0.37, 106.21±0.42 และ 48.10±0.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความยาวเฉลี่ย 524.75±10.14 มิลลิเมตร น้ำหนัก 1252.41±8.06 กรัม ผลการออกแบบเครื่องผสมปลาส้มมีส่วนประกอบดังนี้ โครงสร้างเครื่อง ชุดใบผสมทำจาก สแตนเลส 304 ถังผสมวัตถุดิบทำจากสแตนเลส 304 ชุดโซ่ส่งกำลัง และมอเตอร์ต้นกำลัง 1 ตัว ขั้นตอนการทดสอบความสามารถในการผสมจะทำการปรับความเร็วรอบ 3 ระดับ ของชุดส่งกำลังที่ 40, 50 และ 60 รอบต่อนาที วัสดุทดสอบคือเนื้อปลานวลจันทร์บดละเอียด จำนวน 10 กิโลกรัม และสุ่มตัวอย่าง 300 กรัม ต่อการทดสอบแต่ละครั้ง ทำการบันทึกค่าความหนืด ค่าสี ค่าความเป็นกรดด่าง ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและผลิตผลที่ผ่านการผสม เพื่อทำการคำนวณหาอัตราการผสมที่เหมาะสมที่สุด จากการทดสอบพบว่าความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ที่เวลา 15 นาที ให้สมรรถนะสูงมีอัตราการผสมเฉลี่ยเท่ากับ 24 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีความหนืดเฉลี่ยเท่ากับ 9,016 เซนติพอยต์ มีค่าสีเฉลี่ยเท่ากับ สีขาว(L)+8.99 สีแดง(a)+3.23 สีเหลือง(b)+3.73 และค่าความเป็นกรดด่าง 6.03 ซึ่งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สินค้าโอทอป และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำหลัก **:** ปลาส้ม, ปลานวลจันทร์, เครื่องผสม

Abstract

This study aimed to investigate the physical characteristics of Nuan Jun fish and design, construct and test a pickled fish mixed machine. Nuan Jun fish average width of head, middle and tail were 64.25 ± 0.37, 106.21 ± 0.42 and 48.10 ± 0.83 mm, respectively. The average length was 524.75 ± 10.14 mm with 1252.41 ± 8.06 g weight. The pickled fish mixed machine consisted of the machine structure, stainless steel 304 mixture blade and tank, transmission chain series and a motor.Three transmission test speeds were varied for 40, 50 and 60 rpm. Each 10 kilogram test of finely ground Nuan Jun fish was 300 gram sampled. The viscosity, color, pH value were investigated and this raw input and output material through the machine were weighed in order to calculate the mixture rate. The experiment showed that the transmission speed of 40 rpm for 15 minutes was the high performance with the average optimum mixture rate of 24 kilogram per hour and viscosity of 9,016 centi point. The average color were white (L) +8.99, red (a) +3.23, yellow (b) +3.73 with the pH of 6.03 which to closed to OTOP products and community standard.

Keywords: Pickle fish, Nuan Jun fish, Mixed machine

1. บทนำ

ปัจจุบันปลาและผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูปเป็นอาหารที่นิยมและเป็นที่รู้จักโดยทั่วไปของคนไทย ลักษณะและรสชาติอาจแตกต่างกันไปตามรสนิยมและชนิดของปลาในแต่ละท้องถิ่น ผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูปส่วนใหญ่ เพื่อต้องการเก็บรักษาอาหารให้อยู่ได้นาน ทำให้เกิดรสชาติอาหารที่แตกต่างกันไป และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูป ปลาน้ำจืดเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสูงส่วนใหญ่ร้อยละ 80 นิยมนำมาบริโภคสด ที่เหลือร้อยละ 20 จะนำมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลาน้ำจืดแปรรูป โดยเฉพาะปลาส้มหรือผลิตภัณฑ์จากปลาที่ผ่านการหมัก เช่น ปลาร้า ปลาส้มเป็นต้น ปลาส้มมี 2 รูปแบบคือ ปลาส้มตัวและปลาส้มเนื้อหรือปลาส้มฟัก ปลาส้มจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากมีโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุสูง แต่ไม่เหมาะต่อผู้ป่วยโรคไต และความดันโลหิตสูง เนื่องจากมีปริมาณเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์สูง การผลิตปลาส้มในแต่ละท้องถิ่นจะมีกรรมวิธีดั้งเดิมที่สืบทอดกันมา โดยเฉพาะชาวบ้านบ้านโพนสว่าง หมู่ที่ 4 ตำบลจระเข้ อำเภอหนองเรือ จังหวัดขอนแก่น ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปปลา และได้จัดตั้งกลุ่มขึ้น โดยใช้ชื่อว่ากลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านโพนสว่าง ปัจจุบันมีสมาชิกจำนวนทั้งหมด 20 คน และไม่เพียงเป็นการเพิ่มมูลค่าปลาเท่านั้น แต่ยังทำให้ชาวบ้านมีอาชีพและมีรายได้เพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง ปัจจุบันการแปรรูปปลาได้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ มีทั้งปลาแดดเดียว ปลาส้มตัว ปลาส้มก้อน หม่ำปลา หม่ำไข่ปลา เพื่อส่งขายในจังหวัดอุดรธานี เลย ขอนแก่น และในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ [1] และปลาส้มยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ

จากการศึกษาพบว่ากลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านโพนสว่าง การผลิตปลาส้มในปัจจุบันมีการใช้แรงงานคนในการผลิตปลาส้ม โดยใช้มือในการผสมคลุกเคล้าปลาให้เข้ากับวัตถุดิบ และเครื่องเทศ ซึ่งทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย หรือสิ่งแปลกปลอมได้ บางครั้งผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อการจัดจำหน่าย แต่ถึงแม้จะผลิตได้ตามจำนวนที่ต้องการแต่ก็ต้องอาศัยจำนวนคนที่มากขึ้นและระยะเวลาในการนวดผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน อัตราการผลิตอยู่ที่ 60 กิโลกรัมต่อวัน และฤดูที่มีปลาจำนวนมาก มีความต้องการของตลาดมากอยู่ที่ 100 ถึง 150 กิโลกรัมต่อวัน ทำให้ไม่สามารถทำได้ตามต้องการภายในระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการได้ครบหากยังใช้กำลังคนนวดผสมอยู่ ดังนั้นจากปัญหาในการผสมปลาส้มไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้าในบางครั้ง จึงได้มีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องผสมปลาส้มขึ้นมาเพื่อให้เพิ่มความสามารถในการทำงาน ช่วยลดเวลาในการผสมปลาส้มให้กลุ่มแม่บ้านทำปลาส้มได้มากขึ้น ทันต่อความต้องการของลูกค้า และสามารถผลิตปลาส้มที่สะอาดปลอดภัยได้มาตรฐาน GMP เพื่อที่จะขอรับรอง อย. ของกลุ่มผลิตสินค้า OTOP ซึ่งเป็นการสร้างอาชีพให้กับกลุ่มเกษตรกรมีรายได้ตลอดปี เพื่อความมั่นคงต่อการพัฒนาประเทศด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของปลาส้มจากเนื้อปลานวลจันทร์ ออกแบบและสร้างเครื่องผสมปลาส้ม และทดสอบประเมินผลการทำงานของเครื่องผสมปลาส้ม

2. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาครั้งนี้ใช้ปลาส้มจากเนื้อปลานวลจันทร์ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านโพนสว่าง หมู่ที่ 4 ตำบลจระเข้ อำเภอหนองเรือ จังหวัดขอนแก่น ประโยชน์ที่จะได้รับเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของปลาส้มจากเนื้อปลานวลจันทร์ กรรมวิธีการผลิตปลาส้ม ได้เครื่องผสมปลาส้มต้นแบบที่ถูกต้องตามหลัก GMP และได้รู้ความสามารถของเครื่องผสมปลาส้ม

2.1 ลักษณะทางกายภาพของปลาส้ม

ปลาส้ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาที่ผ่านกรรมวิธีการหมักด้วยเกลือ ข้าวเจ้าสุกหรือข้าวเหนียวนึ่ง อาจเติมส่วนผสมอื่น เช่น กระเทียม พริกไทย จนมีรสเปรี้ยว ควรทำให้สุกก่อนบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์พื้นเมืองที่นิยมบริโภคกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง เกิดจากภูมิปัญญาท้องถิ่นในการถนอมอาหาร ซึ่งการผลิตส่วนใหญ่เป็นแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน ปลาส้มจัดเป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่ได้จากการแปรรูปปลาน้ำจืดหรือในบางท้องถิ่นอาจใช้ปลาทะเล ปลาที่นิยมนำมาทำปลาส้มคือ ปลาตะเพียน และปลานวลจันทร์ ในแต่ละปีประเทศไทยมีการผลิตปลาส้มปริมาณสูงสามารถส่งเสริมรายได้ให้กับประชาชนในชุมชนได้เป็นอย่างดี ปลาส้มจึงกลายเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ชนิดหนึ่งที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [2]

2.2 ประเภทของปลาส้ม

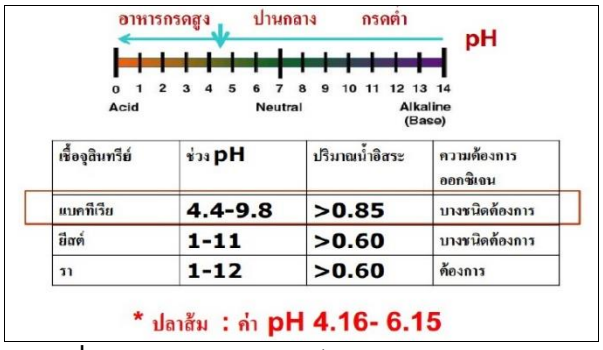
ปลาส้มแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ปลาส้มตัว เป็นปลาส้มที่ทำจากปลาทั้งตัวที่ผ่าท้องควักไส้ออกแล้วอาจตัดหัวปลาออก ปลาส้มชิ้น เป็นปลาส้มที่ทำจากปลาที่หั่นเป็นชิ้น ปลาส้มก้อน เป็นปลาส้มที่ทำจากเนื้อปลาล้วนที่ปั้นหรืออัดเป็นก้อน

2.3 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ปลาส้มที่ดี

ควรมีลักษณะดังนี้ ลักษณะภายนอกต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อย สะอาดต้องมีสีดีตามธรรมชาติของ ปลาส้ม ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของปลาส้มไม่มีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของปลาส้มจะไม่มีกลิ่นหรือรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นรสเปรี้ยวบูด ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของปลาส้ม [3]

2.4 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ปลาส้ม

หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practice : GMP) โดยข้อกำหนด GMP และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [4]



รูปที่ 1 ค่ามาตรฐานความเป็นกรดด่างในอาหารกับคุณภาพผลิตภัณฑ์ (OTOP) ของปลาส้ม

2.5 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อปลาจากปลานวลจันทร์

2.5.1 ขนาดและน้ำหนักของเนื้อปลา

วัสดุและอุปกรณ์

1.) ปลานวลจันทร์
2.) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3.) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
4.) ไม้บรรทัด
5.) ตลับเมตร
6.) ตราชั่ง

วิธีการดำเนินการ

นำปลานวลจันทร์ จำนวน 11 ตัว มาวัดความกว้าง และความหนา ส่วนหัว ส่วนลำตัว และส่วนหาง ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์และความยาว ด้วยตลับเมตร และชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผลทดสอบ 3 ครั้ง

2.5.2 ค่าความหนืดของเนื้อปลา

วัสดุและอุปกรณ์

1.) เนื้อปลานวลจันทร์
2.) เนื้อปลานวลจันทร์ที่ผสมแล้ว
3.) บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
4.) เครื่องวัดความหนืด

วิธีการดำเนินการ

1.) นำเนื้อปลาที่ยังไม่ผสมมาใส่บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 3 บีกเกอร์

2.) นำเนื้อปลาที่ผสมแล้วมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 3 บีกเกอร์

3.) นำมาเข้าเครื่องวัดความหนืด โดยใช้เข็มเบอร์ 2 ตั้งค่าที่ 61 ความเร็วรอบที่ 0.5บันทึกผล จำนวน 3 ครั้ง

2.5.3 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อปลา

วัสดุและอุปกรณ์

1) นำเนื้อปลาที่ยังไม่ผสมมาใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร

2) นำเนื้อปลาที่ผสมแล้วมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร

3) เครื่องวัดค่ากรดด่าง

วิธีการดำเนินการ

1) นำเนื้อปลาที่ยังไม่ผสมในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร 3 บีกเกอร์ มาวัดค่ากรดด่าง โดยละลายด้วยน้ำเล็กน้อย

2) นำเนื้อปลาที่ผสมแล้วในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร 3 บีกเกอร์ มาวัดค่ากรดด่าง โดยละลายด้วยน้ำเล็กน้อย

3) ทำซ้ำ ข้อ 1. และข้อ 2. จำนวน 3 ครั้ง บันทึกผล

2.5.4 ค่าสีของเนื้อปลา

วัสดุและอุปกรณ์

1) เนื้อปลานวลจันทร์

2) เครื่องวัดค่าสี Minolta Camera ในระบบ Hunter Lab จำนวน 1 เครื่อง

วิธีการดำเนินการ

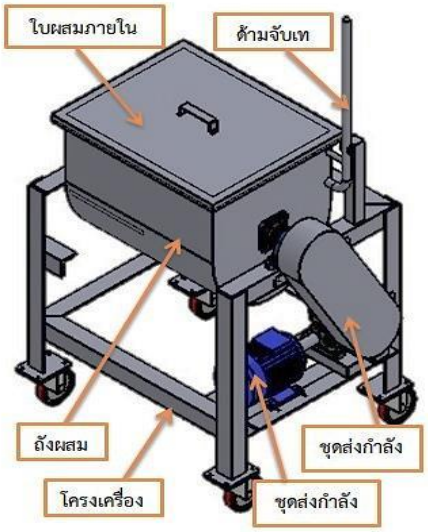
3) นำปลานวลจันทร์มาวัดค่าสี ส่วนลำตัวและส่วนหาง ด้วยเครื่องวัดค่าสี บันทึกผล จำนวน 3 ครั้ง

4) วัดค่าสีของเนื้อปลานวลจันทร์ที่ยังไม่ผสมและผสมแล้ว ด้วยเครื่องวัดค่าสี บันทึกผล จำนวน 3 ครั้ง

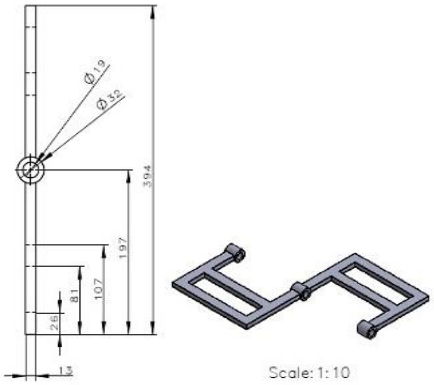
2.6 การออกแบบและสร้างเครื่องผสมปลาส้ม

2.6.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องผสมปลาส้ม มีเกณฑ์การศึกษาและออกแบบส่วนประกอบสำคัญของเครื่องผสมปลาส้ม ดังต่อไปนี้ เกณฑ์การออกแบบชุดโครงสร้างมีความแข็งแรงมั่นคง ทำความสะอาดและซ่อมบำรุงได้ง่าย และเป็นวัสดุที่ทนต่อแรงกระแทกได้ดี

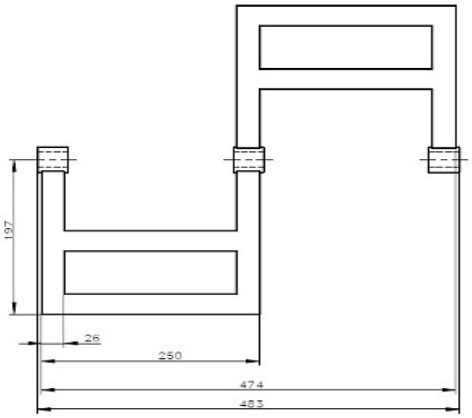
2.6.2 ออกแบบเครื่องผสมปลาส้มจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญอย่างเช่น ใบผสม ถังผสม ชุดส่งกำลัง และการออกแบบใบผสม การออกแบบถังผสม การออกแบบการเทวัสดุ ดังรูปที่ 2, 3 และ 4



รูปที่ 2 แบบโครงสร้างของเครื่องผสมปลาส้ม



รูปที่ 3 ออกแบบชุดใบผสม



รูปที่ 4 แบบชุดใบผสม

2.6.3 ออกแบบชุดส่งกำลังเครื่องผสมปลาส้ม

2.6.4 ออกแบบต้นกำลัง

3. การทดสอบความสามารถเครื่องผสมปลาส้ม

เพื่อหาความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมปลาส้ม เพื่อหาปริมาณของปลาส้มที่ผสมได้จากการทำงานของเครื่องผสมปลาส้ม เทียบกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

3.1 ความสามารถของเครื่องผสมปลาส้ม

วัสดุและอุปกรณ์

1.) เนื้อปลานวลจันทร์
2.) เครื่องผสมปลาส้ม
3.) ชุดปรับความเร็วรอบ
4.) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
5.) นาฬิกาจับเวลา
6.) เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 15 กิโลกรัม
7.) เครื่องวัดค่าสี

8.) เครื่องวัดความหนืด

9.) เครื่องวัดค่ากรดด่าง

10.) เครื่องปรุง

วิธีการดำเนินการ

1) นำเนื้อปลามาชั่งน้ำหนัก 10 กิโลกรัม

2) ติดตั้งชุดเฟืองโซ่ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที

3) วัดค่าสี ค่าความหนืด ค่ากรดด่างของเนื้อปลาก่อนผสม บันทึกผล

4) นำเนื้อปลาและเครื่องปรุงลงในถังผสม ทำ

การเปิดสวิตซ์การทำงานของเครื่องผสมปลาส้ม จับเวลาสุ่มตัวอย่างทุก 5 นาที แล้ววัดค่าสี ค่าความหนืด และค่ากรดด่าง หลังการผสมจนครบ 25 นาที บันทึกผล

5) เปลี่ยนชุดปรับความเร็วรอบที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ทำซ้ำตามข้อ 3, 4

6) เปลี่ยนชุดปรับความเร็วรอบที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที ทำซ้ำตามข้อ 3, 4

7) คำนวณหาความสามารถของเครื่องผสมปลาส้มที่ดีที่สุด โดยการเปรียบตามความต้องการของกลุ่มแม่บ้าน

4. ผลการทดสอบ

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อปลานวลจันทร์

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพปลานวลจันทร์

ตัวอย่างที่	ความหนา (มิลลิเมตร)			ความกว้าง (มิลลิเมตร)			ความยาว (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
	หัว	กลาง	หาง	หัว	กลาง	หาง		
1	62.11	65.09	16.83	64.45	106.22	47.97	518.46	1251.81
2	62.69	65.56	16.96	64.55	106.40	48.68	526.83	1258.18
3	62.35	64.56	16.55	63.76	106.02	47.67	528.97	1247.27
เฉลี่ย	62.38 ±0.37	65.07 ±0.43	16.78 ±0.20	64.25 ±0.37	106.21 ±0.42	48.10 ±0.83	524.75 ±10.14	1252.41 ±8.06

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพปลานวลจันทร์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ความหนืด (เซนติพอยส์)	ค่ากรดด่าง	ค่าสี		
			L	a	b
1	8513.33	5.93	+11.26	+5.93	+6.73
2	8993.33	6.56	+12.0	+6.5	+7.66
3	8956.66	6.13	+12.83	+7.00	+6.63
เฉลี่ย	8821.10 ±267.17	6.20 ±0.32	+12.03 ±0.78	+6.74 ±0.53	+7.00 ±0.56

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องผสมปลาส้ม

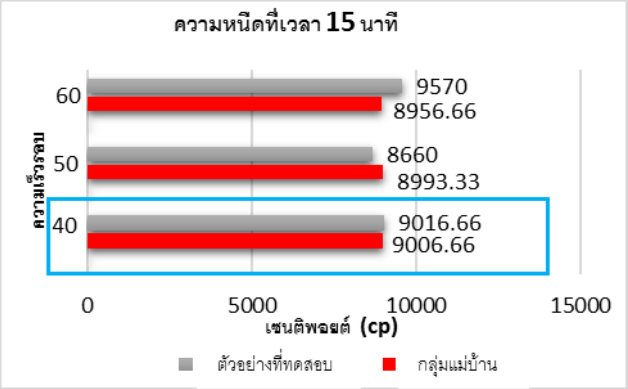
การออกแบบสร้างเครื่องผสมปลาส้ม มีส่วนประกอบ ดังนี้ โครงสร้างเครื่องชุดต้นกำลัง ชุดต้นกำลัง ชุดส่งกำลัง ชุดใบผสม ถังผสมวัตถุดิบ โครงเครื่องทำมาจากเหล็กฉากขนาดกว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 572 × 19.7 × 237 มิลลิเมตร ชุดใบผสมทำจาก สแตนเลส 304 ขนาดกว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 250 × 197 × 237 มิลลิเมตร ถังผสมวัตถุดิบทำจากสแตนเลส 304 ขนาดกว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 544 × 444 × 400 มิลลิเมตร ระบบส่งกำลังแบบโซ่ และต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 746 วัตต์ 220 โวลต์ 1,440 รอบต่อนาที ซึ่งสร้างขึ้นมาตามลักษณะของแบบงานที่ได้ออกแบบไว้ โดยตัดเป็นชิ้นส่วนตามขนาดแล้วประกอบกันโดยการเชื่อมไฟฟ้าทำให้มีความแข็งแรง มั่นคงฝาปิดเครื่องทำมาจากสแตนเลส 304 ดังรูปที่ 5



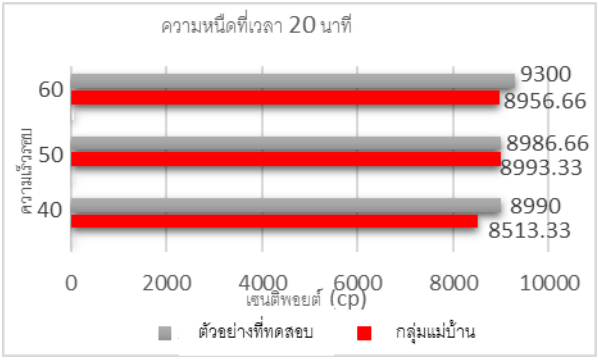
รูปที่ 5 ชุดโครงสร้างของเครื่องผสมปลาส้ม

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผสมปลาส้ม

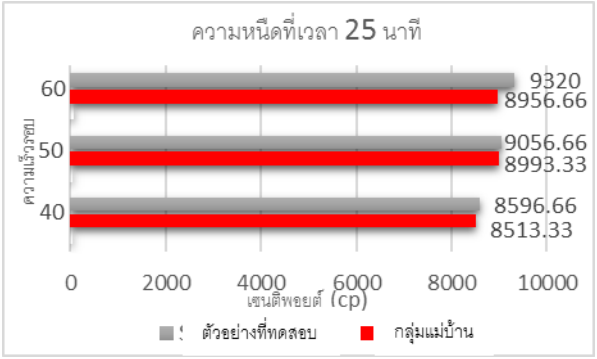
4.3.1 ผลการทดสอบนำเนื้อปลาที่เตรียมไว้ 10 กิโลกรัมและเครื่องปรุง 2.6 กิโลกรัม เทลงในชุดเครื่องผสมปลาส้ม จับเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนถึงการผสมเสร็จจะได้ผลดังนี้



รูปที่ 5 ผลการทดสอบความหนืดของเครื่องผสมปลาส้มที่ 15 นาที



รูปที่ 6 ผลการทดสอบความหนืดของเครื่องผสมปลาส้มที่ 20 นาที



รูปที่ 7 ผลการทดสอบความหนืดของเครื่องผสมปลาส้มที่ 25 นาที

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบวัดค่าความเป็นกรดด่าง

เวลาในการผสม (นาที)	ค่ากรดด่าง			
	แม่บ้าน	ผลการทดสอบ		
		40	50	60
15	6.03	6.03	6.03	6.03
20	6.67	6.10	6.10	6.10
30	6.93	6.03	6.10	6.06

จากข้อมูลผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผสมปลาส้ม พบว่าที่ 15 นาที ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที มีค่าความหนืดเท่ากับ 9,016 เซ็นติพอยส์ และค่าความเป็นกรดด่าง 6.03 ซึ่งค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับมาตรฐานของกลุ่มแม่บ้าน และค่าความเป็นกรดด่างยังอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) กำหนด ระหว่าง 4.16 ถึง 6.15

8. สรุปผล

จากการทดสอบหาลักษณะทางกายภาพของปลานวลจันทร์ พบว่ามีความหนาหัวกลางหางเฉลี่ยเท่ากับ 62.38, 65.07 และ16.78 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีความกว้าง หัว กลาง หาง เฉลี่ยเท่ากับ 64.25, 106.21 และ48.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 524.75 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1,252.41 กรัม มีความหนืดเฉลี่ยเท่ากับ 8221.10 เซนติพอยส์ มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยเท่ากับ 6.20 และมีค่าสีเท่ากับ สีขาว(L)+12.03 สีแดง(a)+6.74 สีเหลือง(b)+7.00

ผลการออกแบบสร้างเครื่องผสมปลาส้มมีส่วนประกอบดังนี้ โครงสร้างเครื่อง ชุดต้นกำลัง ชุดต้นกำลัง ชุดส่งกำลัง ชุดใบผสม ถังผสมวัตถุดิบ โครงเครื่องทำมาจากเหล็กฉากขนาดกว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 572 × 19.7 × 237 มิลลิเมตร ชุดใบผสมทำจาก สแตนเลส 304 ขนาดกว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 250 × 197 × 237 มิลลิเมตร ถังผสมวัตถุดิบทำจากสแตนเลส 304 ขนาดกว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 544 × 444 × 400 มิลลิเมตร ระบบส่งกำลังแบบโซ่ และต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 746 วัตต์ 220โวลต์ 1,440 รอบต่อวินาที ซึ่งสร้างขึ้นมาตามลักษณะของแบบงานที่ได้ออกแบบไว้

จากการทดสอบความสามารถเครื่องผสมปลาส้มที่ 3 ระดับ พบว่าที่ 15 นาที ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที มีอัตราการผสมเฉลี่ย เท่ากับ 24 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีความ

หนืดเฉลี่ยเท่ากับ 9,016 เซนติพอยต์ มีค่าสีเฉลี่ยเท่ากับ สีขาว(L)+8.99 สีแดง(a)+3.23 สีเหลือง(b)+3.73 และค่าความเป็นกรดด่าง 6.03 ซึ่งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สินค้าโอทอป และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

10. เอกสารอ้างอิง

[1] ประภาพรรณ จันทพล, 2561. ประธานกลุ่มแม่บ้านโพนสว่าง หมู่ที่ 4 ตำบลจระเข้ อำเภอหนองเรือ จังหวัดขอนแก่น

[2] สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาส้ม. กันยายน 2558.

[3] กัลยาณี ดีประเสริฐวงศ์. 2554. ระบบคุณภาพอาหาร (Quality System) : GMP / HACCP [ออนไลน์]. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. เข้าถึงได้จาก URL:http://www.acceptenvironment.com(18 กันยายน 2558).

[4] กรมการพัฒนาชุมชน, หลักเกณฑ์และแนวทาง การ ใช้เครื่องหมายผลิตภัณฑ์ OTOP

[5] โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาศักยภาพเจ้าหน้าที่และผู้ประกอบการตามโครงการพัฒนาสถานที่ผลิตและผลิตภัณฑ์สุขภาพชุมชน (OTOP) ให้มีคุณภาพและมาตรฐาน, 2561

[6] กฤติยา จันทร์สิริ, 2554. การออกแบบและสร้าง เครื่องผสมอาหารสัตว์. วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. พายัพ เชียงใหม่

[7] ชาญ ถนัดงาน, 2557. การออกแบบเครื่องจักรกล 1.พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์เอช.เอน กรุ๊ปจำกัด. กรุงเทพฯ

[8] บรรเลง แซ่เอี๊ยบ และกิตติ พิมล, 2558. ชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรกล. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ซี เอ็ดยูเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ

[9] มนตรี เพรชเมืองชัย, 2556. มอเตอร์ไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์สมศิริพริ้นติ้ง. กรุงเทพฯ

การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไอน้ำแบบก้นหอยเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็ก

Design and construction of a spiral steam generator to control temperature and humidity in small mushroom growing houses.

ศิริพงษ์ ตรีรัตน์, ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน ,ปฐวี ประคองใจ,ไพฑูรย์ ยศกาศ*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57000
*siripong.tr21@gmail.com, 0948417939 , 053 170335

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไอน้ำแบบก้นหอยใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็กสำหรับครัวเรือน โดยใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง และได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพเครื่องในแง่ของอัตราการผลิตไอ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนขนาดขนาด 2x2x2.5 m^3 ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องผลิตไอน้ำทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.0127 m ยาว 2.61 m โดยใช้ระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller ที่รับค่าจาก Sensor มาประมวลผลเพื่อสั่งให้เครื่องผลิตไอน้ำ พัดลม ตัวจุดแก๊สและโซลินอล์ยวาล์วทำงาน จากการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถผลิตไอน้ำได้ 6.54 kg/hr อุณหภูมิไอน้ำสูงสุดของเครื่องทำได้ถึง 110 °c ภายในระยะเวลา 1 min ภายในระยะเวลา 3 hr สามารถทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดสูงถึง 60 °c โดยสามารถรักษาความชื้นให้คงที่ได้ ซึ่งเป็นระดับที่ใกล้เคียงกับการฆ่าเชื้อในโรงเรือนเพาะเห็ด ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดฟางได้ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 29 - 32 °c ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 70 – 75 ผลจากการควบคุมอุณหภูมิอยู่ในค่าที่กำหนดไว้

คำหลัก: เครื่องผลิตไอน้ำแบบก้นหอย,เพาะเห็ด,ท่อทองแดง,ไอน้ำ

Abstract

This research aims to for design and construction of a spiral steam generator for temperature and humidity control in small household mushroom house using LPG as fuel, the efficiency of the machine was studied in terms of vapor production rate, control of temperature and humidity for mushroom cultivation in a house size 2x2x2.5 m^3, the researcher constructed a steam generator made of copper pipes with a diameter of 0.0127 m, length 2.61 m, by using the control and processing system by sensor microcontrollers are processed to order steam, fan, gas point and solenoid valves. The test showed that the machine can produce 6.54 kg of water per hour, the maximum steam temperature of the machine reaches 110 degrees Celsius within a 1 minute, Within 3 hours the temperature inside the mushroom house was up to 60 °c can maintain a constant moisture, This is similar to the level of sterilization in mushroom growing houses , The temperature was controlled at 29 - 32 °c, Relative humidity ranged from 70 to 75%,The result of temperature control is in the set value.

Keywords: Spiral steamer, mushroom cultivation, copper pipe,steam

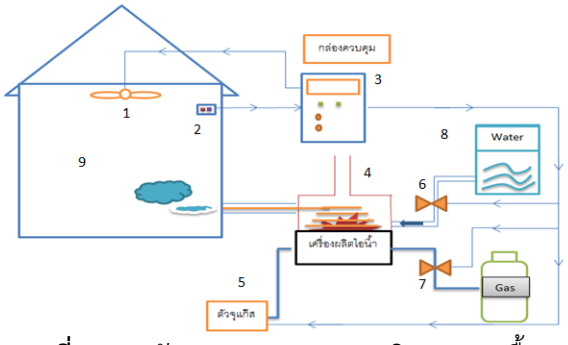
1. บทนำ

เห็ดฟางจัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งเป็นที่นิยมของตลาดและเป็นที่นิยมบริโภคของบุคคลทั่วไป วัสดุที่ใช้เพาะเห็ดสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เป็นเห็ดที่ให้ผลผลิตประมาณ 10-12 วัน เป็นอาชีพที่เกษตรกรคนไทยนิยมสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรเป็นอย่างดี [1]ลักษณะภูมิอากาศในประเทศไทยของเรานั้นมีลักษณะร้อนชื้นเหมาะแก่การเพาะเห็ด ซึ่งประเทศไทยมี 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และ ฤดูหนาว ในแต่ละฤดูจะมีสภาพอากาศที่แตกต่างกันออกไปทั้งในส่วนของความชื้นและอุณหภูมิแม้กระทั่งในแต่ละวันอุณหภูมิและความชื้นจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน โดยสภาพอากาศที่แตกต่างกันออกไป ทำให้การเจริญเติบโตของเห็ดนั้นขาดความต่อเนื่องเพราะเห็ดต้องรอสภาพอากาศที่เหมาะสมถึงจะมีการเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศด้วยการใช้ไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำด้วยถัง 200 liter เชื้อเพลิงที่ใช้เช่น ฟืน ยางรถยนต์หรือแก๊สเป็นเชื้อเพลิง[2,3] เพื่อใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิในห้องเพาะหรือใช้เครื่องพ่นหมอกในโรงเรือนเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศซึ่งในการที่จะทำการสร้างอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามที่ต้องการนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยากหลายขั้นตอน อีกทั้งในการที่จะทำการปรับอุณหภูมิและความชื้นนั้นจำเป็นต้องอาศัยความเชี่ยวชาญส่วนตัวของบุคคลนั้นๆ จึงจะสามารถปรับสภาพอากาศและความชื้นให้เหมาะสมกับการเพาะเห็ดแต่ละสายพันธุ์ได้

ปัจจุบันการเพาะปลูกเห็ดในโรงเรือนของกลุ่มชาวบ้าน ได้เพาะในโรงเรือนที่เป็นระบบปิด ในส่วนของการสร้างอุณหภูมิและความชื้นให้กับโรงเรือนเห็ดนั้น ทางชาวบ้านใช้เชื้อเพลิงจากฟืนมาต้มน้ำให้เกิดไอน้ำแล้วส่งไอน้ำเข้าห้องเพาะเห็ด ทำให้เกิดมลพิษด้านควันและควบคุมอุณหภูมิความชื้นค่อนข้างยาก[3]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นในขบวนการของการเพาะเห็ดในประเด็นเรื่องของการสร้างเครื่องผลิตไอน้ำที่มีขนาดเล็กเคลื่อนย้ายง่าย ใช้ในการผลิตอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเห็ดให้คงที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเห็ด โดยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไอน้ำเพื่อสร้างอุณหภูมิและความชื้นให้แก่ห้องเพาะเห็ดใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG และทำการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller[4] ขนาดของเครื่องนั้นมีขนาดเล็กเพื่อง่ายต่อการเคลื่อนย้าย และใช้กับโรงเรือนเพาะเห็ดแบบระบบปิด

2. วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

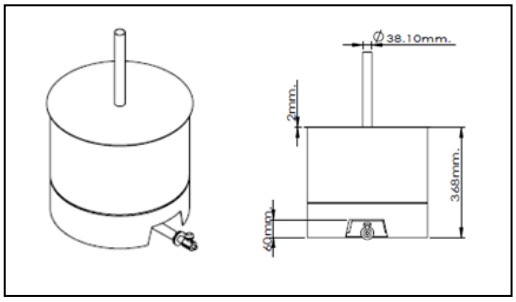


รูปที่ 1 แผนผังระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

อุปกรณ์ของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

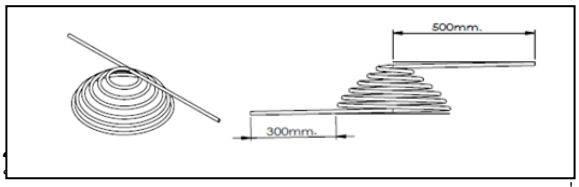
1. พัดลม
2. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น
3. กล่องควบคุม (ARDUINO Board)
4. ชุดเครื่องผลิตไอน้ำ
5. กล่องจุดแก๊ส
6. วาล์วน้ำ
7. โซลินอยวาล์ว แก๊ส
8. โซลินอยวาล์ว น้ำ
9. โรงเรือนเพาะเห็ดขนาด 2x2x2.5 m^3

ระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มีการควบคุมระบบโดยใช้ระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ARDUINO Board)ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น พัดลม โซลินอยวาล์ว กล่องจุดแก๊ส โดยมีหลักการทำงานของระบบคือเมื่อเซ็นเซอร์ได้สัญญาณอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดแล้วจะส่งข้อมูลไปยังกล่องควบคุม Microcontroller จากนั้นกล่องควบคุมจะนำเอาข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและประมวลผลตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้เพื่อสั่งการควบคุมอุปกรณ์เช่น ระบบจุดแก๊ส โซลินอยวาล์วน้ำ โซลินอยวาล์วแก๊ส พัดลมดูดอากาศเข้า พัดลมดูดอากาศออก ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้เมื่อสภาวะอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมระบบจะหยุดการทำงาน



รูปที่ 2 ตัวเรือนเครื่องผลิตไอน้ำ

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างเครื่องผลิตไอน้ำ โดยมีตัวกำหนดจากขนาดของหน้าแปลนของเตาเชื้อเพลิงและความสูงของการม้วนท่อทองแดงที่มีลักษณะเป็นก้นหอย ในการออกแบบตัวเครื่องผลิตไอน้ำจะมีช่องระบายแก๊สไอเสียไว้เพื่อการระบายเชื้อเพลิงที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ ดังรูปที่ 2



ในส่วนของการออกแบบการวางท่อทองแดงเพื่อรับความร้อนจากเชื้อเพลิงโดยให้น้ำไหลเข้าในท่อทองแดงเพื่อรับความร้อนในห้องเครื่องผลิตไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำที่ประกอบด้วยหัวเตาแก๊สที่ใช้เป็นรูปทรงกลม จึงออกแบบท่อทองแดงขดม้วนซ้อนกันหลายชั้นเป็นลักษณะคล้ายก้นหอยดังรูปที่ 3

ความยาวและขนาดของท่อทองแดงสามารถคำนวณได้จากกฎข้องที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สมการที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหามวลของน้ำที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีขนาด 2x2x2.5 m^3 โดยการเปิดค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่ต้องใช้ในการคำนวณจากตาราง ไอน้ำและอากาศ โดยได้กำหนดขนาดท่อทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 12.7 mm และมวลน้ำที่ต้องใช้ในการต้มเพื่อที่จะให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดถึงอุณหภูมิที่ต้องการและความชื้นที่เหมาะสมโดยการหามวลน้ำที่ต้องใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดมีอุณหภูมิที่ 60°C

จากสมการสมดุลพลังงาน[5-8] (กฎข้องที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์) $E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$

$$(m_1 h_1 + m_2 h_2) = m_3 h_3 \qquad (1)$$

แทนค่า $m_1 + m_2 = m_3$ ลงในสมการที่ (1)

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = (m_1 + m_2) h_3$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = m_1 h_3 + m_2 h_3$$

$$m_1 (h_1 - h_3) = m_2 (h_3 - h_2)$$

$$m_1 = \frac{m_2 (h_3 - h_2)}{(h_1 - h_3)} \qquad (2)$$

เมื่อ h_1 คือ ค่าเอนทาลปีของไอน้ำ ณ จุดเดือด, kJ/kg

h_2 คือ ค่าเอนทาลปีของอากาศในโรงเรือน, kJ/kg

h_3 คือ ค่าเอนทาลปีของไอน้ำที่ออกจากเครื่องผลิตไอน้ำ ณ อุณหภูมิและความดันที่ต้องการ, kJ/kg

m_1 คือ มวลน้ำที่ต้องใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ,kg

m_2 คือ มวลของไอน้ำที่อยู่ในโรงเรือนเพาะเห็ด, kg

เมื่อ (ไออิ่มตัว) $h_1 \cong h_{g@100^\circ c} = 2674.6 (kJ/kg)$

(อากาศ) $h_2 \cong h_{@Air30^\circ c} = 72 (kJ/kg)$

(ไออิ่มตัว) $h_3 \cong h_{@60^\circ c} = 2544 (kJ/kg)$

จากสมการ

$$m_{dryair} = \rho v \qquad (3)$$

เมื่อ m_{dryair} คือ มวลของอากาศแห้งภายในโรงเรือน, kg

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของอากาศในโรงเรือน, kg/m^3

v คือ ปริมาตรของโรงเรือน, m^3

แทนค่าในสมการ (3)

$$m_{dryair} = 0.11664 kg/m^3 \times 10 m^3$$

$$m_{dryair} = 1.1664 kg$$

$$m_2 = m_{dryair} \times w \qquad (4)$$

เมื่อ w คืออัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิ 30°c 55% RH

แทนค่าในสมการ (4)

$$m_2 = 1.1664 kg \times 0.015$$

ดังนั้น $m_2 = 0.0175 kg$

แทนค่าในสมการ (2)

$$m_1 = \frac{(0.0175kg)((2544kJ/kg)-(72kJ/kg))}{((2674.6kJ/kg)-(2544kJ/kg))} \therefore$$
$$m_1 = 0.331kg$$

หาความยาวท่อทองแดงที่ใช้ในการต้ม $m = 0.331kg$ จากสมการ

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5)$$

เมื่อ ρ คือ ค่าความหนาแน่นของน้ำ, kg/m^3

v คือ ปริมาตรของท่อทองแดง, m^3

$$v = \pi r^2 \times L \quad (6)$$

เมื่อ L คือ ความยาวของท่อทองแดง, m

$$L = \frac{m}{\rho \pi r^2} \quad (7)$$

แทนค่าจากในสมการ ที่ (7)

$$L = \frac{0.331kg}{1000\frac{kg}{m^3} \times \pi \times (0.00635)^2 m^2}$$
$$\therefore L = 2.61m$$

ดังนั้นจากการคำนวณได้ความยาวของท่อทองแดงที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 12.7 mm โดยได้ความยาวของท่อทองแดงยาวทั้งหมด 2.61 m แล้วนำท่อทองแดงมาทำเป็นขดวงกลมคล้ายก้นหอยให้ด้านวงกว้างอยู่ด้านล่างแล้วขดให้เป็นลักษณะก้นหอยบรรจุไว้ในห้องเครื่องผลิตไอน้ำดังรูปที่ 3

3. ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 4 ติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์

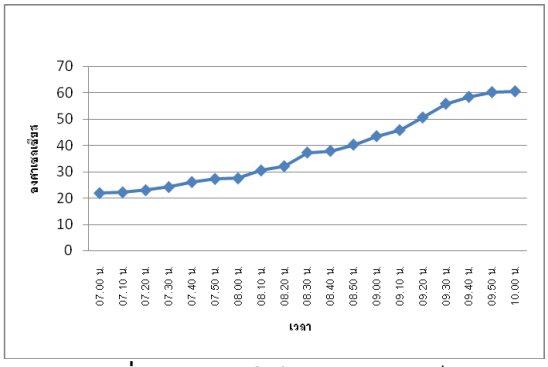
จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตามรูปที่ 1 โดยทำการติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ทดลองกับโรงเรือนเปล่าดังรูปที่ 4 และทำการทดลองดังนี้

(1) ทดลองความสามารถการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องผลิตอุณหภูมิแบบก้นหอยในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบครัวเรือน

(2) ทดลองระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยใช้ระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller

(3) ทดลองระบบการควบคุมความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยใช้ระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller

3.1 ทดลองความสามารถการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องผลิตอุณหภูมิแบบก้นหอยในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบครัวเรือน

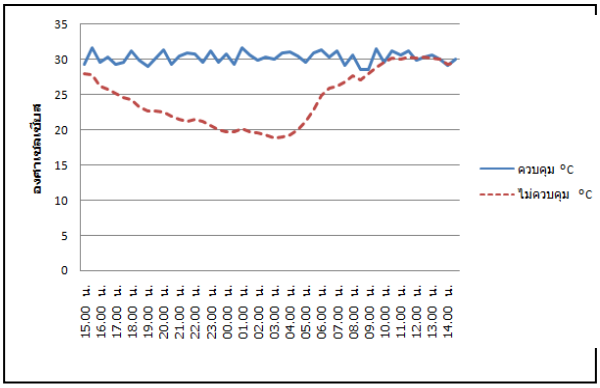


รูปที่ 5 อุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ด

จากการทดลองความสามารถในการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องผลิตไอน้ำและความชื้นในสภาวะอุณหภูมิเริ่มต้นภายในห้องเพาะเห็ด 24 °C โดยทำการเปิดเครื่องให้ระบบทำงาน Sensor รับค่าสภาวะต่างๆประมวลผลแล้วสั่งให้ วาล์วแก๊สเปิด ตัวจุดแก๊สทำงานและวาล์วน้ำเปิดให้น้ำเข้าเครื่อง ภายในระยะเวลา 1 นาทีอุณหภูมิไอน้ำสูงสุดของเครื่องที่ปลายท่อทางด้านออกวัดค่าได้ 110 °C และภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมง เครื่องสามารถทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดสูงถึง 60°c ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในโรงเพาะเห็ด[2]

3.2 ทดลองระบบการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยใช้ระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller

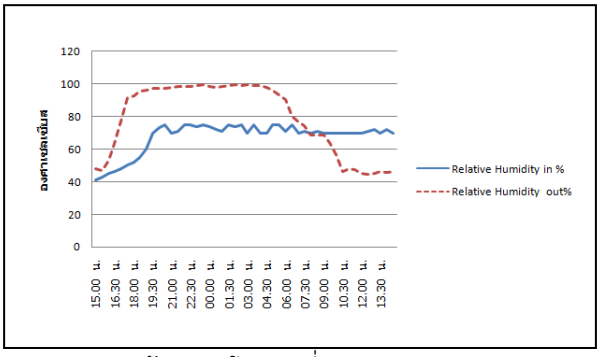
ทำการเก็บผลการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิที่ 29°c - 31.5°c ในโรงเรือนเพาะเห็ดเทียบกับสภาวะอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดที่ไม่มีการควบคุมด้วยระบบประมวลผล Microcontroller



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิปกติในโรงเพาะเห็ดและอุณหภูมิเฉลี่ยจากการควบคุมอุณหภูมิ

จากรูปที่ 5 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องเพาะเห็ดที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller ที่รับค่าจาก Sensor ค่าอุณหภูมิภายในห้องเพาะเห็ดมาประมวลผลแล้วสั่งให้ระบบทำงาน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ จากกราฟที่แสดงจะเห็นได้ว่าเส้นควบคุมอุณหภูมิอยู่ในค่าช่วงที่ตั้งค่าในระบบควบคุมไว้ที่อุณหภูมิต่ำสุดที่ 29 °C และอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.5 °C ข้อมูลที่ได้จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิเส้นกราฟอยู่ในช่วงที่ตังไว้

3.3 ทดลองระบบการควบคุมความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยใช้ระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller



การทดลองพร้อมกัน โดยรูปที่ 6 แสดงความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดเมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกต่ำสุดอยู่ในช่วง 45.1% และสูงสุดที่ 99.4% ในช่วงเวลา 18.00 น. จนถึงประมาณ 04.00 น. เป็นเพราะมีความกดอากาศต่ำจึงทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นและความชื้นภายในโรงเรือนอยู่ที่ 70-75% ตลอดการทำงานของระบบ

4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ท่อทองแดงในการสร้างเครื่องผลิตไอน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.0127 m โดยทำการสมดุลพลังงานได้ความยาวของท่อทองแดง 2.61 m จากการทดลองเครื่องสามารถผลิตไอน้ำได้เฉลี่ย 6.54 kg/hr โดยอุณหภูมิไอน้ำสูงสุดของเครื่องที่ทางออกท่อทองแดงวัดค่าได้ 110 °c ภายในระยะเวลา 1 min และภายในระยะเวลา 3 hr เครื่องสามารถทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดสูงถึง 60 °c โดยสามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ ซึ่งเป็นระดับที่ใกล้เคียงกับการฆ่าเชื้อในโรงเรือนเพาะเห็ด[2] ใช้ระบบควบคุมและประมวลผลโดย Microcontroller ที่รับค่าจาก Sensor มาประมวลผลเพื่อสั่งให้เครื่องผลิตไอน้ำ พัดลม ตัวจุดแก๊ส และโซลินอล์ยวาล์วทำงาน จากการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถผลิตอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดได้โดยทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 29 - 32 °c ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 70 – 75 ผลจากการควบคุมอุณหภูมิอยู่ในค่าที่กำหนดไว้

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณวิทยาลัยเชียงรายที่สนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ศุภฤกษ์ ทั่งศรี(2559).*การเพาะเห็ดฟางโรงเรือน*[ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา http://earthland11.blogspot.com/2016/03/blog-post.html เข้าดูเมื่อ 30/04/2559

[2] ลือพงษ์ ลือนามและคณะ (2557).*รายงานการวิจัยเรื่องการออกแบบเตาผลิตไอน้ำเคลื่อนที่ได้สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ด*,สาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,หน้า 18-24

[3] ศุภวิทย์ ลวณะสกลและบุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว (2551).*การผลิตไอน้ำ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมงโดยระบบหม้อไอน้ำแก๊สซิไฟเออร์จากชีวมวล*,คลังข้อมูลงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,หน้า 30-35

[4] ลือพงษ์ ลือนาม (2519). เตาผลิตไอน้ำ สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ด,*วารสารสื่อสาระสนเทศ พลัง+งาน ฉบับคิดเป็นทำเป็น*, กรุงเทพฯ : สสส,2553, หน้า 3 – 5.

[5] นิติรงค พงษพานิช , M.Y. El Ghoumaria, H.-J. Tantau, J. Serrano, 2005, Non-linear constrained MPC: Real-time implementtation of greenhouse air temperature control, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 49, pp. 345–356.

[6] ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, “หลักการทา งานของหม้อไอน้ำ” ในทฤษฎีช่างไอน้าและเทคโนโลยีไอน้ำ,พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ: ก.วิวรรธน์, 2527. หน้า 6 – 66.

[7] สมชัย อัครทิวา, และขวัญจิต วงษ์ชาลี, “กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สา หรับระบบปิด,” ใน เทอร์โมไดนามิกส์, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2552. หน้า 30 – 52.

[8] Yunus A. Cengel, M. A. (2005). In *Thermodynamics: An Engineering Approach.* McGraw-Hill Science/Engineering/Math, จิตติน แตงเที่ยง. (2011). ตำราประกอบการสอน เทอร์โมไดนามิกส์ 1. ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (2004).

การทำนายความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เซชันของฟลูอิไดซ์เบดก๊าซ-ของแข็งโดยใช้แบบจำลอง CFD-DEM

Prediction of minimum fluidization velocity of gas–solid fluidized bed using CFD-DEM

ปรีดา ปรากฏมาก

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
*ผู้ติดต่อ: fengpdpr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ศึกษาการใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ร่วมกับวิธีวิเคราะห์อนุภาคแบบไม่ต่อเนื่อง (DEM) เพื่อจำลองการเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิไดซ์เซชันของอนุภาคในกระบวนการฟลูอิไดซ์เบด เทคนิคนี้ใช้ระเบียบวิธีของ Eulerian และ Langrangian เพื่อแก้ปัญหาในเฟสของไหลและอนุภาคของแข็งตามลำดับ การเคลื่อนที่ของอนุภาคคำนวณด้วยวิธีปริมาตรเฉลี่ยแบบคาบเกี่ยวกันของสมการอนุรักษ์พลังงาน มวล และโมเมนตัมบนโดเมนที่ถูกแบ่งเป็นช่วงระยะเล็กๆ ส่วนอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคกับอนุภาค และอนุภาคกับผนังห้องฟลูอิไดซ์เบดถูกจำลองโดยประยุกต์สมการการสัมผัสกันของ Hertz-Mindlin ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาค่าความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดซ์เซชัน (U_{mf}) และความดันคร่อมเบดสูงสุด (ΔP_{max}) โดยใช้อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน 5 ค่า คือ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 mm ผลการจำลองพบว่าค่า U_{mf} มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคมีค่าสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มจำนวนอนุภาค ค่า U_{mf} และ ΔP_{max} จะมีค่าเพิ่มขึ้น ผลการจำลองนี้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงทฤษฎีของงานวิจัยอื่นๆ

คำหลัก: ความเร็วต่ำสุด, ความดันตกคร่อม, พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, การวิเคราะห์อนุภาคแบบไม่ต่อเนื่อง

Abstract

This article investigates the use of coupled computational fluid dynamics (CFD) and discrete element methods (DEM) to simulate fluidization behavior of particle in the fluidized bed. This technique uses the Eulerian and the Langrangian methods to solve fluid and particles, respectively. The particle motion is coupled with the volume averaged conservation of mass, momentum and energy equations over discretized domain. The particle-particle and particle-wall interaction is modeled using the contact mechanics, which applied equations of Hertz-Mindlin no-slip contact. In this study, phenomenon of minimum fluidization velocity (U_{mf}) and maximum bed pressure drops (ΔP_{max}) were studied with 5 different sizes of particles 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5 mm diameters. The simulation results showed that the U_{mf} increased with increasing the particle diameters. As the number of particle increased, the U_{mf} and ΔP_{max} increased. The results were found in good agreement with theoretical data available in the literature.

Keywords: Minimum velocity, Pressure drop, CFD, DEM

1. บทนำ

ในการกระบวนการอบแห้ง การผสมวัสดุ และการเคลือบผิววัสดุด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดนั้น การทราบค่าความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดซ์เซชันสำหรับวัสดุชนิดต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบระบบและการใช้งานระบบฟลูอิไดซ์ให้มีประสิทธิภาพ กระบวนการฟลูอิไดซ์ต้องการอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมโดยไม่ทำให้วัสดุในเบดมีสภาวะหยุดนิ่ง หรือหลุดลอยออกไปจากเบด ปรากฏการณ์ฟลูอิไดเซชันทดลองโดยใส่วัสดุในหอทดลอง แล้วปล่อยอากาศให้เข้าทางด้านล่างของเบดทดลอง ขณะที่อากาศมีความเร็วต่ำ อนุภาคของแข็งจะไม่ขยับตัว (Fixed bed) เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศให้มากขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง อนุภาคของแข็งจะเริ่มขยับตัวและลอยตัวเล็กน้อย เรียกค่าความเร็วอากาศนี้ว่า ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เซชัน (Minimum fluidization velocity, U_{mf}) หากเพิ่มความเร็วของอากาศขึ้นไปอีกจะทำให้เบดขยายตัวขึ้นตามความเร็วของอากาศ [1] การทดลองหาค่า U_{mf} ของอนุภาคทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ ที่เงื่อนไขความดันและอุณหภูมิในเบดต่างกันได้ถูกรายงานไว้ในงานวิจัย [2] ซึ่งมีข้อจำกัดในการทดลองเมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กหรือโตเกินไป ตลอดจนขนาดอนุภาคที่ในการทดลองต้องสม่ำเสมอและจำเป็นในการทดลองหลายซ้ำเพื่อความน่าเชื่อถือ ซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและใช้ระยะเวลาการทดลอง การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปรากฏการณ์นี้มีความซับซ้อน ซึ่งวิธี CFD-DEM เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถจำลองได้แม่นยำ [3-5]

แบบจำลองลักษณะการไหลแบบสองสถานะที่มีอนุภาคของแข็งร่วมอยู่ด้วย (CFD-DEM) เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการทำนายการเกิดฟลูอิไดซ์เซชัน เนื่องจากเป็นการรวมปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกับการทดลองจริง โดยวิธีการนี้จำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคแต่ละอนุภาคแบบไม่ต่อเนื่อง (DEM) จากกฎข้อที่สองของนิวตันและพิจารณาปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างอนุภาคกับอนุภาค และอนุภาคกับของไหล ส่วนการเคลื่อนที่ของของไหลจะใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD) ร่วมกับอนุภาค วิธี CFD-DEM จึงมีความเหมาะสมอย่างมากสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัสดุร่วมกับการไหลของอากาศที่ไม่สามารถหาได้ในห้องปฏิบัติการและลดค่าใช้จ่ายในการทดลอง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลอง CFD-DEM ทำนายความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดซ์เซชัน คำนวณความดันตกคร่อมเบดของอนุภาคทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 5 ค่า และเทียบผลการจำลองกับสมการแบบกึ่งเอมพิริคัลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การหาสมบัติวัสดุสำหรับใช้ในแบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องทราบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุ ข้าวสารที่นำมาพิจารณาคือสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ทำการวัดขนาด ความยาว(L) กว้าง(W) และหนา(T) ด้วยดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ จำนวน 50 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย งานวิจัยนี้จะจำลองเมล็ดข้าวจากรูปทรงรีให้เป็นทรงกลมโดยคำนวณรัศมีเทียบเท่า (Effective diameter,D_e) [6] จากสมการ

$$D_e = (LWT)^{1/3} \quad (1)$$

คำนวณค่ารัศมีเทียบเท่ามีค่าเท่ากับ 3.52 mm เพื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่มีข้อมูลอนุภาคขนาดเดียวกันผู้วิจัยจะสร้างวัสดุเป็นทรงกลมที่มีขนาดเล็กกว่าค่า D_e และเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ค่า ตั้งแต่ 0.5-2.5 mm พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 1 โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

ความหนาแน่นจริง (Solid density, ρ_s) คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักวัสดุต่อปริมาตรของเมล็ดข้าว ทดลองโดยการนำเมล็ดข้าวที่ทราบน้ำหนักแทนที่ในน้ำที่ทราบปริมาตรแล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร สำหรับความหนาแน่นรวม (Bulk density, ρ_b) พิจารณาช่องว่างระหว่างชิ้นวัสดุ โดยการนำวัสดุเทลงในบีกเกอร์ให้เต็มและเกลี่ยเอาส่วนเกินออกดังรูปที่ 1(a) และนำเมล็ดข้าวไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่าและคำนวณได้จากอัตราส่วนของน้ำหนักเมล็ดข้าวต่อปริมาตรที่เกิดขึ้น [7] ทำการทดลองจำนวน 5 ครั้งแล้วพิจารณาจากค่าเฉลี่ย สำหรับค่าความพรุน (Porosity, ε) สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของวัสดุจริงและความหนาแน่นรวมของเมล็ดข้าว พิจารณาได้จากความสัมพันธ์

$$\varepsilon = (1 - \rho_b)/\rho_s \quad (2)$$

มุมกองวัสดุ (Angle of repose) พิจารณาโดยการนำเมล็ดข้าวเทในแนวดิ่งโดยให้เมล็ดข้าวเคลื่อนที่ตามธรรมชาติและกองบนพื้นระนาบที่กำหนดดังแสดงในรูปที่ 1(b) มุมกองวัสดุได้จากการวัดความกว้างของฐานกองวัสดุและความสูงของกองวัสดุและคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$\text{มุมกองวัสดุ} = tan^{-1}(\text{ความกว้างฐาน}/\text{ความสูงกองวัสดุ}) \quad (3)$$

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต (Coefficient of Static Friction, μ_s) พิจารณาจากการนำวัสดุวางบนพื้นผิวระนาบของแผ่นที่ใช้ทำห้องอบแห้งดังรูปที่ 1(c) และปรับมุมเอียง (α) ของแผ่นระนาบเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งวัสดุเริ่มการเคลื่อนที่ลงสู่ด้านล่างทำการจดบันทึกค่ามุมที่อ่านได้จากสเกลและคำนวณโดยใช้สมการ

$$\mu_s = tan^{-1}(\alpha) \quad (4)$$

สัมประสิทธิ์การคืนตัว (Coefficient of restitution, e) คืออัตราส่วนรากที่สองของความสูงระหว่างความสูงของวัสดุหลังจากตกกระทบพื้นและกระดอนขึ้นในแนวดิ่ง (h_r) และความสูงเริ่มต้นของวัสดุก่อนตกกระทบพื้น (h_i) พิจารณาได้จาก

$$e = (h_r/h_i)^{0.5} \quad (5)$$

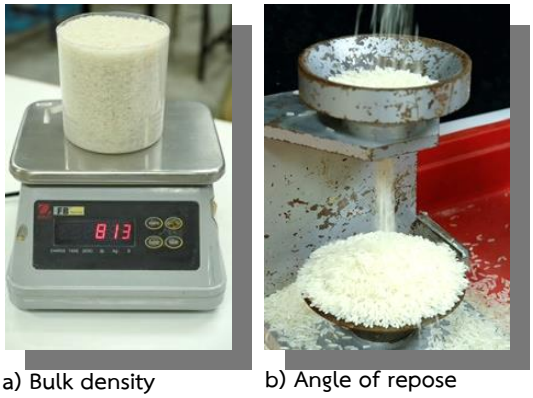
สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการกลิ้งตัว (Coefficient of rolling friction, μ_r) คือ ความสัมพันธ์การกลิ้งของวัสดุเกิดขึ้นระหว่างวัสดุกับวัสดุหรือเกิดขึ้นระหว่างวัสดุกับผนัง ในที่นี้ได้จากการประมาณค่าจากการจำลองด้วย DEM และเปรียบเทียบผลมุมกองวัสดุที่สอดคล้องกับการทดลอง (Trial and error) [8] พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 1 สามารถสืบค้นที่มาของค่าเหล่านี้จากงานวิจัย [9]

ตารางที่ 1 Material properties and system parameters for CFD-DEM simulations.

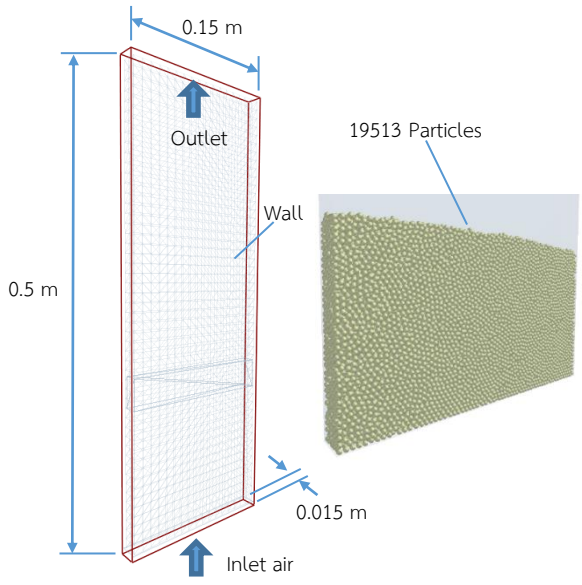
ชนิด	พารามิเตอร์	ค่าในแบบจำลอง
อนุภาค	Density (kg/m^3)	1450
	Poisson ratio	0.25
	Shear modulus, G_p(Pa)	3.75 x 10^8
	Effective diameter,D_e (mm)	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5
ห้องอบแห้ง	Density (kg/m^3)	8000
	Poisson ratio	0.3
	Shear modulus, G_p(Pa)	7.5 x 10^{10}
อนุภาค-อนุภาค	Restitution coefficient, e	0.6
	Coefficient of static friction, μ_s	0.3
	Coefficient of rolling friction, μ_r	0.01
อนุภาค-ห้องอบแห้ง	Restitution coefficient, e	0.5
	Coefficient of static friction, μ_s	0.2
	Coefficient of rolling friction, μ_r	0.01
Simulation	Grid type	Hexahedron
	Grid number (CFD)	1970
	CFD time step (s)	4.5 x 10^{-5}
	DEM time step (s)	4.5 x 10^{-7}
	Weight of particles (kg)	0.05
	Simulation duration (s)	2.5

รูปที่ 2 แสดงขนาดโดเมนที่พิจารณาในแบบจำลองฟลูอิไดซ์เบด จากการทดลองรูปร่างเบดทรงกระบอกพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเบดทรงสี่เหลี่ยมในบริเวณกึ่งกลางเบด [10] เพื่อลดเวลาการคำนวณงานวิจัยนี้จึงสร้างเบดขนาด 0.5x0.15x0.015 m รูปร่างคล้ายแผ่นบาง (Flat plate) ในรูปที่ 2 ยกตัวอย่างอนุภาคเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคเท่ากับ 1.5 mm

น้ำหนักอนุภาคทั้งหมดเท่ากับ 0.05 kg ภายในเบดจะบรรจุอนุภาคจำนวน 19513 อนุภาค



รูปที่ 1 Experiment setup



รูปที่ 2 CFD-DEM domain

2.2 แบบจำลอง CFD-DEM

แบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ภายในฟลูอิไดซ์เบดมีอนุภาคของแข็งและของไหลซึ่งมีอันตรกิริยาระหว่างกัน โดยอนุภาคของแข็งจะมีพฤติกรรมการเคลื่อนที่คล้ายกับของไหล ในงานวิจัยนี้ทำการจำลองการไหลของอากาศ (CFD) ด้วยวิธี Eulerian-Eulerian ร่วมกับการวิเคราะห์อนุภาคไม่ต่อเนื่อง (DEM) การเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาค (index i) มวล m_i และปริมาตร V_i ในระบบจะคำนวณโดยใช้กฎข้อที่สองของนิวตัน (Newton's second law) ดังนี้

$$m\frac{d\boldsymbol{v}_i}{dt} = m_i\frac{d^2\boldsymbol{r}_i}{dt^2} = -V_i\nabla p + \frac{V_i\beta}{1-\varepsilon}(\mathbf{u}_g - \boldsymbol{v}_i) + m_i\boldsymbol{g} + \boldsymbol{F}_{c,i} + \boldsymbol{F}_{A,i} \quad (6)$$

เมื่อ $\boldsymbol{v}_i$ คือความเร็ว และ $\boldsymbol{r}_i$ คือเวกเตอร์แสดงตำแหน่งของอนุภาค i ส่วนแรงที่แสดงด้านขวาของสมการที่ (6) คือ ความแตกต่างของความดัน (Pressure gradient) แรงต้านอากาศ (Drag) แรงโน้มถ่วง (Gravity) แรงสัมผัส (Contact force) และแรงดึงดูดระหว่างมวล (Van der Waals) ซึ่งแรงนี้จะไม่คิดในแบบจำลอง ในระหว่างการเคลื่อนที่อนุภาคอาจเกิดการหมุนอธิบายจากสมการโมเมนตัมเชิงมุมดังนี้

$$I_i\frac{d\omega_i}{dt} = \boldsymbol{T}_i \quad (7)$$

เมื่อ $\boldsymbol{T}_i$ คือทอร์ก I_i คือโมเมนต์ความเฉื่อยของอนุภาค i ส่วนค่าสัมประสิทธิ์โมเมนตัม รายละเอียดการคำนวณค่า β โดยพิจารณาจากความพรุน ε ของอนุภาคสืบค้นจาก [11] สำหรับของไหลจะพิจารณาให้อยู่ในรูปการไหลแบบต่อเนื่อง (Continuum) ห้องอบแห้งจะถูกแบ่งในรูปแบบตารางโครงข่าย (mesh) การเคลื่อนที่ของของไหลจะถูกคำนวณโดยการเฉลี่ยปริมาตร (Volume-averaged) จากสมการ Navier-Stokes และสมการ continuity ดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon\rho_g) + \nabla\cdot(\rho_g\varepsilon\mathbf{u}_g) = 0 \quad (8)$$

หลักการคำนวณของวิธี CFD-DEM ซึ่งแสดงรายละเอียดของสมการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสืบค้นจาก [9, 11] สำหรับแบบจำลอง DEM ที่พิจารณาแรงกระทำระหว่างอนุภาคสามารถสืบค้นได้จาก [12] งานวิจัยนี้จำลอง CFD-DEM

ด้วยโปรแกรม Ansys Fluent โดย Coupling กับโปรแกรม EDEM ทำงานแบบ Shared memory parallel (SMP) บนเครื่อง Workstation Xeon E5-2665 จำนวน 16 cores 32 Thread

2.3 ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน

ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดเบดฟลูอิไดซ์เป็นพารามิเตอร์สำคัญในการออกแบบระบบและการเลือกขนาดแหล่งกำเนิดลม (Blower) เนื่องจากอัตราการไหลของอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้วัสดุภายในเบดมีสภาวะเบดนิ่งหรือหลุดลอดออกไปจากเบด การหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันโดยการจำลองสภาวะการทำงานทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากความพรุนของวัสดุในเบดฟลูอิไดซ์มีค่าไม่คงที่และไม่แน่นอน สมการ Ergun [13] เป็นสมการกึ่งเอมพิริคัล (Semi-empirical) เป็นสมการที่นิยมใช้ในการคำนวณหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน สมการนี้ประกอบไปด้วยเทอมการสูญเสียความดันอันเนื่องมาจากความเสียดทานกับของไหล (Viscous drag) และเนื่องมาจากการสูญเสียพลังงานจลน์ (Kinetic losses) ดังนี้

$$\frac{1.75}{\varepsilon_{mf}^3 \emptyset_s}\left(\frac{d_p U_{mf}\rho_f}{\mu}\right)^2 + \frac{150(1-\varepsilon_{mf})}{\varepsilon_{mf}^3 \emptyset_s^2}\left(\frac{d_p U_{mf}\rho_f}{\mu}\right) - \frac{d_p^3 \rho_f(\rho_s-\rho_f)g}{\mu^2} = 0 \quad (9)$$

ε_{mf} คือช่องว่างภายในเบด (dimensionless) ρ_s คือความหนาแน่นของอนุภาค (kg/m^3) ρ_f คือความหนาแน่นของไหล (kg/m^3) d_p คือเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (m) $\emptyset_s$ คือแฟกเตอร์รูปร่างของอนุภาค μ คือความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล (Pa·s) ถ้าทราบค่า ε_{mf} จากการทดลอง สามารถคำนวณหาค่า U_{mf} ได้ โดยการแทนค่า Reynolds number และ Archimedes number ดังสมการ (10) และ (11) ตามลำดับ ลงในสมการที่ (9) จะได้ สมการที่ (12)

$$Re_s = \frac{d_p U_{mf}\rho_f}{\mu} \quad (10)$$

$$Ar = \frac{d_p^3 \rho_f(\rho_s-\rho_f)g}{\mu^2} \quad (11)$$

$$C_1 Re_s^2 + C_2 Re_s - Ar = 0 \quad (12)$$

โดยที่ $C_1 = \frac{1.75}{\varepsilon_{mf}^3 \emptyset_s}$ และ $C_2 = \frac{150(1-\varepsilon_{mf})}{\varepsilon_{mf}^3 \emptyset_s}$ Wen และ Yu [14] พบว่า C_1 และ C_2 มีค่าคงที่ในช่วง $0.001 < Re_{p,mf} < 4000$ โดยทำนายค่า U_{mf} ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 34% ค่า C_1 และ C_2 สำหรับอนุภาคขนาดเล็กละเอียด (Fine) และขนาดใหญ่ (Coarse) แสดงในตารางที่ 2

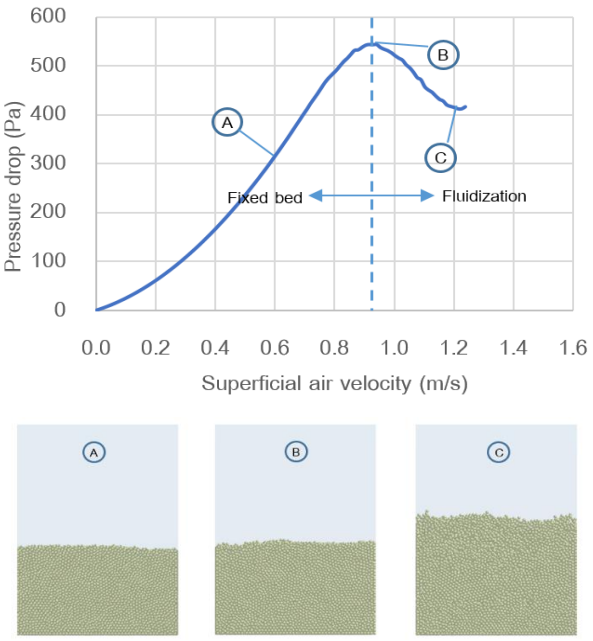
ตารางที่ 2 Values of coefficients of modified Ergun's equation (สมการที่ 12)

Researchers	Constant	
	$\frac{C_2}{2C_1}$	$\frac{1}{C_1}$
Wen & Yu [14]	33.7	0.0408
Chitester [15]	28.7	0.0494
Richardson [16]	25.7	0.0365
Babu [17]	25.25	0.0651

แทนค่าคงที่ตามตารางที่ 2 แล้วคำนวณหาค่า U_{mf} ด้วยการแก้สมการ (12) โดยใช้คำสั่ง fzero ในโปรแกรม Matlab™ จะได้กราฟดังรูปที่ 6

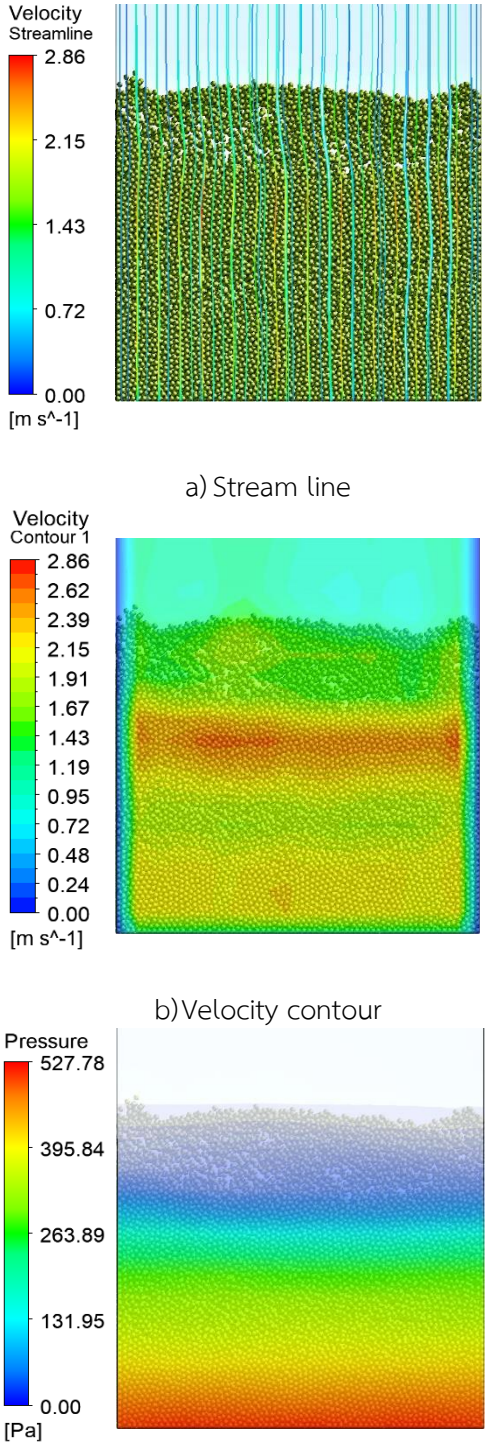
3. วิจารณ์ผล

การจำลองเริ่มจากการบรรจุวัสดุลงในเบด แล้วปล่อยอากาศให้ไหลเข้าทางด้านล่างของเบด โดยเพิ่มความเร็วอากาศจาก 0 – 1.4 m/s ภายในระยะเวลา 2 s โดยกำหนดความเร็วอากาศเข้าเบดด้วยคำสั่ง User defined function (UDF) แล้ววัดความดันแบบเฉลี่ยพื้นที่ตลอดหน้าตัดขวางในบริเวณเหนือแผ่นกระจายอากาศเล็กน้อย (P1) กับบริเวณใกล้ทางออกเบด (P2) จากนั้นคำนวณค่าความดันตกคร่อม (Pressure drop) ด้วยการหาผลต่าง P1-P2 ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วอากาศ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและความเร็วของอากาศที่เข้าสู่เบดดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Effect of superficial air velocity on pressure drop and snapshots of solid flow at various air velocities (d_p= 2 mm).

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับความดันคร่อมเบด (Pressure drop) เมื่อค่อยๆเพิ่มความเร็วอากาศเข้าทางด้านล่างของเบดเพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เงื่อนไข d_p= 2 mm จำนวนอนุภาคในเบด 8232 อนุภาค ผลการจำลองพบว่าขณะที่อากาศยังมีความเร็วต่ำอนุภาคจะไม่ขยับตัวดังรูปที่ 3(A) ลักษณะของเบดเช่นนี้เรียกว่าเบดนิ่ง (Fixed bed) เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศ ความดันคร่อมเบดยังมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สภาวะนี้ความเร็วในการไหลตามผิว (Superficial velocity) จะมีค่าน้อยกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน ถ้าเพิ่มความเร็วของอากาศจนถึงความเร็วระดับหนึ่ง วัสดุจะเริ่มขยับตัวและจัดตัวอย่างเป็นระเบียบ เรียกว่าฟลูอิไดเซชันต่ำสุด (Minimum fluidizing velocity, U_{mf}) ดังรูปที่ 3(B)



a) Stream line

b) Velocity contour

c) Pressure contour

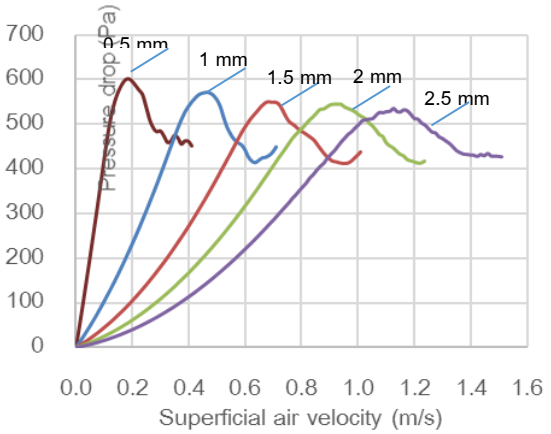
รูปที่ 4 Stream line, velocity and pressure contour of airflow and particle flow fields for d_p=1.5 mm at 1 s of simulation.

รูปที่ 3(B) ที่จุดนี้ความดันจะมีค่าสูงสุด เมื่อเพิ่มความเร็วอากาศต่อไปจนมีค่าสูงกว่า U_{mf} ความดันคร่อมเบดจะลดลงดังรูปที่ 3(C) น้ำหนักของวัสดุถูกรองรับโดยกระแสของไหล วัสดุจะเปลี่ยนพฤติกรรมการเคลื่อนที่จนมีลักษณะคล้ายกับของไหล โดยพฤติกรรมนี้เกิดจากดุลของแรงจากอากาศที่กระทำต่อวัสดุ

รูปที่ 4 แสดงการลักษณะการไหลของอากาศผ่านอนุภาคที่เวลา 1 s ของการจำลอง พบว่าอนุภาคกลุ่มที่อยู่ด้านบนขยับตัวลอยขึ้นตามกระแสการไหลของอากาศ ส่วนอนุภาคที่อยู่ด้านล่างของเบดยังเรียงตัวชิดกันอย่างหนาแน่น รูป 4(a) แสดงเส้น Stream line ของอากาศ พบว่าความเร็วสูงเมื่อเคลื่อนผ่านอนุภาค โดยมีความเร็วตลอดพื้นที่หน้าตัดในแต่ละระดับความสูงใกล้เคียงกัน ส่วนรูป 4(b) แสดง Contour ของความเร็วอากาศพบว่าเกิดความเร็วสูงสุด (สเกลสีแดง) ที่บริเวณช่วงบนของเบด โดยมีความเร็วในช่วง 2.6-2.8 m/s ส่วนผนังห้องอบแห้งอากาศมีความเร็วเกือบเป็นศูนย์

จากรูป 4(b) อนุภาคกลุ่มที่อยู่ด้านบนสุดของเบดเกิดการแยกตัวและถูกยกให้ลอยด้วยกระแสอากาศ โดยอากาศที่วิ่งผ่านอนุภาคกลุ่มนี้มีความเร็วอยู่ในช่วง 1.1-1.6 m/s (สเกลสีเขียว) การลอยตัวที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการถ่ายทอดพลังงานจลน์และโมเมนตัมจากการชนกันของอนุภาคที่อยู่ในชั้นภายในซึ่งมีความเร็วและความดันของอากาศสูง สอดคล้องกับรูป 4(c) แสดงความดันสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณด้านล่างสุดของเบดซึ่งมีความดันประมาณ 500 Pa และความดันจะค่อยๆลดลงจนถึงผิวด้านบน หลังจากอนุภาคกลุ่มด้านบนลอยตัว ความพรุนของอนุภาคภายในเบดมากขึ้น อากาศสามารถแทรกตัวและเกิดฟองอากาศไปทั่วทั้งเบด อนุภาคกลุ่มล่างจึงมีช่องว่างให้สามารถเคลื่อนที่จนเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิไดซ์เซชันในเวลาต่อมา

ในงานวิจัยนี้จำลองการเกิดฟลูอิไดเซชันที่มีน้ำหนักของอนุภาค 0.05 kg เท่ากันทุกกรณี เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดต่างกันได้แก่ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 mm จึงมีจำนวนอนุภาคในเบดเท่ากับ 526857, 65857, 19513, 8232 และ 3824 ตามลำดับ การจำลองเริ่มจากการบรรจุวัสดุลงในเบดแล้วปล่อยอากาศให้ไหลเข้าทางด้านล่างของเบด โดยเพิ่มความเร็วอากาศจาก 0 – 1.4 m/s ภายในระยะเวลา 2 s โดยกำหนดความเร็วอากาศเข้าเบดด้วยคำสั่ง User defined function (UDF) แล้ววัดความดันแบบเฉลี่ยพื้นที่ตลอดหน้าตัดขวางในบริเวณเหนือแผ่นกระจายอากาศเล็กน้อย (P1) กับบริเวณใกล้ทางออกเบด (P2) จากนั้นคำนวณค่าความดันตกคร่อม (Pressure drop) ด้วยการหาผลต่าง P1-P2 ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วอากาศ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและความเร็วของอากาศที่เข้าสู่เบดดังรูปที่ 5

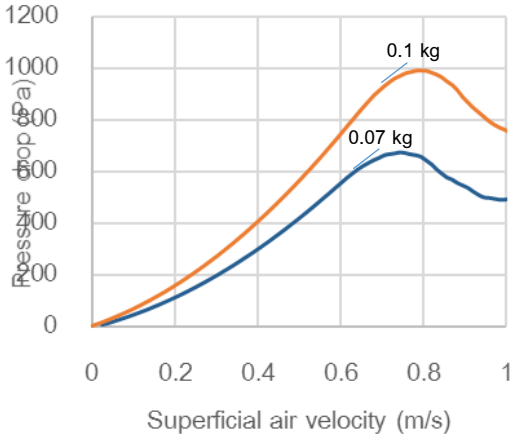


รูปที่ 5 Effect of superficial air velocity on pressure drop with 5 different sizes of particle diameters

รูปที่ 5 พบว่าอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะมีค่าความดันตกคร่อมเบดสูงกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ เมื่อ d_p=0.5 mm มีความดันคร่อมเบดสูงกว่า d_p=2.5 mm ประมาณ 65.6 Pa เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดเล็กมีช่องว่างในเบดน้อยกว่าการเรียงตัวของอนุภาคขนาดใหญ่ อากาศไหลจึงผ่านได้ยากกว่าความดันจึงมีค่าสูง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขนาดอนุภาคที่มีต่อความเร็วต่ำสุดที่เกิดฟลูอิไดเซชัน (U_{mf}) พบว่าค่า U_{mf} มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่มีน้ำหนักต่ออนุภาคสูงกว่า ทำให้ต้องใช้แรงยกจากกระแสการไหลของอากาศมากกว่าอนุภาคขนาดเล็ก

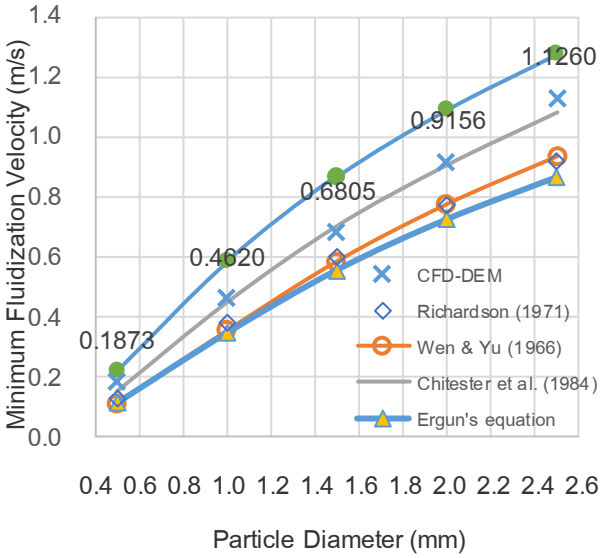
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับความดันลด เมื่อบรรจุอนุภาคน้ำหนักรวมต่างกันสองค่าคือ 0.07 และ 0.1 kg โดย d_p=1.5 mm เท่ากัน ซึ่งมีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 22762 และ 31404 ตามลำดับ พบว่าเมื่อน้ำหนักรวมของอนุภาคภายในเบดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความดันคร่อมเบดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก

ต้องใช้แรงดันอากาศสูงเพื่อรองรับน้ำหนักอนุภาคที่มีมวลรวมในเบดมากกว่าจนทำให้เกิดการลอยตัว



รูปที่ 6 Effect ofsuperficial air velocityon pressure drop with 2 different total mass in fluidized bed (d_p=1.5 mm)

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคกับค่า U_{mf} พบว่าแบบจำลอง CFD-DEM ทำนายค่า U_{mf} ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ของ Chitester [15] ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่มาจากวัสดุเป็นชิ้นขนาดใหญ่ (วัสดุที่มี $d_p \geq$ 0.1 mm) ซึ่งสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ในแบบจำลองที่มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.5-2.5 mm ส่วนสมการ Ergun และค่าคงที่ของ Wen & Yu [14], Bubu [17], Richardson [16] ทำนายค่า U_{mf} ได้ต่ำกว่าค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง CFD-DEM เนื่องจากสมการและค่าคงที่มาจากการฟิตสมการเข้ากับวัสดุที่มี d_p < 0.1 mm



รูปที่ 7 U_{mf} Versus particle diameters.

เมื่อเปรียบเทียบผลจากรูปที่ 7 กับงานวิจัยของ Khawaja [5] ซึ่งใช้แบบจำลอง CFD-DEM คำนวณหาค่า U_{mf} ของวัสดุทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15, 0.3, 0.6 และ 1.2 mm พบว่าแบบจำลองทำนายค่า U_{mf} ได้ใกล้เคียงกับแบบจำลองของ Wen & Yu [14] เนื่องจากในแบบจำลองกำหนดจำนวนอนุภาคในเบดเท่ากัน (9240 อนุภาค) ทุกเงื่อนไข ภายใต้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคที่ต่างกัน ความสูงเบดและน้ำหนักรวมในการจำลองแต่ละครั้งจึงไม่เท่ากัน ทำให้ผลการจำลองที่ได้มีค่าต่างจากงานวิจัยนี้เล็กน้อย

4. สรุปผล

แบบจำลอง CFD-DEM สามารถทำนายค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน (U_{mf}) ได้ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ของ Chitester [15] จากผลการจำลองพบว่าอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะมีค่าความดันตกคร่อมเบดสูงกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ นอกจากนี้พบว่า U_{mf} มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มจำนวนอนุภาคในเบด ค่า U_{mf} และ ΔP_{max} จะมีค่าเพิ่มขึ้น ข้อมูลเหล่านี้ช่วยในการคำนวณหาค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันสำหรับวัสดุการเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างเป็นเม็ดสม่ำเสมอในเครื่องฟลูอิไดซ์เบดชนิดคอลัมน์ และแบบจำลองนี้สามารถใช้กับวัสดุที่มีขนาดเล็ก

มากถึงขนาดใหญ่ซึ่งอาจช่วยประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการทดลอง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และ อ.ดร.สถาพร วังฉาย ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยและอุปกรณ์การทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ระวิน สืบค้า, ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย, สุเนตร สืบค้า. 2555. ที่มาของสมการ Ergun เพื่อการคำนวณความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดซ์สำหรับอนุภาคของแข็ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 18(1), 24-33.

[2] Zhu, Z., Na Y., Lu Q. 2007. Effect of pressure on minimum fluidization velocity. Journal of Thermal Science 6(3), 264-269.

[3] Yupeng X., Tingwen L., Jordan M., Xiaoxing L., Guangwen X., William A. R. 2017. CFD-DEM modeling the effect of column size and bed height on minimum fluidization velocity in micro fluidized beds with Geldart B particles. Powder Technology 318, 321-328.

[4] Zhou, L., Zhang, L., Bai, L., Shi, W., Li, W. Wang, C., Agarwal, R. 2017. Experimental study and transient CFD/ DEM simulation in fluidized bed based on different drag models. RSC Advances 7, 12764-12774.

[5] Khawaja, H.A. 2011. CFD-DEM simulation of minimum fluidization velocity in two phase medium. Int. Jnl. of Multiphysics 5(2), 89-99.

[6] Adebowale, A.R.A. 2011. Effect of variety and moisture content on some engineering properties of paddy rice. Journal of Food Science and Technology 48(5), 551-559.

[7] สถาพร วังฉาย. 2560. การศึกษาประสิทธิภาพของกระพ้อลำเลียงชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ด้วยวิธี DEM. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31 ประจำปี 2560, นครนายก, ประเทศไทย

[8] Tsuji, Y., Tanaka, T. and Kawaguchi, T. 1998. Numerical simulation of two dimensional fluidized beds using the discrete element method (Comparison between the two and three dimensional models). Powder Technology 96, 129-138.

[9] ปรีดา ปรากฏมาก, สถาพร วังฉาย, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร,สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2561ก. การจำลองลักษณะของฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุภาคไม่ต่อเนื่องร่วมกับการคำนวณพลศาสตร์ของไหล, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19ประจำปี 2561, ประจวบคีรีขันธ์, ประเทศไทย

[10] Mingming F., Kun L., Shiliang Y., Ke Z., Jianren F. 2013. Computational Fluid Dynamics-Discrete Element Method Investigation of Solid Mixing Characteristics in an Internally Circulating Fluidized Bed, Industrial&Engineering Chemistry Research 52, 7556-7568.

[11] ปรีดา ปรากฏมาก, สถาพร วังฉาย. 2561ข. การศึกษาพลศาสตร์ของอนุภาคและการถ่ายเทความร้อนในฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้แบบจำลอง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32, มุกดาหาร, ประเทศไทย

[12] Wahyudi, H., Chu, Kaiwei, Yu, A. 2016. 3D particle-scale modeling of gas-solids flow and heat transfer in fluidized beds with an immersed tube. International Journal of Heat and Mass Transfer 97, 521-537.

[13] Ergun, S. 1952. Fluid flow through packed columns. Chem. Eng. Prog. 48(2), 89-94.

[14] Wen, C.Y., Yu, Y.H., 1966. Mechanics of fluidization. Chemical Engineering Progress Symposium Series 62, 100-111.

[15] Chitester, D.C., Kornosky M.R., Fan L.S. and Danko J.P. 1984. Characteristics of fluidization at

high pressure, Chemical Engineering Science 39, 253-261.
[16] Richardson, J. F. 1971. Incipient fluidization and particulate system, in Fluidization [M]. Chap. 2, ed. by Davidson, J. and Harrison, D. Academic Press, New York, NY.
[17] Babu, S.P., Shah, B. and Talwakar, A. 1978. Fluidization correlations for coal gasification materials: minimum fluidization velocity and bed expansion ratio. AIChE symposium, 74(176), 176-186.

ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร

The design and construction heat pumps dryer machine for herbs drying

มยุรี จอมทอง, วิชิตณรงค์ ศรีบุรินทร์, สุวนันท์ แซ่โค้ว และ ประยูร จอมหล้าพีรติกุล

สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
จังหวัดขอนแก่น, 40000
*Email: Boy_za666@Hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร โดยการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนใช้ใบเตยหอมในการทดสอบ อุณหภูมิที่ใช้คือ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส เงื่อนไขการอบแห้งใช้ความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที และมีการเปิดช่องให้ลมไหลผ่านเครื่องทำระเหย 100% ความชื้นเริ่มต้นของใบเตยหอมร้อยละ 83.8 มาตรฐานเปียก อบแห้งจนกระทั่งลดความชื้นของใบเตยหอมเหลือไม่เกินร้อยละ 8 มาตรฐานเปียก พบว่าผลของการวัดค่าสีในระบบ CIE (L*, a*, b*) ก่อนอบ และหลังอบมีค่าใกล้เคียงกัน จากผลการอบแห้งพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งใบเตยหอมเท่ากับ 12, 10 และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ ผลการลดความชื้นมีค่าความชื้นร้อยละ 6.43, 5.88 และ 4.90 มาตรฐานเปียก เมื่อทดสอบการคืนตัวใบเตยหอมแห้งพบว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากการคืนตัวเฉลี่ย 14.90, 16.14 และ 18.34 กรัม ตามลำดับ ผลทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่ามีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดสอบคิดเป็นจำนวนเงินอยู่ในช่วง 17 – 25 บาท

คำหลัก: เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน, ใบเตยหอม, การอบแห้ง

Abstract

The purpose of this research is to design and Construction a heat pump dryer to drying herbs. A heat pump dryer was used for drying pandan leaves at temperatures 35, 40 and 45°C. Drying conditions using the wind speed of 0.8 m/s. And bypass air through the evaporator 100%. The initial moisture content of pandan leaves 83.8% wet basis. Drying until the moisture content of pandan leaves have not exceeding 8% wet basis. It was found that the effect of color measurement in the system CIE (L*, a*, b*) before drying, and after drying were also similar. The results showed that the drying time required for drying the leaves of pandanus 12, 10 and 8 hours, respectively. The effect of reducing the moisture with percent moisture 6.43, 5.88 and 4.90 wet basis. When tested on restitution pandan dry weight increased from a return found that average and 14.90, 16.14 and 18.34 grams. The test results showed the energy consumption energy consumption in the test is between 17 - 25 baht.

Keywords: Heat Pump Dryer, Pandan Leaves, Drying

1. บทนำ

การอบแห้ง เป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่สำคัญกระบวนการหนึ่ง เนื่องจากสามารถลดปริมาณความชื้นของอาหารจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการที่สำคัญอีกวิธีการหนึ่งซึ่งอาจนำไปใช้ในการผลิตอาหารที่มีคุณลักษณะพิเศษ และไม่สามารถผลิตขึ้นมาได้โดยวิธีการแปรรูปแบบอื่นๆ อีกด้วย [1] การอบแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยอากาศร้อน และการอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งนั้นอาจไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากระยะเวลาในการตากแห้งอาจไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยของแสงอาทิตย์และการไหลของกระแสอากาศในแต่ละวันแต่ละพื้นที่ [2] การทำให้แห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งด้วยอากาศร้อนนั้นสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลง แต่เมื่อใช้อุณหภูมิของอากาศร้อนสูง อาจทำให้คุณภาพบางประการของผลิตภัณฑ์สูญเสียไป ซึ่งหากอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำเพื่อรักษาคุณภาพด้านต่างๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคจะใช้เวลาค่อนข้างนาน วิธีการอบแห้งที่น่าสนใจที่สามารถทำให้ความชื้นลดลงได้ในระยะเวลาที่สั้น และยังช่วยรักษาคุณภาพของสมุนไพร คือการอบแห้งโดยใช้ระบบปั๊มความร้อน [3] เทคนิคการอบแห้งระบบปั๊มความร้อนนี้สามารถทำการอบแห้งในรูปแบบของระบบปิดซึ่งเป็นอิสระต่อสภาวะแวดล้อมภายนอก จึงทำให้สภาวะอากาศแวดล้อมไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายในห้องอบแห้งโดยเฉพาะในช่วงที่อากาศมีความชื้นสูงและการปนเปื้อน อีกทั้งมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงเพราะมีการคืนความร้อนกลับสู่การอบแห้งผ่านทางอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้ไม่ต้องปล่อยอากาศร้อนหลังการอบแห้งสู่สภาวะอากาศ อีกทั้งการอบแห้งด้วยเทคนิคนี้ยังใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ต่ำ ทำให้เหมาะสมต่อการอบแห้งวัสดุที่มีความไวต่อการเสียหายเนื่องจากความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการอบแห้งจึงมีคุณภาพที่ดีแต่ต้นทุนในการลงทุนเครื่องอบแห้งและต้นทุนการดำเนินการต่ำ ด้วยเหตุผลนี้การนำระบบแบบปั๊มความร้อนมาใช้ในการอบแห้งผักจึงเป็นการช่วยคงคุณภาพของสมุนไพรที่ได้หลังการอบแห้ง และยังช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบกับปัญหาราคาสมุนไพรตกต่ำได้อีกด้วย [4]

ดังนั้นจึงทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร ศึกษาค่าสี ความชื้น การคืนตัว และเวลาที่มีผลต่อการอบแห้ง ใช้อุณหภูมิในการอบ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นให้เหลือไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก [5]

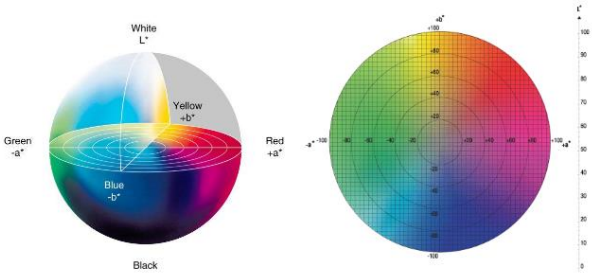
2. ทฤษฎี

2.1 ลักษณะทางกายภาพของใบเตย

ใบเตยหอม (Pandanus amaryllifolius Roxb) เป็นพืชสมุนไพรจำพวกหญ้า มีสารหอมระเหย กลิ่นหอม มีสารสีเขียวเป็นคลอโรฟิลล์ มีสรรพคุณทางยา คือ ช่วยลดอาการกระหายน้ำ บำรุงหัวใจ และช่วยให้สดชื่น [6]

2.2 ค่าสี

ค่าสีจะอ่านค่าจากระบบ L*, a*, และ b* ซึ่งเป็นระบบบรรยายสีแบบ 3 มิติ ดังรูปที่ 1 โดยที่แกน L* จะบรรยายถึงความสว่าง จากค่า +L แสดงถึงสีขาว จนไปถึง –L* แสดงถึงสีดำ แกน a* จะบรรยายถึงแกนสีจากสีเขียว (-a*) ไปจนถึงสีแดง (+a*) ส่วนแกน b* จะบรรยายถึงแกนสีจากสีน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงสีเหลือง (+b*)



รูปที่ 1 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ [7]

2.3 ความชื้น

ความชื้นในวัสดุ ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นสามารถแสดงได้ 2 แบบ [8] คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_{wb} = \left(\frac{w-d}{w}\right)x100 \qquad (1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_{db} = \left(\frac{w-d}{d} \right) x100 \qquad (2)$$

เมื่อ

M_{wd} = ความชื้นมาตรฐานเปียก, เปอร์เซ็นต์

M_{db} = ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เปอร์เซ็นต์

w = มวลของวัสดุ, kg

d = มวลแห้งของวัสดุ, kg

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในทางการค้าโดยทั่วๆ ไป จะอ้างอิงในรูปของร้อยละความชื้นมาตรฐานแห้ง

2.4 การคืนตัว

ไอโซเทอมการดูดซับและคายความชื้น เป็นการวิเคราะห์ความชื้นของอาหารที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากอาหารนั้นมีความสามารถในการดูดความชื้นจากอากาศได้ หากความสัมพันธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และอาหารมีความสามารถในการดูดความชื้นได้มาก เส้นกราฟไอโซเทอมการดูดซับความชื้นจะมีความชันมาก ดังรูปที่ 2 อาหารประเภทนี้เรียกว่า Hygroscopic Product และถ้าอาหารไม่มีความไวต่อความชื้นสัมพันธ์ของอากาศที่เพิ่มขึ้นเส้นกราฟจะมีความชันน้อย อาหารประเภทนี้จะเรียกว่า Non hygroscopic และมีการคำนวณปริมาณน้ำของอาหารอบแห้งสามารถดูดซับไว้ได้ [4] ดังสมการที่ 3

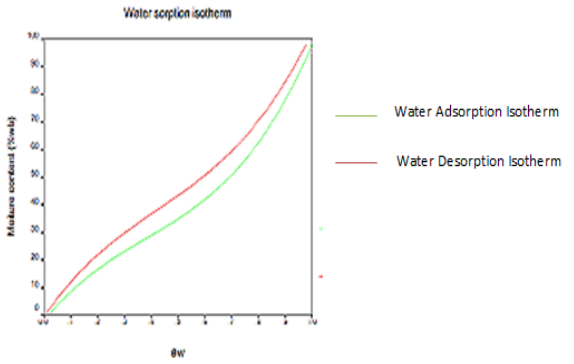
$$RR = \frac{M_f}{M_i} \qquad (3)$$

เมื่อ

RR = อัตราส่วนคืนตัว

M_f = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนการคืนตัว

M_i = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังการคืนตัว



รูปที่ 2 ไอโซเทอมการดูดซับและคายความชื้น [9]

2.5 ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

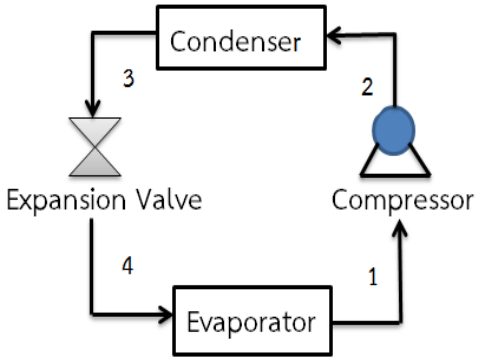
ปั๊มความร้อน คือการทำงานในแบบปั๊มความร้อนจากตำแหน่งหนึ่งไปใช้งานในอีกตำแหน่งหนึ่ง จะมีการประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไปในเครื่องปรับอากาศแตกต่างกันเพียงปั๊มความร้อนจะเลือกใช้งานจากด้านความร้อนเป็นหลัก จะมีส่วนประกอบที่สำคัญของระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอมีดังต่อไปนี้ คือ เครื่องอัด (Compressor) เครื่องควบแน่น (Condenser) เครื่องทำระเหย (Evaporator) และโซลินอยด์วาล์ว (Expansion valve) จะมีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 3

กระบวนการ 1 - 2 : ไอสารทำงานจะทำการอัดตัวแบบไอเซนทรอปิคด้วยเครื่องอัดให้สารทำงานมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น

กระบวนการ 2 - 3 : ไอสารทำงานคายความร้อนออกกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่เครื่องควบแน่น

กระบวนการ 3 – 4 : ไอสารทำงานที่มีสถานะเป็นของเหลวที่โซลินอยด์วาล์ว

กระบวนการ 4 - 1 : ไอสารทำงานดูดความร้อนเข้าจึงเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอที่เครื่องทำระเหย



รูปที่ 3 กระบวนการของระบบปั๊มความร้อน

2.6 การเก็บค่าพลังงานเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

การทดสอบการเก็บค่าพลังงานเครื่องอบแห้งต้องเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ เช่น กำหนดอุณหภูมิที่ใช้อบ และความชื้นของผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ได้จากการทำงานของเครื่องในช่วงเวลาของการอบ [10] โดยคำนวณได้จากสมการ (4)

ค่าพลังงานไฟฟ้า = หน่วยการใช้ไฟฟ้า × อัตราค่าไฟ (4)

3. วิธีการดำเนินโครงการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

- เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดสูง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Seppre รุ่น ES500 - HA
- เครื่องวัดค่าสี COLORIMETER ยี่ห้อ JEDTO รุ่น AMT500
- มีดสแตนเลส
- เขียงพลาสติก
- กระป๋องอะลูมิเนียม
- เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ Digicon รุ่น Da – 43 ละเอียด ±0.01 เมตรต่อวินาที
- เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

3.2 วิธีการเตรียมใบเตยหอม

นำใบเตยหอมล้างทำความสะอาด ทิ้งผึ่งลม 2 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4 ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส นำมาหั่นขนาด 0.5 เซนติเมตร จำนวน 100 กรัมต่อถาด



รูปที่ 4 การผึ่งใบเตย

3.3 วิธีการหาค่าสี

นำใบเตยหอมสด วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี บันทึกผล ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การวัดค่าสีใบเตยหอม

3.4 วิธีการอบแห้งใบเตยหอม

นำใบเตยที่หั่นไว้แล้วเข้าตู้อบแห้งแบบปั๊มความร้อน ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังรูปที่ 6 อบแห้งจนกระทั่งเหลือความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 6 การอบแห้งใบเตย

3.5 วิธีการหาความชื้น

การหาค่าความชื้น ตามมาตรฐาน AOAC (1995) [11] คืออบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ดังรูปที่ 7 นำตัวอย่างที่ได้จากหลังการอบแห้งไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสมการที่ 1 และ สมการที่ 2 บันทึกผล



รูปที่ 7 การอบหาความชื้น

3.6 วิธีการคืนตัว

ชั่งตัวอย่างใบเตยแห้ง 2 กรัม ใส่ในบิกเกอร์ เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากัน แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ครบเวลาจึงนำมาทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที และนำส่วนที่ได้จากการสะเด็ดน้ำไปชั่งน้ำหนัก [4] ทดลอง 3 ซ้ำ นำผลที่ได้หาอัตราส่วนคืนตัวตามสมการที่ (3)

3.7 ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร

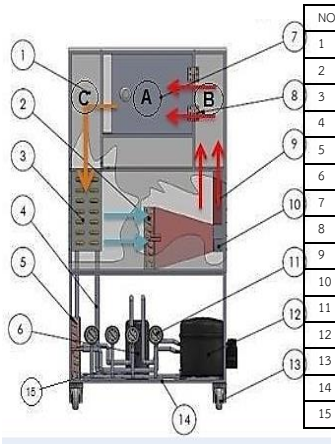
สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

1.) โครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

การออกแบบเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน โครงสร้างเป็นเหล็กกล่องเพื่อความแข็งแรง และมั่นคงของโครงสร้าง มีห้องอบแห้งไว้ใส่ผลิตภัณฑ์ และมีช่องทางเข้า ทางออกของอากาศ

2.) ชุดส่วนประกอบของระบบปั๊มความร้อน

ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องอัด (Compressor) (12) เครื่องควบแน่น (Condenser) 2 ตัว ตัวนอก และตัวใน (2) โซลินอยด์วาล์ว (Expansion Valve) (15) เครื่องทำระเหย (Evaporator) (3) และห้องอบแห้ง แสดงดังรูปที่ 8



NO.	PAT NUMBER	QTY
1	ฝาปิดเครื่อง	1
2	เครื่องควบแน่น	2
3	เครื่องทำระเหย	1
4	ฉนวนกันความร้อน	1
5	ท่อทองแดงขนาด 3/8"	1
6	แอคคิวมูลูเตอร์	1
7	ประตูเปิดปิดห้องอบ	1
8	บานพับประตู	2
9	ช่องลำเลียงความร้อน	1
10	พัดลม	2
11	เกจวัดความดัน	1
12	คอมเพรสเซอร์	1
13	ล้อ	4
14	โครงสร้าง	1
15	โซลินอยด์วาล์ว	2

รูปที่ 8 เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน มีตำแหน่งที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ A, B และ C คือ ห้องอบ, ก่อนเข้าห้องอบ และหลังออกจากห้องอบ

4. ผลและอภิปราย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร โดยการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนจะใช้ใบเตยหอม ดังรูปที่ 9 แสดงลักษณะของใบเตยหลังการอบแห้งและหลังการคืนตัวเทียบกับใบเตยสด ในการทดสอบจะใช้อุณหภูมิการทดสอบคือ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส เงื่อนไขการอบแห้งใช้ความเร็วลม 0.8 เมตรต่อวินาที และมีการเปิดช่องให้ลมได้ไหลผ่านเครื่องทำระเหย 100% มีผลการทดลองดังต่อไปนี้



(ก) ใบเตยสดก่อนอบแห้ง (ข) ใบเตยผ่านการอบแห้ง



(ค) ใบเตยหลังการคืนตัว

รูปที่ 9 ลักษณะของใบเตยผ่านการอบแห้งและหลังการคืนตัวเทียบกับใบเตยสด

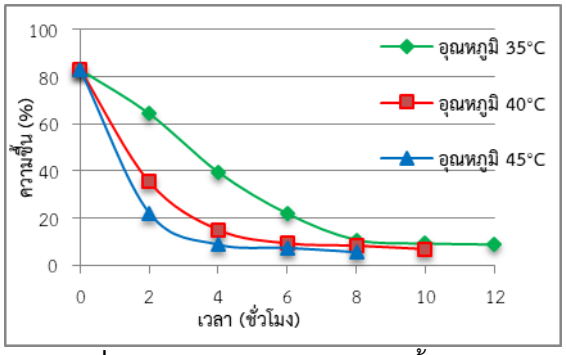
4.1 ผลการทดลองวัดค่าสีใบเตยหอม

ตารางที่ 1 ค่าสีใบเตยหอม

ค่าสีของใบเตย						
อุณหภูมิ	ก่อนอบ			หลังอบ		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
35°C	35.00	-11.60	20.60	30.00	-9.00	14.70
40°C	39.60	-13.10	25.90	35.50	-4.40	12.20
45°C	30.40	-5.30	18.40	25.90	-4.00	6.70

สำหรับผลของค่าเฉลี่ยจากการวัดค่าสีของใบเตยที่อุณหภูมิอบแห้ง 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าค่าความแตกต่างด้านสีมีค่า L* และค่า b* ลดลง ค่า a* เพิ่มขึ้น

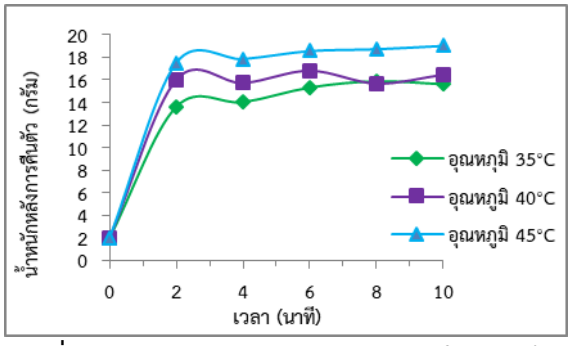
4.2 ผลการทดลองการลดความชื้นใบเตยหอม



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบความชื้นใบเตย

จากกราฟแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่าการอบแห้งใบเตยด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน โดยอุณหภูมิของการอบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการอบแห้งใบเตย พบว่าอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส การลดลงของความชื้นใบเตยจะเกิดขึ้นเร็วที่สุด เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าลดต่ำลง ทำให้มีความสามารถในการดูดรับความชื้นได้มากขึ้น ตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิที่ต่ำกว่าจะทำให้อากาศมีความสามารถในการรับความชื้นจากวัสดุไปน้อยกว่า การอบแห้งจึงเกิดขึ้นได้ช้ากว่า สอดคล้องกับ [4]

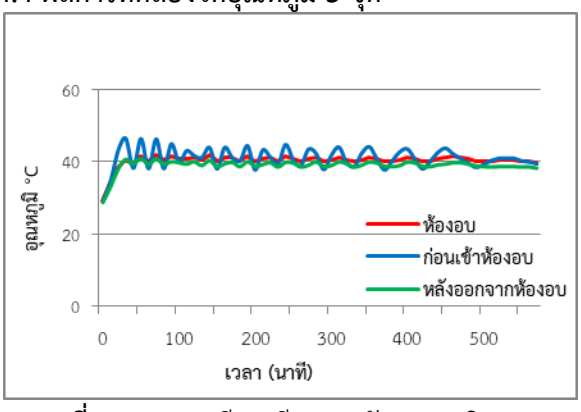
4.3 ผลการศึกษาการคืนตัวของใบเตยแห้ง



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบการคืนตัวของใบเตยแห้ง

พฤติกรรมการคืนตัวใบเตยอบแห้งแสดงดังรูปที่ 11 พบว่าในช่วงเริ่มต้นการดูดซับน้ำมีค่าสูง และที่อุณหภูมิสูงกว่าจะมีการดูดซับน้ำได้ดี สำหรับค่าน้ำหนักหลังการคืนตัวเฉลี่ยของใบเตยอบแห้ง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส ค่าน้ำหนักหลังการคืนตัวมีค่าเท่ากับ 14.90, 16.14 และ 18.34 กรัม ตามลำดับ

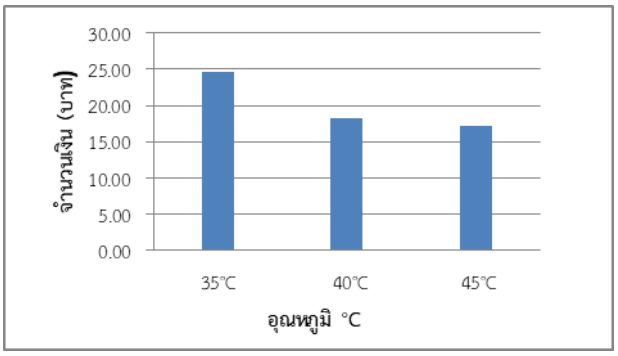
4.4 ผลการทดลองวัดอุณหภูมิ 3 จุด



รูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิ 3 จุด

จากรูปที่ 12 กราฟแสดงการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง A, B และ C ดังรูปที่ 8 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ห้องอบเท่ากับ 40.35 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะเข้าห้องอบเฉลี่ยเท่ากับ 41.01 องศาเซลเซียส และหลังออกจากห้องอบเฉลี่ย 40.03 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

5. ค่าพลังงานไฟฟ้า



*หมายเหตุ ค่าพลังงานไฟฟ้าคิดจาก ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน หน่วยที่ 0 – 15 จำนวน 2.3488 (บาท/หน่วย) [12]

รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าพลังงานไฟฟ้า

จากกราฟแสดงค่าค่าพลังงานไฟฟ้าดังรูปที่ 13 มีการใช้พลังงานในเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนพบว่าเมื่ออบแห้งใบเตยที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้ทำการอบแห้งเวลามากขึ้น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าก็มากขึ้น พิจารณาจากเวลาที่อบ 12, 10 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ

5. สรุป

สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนเพื่ออบแห้งสมุนไพร สามารถลดความชื้นผลิตภัณฑ์ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบมีความชื้นตามมาตรฐาน สามารถลดเวลาในการอบแห้งให้น้อยลง และมีความสิ้นเปลืองพลังงานค่อนข้างต่ำ มีการคืนตัวได้ดี และมีค่าสีหลังการอบของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งพบว่าใบเตยผ่านการอบแห้งยังคงสีเขียวของผลิตภัณฑ์ก่อให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุน ขอขอบคุณอาจารย์ประยูร จอมหล้าพีรติกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำทฤษฎีและองค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องของโครงงานจนได้รับความสำเร็จออกมาเป็นรูปเล่ม และคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] นิธิปรียา จันทวงษ์ (2551). กระบวนการอบแห้งแบบใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สภาวะความดันต่ำสำหรับอาหาร, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=hoonvi&date=17-09-2008&group=8&gblog=10 ,เข้าดูเมื่อวันที่ 10/07/2561.

[2] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและ อาหารบางประเภท, (338 หน้า). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ.

[3] วิริยา พรมกอง (2556). กรรมวิธีการอบแห้ง, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์คณะอุตสาหกรรม เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,[ออนไลน์], แหล่งที่มา https://books.google.co.th,เข้าดูเมื่อวันที่ 5/02/2560.

[4] เทวรัตน์ ทิพยวิมล (2553). การคงคุณภาพผักอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบปั๊มความร้อน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/3976/1/Fulltext+SUT7-703-53-12-05.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/07/2560.

[5] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนชา (2558). มผช.ที่ 120/2558, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://tcps.tisi.go.th/public/certificatestandard.aspx, เข้าดูเมื่อ 10/07/2560.

[6]ศูนย์ข้อมูลสมุนไพร (2552). สมุนไพรไทย, สถาบันวิจัยสมุนไพรกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_herbal/ เข้าดูเมื่อวันที่ 10/07/2560.

[7] Schelkovskoe (2008). ระบบสี Lab,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mct.rmutt.ac.th/course/pt/,เข้าดูเมื่อวันที่ 17/02/2559.

[8] ธีระศักดิ์ หุดากร (2552). การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบ แบบร่องรูปตัววีสำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23. จังหวัดเชียงใหม่, [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา http://www.me.psu.ac.th/tsme/ME_NETT23/topic/file/ETM-019329.pdf เข้าดูเมื่อวันที่12/07/2560.

[9]พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และสาทิป รัตนภาสกร (2555). การพัฒนากระบวนการผลิตต้นแบบชาสมุนไพรคุณภาพสูงในระดับวิสาหกิจขนาด กลางและขนาดย่อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tnrr.in.th/2558/?page=result_search&record_id=10401652 เข้าดูเมื่อวันที่30/07/2560.

[10] พรพิมล กันทะวงศ์, สราญรัตน์ เชาวะนะ และอุเทน ขันทะบุตร (2557). การควบคุมตู้อบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนด้วยระบบสมองกลฝังตัว, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://hrd.rmutl.ac.th/qa/docUpload/pj/3579900250664/150727162000fullpp.pdf, เข้าดูเมื่อ

วันที่ 10/07/2560.
[11] AOAC. Offical Method of Annalysis, 16th ed., The Association of Official Annalysiscal Chemists, Inc. Arlington, Verginia, USA (1995)
[12] การไฟฟ้านครหลวง (2541). Electricity Tips การคิดค่าไฟฟ้าด้วยตนเอง วารสารภายในไฟฟ้านครหลวง ปี 18 (ฉบับที่ (178), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mea.or.th/aboutelectric/116/280/form/12

การออกแบบและพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

The Design and Development Efficiency of Essential Oil Extraction Machine for Plant Using Liquid CO_2

กฤษฎา พงษ์ธรรม, ณัฐธัญ วงค์กลาง, มณี มีพานทอง และ ภานุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง

วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ขอนแก่น 40000
* ผู้ติดต่อ: กฤษฎา, Email : Phongtham@hotmail.co.th, 094-5245698

บทคัดย่อ

พืชสมุนไพรสามารถนำมาทำเป็นได้ทั้งยาและอาหาร มีความสำคัญและให้ประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างมาก ทำให้อยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหยโดยการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว โดยวิธีนี้จะนำข้อดีของการสกัดด้วยไอน้ำกับการสกัดด้วยตัวทำละลายจะช่วยรักษาคุณภาพ กลิ่น และสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ดี ในการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลวต้องใช้อุณหภูมิต่ำ จึงพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิภายในถังสกัดให้คงที่ จากการทดสอบผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะกรูด ทั้ง 2 แบบ โดยแบบที่ 1 ใช้น้ำหล่อเย็น เวลาในการสกัดที่คงที่ 6 ชั่วโมง ความดัน 50 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 8.13 มิลลิลิตร คิดเป็น 0.81 เปอร์เซ็นต์ ความดัน 60 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 15.60 มิลลิลิตร คิดเป็น 1.56 เปอร์เซ็นต์ แบบที่ 2 ไม่ใช้น้ำหล่อเย็น เวลาในการสกัดที่คงที่ 6 ชั่วโมง ความดัน 50 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 5.31 มิลลิลิตร และ คิดเป็น 0.53 เปอร์เซ็นต์ ความดัน 60 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 11.76 มิลลิลิตร คิดเป็น 1.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ราคาต้นทุนเครื่อง 177,000 บาท จุดคุ้มทุน 1,557.66 มิลลิลิตรต่อปี ระยะเวลาการคืนทุน 134 วัน และได้กำไร 345,825 บาทต่อปี

คำหลัก: การสกัดน้ำมันหอมระเหย ,คาร์บอนไดออกไซด์เหลว ,ระบบทำความเย็น

Abstract

Herbs can be used as both food and medicine which are important and very beneficial for health in the form of oils extracted with liquid carbon dioxide.This method takes the advantage of both the steam and solvents extractions to maintain quality, flavor and essence of aromatherapy.The extraction with liquid carbon dioxide requires low temperature, therefore the efficiency of water cooling in refrigeration system to stabilize the reduction of the inside tank extraction temperature should be developed.The results of the essential oil extracted from the bergamot peel at the constant extraction time of 6 hours with 50 and 60 bar pressure found that the quantity of essential oil was 8.13 ml or 0.81 % and 15.60 ml or 1.56 % , respectively, when using water cooling while provided 5.31 ml or 0.53 % and 11.76 ml or 1.17 % , respectively, when no using water cooling. The analysis of economic values found that the capital cost was 177,000 Baht, break even point was 1,557.66 ml per year, the payback period was 134 days and the profit was 345,825 Baht per year.

Keywords: Essential Oil Extraction ,Liquid Carbon Dioxide ,Refrigeration System

1. บทนำ

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ เช่น กลีบดอก ผิวของผล เกสร ราก เปลือกของลำต้น หรือยางที่ออกมาจากเปลือก มีองค์ประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อนและแตกต่างกัน น้ำมันมีลักษณะเป็นของเหลวไม่เหนียวเหมือนน้ำมันพืช มีกลิ่นหอมระเหยง่าย เมื่อได้รับความร้อนอนุภาคเล็กๆ ของน้ำมันหอมระเหยจะระเหยออกมาเป็นไอทำให้ได้กลิ่นหอม สำหรับประโยชน์ต่อมนุษย์น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบ หรือลดบวม คลายเครียด หรือกระตุ้นให้สดชื่น ทั้งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด [1]

จากสถิติการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยระหว่างปี พ.ศ. 2556 - 2560 พบว่ามีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้นจาก 543 ล้านบาท เป็น 876 ล้านบาท ประเทศที่นำเข้าน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด 5 ลำดับแรกในปี พ.ศ. 2560 ได้แก่ ประเทศจีน ญี่ปุ่น อินเดีย สหรัฐอเมริกา และอังกฤษ ปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยได้จากการสกัดและสังเคราะห์จากพืชหรือสัตว์ ซึ่งในปัจจุบันมีการสกัดน้ำมันหอมระเหย 200 - 300 ชนิด เท่านั้นที่มีการค้าในตลาดโลก โดยน้ำมันหอมระเหยที่มีการผลิตและการค้าในตลาดโลกนั้นร้อยละ 50 ผลิตมาจากพืชที่มีการปลูกในเชิงพาณิชย์ ส่วนที่เหลือเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมและเก็บจากพืชพรรณป่า การผลิตน้ำมันหอมระเหยในประเทศไทย มีโรงงานผลิตน้ำมันหอมระเหยที่จดทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ราว 51 โรงงาน (ส่วนใหญ่เป็นโรงงานผลิตน้ำมันไม้กฤษณา) วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตโดยส่วนใหญ่เป็นพืชและส่วนต่างๆ ของพืชที่หาได้ในประเทศ ส่วนสารเคมีสารทำละลายยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

แนวโน้มในอนาคตตลาดน้ำมันหอมระเหยเป็นตลาดที่กว้าง เนื่องจากการผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคต่างๆ ล้วนจำเป็นต้องใช้น้ำมันหอมระเหยแทบทั้งสิ้น และสามารถผลิตเพื่อการส่งออกได้ แต่มีเงื่อนไขสำคัญว่าประเทศไทยคงต้องพยายามเจาะตลาดโดยการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ต่างประเทศไม่สามารถผลิตได้ โดยอาศัยวัตถุดิบภายในประเทศ เช่น กระชาย มะกรูด ใบเตย หญ้าแฝก ไม้ดอกเมืองร้อนประเภทต่างๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่แปลกแตกต่างจากที่มีอยู่ในตลาด โดยตลาดส่งออกที่สำคัญคือ ประเทศในแถบยุโรป สหรัฐฯ และจีน [2]

การสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการสกัดด้วยไอน้ำ ไม่เหมาะสมกับสารที่สลายตัวได้ด้วยความร้อน ในขณะที่การต้มกลั่น ทำให้มีน้ำมันหอมระเหยเจือปนอยู่ในการต้ม การสกัดด้วยน้ำมันสัตว์ ใช้เวลานานเนื่องจากต้องแช่พืชสมุนไพรไว้ในน้ำมันหลายวัน เพื่อให้น้ำมันดูดเอากลิ่นหอมออกมา การสกัดด้วยสารเคมี จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีความเข้มข้นสูงแต่คุณภาพไม่ดีเนื่องจากมีสารอื่นปะปนออกมาด้วย การคั้นหรือการบีบ วิธีนี้เป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีปริมาณน้อยและไม่บริสุทธิ์ [3] และการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว เป็นเทคนิคที่ทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่บริสุทธิ์ อีกทั้งยังลดมลพิษในบรรยากาศ เป็นทางเลือกที่ดีในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และยา [4]

หลักการทำงานของระบบทำความเย็นของน้ำ เมื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) มอเตอร์ก็จะส่งผ่านกำลังไปยังเครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor) ซึ่งเครื่องอัดสารนี้จะอัดสารทำความเย็น (Refrigerant) เข้าไปใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่อยู่ในถังน้ำหล่อเย็น ทำให้น้ำลดอุณหภูมิลงและเปลี่ยนเป็นน้ำเย็น ซึ่งภายในถังน้ำหล่อเย็นจะมีขดคอยล์เย็นพันอยู่ข้างในถัง ส่วนอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการกลั่นสารทำความเย็น ลดความดัน คอยล์ร้อน และช่วยในการระเหย ซึ่งจะใช้ในขั้นตอนที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อน[5]

เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว เดิมสกัดน้ำหอมระเหยโดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น พบว่า ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อย กลิ่นเจือจาง และต้องอาศัยอุณหภูมิในการสกัดที่ต่ำจึงได้พัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น ติดตั้งบนเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว เป็นการนำน้ำหล่อเย็นไปลดอุณหภูมิภายในถังสกัดให้ต่ำ เพื่อลดการสูญเสียสาร Active Ingredients ให้คงอยู่และไม่ถูกทำลาย

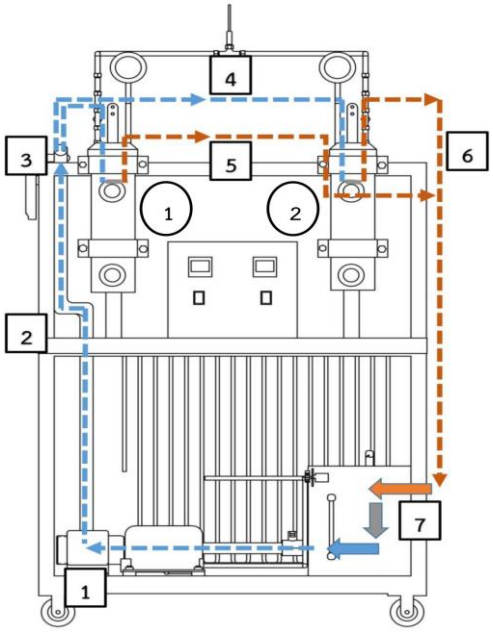
2. วัตถุประสงค์

จากการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบพัฒนาประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

3. วิธีการทดสอบ

3.1 การออกแบบและพัฒนาระบบทำความเย็นของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว โดยพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพระบบทำความเย็นเข้าไปในระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิภายในถังสกัดระหว่างกระบวนการสกัดและลดการสูญเสียสาร Active Ingredients ให้คงอยู่และไม่ถูกทำลาย



หมายเลขที่	ข้อมูล
1	น้ำถูกดูดออกจากถังโดยปั๊มน้ำ
2	ปั๊มน้ำก็จะสูบน้ำขึ้นไปบนท่อสองทาง
3 ,4	น้ำหล่อเย็นออกจากท่อสองทางโดยแยกน้ำหล่อเย็นไปยังถังที่ 1 และถังที่ 2 น้ำหล่อเย็นผ่านเข้าถังสกัดทั้งสองถังเพื่อลดอุณหภูมิภายในถังสกัดให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันหอมระเหย
5 ,6 ,7	น้ำหล่อเย็นหมุนเวียนออกจากถังสกัดกลับเข้าสู่ถังน้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นให้ต่ำลง
หมายเหตุ	วงกลม 1,2 คือถังสกัดที่ 1,2

รูปที่ 1 กระบวนการไหลเวียนของน้ำหล่อเย็น

จากรูปที่ 1 กระบวนการไหลเวียนของน้ำหล่อเย็นโดยน้ำหล่อเย็นจะไหลเข้าท่อที่หัวถังสกัดผ่านเข้าไปภายในถังสกัดเพื่อลดอุณหภูมิภายในถังสกัดให้ต่ำลง จากนั้นน้ำหล่อเย็นจะไหลออกมาผ่านท่อระบายน้ำออก ไหลกลับลงสู่ถังเก็บน้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลง

3.2 การทดสอบระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็น ประเมินผลการทำงานของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

การทดสอบระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็นประเมินผลการทำงานของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวมีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อม เช่น เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย ถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุปกรณ์ถอดฝาถังสกัด (ล่าง) กระบอกสกัด 2 กระบอก โอริงฝาถังสกัด 2 วงและเปลือกมะกรูด 1,000 กรัม เป็นต้น

2) เปิดระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็นให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการทดสอบ

3) เมื่อได้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นคงที่แล้ว เปิดปั๊มน้ำให้น้ำหล่อเย็นไหลเวียนเข้าถังสกัดที่ 1 ส่วนถังสกัดที่ 2 ไม่ใช้น้ำหล่อเย็น

4) นำเปลือกมะกรูดใส่ในกระบอกสกัดให้เต็ม จากนั้นนำกระบอกสกัดใส่เข้าในถังสกัดแล้วทำการปิดฝาถังสกัดจากนั้นทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยทั้งสองถังพร้อมกัน

5) ใช้เวลาสกัดน้ำมันหอมระเหย 4 - 7 ชั่วโมง ความดัน 50 - 70 บาร์และวัดอุณหภูมิภายในถังสกัดทั้งสองถัง

6) หลังจากทดสอบเสร็จสิ้นกระบวนการแล้ว นำผลการทดสอบประสิทธิภาพถังสกัดทั้งสองถังนำไปเปรียบเทียบกัน

3.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

กรณีทดสอบเต็มความสามารถเครื่อง คิดจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และจากราคาต้นทุนเครื่อง โดยคำนวณหา ค่าบำรุงรักษาต่อปี ค่าดอกเบี้ย ค่าเสื่อมราคาจาก ค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายแปรผัน จุดคุ้มทุน ผลกำไร และระยะเวลาการคืนทุน เพื่อวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

4. ผลและวิจารณ์

4.1 ผลการพัฒนาระบบทำความเย็นของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว



รูปที่ 2 เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

จากการออกแบบและพัฒนาระบบทำความเย็นในเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวโดยใช้วัสดุในสร้างระบบทำความเย็น มีดังนี้

- คอมเพรซเซอร์ขนาด 5.09 BTU/Whr. สามารถทำความเย็นได้ 687 BTU/hr.
- ใช้สารทำความเย็น R-134a
- ท่อทองแดงขนาด 6.35 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร
- ขดคอยล์เย็น ขนาดกลาง
- แผงคอยล์ร้อน ขนาดกลาง
- แค๊ปทิวล์กรองสารทำความเย็น
- ฉนวนกันความร้อน 3 เส้น

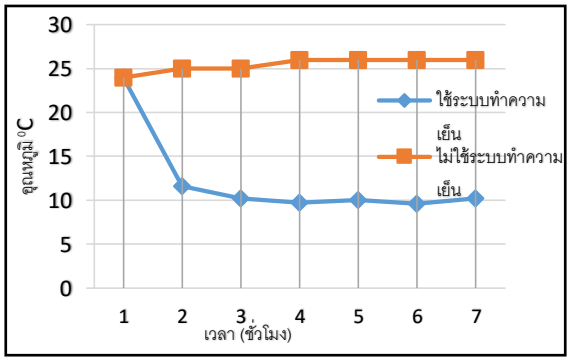
เมื่อทำการติดตั้งระบบทำความเย็นในถังเก็บน้ำหล่อเย็น พบว่า ระบบการทำงานของเครื่องทำความเย็นทำงานปกติ และสามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสมต่อการลดอุณหภูมิภายในถังสกัดเพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากถังสกัด

4.2 ผลการทดสอบ ประเมินผลการทำงานระบบทำความเย็นของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็น

จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็นโดยนำผลการทดสอบแบบเปิดระบบทำความเย็นและแบบไม่เปิดระบบทำความเย็นมาเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 3 พบว่า

- แบบเปิดระบบทำความเย็น โดยวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นตั้งแต่ 1 - 7 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในชั่วโมงที่ 1 - 2 อุณหภูมิลดลงจาก 24 องศาเซลเซียส เป็น 10 องศาเซลเซียส และตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 - 7 อุณหภูมิคงที่
- แบบไม่เปิดระบบทำความเย็น โดยวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นตั้งแต่ 1 - 7 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในชั่วโมงที่ 1 - 3 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 24 องศาเซลเซียส เป็น 25 องศาเซลเซียส และชั่วโมงที่ 3 - 7 อุณหภูมิคงที่ที่ 26 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเพิ่มขึ้นตามสภาพอากาศ



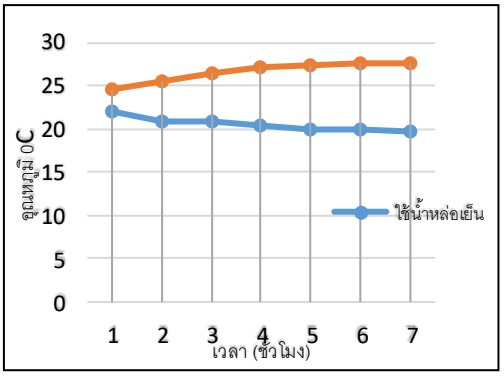
รูปที่ 3 ประสิทธิภาพระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็น

4.2.2 ผลการวัดอุณหภูมิภายในถังสกัดน้ำมันหอมระเหย

จากการวัดอุณหภูมิภายในถังสกัดน้ำมันหอมระเหยทั้งสองถัง โดยที่อุณหภูมิภายในถังสกัดเริ่มต้น 24 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้สกัด 4 - 7 ชั่วโมง เท่ากัน พบว่า

- แบบใช้น้ำหล่อเย็น ในชั่วโมงแรก อุณหภูมิภายในถังสกัด 22 องศาเซลเซียส และค่อยๆ ลดลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 อยู่ที่ 20 องศาเซลเซียส และคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 - 7
- แบบไม่ใช้น้ำหล่อเย็น ในชั่วโมงแรก อุณหภูมิภายในถังสกัด 24 องศาเซลเซียส ก่อนเพิ่มขึ้นเป็น 27 องศาเซลเซียส และคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 - 7

เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้งสองถังทำให้ทราบว่า อุณหภูมิภายในถังสกัด แบบใช้น้ำหล่อเย็นสามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในถังสกัดและอุณหภูมิคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 เป็นต้นไป ส่วนอุณหภูมิภายในถังสกัด แบบไม่ใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 2 ที่ และคงที่ที่ 27 องศาเซลเซียสตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 เป็นต้นไป ดังรูปที่ 4



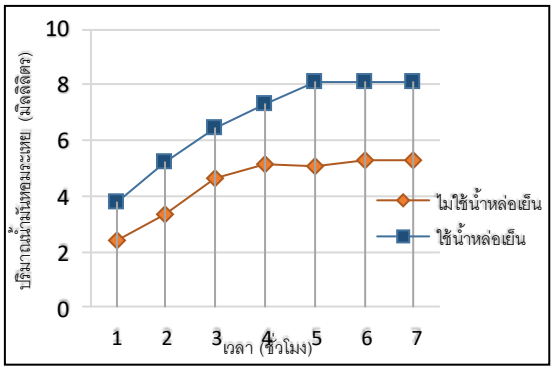
รูปที่ 4 อุณหภูมิภายในถังสกัด

4.2.3 ผลการทดสอบสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

จากผลการทดสอบการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว ช่วงเวลาสกัดตั้งแต่ 1 - 7 ชั่วโมง ใช้วิธีสกัดแบบใช้น้ำหล่อเย็นและไม่ใช้น้ำหล่อเย็น โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามระดับความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้สกัด พบว่า

แบบที่ 1 ใช้ความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 50 บาร์ พบว่า

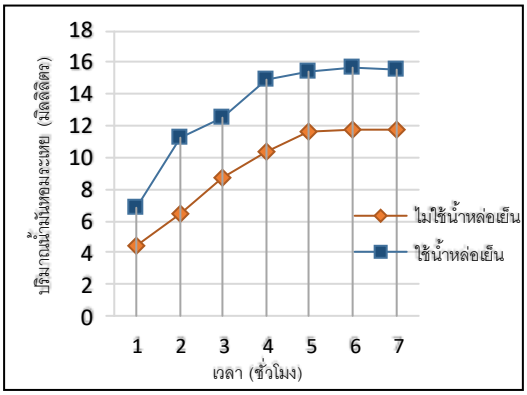
- แบบใช้น้ำหล่อเย็น ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 8.11 มิลลิลิตร
- แบบไม่ใช้น้ำหล่อเย็น ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 5.31 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการทดสอบการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดัน 50 บาร์

แบบที่ 2 ใช้ความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 60 บาร์ พบว่า

- แบบใช้น้ำหล่อเย็น ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 15.60 มิลลิลิตร
- แบบไม่ใช้น้ำหล่อเย็น ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 11.79 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลการทดสอบการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดัน 60 บาร์

จากการทดลองสกัดน้ำมันหอมระเหยตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 - 7 พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดออกมาได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นไป

4.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออก-ไซด์เหลว ซึ่งรวมถึงการเพิ่มประสิทธิในการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยเพิ่มระบบทำความเย็นของน้ำหล่อเย็น สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว

รายการ	มูลค่า
ต้นทุนการสร้างเครื่อง (บาท)	177,000
ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)	15,930
ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)	17,700
ค่าดอกเบี้ยที่ 7 เปอร์เซ็นต์ (บาทต่อปี)	6,814
ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)	199,744
ค่าใช้จ่ายแปรผัน (บาทต่อปี)	135,720
จุดคุ้มทุน (มิลลิลิตรต่อปี)	1,557.66
กำไร (บาทต่อปี)	345,825
ระยะการคืนทุน (วัน)	134

5. สรุปผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ระบบทำความเย็นสามารถทำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นได้ 10 องศาเซลเซียส ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะกรูด ทั้ง 2 แบบ โดยแบบที่ 1 ใช้น้ำหล่อเย็น เวลาในการสกัดที่คงที่ 6 ชั่วโมง ความดัน 50 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 8.13 มิลลิลิตร คิดเป็น 0.81 เปอร์เซ็นต์ และความดัน 60 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 15.60 มิลลิลิตร มิลลิลิตร คิดเป็น 1.56 เปอร์เซ็นต์ แบบที่ 2 ไม่ใช้น้ำหล่อเย็น เวลาในการสกัดที่คงที่ 6 ชั่วโมง ความดัน 50 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 5.31 มิลลิลิตร และ คิดเป็น 0.53 เปอร์เซ็นต์ความดัน 60 บาร์ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 11.76 มิลลิลิตร คิดเป็น 1.17 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ราคาต้นทุนเครื่อง 177,000 บาท จุดคุ้มทุน 1,557.66 มิลลิลิตรต่อปี ระยะเวลาการคืนทุน 134 วัน และได้กำไร 345,825 บาทต่อปี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนในงานวิจัย ขอบคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นที่ให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวกอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องจักรอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือและจัดเก็บข้อมูลตลอดจนจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้จัดจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พืชสมุนไพรน้ำมันหอมระเหย (Essential oil), 2545: คู่มือพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ชุดที่ 3 เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา;ภาวนา อัศวะประภา;วรพจน์ สุวจิตตานนท์ ,กรมส่งเสริมสหกรณ์ กองส่งเสริมพืชสวน กลุ่มพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ

[2] น้ำมันหอมระเหยคืออะไร, Botanicessence Essential Oils. (ออนไลน์) . เข้าถึงได้จาก : https://www.botanicessence .com/essential-oil/home/knowledge.jsp (6 มีนาคม 2561)

[3] วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย, Botanicessence Essential Oils. (ออนไลน์) . เข้าถึงได้จาก : https://www.botanicessence. com/essentialoil/home/knowledge.jsp#distillation (6 มีนาคม 2561)

การศึกษาและสร้างแสงอาทิตย์เทียมขนาดเล็กโดยใช้หลอดฮาโลเจน

Study and Construct a Small Scale Solar Simulator Using Halogen Lamp

ธนากร ยะสูงเนิน รัชดาทิพย์ สุขสว่าง วริศรา คอนเกตุ และ รตินันท์ เหลือมพล*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ผู้ติดต่อ: ratinun.lu@rmuti.ac.th, 084-0307600

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างแสงอาทิตย์เทียมขนาดเล็ก โดยใช้มาตรฐานแสงอาทิตย์เทียม EN-12975-2 Standard เพื่อนำไปใช้ทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของ Solar collector ในการทดลองแสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นใช้หลอดไฟฮาโลเจนขนาด 300 W จำนวน 25 หลอด ติดตั้งไว้บนโครงเหล็กที่สามารถปรับระดับความสูงได้ โดยกำหนดระยะห่างระหว่างหลอดไฟทุกหลอดคงที่เท่ากับ 20 cm ระยะความสูงของหลอดไฟห่างจากพื้นที่รับแสงเท่ากับ 37 67 97 127 และ 157 cm ทำการทดสอบตามหลักมาตรฐาน EN-12975-2 จากการทดลองพบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับพื้นที่รับแสงน้อยลง ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยจะมากขึ้นการกระจายตัวของความเข้มแสงจะเริ่มสม่ำเสมอและค่าความคลาดเคลื่อน (uniformity value) มีค่าน้อยลง โดยมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 569.595 ถึง 1050.784 W/m^2 มีค่าความคลาดเคลื่อน (uniformity value) 7.664% ถึง 12.060% ดังนั้นแสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นนี้ จึงสามารถนำไปใช้ทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของ Solar collector ได้

คำหลัก: แสงอาทิตย์เทียม หลอดฮาโลเจน มาตรฐาน EN-12975-2 ค่าความเข้มแสง

Abstract

This research was purposed to study and construct a small scale solar simulator according to EN-12975-2 standard for evaluate thermal efficiency of solar collector. The solar simulator used 25 halogen lamps, 300 W installed on steel bar frame that can adjusted halogen lamps height. In experimental, all halogen lamps were arranged with constant distance 20 cm, varied halogen lamps height at 37 67 97 127 and 157 cm and test with EN-12975-2 Standard. From experimental result it was found that, halogen lamps height was decreased with irradiance intensity average was increased, irradiance distribution was homogeneously and uniformity value was decreased. The irradiance intensity average was 569.595 to 1050.784 W/m^2. The uniformity value was 7.664% to 12.060%. Therefore, this solar simulator can use to evaluate thermal efficiency of the solar collector.

Keywords*: Solar simulator, Halogen lamp, EN-12975-2 Standard, Irradiance intensity.*

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานทางเลือกเป็นที่นิยมอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นพลังงานน้ำ พลังงานลม หรือพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยแล้วสามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปีเนื่องจากอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่นิยมกันอย่างกว้างขวางคือ การผลิตไฟฟ้าและผลิตความร้อน [1] ในการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่แล้วนิยมทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยการใช้แสงอาทิตย์เทียมก่อนที่จะนำไปใช้จริง เนื่องจากสามารถควบคุมค่าความเข้มแสง ควบคุมสภาวะแวดล้อมได้ [2] และยังสามารถทดลองได้ในวันที่สภาวะแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย [3]

สำหรับการสร้างแสงอาทิตย์เทียมได้ประยุกต์ใช้หลอดไฟส่องสว่างที่สามารถให้แสงเหมือนแสงแดดตามธรรมชาติในแต่ละวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องคำนึงการส่องสว่างและอุณหภูมิแสง สภาพแวดล้อมสำหรับแสงเทียมที่สร้างขึ้นจะสามารถสร้างได้ทั้งในร่มและกลางแจ้ง สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่จะสามารถนำมาทดสอบในแสงเทียมได้นั้น แสงเทียมที่สร้างขึ้นต้องใกล้เคียงกับแสงตามธรรมชาติมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามหลอดไฟที่ใช้จะไม่สามารถให้ค่าความยาวคลื่นได้ใกล้กับแสงจริงได้ [4] โดยงานวิจัยส่วนใหญ่การทดสอบเกี่ยวกับแสงอาทิตย์เทียมจะทำในห้องทดลอง เนื่องจากมีความเหมาะสม รวดเร็ว และสามารถควบคุมตัวแปรต่างๆ ได้ตามต้องการ

ในปี 2001 Institute of Solar Energy (ISE) ได้ออกแบบและติดตั้งระบบแสงอาทิตย์เทียมในร่มเพื่อทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของ Solar collector โดยพบว่าการจำลองสภาพแวดล้อมกลางแจ้งสามารถทำในห้องปฏิบัติการได้ และง่ายต่อการควบคุมตัวแปรต่างๆ และได้มีการพัฒนาต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งปี 2004 [5] บริษัท Belo Horizonte ได้ทำการติดตั้งและพัฒนาแสงอาทิตย์เทียมทั้งในร่มและกลางแจ้งเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัย [6]

Shogo และ Kosuke [7] ได้ศึกษาแสงเทียมโดยใช้หลอด LED สำหรับการทดสอบ Solar cell โดยได้ใช้หลอด LED จำนวน 4 สีและสามารถปรับระยะห่างระหว่าง Solar cell กับแสงเทียมได้ Anon et al. [8] ได้ใช้หลอด LED สีเดียว และแบบหลายสีในการสร้างแสงเทียม พบว่าค่าแสงส่องสว่างจะมากขึ้นเมื่อเพิ่มความต่างศักย์ทางไฟฟ้าให้กับหลอด LED และหลอด LED สีแดงผสมกับสีน้ำเงินจะให้ค่าใกล้เคียงกับแสงจริงมากที่สุด Fatih et al. [9] ได้ใช้หลอด Halogen ขนาด 400 W และ 1000 W มาสร้างความร้อนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับเครื่องยนต์ Stirling engine พบว่าสามารถสร้างอุณหภูมิได้ประมาณ 630 K ถึง 873 K

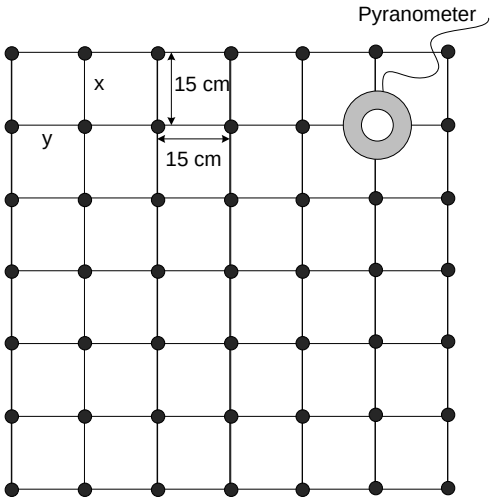
การสร้างแสงอาทิตย์เทียมนั้นได้พัฒนาและประสบความสำเร็จมากขึ้น ให้ค่าใกล้เคียงกับแสงจริงมากขึ้น โดย Qinglong et al. [10] ได้สร้างแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่โดยใช้หลอด Metal Halide ขนาด 400 W พบว่าค่าความเข้มแสงจะอยู่ระหว่าง 150 ถึง 1100 W/m^2 โดยการปรับจำนวนหลอดหรือการปรับระดับความสูงของหลอดไฟ แต่หลอด Metal Halide จะมีการสิ้นเปลืองพลังงานสูง ยุ่งยากต่อการติดตั้ง และมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง ถ้าเทียบกับหลอด Halogen แล้วพบว่า หลอด Halogen จะสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า ราคาถูกกว่า

สำหรับประเทศไทยแล้วงานวิจัยเกี่ยวกับแสงอาทิตย์เทียมยังมีไม่มากนัก [11], [12] โดยส่วนใหญ่จะเป็นการสร้างแสงอาทิตย์เทียมที่ใช้สำหรับศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์ เพื่อนำมาใช้ในการเรียน การสอน การสาธิต หรือการฝึกอบรม [13] แต่การสร้างแสงอาทิตย์เทียมเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของ Solar collector ยังมีการศึกษาน้อย และยังไม่ได้ตามมาตรฐาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการสร้างแสงอาทิตย์เทียมขนาดเล็กโดยการประยุกต์ใช้หลอด Halogen เพื่อให้ได้ตามมาตรฐาน EN-12975-2 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของ Solar collector

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐาน EN-12975-2

เนื่องจากแสงเทียมที่สร้างขึ้นจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนแสงอาทิตย์จริงเพราะการกระจายตัวของความเข้มแสงแต่ละตำแหน่งจะไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีมาตรฐานในการทดสอบแสงเทียมเพื่อให้มีลักษณะคล้ายแสงอาทิตย์จริงมากที่สุด โดยมาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ มาตรฐาน EN-12975-2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ [14] ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงต้องไม่ต่ำกว่า 700 W/m^2 และไม่เกิน 1,000 W/m^2 ค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงในแต่ละตำแหน่งจะต้องมีค่าต่างจากค่าความเข้มแสงเฉลี่ยหรือค่าความคลาดเคลื่อนของความเข้มแสงไม่เกิน (uniformity value) ±15% ในการวัดความเข้มแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงจะแบ่งตำแหน่งของการวัดห่างกันเป็นระยะ 15 cm ในแนวราบและใช้เวลาในการวัดค่าความเข้มแสงแต่ละตำแหน่งอย่างน้อย 30 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 1

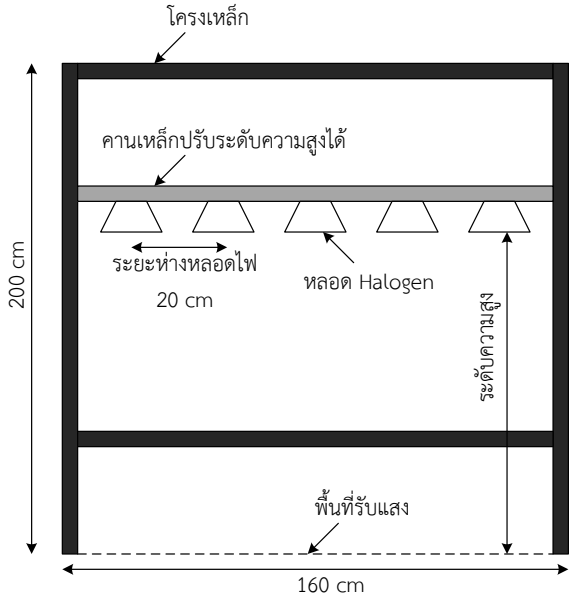


รูปที่ 1 ลักษณะการวัดค่าความเข้มแสงบนพื้นที่รับแสง

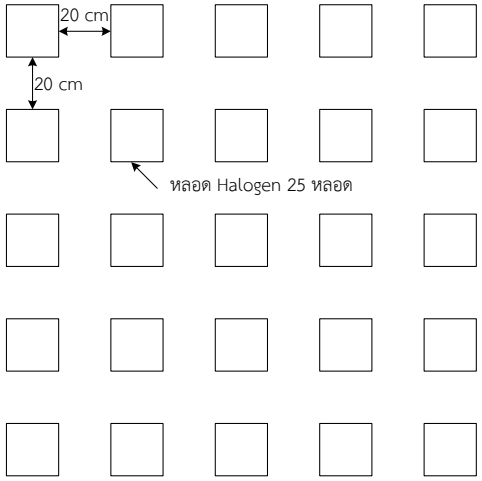
3. อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

แสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นใช้สำหรับทดลองในห้องปฏิบัติการ ทำมาจากโครงเหล็กมีขนาด 160 cm x 170 cm x 200 cm ใช้หลอดไฟฮาโลเจนขนาด 300 W จำนวน 25 หลอด ติดตั้งไว้บนคานเหล็กด้านละ 5 x 5 หลอด แต่ละหลอดห่างกัน 20 cm เท่ากัน และสามารถปรับระดับความสูงจากพื้นที่รับแสงได้ โดยหน้าของหลอดไฟจะขนานกับพื้นที่รับแสง ดังรูปที่ 2a และ 2b



a)



b)

รูปที่ 2 a) โครงสร้างแสงเทียม b) การจัดเรียงหลอดไฟ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

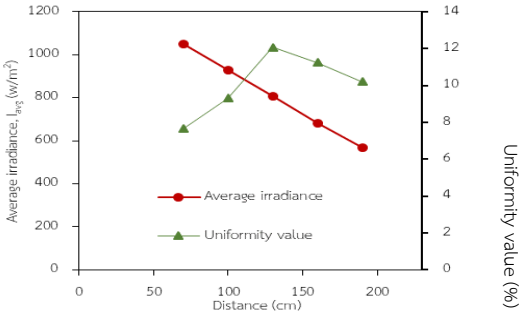
แสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นจะทำการทดสอบเพื่อให้ได้ตามมาตรฐาน EN-12975-2 ในการทดสอบจะกำหนดระยะห่างระหว่างหลอดไฟทั้ง 25 หลอดคงที่เท่ากับ 20 cm ทำการทดลองในห้องปิดสนิท ไม่มีแสงสว่างมารบกวน เงื่อนไขในการทดสอบจะใช้ระยะความสูงของหลอดไฟห่างจากพื้นที่รับแสงเท่ากับ 37 67 97 127 และ 157 cm เปิดหลอดไฟพร้อมกันทั้งหมด 25 หลอด การวัดค่าความเข้มแสงใช้ Pyranometer วัดค่าความเข้มแสงตามมาตรฐาน EN-12975-2 ข้อมูลที่ได้จากการวัดถูกบันทึกใน Data logger และนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

4. ผลการวิจัย

ในการสร้างแสงอาทิตย์เทียมจะใช้หลอดไฟฮาโลเจนขนาด 300 W จำนวน 25 หลอดและใช้มาตรฐาน EN-12975-2 ในการทดสอบ จากการทดสอบพบว่า การกระจายตัวของความเข้มแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงแต่ละตำแหน่งจะมีค่าไม่เท่ากันและไม่สม่ำเสมอ โดยค่าความเข้มแสงเฉลี่ยจะมากขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับพื้นที่รับแสงน้อยลง และการกระจายตัวของความเข้มแสงจะเริ่มสม่ำเสมอเมื่อระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับพื้นที่รับแสงน้อยลง โดยที่ระยะ 37 67 97 127 และ 157 cm มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 1,050.784 928.595 808.051 679.390 และ 569.595 W/m^2 มีค่าความคลาดเคลื่อน (uniformity value) ตามมาตรฐาน EN-12975-2 เท่ากับ 7.664% 9.298%

12.060% 11.242% และ 10.198% ตามลำดับ ดังรูปที่ 3 และ 4

เนื่องจากความสูงของหลอดไฟที่มากขึ้นรัศมีของการส่องสว่างของหลอดไฟแต่ละหลอดจะกว้างขึ้น ขอบรอยต่อของแสงแต่ละหลอดสามารถเชื่อมต่อกันได้มากขึ้น ทำให้เกิดการส่งเสริมการส่องสว่าง ค่าความเข้มแสงบริเวณรอยต่อจึงสูงขึ้น จึงทำให้ความแตกต่างของความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น สังเกตได้จากกรณีความสูง 97 127 และ 157 cm บริเวณจุดศูนย์กลางของพื้นที่รับแสงจะมีค่าความเข้มแสงที่สูงกว่าบริเวณขอบของพื้นที่รับแสง ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเข้มแสงที่ไม่สม่ำเสมอกันมาก จึงมีค่าความคลาดเคลื่อน (uniformity value) สูงขึ้น แต่ในกรณีความสูง 37 cm แล้วพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของความเข้มแสงจะน้อยลง การกระจายตัวของความเข้มแสงจะดีขึ้น เนื่องจากรัศมีของการส่องสว่างของหลอดไฟแต่ละหลอดแคบลง จึงเกิดการการส่งเสริมการส่องสว่างน้อยลง แต่บริเวณจุดศูนย์กลางของหลอดไฟแต่ละหลอดที่ส่องลงบนพื้นที่รับแสงจะมีค่าความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยที่ได้มีค่าสูงตามไปด้วย คือ สูงกว่า 1,000 W/m^2



รูปที่ 3 ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยและค่า Uniformity ต่อความสูง

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าที่ระยะห่าง 37 cm ถึง157 cm แสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน EN-12975-2 มากที่สุด โดยมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยระหว่าง 569.595 ถึง 1,050.784 W/m^2 มีค่าความคลาดเคลื่อน 7.664% ถึง 12.060% ดังนั้นแสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของแผงรับสีแสงอาทิตย์ได้

สำหรับการศึกษานี้เป็นเพียงการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น จึงควรที่จะทำการศึกษาและทดลองที่เงื่อนไขอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้แสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์จริงมากที่สุด และเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนให้น้อยลงตามมาตรฐาน EN-12975-2

1007	997	1007	918	948	958	1076	1027	948	918
1046	1007	1007	918	898	918	967	1007	967	898
1096	1106	1115	1007	918	987	1046	1125	1106	1037
1066	1066	1096	958	918	1007	1027	1106	1096	1046
1135	1175	1135	997	987	1076	1106	1125	1115	1106
958	987	1037	918	918	977	977	1027	1017	987
1056	1125	1194	1046	1194	1115	1145	1155	1155	1046
908	987	1096	1017	967	967	967	1076	1046	967
997	1135	1392	1264	1185	1204	1194	1362	1254	1224

a)

691	770	780	770	790	780	780	809	721	642
770	869	898	908	938	938	918	967	918	809
790	898	938	938	997	987	987	1007	948	859
869	977	1027	1027	1066	1096	1106	1106	1086	977
819	918	958	948	977	997	1007	997	987	888
869	997	1046	1066	1046	1076	1086	1076	1106	987

869	987	1037	1027	997	997	1007	1007	948	829
829	928	987	987	977	987	977	958	898	780
780	849	958	938	928	879	859	829	819	721

b)

543	671	711	721	711	711	701	671	632	563
632	780	780	869	849	869	809	790	711	652
691	829	859	938	908	928	869	859	750	691
731	859	908	977	987	977	938	908	829	750
740	829	888	948	958	958	928	888	829	740
780	859	928	967	1027	987	967	898	849	740
740	809	879	898	958	928	908	869	829	721
701	780	849	869	918	879	879	829	809	681
563	632	691	711	760	731	721	691	652	573

c)

454	573	582	622	612	642	612	582	553	484
523	652	652	721	701	721	671	661	612	543
533	711	711	790	780	790	750	721	671	612
632	711	760	800	819	819	790	740	711	622
642	711	780	819	829	839	809	760	740	652
632	691	760	770	819	790	790	731	731	632
592	671	740	750	790	780	770	711	691	622
573	602	681	691	740	701	731	652	661	573
494	533	602	612	661	652	632	592	573	503

d)

563	622	661	681	671	681	671	642	612	553
553	602	642	661	661	661	661	632	602	543
523	582	622	642	612	642	642	622	592	523
484	533	573	582	533	582	582	563	543	474
434	464	513	523	533	533	523	503	484	434

e)

	หมายเหตุ	
	400-700	W/m^2
	700-1,000	W/m^2
	1,000-1,300	W/m^2
	1,300-1,500	W/m^2

415	464	484	503	523	523	503	494	454	434
474	523	563	592	592	602	553	563	503	474
513	573	602	632	642	642	612	592	543	513
553	612	642	632	671	671	642	632	592	543

รูปที่ 4 ค่าความเข้มแสงที่ส่องลงบนพื้นที่รับแสงที่ระยะ a) ความสูง 37 cm b) ความสูง 67 cm c) ความสูง 97 cm d) ความสูง 127 cm e) ความสูง 157 cm

5. สรุปผลการวิจัย

การสร้างแสงอาทิตย์เทียมจะต้องมีการทดสอบตามมาตรฐาน EN-12975-2 เพื่อให้มีคุณสมบัติคล้ายแสงอาทิตย์จริงมากที่สุด จากการทดสอบพบว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยจะมากขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับพื้นที่รับแสงน้อยลง และการกระจายตัวของความเข้มแสงจะเริ่มสม่ำเสมอและค่าความคลาดเคลื่อน (uniformity value) จะมีค่าน้อยลงเมื่อระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับพื้นที่รับแสงลดลง โดยมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 569.595 ถึง 1,050.784 W/m^2 มีความคลาดเคลื่อน 7.664% ถึง 12.060% ดังนั้นในการทดลองนี้แสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นสามารถนำไปทดสอบแผงรับสีแสงอาทิตย์ได้ และจะทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้แสงอาทิตย์เทียมมีความใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์จริงมากที่สุด และจะนำไปใช้ทดสอบกับแผงรับสีแสงอาทิตย์ในงานวิจัยต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ช่วยสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริวรรณ กล้าหาญ, ศิริชัย เทพา, รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ และสงบ ขำโสภา. (2549). การทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 899-2532) ภายใต้แสงอาทิตย์เทียม. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.*, 29(3), หน้า 405-417.

[2] Irwan, Y.M., Leow, W.Z., Irwanto, M., Fareq., M., Amelia, A.R., Gomesh, N. and Safwati, I. (2015). Indoor Test Performance of PV Panel through Water Cooling Method. *Energy Procedia*, Vol. 79, pp.604-611.

[3] Mahmoud, S., Saffa, R. and Francis, A. (2013). Experimental Testing Method for Solar Light Simulator with an Attached Evacuated Solar Collected. *International Journal of Energy and Environment*, Vol. 4(2), pp.219-230.

[4] Lee, et al. (2008). *Solar simulator using a combination of mercury and halogen lamps*. US patent. No 7431466 B2.

[5] Zahler, C. *Design, manufacture and installation of a solar simulator for the GREN laboratory an Pontificia Universidade Catolica*

De Minas Gerais in Brazil. In: ISES solar word congress.

[6] Luginsland, F., Steinmetz, J., Zahler, C., Haberle, A. and Kramer, K. *An innovative solar simulator for research*

[7] Kohraku, S. and Kurokawa, K. (2003). New methods for solar cells measurement by led solar simulator. *Photovoltaic Energy Convers*, Vol. 2, pp.1977–1980.

[8] Namin, A., Jivacate, C., Chenvidhya, D., Kirtikara K. and Thongpron, J. (2013). Determination of solar cell electrical parameters and resistances using color and white LED-based solar simulators with high amplitude pulse input voltages. *Renewable Energy,* Vol.54, pp.131–137.

[9] Aksoy, F., Karabulut, H., Çınar, C., Solmaz, H., Özgören, Y.Ö. and Uyumaz, A. (2015). Thermal performance of a Stirling engine powered by a solar simulator. *Apply Thermal Energy, Vol.* 86, pp.161–167.

[10] Meng, Qi., Wang, Y. and Zhang, L. (2011). Irradiance characteristics and optimization design of a large-scale solar simulator. *Solar Energy,* Vol. 85, pp.1758–1767.

[11] ไพฑูรย์ ช่างทองคลองสี่. (2538). การศึกษาทฤษฎีและวิเคราะห์พารามิเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบแสงอาทิตย์เทียม. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ประเทศไทย.

[12] เชี่ยวชาญ โตโคกสูง. (2553). การพัฒนาระบบแสงอาทิตย์เทียบด้วยแอลอีดี. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ประเทศไทย.

[13] นภัทร วัจนเทพินทร์ และ ปกรณ์ สมบูรณ์กิจ. (2555). การพัฒนาชุดกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมอัตโนมัติสำหรับชุดทดลองระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 15(3), หน้า 235-242.

[14] Kovacs, P. (2012) *A guide to the standard EN 12975 (Technical Research Institute of Swed*

การออกแบบและทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อเทอร์โมไซฟอน

DESIGN AND TESTING THERMOSYPHON HEAT EXCHANGER

สุรชัช โชติมณี*, สุระ ตันดี และ ตุลยา ตันดี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*Email: SurachatChotmanee@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและศึกษาสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อเทอร์โมไซฟอน โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาด 700x700x1200 มิลลิเมตร ประกอบด้วยท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ทำจากทองแดง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร หนา 1.3 มิลลิเมตร ยาว1000 มิลลิเมตร จำนวน 28 ท่อ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนทำระเหยยาว 700 มิลลิเมตร และส่วนควบแน่นยาว 300 มิลลิเมตร ไม่มีส่วนกันความร้อน โดยใช้สารทำงาน R134a และน้ำกลั่นบริสุทธิ์ ซึ่งทำการจัดวางท่อลักษณะเป็นแถวซ้อนเหลื่อมกันแบบสลับฟันปลา 4 แถว ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด 3 รูปแบบ 1.) ใช้สารทำงานน้ำกลันบริสุทธิ์ทั้งหมด 28 ท่อ 2.) ใช้สารทำงาน R134a ทั้งหมด 28 ท่อ 3.) ใช้สารทำงานน้ำกลั่นบริสุทธิ์ในกลุ่มท่อแถวแรกจำนวน 7 ท่อ และใช้สารทำงาน R134a จำนวน 21 ท่อ โดยควบคุมอัตราการไหลของน้ำคงที่ 2 ลิตรต่อนาที และอัตราการไหลของอากาศ 1.26, 3.06 และ 4.92 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบคือ 80, 110 และ 140 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อเทอร์โมไซฟอน พบว่าชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้สารทำงาน R134a ให้ค่าประสิทธิผลทางความร้อนสูงที่สุด อิทธิพลของความเร็ว (ตัวเลขเรโนลด์) เมื่ออัตราส่วน Re_h/Re_c มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราส่วนการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนควบแน่นเพิ่มขึ้น

คำหลัก: ท่อเทอร์โมไซฟอน, ตัวเลขเรโนลด์, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

Abstract

This paper presents a case study and test the performance of thermosyphon heat exchanger. The design and construct of heat exchanger have an outside area 700x700x1200 mm. it consists of 28 thermosyphon heat pipes, made of copper in diameter of 25.4 mm. ,1.3 mm. thickness the evaporative section for heating as 700 mm, condenser section as 300 mm, and without the adiabatic section used R134a and distilled water as the working fluid. The thermosyphon staggered is arranged into four rows. The performance of heat exchangers is test in all three patterns. The first experiment used the distilled water as working fluid in 28 pipes, the second experiment used R134a as working fluid in all 28 pipes and the third experiment, used the distilled water as working fluid in seven pipes, installed in the first row that the hot air entered, and R134a was used as working fluid in 21 pipes. The remaining part controlled the flow rate of water to be steady at 2 liters / minute to vary the volume flow rate of hot air three values as 1.26 ,3.06 and 4.92 liter/ minute respectively. The hot air temperature of evaporator varied from 80, 110 and 140 ° C, respectively. The test results of the performance of thermosyphon heat exchanger found that Heat exchanger set that used R134a as working fluid gives the maximum effectiveness. Test results showed that increasing of Reynolds number (Re) Re_h / Re_c ratio causes the ratio of heat transfer at the condenser section increased.

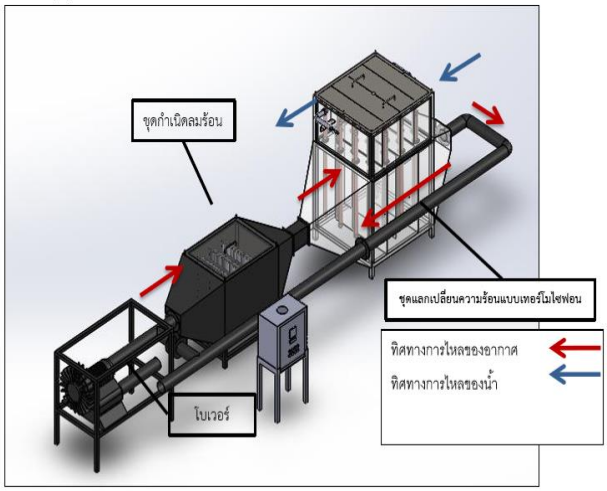
Keywords: Thermosyphon, Reynold number, Heat exchanger

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์และเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ดังนั้น จึงต้องมีการจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอมีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดีสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชากรและสามารถตอบสนองความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ ได้อย่างเพียงพอ เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้ไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองอันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตทางอุตสาหกรรม เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือน ซึ่งการผลิตไฟฟ้าส่วนหนึ่งได้มาจากวัตถุดิบทางธรรมชาติ เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันปิโตเลียม [1] โดยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากวัตถุดิบเหล่านี้จะก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าไอความร้อนเสียที่เกิดจากการเผาไหม้เหล่านี้นั้นสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำมาเพิ่มอุณหภูมิของน้ำโดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงภายในหม้อต้มก่อนนำไอน้ำไปผลิตกระแสไฟฟ้า [2] ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิด ซึ่งอาศัยหลักการนำความร้อนและการพาความร้อน โดยที่ของไหลสองชนิดไม่จำเป็นต้องผสมกัน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นในกระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม หรือการผลิตกระแสไฟฟ้า ในกระบวนการอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนส่วนใหญ่จะมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น อุตสาหกรรมน้ำมัน อุตสาหกรรมปุ๋ย รวมถึงมีความสำคัญต่อการผลิตไฟฟ้าตามโรงงานอุตสาหกรรมต่างจึงทำให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีความจำเป็นอย่างมากในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะเป็นกระบวนการในการใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ยังสามารถลดต้นทุนการผลิตให้แก่ภาคอุตสาหกรรมนั้นๆอีกด้วย [3] ซึ่งบทความนี้ได้ทำการศึกษาเครื่องแลกเปลี่ยนความแบบท่อเทอร์โมไซฟอน จึงได้เล็งเห็นว่าแต่เดิมนั้นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนจะใช้สารทำงานชนิดเดียวในการแลกเปลี่ยนความร้อนคือน้ำ น้ำจะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีในกรณีที่แหล่งให้ความร้อนอุณหภูมิสูง ซึ่งเมื่ออุณหภูมิต่ำลงนั้นน้ำมีจุดเดือดที่สูงจะทำให้ประสิทธิผลในการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง แต่ในทางกลับกันสารทำความเย็นมีจุดเดือดที่ต่ำซึ่งสามารถเดือดภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส จะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่าน้ำในช่วงอุณหภูมิต่ำ [4]

2. วิธีการทดลอง

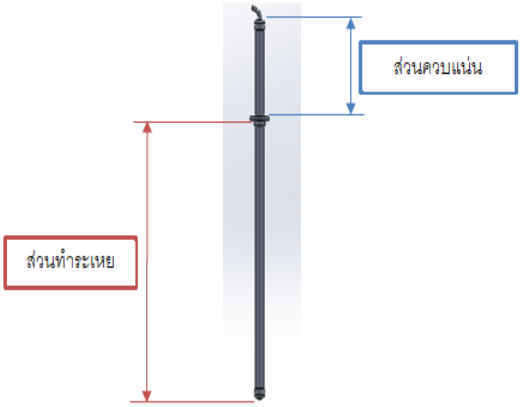
จากการศึกษาและออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อเทอร์โมไซฟนนั้น เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้จึงต้องทำการออกแบบและสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีขนาดที่เหมาะสมที่สุดและเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลาในการสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 1 แบบจำลองลักษณะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

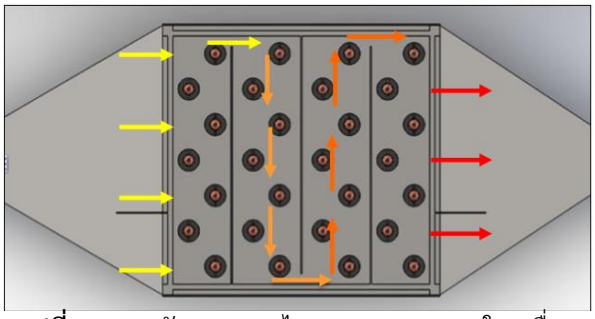
จากรูปที่ 1 จะแสดงทิศทางการไหลของของไหล โดยทิศทางของน้ำจะเป็นไปตามลูกศรสีน้ำเงิน และทิศทางการไหลของอากาศจะเป็นไปตามลูกศรสีแดง ซึ่งอากาศที่ออกมานั้นจะนำวนกลับมาที่ท่อระหว่างโบเวอร์และฮีทเตอร์เพื่อผสมกับอากาศที่ออกมาจากโบเวอร์เพื่อให้ได้อุณหภูมิของอากาศที่จะเข้าสู่ฮีทเตอร์สูงขึ้น และเป็นการประหยัดพลังงานในการทำความร้อนของฮีทเตอร์อีกด้วยซึ่งที่ท่อด้านหลังของโบเวอร์ได้มีการติดตั้งวาล์วเพื่อใช้ในการปรับความเร็วของอากาศ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบอัตราการไหลอากาศ และใช้ เครื่องกำเนิด

ความร้อนเป็นแบบ ฮีทเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความร้อนได้ 1.5 kW ต่อตัว จำนวน 9 ตัว

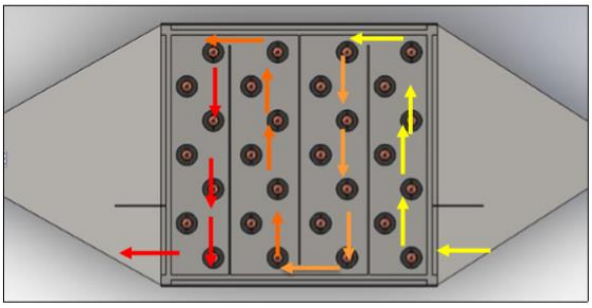


รูปที่ 2 แสดงแบบจำลองท่อเทอร์โมไซฟอน

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นลักษณะและสัดส่วนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนโดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1)ส่วนทำระเหย 2)ส่วนควบแน่น

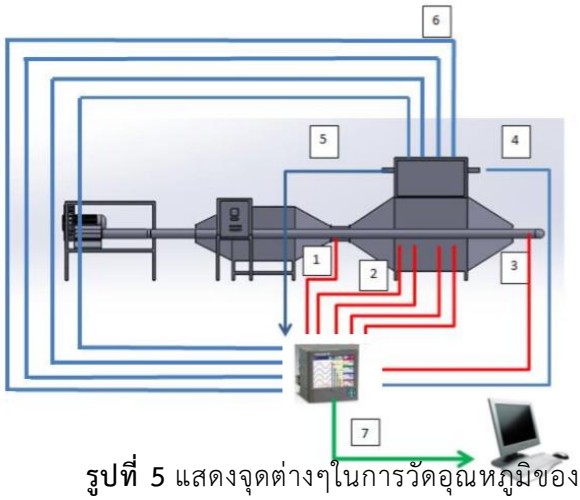


รูปที่ 3 แสดงลักษณะการไหลของอากาศภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 4 แสดงลักษณะการไหลของน้ำภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

จากรูปที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นลักษณะการไหลของน้ำและอากาศตามห้องกั้นทั้งหมด 4 ห้องไหลผ่านท่อเทอร์โมไซฟอนจำนวน 28 ท่อ อากาศ และอากาศจะไหลสวนทางกันกับน้ำเป็นแบบ Cross-flow เพื่อประสิทธิผลสูงสุดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 5 แสดงจุดต่างๆในการวัดอุณหภูมิของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

จากรูปที่ 5 แสดงจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิเพื่อเก็บค่าโดยมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 คือ จุดวัดอุณหภูมิทางลมร้อนเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 2 คือ จุดวัดอุณหภูมิท่อเทอร์โมไซฟอนส่วนทำระเหยทั้งหมดจำนวน 4 ท่อตามห้องกั้นแต่ละห้อง

หมายเลข 3 คือ จุดวัดอุณหภูมิทางลมร้อนออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 4 คือ จุดวัดอุณหภูมิทางน้ำเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 5 คือ จุดวัดอุณหภูมิทางน้ำออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 6 คือ จุดวัดอุณหภูมิท่อเทอร์โมไซฟอนส่วนควบแน่นทั้งหมดจำนวน 4 ท่อตามห้องกั้นแต่ละห้อง

หมายเลข 7 คือ นำข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูลไปประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์

เมื่อทำการติดตั้งชุดทดลองเสร็จสิ้นทำการทดลองโดยการปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องทำความร้อน และตั้งความเร็วลม,น้ำ ที่เข้าจะถูกป้อนเข้าไปในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หลังจากนั้นรอจนอุณหภูมิที่ป้อนเข้าคงที่แล้วจึงทำการเก็บค่าอุณหภูมิอากาศเข้า,ออก และอุณหภูมิน้ำเข้า,ออก อุณหภูมิท่อเทอร์โมไซฟอนท่อ

แรกของห้อง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิผลและอัตราส่วนเลขเรโนลด์จากสมการดังนี้

ตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number: Re) โดยค่า Re_c นั้นจะเป็นค่าคงที่เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าระบบมีค่าคงที่คือ 2 ในส่วนของ Re_h นั้นจะเปลี่ยนไปตามอัตราการไหลของอากาศ

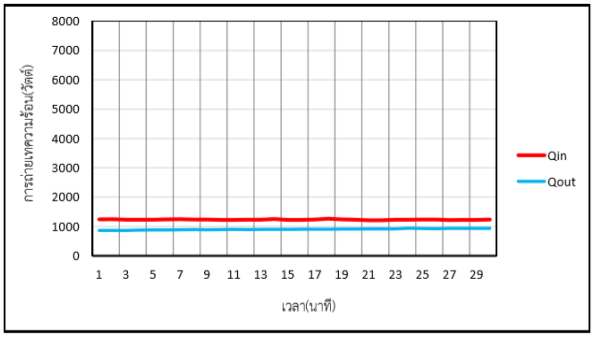
$$Re_c = \frac{\rho v D}{\mu}$$

ค่าประสิทธิผลทางความร้อน (Effectiveness: ε)ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$$\varepsilon = \frac{(UA\Delta T)}{(mc_{p_{min}})\Delta T_{min}}$$

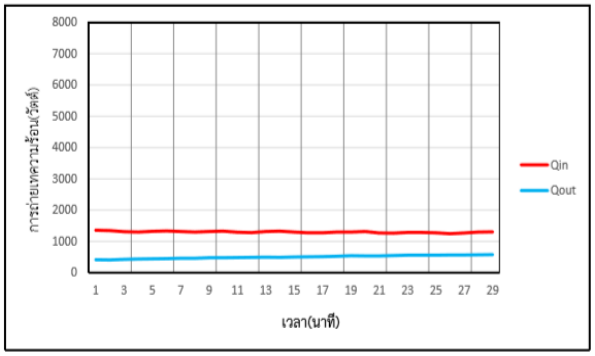
3. ผลการทดลอง

จากการทดลองเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอนแบบใช้น้ำเป็นสารทำงาน ใช้ R134a เป็นสารทำงาน และชุดท่อที่มีทั้งน้ำและ R134a เป็นสารทำงานภายในชุดเดียวกันที่อัตราการไหลของอากาศ ที่ 1.26 3.06 และ 4.92 ลิตร/นาที กำหนดอุณหภูมิอากาศที่ป้อนเข้า 80 110 และ140 องศาเซลเซียส และควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ 2 ลิตร/นาที โดยควบคุมอุณหภูมิทางน้ำเข้าที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแสดงอัตราการถ่ายเทความร้อน ประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และจำนวนการถ่ายเทความร้อนซึ่งมีผลการทดลองทั้งหมด 27 ชุด โดยจะนำเสนอผลการทดลองที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสและอัตราการไหลของอากาศ ที่ 1.26 ลิตร/นาที โดยอัตราการไหลและอุณหภูมิที่นำเสนอนี้จะเป็นค่าที่เห็นความชัดเจนในอัตราส่วนต่างๆมากกว่าค่าอื่น



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนทำระเหย และส่วนควบแน่นของท่อความร้อนที่มี R134a เป็นสารทำงาน ที่อัตราการไหลอากาศ 1.26 ลิตร/นาที

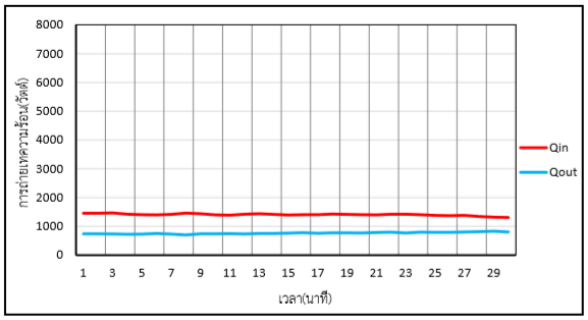
จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนทำระเหยมีค่าประมาณ 1231 วัตต์ โดยมีค่ามากกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนควบแน่นซึ่งมีค่าอัตรการการถ่ายเทความร้อนอยู่ที่ ประมาณ 902 วัตต์ จะเห็นได้ว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนนั้นมีค่าเกือบจะคงที่



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนทำระเหย และส่วนควบแน่นของท่อความร้อนที่มีน้ำกลั่นบริสุทธิ์เป็นสารทำงาน ที่อัตราการไหลอากาศ 1.26 ลิตร/นาที

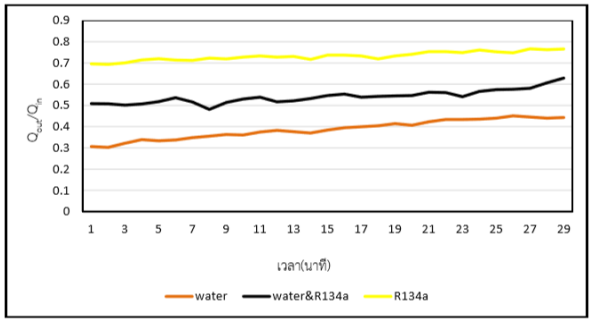
จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่า อัตราการให้ความร้อนมีค่าเฉลี่ย 1299 วัตต์ และส่วนถ่ายเทความร้อนส่วนควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 501 วัตต์ ซึ่งค่าแตกต่างกันเกือบ 2 เท่า และ อัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างส่วนให้ทำระเหยและส่วนควบแน่น ด้านซ้ายมือ มีค่ามากกว่าด้านขวามือ ซึ่งเกิดจากช่วงแรกนั้น อุณหภูมิของน้ำนั้นยังมีอุณหภูมิน้อยอยู่จึงทำการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าช่วงท้ายซึ่งมีการสะสมความร้อนในระบบแล้วจึงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 6 นั้นจะเห็นได้ว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ R-134a

เป็นสารทำงานจะมีค่ามากกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใช้น้ำเป็นสารทำงาน



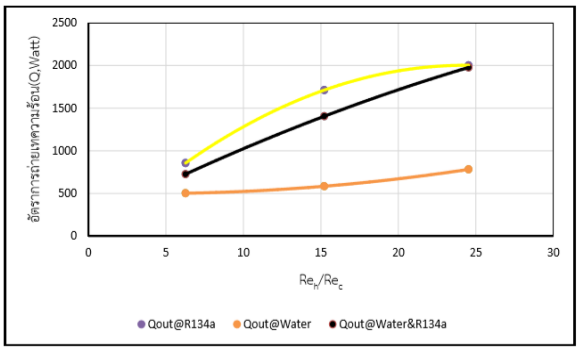
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนทำระเหย และส่วนควบแน่นของท่อความร้อนที่มี R134a และน้ำกลั่นบริสุทธิ์เป็นสารทำงาน ที่อัตราการไหลอากาศ 1.26 ลิตร/นาที

จากรูปที่ 8 จะแสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของส่วนทำระเหย และส่วนควบแน่นซึ่งใช้น้ำและ R-134a เป็นสารทำงานโดยทำการติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้น้ำเป็นสารทำงานเป็นจำนวน 1 แถว ทั้งหมด 7 ท่อ และ R-134a เป็นจำนวน 3 แถว ทั้งหมด 21 ท่อ ส่วนทำระเหยมีค่าเฉลี่ย 1406 วัตต์ และ ส่วนควบแน่นมีค่าเฉลี่ย 761 วัตต์ ซึ่งค่าแตกต่างกันเกือบ 2 เท่า และ อัตราการถ่ายเทความร้อนของชุดสารทำงานที่ใช้น้ำกลั่นบริสุทธิ์และ R-134a เป็นสารทำงานจะมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมากกว่าที่ใช้น้ำกลั่นบริสุทธิ์เป็นสารทำงานเนื่องจากชุดท่อแรกนั้นใช้สารทำงานเป็นน้ำกลั่นบริสุทธิ์ซึ่งทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูงและเมื่อผ่านชุดท่อแรกไปอุณหภูมิของอากาศก็จะลดลง แต่เนื่องจากชุดท่อที่ 2 3 และ 4 นั้นใช้สารทำงานเป็นสารทำความเย็น R134a ซึ่งมีจุดเดือดที่ต่ำสารทำงานจึงยังทำงานได้ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะลดลง



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{out}/Q_{in} ต่อเวลา ที่อุณหภูมิ 110 °C อัตราการไหลของอากาศ 1.26 ลิตร/นาที

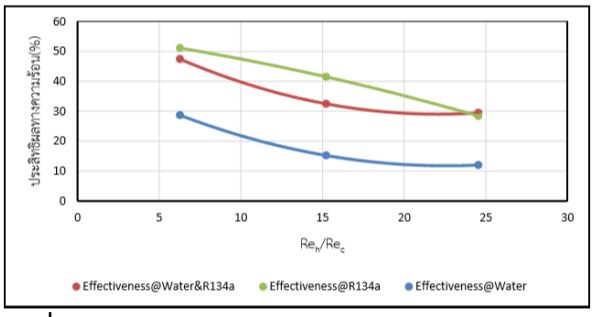
จากรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{out}/Q_{in} ต่อเวลา ที่อุณหภูมิ 110 °C อัตราการไหลของอากาศ 1.26 ลิตร/นาที พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปถึงระยะเวลาหนึ่งค่าอัตราส่วนการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเพราะค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนด้านรับความร้อนและได้ให้ความร้อนมีค่าเกือบจะคงที่จะทำให้อัตราส่วนคงที่ด้วย ซึ่งค่าที่มีอัตราส่วนสูงที่สุดชุดที่ใช้ R134a เป็นสารทำงาน ซึ่งจะมีอัตราส่วนอยู่ในช่วง 0.7 – 0.8 เนื่องจากสารทำงาน R134a มีจุดเดือดที่ต่ำ จึงทำให้เมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนเดียวกันกับท่อที่ใช้น้ำเป็นสารทำงาน จะทำให้ R134a มีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าน้ำกลั่นบริสุทธิ์



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Re_h/Re_c และอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนทำระเหย

จากรูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน Re_h/Re_c และอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนทำระเหยเป็นการแสดงอิทธิพลของความเร็วซึ่งอยู่ในรูปแบบของอัตราส่วนตัวเลขเรย์โนลด์ ระหว่างอากาศร้อนกับน้ำเย็น (Re_h/Re_c) เนื่องด้วยการทดสอบอิทธิพลของความเร็ว(ตัว

เลขเรย์โนลด์) ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนอย่างเด่นชัดโดยการเปลี่ยนอัตราเร็วของอากาศร้อนที่ป้อนเข้าไปตามเงื่อนไขและขอบเขตดังกล่าว ในการพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนซึ่งจะพิจารณาที่ส่วนทำระเหย เพราะว่า วัตถุประสงค์ในการทดลองครั้งนี้มีเป้าหมายที่จะหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่สามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำที่ป้อนเข้าสู่ระบบได้ การทดสอบได้นำเสนอในช่วงอัตราส่วน Re_h/Re_c คือ 5 ถึง 25 ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการกำหนดอัตราส่วนของ Re_c คงที่ ซึ่งทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน Re_h เพื่อทำการทดลอง



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Re_h/Re_c และค่าประสิทธิผลทางความร้อน

จากรูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน Re_h/Re_c กับประสิทธิผลทางความร้อนเป็นการแสดงอิทธิพลของความเร็วซึ่งอยู่ในรูปแบบของอัตราส่วนตัวเลขเรย์โนลด์ ระหว่างอากาศร้อนกับน้ำเย็น (Re_h/Re_c) การทดสอบอิทธิพลของความเร็ว(ตัวเลขเรย์โนลด์) ที่มีผลต่อประสิทธิผลทางความร้อนให้เด่นชัดโดยการเปลี่ยนอัตราเร็วของอากาศร้อนที่ป้อนเข้า ในการทดลองครั้งนี้มีเป้าหมายที่จะหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่สามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำที่ป้อนเข้าสู่ระบบ เมื่อพิจรณาความสัมพันธ์พบว่าชุดท่อที่มี R134a เป็นสารทำงานนั้นจะมีค่าประสิทธิผลทางความร้อนสูงที่สุดเฉลี่ยนที่ 51.13 % และชุดท่อที่มีน้ำกลั่นบริสุทธิ์เป็นสารทำงานมีค่าประสิทธิผลทางความร้อน 12.02 % พบว่าเมื่ออัตราส่วนตัวเลขเรโนลด์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าประสิทธิผลทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง

4. สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบและทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากอากาศร้อนจากชุดกำเนิดลมร้อนซึ่งประกอบด้วยฮีทเตอร์ และโบว์เวอร์เพื่อกำหนดอัตราการไหลของอากาศร้อน โดยสามารถอธิบายผลการทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ผลสรุปดังนี้

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและเวลา พบว่าค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าใกล้เคียงกันจนเกือบจะคงที่ซึ่งชุดที่มีค่าอัตรา การถ่ายเทความร้อนส่วนทำระเหยมากที่สุดคือชุดที่ใช้ R134a เป็นชุดสารทำงาน

4.2 อิทธิพลของความเร็ว (ตัวเลขเรย์โนลด์) พบว่าเมื่ออัตราส่วน Re_h/Re_c มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วนการถ่ายเทความร้อนส่วนทำระเหยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งชุดท่อที่ใช้ R134a เป็นสารทำงานมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอีก 2 ชนิด เมื่อให้แหล่งความร้อนที่เท่ากัน

4.3 อิทธิพลของความเร็ว (ตัวเลขเรย์โนลด์) พบว่าเมื่ออัตราส่วน Re_h/Re_c มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิผลก็จะลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิของอากาศร้อนเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิผลก์ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เว็บไซต์กระทรวงพลังงานแห่งประเทศไทย http://webkc.dede.go.th/testmax/node

[2] ทวีศักดิ์ ทวีวิทยาการ, 2541.การออกแบบและทดลองเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบท่อความร้อน . มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[3] นิพนธ์ ภูวเกียรติกำจร, 2552.เครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบเทอร์โมไซฟอนสำหรับประหยัด พลังงานในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[4] ธัญญา ปรเมษฐานุวัฒน์, 2552 .การประยุกต์ใช้เทอร์โมไซฟอนส้าหรับประหยัดพลังงานในเตาอบรมควันไส้กรอกปลา.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

The Design and Development Cutting Machine of Napier Grass for Dairy Cow Feeding

ชัยณรงค์ หล่มช่างคำ[1*] กิตติพล ขาวงาม[1] เลิศพันธ์ เพียรสร้างสรร[2] ชัยยันต์ จันทร์ศิริ[3] และ ชุติมา จำรัสแนว[4]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต จังหวัดหนองบัวลำภู 39000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต จังหวัดหนองบัวลำภู 39000
[3]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 4002
[4]โรงเรียนบ้านดอนอุดม ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ 36180
*ผู้ติดต่อ: E-mail Lomchangkum.C@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 087-9451522

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนมและทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์ โดยกำหนดปัจจัยหลักที่ทำการทดสอบ คือ ความเร็วรอบของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ 600 700 และ 800 รอบ/นาที และมุมองศาของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ มุม 0 5 และ 10 องศา ผลการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม พบว่าความเร็วรอบของใบมีดสับ 700 รอบ/นาที และมุมใบมีดสับที่มุม 5 องศา เหมาะสมที่สุดสำหรับสับหญ้าเนเปียรมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 300.23±1.44 กิโลกรัม/ชั่วโมง ปริมาณความสูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 25.45±1.78 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุเฉลี่ยเท่ากับ 65.28±2.13 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: เครื่องสับ, อาหารสัตว์, มุมองศาของใบมีด

Abstract

The objective of this research is to The Design and Development Cutting Machine of Napier Grass for Dairy Cow Feeding and Test and evaluate the performance of the Napier grass mower. The main factors tested were the speed of the chopper blade of 3 levels of 600 700 and 800 rpm, and the angle of the chopper blade at 3 angles of 0 5 and 10 degrees. The Cutting Machine of Napier Grass for Dairy Cow Feeding speed was 700 rpm and the chopper angle at 5 degrees was most suitable for napkin cutting. The average working capacity was 300±1.44 kg/h. The average loss is 25±1.78 % and the average material efficiency is 65±2.13 %

Keywords : Cutting Machine, animal feed, knive angle.

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ปัญหาที่พบมากที่สุดในการเลี้ยงโคนม คือ อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงโคนมมีราคาที่สูงขึ้น ทั้งอาหารหยาบ อาหารข้น แร่ธาตุ วิตามิน และน้ำ แต่ผลผลิตคือน้ำนมที่ผลิตได้ต่อตัวยังอยู่ในระดับต่ำ อีกทั้งราคาน้ำนมดิบที่รับซื้อยังมีราคาถูกด้วย ขณะที่ประเทศเพื่อนบ้านหรือประเทศอื่นที่เลี้ยงโคนมหลังประเทศไทยหลายสิบปีมีผลผลิตเพิ่มขึ้น คุณภาพนมดิบมีคุณภาพ ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจึงหันมาลดต้นทุนการผลิตด้วยการหาพืชอาหารสัตว์มาใช้เลี้ยงโคนมเพื่อลดต้นทุนของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม หญ้าเนเปียร์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เข้ามาแก้ไขปัญหานี้ เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ มีลักษณะเด่นคือ เป็นหญ้าลำต้นตรง ขยายพันธุ์โดยท่อนพันธุ์ โตเร็ว มีโปรตีนสูง ไม่มีขนทำให้คันตอบสนองต่อปุ๋ยและน้ำได้ดี แตกกอดี ใบและลำต้นอ่อนนุ่ม ปลูกได้ทั้งปี เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทุกๆ 45-60 วัน การตัด 5-6 ครั้ง/ปี แต่ก่อนที่จะนำหญ้าเนเปียร์มาใช้เป็นอาหารเลี้ยงโคนม เกษตรกรต้องหั่นหรือสับหญ้าเนเปียร์ให้มีขนาดเล็กเพื่อให้โคนมกินง่าย (ประมาณ 2-3 เซนติเมตร) และเมื่อพิจารณาถึงความสำคัญประกอบกับปัญหาที่พบเกี่ยวกับเครื่องสับหญ้าเนเปียร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด [1]

คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหญ้าเนเปียร์ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่าท้องตลาด การทำงานของเครื่องถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน โดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ใบมีดสับเป็นแบบชุดทรงกระบอก วงล้อใบมีดขนาด 16 นิ้ว ยึดด้วยแผ่นใบมีดจำนวน 6 ใบ ตามแนวทรงกระบอก โดยการออกแบบแนวมุมเฉือน ที่เหมาะสม ทำให้การสับหญ้าเนเปียร์มีความคมเฉือนที่ดี ไม่เกิดการสั่นสะเทือน มีดจะมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ใบมีดสับใช้ใบมีดแบบ Cutter bar ที่มีความแข็งชนิดพิเศษ ไม่เปราะ สามารถถอดเปลี่ยนได้และหาซื้อตามท้องตลาดได้ทั่วไป อีกอย่างสามารถนำไปใช้สับพืชชนิดอื่นๆ ได้ เช่น ต้นข้าวโพด ยอดอ้อย ต้นถั่วลิสง และใบผักตบชวา เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม
2. ทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

3. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้โดยใช้หญ้าเนเปียร์ในเขตพื้นที่จังหวัดหนองบัวลำภู เป็นข้อมูลในการวิจัยเพื่อทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

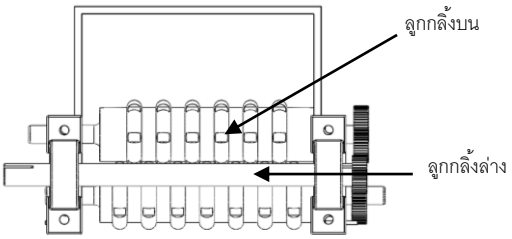
4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ออกแบบเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

ได้พิจารณาจากและได้ศึกษาเครื่องต้นแบบจากเครื่องสับเดิมที่มีอยู่แล้ว [2] และ [3] ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ โดยมีเกณฑ์การพิจารณาในการออกแบบดังนี้

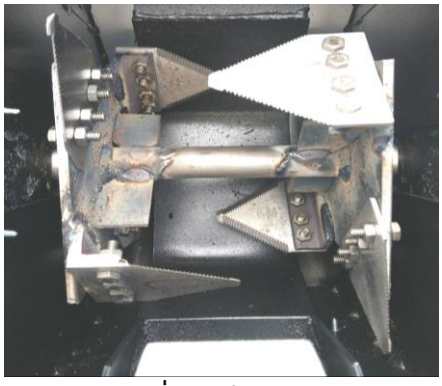
1.1 โครงสร้าง เป็นส่วนฐานทำจากเหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร มีขนาด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 5.7x 6.8 9.0 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.2 ชุดลูกกลิ้งป้อน ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ตัว คือ ตัวบนและทำหน้าที่ดึงวัสดุเข้าภายในเครื่องสับ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดลูกกลิ้งป้อน

1.3 ชุดใบมีดสับ จะนำใบมีดแบบ Cutter bar หนา 6 มิลลิเมตร นำมาใช้ในการสับและนำมายึดติดกับเหล็กแบนหนา 8 มิลลิเมตร ใบมีดสับเป็นแบบชุดทรงกระบอก วงล้อใบมีดขนาด 16 นิ้ว ยึดด้วยแผ่นใบมีดจำนวน 6 ใบ ตามแนวทรงกระบอก โดยการออกแบบแนวมุมเฉียงที่เหมาะสม ทำให้การสับหญ้าเนเปียร์มีความคมเฉือนที่ดี ไม่เกิดการสั่นสะเทือน ต้นกำลัง คือ มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดใบมีดสับ

4.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ปัจจัยหลักที่ทำการทดสอบ คือ ความเร็วรอบของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ 600 700 และ 800 รอบ/นาที และมุมองศาของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ มุม 0 5 และ 10 องศา

ค่าชี้ผลการทดสอบ

ประกอบด้วย ความสามารถในการทำงานจริง ปริมาณความสูญเสียหลังการสับ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

สูตรสมการที่ใช้ในการคำนวณ

1. สูตรการคำนวณหาค่าความสามารถในการทำงานจริง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

$$C_p = \frac{m_1}{t \times n} \qquad (1)$$

เมื่อ C_p = ความสามารถในการทำงานจริง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

m_1 = น้ำหนักของหญ้าเนเปียร์ที่สับได้ทั้งหมด (กิโลกรัม)

t = เวลาการทำงานของเครื่องสับ (ชั่วโมง)

n = จำนวนคนปฏิบัติงาน (คน)

2. สูตรการคำนวณหาค่าปริมาณความสูญเสียหลังการสับ

$$L_s = \frac{m_2}{m_1} \times 100\,\% \qquad (2)$$

เมื่อ L_s = ปริมาณความสูญเสียสับหลังสับ (เปอร์เซ็นต์)

m_1 = น้ำหนักของหญ้าเนเปียร์ทั้งหมดก่อนสับ (กิโลกรัม)

m_2 = น้ำหนักของหญ้าเนเปียร์ที่สับได้ทั้งหมด (กิโลกรัม)

3. สูตรการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุ

$$E_f = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ E_f = ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุ (เปอร์เซ็นต์)

m_1 = น้ำหนักของหญ้าเนเปียร์ทั้งหมดก่อนสับ (กิโลกรัม)

m_2 = น้ำหนักของหญ้าเนเปียร์ที่สับได้ทั้งหมด (กิโลกรัม)

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม



รูปที่ 3 เครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

5.2 ผลการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

ผลการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยกำหนดปัจจัยหลักที่ทำการทดสอบ คือ ความเร็วรอบของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ 600 700 และ 800 รอบ/นาที และมุมองศาของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ มุม 0 5 และ 10 องศา ค่าชี้ผลการทดสอบ

ประกอบด้วย ความสามารถในการทำงานจริง ปริมาณความสูญเสียหลังการสับ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุ จากการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม พบว่าความเร็วรอบของใบมีดสับและทุกอัตราการป้อน ที่ความเร็วรอบ 700 รอบ/นาที สามารถสับได้ตามขนาดที่ต้องการ คือ 2-3 เซนติเมตร ทั้งนี้เมื่อความเร็วรอบยิ่งต่ำเกินไปทำให้ไม่สามารถสับหญ้าได้ตามขนาดที่ต้องการทำให้เกิดปริมาณความสูญเสียมากและได้ปริมาณที่น้อย โดยสับได้ขนาด 4-6 เซนติเมตร เมื่อนำหญ้าไปให้โคนมกินในส่วนปลายของหญ้าจะหักและหลุดจากปากทำให้เกิดการสูญเสีย และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบมากยิ่งขึ้นทำให้หญ้าขนาดสั้นลง เมื่อนำหญ้าไปให้โคนมกิน เนื่องจากโคนมเป็นสัตว์ 4 กระเพาะ ทำให้ไม่สามารถนำกลับออกมาเคี้ยวเอื้องได้อีก

ส่วนการทดสอบ มุมใบมีดสับ ผลการทดสอบพบว่าที่ มุมองศาของใบมีดที่เหมาะสมที่สุด คือ มุม 5 องศา ทั้งนี้เมื่อมุมองศาของใบมีดน้อยเกินไปทำให้ใบมีดไม่สามารถสับหญ้าได้ ทำให้เกิดการสูญเสีย ในขณะที่มุมองศาของใบมีดสับมากเกินไปทำให้ส่วนที่คมของใบมีดไม่สัมผัสกับหญ้า ทำให้ขนาดยาวเกินไป ดังนั้น ความเร็วรอบของใบมีดสับ 700 รอบ/นาที และมุมใบมีดสับที่มุม 5 องศา เหมาะสมที่สุดสำหรับสับหญ้าเนเปียร์ มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 300.23±1.44 กิโลกรัม/ชั่วโมง ปริมาณความสูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 25.45±1.78 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุเฉลี่ยเท่ากับ 65.28±2.13 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 4 การทดสอบเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม

ความเร็วรอบของใบมีดสับ (รอบ/นาที)	ใบมีดสับ (องศา)	ขนาดของหญ้าเนเปียร์ (เซนติเมตร)	ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณความสูญเสียหลังการสับ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุ (เปอร์เซ็นต์)
600	0	7.78^{a}±1.03	154.45^{a}±0.23	54.45^{a}±0.45	22.23^{a}±1.45
	5	6.23^{b}±2.03	206.56^{b}±1.34	40.23^{b}±1.25	31.45^{b}±2.45
	10	4.64^{c}±3.57	178.12^{c}±2.34	46.36^{c}±2.32	27.56^{c}±0.56
700	0	6.57^{a}±2.45	243.67^{a}±2.08	35.12^{a}±0.12	54.43^{a}±0.89
	5	2.78^{b}±1.34	300.23^{b}±1.44	25.45^{b}±1.78	65.28^{b}±2.13
	10	5.02^{c}±2.34	265.55^{c}±3.25	31.36^{c}±1.23	60.78^{c}±2.34
800	0	4.55^{a}±1.23	248.86^{a}±4.12	38.67^{a}±2.32	52.77^{a}±1.23
	5	1.48^{b}±2.45	315.45^{b}±3.67	30.30^{b}±1.27	43.34^{b}±2.00
	10	3.44^{c}±3.23	274.13^{c}±1.22	36.34^{c}±2.56	48.67^{c}±1.48

* ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

6.สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์ โดยกำหนดความเร็วรอบของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ 600 700 และ 800 รอบ/นาที และมุมองศาของใบมีดสับ 3 ระดับ คือ มุม 0 5 และ 10 องศา ผลการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องสับหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารโคนม พบว่าความเร็วรอบของใบมีดสับ 700 รอบ/นาที และมุมใบมีดสับที่มุม 5 องศา เหมาะสมที่สุด สำหรับสับหญ้าเนเปียรมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 300.23±1.44 กิโลกรัม/ชั่วโมง ปริมาณความสูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 25.45±1.78 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงวัสดุเฉลี่ยเท่ากับ 65.28±2.13 เปอร์เซ็นต์

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบ้านดอนอุดม จังหวัดชัยภูมิสำหรับเอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัยและขอขอบคุณวิทยาลัยพิชญบัณฑิตสำหรับสนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนเกษตรกร-โคนม (2560). แหล่งข้อมูล http:/ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_-web/yearly/2557/book2557/03.pdf. เข้าถึงเมื่อ 4 เมษายน 2560.

[2] ณพล เหลืองพิพัฒน์สร, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์. (2560). การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10, หน้า 144-149.

[3] ภรต กุญชร ณ อยุธยา, สุวิทย์ บุญยวานิช และอดุลวรรณ จนา (2539). การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหาสัตว์แห้งและสดอเนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์. รายงานวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

ออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการควบคุมความชื้นภายในดิน

Design and Construction of Automatic watering Devices for Melon by Soil Moisture control

พิศาล หมื่นแก้ว*, ภาคิไนย ภูพวก และ สิริธร สุภาคาร สุกัญญา ทองโยธี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: pisal_pum@hotmail.com, Tel: 043-283700-2, Fax: 043-283700-2

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาและออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการควบคุมความชื้นภายในดิน การประเมินผลความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน ณ DINO MELON FARM ต.วังชัย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น พบว่าความชื้นในดินที่เหมาะสมในการปลูกเมล่อนอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติฯ ที่สร้างขึ้น สามารถควบคุมความชื้นให้กับเมล่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ปริมาณน้ำ 300 ลิตรต่อวันต่อโรงเรือน เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำด้วยระบบตั้งเวลาการให้น้ำ พบว่าการให้น้ำลดลงจากเดิม 75 ลิตร เมื่อทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผลเมล่อน ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มติดผลถึงช่วงเวลาเก็บเกี่ยว พบว่าผลเมล่อนที่ใช้ชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติฯ มีผลการเจริญเติบโตมากกว่าผลเมล่อนที่ได้รับการให้น้ำแบบระบบตั้งเวลา 13.80 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: เมล่อน, ระบบให้น้ำอัตโนมัติ, ควบคุมความชื้นในดิน

Abstract

This study aimed to design and construction of automatic watering devices for melon by soil moisture control. The evaluate of suitable for the ground of melon at Dino water melon farm At Tambon Wangchai, Amphoe Nam Phong, Khon Kaen. The result, soil moisture was appropriate for melon in the range 20 – 50 percent, the automatics watering controller device could be control the soil moisture was 35 percent and the watering was 300 liter per day per house. That compare to the timer watering system and the automatics watering system, found that the automatics watering system could be reduce the watering was 75 liter per day per house and the growing of melon more than the timer watering system was 13.80 percent.

Keywords: Melon, automatics watering system, soil moisture control

1. บทนำ

เมล่อนเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมที่สุด คือ ดินร่วนปนทรายที่สามารถระบายน้ำดี เมล่อนเป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำขัง และมีสภาพความเป็นกรดเป็นระหว่าง pH 6.5 ถึง 7 สภาพอากาศอบอุ่น มีแสงแดดอย่างเพียงพอ และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำความชื้นในดินที่เหมาะสมในการปลูกอยู่ที่ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในเวลากลางวันอยู่ที่ 25 ถึง 35 องศาเซลเซียส และในเวลากลางคืนอยู่ที่ 18 ถึง 20 องศาเซลเซียส เมล่อนเป็นพืชที่มีใบใหญ่คายน้ำมากจึงต้องการน้ำมากในแต่ละวัน ความต้องการน้ำของต้นเมล่อนในช่วงเริ่มต้นหลังย้ายกล้าอาจอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1 ลิตรต่อต้นต่อวัน และในช่วงที่กำลังออกดอกและติดผลอาจสูงถึงวันละ 1.5 ถึง 2 ลิตรต่อต้นต่อวัน อย่างไรก็ตามความต้องการน้ำของต้นเมล่อนสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ แม้ในฤดูกาล เดียวกันก็ยังแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 80 ถึง 95 วัน หลังการปลูก

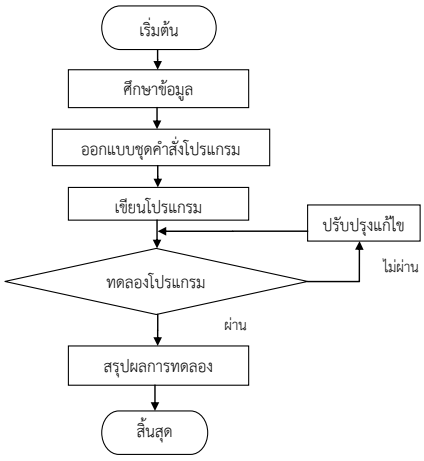
จากการศึกษาระบบการให้น้ำเมล่อน ณ DINO MELON FARM ต.วังชัย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น พบว่าชุด

ควบคุมให้น้ำเมล่อนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นมีการควบคุมโดยการตั้งเวลาในการให้น้ำหยด ซึ่งระบบการควบคุมการให้น้ำดังกล่าวมีความสูญเสียเนื่องจากการให้ปุ๋ย ให้น้ำเกินความจำเป็น และปัญหาเรื่องสภาพอากาศที่ไม่คงที่ผู้ประกอบการจึงไม่สามารถควบคุมน้ำได้ เช่น ปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงของการปลูก ซึ่งในแปลงปลูกมีความชื้นมากชุดควบคุมก็ยังทำงานอยู่ จึงทำให้ความชื้นและแร่ธาตุในดินของแปลงเพาะปลูกนั้นเกินความต้องการของเมล่อนซึ่งไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นเมล่อน จึงทำให้มีโอกาสเกิดโรคเน่าในระบบรากได้ง่ายและยังเป็นที่สะสมของโรคทางดินติดต่อไปยังฤดูกาลต่อไป

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้ทำวิจัยจึงได้มีแนวคิดในการศึกษาออกแบบสร้างชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติ โดยการตรวจวัดและควบคุมความชื้นภายในดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. อุปกรณ์และวิธีการ

ในกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งรายละเอียดขั้นตอนการวิจัย ซึ่งสามารถแสดงแผนการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนการดำเนินงานวิจัย

2.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล

ในขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ผู้ทำวิจัยได้แบ่งรายระเอียดการศึกษาข้อมูลดังนี้ คือ 1) ระบบการให้น้ำ ณ DINO MELON FARM ต.วังชัย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น 2) ออกแบบสร้างชุดให้น้ำอัตโนมัติจากข้อมูลเบื้องต้นในข้อที่ 1 และ 3) วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบการให้น้ำเมล่อนระหว่างการให้น้ำในระบบใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น และการให้น้ำในระบบเดิม โดยมีรายละเอียดดังนี้

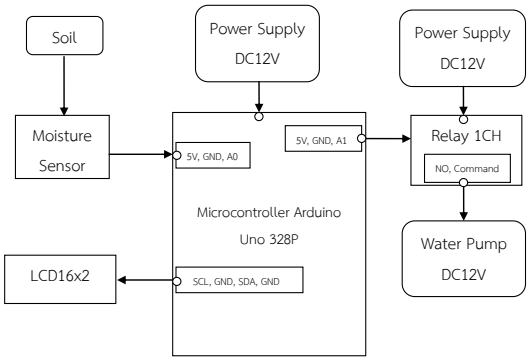
2.1.1 ศึกษาการติดตั้งระบบให้น้ำในฟาร์มเมล่อนเพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติ โดยผู้วิจัยดำเนินการสอบถามข้อมูลและลงพื้นที่ศึกษารายละเอียดในการติดตั้งระบบน้ำกับเจ้าของกิจการโดยตรง

2.1.2 ศึกษาความชื้นของดินที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเมล่อน เพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมในการเขียนคำสั่งสำหรับชุดไมโครคอนโทรเลอร์ โดยการสอบเทียบค่าที่อ่านได้จากการต่ออุปกรณ์ขาอิเล็กโทรดเข้ากับชุดไมโครคอนโทรเลอร์โดยอาศัยหลักการความต้านทานกระแสไฟฟ้าภายในดิน ซึ่งค่าความต้านทานที่อ่านได้จากขาอิเล็กโทรดมีความสัมพันธ์ต่อความชื้นภายในดิน หลังจากนั้นทำการสุ่มตรวจวัดค่าความชื้นในดินที่ระดับต่างๆและเปรียบเทียบค่าในห้องปฏิบัติการเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินและค่าที่อ่านได้จากชุดไมโครคอนโทรเลอร์

2.2. การศึกษาออกแบบและสร้างชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติ

2.2.1 ออกแบบชุดคำสั่งโปรแกรมและเขียนโปรแกรม โดยหลักการของการเขียนโปรแกรมนี้คือโปรแกรมรับค่าจากโมดูล USB Port ของ Mega 328P ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ปัญหาผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยนี้คือการควบคุมปั๊มน้ำตามเงื่อนไขที่ต้องการ

2.2.2 การออกแบบและสร้างชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินสามารถออกแบบได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Blog Diagram ของชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติ

2.3. วิธีการทดสอบ

2.3.1 เตรียมความพร้อมของชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติ

ด้วยการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น โดยกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ให้มีระยะห่างจากโคนต้นเมล่อน 5 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นตำแหน่งในวงรัศมีรากเมล่อน

2.3.2 สุ่มหัวน้ำหยดที่ทำการติดตั้งเพื่อวัดปริมาณน้ำที่ใช้ โดยมีการสุ่มและสลับสับเปลี่ยนหัวน้ำหยดสำหรับใช้วัดค่าปริมาณการให้น้ำ

2.3.3 ทำการเปิดระบบ และเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์ผล

2.3.4 บันทึกค่าความชื้นและปริมาณการให้น้ำเมล่อน

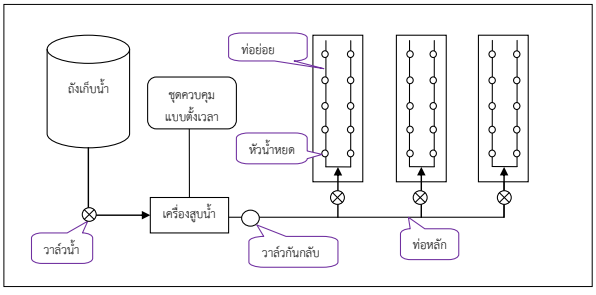
2.3.5 การเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำเมล่อนแบบชุดควบคุมตั้งเวลา และแบบชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติ โดยใช้ตัวอย่างต้นเมล่อนจำนวน 250 ต้น (1โรงเรือน)

2.3.6 วิเคราะห์การเจริญเติบโต โดยทำการวัดเส้นรอบวงผลเมล่อน ระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากเริ่มติดผล

3. ผลการทดสอบ

3.1 ผลการศึกษาข้อมูล

3.1.1 ผลศึกษาการติดตั้งระบบให้น้ำในฟาร์มเมล่อน พบว่า ระบบน้ำที่ใช้อยู่ในฟาร์มไดโนเมล่อน คือ ระบบน้ำหยดแบบตั้งเวลา ปริมาณน้ำที่ให้กับต้นเมล่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.5 ลิตรต่อต้นต่อวัน หรือ 375 ลิตรต่อโรงเรือนต่อวัน ซึ่งในแต่ละโรงเรือนมีการวางระบบน้ำดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบการให้น้ำหยดแบบตั้งเวลา

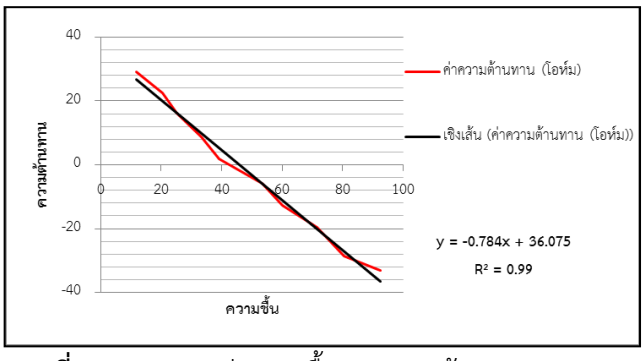
3.1.2 ผลการศึกษาความชื้นของดินที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเมล่อนพบว่า ความชื้นในดินที่เหมาะสมในการปลูกเมล่อนอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และผลการวัดค่าความต้านทานในดินด้วยอุปกรณ์ขาอิเล็กโทรด พบว่าเมื่อดินมีความชื้นสูงขึ้นค่าความต้านทานที่อ่านได้จะมีค่าต่ำลง ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 4

ตารางที่ 1 แสดงค่าความต้านทานจากแท่งอิเล็กโทรดเรียงลำดับจากดินแห้งถึงดินเปียก

ตัวอย่างดินทดสอบ*	ค่าความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1	29.0	11.90
2	22.5	20.34
3	16.1	25.05
4	8.7	33.38
5	1.8	39.08
6	-5.9	53.44
7	-12.8	60.22
8	-19.6	71.60
9	-28.6	80.62
10	-33.2	92.57

*หมายเหตุ ดินที่ใช้สำหรับทดสอบคือ ดินที่ผู้ประกอบการทำการเตรียมไว้สำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือนทดสอบ

จากตารางสามรถนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสร้างสมการและแผนภูมิได้ดังรูปที่ 3 นำสมการที่ได้ป้อนลงในชุดคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลแสดงค่าความชื้นของดินกำหนดการทำงานของระบบการให้น้ำ

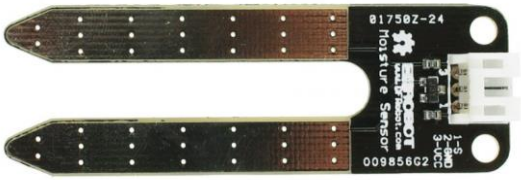


รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าความชื้นและความต้านทานจากแท่งอิเล็กโทรด

3.2 ผลออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการควบคุมความชื้นภายในดิน

การออกแบบสร้างอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการควบคุมความชื้นภายในดิน ผู้วิจัยได้ออกแบบและเลือกใช้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้ในการควบคุมอัตโนมัติ คือ Arduino Uno 328P เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ทำการเชื่อมต่อชุดไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความชื้นในดิน เรียกว่าอุปกรณ์ขาอิเล็กโทรด ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความชื้นโดยเฉพาะ ดังรูปที่ 5 สำหรับใช้ในการควบคุมระบบการให้น้ำเมล่อนในโรงเรือนตัวอย่าง

การติดตั้งอุปกรณ์ให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการควบคุมความชื้นภายในดิน ทำการติดตั้งโดยปักแท่งอุปกรณ์ขาอิเล็กโทรดสำหรับตรวจวัดความชื้นภายในดิน ณ ตำแหน่งที่ต้องการวัดค่าความชื้นภายในดิน ดังตัวอย่างในรูปที่ 6 โดยมีเงื่อนไขการทำงานคือ หากตรวจสอบพบว่าความชื้นในดินต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ทำการสั่งระบบเปิดการทำงาน และหากความชื้นสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ทำการสั่งระบบให้ปิดการทำงาน



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ขาอิเล็กโทรด สำหรับตรวจวัดความชื้นภายในดิน



รูปที่ 6 ตัวอย่างการติดตั้งชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นของดิน

3.3 ผลการทดสอบและประเมินของชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติโดยการตรวจวัดและควบคุมความชื้นภายในดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลการประเมินการทดสอบชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติฯ โดยการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในดิน เพื่อศึกษาดูความสามารถในการทำงานจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

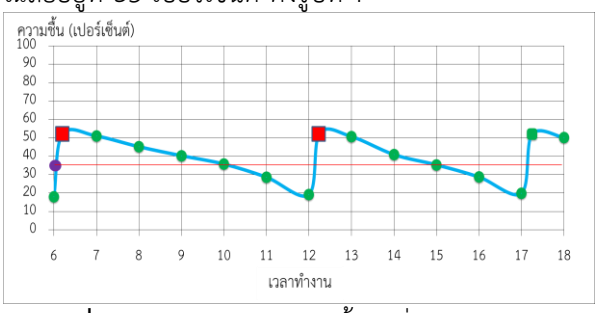
3.3.1 ผลการทดสอบชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติฯ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบปริมาณการให้น้ำเมล่อนด้วยระบบอัตโนมัติฯ

ระยะห่างของเซนเซอร์ (เซนติเมตร)	ครั้งที่	ที่ระยะ 5 เซนติเมตร	
		เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการให้น้ำ (นาที)	ปริมาณน้ำเฉลี่ย (ลิตรต่อต้นต่อหัวหยดน้ำ)
5	1	5.10	1.18
	2	5.34	1.21
	3	5.05	1.22
	ค่าเฉลี่ย	**5.16**	**1.20**

จากการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำที่ใช้เฉลี่ย 1.20 ลิตรต่อต้นต่อวัน หรือ 300 ลิตรต่อโรงเรือนต่อวัน

เมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยความชื้นในดินเมื่อทดสอบด้วยการให้น้ำโดยเครื่องให้น้ำอัตโนมัติฯ และนำข้อมูลสร้างแผนภูมิ พบว่า ความชื้นในดินในการปลูกเมล่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงความชื้นเฉลี่ยในช่วงเวลาการทำงานใน 1 วัน

หมายเหตุ เริ่มบันทึกเวลาการให้น้ำ 6.00 -18.00 น. ของทุกวัน

3.3.2 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต โดยทำการวัดขนาดความยาวเส้นรอบผลของเมล่อน แบบชุดควบคุมตั้งเวลา และแบบชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติฯ ระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากติดผล ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเจริญเติบโตของผลเมล่อนที่ใช้ระบบการให้น้ำแบบตั้งเวลา และ การให้น้ำแบบอัตโนมัติฯ

ลำดับ	อัตราการเจริญเติบโตเส้นรอบวงผลเมล่อน	
	การให้น้ำด้วยระบบตั้งเวลา (เซนติเมตรต่อสัปดาห์)	การให้น้ำด้วยระบบอัตโนมัติ (เซนติเมตรต่อสัปดาห์)
1	4.7	5.4
2	4.3	5.1
3	4.9	5.3
4	4.3	4.9
5	4.9	5.8
6	4.5	5.3
7	4.6	5.1
8	4.9	5.3
9	5.2	5.6
10	4.1	5
ค่าเฉลี่ย	**4.64**	**5.28**

จากตารางพบว่าเมล่อนที่ได้จากการให้น้ำแบบอัตโนมัติฯ มีผลการเจริญเติบโตมากกว่าผลเมล่อนที่ได้รับการให้น้ำแบบระบบตั้งเวลา 13.80 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตขนาดความยาวเส้นรอบผลเมล่อนที่ได้จากการให้น้ำเมล่อน แบบชุดควบคุมตั้งเวลาและแบบชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติฯ ระยะเวลา 8 สัปดาห์หลังออกผล เมล่อนที่ใช้ชุดควบคุมอัตโนมัติฯ รูปที่ 8 (ข) จะเห็นได้ว่าลักษณะของต้นเมล่อนนั้นแข็งแรงมีขนาดของผลที่กลมโตสมบูรณ์กว่า และมีจำนวนผลมากกว่าเมล่อนที่ใช้ชุดควบคุมแบบตั้งเวลา รูปที่ 8 (ก) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เมล่อนได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่พอดี จึงทำให้ความชื้นในดินนั้นเพียงพอเหมาะสม และสามารถควบคุมลดต้นทุนปริมาณน้ำอีกด้วย



รูปที่ 8 (ก) ผลเมล่อนที่ได้จากชุดควบคุมตั้งเวลา



รูปที่ 8 (ข) ผลเมล่อนที่ได้จากชุดให้น้ำเมล่อนอัตโนมัติ

4. สรุปผล

ความชื้นและปริมาณการให้น้ำแบบชุดควบคุมอัตโนมัติสามารถความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปริมาณน้ำ 300 ลิตรต่อวันต่อโรงเรือน ลดลงจากระบบเดิม 75 ลิตร และจากการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตขนาดของผลเมล่อนในระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังออกผล พบว่าเมล่อนที่ใช้แบบชุดควบคุมอัตโนมัติฯ มีการเจริญเติบโตมากกว่าระบบให้น้ำแบบตั้งเวลา 13.80 เปอร์เซ็นต์

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณ คุณยุคลฉัตร จันทคร เจ้าของผู้ประกอบการDINO MELON FARM ต.วังชัย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ที่ให้คำแนะนำและอนุญาตให้ใช้สถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ไกรสร สืบบุญ. 2554. **เริ่มต้นการใช้งาน Arduino Uno** [ออนไลน์]. My Arduino Uno. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.arduitronics.com. (6 พฤษภาคม 2560).

[2] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และปานเพชร ชินินทร, 2548. **คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุง เทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[3] ณัฐวุฒิ ขวัญแก้ว. 2554. การใช้งาน Character LCD Display Arduino Uno [ออนไลน์]. วีนัส ซัพพลาย. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.thaieasyelec.com. (7 พฤษภาคม 2560).

[4] ดอนสัน ปงผาบ, 2551. **ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการประยุกต์ใช้งาน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ มหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

[5] เดชฤทธิ์ มณีธรรม, 2553. **คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: วี.ซี.พี. ซัคเซสกรุ๊ป.

[6] นันทิยา คณาธิป และยุวดี ชมภูเขียว. 2556. **เมล่อนราชินีแห่งพืชตระกูลแตง** [ออนไลน์]. อมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับ ลิชชิ่ง. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.chiataigroup.com. (5 เมษายน 2560).

[7] สมชาติ กาญจนทวี. 2557. **คู่มือการปลูกเมล่อน** [ออนไลน์]. FRIENDSHIP SEEDS LTD. เข้าถึงได้จาก URL: https://www.rukkla.com. (10 สิงหาคม 2560).

[8] อัชฌาณัฐ รัตนเลิศนุสรณ์, 2545. **การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาซี**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

การศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะข้าวอินทรีย์ โดยใช้เครื่องกะเทาะข้าวกล้องสำหรับชุมชน

The Study Proper Speed Round to the Crack Organic Rice by the Crackers for Community

จันทร์จิรา รอดสม*, วนิดา คุณตา และประสิทธิ์ โสภา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40000

*ผู้ติดต่อ: taliew3596@gmail.com, โทร 0880653596

บทคัดย่อ

การจัดทำงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของข้าวอินทรีย์ ความเร็วที่เหมาะสมในการกะเทาะข้าวกล้อง โดยเครื่องกะเทาะข้าวกล้องสำหรับชุมชน

การศึกษาหาลักษณะทางกายภาพของข้าวอินทรีย์พบว่า จากการสุ่มเลือกตัวอย่างข้าวเปลือกและข้าวกล้องอินทรีย์ จำนวน 100 เมล็ด พบว่าขนาดของข้าวเปลือกมีความกว้างเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย ความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 2.45±0.097, 10.46±0.47 และ 1.98±0.089 มิลลิเมตรตามลำดับ และมีน้ำหนักต่ำสุด 0.02 กรัม สูงสุด 0.04 กรัม น้ำหนักเฉลี่ย 0.03 กรัม จากการทดสอบกะเทาะข้าวเปลือก ที่ 3 ระดับความเร็วรอบ คือ 1250, 1350 และ 1480 รอบต่อนาที พบว่าที่ 1250 รอบต่อนาทีตามลำดับ ได้ข้าวที่กะเทาะคิดเป็น 49.07 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ไม่กะเทาะคิดเป็น 2.87 เปอร์เซ็นต์ ได้แกลบ 25.95 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ปนแกลบคิดเป็น 0.93 เปอร์เซ็นต์ อัตราการกะเทาะ 55.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ 1350 รอบต่อนาที ได้ข้าวที่กะเทาะ 51.95 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ไม่กะเทาะ 3.13 เปอร์เซ็นต์ ได้แกลบ 26.86 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ปนแกลบ 1.13 เปอร์เซ็นต์ อัตราการกะเทาะ 57.10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่ 1480 รอบต่อนาที ได้ข้าวที่กะเทาะ 55.03 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ไม่กะเทาะ 2.84 เปอร์เซ็นต์ ได้แกลบ 25.99 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ปนแกลบ 0.91 เปอร์เซ็นต์ อัตราการกะเทาะ 57.70 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่ารอบที่ดีที่สุดคือ 1480 รอบต่อนาทีเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานข้าวกล้อง

คำหลัก **:** ข้าวอินทรีย์, ข้าวกล้อง, เครื่องกะเทาะ

Abstract

This thesis aims to physical characteristics of organic rice proper speed in rice crackers brown rice crackers.

A study of the physical characteristics of organic rice was conducted. The samples were 100 samples of paddy and organic brown rice. It was found that the size of paddy had an average width. average length the average thickness was 2.45 ± 0.097, 10.46 ± 0.47, and 1.98 ± 0.089 mm. respectively. The minimum weight 0.02 grams up to 0.04 grams average weight 0.03 grams. The rice crackers at 3 levels of speed. Were 1250, 1350 and 1480 rpm. At 1250 rpm, the cracked rice accounted for 49.07 percent uncooked rice accounted for 2.87 percent. Chaff is 25.95 percent. 0.97 percent cracking rate is 55.81 kg per hour. At 1350 rpm crackers rice accounted for 51.95 percent. The non-cracked rice accounted for 3.13 percent. The rice husk is 26.86 percent. The rice husk is 1.13 percent. The rate of cracking is 57.10 kilograms per hour. And at 1480 rpm the rice crackers accounted for 55.03 percent. The non-cracked rice is 2.84 percent. Chaff is 25.99 percent. Rice husk is 0.91 percent. The rate of cracking is 57.70 kg per hour. It found that the best round was 1480 rpm, compared to the standard brown rice.

Keywords **:** Organic rice, brown rice, Crackers.

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักและเป็นพืชเศรษฐกิจอันดับของประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวเฉลี่ยปีละ 8,842,510 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 40,587,120.90 ล้านตัน ข้าวเปลือก ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 459 กิโลกรัม แบ่งออกเป็นแต่และภาคดั้งนี้ ภาคเหนือ 4,153,250 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1,477,390 ไร่ ภาคกลาง 2,909,450 ไร่ ภาคใต้ 302,420 ไร่ ข้าว ปีเพาะปลูก 2559/60 มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 1,011.82 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจาก 995.82 ล้านไร่ ของปีเพาะปลูก 2558/59 ร้อยละ 1.61 ผลผลิต 483.34 ล้านตัน ข้าวสาร เพิ่มขึ้นจาก 474.34 ล้านตัน ข้าวสาร ร้อยละ 1.90 สำหรับผลผลิตต่อไร่ 478 กิโลกรัม ในปี 2559 ส่งออกได้ 9.88 ล้านตัน ข้าวสาร มูลค่า 154,434 ล้านบาท เมื่อเทียบกับปี 2558 ที่ส่งออกได้ 9.80 ล้านตัน ข้าวสาร มูลค่า 155,912 ล้านบาท ปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.89 แต่มูลค่าลดลง ร้อยละ 0.95 เนื่องจากราคาส่งออกข้าวปรับตัวลดลง โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิ จากราคาส่งออก F.O.B ข้าวหอมมะลิ 100% ชั้น 2 (ใหม่) ตันละ 871 ดอลลาร์สหรัฐฯ (29,562 บาท/ตัน) ในปี 2558 เหลือตันละ 715 ดอลลาร์สหรัฐ (25,058 บาท/ตัน) ในปี 2559 หรือลดลงร้อยละ 17.9 ทำ ให้ในปี 2559 มูลค่าการส่งออกข้าวลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ประชากรในชนบทบางส่วนยังนิยมเก็บข้าวเปลือกส่วนหนึ่งไว้สำหรับบริโภคในครอบครัวโดยแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสารของเกษตรกรนั้นมักนำข้าวเปลือกไปแลกข้าวสารกับโรงสีหรือไปจ้างโรงสีเล็กในหมู่บ้านในแปรสภาพเป็นข้าวสารแล้วจ่ายเงินเป็นค่าจ้างสีหรือจ่ายในรูปของปลายข้าวและรำ เกษตรกรเจ้าของข้าวได้เพียงข้าวกลับ [12] สมาคมส่งออกข้าว,2559 ส่วนข้าวกล้องเป็นข้าวที่มีการกะเทาะเปลือกออกเพียงอย่างเดียว และไม่ผ่านกระบวนการขัดสีหรืออาจมีการขัดสีเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ง่ายต่อการหุงต้ม ดังนั้นข้าวกล้องจึงยังคงมีส่วนของจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารต่างๆ อาทิ ใยอาหาร วิตามินบี วิตามินอี ฯลฯ ซึ่งสารอาหารเหล่านี้ นอกจากจะช่วยในการขับถ่ายแล้ว ยังช่วยป้องกันโรคเหน็บชา อาการปากนกกระจอก และยังมีคุณสมบัติของการ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จากธรรมชาติ, [11] วีรศักดิ์ บรรจงช่วย ข้าวอินทรีย์เป็นข้าวที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นอย่างมาก นอกจากจะมีความปลอดภัยเพราะผลิตขึ้นโดยการะบวนการปลอดสารเคมี ยังเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ อุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินอี แคลเซียม และเหล็ก จึงทำให้ข้าวอินทรีย์เป็นที่นิยมในกลุ่มคนรักสุขภาพ,[7] ฟาร์มเกษตร www.farm-kaset.com

การออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กไว้ใช้สำหรับครัวเรือนเพื่อไว้ สำหรับใช้งานในการสีข้าวสารไว้บริโภคและลดค่าใช้จ่ายในการไปจ้างสีข้าวที่โรงสี ซึ่งจากการนำข้าวไปจ้างสีที่โรงสีข้าวจะมีการหักปลายข้าว รำข้าว หรือบางโรงสีข้าวก็จะโกงข้าวเรา คือไม่ให้ข้าวเราเต็มมีการตักข้าวเราออก ทำให้บางครั้งที่เราไปจ้างสีข้าวที่โรงสีข้าวเราจะได้ข้าวกลับมาน้อยมากเมื่อเทียบกับที่เราสีข้าวเอง และประหยัดเวลาสะดวกสบายต่อการทำงานสามารถใช้งานได้ตลอดเวลา

2.วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของข้าวอินทรีย์และศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะข้าวอินทรีย์ โดยใช้เครื่องสีข้าวกล้องสำหรับชุมชน

3. ทฤษฎี

3.1 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้องคือ เมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสี หรือขัดสีเพียงครั้งเดียว มีสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (แล้วแต่พันธุ์ข้าว) สีจะคล้ำกว่าข้าวขาว รสชาติมันปานกลาง ใช้ข้าวพันธุ์ใดมาทำข้าวกล้องก็ได้ และมีคุณค่าประโยชน์จากสารอาหารต่างๆ มากกว่าข้าวขาวธรรมดา เพราะผ่านการกะเทาะเปลือกออกเพียงครั้งเดียวทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) ยังอยู่ ซึ่งเป็นส่วน ที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ ข้าวกล้องมีคุณค่าทางอาหารที่สูงมาก ทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้ วิตามินบี ป้องกันอาการอ่อนเพลียของกล้ามเนื้อ แขน-ขาไม่มีแรง บำรุงสมอง และช่วยให้เจริญอาหาร วิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก วิตามินบี 3 หรือไนอะซิน ช่วยป้องกันโรคผิวหนัง และเส้นประสาท แคลเซียม ช่วยบำรุงกระดูกให้แข็งแรง ทำให้ไม่เป็นตะคริวได้ง่าย ฟอสฟอรัส ทำให้กระดูกและฟันแข็งแรงเจริญเติบโตได้ดี เหล็ก ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง โปรตีน ช่วยเสริมสร้างส่วนที่สึกหรอ

ของร่างกาย ไขมัน ช่วยให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย เพราะเป็นไขมันดีจึงไม่มีคอเลสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต ช่วยให้พลังงานแก่ร่างกาย ทองแดง ช่วยในการสร้างเฮโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง โพแทสเซียม ช่วยให้หัวใจเต้นเป็นปกติและควบคุมความสมดุลของน้ำในร่างกาย ซีลีเนียม มีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความแก่ กากใยอาหาร ช่วยให้ท้องไม่ผูก และป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้ [2] กองการค้าข้าว กรมการต่างประเทศกระทรวงพาณิชย์, 2550. ปริมาณของส่วนประกอบและแร่ธาตุในข้าวกล้อง

3.2 ลักษณะทางกายภาพของข้าวกล้อง

3.2.1 ราก (Root)

เป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดิน เพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อ ซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีราก ฝอยแตกแขนงกระจายอยู่ใต้ผิวดิน



รูปที่ 1 ราก

3.2.2 ลำต้น (Stem)

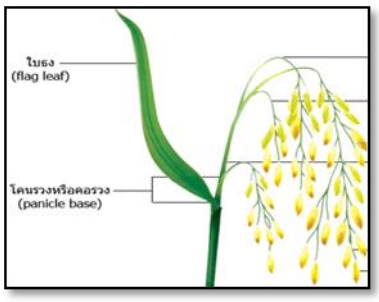
มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว



รูปที่ 2 ลำต้นข้าว

3.2.3 ใบ (Leaf)

เป็นแผ่นแบนบางและยาวเรียว เกิดบริเวณข้อของลำต้นเรียงสลับกันใบข้าวประกอบด้วย ตัวใบ กาบหรือก้านใบ ข้อต่อใบหูใบและเขี้ยวกันแมลง



รูปที่ 3 ใบข้าว

3.2.4 รวงข้าว (Panicle)

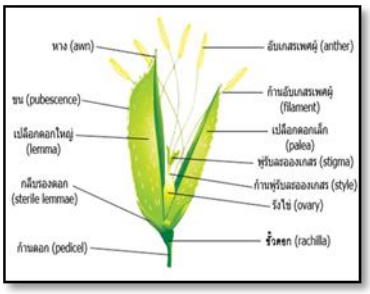
ประกอบด้วยแขนงอันแรกของช่อดอกที่เกิดจากข้อด้านบนของคอรวง แขนงต่อไปเกิดจากแกนกลางของรวง บนแขนงจะแตกกิ่งเล็กแต่ละกิ่งจะมีดอกข้าวเกิดขึ้น แขนงเหล่านี้เรียกว่าระแง้



รูปที่ 4 รวงข้าว

3.2.5 ดอก (Flower)

ประกอบด้วยกลีบฝ่อ มี 2 ปุ่มติดอยู่ที่คอรวงและส่วนปลายที่ต่อจากก้านดอกย่อย ขั้วดอกเกิดถัดจากกลีบดอกฝ่อขึ้นมาอยู่ระหว่างกลีบรองดอกและเปลือกดอกใหญ่เป็นส่วนที่อยู่ติดกับเมล็ดของข้าว กลีบรองดอกอยู่ระหว่างกลีบฝ่อและดอกข้าว

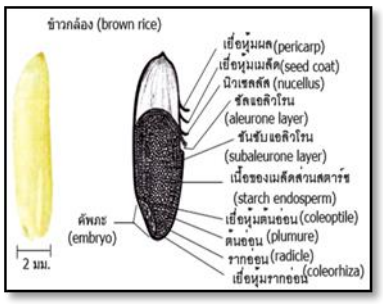


รูปที่ 5 ดอกข้าว

3.2.6 เมล็ดของข้าวกล้อง (Seed)

เมล็ด คือ ส่วนที่เป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม (Endosperm) และส่วนที่เป็นคัพภะ ซึ่งห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เรา

บริโภค คัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะ



รูปที่ 6 เมล็ดของข้าวกล้อง

3.3 การเลือกข้าวมาทำเป็นข้าวกล้อง

ข้าวหอมมะลิมีกลิ่นหอมในตนเอง เป็นกลิ่นของธรรมชาติอันบริสุทธิ์ กลิ่นเหมือนดอกมะลิยามเช้าพร่างหยาดน้ำค้างและปราศจากสารพิษ เวลาเคี้ยวเมล็ดข้าวจะนุ่มหอมอร่อยมากกว่าข้าวอื่นๆ ลักษณะของข้าวหอมมะลิไทยจะมีเมล็ดเรียวยาวสวยงาม สีขาวหรือครีมอ่อนๆ ซึ่งข้าวหอมมะลินี้จะเป็นที่นิยมเพราะเวลาเอามาทำข้าวกล้องจะทำให้ข้าวกล้องได้คุณภาพ

3.4 คุณค่าทางอาหารของข้าวกล้อง

ข้าวกล้องมีสารอาหารครบทุกชนิด องค์ประกอบหลักคือ คาร์โบไฮเดรต เช่นเดียวกับข้าวชนิดอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบข้าวกล้องกับข้าวขาว พบว่า ข้าวกล้องมีใยอาหารสูงกว่าถึง 3 เท่า ส่วนข้าวขาวนั้นมีการสูญเสียสารอาหารที่มีประโยชน์คือโปรตีน ไขมัน ใยอาหารไประหว่างการขัดสี เหลือแต่คาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ การขัดสียังทำให้สูญเสียวิตามินและเกลือแร่อีกด้วย ข้าวทุกชนิดมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบร้อยละ 70-80 ซึ่งเป็นแป้งเกือบทั้งหมด และมีโปรตีนไม่มาก อยู่ระหว่างร้อยละ 7-8 ในข้าวเจ้า และร้อยละ 11-12 ในข้าวสาลี แต่ในข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวชนิดอื่นๆ เพราะข้าวกล้องยังมีส่วนของรำข้าวอยู่ ข้าวกล้องให้ใยอาหารสูงกว่าข้าวขาว โดยทั่วไปข้าวกล้องจะมีสีน้ำตาลอ่อน คนไทยสมัยก่อนใช้วิธีซ้อมหรือตำด้วยมือ จึงเรียกว่า “ข้าวซ้อมมือ” ในข้าวกล้องจะมีวิตามินและแร่ธาตุสูงกว่าข้าวขาว ที่เห็นได้ชัดคือ ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุแมกนีเซียม ไนอาซิน และวิตามินบี 1

3.5 ความชื้น

ความชื้นของวัสดุเกษตรและอาหารแบ่งออกเป็น 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐานเปียก และมาตรฐานแห้ง

$$M_w = \left(\frac{w-d}{w}\right) \times 100 \quad (1)$$

$$M_d = \left(\frac{w-d}{d}\right) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ

M_w = ความชื้นมาตรฐานเปียก, (เปอร์เซ็นต์)

M_d = ความชื้นมาตรฐานแห้ง, (เปอร์เซ็นต์)

w = มวลวัสดุ, (กิโลกรัม)

d = มวลแห้งของวัสดุ, (กิโลกรัม)

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis) เป็นค่าความชื้นที่มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis) เป็นค่าที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง เพราะช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่

3.6 การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะข้าวเปลือก

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะข้าวเปลือก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ถูกกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกทั้งหมด}} \times 100 \quad (3)$$

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะ

น้ำหนักข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะ
= น้ำหนักข้าวทั้งหมด – น้ำหนักข้าวที่ถูกกะเทาะ

เปอร์เซ็นต์ที่ยังไม่กะเทาะ

$$= \frac{\text{น้ำหนักข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักข้าวทั้งหมด}} \times 100 \quad (4)$$

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การแยกแกลบ

เปอร์เซ็นต์การแยกแกลบ

$$= \frac{\text{น้ำหนักแกลบที่ผ่านการคัดแยก}}{\text{น้ำหนักแกลบก่อนการคัดแยก}} \times 100 \quad (5)$$

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวที่ปนกับแกลบ

เปอร์เซ็นต์ข้าวที่ปนกับแกลบ

$$= \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยก}}{\text{น้ำหนักข้าวก่อนการคัดแยก}} \times 100 \quad (6)$$

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของข้าวเปลือก

เปอร์เซ็นต์ความสะอาดของข้าวเปลือก

$$= \frac{\text{ข้าวเปลือกสะอาด}(g)}{\text{ข้าวเปลือกสะอาด}(g)+\text{สิ่งเจือปน}(g)} \quad (7)$$

3.7 การประเมินสมรรถนะ

ในขั้นตอนการประเมินผลสมรรถนะของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กซึ่งใช้ค่าชี้ผลในการประเมินผลโดยใช้ดังสมการคือ

ประสิทธิ์ภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{ความสามารถในการทำงานจริง}}{\text{ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี}} \text{x100} \quad (8)$$

การปนเปื้อนข้าวเปลือก (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกหลังการกระเทาะ}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \text{x100} \quad (9)$$

การปนเปื้อนข้าวกล้อง (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้องหลังการกระเทาะ}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \text{x100} \quad (10)$$

การคัดแยก (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักที่คัดแยกได้}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \text{x100} \quad (11)$$

4. อุปกรณ์และวิธีการ

4.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวอินทรีย์

4.1.1 ศึกษาขนาดและน้ำหนัก

วัสดุและอุปกรณ์

ก.เมล็ดข้าวอินทรีย์

ข.เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

ค.เครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีการทดลองหาขนาดมิติของเมล็ดข้าว

ก. เตรียมตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ด มาวัดขนาด ความกว้าง ความยาว ความหนา ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ และนำเมล็ดข้าวเปลือกมาชั่งน้ำหนัก ครั้งละ 1 เมล็ด

ข. นำข้าวกล้อง 100 เมล็ด มาวัดขนาด ความกว้าง ความยาว และความหนา ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ และนำเมล็ดข้าวกล้องมาชั่งน้ำหนักครั้งละ 1 เมล็ด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 7 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

วิธีการทดลองหาน้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้อง

ก.เมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้อง

ข.นำเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องมาชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2

ค.บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 8 การชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง

4.1.2 ศึกษาความชื้นของเมล็ดข้าวอินทรีย์

วัสดุและอุปกรณ์

ก.) เมล็ดข้าวเปลือก

ข.) เครื่องวัดความชื้น ดังรูปที่ 3

ค.) บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 9 การวัดความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้อง

4.2 อัตราการกะเทาะ

เพื่อหาความสามารถในการทำงานของเครื่องสีข้าวกล้อง เพื่อหาปริมาณของการสีข้าวกล้องที่ได้จากการทำงานของเครื่องสีข้าวกล้อง เทียบกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน



รูปที่ 10 เครื่องสีข้าวกล้อง

4.2.1 ความสามารถของเครื่องสีข้าวกล้อง

อุปกรณ์และวัสดุในการทดสอบ

1.) ข้าวอินทรีย์ 2 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง

2.) เครื่องสีข้าวกล้อง 1 เครื่อง

3.) นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน

4.) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4.2.1.2 วิธีการดำเนินการ

1.) นำข้าวอินทรีย์ที่เตรียมไว้ 2 กิโลกรัม เทลงในฮอปเปอร์

2.) เปิดเครื่องสีข้าวกล้องให้ทำงาน

3.) จับเวลาตั้งแต่เริ่มสีข้าวกล้อง จนถึงทำการสีข้าวกล้องเสร็จ 3 ครั้ง

4.) บันทึกผลแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ

4.2.2 ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสีข้าวกล้อง

4.2.2.1 อุปกรณ์และวัสดุในการทดสอบ

1.) เครื่องสีข้าวกล้อง 1 เครื่อง

2.) อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วมอเตอร์



รูปที่ 11 ชุดส่งกำลังมอเตอร์

4.2.2.2 วิธีการดำเนินการ

1.) เปิดเครื่องสีข้าวกล้องให้ทำงาน

2.) นำข้าวเปลือกและข้าวกล้องที่เตรียมไว้ลงช่องของฮอปเปอร์ โดยปรับค่าความเร็วรอบให้อยู่ที่ 1480 รอบต่อนาที 3 ครั้ง



รูปที่ 12 ฮอปเปอร์

3.) จับเวลาตั้งแต่เริ่มสีข้าวกล้อง จนถึงทำการสีข้าวกล้องเสร็จ 3 ครั้ง

4.) ดำเนินการตามข้อ (1-3) โดยเปลี่ยนค่าให้ความเร็วรอบอยู่ที่ 1350 รอบต่อนาที และ 1250 รอบต่อนาที 3 ครั้ง

5.) บันทึกผลแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ

4.3 การคำนวณหาความเร็วเชิงมุมของเครื่องกะเทาะที่3 ความเร็วรอบ ขนาด Diameter ของพูเล่ เท่ากับ 6 นิ้ว จะได้

ความเร็วเชิงเส้นที่ความเร็วรอบ 1480 rpm

$$= \P X0.1524\ m\ X \left(\frac{1480}{60\ s}\right)$$

$$=11.8\ m/s$$

ความเร็วเชิงเส้นที่ความเร็วรอบ 1350 rpm

$$= \P X0.1524\ m\ X \left(\frac{1350}{60\ s}\right)$$

$$=10.76\ m/s$$

ความเร็วเชิงเส้นที่ความเร็วรอบ 1250 rpm

$= \P X 0.1524\ m\ X\ \left(\frac{1250}{60\ s}\right)$

$=9.97\ m/s$

5. ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพข้าวเปลือกและข้าวกล้อง

จากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อหาลักษณะทางกายภาพของข้าวอินทรีย์ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะข้าวอินทรีย์ โดยใช้เครื่องกะเทาะข้าวกล้องสำหรับชุมชน โดยการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้ จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของข้าวอินทรีย์ 2 กิโลกรัม มี

ตารางที่ 5.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวอินทรีย์

เมล็ดพันธุ์ข้าว	มิติของเมล็ดข้าว	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)
ข้าวเปลือก	เฉลี่ย	2.45 ±0.097	10.46 ±0.047	1.98 ±0.089	0.03

จากตารางที่ 5.1 พบว่า ข้าวเปลือกมีความกว้าง ความยาว ความหนา เฉลี่ยเท่ากับ 2.45±0.097, 10.46±0.47 และ 1.98±0.089 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 กรัม

5.2 ผลการทดสอบด้วยเครื่อง

อัตราการป้อนผลการนำข้าวเปลือกที่เตรียมไว้ 2 กิโลกรัม เทลง Hopper จับเวลาตั้งแต่เริ่มทำการสีข้าวจนสีข้าวเสร็จ ผลการทดสอบด้วยเครื่อง ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบการกะเทาะข้าวอินทรีย์

ความเร็วรอบ (rpm)	น้ำหนัก (kg)	เวลา (hr)	อัตราการทำงาน (kg/hr)	ข้าวเต็มเม็ด (%)	ข้าวแตกหัก (%)	แกลบ (%)	ข้าวที่ไม่กะเทาะ (%)
1250	2	0.036	55.51	49.07	13.15	25.95	2.87
1350	2	0.035	57.10	51.95	10.83	26.86	3.13
1480	2	0.034	57.70	55.03	10.97	25.99	2.84

จากตารางที่ 5.2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของการกะเทาะข้าวอินทรีย์ที่ 3 ความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 1250, 1350 และ 1480 ได้ค่าเฉลี่ยข้าวที่กะเทาะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 49.07, 51.95 และ 57.70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้าวแตกหักเฉลี่ยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 13.15, 10.83 และ10.97 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แกลบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 25.95, 26.86 และ 25.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้าวที่ไม่กะเทาะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 2.87, 3.13 และ 2.84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

6. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวอินทรีย์ พบว่าข้าวอินทรีย์มีความกว้าง ความยาว และความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 2.45±0.097, 10.46±0.47และ 1.98±0.089 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 กรัม และศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสม คือ 1480 รอบต่อนาที มีอัตราการกะเทาะเท่ากับ 57.70 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ข้าวเต็มเม็ดเท่ากับ 55.03 เปอร์เซ็นต์ ข้าวแตกหักเท่ากับ 10.97 เปอร์เซ็นต์ แกลบเท่ากับ 25.99 เปอร์เซ็นต์ ข้าวที่ไม่กะเทาะเท่ากับ 2.84 เปอร์เซ็นต์

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

8.เอกสารอ้างอิง

[1] กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550. มาตรฐานข้าวกล้อง เข้าถึงได้จาก http://www.ricethailand.go.th/

[2] กองการค้าข้าว กรมการต่างประเทศกระทรวงพาณิชย์, 2550. ปริมาณของส่วนประกอบและแร่ธาตุในข้าวกล้อง เข้าถึงได้จาก http://www.ricethailand.go.th/

[3] กิตติ, 2556. หลักการออกแบบโครงสร้างสำหรับวิศวกร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ดวงตะวัน. นนทบุรี

[4] บรรเลงและคณะ, 2536. การเปรียบเทียบการใช้งานและคุณภาพสายพาน

[5] ปานมนัสและคณะ, 2547. แรงเสียดทาน

[6] พงษ์, 2525. สายพานส่งกำลัง

[7] ฟาร์มเกษตร www.farm-kaset.com

[8] มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน, 2557. ลักษณะทางกายภาพของข้าว
[9] มานพ, 2540. ระบบส่งกำลัง
[10] วิบูลย์เทพนทร์ วิศวกรการเกษตร 8วช. หัวหน้ากลุ่มวิจัย วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900 ความชื้นของข้าว เข้าถึงได้จาก http://www.doa.go.th/
[11] วีรศักดิ์ บรรจงช่วย
[12] สมาคมส่งออกข้าว,2559
[13] สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว, 2557. การปลูกข้าว เข้าถึงได้จาก www.ricethailand.go.th/info_riceknowledge.htm
[14] หทัย, 2553. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์. สำนักพิมพ์ซี เอ็ดยูเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ
[15] อธิบดีกรมการข้าว นายชาญพิทยา ฉิมพาลี, 2558. ประวัติของข้าวไทย
[16] อนันต์, 2533. เพลา
[17] Source of Medicine and Drugs และสมุนไพรดอทคอม, 2556. การเลือกซื้อข้าวกล้อง

พฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิของผนังเตาเผาถ่านและอากาศในตู้อบกรณีนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่

Behavior of Surface Wall Temperatures of Charcoal Kiln and Air in Oven and the Effectiveness in Case of Heat recovery

วสันต์ ศรีเมือง[1]*, สุรศักดิ์ จ่าบาล[1] และ วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ภิญโญ[2]

[1] สถาบันระบบรางแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมระบบขนส่งทางรางและเครื่องจักรกลหนัก คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: E-mail, wasan.sr@rmuti.ac.th, 044-233000, 044-233074

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นทดลองหาพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิของผนังภายนอกเตาเผาถ่านและอุณหภูมิของอากาศในตู้อบ รวมทั้งหาประสิทธิผลของการนำเอาความร้อนเหลือทิ้งจากควันไอเสียของเตาเผาถ่านกลับมาใช้ใหม่ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่เป็นท่อความร้อนซึ่งทำจากท่อทองแดงมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 mm ซึ่งถูกบีบให้มีพื้นที่หน้าตัดลดลงจนหน้าตัดมีความแบน 0.6 mm ความยาวของส่วนทำระเหย, ส่วนกันความร้อน และส่วนควบแน่น คือ 400, 20 และ 400 mm ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงสุดของผนังด้านนอกของเตา, ผนังด้านนอกของท่อไอเสีย และอากาศในตู้อบมีค่าเป็น 150, 110 และ 45 °C ตามลำดับ ประสิทธิผลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ในช่วง 0.40-0.90

คำหลัก: อุณหภูมิ, นำความร้อนกับมาใช้ใหม่, เตา, ประสิทธิผล

Abstract

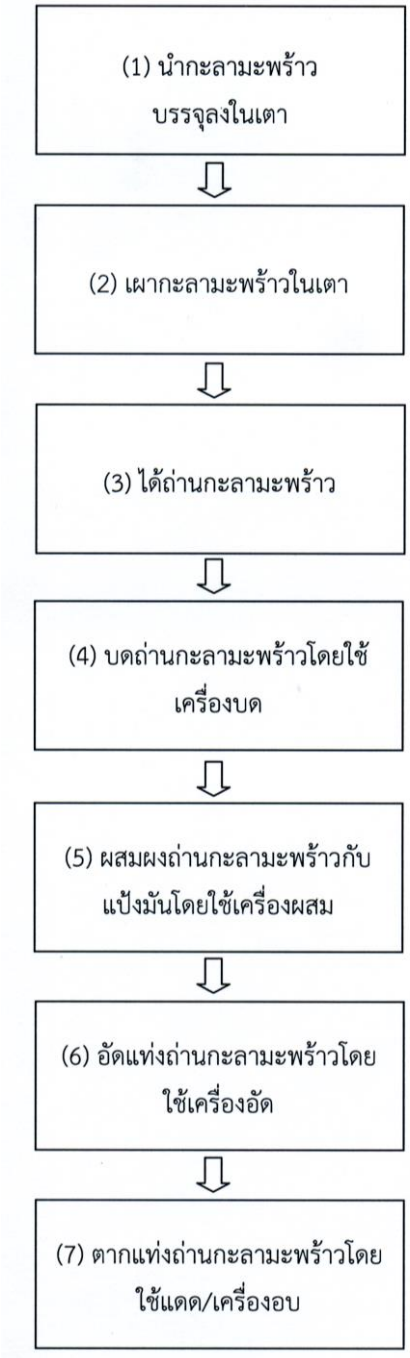
The objective of this research is experimental investigation of the wall temperatures distributer of kiln and temperature of air in oven in case of a waste heat recovery from charcoal kilning process. The closed loop oscillating flat heat pipe (CLOFHP) used to heat recovery. The CLOFHP made by the copper tubes with inner diameter of 1 mm, the tube was reformed its cross sectional area for the pressed thickness of 0.6 mm. The evaporator, adiabatic and condenser lengths were 400, 20 and 400 mm, respectively. The results indicated that the maximum temperature of external surface wall of kiln, external surface wall of exhaust gas and the air in drying box were 150, 110 and 45°C, respectively. The effectiveness of CLOFHP using for heat recovery were range of 0.40-0.90.

***Keywords*:** temperature, heat recovery, kiln, effectiveness.

1. บทนำ

ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้ม ปิ้ง ย่าง ฯลฯ ถ่านอัดแท่งผลิตจากผงถ่านกะลามะพร้าวผสมกับแป้งมันสำปะหลัง โดยที่แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวผสมให้ผงถ่านยึดติดกันและขึ้นรูปได้ ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวมีคุณสมบัติที่ดีดังนี้ (1) ให้ความร้อนสูง เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่ (2) ปลอดภัยไม่มีสารตกค้างและไม่ทำลายสุขภาพ เพราะถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิเกิน 800 °C ทำให้ไม่มีสารก่อมะเร็ง (สามารถทดสอบกับถ่านทั่วไปได้โดยการนำไปต้มน้ำร้อน หากก้นหม้อเป็นเขม่าสีดำแสดงว่าถ่านที่ใช้ถูกเผามาไม่สุกและมีสารก่อมะเร็ง (3) สามารถใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดา 2.5 - 3 เท่า (4) ประหยัดเพราะใช้ได้นานและไม่ดับเมื่อจุดติดแล้ว ทำให้ไม่มีการเสียเปล่าเนื่องจากถ่านจะเผาไหม้จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้า (5) ไม่แตกประทุอย่างถ่านไม้ทั่วไป ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก (6) ไม่มีกลิ่นเพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100 % และไม่ผสมสารเคมีใด ๆ (7) ไม่ดับกลางคันแม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อยทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อยๆ และ (8) ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบเนื่องจากความหนาแน่นของถ่านเท่ากันทุกส่วน จากข้อดีต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง

รูปที่ 1 ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (ขั้นตอนที่ 7) พบว่าต้องมีการลดความชื้นของแท่งถ่านด้วยการอบหรือการตากแดด การนำพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว (ขั้นตอนที่ 2 ในรูปที่ 1) กลับมาใช้ใหม่เพื่ออบแท่งถ่านนั้นจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน (หากเทียบกับการอบด้วยตู้อบ) ซึ่งส่งผลให้ได้ประโยชน์สองประการคือ ประการแรกทำให้ลดการใช้พลังงาน และประการที่สองทำให้ลดการปล่อยคาร์บอนมอนอ็อก-ไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม ปัจจุบันเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบธรรมดา เช่น ท่อและครีบ (fin and tube) หรือเปลือกและท่อ (shell and tube) ถูกใช้เพื่อนำเอาความร้อนเหลือทิ้งจากควันไอเสียกลับมาใช้ใหม่ซึ่งมีค่าประสิทธิผลค่อนข้างต่ำ กล่าวคือประมาณ 0.30-0.50



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว

และยังจำเป็นต้องใช้ปั้มสำหรับขับของไหลเพิ่มอีก ดังนั้นหากมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดอื่นที่มีประสิทธิผลทางความร้อนสูงมาแทนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนแบบเดิม ก็จะส่งผลให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้สูงขึ้นได้

ดังนั้น การนำ CLOFHP มาเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อดูดความร้อนที่เหลือทิ้งจากการเผาถ่าน (ควันไอเสีย) เพื่อกลับมาใช้อบแห่งถ่านนั้น จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ได้อย่างดี และยังเป็นการลดระยะเวลาการผลิตถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งหากวิธีการเดิมทำการตากแดด อีกทั้งส่งผลให้คุณภาพ (ค่าความร้อน) ของแท่งถ่านเพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นลดลง นอกจากนี้ยังเป็นการลดสภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเอาท่อความร้อนมาประยุกต์ใช้เพื่อนำเอาความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่นั้นมีนักวิจัยหลายท่านที่ให้ความสนใจ มีดังนี้ Noie S. H. and Majidian G. R. [1] ได้ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบธรรมดา (Conventional two phase closed thermosyphon, CTPCT) สำหรับห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ชุดทดลองของเขาประกอบไปด้วยฮีตเตอร์ขนาด 1500 W และกำหนดความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนเท่ากับ 2.3 m/s จากงานวิจัยนี้เขาพบว่ามีประสิทธิผลเท่ากับ 0.16 ซึ่งผู้เขียนเห็นว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ ต่อมา Yang F. และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาโดยการทดลองนำเอาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT ไปประยุกต์ใช้สำหรับนำเอาความร้อนปล่อยทิ้งไปกับไอเสียกลับมาใช้สำหรับอุ่นอากาศในห้องผู้โดยสาร เขาได้ทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิของไอเสียไหลผ่านส่วนทำระเหยอยู่ในช่วง 100 ถึง 300 °C จากการศึกษานี้เขาพบว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT ของเขามีประสิทธิผล 0.28 จากนั้น Lukitubudi A. R. และคณะ [3] ได้ทำการออกออกแบบ สร้างและทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT เพื่อนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งจากไอเสียของปล่องควันมาใช้สำหรับการผลิตเบเกอรี่ ซึ่งที่ทำงานอยู่ในระดับอุณหภูมิปานกลาง (ต่ำกว่า 300°C) เขาได้ทดลองในสภาวะความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT ระหว่าง 1.5 ถึง 5 m/s และความร้อนที่จ่ายให้กับส่วนทำระเหยระหว่าง 4 ถึง 20 kW จากการทดลองของเขาพบว่าประสิทธิผลทางความร้อนอยู่ระหว่าง 0.18-0.63 ต่อมา Habeebullah M. H. และคณะ [4] ได้รายงานผลการวิจัยจากการนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งจากไอเสียของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CHP ในการทดลองของเขาได้กำหนดอุณหภูมิไอเสีย 300°C เพื่อไหลผ่านส่วนทำระเหยของท่อความร้อน จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าสามารถนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ใหม่ได้ 70 ถึง 93% นอกจากนี้ Riffat S. B. and Gan G. [5] ได้รายงานวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะทางความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CHP สามชนิดที่ใช้สำหรับการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ เขาได้รายงานดังนี้ ความเร็วที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความสำคัญมากต่อประสิทธิผลของ CHP โดยการเพิ่มความเร็วที่ไหลผ่าน CHP ทำให้ประสิทธิผลลดลง และค่าประสิทธิผลนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของครีบและการจัดเรียงของท่อความร้อนด้วย ต่อมา Noie S. H. [6] ได้ทำการตรวจสอบสมรรถนะทางความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศร้อนกับอากาศเย็น เขาได้ทดลองในเงื่อนไขดังนี้ อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ไหลผ่านส่วนทำระเหยคือ 100 ถึง 250°C ในขณะที่ความร้อนที่จ่ายให้กับส่วนทำระเหยเท่ากับ 18-72 kW และความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นเป็น 0.5 ถึง 5.5 m/s ผลการทดลองเขาพบว่า ประสิทธิผลของ CTPCT มีค่าเป็น 0.37-0.65

งานวิจัยที่เกี่ยวกับเตาเผาถ่านมีดังนี้ Adum J.C. [7] ได้ทำศึกษาเตาเผาถ่านราคาประหยัดแบบ Retort-kiln (เตาก่อด้วยอิฐ) ให้มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (eco-charcoal) ลักษณะของเตาแบบ Retort-kiln จะทำงานเป็นสองช่วง กล่าวคือ ช่วงแรกจะอบประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการไล่ความชื้น ช่วงที่สอง เตาเริ่มทำงาน โดยมีควันและแก๊สไม้ถูกนำกลับไปใช้ที่ fire box โดยแก๊สจากไม้จะถูกเผาที่ fire box และนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ในห้องเผาถ่าน ทำให้ลดเวลาในการเผาถ่านจำเดิม 4-7 วัน เป็น 10-12 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของเตาประมาณ 30-40% สามารถลดการกระจายมลพิษสู่บรรยากาศได้ถึง 75% Saravanakumar A. และคณะ [8] ได้ทำศึกษาการเผาถ่านในเตาโลหะแบบมีการเผาไม้วัตถุดิบบางส่วน (partial combustion metal kiln) เตา

มีความจุเท่ากับ 250 kg ใช้เวลาในการเผา 5 ชั่วโมง ได้ถ่านออกมา 75 kg อัตราการเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน 3:1 อุณหภูมิภายในเตาขณะคาร์บอไนเซชั่น 456-600°C มีการคาร์บอไนเซชั่น 4 วิธี กล่าวคือ (1) แบบไม่ปล่องควันและบรรจุกิ่งไม้ยาวเต็ม (2) แบบไม่มีปล่องควันและบรรจุกิ่งไม้ทีละชั้น (3) แบบมีปล่องควันและบรรจุกิ่งไม้เต็มเตา และ (4) แบบมีปล่องควันและบรรจุกิ่งไม้ทีละชั้น วิธีที่ดีที่สุดคือแบบบรรจุวัตถุดิบให้เต็มเตาและเตามีปล่องควัน ไม้เปลี่ยนเป็นถ่านได้สมบูรณ์ใช้เวลา 5 ชั่วโมง ผลิตถ่านได้สูงสุด 38% โดยน้ำหนัก K.N. Patil และคณะ [9] ได้ศึกษาการเผาถ่านจากเศษพืชและชีวมวลหลายชนิดในเตาโลหะขนาดความจุ 50 ลิตร เตาถูกออกแบบให้มีห้องเผาไหม้แก๊สตรงกลางและสามารถนำแก๊สไม้ที่ได้จากการเผาถ่านกลับมาเผาในเตาโดยให้แก๊สไหลเข้าห้องเผาไหม้ตรงกลางเตาได้เองตามธรรมชาติ และแก๊สไม้จะถูกเผาเกิดความร้อนนำกลับมาเร่งกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นเป็นการลดการแพร่กระจายมลพิษและลดเวลาในการเผาถ่านเหลือ 2-3 ชั่วโมง ผลิตถ่านที่มีประมาณคาร์บอนได้ 69-77%

ดังนั้น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า การนำเอาท่อความร้อนมาเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อดูดความร้อนที่เหลือทิ้งจากการเผาถ่าน (ควันไอเสีย) เพื่อกลับมาใช้อบแห่งถ่านนั้น จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ได้อย่างดี และยังเป็นการลดระยะเวลาการผลิตถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งหากวิธีการเดิมทำการตากแดด อีกทั้งส่งผลให้คุณภาพ (ค่าความร้อน) ของแท่งถ่านเพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นลดลง นอกจากนี้ยังเป็นการลดสภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

3. การคำนวณหาค่าประสิทธิผล

ประสิทธิผลของการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในงานวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านส่วนทำระเหย (Q_{in}) ของ CLOFHP โดยใช้สมการ

$$Q_e = \dot{m}C_p(T_{out} - T_{in}) \qquad (1)$$

เมื่อ $\dot{m}$ คืออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่น, C_p คือค่าความจุความร้อนของอากาศ, T_{in} และ T_{out} คืออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าและออกจากส่วนทำระเหยของ CLOFHP ตามลำดับ

ต่อมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของส่วนควบแน่น (h_c) จากสมการที่ (2) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในงานวิจัยนี้ ซึ่งหากทำการประเมินได้แม่นยำยิ่งเป็นผลดีต่อนำไปใช้งานในอนาคต ซึ่งค่า h_c ในที่นี้ประมาณการจากสมการ

$$h_c = \frac{k}{L_c}Nu \qquad (2)$$

โดยที่ k คือค่าการนำความร้อนของอากาศ, L_c คือความยาวของส่วนควบแน่น โดยใช้ค่าเลขนัสเซิล (Nu) จากสมการ

$$Nu = C(GrPr)^n \qquad (3)$$

เมื่อค่า C และ n เป็นค่าคงที่ Gr คือ Grashof number และ Pr คือ Prandtl number ที่เหมาะสมกับการถ่ายเทความร้อนระหว่างส่วนควบแน่นกับอากาศในตู้อบ โดยที่คุณสมบัติของอากาศที่นำมาใช้สำหรับการคำนวณเป็นคุณสมบัติ ณ อุณหภูมิฟิล์ม (T_f) ซึ่งหาได้จาก $T_f = (T_s + T_\infty)/2$

อัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านส่วนควบแน่นซึ่งเป็นอากาศในตู้อบที่อยู่รอบๆ ส่วนควบแน่น โดยที่ความร้อนจะถูกถ่ายเทมาจากไอเสียโดยผ่านท่อความร้อน ลักษณะการถ่ายเทความร้อนระหว่างผนังด้านนอกของส่วนควบแน่นกับอากาศในตู้อบเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ค่าความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของอากาศในตู้อบเพิ่มขึ้นหาได้จากสมการ

$$Q_c = h_c A_s (T_s - T_\infty) \qquad (4)$$

เมื่อ h_c คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติ, A_s คือพื้นที่ผิวด้านนอกของส่วนควบแน่นของท่อความร้อน, T_s คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวด้านนอกของส่วนควบแน่น และ T_∞ คืออุณหภูมิของอากาศในตู้อบ

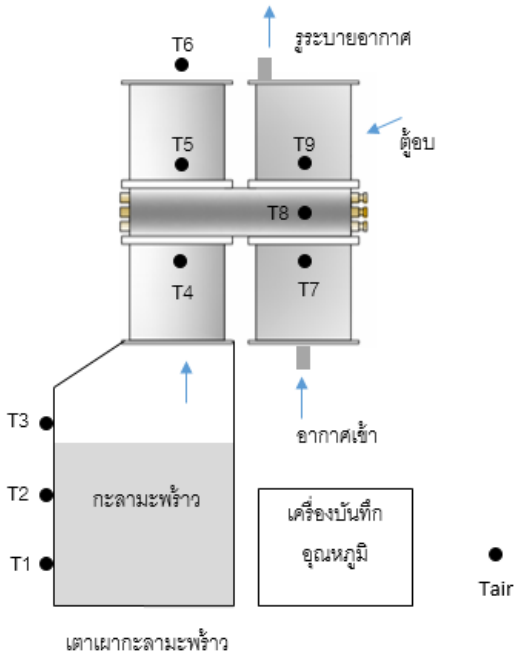
สุดท้ายสามารถหาค่าประสิทธิผลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CLOFHP ได้จากสมการ

$$\varepsilon = \frac{Q_c}{Q_e} = \frac{h_c A_s (T_s - T_\infty)}{\dot{m}C_p(T_{out} - T_{in})} \qquad (5)$$

4. ชุดทดลองและการทดลอง

ลักษณะของไดอะแกรมของวงจรการทดสอบที่ผู้ทำวิจัยได้ทำการสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบและประเมินสมรรถนะของตู้อบแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย เตาเผาถ่าน, ปล่องลมร้อน, ตู้อบ, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CLOFHP และเครื่องบันทึกอุณหภูมิ

ในการทดลองได้ใช้กะลามะพร้าวจำนวนทั้งหมด 85 kg โดยแบ่งเติมเป็นช่วงๆ ครั้งละ 17 kg จากการทดลองผู้วิจัยได้ทำการเสนอผลการทดลองออกเป็น 4 ประเด็น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

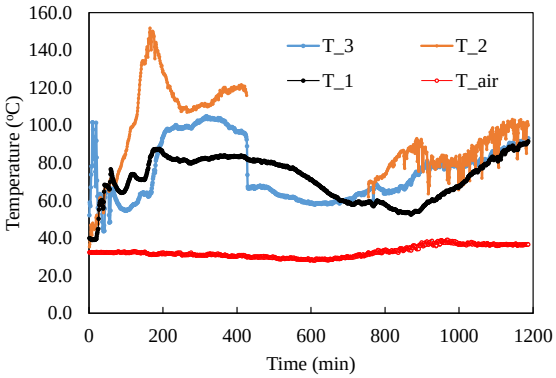


รูปที่ 2 ชุดทดลอง

5. ผลการทดลอง

5.1 การกระจายอุณหภูมิของผนังเตา

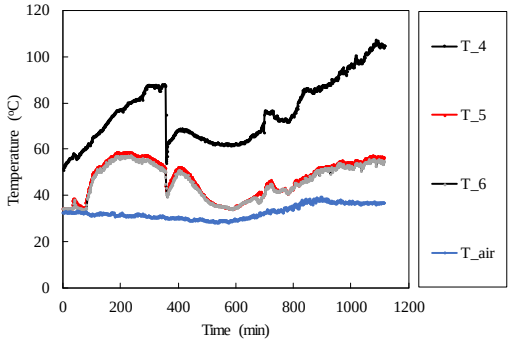
รูปที่ 3 แสดงการกระจายอุณหภูมิของผนังเตา ค่าอุณหภูมิของผนังเตาแต่ละระดับจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน ในช่วงแรกพบว่าค่า T2 มีค่าสูงกว่า T1 และ T3 เนื่องเป็นช่วงจุดเตา โดยจำนวนกะลามะพร้าวในเตาเป็น 1/3 ของความสูง ดังนั้นเปลวไฟที่เกิดลุกไหม้จะอยู่บริเวณ T2 ในรูปที่ 3 สังเกตว่าไม่มีข้อมูล T2 ในช่วงเวลา 400-800 นาที เนื่องจากสายเทอร์โมคัปเปิ้ลหลุด



รูปที่ 3 การกระจายอุณหภูมิของผนังเตา

5.2 การกระจายอุณหภูมิของไอเสีย

รูปที่ 4 แสดงการกระจายอุณหภูมิของไอเสียที่เกิดจากการเผากะลามะพร้าว

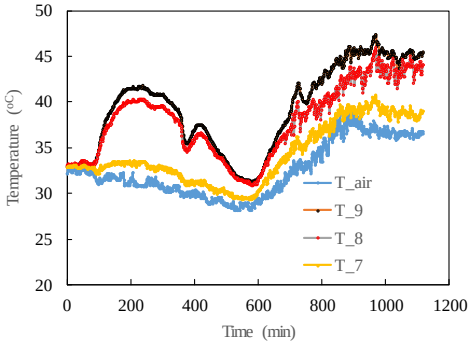


รูปที่ 4 การกระจายอุณหภูมิของผนังท่อไอเสีย

จากรูปที่ 4 พบว่า T4 มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นๆ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากจุด T4 เป็นจุดที่อยู่ใกล้เตาที่สุด ส่วน T5, T6 และ T7 เป็นจุดที่ห่างออกจากตัวเตาเผาถ่านมากขึ้น ตามลำดับ

5.3 การกระจายอุณหภูมิในตู้อบ

รูปที่ 5 แสดงการกระจายอุณหภูมิของอากาศในตู้อบ ดังนี้

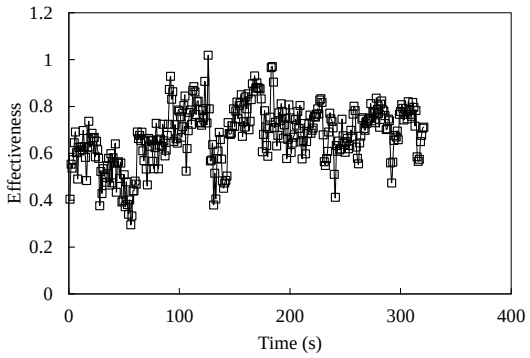


รูปที่ 5 ค่าอุณหภูมิของอากาศในตู้อบ

จากรูปที่ 5 พบว่าในช่วงชั่วโมงแรก อุณหภูมิของอากาศในตู้อบจะค่อนข้างคงที่ เนื่องจากเป็นช่วงจุดเตา จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากกะลามะพร้าวในเตาติดไฟแล้ว ที่เวลา 350 นาที พบว่าอุณหภูมิของอากาศจะลดลงเนื่องจากเปิดฝาเตาเพื่อเติมกะลามะพร้าว หลังจากปิดฝาเตาอีกครั้งอุณหภูมิของอากาศในตู้อบจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และจะลดลงรื่อยๆ เนื่องจากกะลามะพร้าวที่เติมเข้าไปใหม่ยังไม่ติดไฟ จากการทดลองพบว่า ณ เวลา 600 นาทีเป็นต้นไปอุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากกะลามะพร้าวทั้งหมดในเตาติดไฟ

5.4 ประสิทธิผลของตู้อบ

ประสิทธิผลของการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ในกรณีนำความร้อนจากควันไอเสียที่ปล่อยจากเตาเผาถ่านมาเป็นแหล่งความร้อนสูงจ่ายให้กับส่วนทำระเหย และความร้อนที่ระบายออกจากส่วนควบแน่นมาให้อากาศในตู้อบ สามารถคำนวณได้จากสมการ (5) รูปที่ 6 แสดงค่าประสิทธิผลของ CLOFHP



รูปที่ 6 ประสิทธิผลของการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่

เนื่องจากว่าประสิทธิผลของนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ในสมการ (5) ซึ่งอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆเปลี่ยนแปลงังรูปที่ 5 ดังนั้นจึงเลือกนำเสนอประสิทธิผลในช่วงเวลา 0-400 นาที ซึ่ง พบว่าประสิทธิผลของ CLOFHP มีค่าประมาณ 0.40-0.90

6. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเผากะลามะพร้าวด้วยเตาที่สร้างขึ้น และนำความร้อนจากไอเสีย (ควัน) มาใช้เป็นแหล่งความร้อนให้กับตู้อบ งานวิจัยนี้สรุปได้ดังนี้

- อุณหภูมิในตู้อบเพิ่มขึ้นประมาณ 10 °C
- ประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CLOFHP ในกรณีนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ มีค่าประมาณ 0.40-0.90
- การปรับปรุงสมการการพาความร้อนแบบธรรมชาติในตู้อบนี้เป็นประเด็นใหม่ที่ควรได้รับการค้นหาหรือตรวจสอบให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Noie, S. H. and Majidian, G. R., **Waste heat recovery using heat pipe heat exchanger for surgery room in hospitals**, Applied Thermal Engineering, 20 (14), (2000), 1271-1282.

[2] Yang, F., Yuan, X. and Lin, G., **Waste heat recovery using heat pipe heat exchanger for heating automobile using exhaust gas**, Applied Thermal Engineering, 23 (2003), 367-372.

[3] Lukitobudi, A. R., Akbarzadeh, A., Johnson, A. W., and Hendy P, **Design, construction and testing of a thermosyphon heat exchanger for medium temperature heat recovery in bakeries**, Heat Recovery Systems. 15(5) (1995), 481-491.

[4] Habeebullah, M. H., Akyurt, M., Najjar, Y. S. H. and El-Kalay, A. K., **Experimental performance of a waste heat recovery and utilization system with a looped water in steel heat pipe**, Applied Thermal Engineering, 18 (1998), 595-607.

[5] Riffat, S. B. and Gan, G., **Determination of effectiveness of heat-pipe heat recovery for naturally-ventilated buildings**, Applied Thermal Engineering, 18 (1998), 121-130.

[6] Noie, S. H., **Investigated the thermal performance of an air to air thermosyphon heat exchanger**, Applied Thermal Engineering, 26 (2006), 559-567.

[7] Adum, J. C., **Improved and more environmentally friendly charcoal production system using a low-cost retort-kiln (Eco-**

charcoal), Renewable Energy, 34, (2009), 1923-1925.

[8] Saravannakumar, A., Haridasan, T. M. and Kasturi Bai, R., **Technical and feasibility study of conversion of long-stick wood to charcoal in partial combustion metal kiln**, Energy for Sustainable Development, 3, (2006).

[9] Patil, K. N., Ramana, P. V. and Singh, R. N., **Performance evaluation of natural draft based agricultural residues charcoal system**, Biomass & Bioenergy, 18, (2000), 161-173.

การออกแบบบ้านพักอาศัยภายใต้แนวคิดสถาปัตยกรรมพอเพียง: กรณีศึกษา ตำบลบ้านเกาะ จังหวัดนครราชสีมา

Residential Design in Architecture Sufficient : Baan Kho Sub-Distric NakhonRatchasima Province

ขวัญนภา สิทธิ์ประเสริฐ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เลขที่ 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
good_job62@hotmail.com, 085-4961722, 044-255451

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะรูปแบบบ้านพักอาศัยของชุมชนตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบบ้านพักอาศัย และเสนอแนะแนวทางการออกแบบที่สอดคล้องกับวิถีชีวิต สภาพสังคม เศรษฐกิจในปัจจุบัน ภายใต้แนวคิดสถาปัตยกรรมพอเพียง ด้านความพอประมาณ การมีเหตุผล การมีภูมิคุ้มกัน และการมีองค์ความรู้ด้านสถาปัตยกรรมที่ถูกต้อง มีหลักการออกแบบรองรับ เนื่องจากชุมชนตำบลบ้านเกาะมีความเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม อย่างรวดเร็ว มีสถานศึกษาและห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่อยู่ในพื้นที่ ทำให้มีการอยู่อาศัยหนาแน่นขึ้น และได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการอยู่อาศัยจากเดิม การวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีวิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นนำมาประกอบกับข้อมูลจากการสำรวจ ลงพื้นที่เก็บข้อมูลด้วยภาพถ่าย การสัมภาษณ์และการมีส่วนร่วมในการออกแบบของชุมชน ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบบ้านพักอาศัยชุมชนบ้านเกาะ รูปแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่เป็นบ้านไม้ใต้ถุนสูง มีการอยู่อาศัยเป็นครอบครัวใหญ่ ต่อมาจำนวนประชากรอยู่อาศัยเพิ่มขึ้น ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของบ้านไม้ใต้ถุนสูงโดยปรับปรุงพื้นที่เพื่ออยู่อาศัยบริเวณชั้นล่างสำหรับสมาชิกที่เพิ่มขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เคยมีต้นไม้ ได้ปรับที่ดินเป็นพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยทำให้พื้นที่ว่างและปริมาณต้นไม้ลดน้อยลง ส่งผลทำให้รูปแบบบ้านไม้ใต้ถุนสูงบางหลังไม่ได้ใช้พื้นที่บริเวณชั้นบนของบ้าน เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น จากการศึกษาในครั้งนี้ได้แนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยภายใต้แนวคิดสถาปัตยกรรมพอเพียงให้แก่ชุมชน ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความพอประมาณกับรายได้และจำนวนผู้อยู่อาศัย มีเหตุผลในการออกแบบ และสร้างภูมิคุ้มกันในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมกับความต้องการ และสภาวะเศรษฐกิจของครอบครัว

คำหลัก: บ้านพักอาศัย, แนวคิด, สถาปัตยกรรมพอเพียง

Abstract

This research aimed to study characteristics of residence of Ban Ko Community, Mueang District, Nakhon Ratchasima Province for analyzing of residential style and to suggest guidelines for designing in accordance with way of life, social and economic condition in the present. The design was under the concept of sufficient architecture in aspect of moderation, reason, immunity and body of knowledge based on principle of design. As a result of rapid changing in socio-economic aspect with a

university and a large department store located in the area, this caused Ban Ko Community had more density of population and changing of residential style than before. The study was conducted by analyzing questionnaire for searching of data associated with data from field surveying collected in form of photographs, interviewing and participating in communal design, The study revealed that the most of residences in Ban Ko Community were in style of wooden elevated houses living with big family. After increasing of population, the vernacular houses were changed by improving living area at the first floor for increased members. Surroundings of trees were changed to expand living area caused decreasing of space and trees and upstairs of some elevated houses were not used due to higher temperature. From this study, guidelines for designing of house under the concept of sufficient architecture were created for the community. Styles of house were in accordance with income and number of resident, reasonable design and were created immunity for the future. These were guidelines for construction of residences that would be suitable for families' need and economic conditions.

Keyword: Residential Design, Concept, Architecture Sufficient

1. บทนำ

บ้านพักอาศัยเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะนอกจากใช้เป็นที่อยู่อาศัย พักผ่อนหลับนอนแล้วบ้านพักอาศัยยังเป็นที่สร้างพฤติกรรมสร้างกิจกรรมในการดำเนินชีวิต หรือสร้างวัฒนธรรมของแต่ละครอบครัวซึ่งพฤติกรรมหรือกิจกรรมนี้เป็นพื้นฐานของการเกิดชุมชน และสังคมต่อไป สถาปัตยกรรมบ้านพักอาศัยในยุคปัจจุบันที่แปรเปลี่ยนจากในอดีตนั้นเป็นผลผลิตทางความคิดในการออกแบบของมนุษย์เปลี่ยนจากวิถีชีวิตเรียบง่ายแวดล้อมด้วยธรรมชาติอุดมสมบูรณ์มาเป็นวิถีชีวิตที่เร่งรีบในตัวเมืองใหญ่

แนวคิดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เป็นแนวคิดที่สามารถนำไปปฏิบัติเพื่อทำให้สังคมที่มีความสงบสุข มีความเอื้ออาทรต่อกัน รอบรู้ และมีภูมิคุ้มกันในตัวเองที่ดีเพื่อพร้อมรับผลกระทบที่เกิดขึ้นในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศและอยู่ร่วมกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสมเป็นการนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) ซึ่งความพอเพียงต้องประกอบไปด้วยคุณลักษณะ 3 ประการดังนี้ ความพอประมาณ ความมีเหตุผล การมีภูมิคุ้มกันที่ดีในตัว โดย 3 คุณลักษณะนี้ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนความรู้และเงื่อนไขคุณธรรม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ,2548) สถาปัตยกรรมพอเพียงจึงเป็นการออกแบบสถาปัตยกรรมโดยการใช้คุณลักษณะ 3 ประการมาเป็นแนวคิดหลักในการออกแบบ โดยใช้เงื่อนไขด้านความรู้และคุณธรรมประกอบการตัดสินใจเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาการออกแบบบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมกับสภาพสังคม เศรษฐกิจในยุคปัจจุบัน ของชุมชนตำบลบ้านเกาะ เนื่องจากชุมชนตำบลบ้านเกาะเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางด้านการใช้ที่ดินเพื่อการก่อสร้าง จากเดิมพื้นที่ชุมชนบ้านเกาะเคยเป็นเขตชานเมืองด้านทิศเหนือของจังหวัดนครราชสีมา เมื่อแบ่งการปกครองเป็นการบริหารส่วนตำบลได้มีการขยายตัวของประชากรออกมาอยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งการคมนาคมสะดวก มีถนนสายหลักคือถนนมิตรภาพ และถนนสุรนารายณ์ มีโครงการบ้าน

จัดสรร มีห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ ใกล้มหาวิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง ทำให้ประชากรเริ่มเข้ามาอาศัยหนาแน่นมากขึ้น ความเป็นชุมชนดั้งเดิมเริ่มหายไป แรงงานและคนต่างพื้นที่เข้ามาอยู่มากขึ้น ดังนั้นจึงได้ตระหนักความจำเป็นในการมีรูปแบบบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนบ้านเกาะซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับการอยู่อาศัยและสอดคล้องกับวิถีชีวิตดั้งเดิม ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม โดยการใช้ทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียงเป็นแนวคิดหลัก

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบบ้านพักอาศัยของชุมชนตำบลบ้านเกาะ จังหวัดนครราชสีมา

2. เพื่อวิเคราะห์รูปแบบบ้านพักอาศัยที่สอดคล้องกับวิถีชีวิต และสภาพสังคม เศรษฐกิจในยุคปัจจุบัน

3. เสนอแนะแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยภายใต้บริบทสถาปัตยกรรมพอเพียงให้แก่ชุมชน

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

พื้นที่ทำการศึกษาคือ ชุมชนตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ พื้นที่ทำการศึกษาคือเขตเทศบาลตำบลบ้านเกาะทั้งหมด 6 คุ้ม

2. ขอบเขตด้านรูปแบบสถาปัตยกรรม รูปแบบของบ้านที่ทำการศึกษา เป็นประเภทของบ้านพักอาศัยตามกฎหมายควบคุมอาคาร ได้แก่ บ้านไม้ชั้นเดียว บ้านตึกชั้นเดียว บ้าน 2 ชั้นครึ่งตึกครึ่งไม้ บ้านตึก 2 ชั้น โดยพิจารณาตามจำนวนสมาชิกที่อยู่อาศัย

4. วิธีการวิจัย เครื่องมือวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้บ้านพักอาศัย 12 หลัง จากรูปแบบบ้านทั้ง 4 ประเภท โดยจำแยกตามจำนวนผู้พักอาศัย ตั้งแต่ 1-2คนขึ้นไปจนถึง 5-6 คน โดยมีกระบวนการดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการออกแบบบ้านพักอาศัย และแนวคิดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นเกณฑ์ในการออกแบบบ้านพักอาศัย

2. ศึกษาข้อมูลระดับปฐมภูมิ โดยการลงพื้นที่จริงสำรวจภาคสนาม

- เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์และแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำมาวิเคราะห์จัดเก็บและคัดแยกข้อมูลของบ้านพักอาศัย จำนวน 100 หลัง

- วิเคราะห์แบบสอบถาม โดยจำแนกข้อมูลจำนวนสมาชิกและประเภทของบ้านพักอาศัย เพื่อหาตัวอย่างบ้านพักอาศัยในการสำรวจ จำนวน 12 หลัง

- เก็บข้อมูลสำรวจรังวัดพื้นที่บ้านพักอาศัย ตามจำนวนสมาชิก รูปแบบบ้าน ประเภท บ้านพักอาศัย ที่อยู่ในเกณฑ์พิจารณา

3. วิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจบ้านพักอาศัยด้วยการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเสนอความคิดเห็นโดยใช้เกณฑ์สถาปัตยกรรมพอเพียงเป็นแนวคิดหลักในการพิจารณา

4. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อการออกแบบบ้านพักอาศัยภายใต้บริบทสถาปัตยกรรมพอเพียง

5. สรุปโครงการและรายงานผลวิจัย

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลบ้านพักอาศัยโดยการนำความหมายของหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงได้แก่ ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน โดยมีเงื่อนไข 2 ประการได้แก่ ความรู้และคุณธรรม นำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การวิเคราะห์บ้านพักอาศัย

พอประมาณ	เงื่อนไขความรู้	1. คำนึงถึงงบประมาณราคาค่าก่อสร้างที่เหมาะสม (รายได้และจำนวนผู้อยู่อาศัย) 2. การใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมมีคุณค่าความงาม ไม่ใช้ทรัพยากรสิ้นเปลือง (เช่นเดียวกับอาคารที่มีราคาค่าก่อสร้างที่สูงกว่า) 3. รูปลักษณ์ของบ้านแสดงออกถึงผู้ครอบครองและผู้อยู่อาศัยอย่างเหมาะสมตามฐานะทางเศรษฐกิจและทางสังคม 4. คำนึงถึงความจำเป็นของผู้ใช้ในการกำหนดสัดส่วน องค์ประกอบ จำนวนและขนาดพื้นที่ใช้สอยแต่ละส่วน
	เงื่อนไขคุณธรรม	1. อาคารต้องมีองค์ประกอบรายละเอียดพื้นฐานคุณสมบัติวัสดุอาคารและระยะร่นต่างๆถูกต้องตามกฎหมายควบคุมอาคารกำหนดไว้ 2. วิธีการและกระบวนการก่อสร้างต้องปลอดภัยไม่สร้างความเดือดร้อนให้กับสาธารณะ 3. พื้นที่ใช้สอยของอาคารเอื้อให้เกิดการพึ่งพาอาศัยและสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในครอบครัว
มีภูมิคุ้มกัน	เงื่อนไขความรู้	1. รูปแบบอาคารสอดคล้องกลมกลืนไปกับบริบทและภูมิทัศน์วัฒนธรรม (Cultural Landscape) พื้นถิ่น 2. การใช้วัสดุอาคารควรเป็นวัสดุท้องถิ่นหรือวัสดุทดแทนที่เหมาะสมกับราคาหรือดูแลรักษาง่าย 3. สามารถซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัยได้ด้วยสมาชิกในครอบครัว
	เงื่อนไขคุณธรรม	1. ระยะพื้นที่ใช้สอย การจัดวางพื้นที่ควรสอดคล้องกับสัดส่วนมนุษย์ จำนวนผู้ใช้ ลักษณะกิจกรรม 2. ระยะพื้นที่ใช้สอยการจัดวางพื้นที่ควรคำนึงหลักการออกแบบสภาพแวดล้อมและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับทุกคน (คนชรา, คนพิการ) 3. ควรคำนึงถึงหลักความเชื่อต่างๆที่สมาชิกในครัวเรือนให้ความเคารพนับถือ เพื่อสามารถอยู่ร่วมด้วยกันได้ 4. การออกแบบพื้นที่เพื่อการรวมกลุ่มระหว่างเครือญาติ เพื่อน หรือกลุ่มบุคคลที่มีความสนใจ หรือวิถีชีวิตใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นชุมชนเดียวกัน
มีภูมิคุ้มกัน	เงื่อนไขความรู้	1. พิจารณานำหลักการของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นมาผสมผสานกับรูปแบบของสถาปัตยกรรมในปัจจุบัน รวมทั้งคำนึงถึงรูปแบบของสถาปัตยกรรมที่อยู่โดยรอบมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบบ้าน 2. วางผังอาคารให้กระชับ (Compact) ใช้พื้นที่สัญจรน้อยหรือใช้พื้นที่ใช้สอยเป็นพื้นที่สัญจรในการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ใช้สอยแต่ละส่วน 3. คำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมพัฒนานวัตกรรมของตนเองในการออกแบบเพื่อลดการพึ่งพาภายนอก
	เงื่อนไขคุณธรรม	1. ระบบอาคารส่งเสริมให้ผู้อยู่อาศัยตระหนักในความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อมและสร้างนิสัยหรือปรับพฤติกรรมในการประหยัดทรัพยากร
ความมีเหตุผล		

5. ผลการวิจัย

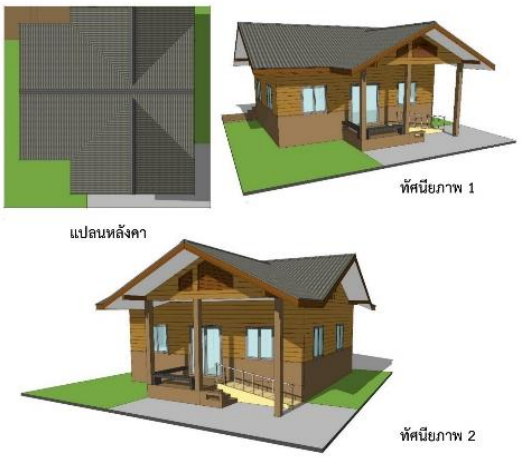
จากวัตถุประสงค์วิจัยที่กำหนดไว้ข้างต้น ได้วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจากแบบสอบถามจึงได้รูปแบบบ้านพักอาศัยของชุมชนเพื่อมาทำการสำรวจทั้งหมดจำนวน 12 หลัง ดังนี้

ตารางที่ 2 จำนวนและรูปแบบบ้านพักอาศัยที่ทำการสำรวจ

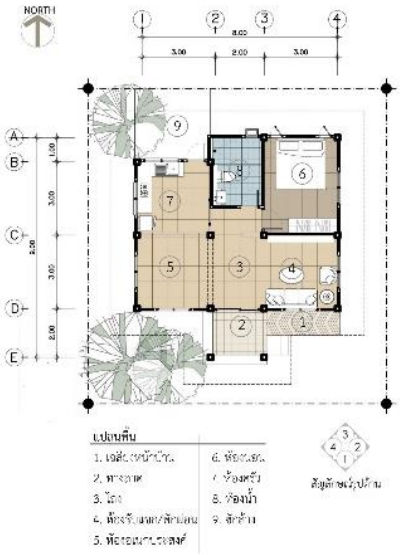
จำนวนสมาชิก	จำนวนหลัง	รูปแบบบ้าน		
		บ้านก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว	บ้าน 2 ชั้น ครึ่งอิฐ ครึ่งไม้	บ้านก่ออิฐฉาบปูน 2ชั้น
1-2 คน	4	2	2	
3-4 คน	4		2	2
5-6 คน	4	1	2	1

ผลจากการวิเคราะห์บ้านพักอาศัยทั้ง 12 หลัง โดยใช้เกณฑ์สถาปัตยกรรมพอเพียงการวิเคราะห์ได้ผลดังต่อไปนี้

หลังที่ 1 รูปแบบของบ้านสำหรับสมาชิก 1-2 คน ประเภท บ้านก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว



รูปที่ 1 ทัศนียภาพบ้านหลังที่1



รูปที่ 2 แปลนพื้นบ้านหลังที่ 1

แนวความคิดการออกแบบ : ออกแบบให้มีขนาดพื้นที่ใช้สอยเหมาะสมกับจำนวนอยู่อาศัยประจำ และกิจกรรมต่างๆ ในการดำเนินชีวิต เช่น พนักงานบริษัท อาชีพรับจ้างทั่วไป ที่ต้องออกไปทำงานทุกวันอยู่บ้านในช่วงเย็นและวันหยุด หรือแม่บ้านที่ต้องอยู่บ้านทั้งวัน คำนึงถึงความจำเป็นของผู้ใช้ในการกำหนด สัดส่วนองค์ประกอบ จำนวนและขนาดพื้นที่ใช้สอยแต่ละส่วน จัดพื้นที่ใช้สอยให้ใช้ประโยชน์ได้คุ่มค่ามากที่สุด ลดเส้นทางการเดินปรับเป็นพื้นที่อเนกประสงค์สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายยืดหยุ่นกับการใช้งาน เหมาะกับกิจกรรมที่จะมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ออกแบบพื้นที่ใช้สอยของแต่ละส่วนการใช้งานเอื้อให้เกิดการพึ่งพาอาศัยและสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในครอบครัว จะช่วยในการดูแลมองเห็น ใส่ใจกันมากขึ้น

- จัดวางตำแหน่งอาคารให้มีความสัมพันธ์กับทิศทางแดด ลม ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า บ้านหลังนี้ส่งเสริมให้ผู้อยู่อาศัยตระหนักในความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อมและสร้างนิสัย หรือปรับพฤติกรรมในการประหยัดทรัพยากรโดยการออกแบบ หรือมีพื้นที่ใช้สอยที่จำเป็นและมีการใช้งานเกิดขึ้นจริง เช่น ห้องครัวที่ใช้งานได้จริง 1 ห้อง ห้องน้ำ 1 ห้องที่เพียงพอสำหรับ 2 คน ทำให้

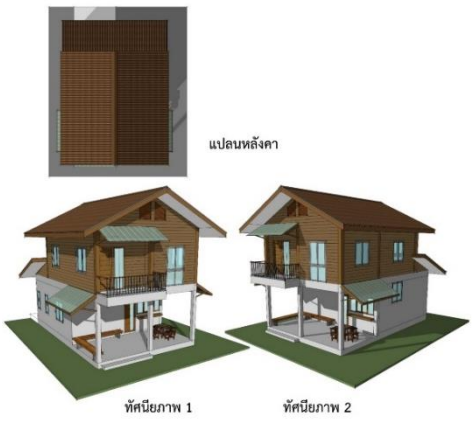
ประหยัดทรัพยากรในการก่อสร้าง และลดภาระการใช้น้ำได้

- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังเป็นไม้เทียม หรือไม้เนื้อแข็ง ออกแบบไว้สำหรับการปรับปรุงบ้านครึ่งตึก ครึ่งไม้ หากมีความต้องการปรับปรุงเอาผนังไม้เดิมมาใช้ในรูปแบบนี้ได้ เพื่อการประหยัดทรัพยากร และยังได้ความรู้สึกที่เป็นบ้านที่เคยอยู่ ผู้สูงอายุมักจะมีความผูกพันกับของเก่า ของเดิมที่มีความทรงจำดีๆวัสดุประกอบอาคาร เช่นหลังคา เป็นโครงเหล็ก หรือไม้เนื้อเข็ง วัสดุมุงเป็นกระเบื้องลอนคู่ ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมสำเร็จรูป หาซื้อได้ง่ายหรือจะใช้หน้าต่าง ประตู ของเดิมที่ยังมีสภาพใช้งาน

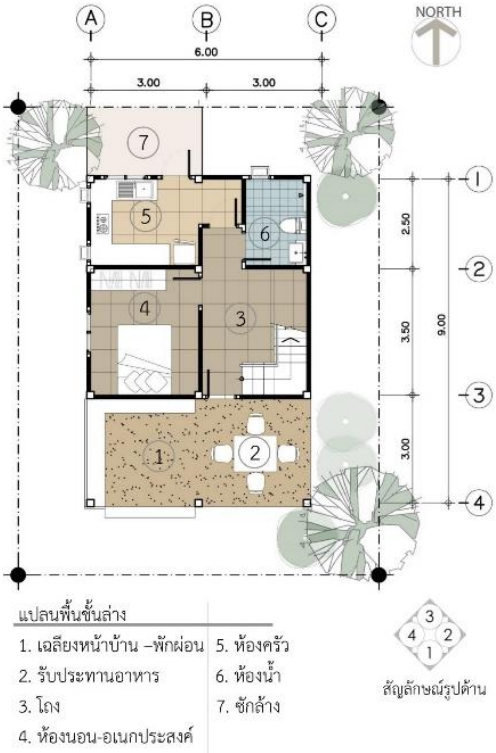
- การออกแบบและการก่อสร้างมีรายละเอียดพื้นฐานมีคุณสมบัติวัสดุอาคาร และระยะร่นต่างๆ ถูกต้องตามกฎหมายควบคุมอาคารกำหนดไว้

-มีการออกแบบที่คำนึงถึงผู้สูงอายุ เพราะจากการสำรวจพบว่า บ้านที่คนพักอาศัย 1-2 คน ส่วนใหญ่จะเป็นคนที่อายุมากกว่า 50 หรือบางหลังก็เป็นผู้สูงอายุ จึงได้ออกแบบพื้นที่สำหรับทำทางลาดไว้รองรับ

หลังที่ 2 รูปแบบของบ้านสำหรับสมาชิก 3 - 4 คน ประเภท บ้านสองชั้นครึ่งอิฐครึ่งไม้



รูปที่ 3 ทัศนียภาพบ้านหลังที่ 2



รูปที่ 4 แปลนพื้นชั้นล่าง บ้านหลังที่ 2



รูปที่ 5 แปลนพื้นชั้นบน บ้านหลังที่ 2

แนวความคิดในการออกแบบ : การออกแบบบ้านในรูปแบบนี้สามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุงบ้านไม้ 2 ชั้นใต้ถุนสูงได้ หรือสามารถสร้างใหม่ตามแบบนี้ได้ตามความเหมาะสมและความต้องการ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใกล้เคียงกับ

บ้านดั้งเดิมของชุมชน คือบ้านไม้ใต้ถุนสูง แต่ยังมีการจัดพื้นที่ใช้สอยชั้นล่างเป็นห้องนอน หรือห้องอเนกประสงค์ ปรับเปลี่ยนการใช้งานตามความจำเป็นในการขยายตัวในอนาคต

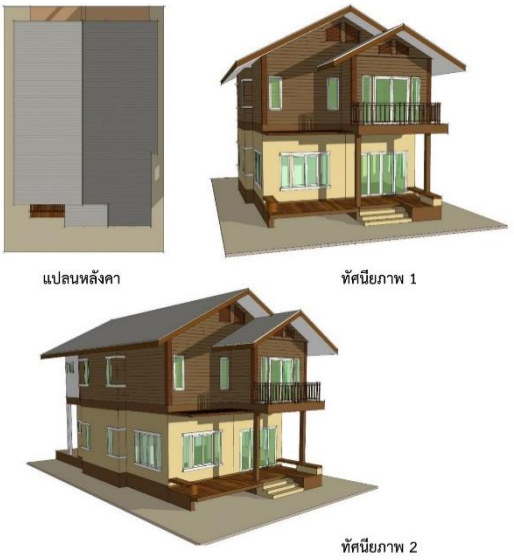
- จัดวางตำแหน่งอาคารให้มีความสัมพันธ์กับทิศทางแดด ลม สร้างพื้นที่รับแขก นั่งเล่น บริเวณใต้ถุนบ้านโดยมีลมพัดผ่าน มีการระบายอากาศ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และพื้นที่บริเวณนี้ยังช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนบ้าน ไม่เป็นห้องปิดล้อม ทำให้มองเห็นกัน ช่วยเป็นหูเป็นตา เสมือนมีการรักษาความปลอดภัยซึ่งกันและกัน

- บ้านหลังนี้ส่งเสริมให้ผู้อยู่อาศัยตระหนักในความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อมและสร้างนิสัย หรือปรับพฤติกรรมในการประหยัดทรัพยากรโดยการออกแบบให้มีพื้นที่ใช้สอยที่จำเป็น และมีการใช้งานเกิดขึ้นจริง เช่น มีห้องครัวที่ใช้งานได้จริง 1 ห้อง ห้องน้ำ 2 ห้องที่เพียงพอสำหรับ 3-4 คน ทำให้ประหยัดทรัพยากรในการก่อสร้างและลดภาระการใช้น้ำได้

- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังเป็นไม้เทียม หรือไม้เนื้อแข็ง วัสดุประกอบอาคาร เช่น หลังคา เป็นโครงเหล็ก หรือไม้เนื้อแข็ง วัสดุมุงเป็นกระเบื้องลอนคู่ ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมสำเร็จรูป หาซื้อได้ง่าย เพราะในเขตพื้นที่ตำบลบ้านเกาะมีร้านวัสดุก่อสร้างเป็นจำนวนมาก และยังสามารถติดตั้งได้เอง และสามารถซ่อมแซมปรับปรุงได้หากมีการชำรุด

- การออกแบบและการก่อสร้างมีรายละเอียดพื้นฐานมีคุณสมบัติวัสดุอาคาร และระยะร่นต่างๆถูกต้องตามกฎหมายควบคุมอาคารกำหนดไว้

หลังที่ 3 รูปแบบของบ้านสำหรับสมาชิก 5 - 6 คน ประเภท บ้านสองชั้นครึ่งอิฐครึ่งไม้



รูปที่ 6 ทัศนียภาพ บ้านหลังที่ 3



รูปที่ 7 แปลนพื้นชั้นล่าง บ้านหลังที่ 3



รูปที่ 8 แปลนพื้นชั้นบน บ้านหลังที่ 3

แนวความคิดในการออกแบบ : การออกแบบบ้านในรูปแบบนี้สามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุงบ้านไม้ 2 ชั้นใต้ถุนสูงได้ หรือสามารถสร้างใหม่ตามแบบนี้ได้ตามความเหมาะสมและความต้องการ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใกล้เคียงกับบ้านดั้งเดิมของชุมชน คือบ้านไม้ใต้ถุนสูง แต่ยังมีการจัดพื้นที่ใช้สอยชั้นล่างเป็นห้องนอน หรือห้องอเนกประสงค์ ปรับเปลี่ยนการใช้งานตามความจำเป็นในการขยายตัวในอนาคต

- จัดวางตำแหน่งอาคารให้มีความสัมพันธ์กับทิศทางแดด ลม สร้างพื้นที่รับแขก นั่งเล่น บริเวณใต้ถุนบ้านโดยมีลมพัดผ่าน มีการระบายอากาศ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และพื้นที่บริเวณนี้ยังช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนบ้าน ไม่เป็นห้องปิดล้อม ทำให้มองเห็นกัน ช่วยเป็นหูเป็นตา เสมือนมีการรักษาความปลอดภัยซึ่งกันและกัน

- บ้านหลังนี้ส่งเสริมให้ผู้อยู่อาศัยตระหนักในความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อมและสร้างนิสัย หรือปรับพฤติกรรมในการประหยัดทรัพยากรโดยการออกแบบให้มีพื้นที่ใช้สอยที่จำเป็น และมีการใช้งานเกิดขึ้นจริง เช่นมีห้องครัวที่ใช้งานได้จริง 1 ห้อง ห้องน้ำ 2 ห้องที่เพียงพอสำหรับ 5-6 คน ทำให้ประหยัดทรัพยากรในการก่อสร้างและลดภาระการใช้น้ำได้

- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังเป็นไม้เทียม หรือไม้เนื้อแข็งวัสดุประกอบอาคาร เช่นหลังคา เป็นโครงเหล็ก หรือไม้เนื้อเข็ง วัสดุมุงเป็นกระเบื้องลอนคู่ ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมสำเร็จรูปหาซื้อได้ง่าย เพราะในเขตพื้นที่ตำบลบ้านเกาะมีร้านวัสดุก่อสร้างเป็นจำนวนมาก และยังสามารถติดตั้งได้เอง และสามารถซ่อมแซมปรับปรุงได้หากมีการชำรุด

- การออกแบบและการก่อสร้างมีรายละเอียดพื้นฐานมีคุณสมบัติวัสดุอาคาร และระยะร่นต่างๆถูกต้องตามกฎหมายควบคุมอาคารกำหนดไว้

6. การอภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

การออกแบบบ้านพักอาศัยภายใต้บริบทสถาปัตยกรรมพอเพียงให้แก่ชุมชนบ้านเกาะเป็นรูปแบบของบ้านพักอาศัยที่มีความพอประมาณกับรายได้และจำนวนผู้อยู่อาศัย มีเหตุผลในการออกแบบ และสร้างภูมิคุ้มกันในอนาคต จะพบว่าชุมชนได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบอาศัยดั้งเดิม จากบ้านไม้ใต้ถุนสูงเป็นการต่อเติมชั้นล่างเพื่อการอยู่อาศัยที่สะดวกมากขึ้น และเป็นรูปแบบครอบครัวเดี่ยว จึงทำให้พื้นที่ดินว่างเปล่าน้อยลง เกิดความหนาแน่นของชุมชน ในการวิจัยนี้จึงได้แนวทางเสนอแนะในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยใหม่ หรือมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงรูปแบบบ้านสามารถนำแบบบ้านตัวอย่างไปเป็นแนวทางได้ อาจจะมีการปรับเปลี่ยนรูปลักษณ์ หรือประโยชน์ใช้สอยได้ตามความต้องการอย่างเหมาะสม จากการออกแบบในครั้งนี้อาจจะมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบกับรูปแบบของบ้านพักอาศัยในอนาคตเช่น พื้นที่ดินเพื่อการก่อสร้างลดลง อาจจะเป็นรูปแบบพักอาศัยแบบครอบครัวเดี่ยวมากขึ้น หรือการอยู่อาศัยแบบอาคารพักอาศัยรวมมากขึ้นเพราะวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปซึ่งอาจจะทำให้การมีปฏิสัมพันธ์ในชุมชนลดลง

ข้อเสนอแนะในการนำรูปแบบบ้านไปใช้ในอนาคตควรคำนึงถึงความพอประมาณในเรื่องงบประมาณการก่อสร้าง ให้เหมาะสมกับรายได้ ซึ่งอาจจะมีการปรับเปลี่ยนการใช้วัสดุทดแทนที่มีประสิทธิภาพเทียบเคียง จะทำให้งบประมาณลดลงได้ ควรคำนึงถึงการมีเหตุผลในการออกแบบที่สอดคล้องกับความต้องการพื้นฐาน ไม่เกินความจำเป็นเช่นการออกแบบที่พอเหมาะกับผู้อยู่อาศัย พฤติกรรม วิถีชีวิตที่เป็นอยู่ และมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ใช้สอยเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆได้ และการมีภูมิคุ้มกันในอนาคตให้ตระหนักถึงความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อมโดยการออกแบบพื้นที่ที่สามารถสร้างหรือปรับพฤติกรรมในการประหยัดทรัพยากรได้ เช่นการออกแบบให้บ้านพึ่งพาการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ และสร้างพื้นที่ให้มีการสร้างปฏิสัมพันธ์ในชุมชน เพื่อสร้างความปลอดภัยการดูแลกันในชุมชน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สายทิวา รามสุต. (2554). การประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการเลือกใช้วัสดุและการออกแบบบ้านพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้ปานกลางในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

[2] เสรี พงศ์พิศ. (2550). เศรษฐกิจพอเพียง เกิดได้ถ้าใจปรารถนา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พลังปัญญา.

[3] เอก อนันต์. (2550).ปรัชญา เศรษฐกิจพอเพียง Road to Sustainable Economy. กรุงเทพฯ: เคเคพับลิชชิ่ง.

[4] พิจิตตรา ยศพลวัฒน์ รศ.ดร. สมคิด พรมจุ้ย และคณะ. (2546). เศรษฐกิจชุมชนหมู่บ้านอีสานใต้ ความอยู่รอดของชุมชนท่ามกลางความเปลี่ยนแปลง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สร้างสรรค์ จำกัด.

[5] ณรัชช์อร ศรีทอง. (2556).แนวคิดหลักการและการปฏิบัติตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

[6] รศ.เลอสม สถาปิตานนท์. (2534). บ้าน....การออกแบบสถาปัตยกรรมพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: อาร์ตแอนด์อาคิเทคเจอร์ พับลิเคชั่น,

[7] กิติ สินธุเสก. (2536). การออกแบบภายในชั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[8] ไพโรจน์ แสงจันทร์. (2536). สถาปัตยกรรมบ้านพักอาศัย. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.

[9] สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2556). คู่มือกฎหมายใช้บ่อย. กรุงเทพฯ: พลัสเพรส จำกัด.

[10] มูลนิธิชัยพัฒนา.(2531). เศรษฐกิจพอเพียง. เข้าถึงได้จาก: http://www.chaipat.or.th/publication/publish-document/sufficiency-economy.html.

การศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินท้องถิ่นจากตัวเติมที่แตกต่างกัน

The Study of Comparative Absorbency in Native Clay Body from Difference Materials

รองรัตน์ ระมิงค์วงศ์, กิติชัย ระมิงค์วงศ์ และ ประกิต ถาปัด

หลักสูตรเซรามิก คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
โทรศัพท์ 053-414250 โทรสาร 053-414253 E-mail : kchai88@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากตัวเติมในเนื้อดินท้องถิ่น 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของรูพรุนที่เกิดขึ้นจากตัวเติม 3) เพื่อนำสมบัติการดูดซึมของน้ำในเนื้อดินไปใช้ประโยชน์ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ดินเผาประเภทที่ให้น้ำแก่ไม้กระถาง มีวิธีดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 เติมวัตถุตัวเติม แกลบ งา ผงขี้เลื่อยไม้ และผงถ่าน ลงในเนื้อดินท้องถิ่นโดยการคงที่อัตราส่วนของเนื้อดินท้องถิ่น ขั้นตอนที่ 2 นำอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมไปทดลองขึ้นรูปกระถางดินเผาและปลูกต้นไม้ เปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำกับกระถางดินเผาที่มีขายในท้องตลาด

ผลการวิจัย พบว่า สมบัติการดูดซึมน้ำของรูพรุนที่เกิดขึ้นในเนื้อดินหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันตามลักษณะของตัวเติม ส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำของเนื้อดินต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมของตัวเติมที่เท่ากัน พบว่า เนื้อดินที่ใช้ผงขี้เลื่อยไม้เป็นตัวเติม มีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าการใช้ แกลบ งาและผงถ่าน เป็นตัวเติม อัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ดินเผาประเภทให้น้ำแก่ไม้กระถาง คือ การใช้ผงขี้เลื่อยไม้ สูตรที่ 5 เป็นตัวเติม มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำร้อยละ 53.53 มีค่าการหดตัวร้อยละ 3 และมีค่าความแข็งแรงที่ 52.01 MPa

ผู้วิจัยได้นำสูตรเนื้อดินสูตรที่ใช้ผงขี้เลื่อยไม้เป็นตัวเติม ทดลองผลิตเป็นกระถางต้นไม้ตามรูปแบบที่ได้ออกแบบกระถางต้นไม้ประหยัดน้ำ และได้ทำการทดลองปลูกไม้กระถาง เปรียบเทียบกับการปลูกไม้กระถางในกระถางทั่วไป พบว่าไม้กระถางที่ปลูกในกระถางต้นไม้ประหยัดน้ำ ไม่เหี่ยวเฉาเป็นเวลานานเฉลี่ย 20 วัน ส่วนไม้กระถางที่ปลูกในกระถางดินเผาทั่วไป เหี่ยวเฉาในระยะเวลาเฉลี่ยที่เร็วกว่า คือ 12 วัน ต่อการรดน้ำหนึ่งครั้ง ดังนั้นเนื้อดินที่มีส่วนผสมด้วยผงขี้เลื่อยไม้จากการทดลองนี้ มีแนวโน้มในการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทกระถางดินเผาแบบประหยัดน้ำได้

คำหลัก: เนื้อดินท้องถิ่น, รูพรุน, การดูดซึมน้ำ, แกลบ, ผงขี้เลื่อยไม้, ผงถ่าน, งา

Abstract

The purposes of this study were to 1) to compare the physical properties of fillers in native clay, 2) to compare the porous absorbency formed by the fillers, 3) to utilizethe clay absorbency properties in manufacturing. Pottery products watering potted plants included two steps of research methodology: 1) adding a filler by using rice husk, sesame, sawdust powder and charcoal powder in

native clay body with a fixed ratio of clay, and 2) applying the optimum ratio to potting and growing potted plants in order to compare the rates of absorbency of plant pots sold in the market.

Regarding the results of a research absorbency properties of pores in clay body after firing at 800°C, different in each fillers that caused different rates of water absorbency in the clay body when compared to equal mixing ratios. The results showed clay body which filler by sawdust powder had ratio of water absorbency more than fillers by rice husk, sesame, and charcoal powder. Clay body which suitable for potting claypots were used sawdust powder filler formula 5, water absorption of 53.53%, firing shrinkage of 3% and a strength of 52.01 MPa.

Researcher has applied clay body filler by sawdust powder in order to produce a water-saving plant pot as designed, and test growing plants. It was found that the plants in a water-saving plant pot as designed still refreshing average 20 days. Beside common potted plants can be refreshing average only 12 days, as a result, the clay body with a mixture of sawdust powder could be used to manufacture water-saving clay pot products.

Keywords: native clay, porous absorption, rice husk, sawdust powder, charcoal powder, sesame

1. บทนำ

การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หมายถึง ความสามารถในการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผาหลังจากผ่านกระบวนการเผาดิบ (Biscuit Ware) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความพรุนตัว

ความพรุนตัว (Porosity) ได้แก่ อัตราส่วนของปริมาตรของรูของวัสดุ กับปริมาตรของวัสดุทั้งหมด หรือมวลของวัสดุ โดยการพิจารณาความพรุนตัวจะพิจารณาได้จากหลายด้านตามลักษณะของวัสดุ เช่น พิจารณาความโปร่ง พิจารณาปริมาณการดูดซึมน้ำ และพิจารณาการรั่วออกของก๊าซ หรือของเหลว เป็นต้น ซึ่งในงานเซรามิก ความพรุนตัวพิจารณาจากความสามารถในการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาแล้ว ซึ่งไม่สามารถทดสอบได้กับเนื้อดินปั้นที่อยู่ในสภาพดินเหนียว เพราะ ระหว่างอนุภาคของวัตถุดิบในเนื้อดินปั้นประกอบด้วยน้ำและเนื้อดินปั้นจะมีความพรุนตัวสูงสุดหลังเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นวัตถุดิบพวกอัลคะไลน์ (Alkalis) จะแสดงสมบัติทำให้เนื้อดินปั้นเกิดการหลอมตัวและเนื้อจะแน่นขึ้น (Hammer, Frank and Hammer, Janet, 1986, p. 248)

ผลิตภัณฑ์เซรามิกหลังจากการเผาแล้ว วัตถุดิบจะหลอมตัวรวมกันเกิดเป็นโครงสร้างใหม่ แต่โครงสร้างของเซรามิกมักมีส่วนที่เป็นฟองอากาศขนาดเล็กปะปนอยู่ในโครงสร้าง ซึ่งเรียกว่ารูพรุน (Pore) โดยมีทั้งรูพรุนที่อยู่บริเวณผิวผลิตภัณฑ์ เรียกว่ารูพรุนเปิด (Open Pores) และรูพรุนที่อยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ เรียกว่ารูพรุนปิด (Closed Pores)

ผลิตภัณฑ์ดินเผาที่ใช้ประโยชน์จากรูพรุนมีหลายผลิตภัณฑ์ด้วยกัน กระถางดินเผาก็เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์ของรูพรุน กระถางที่ใช้สำหรับปลูกต้นไม้มีทั้งแบบที่เป็นกระถางพลาสติกและกระถางดินเผา แต่ความนิยมใช้ในการปลูกต้นไม้ยังคงเป็นกระถางดินเผาเนื่องจากกระถางดินเผาผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ แข็งแรง มีน้ำหนัก ทำให้ไม่ล้มง่าย และที่สำคัญคือ ความพรุนตัวในเนื้อดินของกระถางดินเผา ซึ่งรูพรุนขนาดเล็กมากมายในเนื้อดินของกระถางดินเผาสามารถทำให้รากได้รับอากาศ

และเย็นกว่ากระถางพลาสติก รูพรุนเหล่านี้ช่วยระบายอากาศถ่ายเทความชื้นของดินและเครื่องปลูกได้ดี ทำให้รากพืชได้รับออกซิเจนเพียงพอและเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนั้นแล้ว กระถางดินเผา ยังทำให้เครื่องปลูกมีอุณหภูมิที่ไม่สูงเกินไปนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน สามารถทำลายและกำจัดศัตรูพืชได้ง่าย ด้วยการต้ม อบไอน้ำ หรือรมด้วยสารเคมีโดยไม่เสียรูปทรง และจากการใช้ชีวิตในปัจจุบันของประชาชนในเมืองใหญ่ที่ต้องอาศัยอยู่ในที่อาศัยที่มีพื้นที่เล็กๆ มีแนวโน้มสูงขึ้น เช่น หอพัก คอนโดมิเนียม บ้านจัดสรรและห้องเช่า มักจะมีปัญหาไม่มีพื้นที่เพียงพอต่อการปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ จึงนิยมปลูกต้นไม้ในกระถางแทน เพื่อประดับตกแต่งห้องพักให้มีความสวยงาม น่าอยู่ แต่ก็ยังประสบปัญหาในการให้น้ำแก่ต้นไม้กระถาง เนื่องจากไม่ค่อยมีเวลาในการดูแลรดน้ำต้นไม้ที่ปลูกไว้ จึงทำให้ต้นไม้ในกระถางที่ปลูกไว้เหี่ยวเฉา ไม่สวยงาม และไม่เจริญเติบโต นอกจากนี้ก็ยังประสบปัญหาในเรื่องไม่มีเวลาในการดูแลไม้กระถาง เพราะไม้กระถางต้องรดน้ำทุกวัน หรือ วันเว้นวัน เมื่อไม่มีเวลาเพียงพอทำให้ไม้กระถางที่ปลูกไว้ เหี่ยวเฉาไม่สวยงามและไม่เจริญเติบโต

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการดูดซึมน้ำของรูพรุนที่เกิดขึ้น หลังจากการเติมวัตถุดิบตัวเติมที่แตกต่างกัน เพื่อนำสมบัติการดูดซึมน้ำของรูพรุนมาใช้ประโยชน์สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา และผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาการนำประโยชน์ของการดูดซึมน้ำของรูพรุนไปทดสอบกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทกระถางต้นไม้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ต้องอาศัยสมบัติที่ดีของรูพรุน ที่ทำให้กระถางสามารถให้น้ำแก่ไม้กระถางได้ตามจำนวนของน้ำ ที่ไม้กระถางต้องการในแต่ละวัน ซึ่งสมบัติเฉพาะของผลิตภัณฑ์ดินเผาคือ การดูดซึมน้ำในอัตราส่วนที่สูง เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์ดินเผามีรูพรุนที่ทำให้น้ำสามารถแทรกตัวได้ ด้วยเหตุผลนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษา เพื่อใช้ประโยชน์ของรูพรุนในเนื้อดินจากผลิตภัณฑ์ดินเผาสำหรับการให้น้ำแก่กระถาง

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากตัวเติมในเนื้อดินท้องถิ่น

2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของรูพรุนที่เกิดขึ้นจากตัวเติม

2.3 เพื่อนำสมบัติการดูดซึมของน้ำในเนื้อดินไปใช้ประโยชน์ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ดินเผาประเภทที่ให้น้ำแก่ไม้กระถาง

3. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้วัตถุดิบหลักคือ ดินเหลืองพื้นบ้านใช้ดินพื้นบ้านจากแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านกวน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ตัวแปรที่ศึกษาเพื่อทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อดินคือ แกลบ ผงขี้เลื่อยไม้ ผงถ่าน และงา ใช้วิธีการผสมวัตถุดิบด้วยการนวด ขึ้นรูปแท่งทดสอบด้วยวิธีการอัด ใช้อุณหภูมิในการเผาที่ 800 องศาเซลเซียส บรรยากาศบรรยากาศสมบูรณ์ โดยเตาไฟฟ้า กำหนดตัวแปรต้น เป็นอัตราส่วนของตัวเติมในเนื้อดินจำนวน 20 อัตราส่วนผสม ดังตารางที่ 1 กำหนดตัวแปรตาม เป็นสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินหลังการเผา ได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ และความแกร่ง ซึ่งเป็นสมบัติทางกลของเนื้อดินหลังการเผา

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองแบบ คงที่วัตถุดิบดินและปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของตัวเติม

วัตถุดิบที่ใช้	อัตราส่วนการเติมตัวเติมในดิน				
	1	2	3	4	5
ดินเหลือง	100	100	100	100	100
แกลบ	5	10	15	20	25
ผงขี้เลื่อยไม้	5	10	15	20	25
งา	5	10	15	20	25
ผงถ่าน	5	10	15	20	25

4. สมมุติฐาน

ตัวเติมที่แตกต่างกันทำให้รูพรุนที่เกิดขึ้นในเนื้อดินหลังจากการเผา มีสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการดูดซึมของน้ำ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยมี 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นในเนื้อดินจากการใส่ตัวเติม ขั้นตอนที่ 2 นำสูตรที่ผ่านการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถางดินเผาไปทดสอบการปลูกไม้กระถาง

1.) ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นในเนื้อดินจากการใส่ตัวเติม มีขั้นตอนดังนี้

1.1) คำนวณอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน โดยกำหนดให้คงที่วัตถุดิบหลักคือ ดินเหลือง ส่วนตัวแปรที่ทำให้ค่าของรูพรุนเปลี่ยนไป ใช้วิธีการเติม ในอัตรา 5, 10, 15 , 20 , 25 ส่วน และกำหนดให้ การเติมวัตถุดิบ ใช้ในอัตราที่เท่ากัน เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำในอัตราที่เท่ากันได้

1.2) การเตรียมวัตถุดิบ เตรียมแกลบด้วยการเผาแบบสุมเผา แกลบ ผงขี้เลื่อยไม้ ผงถ่าน และดินเหลืองพื้นบ้าน ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh

1.3) ชั่งส่วนผสมเนื้อดิน ตามอัตราส่วน 20 อัตราส่วนผสม

1.4) นำส่วนผสมนวดเข้ากัน โดยการเติมน้ำ 20%

1.5) ขึ้นรูปแท่งทดสอบด้วยแบบพิมพ์แท่งทดสอบที่มีขนาดของ กว้างxยาวxหนา เท่ากับ1.5x10x1 เซนติเมตร

1.6) นำแท่งทดสอบไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส บรรยากาศในการเผาบรรยากาศสมบูรณ์

1.7) วิเคราะห์ผลข้อมูล นำแท่งทดสอบที่ได้จากการเผามาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ การหดตัวหลังการเผา (Firing Shrinkage) การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) และทดสอบสมบัติทางกลค่าความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strength)

นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเผามาทดสอบคุณสมบัติหลังการเผา ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ทดสอบหาค่าความหดตัว (Firing Shrinkage) โดยใช้สูตรดังนี้

ร้อยละการหดตัวเมื่อแห้งเชิงเส้น

$$= [(Lp - Ld) / Lp] \times 100$$

ร้อยละการหดตัวหลังเผาเชิงเส้น

$$= [(Ld - Lf) / Ld] \times 100$$

ร้อยละการหดตัวรวมเชิงเส้น

$$= [(Lp - Lf) / Lp] \times 100$$

ทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) โดยใช้สูตร ร้อยละการดูดซึมน้ำ = (W-D)/D × 100

ทดสอบหาค่าความแข็งแรง (Modulus of Rupture, MOR) โดยใช้สูตร มอดูลัสของยัง

$$M = 3LD/2bd^2$$

1.8) วิเคราะห์ผลการทดลอง ตามตัวแปรที่กำหนด

2.) นำสูตรที่ผ่านการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถางดินเผาไปทดสอบการปลูกไม้กระถาง จากส่วนผสมที่คัดเลือกจากผลการทดลองที่มีความเหมาะสม มีขั้นตอนดังนี้

2.1) เตรียมเนื้อดินตามสูตรที่คัดเลือก

2.2) ออกแบบกระถางดินเผา โดยใช้สมบัติความพรุนตัวของเนื้อดินเป็นหลักในการออกแบบ เพื่อให้กระถางดินเผาสามารถเก็บน้ำและปล่อยน้ำที่เหมาะสมกับความต้องการของไม้กระถาง

2.3) ทำพิมพ์และขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระถางดินเผาทดลอง ด้วยวิธีอัดขึ้นรูป

2.4) เผาผลิตภัณฑ์กระถางดินเผาทดลอง

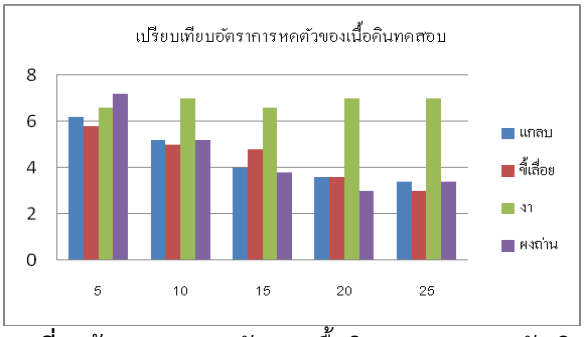
2.5) เปรียบเทียบการปลูกต้นไม้ในกระถางดินเผาทดลองกับกระถางทั่วไป โดยการใช้น้ำที่ 500 มล. ต่อเนื้อดินปลูก 100 กรัม วัดค่าความชื้นของดินปลูกโดยการใช้เครื่องวัดค่าความชื้นในดิน บันทึกผลการทดลองตั้งแต่วันที่รดน้ำจนกระทั่งน้ำในกระถางแห้งมีค่าความชื้นของดินปลูกเป็น 0 เปรียบเทียบความเหี่ยวเฉาของไม้กระถางในอุณหภูมิห้อง

2.6) วิเคราะห์ผลการทดลองตามตัวแปรที่กำหนด

2.7) สรุปผลและรายงานผลการวิจัย

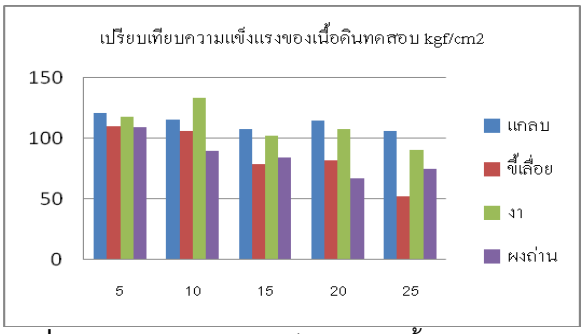
6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นในเนื้อดินจากการใส่ตัวเติม โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส พบว่า การหดตัวของเนื้อดินที่ใช้งาเป็นตัวเติม มีอัตราการหดตัวที่ค่อนข้างคงที่ ถึงแม้ว่าจะเพิ่มอัตราส่วนในการเติมมากขึ้นก็ตาม ซึ่งอัตราการเติมงาตั้งแต่ 5 ส่วน ถึง 25 ส่วน อัตราการหดตัวอยู่ที่ร้อยละ 6.60 – 7 อัตราการหดตัวมากที่สุดของเนื้อดิน คือ เนื้อดินที่ใช้ผงขี้เลื่อยไม้เป็นตัวเติม มีอัตราการหดตัวตั้งแต่ร้อยละ 3 - 5.6



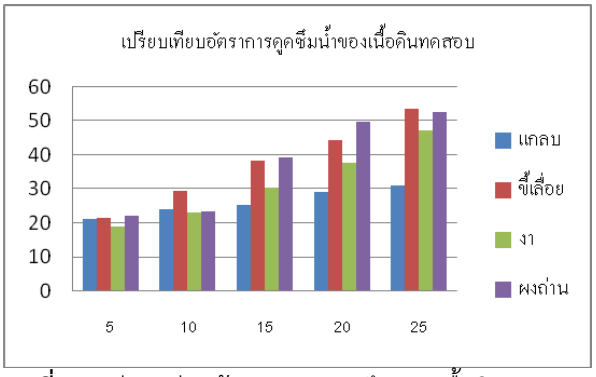
รูปที่ 1 ร้อยละการหดตัวของเนื้อดินทดสอบจากกตัวเติม

เนื้อดินที่ใส่ตัวเติมด้วยแกลบ มีความแข็งแรงมากกว่าเนื้อดินที่ใส่ตัวเติมด้วยงา ผงถ่านและผงขี้เลื่อยไม้ เนื้อดินที่ใส่ตัวเติมด้วยแกลบ มีค่าความแข็งแรงตั้งแต่ 106.23 - 121.27 MPa ส่วนเนื้อดินที่มีค่าความแข็งแรงต่ำ คือ เนื้อดินที่ใส่ตัวเติมด้วยผงขี้เลื่อยไม้ มีค่าความแข็งแรงตั้งแต่ 52.01 - 110.05 MPa



รูปที่ 2 เปรียบเทียบความแข็งแรงของเนื้อดินทดสอบจากการใส่ตัวเติม

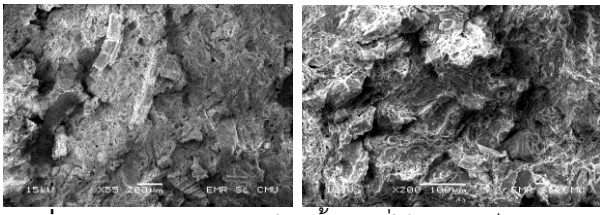
การดูดซึมน้ำของเนื้อดินทดสอบที่ใส่ตัวเติมด้วยผงขี้เลื่อยไม้ มีอัตราการดูดซึมน้ำที่มากกว่าการใส่ตัวเติมด้วย แกลบ เมล็ดงา และผงถ่าน โดยที่มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 21.60 - 53.53 ส่วนเนื้อดินที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำคือ เนื้อดินที่ใส่ตัวเติมด้วยแกลบ มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 21.35 - 30.99



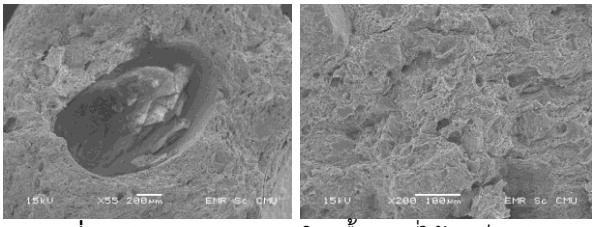
รูปที่ 3 เปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมของเนื้อดินทดสอบจากการใส่ตัวเติม

เนื้อดินทดสอบที่ใส่ตัวเติมด้วยผงขี้เลื่อยไม้ แกลบ งา และผงถ่าน ในอัตราส่วน 5, 10, 15, 20 และ 25 ส่วน มีอัตราการดูดซึมน้ำที่สูงสุดของแต่ละวัตถุดิบอยู่ที่ การเติมตัวเติมที่ 25 ส่วน โดยมีค่าการทดสอบ ดังนี้ แกลบ มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 30.99 ขี้เลื่อยไม้ มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 53.53 งา มีค่าการดูดซึมอยู่ที่ร้อยละ 47.38 ผงถ่าน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 52.55 และมีอัตราการดูดซึมน้ำที่แตกต่างกัน โดยที่ผงขี้เลื่อยไม้ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดที่ร้อยละ 53.53 แกลบมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดที่ร้อยละ 30.99

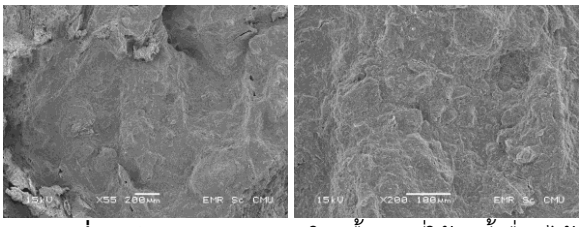
จากการทดสอบสูตรเนื้อดินที่ผสม แกลบ ขี้เลื่อย งา และผงถ่าน ที่อุณหภูมิ 800 °C จากผลการทดสอบ พบว่า เนื้อดินมีลักษณะของรูพรุนที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงได้นำชิ้นงานทดสอบ ไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด เพื่อทำให้สามารถมองเห็นลักษณะรูปร่างของรูพรุนในเนื้อดินที่เกิดจากตัวเติมได้อย่างชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อดินที่มีตัวเติมในอัตรา 15 ส่วน เพื่อที่จะทำให้มองเห็นความแตกต่างของลักษณะรูพรุนในอัตราส่วนการเติมวัตถุดิบที่เท่ากัน



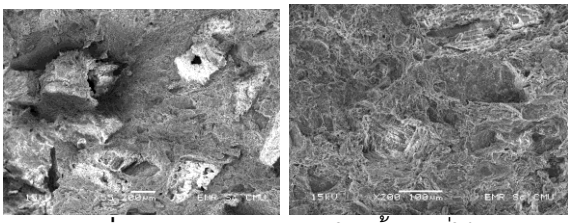
รูปที่ 4 ลักษณะของรูพรุนในเนื้อดินที่ใช้แกลบเป็นตัวเติม



ภาพที่ 5 ลักษณะของรูพรุนในเนื้อดินที่ใช้งาเป็นตัวเติม



ภาพที่ 6 ลักษณะของรูพรุนในเนื้อดินที่ใช้ผงขี้เลื่อยไม้เป็นตัวเติม



ภาพที่ 7 ลักษณะของรูพรุนในเนื้อดินที่ใช้ผงถ่านเป็นตัวเติม

จากการวิเคราะห์รูปร่างของรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด จะเห็นว่ารูพรุนของผงถ่านและขี้เลื่อยเป็นรูพรุนมีลักษณะกลม ขนาดเล็กมาก รูพรุนกระจายไปทั่วเนื้อดิน ลักษณะของรูพรุนที่กระจายไปทั่วเนื้อดิน ทำให้การดูดซึมน้ำมีในอัตราส่วนที่สูงขึ้นตามอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบด้วย ส่วนการวิเคราะห์ลักษณะของรูพรุนที่เกิดจากงา และแกลบ รูพรุนมีลักษณะที่เป็นรูพรุนขนาดใหญ่

กระจายไปทั่วเนื้อดิน รูพรุนขนาดใหญ่ที่มีอยู่ในเนื้อดินทำให้เนื้อดินมีอัตราการดูดซึมน้อยกว่า รูพรุนที่มีขนาดเล็กที่กระจายไปทั่วเนื้อดิน แสดงให้เห็นว่า การเกิดรูพรุนในเนื้อดินลักษณะของรูพรุนขนาดเล็ก ที่กระจายไปทั่วเนื้อดินจะทำให้การดูดซึมน้ำได้ดีกว่าการทำให้เนื้อดินเกิดรูพรุนขนาดใหญ่ ซึ่งรูพรุนขนาดใหญ่ทำให้เนื้อดินมีการดูดซึมน้ำในอัตราส่วนที่น้อยกว่า

6.2 ผลการนำสูตรที่ผ่านการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถางดินเผาไปทดสอบการปลูกไม้กระถาง โดยจากผลการวิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำเป็นหลัก ผู้วิจัยได้คัดเลือกสูตรเนื้อดินที่ใช้ผงขี้เลื่อยเป็นตัวเติม ในอัตราส่วนผสมของผงขี้เลื่อย 25 ส่วน ต่ออัตราส่วนของเนื้อดินท้องถิ่น 100 ส่วน เนื่องจากผู้วิจัยต้องการผลิตกระถางดินเผาสำหรับไม้ในร่มที่มีการดูดซึมน้ำค่อนข้างสูง เนื้อดินมีการดูดซึมน้ำที่ร้อยละ 53.53 มีการหดตัวหลังการเผาไม่มากเกินไปร้อยละ 3 มีความแข็งแรงที่ 52.01 MPa ทำการผลิตกระถางต้นไม้ตามกระบวนการผลิตด้วยการเตรียมเนื้อดิน การออกแบบกระถาง การทำพิมพ์อัดขึ้นรูปกระถาง การขึ้นรูปกระถาง การทำให้แห้ง และการเผากระถาง ได้ผลิตภัณฑ์กระถางดินเผา และได้ทำการทดลองปลูกไม้ในร่มเปรียบเทียบกับการปลูกไม้กระถางในกระถางดินเผาที่มีขายในท้องตลาดโดยทั่วไป



รูปที่ 8 การขึ้นต้นแบบกระถางและต้นแบบพิมพ์กระถาง



รูปที่ 9 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการอัดเนื้อดินลงบนพิมพ์ต้นแบบ

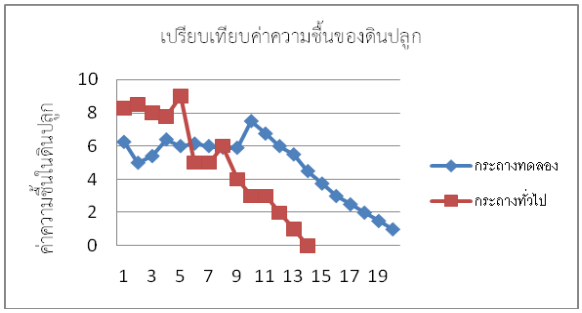


รูปที่ 10 การถอดกระถางออกจากแบบพิมพ์อัดและเก็บรายละเอียดตกแต่งชิ้นงาน



รูปที่ 11 การทดลองเปรียบเทียบปลูกไม้กระถางดินเผาทดลองกับกระถางดินเผาทั่วไป

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองให้น้ำแก่ไม้กระถางในอัตราส่วนน้ำ 500 มิลลิลิตรต่อดินปลูก 100 กรัม ในอัตราส่วนที่เท่ากัน เปรียบเทียบค่าความชื้นที่อยู่ในดินปลูก โดยการใช้เครื่องมือวัดค่าความชื้นในเนื้อดินปลูก พบว่า กระถางดินเผาที่ออกแบบและใช้สูตรเนื้อดินสูตรที่ 5 สามารถเก็บความชื้นในดินปลูกได้เป็นเวลาเฉลี่ยนาน 20 วัน โดยที่ไม้กระถางที่ปลูกไม่เหี่ยวเฉา ต่อการรดน้ำหนึ่งครั้ง กระถางดินเผาที่ใช้เนื้อดินโดยการใช้ขี้เลื่อยเป็นตัวเติมตามสูตรที่ 5 สามารถเก็บความชื้นในดินปลูกได้นานวันกว่ากระถางดินเผาโดยทั่วไป ที่สามารถเก็บความชื้นในดินปลูกได้นานเฉลี่ย 12 วัน โดยที่ไม้กระถางที่ปลูกไม่เหี่ยวเฉา อัตราค่าความชื้นของเนื้อดินปลูกในกระถางดินเผาสูตรที่ 5 ที่ผู้วิจัยได้ทดลองเปรียบเทียบกับอัตราค่าความชื้นของเนื้อดินปลูกในกระถางดินเผาโดยทั่วไป แสดงได้ดังภาพที่ 12 ที่แสดงให้เห็นว่า อัตราค่าความชื้นของเนื้อดินปลูกในกระถางทดลอง ลดลงอย่างต่อเนื่อง และเป็นไปอย่างช้าๆ และยังสามารถเก็บความชื้นของเนื้อดินปลูกได้นานวันกว่ากระถางดินเผาโดยทั่วไป ซึ่งแตกต่างจากค่าความชื้นของดินปลูกในกระถางดินเผาโดยทั่วไป ที่ค่าความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่า ในช่วงแรก กระถางดินเผาโดยทั่วไปสามารถเก็บความชื้นในดินปลูกได้มากกว่าก็ตาม



รูปที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความชื้นของดินปลูกในกระถางดินเผาทดลองกับกระถางดินเผาทั่วไป

7. อภิปรายผล

การทดลองเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพที่เกิดขึ้นในเนื้อดินจากการใส่ตัวเติม โดยการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส พบว่า ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแกลบ ค่าการหดตัวของการเติมแกลบที่ 25 ส่วน ค่าการหดตัวต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.40 ส่วนค่าการหดตัวมากสุดคือ แกลบ 5 ส่วน หดตัวอยู่ที่ร้อยละ 6.20 ค่าความแข็งแรงของแกลบมากที่สุด คือ แกลบ 5 ส่วน ค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 121.27 MPa ค่าความแข็งแรงน้อยสุด คือ แกลบ 25 ส่วน มีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 106.23 MPa ค่าการดูดซึมน้ำของแกลบ มากที่สุดคือ แกลบ 25 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 30.99 ค่าการดูดซึมน้ำของแกลบน้อยที่สุด คือแกลบ 5 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 21.35 ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผงขี้เลื่อยไม้ พบว่า ค่าการหดตัวของการเติมผงขี้เลื่อยไม้ที่ 25 ส่วน มีค่าการหดตัวน้อยที่สุด คือร้อยละ 3 ค่าการหดตัวมากที่สุด คือ ผงขี้เลื่อยไม้ 15 ส่วน มีค่าการหดตัวอยู่ที่ ร้อยละ 6 ค่าความแข็งแรงของผงขี้เลื่อยไม้มากที่สุดคือ ผงขี้เลื่อยไม้ 5 ส่วน มีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 110.05 MPa ค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ ผงขี้เลื่อยไม้ 25 ส่วน มีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 52.01 MPa ค่าการดูดซึมน้ำของขี้เลื่อยไม้มากที่สุด คือ ขี้เลื่อย 25 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ ร้อยละ 53.53 และค่าการดูดซึมน้ำของผงขี้เลื่อยไม้น้อยที่สุด คือ ผงขี้เลื่อยไม้ 5 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 21.60

ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของงา พบว่า ค่าการหดตัวของการเติมงาที่ 5 ส่วน กับ 15 ส่วน มีค่าการหดตัวเท่ากันน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 6.60 ค่าการหดตัวมากที่สุด คือ งาที่ 10, 20 และ 25 ส่วน มีค่าการหดตัวเท่ากันอยู่ที่ร้อยละ 7 ค่าความแข็งแรงของงามากที่สุด คือ งา 10 ส่วน มีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 133.71 MPa ค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ งาที่ 25 ส่วน ค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 90.5 MPa ค่าการดูดซึมน้ำของงามากที่สุด คือ งา 25 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 47.38 ค่าการดูดซึมน้ำของงาน้อยที่สุด คือ งา 5 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 19.18

ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผงถ่าน พบว่า ค่าการหดตัวของการเติมผงถ่านที่ 20 ส่วน มีค่าการหดตัวน้อยที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 3 ค่าการหดตัวมากที่สุดอยู่ที่ผงถ่าน 5 ส่วน มีค่าการหดตัวอยู่ที่ร้อยละ 7.20 ค่าความแข็งแรงของผงถ่านสูงสุดอยู่ที่ 5 ส่วน ค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 109.61 MPa ค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดของผงถ่านอยู่ที่ 20 ส่วน ซึ่งมีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 67.29 MPa ค่าการดูดซึมน้ำของผงถ่าน สูงสุดอยู่ที่ 25 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 52.55 ค่าการดูดซึมน้ำของผงถ่านน้อยสุดอยู่ที่ผงถ่าน 5 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 22.19

สมบัติการการหดตัว การดูดซึมน้ำ และความแข็งแรงของเนื้อดิน มีค่าที่เปลี่ยนไปตามอัตราส่วนของการเพิ่มตัวเติมคือ แกลบ ผงขี้เลื่อยไม้ ผงถ่าน และงา ในเนื้อดิน ซึ่งอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของตัวเติมส่งผลให้เนื้อดินเกิดรูพรุนมีความพรุนตัวที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้เนื้อดินมีความแข็งแรงลดลง สอดคล้องกับ Frank and Janet Hamer (1986) ที่กล่าวว่า ความพรุนตัวของเนื้อดินมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเนื้อดิน ในดินโดยทั่วไปน้ำจะเข้าไปอยู่ใน

ช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินและแร่อื่นๆ รวมทั้งอินทรีย์สารและน้ำในโครงสร้างเหล่านี้จะหายไป เมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อดิน ดังนั้น ดินที่เผาถึงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จะเริ่มเป็นของแข็งที่มีความพรุนตัว เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 600 องศาเซลเซียส อัลคาไลน์ที่มีอยู่ในเนื้อดินจะทำให้หินฟันม้าและซิลิกาอิสระเกิดการหลอมตัว เข้าไปปิดช่องว่าง ทำให้เนื้อดินมีการหดตัวเกิดขึ้น การใช้ตัวเติมที่แตกต่างกันในเนื้อดิน ทำให้รูพรุนที่เกิดขึ้นในเนื้อดินหลังจากการเผามีลักษณะที่แตกต่างกัน ส่งผลให้สมบัติของการดูดซึมน้ำของเนื้อดินแตกต่างกันด้วย ถึงแม้ว่าจะใช้อัตราส่วนของตัวเติมในอัตราส่วนที่เท่ากันก็ตาม นั้นย่อมแสดงว่า อัตราการดูดซึมของน้ำของเนื้อดินที่เกิดขึ้น หลังจากการเผาแปรผกผันกับรูพรุนที่เกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวเติมและอุณหภูมิในการเผา ซึ่งสอดคล้องกับ G. Cultrone ที่กล่าวว่า วัตถุดิบที่แตกต่างกันของอิฐมีผลต่อสมบัติทางฟิสิกส์และอุณหภูมิในการเผา ทำให้เกิดรูพรุนที่แตกต่างกันในการดูดซึมน้ำ และสุทัศน์ จันทร์บัวลา ที่กล่าวว่า การเติมแกลบ เถ้าแกลบ ชานอ้อย หรือเถ้าชานอ้อย ส่งผลให้ ความพรุนตัว การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเผาส่งผลให้ ความพรุนตัว การดูดซึมน้ำลดลง

จากการทดลองนำสูตรที่ผ่านการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถางดินเผาไปทดสอบการปลูกไม้กระถาง โดยการเลือกใช้เนื้อดินที่มีอัตราการดูดซึมน้ำที่สูง เนื้อดินสามารถขึ้นรูปชิ้นงานกระถางด้วยวิธีการอัดพิมพ์ได้ ผู้วิจัยได้นำเนื้อดินมาขึ้นรูปตามรูปแบบของกระถางดินเผาที่ได้ออกแบบไว้ พบว่ารูปแบบของกระถางที่ออกแบบขึ้นรูปด้วยเนื้อดินที่เกิดจากการเติมผงขี้เลื่อยไม้ ในอัตรา 25 ส่วน มีความสามารถในการเก็บความชื้นของเนื้อดินในกระถางดินเผาที่ออกแบบ ได้นานวันกว่ากระถางดินเผาทั่วไป ทำให้ประหยัดน้ำในการรดน้ำต้นไม้ เนื่องจากการรดน้ำหนึ่งครั้ง สามารถเก็บความชื้นของเนื้อดินในกระถางได้เป็นเวลานานเฉลี่ย 20 วัน รวมทั้งทำให้มีการดูดซึมน้ำได้ดีกว่ากระถางดินเผาทั่วไป

การใช้ผงขี้เลื่อยไม้เป็นตัวเติมในเนื้อดินท้องถิ่นเพื่อเพิ่มรูพรุนให้แก่เนื้อดินท้องถิ่น ส่งผลให้เนื้อดินท้องถิ่นมีสมบัติในการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น จากค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินท้องถิ่นที่ไม่ได้ใช้ผงขี้เลื่อยเป็นตัวเติมมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 12.55 ดังนั้นเนื้อดินท้องถิ่นที่ใช้ผงขี้เลื่อยไม้เป็นตัวเติมมีแนวโน้มในการนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เอินเทินแวร์ที่มีความต้องการดูดซึมน้ำมาก เช่น กระถางดินเผาประหยัดน้ำ กระถางดินเผาสำหรับปลูกกล้วยไม้ได้

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 เนื้อดินจากการทดลอง การศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินท้องถิ่น บ้านกวนจากตัวเติมที่แตกต่างกัน ควรมีการทดลองซ้ำก่อนการนำไปใช้ผลิตจริง เนื่องจากวัตถุดิบอาจมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไป เนื่องจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ

8.2 การเลือกใช้ผลการทดลอง การศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินท้องถิ่น บ้านกวนจากตัวเติมที่แตกต่างกัน ควรพิจารณาประเภทของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปผลิต ก่อนใช้งานจริง

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ งบประมาณแผ่นดิน ภายใต้โครงการยกระดับปริญญานิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์งานสร้างสรรค์และงานบริการสู่ชุมชน ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาเซรามิก คณะศิลปกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ ในการทำวิจัย

10. เอกสารอ้างอิง

[1] จันทิมา สิงคนิภา. (2550). *การเตรียมตัวกลางปลูกพืชชนิดไม่เผาจากเถ้าหนักและเอฟจีดียิปซั่มจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ* วิทยานิพนธ์บัณฑิตศึกษา.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] ปัญจรัตน์ โจลานันท์. (2554). *รายงานการวิจัยเรื่องนวัตกรรมเม็ดลูกดินสำหรับวัสดุปลูกพืชและปุ๋ยละลายช้า,* โครงการ การพัฒนาเทคโนโลยี สำหรับอุตสาหกรรมท้องถิ่น (ภาคเหนือ).

[3] ภาวดี อังค์วัฒนะ และปัตมาภรณ์ ธิมากุล. (2549). รายงานการวิจัยเรื่องเนื้อเซรามิกที่มีความพรุนตัวสูงและเคลือบด้วยสารละลายนาโนซิลเวอร์ และกรรมวิธีการผลิต. อนุสิทธิบัตร เลขที่ 2722

[4] ศิริมา เอมวงษ์. การศึกษาวัสดุปลูกกล้วยไม้จากส่วนผสมดินเบา กากดินขาวและดินแดงพื้นบ้าน วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม 2556 – มิถุนายน 2556. หน้า 52-59.

[5] สุรศักดิ์ ไวทยวงศ์สกุล, (2552). เซรามิกพรุน, [ระบบออนไลน์ แหล่งที่มา http://www.material.chula.ac.th. เข้าดูเมื่อ วันที่ 12 เมษายน 2559.

[6] อรอนงค์ อาร์คีโร และคณะฯ. การผลิตวัสดุปลูกที่มีเถ้าหนักและเอฟจีดียิปซั่มจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ: การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 11 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2-3 กฎาคม 2552 ณ หอประชุมมหิศร ไทยพาณิชย์ปาร์ค พลาซา กรุงเทพฯ.

[7] Cultrone. G.et al. (2004, July 14). Mineralogical and characterization of the bricks used in the construction of the ‘Triangul Bastion’ , Riga (Latvia).. Applied Clay Science. 28 (2005) 297-308 [Online]. Avilable : http;// www. Sciencedirect.com, access on 23/06/2015

[8] Orn – anong Arquero. Planting material with heavy ash and FGD Gypsum from Mae Moh Power Plant : Scientific Conference and Nuclear technology. 11th Department of Chemistry Faculty of Science Chiang Mai University. 2nd – 3rd July 2009.Mahisorn Auditorium Thaipanit Park Bangkok. (in Thai)

[9] Harmer, Frank and Janet (1986). The potter’s Dictionary of Materials and Techniques. 2nd London : A&C Black Publishers Ltd,.

การพัฒนาอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ

Development Rehabitation Equipment for the Elderly

ดิเรก กาญจนรูจี, สุชาติ ปุริตธรรม, สูนฤต เงินส่งเสริม, ธนวรรณ เวียงสีมา, สุริยา สงค์อินทร์, กิตติ จรินทร์ทอง และ วิชัย พรมาลัยรุ่งเรือง*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

*วิชัย พรมาลัยรุ่งเรือง: wichai.p@mail.rmutk.ac.th, 02-2879600, 02-2863596

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและศึกษาความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จริงเพื่อเก็บข้อมูลจากผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน ณ สถานสงเคราะห์คนชรา จังหวัดนครปฐม ร่วมกับการวิจัยเชิงเอกสาร การทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 รูปแบบคือ (1)ทดสอบอุปกรณ์ฟื้นฟูมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่งกล่องยืดกล้ามเนื้อน่องที่สามารถปรับมุมได้ตามความตึงของเอ็นข้อเท้า ส่วนที่สองชุดควบคุมการหกล้มโดยอุปกรณ์ประคองหลังและตำแหน่งการวางข้อศอก (2)แบบสอบถาม ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std.Deviation) เพื่อหาข้อมูลของผู้สูงอายุและอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ ที่จะสามารถช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการทดสอบการใช้ฟื้นฟูสมรรถภาพที่ผู้สูงอายุใช้ยืดกล้ามเนื้อน่องจำนวน 5 วันๆละ 5 นาที ผู้สูงอายุมีการก้าวเดินได้ดีขึ้น

จากการทดสอบและศึกษาความพึงพอใจสำหรับอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ สำหรับผู้สูงอายุทำให้ทราบว่าผู้สูงอายุมีความพึงพอใจมากและต้องการได้รับในสิ่งที่ได้ทำการทดสอบเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างดี ซึ่งสามารถนาผลการวิจัยไปเสนอต่อคณะผู้บริหารเทศบาลตำบล ที่กำกับดูแลสถานสงเคราะห์คนชรา จังหวัดนครปฐมเพื่อให้จัดหาอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุในโอกาสต่อไป

คำหลัก: อุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ, ผู้สูงอายุ

Abstract

This study aims to test and study about the satisfaction of the elderly rehabilitation equipment. It is an experimental research by collecting data in the actual survey area from 30 elderly people in the elderly care in Nakhonpathom, combined with research papers, literature review and related research. The equipment used for data collection were in 2 forms including 1) Rehabilitation equipment testing. There were 2 parts; the first was a calf muscle stretching box which could adjust the tension of the ankle ligaments. The second was a fall controller with devices supporting the back and elbow position. 2) Questionnaires, the data were analyzed by using Frequency, Percentage, Mean and Std. Deviation to find information of elderly people and the rehabilitation equipment that could help to facilitate them more effectively. The results of this study found that the test of using the

elderly rehabilitation equipment to stretch the calf muscle for 5 days; 5 minutes per day made the elderly walk better.

According to the test and study about the satisfaction of the elderly rehabilitation equipment, the results showed that the elderly were very satisfied and wanted to get the equipment that they were tested as part of their daily lives. This can lead to recommendations to the Executive Council District regulating the elderly care in Nakhonpathom to supply equipment for rehabilitation of the elderly in the future.

Keywords: elderly rehabilitation equipment, elderly.

1. บทนำ

สำนักงานสถิติแห่งชาติได้สำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2557 ลักษณะทางประชากรของผู้สูงอายุจำนวนประชากรสูงอายุผู้สูงอายุหมายถึงผู้ที่มีอายุ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป จากผลสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ 4 ครั้งที่ผ่านมา พบว่าประเทศไทยมีจำนวนและสัดส่วนของผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องโดยในปี 2537 มีจำนวนผู้สูงอายุคิดเป็นร้อยละ 6.8 ของประชากรทั้งประเทศและเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.4 ร้อยละ 10.7 ร้อยละ 12.2 ในปี 2545, 2550, 2554 ตามลำดับผลการสำรวจปี 2557 พบว่ามีจำนวนผู้สูงอายุคิดเป็นร้อยละ 14.9 ของประชากรทั้งหมด (ชายร้อยละ 13.8 และหญิงร้อยละ 16.1) จากจำนวนผู้สูงอายุทั้งสิ้น 10,014,699 คน เป็นชาย 4,514,812 และหญิง 5,499,887 คนหรือคิดเป็นชายร้อยละ 45.1 และหญิงร้อยละ 54.9 ของผู้สูงอายุทั้งหมด

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้มีพระราชดำริกับพระอุดมประชานาถ (หลวงพ่อเปิ่น) เจ้าอาวาสวัดบางพระ ให้ดำเนินการจัดสร้างสถานสงเคราะห์คนชราขึ้น ที่อำเภอนครชัยศรีในการนี้พระอุดมประชานาถ (หลวงพ่อเปิ่น) สภากาชาดไทย จังหวัดนครปฐม และเหล่ากาชาดจังหวัดนครปฐม จึงได้ร่วมกันสนองพระราชดำริ โดยการจัดหาที่ดินสาธารณประโยชน์ ณ บริเวณหมู่ที่ 3 ตำบลวัดสำโรง อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม จำนวน 24 ไร่ 3 งาน 97 ตารางวา และได้ประกอบพิธีวางศิลาฤกษ์ ในวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2539 นอกจากนั้นยังได้รับพระมหากรุณาธิคุณจาก สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี พระราชทานนามของสถานสงเคราะห์ฯ และเสด็จพระราชดำเนิน ทรงเปิดสถานสงเคราะห์ฯ เมื่อวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2542 **สถานสงเคราะห์**คนชราเฉลิมราชกุมารี (หลวงพ่อเปิ่นอุปถัมภ์) ให้บริการรับผู้สูงอายุเข้าพักอาศัยโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย **วัตถุประสงค์ของสถานสงเคราะห์**คนชราเฉลิมราชกุมารี (หลวงพ่อเปิ่นอุปถัมภ์)เพื่อเป็นการสงเคราะห์ผู้สูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ หรือประสบ

ปัญหาทุกข์ยากเดือดร้อน ขาดผู้อุปการะเลี้ยงดู ไม่มีที่อยู่อาศัย อยู่กับครอบครัวไม่มีความสุข หรือไม่สามารถอยู่กับครอบครัวได้และยังช่วยแบ่งเบาภาระของครอบครัวผู้ที่มีรายได้น้อยที่ไม่สามารถที่จะอุปการะเลี้ยงดูผู้สูงอายุไว้ในครอบครัวป้องกันและแก้ไขปัญหาสังคม มิให้ผู้สูงอายุเร่ร่อน ทำความเดือดร้อนแก่สังคม **คุณสมบัติของผู้สมัครเข้ารับการสงเคราะห์**คนชราเฉลิมราชกุมารี (หลวงพ่อเปิ่นอุปถัมภ์) ต้องเป็นสตรีเท่านั้นที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ไม่เป็นโรคติดต่อเรื้อรัง หรือโรคติดต่ออันตราย และต้องมีภูมิลำเนาอยู่ในเขตพื้นที่ให้บริการในเขตจังหวัด นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาครเท่านั้น**ผู้สูงอายุ (มี**

เฉพาะคุณยาย)ที่บ้านพักคนชรา ณ วันที่ 22 มกราคม 2557 มีทั้งหมด 69 คน จากการวิจัยของสถาบันประชากรศาสตร์พบว่า จำนวนประชากรไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5% ต่อปี ขณะที่จำนวนผู้สูงอายุมีอัตราเพิ่มขึ้น 3% ต่อปี และในปีพ.ศ. 2563-2564 หรืออีกประมาณ 11 ปีจำนวนผู้สูงอายุจะมากกว่าเด็กเป็นครั้งแรกในประวัติศาสตร์ด้านโครงสร้างประชากรไทย และคาดกันว่าใน 30 ปีข้างหน้าหรือราวปี พ.ศ. 2580 จำนวนผู้สูงอายุจะมีถึง 25.9% ของจำนวนประชากรทั้งหมดที่มีราว 62.8 ล้านคน โดยมีเพศหญิงมากกว่าเพศชาย (http://www.tcdc.or.th/articles สืบค้น วันที่ 11 มกราคม 2556) ข้อมูลจากการวิจัย จากการเก็บข้อมูลผู้สูงอายุจำนวน 404 ราย จากทั้งชมรมผู้สูงอายุและสถานสงเคราะห์คนชราในเขตกรุงเทพมหานคร นครปฐม พระนครศรีอยุธยา ชลบุรี นครราชสีมา มหาสารคาม บุรีรัมย์ นครสวรรค์เชียงใหม่ ตรัง และภูเก็ต ผลการวิจัยพบว่าระดับการศึกษาของผู้สูงอายุส่วนใหญ่เรียนหนังสือจบสูงสุดในระดับ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 38.2 ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูก ข้อ กล้ามเนื้อ เอ็น ถึงร้อยละ 39.9 รองลงมาคือโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 31.2 และประสบปัญหามากที่สุดในเรื่องการมองเห็นคิดเป็นร้อยละ 40.1 อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุในรอบ 1 ปีที่ผ่านมาที่พบบ่อยที่สุดคือการหกล้มคิดเป็นร้อยละ 20.8 ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ใช้เวลาในแต่ละวันมากที่สุดคือห้องนั่งเล่นคิดเป็นร้อยละ 34.1 รองลงมาคือห้องนอนร้อยละ 25.6 (ไตรรัตน์และคณะ 2548) จากปัญหาดังกล่าว ทำให้การออกแบบเก้าอี้สำหรับผู้สูงอายุ จึงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายด้านมากขึ้นนอกจากนี้ยังต้องอาศัยผู้ดูแลผู้สูงอายุในการดูแลช่วยพยุงลุกขึ้นลงจากเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เช่น เตียงนอน เก้าอี้ รถเข็น ซึ่งมาตรฐานของอาคารในการออกแบบเพื่อมวลชน อาจมีการจัดราวช่วยพยุงหรือทรงตัวไปตามแนวของอาคารหรือทางเดิน ห้องน้ำ แต่การออกแบบเก้าอี้ที่ช่วยให้ผู้สูงอายุ สามารถดูแลตัวเองได้ยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นปัญหาที่จะช่วยให้เก้าอี้สามารถสร้างศักยภาพในตัวผู้สูงอายุที่สามารถลดการดูแลจากผู้ดูแล และพัฒนาต้นแบบเฟอร์นิเจอร์ในสังคมของคนในอนาคต ที่ต้องอาศัยการพึ่งพาตนเองให้มากขึ้น จึงได้ทำการออกแบบเก้าอี้ที่ช่วยในการพยุงลุกนั่งของผู้สูงอายุ เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อทดสอบอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้สูงอายุกรณีศึกษาผู้สูงอายุใน**สงเคราะห์**คนชราเฉลิมราชกุมารี (หลวงพ่อเปิ่นอุปถัมภ์หมู่ที่ 3 ตำบลวัดสำโรง อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

2.2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุใน**สงเคราะห์**คนชราเฉลิมราชกุมารี (หลวงพ่อเปิ่นอุปถัมภ์หมู่ที่ 3 ตำบลวัดสำโรง อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

การทำงานวิจัยนี้เป็นงานสร้างสรรค์เชิงประยุกต์เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบใหม่ โดยขอบเขตเนื้อหามุ่งศึกษาในการนำหลักกลศาสตร์อย่างง่าย มาใช้เป็นหลักในการสร้างการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพ ที่ช่วยให้ง่ายต่อการใช้สอยเพื่อการยืนได้อย่างง่ายมากกว่าการใช้อุปกรณ์แบบที่ใช้กันอยู่ทั่วไป การออกแบบในเบื้องต้นจะทำการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพ จากสถาน**สงเคราะห์**คนชราเฉลิมราชกุมารี (หลวงพ่อเปิ่นอุปถัมภ์) จังหวัดนครปฐม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ จากนั้นสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินรูปแบบที่ออกแบบเบื้องต้นไว้เป็นจำนวน 3 รูปแบบ แล้วสรุปเพื่อ

สร้างจริง 1 รูปแบบ ในขั้นของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ยืดกล้ามเนื้อน่องจากผู้ใช้งานจะใช้แบบประเมินจากการแบบสอบถามความพึงพอใจ

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและการวิจัยเรื่องการพัฒนาอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุ**สถานสงเคราะห์**คนชราเฉลิมราชกุมารี (หลวงพ่อเปิ่นอุปถัมภ์) ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารต่างๆและผลการที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในกาศึกษาวิจัย ดังนี้

4.1 ความรู้และแนวคิดเกี่ยวกับผู้สูงอายุ ในการกำหนดพิจารณาอายุเมื่อเข้าสู่ผู้สูงอายุนั้นโดยทั่วไปแล้วอาจใช้เกณฑ์การเกษียณอายุการทางานแต่ในประเทศที่มีความเจริญทางด้านการแพทย์พบว่าผู้สูงอายุ 60 ปี แล้วยังแข็งแรงและมีความสามารถในการทางานได้ดีดังนั้นองค์การอนามัยโลกจึงได้แบ่งเกณฑ์อายุตามสภาพการของการมีอายุเพิ่มขึ้นดังนี้

1) ผู้สูงอายุมีอายุระหว่าง 60-74 ปี

2) คนชรามีอายุระหว่าง 75-90 ปี

3) คนชรามากมีอายุ 90 ปีขึ้นไป

บ่อยครั้งที่คำว่า “ผู้สูงอายุ” ในภาษาไทยถูกใช้ในความหมายเดียวกับคาว่า “อาวุโส” (Elder hood) เช่น การกล่าวถึงผู้สูงอายุว่าเป็นผู้มีอาวุโสเพราะวัยวุฒิที่มีหมายความว่าผู้อาวุโสเป็นผู้ที่มีอายุตามจำนวนปีปฏิทินสูงกว่าคนรุ่นอื่นที่มีชีวิตอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน

จะเห็นได้ว่ามีผู้ให้ความหมายของผู้สูงอายุไว้หลายท่านแต่โดยความหมายที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันโดยสรุปแล้วผู้สูงอายุคือผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปทั้งเพศชายและเพศหญิงมีความเปลี่ยนแปลงเสื่อมถอยทางด้านร่างกายจิตใจและสังคม

4.2 หน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นถือว่าเป็นองค์กรที่ได้รับการถ่ายโอนภารกิจด้านการจัดบริการสาธารณะแก่ชุมชนรวมทั้งภารกิจเกี่ยวกับการจัดสวัสดิการสังคมและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กสตรีผู้สูงอายุและผู้ด้อยโอกาสซึ่งพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 นั้นได้กำหนดอำนาจหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะไว้หลายด้านโดยเฉพาะด้านการสังคมสงเคราะห์และการพัฒนาคุณภาพชีวิตเด็กสตรีคนชราและผู้ด้อยโอกาสไว้ในหมวด 2 มาตรา 16(10) ให้เทศบาลเมืองพัทยาและองค์การบริหารส่วนตำบลให้การสังคมสงเคราะห์และพัฒนาคุณภาพชีวิตเด็กสตรีคนชราและผู้ด้อยโอกาสและมาตรา 17 (27) ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดมีอำนาจหน้าที่ในการสังคมสงเคราะห์และพัฒนาคุณภาพชีวิตเช่นเดียวกับเทศบาลเมืองพัทยาและองค์การบริหารส่วนตำบล

4.3 เครื่องมืออุปกรณ์กายภาพบำบัด คนส่วนใหญ่มักถึงคนพิการ ผู้ที่เป็นอัมพาต อัมพฤกษ์ ผู้ที่มีอาการปวดข้อต่างๆ ปวดหลัง ปวดไหล่ แต่งานกายภาพบำบัดนั้นยังมีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องกับกลุ่มคนที่มีปัญหาทางด้านระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือด กลุ่มเด็กที่มีพัฒนาการช้าซึ่งจำเป็นต้องมีการกระตุ้นพัฒนาควบคู่ กลุ่มผู้สูงอายุที่มีโรคแทรกซ้อนและกลุ่มที่ยังมีสุขภาพแข็งแรง กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ในการดูแลตนเองทั้งก่อน, ระหว่างและหลังคลอด รวมถึงในกลุ่มของนักกีฬา เพื่อเตรียมความพร้อมในการแข่งขัน ก่อนการแข่งขัน ระหว่างการแข่งขัน และหลังการแข่งขัน รวมถึงกลุ่มที่ต้องการการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายรวมทั้ง การส่งเสริมสุขภาพร่างกายและจิตใจด้วยวิธีการทางกายภาพบำบัดหรือการใช้เครื่องมือหรือ อุปกรณ์ที่รัฐมนตรีประกาศโดยคำแนะนำของคณะกรรมการให้เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์กายภาพบำบัด”

4.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กุลภา ศรีสวัสดิ์, นวพร ชัชวาลพาณิชย์, อัจฉรา สุวรรณนาคินทร์(2553) วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้อุปกรณ์ยืดกล้ามเนื้อน่องใน

แง่ของการเพิ่มการใช้ (compliance) ในการยืดกล้ามเนื้อน่องเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อน่องแบบเดิมวัตถุประสงค์รอง: เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้อุปกรณ์ยืดกล้ามเนื้อน่องในการลดอาการ กล้ามเนื้อน่องตึง และลดผลแทรกซ้อนจากการยืดกล้ามเนื้อเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อน่องแบบเดิมรูปแบบการศึกษา: การศึกษาโดยการสุ่มและมีกลุ่มเปรียบเทียบสถานที่ทำการศึกษา: ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลศิริราชกลุ่มประชากร: ผู้ที่มีกล้ามเนื้อน่องตึง อายุ 45 ปีขึ้นไป จำนวน 80 คน วัสดุและวิธีการ สุ่มเลือกผู้ป่วยเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุม ยืดกล้ามเนื้อน่องแบบเดิม โดยให้ผู้ป่วยยืนหันหน้าเข้าหากำแพง ใช้มือประคองไว้กับกำแพงเพื่อช่วยทรงตัว วางเท้าที่ต้องการยืดกล้ามเนื้อน่องไว้ด้านหลัง งอเข่าด้านหน้าลงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยขาด้านหลังตึง ส้นเท้าชิดพื้นตลอดเวลา กลุ่มทดลองยืดกล้ามเนื้อโดยการใช้อุปกรณ์ยืดกล้ามเนื้อน่อง โดยให้ผู้ป่วยวางเท้าพาดกับอุปกรณ์ยืดกล้ามเนื้อน่อง โดยให้ขอบของอุปกรณ์ยืดกล้ามเนื้อน่อง อยู่ประมาณ proximal ต่อแนว metatarsal bone เหยียดเข่าตึง แล้วโน้มตัวมาข้างหน้าจนรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อน่องโดยแจ้งผู้ป่วยทั้ง 2 กลุ่ม ให้ยืดกล้ามเนื้ออย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยมีการบันทึกความถี่ (ต่อวัน) และระยะเวลาในการยืดกล้ามเนื้อ (วินาทีต่อครั้ง) รวมทั้งอาการแทรกซ้อนจากการยืดกล้ามเนื้อในสมุดบันทึกทุกวันผลการศึกษา มีผู้ที่เข้าร่วมการศึกษาจนจบจำนวน 76 คน เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมอย่างละ 38 คน ทั้งสองกลุ่มมีข้อมูลพื้นฐานใกล้เคียงกัน กลุ่มทดลองมีความถี่และระยะเวลาในการยืดกล้ามเนื้อน่องมากกว่ากลุ่มควบคุม และมีอาการแทรกซ้อนจากการยืดกล้ามเนื้อ (อาการปวดไหล่ ปวดเข่า ปวดหลังบริเวณเอว และปวดน่อง) น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของจำนวน taut band, trigger point, tender point และพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเท้าระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมสรุป: การยืดกล้ามเนื้อน่องโดยการใช้อุปกรณ์ยืดกล้ามเนื้อน่อง สามารถเพิ่มความถี่ และระยะเวลาในการยืดกล้ามเนื้อน่อง ลดอาการกล้ามเนื้อน่องตึง และลดอาการแทรกซ้อนจากการยืดกล้ามเนื้อเมื่อเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อน่องแบบเดิม

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 โดยศึกษาเกี่ยวกับ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูสมรรถภาพ การพัฒนาขีดความสามารถในการอยู่ร่วมกันในครอบครัวและสังคมของกลุ่มคนวัยเยาว์กับผู้สูงอายุ โดยศึกษาจากเอกสารตีพิมพ์ ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต รวมถึงการปรึกษากับผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มผู้ดูแลผู้สูงอายุ จากสถานสงเคราะห์คนชรา

5.2 กำหนดกรอบแนวคิด ขอบเขตในการวิจัย และระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งออกแบบและร่างแบบแผนขั้นตอนของกระบวนการวิจัย

5.3 ปรึกษาและตรวจสอบแบบร่างแผนการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญกลุ่มผู้ดูแลผู้สูงอายุ จากสถานสงเคราะห์คนชรา

5.4 แก้ไขปรับปรุงและแบบร่างก่อนจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบ

5.5 ตรวจสอบแบบร่างงานวิจัยโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

5.6 แก้ไขปรับปรุงและจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบ

6. ผลการวิจัย

6.1 การวิเคราะห์วัสดุและโครงสร้าง

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการศึกษาเพื่อค้นหาความเป็นไปได้ในการกลไกและจุดเชื่อมต่อของการปรับตัวเพื่อที่จะนำไปสู่สรุปการหารูปแบบที่เหมาะสมในการช่วยส่งเสริมสมรรถนะสำหรับผู้สูงอายุต่อไป

6.2 แนวทางการออกแบบ

จากการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างและวัสดุ ทำให้ผู้วิจัย คิดหาแนวทางการออกแบบอุปกรณ์ช่วยส่งเสริมสมรรถภาพสำหรับผู้สูงอายุออกเป็น 3 รูปแบบ โดยคำนึงถึงหลักการออกแบบ ทฤษฎีด้านการออกแบบ ความเป็นไปได้ในการผลิตจริงและจัดทำชิ้นงานเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อไป ดังมีรูปแบบ ต่อไปนี้



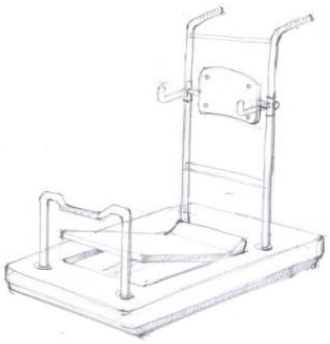
รูปที่ 1แสดงภาพอุปกรณ์ช่วยส่งเสริมสมรรถนะสำหรับผู้สูงอายุแบบที่ 1

แนวคิด : แบบที่ 1 โครงสร้างเน้นวัสดุจากไม้จริงผสม สัดส่วนที่รับกับสรีระการยืนที่ก้าวขึ้นทางด้านหลังของอุปกรณ์ มีที่จับเพื่อป้องกันการหกล้มทางด้านหน้า สามารถเอียงปรับได้



รูปที่ 2 แสดงภาพเก้าอี้ช่วยส่งเสริมสมรรถนะสำหรับผู้สูงอายุ แบบที่ 2

แนวคิด : แบบที่ 2 โครงสร้างเน้นวัสดุจากไม้จริงผสมกับโลหะ สัดส่วนที่รับกับสรีระการยืนที่ก้าวขึ้นทางด้านข้างของอุปกรณ์ มีที่จับเพื่อป้องกันการหกล้มทางด้านหน้าและมีที่ประคองการหงายหลัง สามารถเอียงปรับได้



รูปที่ 3 แสดงภาพเก้าอี้ช่วยส่งเสริมสมรรถนะสำหรับผู้สูงอายุแบบที่ 3

แนวคิด : แบบที่ 3 โครงสร้างเน้นวัสดุจากไม้จริงผสมกับโลหะ สัดส่วนที่รับกับสรีระการยืนที่ก้าวขึ้นทางด้านข้างของอุปกรณ์ มีที่จับเพื่อป้องกันการหกล้มทางด้านหน้าและมีที่ประคองการหงายหลัง และไหล่สามารถเอียงปรับได้

สรุปข้อเสนอแนะปลายเปิดจากผู้ประเมินในด้านการออกแบบ คือ การผสมผสานรูปแบบกันได้ การให้ความสำคัญกับโครงสร้างหลักที่มั่นคงแข็งแรง และรูปแบบที่นำเสนอยังดูเป็นรูปแบบเดิมๆ ที่เห็นได้ทั่วไป ควรพัฒนารูปแบบให้เกิดความน่าสนใจ สวยงามและใช้งานได้สะดวกสบาย สรุปผลการให้ความเห็นถึงความเหมาะสมมากที่สุดของรูปแบบที่นำไปจัดทำต้นแบบ สรุปได้ว่าเป็นรูปแบบที่ 3

6.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการศึกษาข้อมูลที่ได้จากการนำผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้น โดยอาศัย

ข้อมูลความต้องการและจากผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยดำเนินการ ณ ศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุวาสนะเวศม์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้ทำการสอบถามข้อมูลจากผู้ทดลองใช้ 30 คน โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าระดับความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบ ประโยชน์ใช้สอยอยู่ในระดับดี ในทุกๆ รายการประเมิน

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาวิจัยทำให้ทราบถึงความต้องการด้านรูปแบบที่สำคัญสอดคล้องกันระหว่างผู้ใช้ กับผู้เชี่ยวชาญในด้านจำนวนที่นั่งที่เลือกการใช้งานในรูปแบบ 3 กับการใช้งานที่เน้นในเรื่องการปรับเอียงในการยืนที่ให้ความรู้สึกความสะดวกสบายและความเหมาะสมกับการยืน สำหรับเทคนิคการสร้างหรือขึ้นรูปควรอาศัยเทคโนโลยีพื้นฐานที่สามารถทำได้ทั่วไปเพื่อให้ง่ายต่อการสร้างและอาศัยวัสดุโครงสร้างหลักที่มีความคงรูป แข็งแรงทนทาน ควรมีรูปแบบที่น่าสนใจและง่ายต่อการบำรุงรักษาเพื่อให้ใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับการศึกษาข้อมูล หลังจากได้ทำการทดลองใช้เพื่อหาค่าความพึงพอใจต่อผลงานการออกแบบ พบว่า ในทุกเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี ทำให้ได้รูปแบบอุปกรณ์ที่เป็นไปได้ในการนำไปเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการใช้สอยจริงได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถนำเอาแนวคิดการออกแบบไปใช้ประโยชน์ที่ขยายขอบเขตที่มากขึ้นได้ โดยอาจนำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุเพื่อคนชราที่มีกล้ามเนื้ออ่อนแรง

8. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการศึกษาฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ทีมผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครรชิต กำลังกล้า อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และ คณะกรรมการสอบโครงงานที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่ง ร่วมประเมินตรวจสอบให้งานวิจัยเกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งผู้สูงอายุที่อยู่ในสถานสงเคราะห์คนชรา (หลวงพ่อเปิ่น) เขตเทศบาลตำบลวัดสำโรง อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ที่ร่วมตอบแบบสอบถามและเข้าร่วมทดสอบอุปกรณ์ฟื้นฟูที่ได้จัดเตรียมไว้ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณพี่เลี้ยงที่ดูแลผู้สูงอายุในสถานสงเคราะห์คนชรา จังหวัดนครปฐม ที่ได้ช่วยทำกิจกรรมต่างๆในโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ที่สำคัญยิ่งขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกาลังใจให้ฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆ จนจบหลักสูตรนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] แดนเนาวรัตน์ จามรจันทร์และคณะ. “การศึกษาเรื่องการทรงตัวและหกล้มในผู้สูงอายุไทย” รายงานการวิจัยเพื่อผู้สูงอายุ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและสำนักงานกองทุนสร้างเสริมสุขภาพ กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและสำนักงานกองทุนสร้างเสริมสุขภาพ. เอกสารอัดสำเนา. 2548.

[2] สมนึก กุลสถิตพร. “กายภาพบำบัดในผู้สูงอายุ” คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.

[3] เบญจา ยอดดำเนิน-แอ็ตติกจ์. “อุบัติเหตุที่ป้องกันได้ของผู้สูงอายุ” ประชากรและการพัฒนา.สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. 2549.

[4] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. “แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554)” ราชกิจจานุเบกษา. 2546.

[5] ศิริพร จิรวัฒน์กุล. “ภาวะสุขภาพและอนามัยของผู้สูงอายุ” รายงานการทบทวนวรรณกรรม คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.เอกสารอัดสำเนา. 2537.

[6] ปัณณทัต บนขุนทด.“ศึกษาพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ”ตำบลบ้านทุ่มอำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น. 2554.

[7] ไตรรัตน์ จารุทัศน์และคณะ.ได้ศึกษามาตรฐานขั้นต่ำสำหรับที่พักอาศัยและสภาพแวดล้อมของผู้สูงอายุ. 2548.

[8] วิไลวรรณ วัฒนานนท์. 2543“ปัญหาและความต้องการของผู้สูงอายุชุมชนบ้านเป็ด”อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น. 2543.

การศึกษากระบวนการบริหารโครงการการปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร: กรณีศึกษาสถาบันการเงินแห่งหนึ่งในประเทศสิงคโปร์

A Study of Project Management in Office Churning and Reinstatement Process: A Case Study of Financial Institution in Singapore

พรสรวง วรชัยพิทักษ์*

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 8 Lorong 39 Geylang Sims Residence #03-07 Singapore 387882

ผู้ติดต่อ: byrd.vorachaipitak@gmail.com, +65-9656-1148

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีพื้นฐานมาจากกรณีศึกษาของสถาบันการเงินต่างชาติซึ่งมีความจำเป็นในการปรับแผนกลยุทธ์ทางธุรกิจในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ซึ่งการปรับแผนกลยุทธ์ทางธุรกิจนี้เกี่ยวข้องกับการลดจำนวนสาขาในภูมิภาคฯลง ถึงร้อยละ 70 และลดจำนวนพนักงานในสาขาประเทศสิงคโปร์ถึงร้อยละ 80 ภายในกรอบระยะเวลา 21 เดือน ผู้วิจัยได้มีโอกาสเข้าไปมีส่วนร่วมในโครงการฯนี้ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการปรับลดพื้นที่สำนักงาน การส่งมอบคืนพื้นที่ให้กับเจ้าของอาคารและปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานของสาขาประเทศสิงคโปร์ ผู้วิจัยได้รวบรวมปัญหาและสิ่งที่น่าสนใจที่ประสบตลอดวงจรชีวิตของโครงการตั้งแต่ขั้นริเริ่มโครงการจนปิดโครงการ นำมาผนวกกับแนวคิดและทฤษฎีการบริหารโครงการ และบูรณาการกับหลักการบริหารโครงการให้บรรลุผลสำเร็จ ซึ่งคำนึงถึงปัจจัยด้าน ขอบเขตของโครงการ คุณภาพ เวลา ต้นทุน (หรือค่าใช้จ่าย) ความเสี่ยง การบริหารทรัพยากรแรงงานมนุษย์ การจัดซื้อจัดจ้าง และการสื่อสาร จากนั้นจึงวิเคราะห์และนำข้อค้นพบมาพัฒนาเป็นแบบเลือกรายการ (Check List) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารโครงการในลักษณะเดียวกันให้ประสบความสำเร็จ

คำหลัก: การบริหารโครงการ / การบริหารทรัพยากรกายภาพ / การปรับย้ายผังพื้นที่ทำงาน / การส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร

Abstract

Based on a case study of an international financial institution that saw the necessity to adjust their business strategy in the Asia Pacific region by reducing 70% of its regional branches and 80% of their employees based in Singapore over a course of 21 months. The researcher had the opportunity to be directly involved in this transition project in Singapore branch which requires office space reduction, reinstatement and churning. The researched gathered the issues and challenges throughout the project lifecycle, from implementation to close-out and synchronised each of them with Project Management theories. Integrated with Project Management principles where Scope, Quality, Time Cost, Communications, Procurement, Human Resources and Risk, the Check List's objective is to serve as a guideline in the Facilities Management profession for similar projects in the future.

Keywords: Project Management / Facilities (Facility) Management / Churn / Reinstatement

1. บทนำ

การจัดการโครงการ หรือ Project Management เริ่มเป็นที่แพร่หลายในหลากหลายสาขาอาชีพ ทั้งระดับปฏิบัติการ (Operational level) ไปจนถึงระดับบริหาร (Managerial level) เมื่อโลกธุรกิจในปัจจุบันผันแปรไปอย่างรวดเร็ว องค์กรซึ่งต้องสามารถบริหารจัดการความเปลี่ยนแปลง (Change Management) ได้อย่างทันท่วงที ผลจากการเปลี่ยนแปลงในบางครั้งส่งผลกระทบในระดับองค์กร ยกตัวอย่างเช่น การปรับผังโครงสร้างองค์กรให้มีความคล่องตัวมากขึ้น การปรับลดพื้นที่สำนักงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายองค์กร การรีแบรนด์องค์กรให้เข้ากับยุคสมัยใหม่ หรือแม้แต่การปรับรูปแบบสำนักงานเพื่อดึงดูดแรงงานระดับหัวกะทิ ฯลฯ เห็นได้ชัดในภาคอุตสาหกรรมด้านเทคโนโลยี จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลโดยตรงกับระบบทรัพยากรกายภาพ (Facilities หรือ Facility)

นักบริหารทรัพยากรกายภาพ (Facilities Manager) นั้นต้องสามารถรับมือและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขององค์กร ถึงแม้การจัดการโครงการและการบริหารความเปลี่ยนแปลงอาจไม่ใช่ศัพท์ใหม่สำหรับงานบริหารทรัพยากรกายภาพ (Facilities Management, FM) หรือสายงานอื่น ๆ ในงานด้านอสังหาริมทรัพย์ แต่เมื่อผู้วิจัยสืบค้นเอกสารข้อมูลเชิงวิชาการทั้งในและต่างประเทศกลับพบว่าบทบาทนักบริหารทรัพยากรกายภาพต่องานพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ถูกละเลยไป ส่งผลให้นักบริหารทรัพยากรกายภาพซึ่งไม่ค่อยได้มีโอกาสเข้าไปมีส่วนร่วมกับการพัฒนาโครงการนั้นขาดองค์ความรู้ในงานด้านการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ เพื่อเป็นแนวทางในบูรณาการจัดการโครงการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ในความเป็นจริงนักบริหารทรัพยากรกายภาพมักเข้าไปมีส่วนร่วมก็ต่อเมื่อโครงการเริ่มดำเนินการแล้ว ทั้ง ๆ ที่ผู้ออกแบบสามารถนำประโยชน์ด้านวิสัยทัศน์ต่อทรัพยากรกายภาพที่มีประสิทธิภาพของนักบริหารทรัพยากรกายภาพไปใช้ในการพัฒนาโครงการได้ อีกทั้งการบริหารจัดการโครงการถูกจัดอยู่ใน 11 ความสามารถหลักของนักบริหารทรัพยากรกายภาพที่ระบุโดยสถาบัน International Facility Management Association (IFMA)

จากที่กล่าวไปข้างต้นประกอบกับผู้วิจัยซึ่งเป็นนักบริหารทรัพยากรกายภาพมีโอกาสได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการโครงการปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคารของสถาบันการเงินแห่งหนึ่งในประเทศสิงคโปร์ ซึ่งจัดว่าเป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าทางด้านศาสตร์การบริหารทรัพยากรกายภาพเป็นอันดับต้น ๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงเป็นที่มาของคำถามการวิจัยในครั้งนี้ว่า 1) โครงการการปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคารมีรายละเอียดโครงการเป็นอย่างไร และ 2) ระหว่างการดำเนินโครงการฯ นั้นมีปัญหาอะไรเกิดขึ้นบ้าง และมีแนวทางในการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงได้หรือไม่ อย่างไร โดยผู้วิจัยมีความมุ่งหวังเผยแพร่และแบ่งปันสิ่งที่ค้นพบจากการวิจัยให้แก่นักบริหารทรัพยากรกายภาพ ผู้จัดการสำนักงาน ผู้จัดการโครงการ และ/หรือผู้บริหารองค์กรที่อาจมีโอกาสในการบริหารโครงการในลักษณะคล้ายคลึงกันสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางปรับใช้กับโครงการของตน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการปฏิบัติโครงการจริงและทฤษฎีการบริหารโครงการ และระบุข้อแตกต่าง (Variance) 1.1) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการบริหารโครงการ โดยการบูรณาการแนวคิดของ ดร.ประชุม รอดประเสริฐ (2547) วิสูตร จิระดำเกิง (2560) ปกรณ์ ปรียากร (2560) Colin Dobie (2007) R.Max Wideman (2004) และ Rory Burke (2007) 1.2) ศึกษากระบวนการบริหารจัดการโครงการของสถาบันการเงินแห่งหนึ่งและรวบรวมข้อมูลโครงการ

1.3) นำขั้นตอนการปฏิบัติโครงการจริงในหัวข้อ 1.2 มาเปรียบเทียบกับแนวคิดด้านการบริหารโครงการในข้อที่ 1.1 1.4) เรียบเรียงข้อแตกต่างที่พบในข้อที่ 1.3 ในแต่ละวงจรชีวิตของโครงการ

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมประเด็นปัญหาหรือประเด็นที่น่าสนใจ และนำมาจัดประเภท 2.1) รวบรวมประเด็นปัญหาหรือประเด็นที่น่าสนใจระหว่างการปฏิบัติโครงการ 2.2) ศึกษาประเด็นสำคัญที่ทำให้การบริหารโครงการประสบความสำเร็จ บูรณาการแนวคิดของ ดร.ประชุม รอดประเสริฐ (2547) และ R.Max Wideman (2004) ซึ่งพบว่ามี 6 ประเด็นหลัก ได้แก่ ขอบเขตของโครงการที่ชัดเจน การควบคุมคุณภาพ การกำหนดระยะเวลาดำเนินโครงการ การบริหารค่าใช้จ่ายของโครงการ การบริหารความเสี่ยง การบริหารทรัพยากรมนุษย์ การจัดการจัดซื้อจัดจ้าง และการสื่อสาร 2.3) นำประเด็นปัญหาหรือประเด็นที่น่าสนใจที่รวบรวมไว้ในข้อที่ 2.1 มาจัดเรียงประเภทตามแนวคิดด้านการบริหารโครงการให้ประสบความสำเร็จจากข้อ 2.2

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูล นำข้อแตกต่างระหว่างการปฏิบัติโครงการจริงและทฤษฎีที่ค้นพบในขั้นตอนที่ 1 กับประเด็นปัญหาหรือประเด็นสำคัญในขั้นตอนที่ 2 มาวิเคราะห์หาความเป็นเหตุเป็นผล (Cause & Effect)

ขั้นตอนที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ นำข้อค้นพบและผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาสรุปผล พัฒนาเครื่องมือแบบเลือกรายการ (Check List) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการบริหารจัดการโครงการในลักษณะเดียวกัน พร้อมให้ข้อเสนอแนะการป้องกันและหลีกเลี่ยงประเด็นปัญหาที่สรุปไปในขั้นต้น

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษากระบวนการบริหารโครงการการปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคารของสถาบันการเงินแห่งนี้ เปรียบเทียบกับทฤษฎีการบริหารโครงการพบว่าทีมบริหารโครงการขาดการวางแผนโครงการที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management) การจัดทำวิธีการสายงานวิกฤติ (Critical Path Method) การวางแผนด้านการสื่อสาร (Communications) การควบคุมขอบเขตงาน (Scope) และการจัดการด้านการจัดซื้อจัดจ้าง (Procurement Management) ซึ่งก่อให้เกิดผล กระทบเมื่อโครงการดำเนินเข้าสู่ขั้นปฏิบัติโครงการและขั้นปิดโครงการด้านคุณภาพและด้านค่าใช้จ่าย ยกตัวอย่างเช่น ขาดการจัดการความเสี่ยงด้านการลดจำนวนพนักงานไม่เป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้ส่งผลให้พื้นที่ทำงาน (Supply) ไม่เพียงพอต่อจำนวนพนักงาน (Demand) ส่งผลให้ ทีมบริหารโครงการจำเป็นต้องโยกย้ายพนักงานบางส่วนไปใช้พื้นที่สำรองซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ขาดการจัดทำวิธีการสายงานวิกฤติเพื่อพิจารณาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เวลาในการสั่งผลิตยาวนาน เช่น เครื่องสำรองไฟและเครื่องปรับอากาศสำหรับศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์ (Data Centre) ขาดการวางแผนด้านการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพขณะดำเนินการโยกย้ายพนักงาน (Staff Move) และขาดการสื่อสารกับผู้ใช้งานระหว่างการออกแบบผังพื้นที่ทำงานส่งผลให้เกิดการปรับแก้แบบผังพื้นที่ทำงานในขั้นตอนก่อสร้างและทำให้ค่าใช้จ่ายของโครงการสูงขึ้น ขาดการสื่อสารกับเจ้าของอาคารเพื่อรับทราบข้อกำหนดด้านวัสดุและอุปกรณ์ตามมาตรฐานการปรับสภาพพื้นที่ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมและเกือบจะไม่สามารถส่งมอบพื้นที่ได้ตามกำหนด เป็นต้น ถึงแม้ผู้จัดการโครงการจะสามารถนำส่งโครงการได้ตามขอบเขตงานและเวลาที่กำหนดไว้ หากแต่พิจารณาให้ลึกจะพบว่าโครงการนี้บกพร่องด้านบริหารจัดการค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นผลกระทบจากปัญหาที่กล่าวไป

ข้างต้น โดยผู้จัดการโครงการควบคุมค่าใช้จ่ายด้วยวิธีการ Value Engineering ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลดคุณภาพของงานและวัสดุอุปกรณ์ การใช้วัสดุทดแทนที่มีราคาถูกกว่า และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) เป็นต้น

4. ข้อเสนอแนะ

การบริหารจัดการโครงการทั่วไปนั้นมุ่งเน้นไปที่ 3 ปัจจัยหลัก อันได้แก่ ปัจจัยด้านเวลา (Time) ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (Cost) และปัจจัยด้านคุณภาพ (Quality) แต่หากผู้จัดการโครงการต้องการให้โครงการในความดูแลของตนประสบความสำเร็จอย่างดีเลิศ ราบรื่นและบรรเทาหรือหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจส่งผลต่อการดำเนินโครงการนั้น ผู้จัดการโครงการควรนำปัจจัยเหล่านี้มาพิจารณาควบคู่ไปกับปัจจัยหลักข้างต้น ได้แก่ ปัจจัยด้านขอบเขตงาน (Scope) การสื่อสาร (Communications) สัญญาและการจัดซื้อจัดจ้าง (Contract and Procurement) ทรัพยากรคน (Human Resources) และการจัดการความเสี่ยง (Risk) เข้ามาบูรณาการตั้งแต่ขั้นริเริ่มไปจนส่งมอบโครงการ

ประเด็นสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาในการบริหารโครงการด้านการปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคารไว้ ดังต่อไปนี้

1) การวางแผนโครงการ - ควรครอบคลุมกิจกรรมหลักของโครงการ ได้แก่ การบริหารจัดการพื้นที่ (Space Planning) การทำความเข้าใจความต้องการของพื้นที่ (Demand) ขององค์กรและแต่ละภาคส่วน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการคาดการณ์ด้านจำนวนพนักงาน (Headcount Projection) และแนวโนมการเติบโตหรือหดตัวทางธุรกิจขององค์กร

2) การสื่อสาร - การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างทีมบริหารโครงการ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระดับองค์กร ระดับแผนก และระดับพนักงาน และคู่สัญญาจ้างนั้นช่วยลดปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อขอบเขตงาน เวลา และค่าใช้จ่ายของโครงการได้

3) การจัดการความเสี่ยง - ควรจัดทำตั้งแต่ขั้นวางแผนโครงการและควรนำบทเรียนจากโครงการที่ผ่านมาเข้ามาเป็นกรณีศึกษา

4) ด้านบุคลากร - การดำเนินโครงการที่มีรายละเอียดโครงการและมีความซับซ้อนสูง บุคลากรในทีมบริหารโครงการควรเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีประสบการณ์ในการบริหารโครงการลักษณะเดียวกัน และมีความเข้าใจธรรมชาติและวัฒนธรรมขององค์กรนั้น นอกเหนือจากนี้ผู้วิจัยนำข้อค้นพบมาบูรณาการกับทฤษฎีการบริหารโครงการสู่ความเป็นเลิศ จากนั้นพัฒนาเป็นแบบเลือกรายการ (Check List) ครอบคลุมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับย้ายผังพื้นที่ทำงานและการจัดการคืนสภาพพื้นที่เช่าก่อนส่งมอบเจ้าของอาคาร เริ่มตั้งแต่การจัดทำเอกสารแผนธุรกิจ (Business Case) การจัดตั้งทีมบริหารโครงการ การวางแผนโครงการและการออกแบบพื้นที่ การบริหารจัดการพื้นที่ การบริหารจัดการการย้ายพื้นที่ทำงาน การจัดการด้านการก่อสร้าง การสื่อสารกับเจ้าของอาคารและเอกสารสัญญาเช่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อองค์กร พนักงาน และงานบริหารทรัพยากรกายภาพ และการจัดการด้านการเงินและการบัญชี ซึ่งผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าแบบเลือกรายการ (Check List) นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจนำไปใช้อ้างอิงกับการบริหารจัดการโครงการในลักษณะที่คล้ายคลึงกันได้

ตารางที่ 1 หน้าปกแบบเลือกรายการ (Check List) งานบริหารโครงการปรับย้ายพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร

ชื่อโครงการ (Project Name)			
จุดประสงค์โครงการ (Project Objectives)	1. ..... 2. ..... 3.		
เจ้าของโครงการ (Project Owner/Sponsor)		แผนก (Department)	
จัดทำโดย (Created by)		วันที่จัดทำเอกสาร (Date)	
ปรับปรุงเนื้อหาโดย (Edited by)		วันที่แก้ไขเอกสารล่าสุด (Date)	
ชื่ออาคาร (Building Name)			
สถานที่ตั้ง (Address)			
ประเภทของโครงการ (Type of the Project)	☐ ปรับย้ายพื้นที่ทำงาน (Office Churn)	☐ จัดการคืนสภาพพื้นที่ (Reinstatement)	
ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ (Total Estimated Cost)	วันที่คาดว่าจะเริ่มดำเนินโครงการ (Date Project Will Begin)	วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ (Date Project Will be Completed)	

ตารางที่ 2 แบบเลือกรายการ (Check List) งานบริหารโครงการปรับย้ายพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร ขั้นริเริ่มแผนโครงการ

แล้วเสร็จ (Completed)	เมื่อวันที่ (Date Completed)	รายการงาน (Task)
ขั้นริเริ่มโครงการ (Project Initiation)		
		รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ (Product Description) - ลูกค้าหรือผู้เรียกร้อง (Requester) ชี้แจงรายละเอียดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ
		ผู้อนุมัติโครงการ (Project Authoriser) - องค์กรแต่งตั้งผู้อุปถัมภ์โครงการ และเจ้าของโครงการ - บุคลากรดังกล่าวรับทราบและมีความเข้าใจในรายละเอียดของผลิตภัณฑ์และหน้าที่ของตน - บุคลากรดังกล่าวมีความสามารถในการดำเนินโครงการและสามารถจัดสรรเวลาให้กับโครงการได้อย่างเพียงพอ
		ความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Feasibility) - ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ - และ/หรือวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost Benefits Analysis)
		เอกสารแผนธุรกิจของโครงการ (Business Case) - ดำเนินการจัดทำเอกสารแผนธุรกิจ โดยให้มีเนื้อหาครอบคลุมรายการดังต่อไปนี้ จุดประสงค์โครงการความเป็นมาของโครงการ เหตุผลชี้แจงทางธุรกิจ (ทำไมต้องทำ ทำแล้วได้อะไร) ขอบเขตงาน สิ่งที่อยู่นอกเหนือขอบเขตงาน ข้อจำกัดของโครงการ ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น แผนกำหนดจุดเวลาตรวจสอบ ทางเลือกในการดำเนินโครงการ ทางเลือกที่แนะนำ งบประมาณ และรายนามผู้อนุมัติแผนธุรกิจ
		งบประมาณและเอกสารแผนธุรกิจได้รับการอนุมัติ

ตารางที่ 3 แบบเลือกรายการ (Check List) งานบริหารโครงการปรับย้ายพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร ขั้นวางแผนโครงการ

แล้วเสร็จ (Completed)	เมื่อวันที่ (Date Completed)	รายการงาน (Task)
ขั้นวางแผนโครงการ (Project Planning)		
		การแต่งตั้งทีมบริหารโครงการหลัก (Core Project Team Establishment) - แต่งตั้งทีมบริหารโครงการหลัก (แล้วแต่ความเหมาะสม) อันได้แก่ ผู้บริหารโครงการ ผู้จัดการโครงการ นักบริหารทรัพยากรกายภาพ นักบริหารทรัพยากรกายภาพด้านวิศวกรรม ผู้จัดการโครงการด้านเทคโนโลยี และเจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อจัดจ้าง - จัดทำโครงสร้างของผังแจกแจงความรับผิดชอบ (Organisation Breakdown Structure) - จัดประชุม (Kick-off Meeting) เพื่อชี้แจงรายละเอียดโครงการ
		การแต่งตั้งทีมที่ปรึกษาโครงการ (Project Consultants On-boarding) - ทีมบริหารโครงการหลักหารือและคัดเลือกที่ปรึกษาโครงการด้านการออกแบบภายใน ด้านวิศวกรรม ด้านตรวจสอบโครงการ ด้านกฎหมายและข้อบังคับด้านอาคาร และด้านการโยกย้ายพื้นที่ทำงาน
		การวางแผนการดำเนินโครงการ (Project Planning) - จัดประชุม - แลกเปลี่ยนประสบการณ์ Lesson Learned - จัดทำการแตกโครงสร้างงาน (Work Breakdown Structure, WBS) - จัดทำวิธีการสายงานวิกฤติ (Critical Path Method, CPM) - จัดทำการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) - จัดทำแผนกำหนดเวลาจุดตรวจสอบ (Milestones) และแผนกำหนดเวลา (Project Master Programme) - จัดทำแผนโครงการ (Project Planning) ซึ่งประกอบไปด้วย บทนำ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของงาน ข้อยกเว้น ข้อจำกัด แนวทางการดำเนินงาน แผนการดำเนินงาน งบประมาณและค่าใช้จ่าย การควบคุมคุณภาพ การจัดการด้านสื่อสารและการรายงาน การจัดการด้านทรัพยากรคน และขอบเขตความรับผิดชอบ การจัดการความเสี่ยง การจัดการด้านการจัดซื้อจัดจ้าง การจัดการงานเพิ่ม/งานลด และภาคผนวก - นำเสนอแผนโครงการและขออนุมัติ
		การสื่อสารภายในองค์กร (Internal Communications) - เจ้าของโครงการ ผู้จัดการโครงการ และ/หรือผู้อุปถัมภ์โครงการจัดประชุมร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) เพื่อชี้แจงรายละเอียดโครงการ แผนงาน - รวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ประมาณการณ์จำนวนพนักงานในอีก 1 – 5 ปีข้างหน้า (5-Year Headcount Projection) และ Test-Fit
		ขั้นออกแบบ (Design Phase) - จัดทำแผนการจัดสรรพื้นที่ (Space Planning) ออกแบบผังพื้นที่สำนักงานและพื้นที่ทำงาน (Office Lay-out Design) และผังงานระบบวิศวกรรม - นำเสนอแบบก่อสร้างและขออนุมัติจาก ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และเจ้าของอาคาร - ขอทราบรายละเอียดด้านการจัดการคือสภาพพื้นที่เช่าจากเจ้าของอาคาร รวมไปถึงรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ตามมาตรฐานของอาคาร รายชื่อคู่สัญญาจ้างด้านงานระบบประกอบอาคาร ข้อกำหนดการตกแต่งพื้นที่ เอกสาร (เช่น ใบขออนุญาตเข้าทำงาน เป็นต้น) และค่าใช้จ่าย

แล้วเสร็จ (Completed)	เมื่อวันที่ (Date Completed)	รายการงาน (Task)
ขั้นวางแผนโครงการ (Project Planning)		
		- เจ้าหน้าที่ตรวจสอบโครงการดำเนินการประเมินค่าใช้จ่าย
		การจัดซื้อจัดจ้างและประกวดราคา (Procurement and Tender Planning) - ผู้จัดการโครงการได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการสอบประกวดราคาจากเจ้าของโครงการ - คัดเลือกผู้รับเหมาที่มีประวัติการทำงานดี มีประสบการณ์ในการดำเนินโครงการในลักษณะนี้ และ/หรือเคยร่วมงานกับองค์กร - หากโครงการมีรายละเอียดที่ซับซ้อน อาจจัด Pre-Tender Meeting ร่วมกับผู้รับเหมาที่สนใจเข้าร่วมประกวดราคา - จัด Tender Interview เมื่อได้รับเอกสารประกวดราคาจากผู้รับเหมา เพื่อรับฟังและชี้แจงรายละเอียดโครงการ ต่อรองราคา และอื่น ๆ - ทีมบริหารโครงการประเมินผลและขออนุมัติเจ้าของโครงการเพื่อประกาศรายชื่อผู้รับเหมาที่ได้รับคัดเลือก - ประกาศผลการคัดเลือกและดำเนินการจัดทำสัญญาจ้างร่วมกับเจ้าหน้าที่จัดซื้อ ที่ปรึกษาด้านการตรวจสอบโครงการ และ/หรือฝ่ายกฎหมาย

ตารางที่ 4 แบบเลือกรายการ (Check List) งานบริหารโครงการปรับย้ายพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร ขั้นดำเนินโครงการ

แล้วเสร็จ (Completed)	เมื่อวันที่ (Date Completed)	รายการงาน (Task)
ขั้นดำเนินโครงการ (Project Execution)		
		การประชุมและติดตามความคืบหน้าของโครงการ (Meetings and Progress Monitoring) - ผู้จัดการโครงการจัดประชุมร่วมกับทีมบริหารโครงการและผู้รับเหมา (Kick-off Meeting) - ผู้จัดการโครงการประสานงานจัดประชุมความคืบหน้าด้านการก่อสร้าง (Construction Meeting) และประชุมโครงการรายสัปดาห์ (Weekly Project Control Meeting)

		คู่มือวิธีการปฏิบัติโครงการ (Project Procedure Manual)
		- ผู้จัดการโครงการจัดทำคู่มือวิธีการปฏิบัติโครงการ นำเสนอและขออนุมัติจากเจ้าของโครงการ
		- ผู้จัดการโครงการชี้แจงและทำความเข้าใจร่วมกับทีมบริหารโครงการ
		- รายละเอียดคู่มือวิธีการปฏิบัติโครงการที่ควรได้รับการเน้นย้ำ ได้แก่
		  - รายละเอียดโครงการ (Project description)
		  - แผนงานและกำหนดเวลา (Project schedule)
		  - องค์กรโครงการ (Project organisation)
		  - สัญญาและการจัดซื้อจัดจ้าง (Contract and procurement management)
		  - การสื่อสาร (Communication)
		  - งบประมาณและการเงินการบัญชี (Finance and accounting)
		  - การติดตามและควบคุมโครงการ (Project monitoring and control)
		  - การจัดการความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน (Health & Safety Management)
		  - การจัดการเกี่ยวกับงานเพิ่มและงานลด (Scope change control)

แล้วเสร็จ (Completed)	เมื่อวันที่ (Date Completed)	รายการงาน (Task)
ขั้นดำเนินโครงการ (Project Execution)		
		การโยกย้ายพนักงาน (Churn/People Move) ให้พิจารณาเรื่องต่อไปนี้เป็นพิเศษ - การจัดการด้านการสื่อสารกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้ดำเนินการขนย้าย ควรจัดประชุมอย่างน้อย 4 สัปดาห์ล่วงหน้า - ประสานงานกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้แต่งตั้งตัวแทนแผนก (Move Champion) - จัดทำและแจกจ่ายคู่มือการย้าย (Move Instructions) - การวางแผนพื้นที่จัดเก็บของและเอกสาร (Storage and Document Storage) - จัดประชุมร่วมกับตัวแทนแผนก (Move Champion) - ที่ปรึกษาด้านการโยกย้ายประสานงานฝ่ายงานรักษาความปลอดภัยด้านบัตรเข้า-ออกของพนักงาน (Access Pass) - ผู้จัดการโครงการร่วมกับที่ปรึกษาด้านการโยกย้ายดำเนินการสำรวจพื้นที่ทั้งก่อนและหลังดำเนินการโยกย้ายเพื่อให้แน่ใจว่าทรัพย์สินทุกชิ้นได้รับการติดฉลากและถูกขนย้ายไปยังสถานที่ที่ถูกต้อง - ทีมบริหารทรัพยากรกายภาพอัพเดทข้อมูลด้านผังพื้นที่ทำงาน - ทีมบริหารทรัพยากรกายภาพสำรองชุดล็อคและกุญแจสำหรับลิ้นชัก และตู้เก็บเอกสาร กรณีพนักงานลืมกุญแจหรือทำกุญแจหายหรือชุดล็อคชำรุด - ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพอากาศ (Indoor Air Quality Test) และการสมดุลอากาศ (Air-balancing) ภายหลังการเข้าใช้พื้นที่
		การก่อสร้าง (Construction Phase) ให้พิจารณาเรื่องต่อไปนี้เป็นพิเศษ - การติดตามและควบคุมคุณภาพงาน - การติดตามและควบคุมความคืบหน้าของงานว่าเป็นไปตามแผนกำหนดเวลาหรือไม่ - การจัดการด้านงานอาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม - การกั้นแบ่งพื้นที่และการจัดการด้านละอองฝุ่น เสียง และกลิ่นจากการก่อสร้าง - การติดตามและประเมินความเสี่ยงการจัดซื้อ long-lead item เช่น วัสดุที่สั่งจัดทำเป็นพิเศษ เฟอร์นิเจอร์นำเข้า เครื่องมือหรืออุปกรณ์จำเพาะ เป็นต้น

ตารางที่ 5 แบบเลือกรายการ (Check List) งานบริหารโครงการปรับย้ายพื้นที่ทำงานและส่งมอบพื้นที่เช่าให้กับเจ้าของอาคาร ขั้นปิดโครงการ

แล้วเสร็จ (Completed)	เมื่อวันที่ (Date Completed)	รายการงาน (Task)
ขั้นปิดโครงการ (Project Close-out)		
		การส่งมอบพื้นที่ (Space hand-over) - ผู้จัดการโครงการตรวจสอบพื้นที่และรับมอบพื้นที่จากผู้รับเหมา - ผู้จัดการโครงการตรวจสอบพื้นที่ร่วมกับเจ้าของอาคาร ดำเนินการแก้ไข defect (ถ้ามี) และส่งมอบพื้นที่ให้กับเจ้าของอาคาร
		งานที่เกี่ยวข้องกับงานบริหารทรัพยากรกายภาพ (Facilities Management Related Matters) - รวบรวมและจัดเก็บคู่มือการปฏิบัติการและบำรุงรักษา (Operation & Maintenance Manual, OMM) - แปลนการก่อสร้างที่เกี่ยวข้อง (แบบสถาปัตยกรรม แบบงานไฟฟ้า แบบงานระบบปรับอากาศ แบบงานสุขาภิบาล แบบงานระบบดับเพลิง และอื่น ๆ) ได้รับการส่งมอบทั้งในรูปแบบเอกสารจริงและไฟล์ (CAD และ PDF) - การเงินและการบัญชี; การดำเนินการจำหน่ายสินทรัพย์ (Write-off) หรือการขึ้นทะเบียนสินทรัพย์ (Assets Register) การลงบันทึกค่าใช้จ่าย (Cost Code Booking) และรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง - งานสัญญาจ้าง เช่น การปรับลด/เพิ่มจำนวนคู่สัญญาจ้าง การปรับลด/เพิ่มอุปกรณ์ - งาน EH&S; อัพเดทเส้นทางหนีไฟ อัพเดทรายชื่อ Fire Warden ตรวจสอบตำแหน่งถังดับเพลิงและป้ายหนีไฟ - งานระบบวิศวกรรม; testing & commissioning, training รายชื่อผู้ติดต่อ และเอกสารการรับประกันสินค้า - งานธุรการ; เก็บรวบรวมและบันทึกเอกสารให้เป็นหมวดหมู่ เอกสารสำคัญควรทำสำเนา scan และเก็บบันทึก
		การปิดโครงการ (Project Close-out) - ผู้จัดการโครงการยุติการสื่อสาร - ผู้จัดการโครงการยุติการเงินการบัญชีและงานธุรการ - ผู้จัดการโครงการจัดทำเอกสารปิดโครงการ เอกสารปิดโครงการควรมีเนื้อหาครอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้ - บทสรุป และ/หรือ ภาพรวมโครงการ - ประสิทธิภาพในการจัดการเอกสารสัญญา - ประสิทธิภาพในการจัดการงานธุรการ - ประสิทธิภาพการดำเนินงานเทียบกับขอบเขตงาน จุดประสงค์ แผนกำหนดเวลา งบประมาณ และคุณภาพ - ด้านองค์กร - ด้านการบริหารโครงการ (รวมถึงพัฒนาการและการจัดการขอบเขตงาน แผนกำหนดเวลา งบประมาณ คุณภาพ ทรัพยากรคน ความเสี่ยง สัญญาและการจัดซื้อจัดจ้าง และการบูรณาการ - สิ่งที่ได้เรียนรู้ - ผู้จัดการโครงการขออนุมัติปิดโครงการ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] CBRE Research, Asia Pacific (2018). 2018 Asia Pacific Real Estate Market Outlook, URL: https://www.cbre.com/research-and-reports/apac-real-estate-market-outlook-2018

[2] Matthew Tucker and Mohd Rayme Anang Masuri (2016). The rationale to integrate facilities management into the development process. Property Management, Vol. 34 Issue: 4, pp. 332-334

[3] Seleh Kalantari, Mardelle M. Shepley, Zofia K. Rybkowski, John A. Bryant (2017). Collaboration between designers and facility managers: Comparing the United Kingdom, the United States, and the Middle East". Facilities, Vol. 35 Issue: 9/10, pp. 557-572

[4] International Facility Management Association, USA (2009), URL: http://cdn.ifma.org/sfcdn/knowledge-base/ifmas-11-core-competencies.pdf?sfvrsn=0

[5] ปกรณ์ ปรียากร (2559). การบริหารโครงการ : แนวคิดและแนวทางในการสร้างความสำเร็จ, พิมพ์ครั้งที่ 17, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เสมาธรรม

[6] ประชุม รอดประเสริฐ (2547). การบริหารโครงการ, พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ : บริษัท เนติกุลการพิมพ์ (2541) จำกัด

[7] วิสูตร จิระดำเกิง (2560). การบริหารโครงการแนวทางปฏิบัติจริง, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วรรณกวี

[8] เสริชย์ โชติพานิช (2553). การบริหารทรัพยากรกายภาพ: หลักการและทฤษฎี, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[9] Colin Dobie (2007). A handbook of project management: a complete guide for beginners to professionals, First published, Australia: Allen & Unwin

[10] R. Max Wideman (2004). A Management Framework for Project, Program and Portfolio Integration, First published, Canada : Trafford Publishing

[11] Rory Burke (2007). Introduction to Project Management, First published, Australia: Burke Publishing

การพัฒนากรอบแนวคิดพื้นที่เล่นเด็กก่อนวัยเรียนตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน

Development of a Conceptual Framework for Pre-school Play-Space Based on Brain-Based Learning.

วุฒิพงศ์ แสนบุดดา

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
wutthiphong.s@nrru.ac.th, 09 8118 6008

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อพัฒนาแนวคิดในการออกแบบประยุกต์สนามเด็กเล่นตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน ด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม กลุ่มเด็ก ชุมชนและโรงเรียนรามวิทยาประชานุสรณ์ จังหวัดนครราชสีมา ภายใต้กรอบแนวคิดในการศึกษา สอดคล้องกับแนวทางการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน ตรงตามความต้องการของเด็กผู้เล่น รวมถึงมีความเหมาะสมกับบริบทชุมชนและโรงเรียนขนาดเล็ก พบว่า แนวคิดในการออกแบบที่ควรให้ความสำคัญมีดังนี้ 1) ตำแหน่งที่ตั้งเหมาะสม มีความเชื่อมต่อและปลอดภัย 2) ขนาดและลักษณะของพื้นที่ที่เหมาะสมกับกิจกรรม 3) กิจกรรมและพื้นที่รองรับกิจกรรมส่งเสริมพัฒนาการหลายด้าน 4) พื้นที่เล่นมีความปลอดภัยตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐาน และ 5) มีความเหมาะสมกับเด็กและชุมชน เพื่อให้ได้กรอบแนวความคิดในการออกแบบประยุกต์สนามเด็กเล่นตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน ซึ่งสอดคล้องตามกรอบแนวคิดการวิจัย ที่ได้จากการสังเคราะห์ผลการสังเกตการณ์การเล่นของเด็กปฐมวัยในสนามเด็กเล่นโดยใช้การเรียนรู้สมองเป็นฐานที่สถานที่จริง มีความสอดคล้องกับความต้องการของเด็ก ส่งเสริมการเรียนรู้ตามหลักการพัฒนาสมอง รวมถึงเหมาะสมกับพื้นที่โรงเรียนขนาดเล็กในชนบท

คำหลัก: พื้นที่เล่นกลางแจ้ง, สนามเด็กเล่น, การเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน, เด็กก่อนวัยเรียน

Abstract

A study to develop a concept for designing playground based on brain-based learning concept. The process involved children, communities, and schools under the concept of education. Accompany with learning and brain development. Meet the needs of children players. The concept of design should be as follows: 1. Proper location. 2. The size and characteristics of the area suitable for the activity. 3. The activity and the area to support various development activities. 4. The play area is safety according to the criteria and safety standards. 5. Suitable for the community. The concept of a playground design based on a brain-based learning approach. This is consistent with the research framework. Based on the synthesis of early childhood playground observations on the playing field, using brain-based learning at the reallocation. Consistent with the needs of children. Promote learning based on brain development. Suitable for small rural areas.

Keywords: Outdoor Play Space, BBL Playground, Brain Based Learning, Preschool Children.

1. บทนำ

การเล่นของเด็กปฐมวัยและวัยประถมศึกษามีความสำคัญและมีคุณค่ามหาศาล เพราะการเรียนรู้ ของเด็กในวัยนี้ที่เหมาะสมคือ “การเรียนรู้ผ่านการเล่น และการเรียนรู้อย่างมีความสุข” การเล่นที่มีสิ่งเกื้อหนุนที่ดีจะส่งเสริมให้เด็กมีพัฒนาการที่ดี ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ วินัย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา มีการคิดวิเคราะห์ เกิดความคิดสร้างสรรค์ และเรียนรู้การปรับตัว ลดอุบัติเหตุและอันตรายจากการเล่นที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้มีกฎหมายและข้อตกลงเกี่ยวกับสิทธิเด็กจำนวนมาก ได้กำหนดว่าเด็กมีสิทธิที่จะมีพื้นที่เล่นที่เหมาะสมและปลอดภัยที่จะนำไปสู่การสร้างเสริมสุขภาวะอย่างเสมอภาค[1]

สถานการณ์ปัจจุบัน สมัชชาสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 10 หลัก 3 การพัฒนาพื้นที่เล่นสร้างเสริมสุขภาวะของเด็กปฐมวัยและปฐมศึกษา ได้ให้ความสำคัญต่อการเล่นและพื้นที่เล่นของเด็ก โดยตระหนักว่าการที่พื้นที่เล่นจะมีประโยชน์และปลอดภัยต่อเด็ก จะต้องมีกิจกรรมและสิ่งเกื้อหนุนการเล่นที่เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการ[2] ซึ่งมีมติให้เพิ่มเติมประเด็นเรื่องการพัฒนาพื้นที่เล่นสร้างเสริมสุขภาวะของเด็กปฐมวัยไว้ในร่างนโยบายและแผนการพัฒนาด้านเด็กปฐมวัย พ.ศ.2560 – 2564 เป็นแนวทางนำไปสู่แผนพัฒนาเด็กและเยาวชนแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2560 – 2564 [3] ได้กำหนดกรอบทิศทางการพัฒนาเด็กและเยาวชน โดยให้ความสำคัญกับตัวเด็กและเยาวชน บริบทแวดล้อมตัวเด็กและเยาวชน อาทิ ครอบครัว โรงเรียน ชุมชน ศาสนา สังคม และสื่อ การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเด็กและเยาวชนในฐานะภาคีที่มีพลังในกระบวนการพัฒนาสังคม การระดมสรรพกำลังของภาคีทุกระดับ และการออกแบบนวัตกรรมการจัดการความรู้ โดยเฉพาะยุทธศาสตร์ที่ 2 การเสริมสร้างความเข้มแข็งของกลไกสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการพัฒนาเด็กและเยาวชนอย่างมีประสิทธิภาพ เป้าประสงค์ 1) กลไกสภาพแวดล้อม (ครอบครัว ศาสนา โรงเรียน ชุมชน และสื่อ) ที่ปลอดภัยสำหรับการดำรงชีวิตและเอื้อต่อการพัฒนาศักยภาพของเด็กและเยาวชน เพื่อให้เด็กและเยาวชนสามารถอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมตามบริบทของพื้นที่ 2) มีพื้นที่และสื่อสร้างสรรค์เพื่อการเรียนรู้ของเด็กและเยาวชนทั้งในออนไลน์และออฟไลน์

นอกจากนี้ สมัชชาสุขภาพแห่งชาติยังมีมติ ให้จัดตั้งจัดตั้ง “คณะกรรมการพื้นที่เล่นสร้างเสริมสุขภาวะของเด็กปฐมวัยและวัยประถมศึกษา” ในระดับพื้นที่ โดยการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อจัดให้มีพื้นที่เล่นสร้างเสริมสุขภาวะของเด็กปฐมวัยและวัยประถมศึกษาที่เหมาะสม ปลอดภัย และเพียงพอ เพื่อเพิ่มโอกาสการเรียนรู้ของเด็กและเยาวชน ภายใต้บริบททางวัฒนธรรมของชุมชนและท้องถิ่นนั้น ๆ ตลอดจนจัดให้มีระบบการดูแลและตรวจสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของพื้นที่เล่นอยู่เสมอเพื่อจัดให้มีพื้นที่เล่นสร้างเสริมสุขภาวะของเด็กปฐมวัยและวัยประถมศึกษาที่เหมาะสม ปลอดภัย และเพียงพอ เพื่อเพิ่มโอกาสการเรียนรู้ของเด็กและเยาวชน ภายใต้บริบททางวัฒนธรรมของชุมชนและท้องถิ่นนั้น ๆ ตลอดจนจัดให้มีระบบการดูแลและตรวจสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของพื้นที่เล่นอยู่เสมอ[4] การศึกษาในเบื้องต้น พบว่าพื้นที่เล่นหรือสถาปัตยกรรมที่รองรับกิจกรรมการเล่นของเด็ก โดยเฉพาะเด็กตามโรงเรียนขนาดเล็กในชนบท กลับมีสภาพที่ไม่เหมาะสมในการเล่นโรงเรียนรามวิทยาประชานุสรณ์ สพป.นครราชสีมา เขต 4 ตำบลดอนเมือง อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เป็นอีกหนึ่งพื้นที่ที่พบปัญหาสภาพพื้นที่เล่นไม่เหมาะสมต่อการเล่น ไม่เป็นไปตามความต้องการของเด็ก ขาดการดูแลและเป็นจุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ [5-6]

ทบทวนการศึกษาที่ผ่านมา ด้านการส่งเสริมพัฒนาการ โดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาที่เกี่ยวกับการส่งเสริมพัฒนาการทางด้านร่างกายหรือสมรรถภาพทาง

กลไกที่วัดผลได้ ด้านการออกแบบพื้นที่ตามแนวทางการเรียนรู้สมองเป็นฐาน สนามเด็กเล่นสร้างปัญญา BBL : เล่นตามรอยพระยุคคลบาท[7-8] โดยมีกรอบแนวคิดประกอบด้วยพื้นที่ 3 ส่วน ได้แก่ 1) พื้นที่พัฒนาระบบผิวสัมผัส 2) พื้นที่พัฒนาระบบสร้างสมดุล 3) พื้นที่พัฒนาระบบสัมพันธภาพของร่างกาย ส่วนด้านการออกแบบสภาพแวดล้อม Jeffery A. Lackney [9] ได้กำหนดหลักการ 12 ข้อซึ่งเน้นการมีส่วนร่วมโดยเด็กเอง เช่น สี พื้นผิว พื้นที่การเรียนรู้ เพื่อเน้นให้เด็กมีส่วนร่วมและรู้สึกในความเป็นเจ้าของ อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก รวมถึงพื้นที่มีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานและทำกิจกรรมได้ รวมถึงพรพิไล เลิศวิชา [10] ให้ความสำคัญของการเล่นและสนามเด็กเล่น เป็นหนึ่งใน “กุญแจห้าดอก สู่การพลิกโฉมโรงเรียน” โดยให้ความเห็นว่า กุญแจดอกแรกของการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน คือ สนามเด็กเล่น แต่สนามเด็กเล่นที่มีอยู่แล้ว เช่น ชิงช้า ม้าหมุน ยังไม่ส่งผลต่อการพัฒนาการของสมอง การเล่นมีผลต่อการเรียนรู้ของสมอง จะต้องทราบก่อนว่าสมองทำงานอย่างไร การทำงานของสารสื่อประสาท เมื่อการเล่นที่ดีจะทำให้รู้สึกพร้อมและตื่นตัวที่จะเรียน โดยการออกกำลังกายมีส่วนส่งผลต่อเส้นเลือดและสารเคมีที่อยู่ในสมอง ทำให้การเรียนรู้มีผลดี ในด้านกระบวนการวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยตอบโจทย์หรือพัฒนาพื้นที่ชุมชนได้ มีความยืดหยุ่น ไม่กังวลกับมีตัวแปรควบคุมจนเกินไปโดยเน้นการแก้ปัญหาพื้นที่และชุมชนเป็นทั้งผู้ร่วมดำเนินการและผู้ได้รับประโยชน์เป็นสำคัญ [11]

ทั้งนี้ นำไปสู่การศึกษาพื้นที่เล่นกลางแจ้งตามแนวทางการเรียนรู้สมองเป็นฐาน (BBL) โดยศึกษากรอบแนวคิดในการศึกษาแนวทางการออกแบบ ที่มีความตรงตามความต้องการของเด็กในชุมชน เหมาะสมกับพื้นที่ชุมชน ทั้งด้านวัสดุ อุปกรณ์ที่หาง่ายในพื้นที่ รวมถึงแรงงานจากคนในชุมชน มีความปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐาน และสนองแนวคิด ทฤษฎี การทำงานและพัฒนาการของสมอง แนวคิดการออกแบบพื้นที่เล่นสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ของหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พ.ศ. 2560 [12] ตลอดจนกระบวนการตามแนวทางการวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบเพื่อแก้ไขประเด็นดังกล่าวต่อไป ผู้วิจัยได้อธิบายลำดับขั้นตอนการศึกษาปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อแก้ไขปัญหาและพัฒนาพื้นที่เล่นของเด็กในชุมชน และผลที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว เพื่อเป็นกรอบแนวทางในการสร้างและพัฒนาประยุกต์รูปแบบพื้นที่เล่นเด็กและสามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับแต่ละชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

พัฒนากรอบแนวคิดในการออกแบบพื้นที่เล่นกลางแจ้งสำหรับเด็กปฐมวัย ตามหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน

3. วิธีการศึกษา

3.1 ขั้นตอนในการศึกษา

งานวิจัยและพัฒนานี้เป็นวิจัยประยุกต์เชิงพื้นที่ซึ่งเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมโดยเด็กและชุมชน ผู้วิจัยจึงศึกษากระบวนการวิจัยและออกแบบซึ่งอิงหลักการพัฒนาพื้นที่ในการเล่นโดย Casey [13] เพื่อเป็นแนวทางกำหนดขั้นตอนในการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมแนวคิด หลักการ รวมถึงกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำให้ได้ขั้นตอนงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.1.1 ระยะที่ 1 การศึกษากระบวนการขั้นต้น

การศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งพฤติกรรม และความต้องการของเด็กปฐมวัย

- การศึกษาแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาพื้นที่เล่นสำหรับเด็กปฐมวัย

- เข้าใจความต้องการของเด็ก การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามและกายภาพทั่วไป

- การคัดเลือกแนวคิดขั้นต้น กำหนดกรอบเนื้อหาของการศึกษารวบรวมข้อมูลพฤติกรรมและความต้องการของเด็กปฐมวัย เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นกระบวนการด้านการออกแบบแบบมีส่วนร่วม ผู้วิจัยจึงเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมจากคนพื้นที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ทั้งทางตรงและทางอ้อมกับเด็กกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ จึงเลือกผู้เชี่ยวชาญจากผู้ใกล้ชิดกับเด็กปฐมวัยและผู้ที่มีส่วนกับพื้นที่โรงเรียนพื้นที่ดังกล่าว อาทิ ผู้นำชุมชน ผู้อำนวยการ ครูผู้ดูแลหรือคนดูแลพื้นที่

3.1.2ระยะที่ 2 ศึกษาแนวทางและการออกแบบ การศึกษากรอบแนวความคิดขั้นต้น ดังนี้

1) การเลือกความคิดขั้นต้น กำหนดองค์ประกอบและรูปร่างสนามเด็กเล่น



รูปที่ 1 ร่วมกำหนดกรอบแนวคิดขั้นต้นกับผู้เกี่ยวข้อง

2) ระดมสมอง

กระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องของชุมชนและพื้นที่ นำเสนอชุมชนและรับฟังข้อเสนอแนะองค์ประกอบรูปแบบสนามเด็กเล่น

นำร่างองค์ประกอบรูปแบบสนามเด็กเล่น เพื่อประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นปลายเปิด แล้วจึงมาปรับปรุงแก้ไขตามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ออกแบบเบื้องต้น ออกแบบสนามเด็กเล่นโดยใช้การเรียนรู้สมองเป็นฐานของเด็กปฐมวัย และรับข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยนำองค์ประกอบรูปแบบสนามเด็กเล่นโดยใช้การเรียนรู้สมองเป็นฐาน

นำเข้ากระบวนการมีส่วนร่วม นำเสนอพร้อมรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้มีส่วนร่วมในชุมชน



รูปที่ 2 สร้างพื้นที่เล่นแบบมีส่วนร่วมโดยคนในชุมชน ทั้งในร่วมระดมความคิดและลงมือปฏิบัติการ

ปฏิบัติการสร้างพื้นที่เล่นกลางแจ้ง ระหว่างกระบวนการสร้างพื้นที่เล่นรับฟังข้อเสนอแนะจากคนในชุมชน รวมถึงบันทึกกระบวนการก่อสร้าง

สังเกตการณ์ใช้พื้นที่การเล่นกลางแจ้ง บันทึกการเล่นและทำกิจกรรมของเด็ก โดยการสังเกตการณ์ เพื่อนำผลดังกล่าวเปรียบเทียบวัดผลการใช้งานตามกรอบแนวคิดการออกแบบ

3.1.3 ระยะที่ 3 สรุปผลการศึกษา รูปแบบสนามเด็กเล่นโดยใช้การเรียนรู้สมองเป็นฐาน

1) สรุปผลที่ได้จากการออกแบบ

ประเมินเนื้อหากรอบแนวคิดโดยผู้วิจัยนำองค์ประกอบรูปแบบสนามเด็กเล่นโดยใช้การเรียนรู้สมองเป็นฐานที่สร้างเสร็จแล้ว และผลการใช้งานให้ผู้เชี่ยวชาญออกความคิดเห็นเพื่อให้ได้ผลสรุปและข้อเสนอแนะต่อไป

สรุปผลการออกแบบ สรุปผลที่ได้จากข้อเสนอแนะ และการสังเกตการณ์ สรุปข้อดี ข้อเสีย และข้อเสนอแนะในการออกแบบต่อไป

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

3.2 เครื่องมือและขอบเขตในการศึกษา

3.2.1 ประชากร

เด็กปฐมวัยโรงเรียนรามวิทยาประชานุสรณ์ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา (ข้อมูลเมื่อปีการศึกษา 2559)

ครู บุคลากรที่เกี่ยวข้องภายในโรงเรียน คนในชุมชน

3.2.2 เครื่องมือ

แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถามปลายเปิด แบบประเมิน แบบจดบันทึกการสังเกตการณ์ กล้องถ่ายภาพ กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว

4. ผลการศึกษา

กระบวนการศึกษาและผลการศึกษาขั้นต้นระยะที่ 1 ผู้วิจัยได้นำเสนอในบทความ เรื่อง การศึกษาบริบทพื้นที่เล่นและพฤติกรรมการเล่นของเด็กปฐมวัย เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบพื้นที่ในการเล่นกลางแจ้ง ในเอกสารรวบรวมบทความประชุมวิชาการ เสนอในประชุมวิชาการระดับชาติ “โฮมภูมิ ครั้งที่ 3 : Wisdom to the Future. ภูมิปัญญาสู่อนาคต” คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 15 มิถุนายน 2560 ผลที่ได้พบว่าเด็กมีพฤติกรรมการเล่นและความต้องการพื้นที่เล่นดังนี้ 1) เครื่องเล่นสามารถพลิกแพลงการเล่นได้หลากหลายตามจินตนาการ 2) พื้นที่เล่นน่าสนใจสำหรับเด็ก 3) มีร่มเงาจากต้นไม้หรือตัวอาคาร 4) มีกลุ่มเพื่อนที่เล่นด้วยกันตามลำดับ ต่อมาการศึกษากระบวนแนวคิดและทฤษฎี ทบทวนองค์ความรู้ การออกแบบสถาปัตยกรรมสำหรับเด็ก ประเภทสนามเด็กเล่นโดยใช้สมองเป็นฐาน รวมไปถึงศึกษาการความต้องการและพฤติกรรมในการเล่น ของเด็กเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสนามเด็กเล่นโดยใช้การเรียนรู้สมองเป็นฐาน ซึ่งผลการศึกษาเป็นที่มาในการออกแบบ และการกำหนดกรอบแนวคิดในการออกแบบรวมถึงองค์ประกอบของสนามเด็กเล่นโดยใช้การเรียนรู้สมองเป็นฐานที่เหมาะสมกับโรงเรียนขนาดเล็ก ทำให้ได้ผลสรุปของกรอบแนวคิดดังนี้

4.1 กรอบแนวคิดในการออกแบบสนามเด็กเล่น

4.1.1 ตำแหน่งที่ตั้งเหมาะสม มีความเชื่อมต่อและปลอดภัย

1) พื้นที่ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมและการเล่นได้โดยไม่เกิดอุปสรรค สถานที่ก่อสร้างใกล้เคียงหรือพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตราย หรือแก้ปัญหาและอุปสรรคที่พบด้วยกระบวนการออกแบบเมื่อพบข้อจำกัด การออกแบบ shelter ให้มีร่มเงาให้แก่เด็ก และออกแบบให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมเมื่อพบว่าไม่มีต้นไม้ใหญ่ที่มีร่มเงา

2) มีความต่อเนื่องกันระหว่างพื้นที่ ภายในห้องเรียนกับพื้นที่กลางแจ้ง หรืออยู่บริเวณใกล้เคียงกัน สามารถออกสู่พื้นที่กลางแจ้งได้เพื่อทำกิจกรรมในช่วงเวลาที่เหมาะสมตามประเภทกิจกรรม

3) อยู่ในความควบคุมดูแลได้สะดวก สามารถให้เด็กเล่นอิสระได้ ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลโดยครูผู้ดูแลและครูท่านอื่นสามารถดูแลได้ง่าย อยู่ในระยะสายตา ไม่อยู่ในมุมอับสายตาและอันตรายจากคนแปลกหน้า

4) มีความเชื่อมต่อกับธรรมชาติ มีสภาพแวดล้อมที่ดี อยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเล่นและทำกิจกรรม ใกล้ชิดและได้เรียนรู้จากธรรมชาติ เช่น แสงแดดสอดแสงส่องผ่านใบไม้ที่เคลื่อนไหว ผิวสัมผัสที่แตกต่างของทราย หญ้าและน้ำ รวมถึงควรมีลม และอากาศถ่ายเทได้สะดวก

4.1.2 ขนาดและลักษณะของพื้นที่ที่เหมาะสมกับกิจกรรม

1) พื้นที่รองรับการทำกิจกรรมเดี่ยว-กลุ่ม รองรับทั้งการเล่นแบบเดี่ยว การทำกิจกรรมกลุ่มย่อย กลุ่มใหญ่

มีพื้นที่ทำกิจกรรมหรือการเล่นอิสระ พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับ เล่นรายบุคคล กลุ่มใหญ่ กลุ่มย่อย มีมุมประสบการณ์รองรับ และเป็นพื้นที่กลางแจ้งนอกห้องเรียนส่งเสริมทั้งพัฒนาด้านอารมณ์ จิตใจและด้านสังคม

2) พื้นที่ก่อให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งในกลุ่มเพื่อน พี่ น้องต่างวัย ครูผู้ดูแล มีการร่วมสนทนาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการเล่นและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เปิดโอกาสให้มีการยอมรับในความเหมือนและความแตกต่างระหว่างกัน เพื่อส่งเสริมและถ่ายทอดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

4.1.3 กิจกรรมและพื้นที่รองรับกิจกรรมส่งเสริมพัฒนาการ

1) พื้นที่ส่งเสริมการพัฒนาการทางด้านร่างกาย ทั้งกล้ามเนื้อมัดใหญ่ สามารถเคลื่อนไหวอยู่กับที่ เคลื่อนไหวเคลื่อนที่ การเคลื่อนไหวพร้อมอุปกรณ์ การเคลื่อนที่ที่ใช้ การประสานสัมพันธ์ของการใช้กล้ามเนื้อใหญ่ในการขว้าง จับ โยน เล่นเครื่องเล่นสนามอย่างอิสระ และกล้ามเนื้อมัดเล็ก

2) พื้นที่ส่งเสริมพัฒนาการทุกด้าน พื้นที่ส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ จิตใจ ด้านสังคม และสติปัญญา โดยสอดคล้องตามการจัดประสบการณ์สำคัญของสาระการเรียนรู้ของหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560

3) กิจกรรมที่หลากหลาย มีกิจกรรมเล่นหลายรูปแบบ ผสมผสานกันระหว่างสนามเด็กเล่นแบบดั้งเดิมและแบบผจญภัย

4) พื้นที่มีลักษณะหลากหลายรูปแบบ พื้นที่มีความหลากหลาย เช่น เนินดิน หลุม ช่องลอด กองทราย บ่อน้ำ พื้นดิน พื้นหญ้า เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์การเคลื่อนไหวในหลาย ๆ ด้าน

5) พื้นที่รองรับกิจกรรมมีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนงานได้หลากหลายรูปแบบ รวมถึงมีความหลากหลายของพื้นที่ทั้งในด้านรูปร่าง รูปทรง สี แสง รวมไปถึงพื้นที่ที่มีระดับความสูงที่ต่างกัน ตลอดจนพื้นที่สามารถยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนการใช้

6) สัมผัสกับธรรมชาติ มีพื้นที่ที่ส่งเสริมให้เด็กได้สัมผัสกับธรรมชาติด้วยตัวเอง การได้สัมผัสบ่อทราย ผิวน้ำ ต้นไม้ ใบไม้ ตลอดจนผิวของวัสดุที่แตกต่างกับของธรรมชาติ ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับธรรมชาติที่ยากที่จะรับรู้ได้ภายในห้องเรียน

7) พื้นที่สามารถทำความสะอาดได้ง่าย สามารถทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ ทั้งกิจกรรมที่เปรอะบนชิ้นงาน เปรอะที่เสื้อผ้า เปียกน้ำ เปื้อนทราย มอมแมม เป็นการเล่นอิสระที่สกปรกและสนุกเพื่อส่งเสริมพัฒนาการ

8) พื้นที่มีความปลอดภัยที่เหมาะสม พื้นที่ปราศจากจุดเสี่ยง ทำให้เกิด ความมั่นใจในการเล่น ส่งผลให้เด็กกล้าที่จะเล่นอย่างอิสระ อย่างไรก็ตามควรเป็นพื้นที่ท้าทายหรือหวาดเสียวตามความเหมาะสม แต่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย

4.1.4 กรอบความเหมาะสมด้านความปลอดภัย

1) ด้านความปลอดภัยตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐาน ตรวจสอบโดยเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพสนามเด็กเล่นของโรงเรียนกับมาตรฐานการออกแบบและพัฒนาสนามเด็กเล่นเพื่อความปลอดภัยข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของสนามเด็กเล่น[14]

2) ด้านการก่อสร้าง การก่อสร้างที่ดีส่งผลให้พื้นที่สามารถเล่นได้ยาวนาน เมื่อมีความปลอดภัย ลดความกังวลจากผู้ปกครองที่จะเกิดอันตรายต่อเด็กที่มากเกินไป เพื่อให้เด็กได้เล่นอย่างอิสระ

3) ความปลอดภัยของวัสดุก่อสร้าง วัสดุที่เลือกใช้มีความมั่นคง แข็งแรงเพียงพอต่อการเล่น ลดภาระของบุคลากรในการซ่อมบำรุง ควรคำนึงถึงการซ่อมแซมเปลี่ยนแปลง โดยใช้วัสดุที่หาได้สะดวก ภายในพื้นที่ชุมชน อย่างไรก็ตามควรให้ความสำคัญด้านความแข็งแรง ปลอดภัยของวัสดุเป็นหลัก

4) ความปลอดภัยระหว่างกระบวนการก่อสร้าง นอกจากวัสดุที่มีความมั่นคงแข็งแรงแล้ว กระบวนการก่อสร้างย่อมมีความสำคัญที่จะก่อให้เกิดความแข็งแรงเพียงพอต่อการเล่นในรูปแบบต่าง ๆ

4.1.5 กรอบความเหมาะสมกับพื้นที่ชุมชน

พื้นที่เล่นในพื้นที่ชนบทหรือโรงเรียนขนาดเล็ก ใช้วัสดุที่มีอยู่ในพื้นที่ หาได้ง่าย และไม่สิ้นเปลือง หรืออาจเป็นวัสดุเหลือใช้ ก่อสร้าง ประกอบ ติดตั้งได้ง่าย โดยไม่ต้องใช้เทคนิคพิเศษในการก่อสร้าง

1) เลือกใช้วัสดุที่มีอยู่ในพื้นที่ หรือเศษวัสดุ วัสดุหลักที่มีในพื้นที่โรงเรียนหาได้ง่ายในชุมชน ปลูกฝังให้เด็กปฏิบัติตนตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

2) มีกระบวนการมีส่วนร่วม ร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในชุมชน ทั้งความร่วมมือด้านวิธีการและแรงงาน

3) มีส่วนร่วมโดยเด็กมีส่วนในการออกความเห็น เด็กที่เป็นเจ้าของพื้นที่ต้องมีส่วนร่วมและเปิดโอกาสให้เด็กได้ออกความคิดเห็น และมีส่วนร่วมรับผิดชอบดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมภายนอกห้องเรียน

5. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาเพื่อพัฒนากรอบแนวคิดการออกแบบพื้นที่เล่นสำหรับเด็กปฐมวัยนี้ เป็นการศึกษาภายใต้การหาคำตอบด้วยกระบวนการมีส่วนร่วม ตลอดจนการสังเกตการณ์การเล่น เพื่อมุ่งเน้นการแก้ปัญหาเฉพาะพื้นที่โดยเด็ก ครู โรงเรียนและชุมชน ทำให้ได้คำตอบการศึกษาของสมมติฐานแนวทางในการออกแบบพื้นที่เล่น ตามกรอบแนวคิดที่ว่ามีความตรงตามความต้องการเล่นของเด็ก สอดคล้องกับแนวการการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน เหมาะสมสำหรับชุมชน โรงเรียนขนาดเล็กในชนบท ท้ายที่สุดได้ผลของกรอบแนวคิดในการออกแบบเป็นแนวทางเพื่อต่อยอดและสามารถประยุกต์ให้กับหน่วยงานหรือชุมชนที่มีความสนใจพื้นที่เล่นต่อไป

6. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากสมมติฐานการศึกษาเพื่อพัฒนากรอบแนวคิดในการออกแบบพื้นที่เล่นกลางแจ้ง สำหรับเด็กปฐมวัย ตามหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน ผลการวิจัยที่ได้ กรอบแนวคิดในการออกแบบพื้นที่เล่นได้แก่การคำนึงถึงตำแหน่งที่ตั้งมีความเชื่อมต่อและปลอดภัยอย่างเหมาะสม พื้นที่มีขนาดและลักษณะที่เหมาะสมและรองรับกิจกรรม ส่งเสริมพัฒนาการสุขภาวะ ประเด็นย่อยของกรอบแนวคิดดังกล่าวมีความสอดคล้องแนวคิดสนามเด็กเล่นสร้างปัญญา BBL เล่นตามรอยพระยุคคลบาล รวมถึงแนวคิดการออกแบบพื้นที่ของ Jeffery ตลอดจนแนวคิดหลักในการออกแบบพื้นที่เล่นของ Casey อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่เพิ่มเติมจากแนวคิดข้างต้น ด้านความเหมาะสมกับบริบทชุมชนและความต้องการของเด็กและคนในชุมชน ทั้งนี้เนื่องมาจากการศึกษาภายใต้กรอบการศึกษาปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้เล่นและเหมาะสมกับบริบทชุมชนด้วยการมีส่วนร่วมโดยเด็ก คนในชุมชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมกำหนดกรอบแนวคิด

นอกจากนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ด้วยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบมีส่วนร่วม ผู้วิจัยจึงเน้นให้ความสำคัญกับกระบวนการมีส่วนร่วมต่อเด็ก ครู โรงเรียน คนในชุมชน บุคลากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับ ซึ่งอาจจะครอบคลุมกลุ่มประชากรที่เป็นคนในชุมชนและบุคคลากรเพียงบางส่วน ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป ควรเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมในภาพกว้าง ระดับอำเภอ จังหวัด หรือระดับภาค เพื่อให้เกิดแนวทางกำหนดแผน เพื่อสร้างสรรค์และพัฒนาพื้นที่เรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับเด็กแต่ละชุมชนอย่างแท้จริง ท้ายที่สุดจะเกิดประโยชน์สูงสุดต่อชุมชน จะต้องบูรณาการร่วมกันของหลายภาคส่วนเพื่อให้บรรลุผลตามแผนขับเคลื่อนแผนไปสู่การปฏิบัติ โดยสถาบันการศึกษาร่วมให้ความร่วมมือให้ความรู้แก่ภาคีเครือข่ายทั้งด้านวิชาการและการปฏิบัติ ประสาน

ความร่วมมือเครือข่ายการวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านเด็กและเยาวชน การผลิตผลงานวิจัย การพัฒนานวัตกรรม การสร้างองค์ความรู้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณความร่วมมือเด็กนักเรียน ชุมชน ครู ผู้อำนวยการโรงเรียนรามวิทยาประชานุสรณ์ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ขอขอบคุณอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ดร.นิธิ ลิศนันท์ หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต ผู้เชี่ยวชาญประเมินกรอบแนวคิดในการออกแบบประยุกต์สนามเด็กเล่น อาจารย์ ดร.อารีย์ ศรีอำนวย สาขาปฐมวัย ผู้ให้ข้อเสนอแนะเรื่องกระบวนการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย นักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ปฏิบัติงานสร้างพื้นที่เล่นด้วยจิตสาธารณะ และท้ายที่สุด ทุนวิจัยโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

8. เอกสารอ้างอิง

[1-2,4] สมัชชาสุขภาพ, การพัฒนาพื้นที่เล่นสร้างเสริมสุขภาวะของเด็กปฐมวัยและวัยประถมศึกษา (2560). มติสมัชชาสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 10.

[3] คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาเด็กและเยาวชน, (ร่าง)แผนพัฒนาเด็กและเยาวชนแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2560 – 2564.

[5] วุฒิพงศ์ แสนบุดดา (2560). การศึกษาบริบทพื้นที่เล่นและพฤติกรรมการเล่นของเด็กปฐมวัย เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบพื้นที่ในการเล่นกลางแจ้ง, ประชุมวิชาการระดับชาติ “โฮมภูมิ ครั้งที่ 3 : Wisdom to the Future. ภูมิปัญญาสู่อนาคต”, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 15 มิถุนายน 2560

[6,14] ศูนย์การประสานงานวิจัยเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยและป้องกันการบาดเจ็บในเด็ก. (2545). *ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของสนามเด็กเล่น: อุปกรณ์เครื่องเล่น การติดตั้ง การบำรุงรักษา ผู้ดูแลการเล่น.* กรุงเพทฯ : เครือข่ายวิจัยสุขภาพ มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[7] สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์. (2558). “สนามเด็กเล่นสร้างปัญญา BBL : เล่นตามรอยพระยุคลบาท” *เอกสารประกอบการประชุมแลกเปลี่ยนเรียนรู้การดำเนินงานภายใต้ความร่วมมือระหว่างสานักโครงการและการจัดการความรู้ OKMD และสานักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1. นครสวรรค์* : สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์.

[8] ดิสกร กุนธร และคณะ. (2558). *สรุปเนื้อหางานสัมมนาเชิงปฏิบัติการ "10 ปี การเรียนรู้ตามหลักพัฒนาสมอง."* กรุงเทพฯ : สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (องค์การมหาชน).

[9] Lackney, J. A. (2018). 12 *Design principles based on brain-based learning Research*. [Online].Available: http://www.designshare.com/ [15 January 2018].

[10] พรพิไล เลิศวิชา. (2552). *ครูเก่งเด็กฉลาด.* กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

[11] พันธ์ทิพย์ รามสูตร (2540) *การวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วม*, กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาการสาธารณสุขอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล, 2540

[12] กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

[13] Casey, T. (2007). *Environments for outdoor play : A practical guide to making space for children*. London : Paul Chapman Publishing.

[14]

การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาสาขาวิชาออกแบบตกแต่งภายใน สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์

Organizing the physical environment within Sketching classes that affect the creativity of interior design students of Bunditpatanasilpa Institute

พิพัฒน์ จรัสเพ็ชร ฤทธิรงค์ จุฑาพฤฒิกร และมยุรี เสือคำราม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

E-mail Phiphatza@outlook.com โทรศัพท์ 095-718-8842

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาสาขาวิชาออกแบบตกแต่งภายใน คณะศิลปวิจิตร สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ วัตถุประสงค์การวิจัยมีดังนี้ 1) เพื่อจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ และ 2) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาที่มีสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน วิธีการดำเนินงานใช้แบบทดสอบทางความคิดสร้างสรรค์กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน และวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ยคะแนนการพัฒนาการ สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่มีลักษณะภายในห้องที่เอื้อต่อความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมกายภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานได้แก่ แสง อุณหภูมิ เสียง การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ และความสะอาด 2) นักศึกษามีคะแนนพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ในสภาพแวดล้อมทางกายภาพแบบเอื้อสูงกว่าในสภาพแวดล้อมทางกายภาพแบบปกติ

คำหลัก: ความคิดสร้างสรรค์, สภาพแวดล้อมทางกายภาพในห้องเรียน

Abstract

This research studied on the physical environment within the Sketching classes that affect the creativity of interior design students in Faculty of Fine Arts of Bunditpatanasilpa Institute, Salaya campus, Nakhon Pathom. The objectives of this research were 1) Physical environment arrangement in the Sketching classes that affect creativity. 2) To study and compare the level of creativity of students in different physical environments. This research was conducted by using the Creative Tests with 40 samples and analyzed the results by statistical method to find the average and gain score. The statistic included mean, standard deviation, minimum, maximum, skewness, kurtosis and repeated measurement. The research found that: 1) the physical environment arrangement in which creativity was facilitated was with factors such as light, sound, temperature, furniture placement and cleanliness. 2) Students got higher creativity development scores in the classes with the physical environment arrangement in which creativity was facilitated than in the normal physical environment.

Keywords: Creativity, Physical environment in Classroom

1. บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์มีส่วนสำคัญอย่างมากกับนักศึกษาทางด้านศิลปะและการออกแบบ ซึ่งล้วนแต่ต้องใช้ การจินตนาการ แรงบันดาลใจเป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดแนวคิดใหม่และสร้างสรรค์สิ่งใหม่อยู่ตลอดเวลา ความคิดสร้างเป็นกระบวนการทางปัญญาที่เกิดจากการบูรณาการประสบการณ์และความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดนำส่วนประกอบปลีกย่อยทางความรู้และการวิเคราะห์ในรายละเอียดมารวมกันให้เกิดสิ่งแปลกใหม่และนวัตกรรมใหม่ๆ กระบวนการแก้ปัญหาที่มีความสามารถทางความคิดได้กว้างไกลหลากหลายแง่มุมหลากหลายทิศทาง (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553 ; สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ, 2552) ความคิดสร้างสรรค์ยังเป็นกระบวนการที่นำไปสู่การแก้ปัญหา เกิดการเรียนรู้เข้าใจและเป็นปฏิกิริยาตอบสนองทางความคิดเชิงจินตนาการอันเป็นลักษณะเด่นสำคัญภายในตัวของบุคคลที่สามารถเชื่อมโยงความคิดให้มีความสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ได้ ผสมผสานจนได้ผลผลิตทางความคิดใหม่ที่แตกต่างไปจากรูปแบบเดิม โดยความริเริ่มคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดละเอียดลออ Torrance, (1962)

สภาพแวดล้อมทางกายภาพสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรม อารมณ์ความรู้สึกและการรับรู้ความเข้าใจในเชิงเหตุผล โดยสภาพแวดล้อมทางกายภาพเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ ประสบการณ์ กระบวนการทางความคิด สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์ (2537) กล่าวว่า “การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพชั้นเรียนสามารถส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์” กิดานันท์ มลิทอง (2548:) ยังกล่าวอีกว่า “สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ประกอบไปด้วย แสงสว่างที่เหมาะสม สามารถลดความเหนื่อยล้าทางสายตา สถานที่ที่มีการจัดวางเป็นระเบียบมีความสะอาดปราศจากกลิ่นรบกวน เสียงที่ไม่ทำให้เกิดความรำคาญ สภาพอากาศที่ถ่ายเทสะดวก ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม ห้อง เฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ อุปกรณ์ต่างๆ ที่สะดวกแก่การใช้งาน ล้วนเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงานหรือกิจกรรมอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบดังกล่าวนี้สามารถช่วยลดระดับความเครียดแก่ผู้เรียนและสามารถผลิตงานได้อย่างสร้างสรรค์”

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำคัญอย่างยิ่งต่อการเสริมสร้างกระตุ้นศักยภาพของการเรียนการสอนในปัจจุบัน ซึ่งสภาพแวดล้อมในสถานศึกษาทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งเร้าที่มีอิทธิพลต่อบุคคลภายในสถานที่นั้นๆ โดยสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) ได้ให้ความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียน อาคารสถานที่ สิ่งอำนวยความสะดวกด้านกิจกรรมทางการเรียนการศึกษา ดังนั้นสภาพแวดล้อมทางกายภาพนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจภายใน การกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ได้มากขึ้นจึงต้องพัฒนาทางด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพควบคู่กับการพัฒนาทางด้านอื่นตามไปด้วย

ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพอย่างไรที่สร้างเสริมการพัฒนาการทางความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ให้มากที่สุด ในงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบของนักศึกษาระดับปริญญาตรีของสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ คณะศิลปะวิจิตร ภาควิชาออกแบบ สาขาวิชาออกแบบตกแต่งภายใน ข้อค้นพบที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาความคิด

สร้างสรรค์ของนักศึกษาของสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ คณะศิลปะวิจิตร ภาควิชาออกแบบ สาขาวิชาออกแบบตกแต่งภายในให้ดียิ่งขึ้นต่อไป และเป็นแนวทางให้กับอาจารย์ผู้สอนในสถาบันอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้นำไปปรับใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์

2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาที่มีสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ คณะศิลปะวิจิตร ภาควิชาออกแบบ สาขาออกแบบตกแต่งภายใน เลือกตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเลือกนักศึกษาชั้นปีที่ 1 2 และ 3 ยกเว้นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เนื่องจากอยู่ในช่วงการทำวิทยานิพนธ์ จึงไม่มีชั่วโมงเรียนในรายวิชาที่มีการทำงานในห้องปฏิบัติการเขียนแบบ ตัวอย่างซึ่งต่อจากนี้จะเรียกว่าผู้เข้ารับการทดสอบมีจำนวนทั้งสิ้น 40 คน

3.2 แบบแผนการวิจัยและขั้นตอนในการวิจัยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental design) แบบศึกษากับกลุ่มตัวอย่างเดียวระยะยาว (Longitudinal study) ซึ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 3 ครั้งกับผู้รับการทดสอบกลุ่มเดิม เพื่อดูระดับความคิดสร้างสรรค์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ผู้วิจัยจัดขึ้น นอกจากนี้ ยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงความคิดสร้างสรรค์ตามลักษณะการสอนและชั้นปีของผู้รับการทดสอบอีกด้วย

ผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษาการออกแบบลักษณะการจัดวางผังพื้นที่ภายในห้องเรียนเขียนแบบ ทั้งทางด้านสภาพแวดล้อมกายภาพ แสง เสียง อุณหภูมิ และกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความหมายและการวัดความคิดสร้างสรรค์ 2) ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ 3) ออกแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และสอดคล้องกับบริบทกับลักษณะการใช้งานเพื่อนำไปสู่การทดลองใช้ 4) ทดลองใช้สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบกับนักศึกษาเพื่อศึกษาผลทางความคิดสร้างสรรค์ที่จะเกิดขึ้นทั้งจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้จัดกระทำขึ้น สภาพแวดล้อมทางกายเดิมที่ผู้วิจัยไม่ได้จัดกระทำ และจากชั้นปี การทดลองใช้มีการวัดความคิดสร้างสรรค์ 3 ครั้ง ในครั้งที่ 1 และ 2 ทดสอบระดับความคิดสร้างสรรค์ในสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบเดิมในปัจจุบัน ครั้งที่ 3 ทดสอบระดับความคิดสร้างสรรค์โดยทดลองจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพแบบเอื้อต่อความคิดสร้างสรรค์ ในการวัดแต่ละครั้งทิ้งช่วงระยะเวลาห่างกัน 3 สัปดาห์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจคุณภาพ ประกอบไปด้วย 1) การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบ ผู้วิจัยนำการออกแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบไปตรวจสอบคุณภาพด้านความตรง (Validity) กับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก และดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ในสาขาสถาปัตยกรรมภายใน นอกจากนี้ การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบ

ผู้วิจัยยังควบคุมและตรวจวัดองค์ประกอบต่างๆ ของสภาพแวดล้อมโดยใช้เครื่องวัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Environment Meter) ที่สามารถวัดค่าแสงสว่าง (Lux) อุณหภูมิ (°C) ระดับเสียง (Db) ส่วนความสะอาดผู้วิจัยใช้โสตประสาทการรับรู้ในการสัมผัส และพิจารณาการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในการเรียน 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (ตัวอย่างแบบวัดแสดงในภาคผนวก) แบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดยืดหยุ่น 3) ความคิดสวยงามละเอียดลออ 4) ความคิดคล่องแคล่ว โดยใช้แบบทดสอบทางความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Torrance (1962) แล้วตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยง (Reliability) แบบวิธีวัดซ้ำ (test and Retest Method) โดยทดลองใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 2 ครั้งกับกลุ่มตัวอย่างอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ได้ค่าคุณภาพเท่ากับ 0.86-0.99 3) แบบสัมภาษณ์ที่ไม่มีการกำหนดคำตอบให้เลือกตายตัวและเป็นการถามคำถามปลายเปิด

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 1) ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ ไปยังคณะศิลปะวิจิตร สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ เพื่อขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูลการสัมภาษณ์และทดลองกับนักศึกษา รวมทั้งจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบตามที่ออกแบบไว้ 2) รวบรวมข้อมูลแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จากผู้เข้ารับการทดสอบ เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนตามจำนวนที่กำหนด ผู้วิจัยตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จากการวัดแต่ละครั้ง 3) ผู้วิจัยสังเกตและสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการกับผู้เข้ารับการทดสอบและสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนภายหลังการดำเนินทดลองแล้วเสร็จ เพื่อสอบถามทางด้านความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

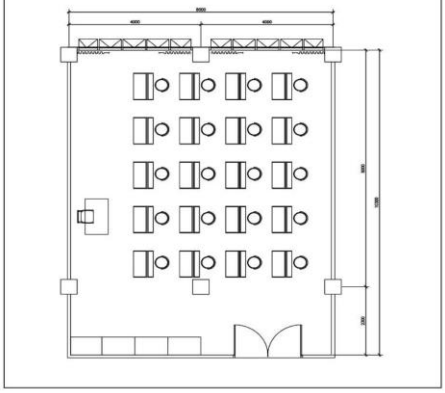
4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งเป็น 2 หัวข้อที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

4.1 สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ รายละเอียดลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบเดิม พบว่า มีความแตกต่างกันกับแบบเอื้อเล็กน้อยในค่าแสงสว่าง อุณหภูมิ ระดับเสียงรบกวน แต่มีความแตกต่างกันมากในเรื่องของโต๊ะเขียนแบบ โดยในสภาพแวดล้อมแบบเดิมเป็นโต๊ะเขียนแบบที่มีฟังก์ชั่นการใช้งานเป็นโต๊ะเขียนแบบทั่วไป แต่สภาพแวดล้อมแบบเอื้อที่ผู้วิจัยได้จัดกระทำขึ้นนั้นเป็นโต๊ะเขียนแบบใหม่ที่สั่งทำขึ้นพิเศษมีฟังชั่นการใช้งานที่แตกต่างไปจากเดิม โดยเพิ่มผนังกั้นคล้ายกับเครื่องใช้สำนักงานเพื่อเพิ่มความเป็นส่วนตัวในการทำงานหรือการเขียนแบบ มีช่องสำหรับเก็บอุปกรณ์และยังมีช่องสำหรับวางคอมพิวเตอร์แบบ Desktop ซึ่งทางคณะศิลปวิจิตร สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ ได้งบประมาณในการจัดซื้อจากสำนักงบประมาณเพื่อตอบสนองการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ความแตกต่างของสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนแบบเดิมและแบบเอื้อ แสดงดังรูปที่ 1 และ 2

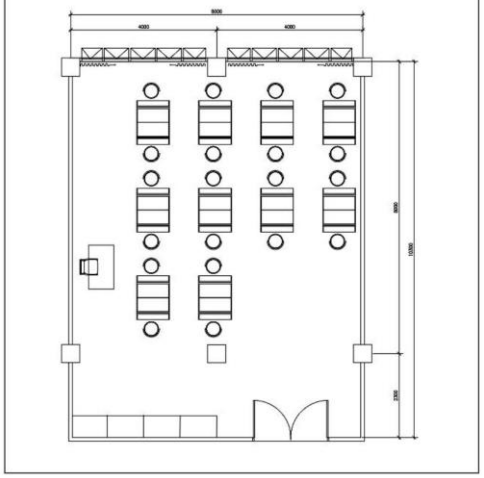
สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบเดิม

ค่าแสงสว่าง (Lux)	ค่าอุณหภูมิ (℃)	เสียง (Db)	✓ สะอาด X ไม่สะอาด
650 Lux	25-26 ℃	50-60 Db	✓



รูปที่ 1 สภาพแสดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบเดิม

สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่จัดกระทำขึ้น			
ค่าแสงสว่าง (Lux)	ค่าอุณหภูมิ (℃)	เสียง (Db)	✓ สะอาด X ไม่สะอาด
800 Lux	25-26 ℃	40-50 Db	✓

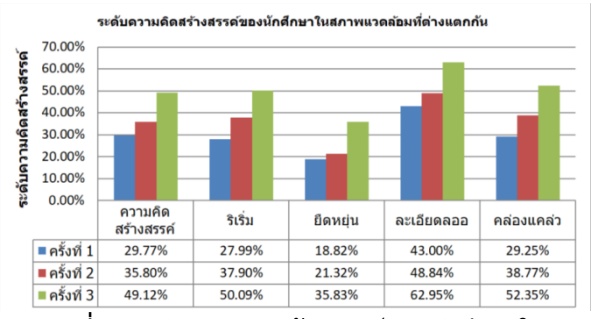


รูปที่ 2 สภาพแสดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบเอื้อ

4.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาที่มีสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกันการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาในสภาพแวดล้อมทางกายภาพแบบเดิมโดยการวัดระดับความคิดสร้างสรรค์จากครั้งที่ 1-2 นักศึกษามีระดับความคิดสร้างสรรค์ที่มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย 6.03 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเรียนการสอนของนักศึกษา ในระยะเวลา 3 สัปดาห์และความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาในสภาพแวดล้อมทางกายภาพแบบเอื้อที่ผู้วิจัยได้จัดกระทำขึ้น โดยการวัดระดับความคิดสร้างสรรค์จากครั้งที่ 2-3 นักศึกษามีระดับความคิดสร้างสรรค์ที่มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม 1.6 เท่า คือ 13.32 เปอร์เซนต์ ในระยะเวลาการเรียนการสอน 3 สัปดาห์เท่ากัน ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3

ตารางที่ 1

ครั้งที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1					
Valid missing	X	sd	min	max	sk	ku
ความคิดสร้างสรรค์	29.77	7.96	12.18	44.95	0.73	-0.54
ความคิดริเริ่ม	27.99	8.19	12.20	42.00	0.73	-0.93
ยืดหยุ่น	18.82	8.45	3.30	43.30	0.770	1.35
ละเอียดลออ	43.00	11.54	13.30	66.70	-0.39	-0.32
คล่องแคล่ว	29.25	9.74	12.50	48.00	0.16	-0.83
ครั้งที่ทดสอบ	ครั้งที่ 2					
Valid missing	x	sd	min	max	sk	ku
ความคิดสร้างสรรค์	35.80	11.16	16.70	63.50	0.63	0.07
ความคิดริเริ่ม	37.90	14.65	15.00	73.20	0.61	-0.09
ยืดหยุ่น	21.32	9.66	6.70	53.00	1.38	2.40
ละเอียดลออ	48.84	8.68	36.70	66.70	0.38	-1.19
คล่องแคล่ว	38.77	14.57	15.00	73.00	0.56	-0.14
ครั้งที่ทดสอบ	ครั้งที่ 3					
Valid missing	x	sd	min	max	sk	ku
ความคิดสร้างสรรค์	49.12	11.82	30.20	70.20	0.244	-1.22
ความคิดริเริ่ม	50.09	14.12	24.40	73.20	0.07	-1.06
ยืดหยุ่น	35.83	14.57	16.70	66.70	0.47	-1.05
ละเอียดลออ	62.95	12.01	40.00	83.30	-0.24	-0.48
คล่องแคล่ว	52.35	13.25	25.00	78.00	0.03	-0.69



รูปที่ 3 ระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ผลคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการทางด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษามีอัตราเพิ่มโดยเฉลี่ยจากครั้งที่ 1 คือ 0.20 เปอร์เซนต์ โดยจำแนกองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ดังนี้ ทักษะทางด้านความคิดริเริ่มเพิ่มขึ้น 2.82 เปอร์เซนต์ ทักษะทางด้านความคิดคล่องแคล่วเพิ่มขึ้น 3.07 เปอร์เซนต์ ทักษะทางด้านยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น 7.52 เปอร์เซนต์ ทักษะทางด้านความคิดละเอียดลออเพิ่มขึ้น

7.36 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นการทดสอบในสภาพแวดล้อมเดิม และผลคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการทางด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษามีอัตราเพิ่มโดยเฉลี่ยจากครั้งที่ 2 คือ 2.68 เปอร์เซ็นต์ โดยจำแนกองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ดังนี้ ทักษะทางด้านความคิดริเริ่มเพิ่มขึ้น 3.10 เปอร์เซนต์ ทักษะทางด้านความคิดคล่องแคล่วเพิ่มขึ้น 2.85 เปอร์เซนต์ ทักษะทางด้านยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น 1.46 เปอร์เซนต์ ทักษะทางด้านความคิดละเอียดลออเพิ่มขึ้น 3.46 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นการทดสอบในสภาพแวดล้อมเดิม ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2

ลำดับอัตราการเพิ่มและคะแนนพัฒนาการ	อัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ยจากครั้งที่ 1	คะแนนพัฒนาการ	อัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ยจากครั้งที่ 2	คะแนนพัฒนาการ
ความคิดสร้างสรรค์	6.03%	0.20%	13.32%	2.68%
ริเริ่ม	9.91%	2.82%	12.19%	3.10%
คล่องแคล่ว	9.51%	3.07%	13.58%	2.85%
ยืดหยุ่น	2.50%	7.52%	14.51%	1.46%
ละเอียด	5.48%	7.36%	14.11%	3.46%

ตารางที่ 3

Multivariate Tests

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	p
Creative	Pillai's Trace	0.78	69.30	2.00	38.00	0.00
	Wilks' Lambda	0.21	69.30	2.00	38.00	0.00
	Hotelling's Trace	3.64	69.30	2.00	38.00	0.00
	Roy's Largest Root	3.64	69.30	2.00	38.00	0.00

Tests of Within-Subjects Effects

Source		SS	df	MS	F	p
Creative	Sphericity Assumed	7847.39	2.00	3923.69	80.76	0.00
	Greenhouse-Geisser	7847.39	1.92	4074.16	80.76	0.00
	Huynh-Feldt	7847.39	2.00	3923.69	80.76	0.00
	Lower-bound	7847.39	1.00	7847.39	80.76	0.00
Error (Creative)	Sphericity Assumed	3789.44	78	48.58		
	Greenhouse-Geisser	3789.44	75.11	50.44		
	Huynh-Feldt	3789.44	78.00	48.58		
	Lower-bound	3789.44	39.00	97.16		

Multiple Comparison

Source		(I-J)	S.E.	P	Lower	Upper
Creative Performances	Time 1 (I) - Time 2 (J)	-6.03	1.51	0.00	-9.83	-2.24
	Time 2 (I) - Time 3 (J)	-13.32	1.44	0.00	-16.94	-9.69

5. อภิปรายผล

สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบที่เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ควรมีแสงสว่างเท่ากับ 750-800 (Lux) อุณหภูมิ 25-26 (°C) เสียง 40-50 (Db) มีความสะอาดปราศจากกลิ่นและขยะ และจัดโต๊ะแบบเรียงแถวหน้าชนกันและเว้นระยะหาทางเดิน และการเพิ่มฟังชั่นอำนวยความสะดวกเช่น ช่องวางสำภาระผนังกั้นเพื่อเพิ่มความเป็นส่วนและสมาธิในการทำงานเนื่องจากห้องเรียนเขียนแบบนั้นเป็นห้องเรียนที่ต้องสมาธิสูงในการทำงาน มีแสงสว่างที่เหมาะสมเพื่อลดความเหนื่อยของสายตาจะการทำเขียนแบบ มีอุณหภูมิที่พอเหมาะเพื่อความรู้สึกสบายทางร่างกายไม่ร้อนและหนาวจนเกินไป ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับแนวคิดของ สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์ (2535) กล่าวว่า “การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพชั้นเรียนสามารถส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์”และ” กิดานันท์ มลิทอง (2548) ยังกล่าวอีกว่า “สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ประกอบไปด้วย แสงสว่างที่เหมาะสม สถานที่ที่มีการจัดวางเป็นระเบียบมีความสะอาดปราศจากกลิ่นรบกวน เสียงที่ไม่ทำให้เกิดความรำคาญ สภาพอากาศที่ถ่ายเทสะดวก ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม ห้อง เฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ อุปกรณ์ต่างๆ ที่สะดวกแก่การใช้งาน ล้วนเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงานหรือกิจกรรมอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบดังกล่าวนี้สามารถช่วยลดระดับความเครียดแก่ผู้เรียนและสามารถผลิตงานได้อย่างสร้างสรรค์”

นอกจากนี้ การจัดสภาพแวดล้อมแบบเอื้อมีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ยืนยันด้วยผลของ gain score ในช่วงที่ 2 ไป 3 มีค่ามากกว่า 1 ไป 2 ดังตารางที่ 2

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะใช้ทำการวิจัยครั้งต่อไป

1) ผู้เข้ารับการทดสอบระดับความคิดสร้างสรรค์ทุกคนจะต้องสมัครใจในการทำแบบทดสอบและทุกคนจะต้องทำแบบทดสอบอย่างเต็มเพื่อให้ได้ผลคะแนนตามระดับความคิดสร้างสรรค์จริงๆ

2) ในการทดสอบระดับความคิดสร้างสรรค์แต่ครั้งผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องมีความพร้อมทั้งสุขภาพร่างกายและพักผ่อนอย่างเพียงพอและต้องไม่มีความเหนื่อยล้าจากกิจกรรมอื่นก่อนเข้ารับการทดสอบ

3) ผู้ควบคุมดูแลการทดสอบจะต้องอธิบายแบบทดสอบอย่างละเอียดทุกครั้งก่อนเริ่มการทดสอบ

6.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1) การกระตุ้นศักยภาพในการพัฒนาทางความคิดสร้างสรรค์นั้นต้องอาศัยปัจจัยหลายด้านประกอบเข้าด้วยกัน สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในห้องเรียนเขียนแบบเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์แค่ทางด้านกายภาพเท่านั้น

2) สภาพแวดล้อมกายภาพที่ส่งผลเอื้อต่อความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ควรมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมทั้งทางด้าน สิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียนการจัดวางเป็นระเบียบเรียบร้อย แสงสว่างที่ไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป สะอาดไม่มีขยะไม่มีกลิ่นเหม็นรบกวน มีอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่ร้อนและไม่หนาวเกินไปจน ไม่มีเสียงดังรบกวนในขณะเรียน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กิดานันท์ มลิทอง. (2548). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพ: อรุณการพิมพ์.

[2] ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). การจัดการเรียนรู้แนวใหม่. นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้ง แอนด์พับลิสชิ่ง.

[3] สุคนธ์ สินธพานนท์และคณะ.(2552). นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน (พิมพ์ครั้งที่ 3).กรุงเทพฯ: 9199 เทคนิคพริ้นติ้ง.

[4] สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์. (2537). เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

[5] Torrance, E. P. (1962). Guiding Creative Talent. New Delhi: Prentice-Hall, Inc

องค์ประกอบกายภาพของพื้นที่ขายสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่แสดงถึงภาพลักษณ์แบรนด์ : กรณีศึกษา แบรนด์พานาโซนิค

The physical component of the home appliance sales area that represents To brand image Case Study: Panasonic Brand

พิริยา ประมวลทรัพย์

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ เลขที่ 119 ถนนพระราม 4 คลองเตย กรุงเทพมหานคร

*ผู้ติดต่อ: filo.stuio@yahoo.com, เบอร์โทรศัพท์ 080-558-0604

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)ค้นหาปัจจัยกายภาพที่แสดงถึงความพรีเมียม แบรนด์ (Premium brand) 2) เพื่อลดปัญหาในการตัดสินใจซื้อของกลุ่มเป้าหมายระดับพรีเมียม ภายในพื้นที่ขายสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้า Power Mall สาขาสยาม พารากอน โดยยกแบรนด์พานาโซนิคมาเป็นกรณีศึกษาเฉพาะกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ตู้เย็นและเครื่องซักผ้า บทความเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Quatitative Research) มุ่งสำรวจตัวแปรด้านกายภาพ โดยเลือกกลุ่มประชากรแบบเจาะจงกับกลุ่มเป้าหมายที่ซื้อสินค้าแบรนด์พานาโซนิค สาขาสยาม พารากอน จำนวน 43 คน จากการเก็บผลการวิจัยและเครื่องมือ 3 ขั้นตอน 1)สัมภาษณ์ ผู้บริหารและกลุ่มเป้าหมาย 2)แบบสอบถาม สำรวจกับกลุ่มเป้าหมาย 3) ภาพถ่าย โดยใช้ตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับปรุงแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับรายได้, ลักษณะปัญหาด้านกายภาพพื้นที่เดิม และ ปัจจัยกายภาพที่แสดงถึงความพรีเมียมที่อ้างอิงจากแนวคิดความรู้สึก ‘พรีเมียม แบรนด์’ เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาสรุปเป็นข้อเสนอแนะ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ควรเพิ่มเติมให้พื้นที่ขายอยู่ในระดับพรีเมียม คือ การได้รับความมั่นใจจากประสบการณ์ทดลองสินค้าและแสดงถึงนวัตกรรมความทันสมัยขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนวิถีเดิมของแบรนด์ หรือข้อกำหนดการออกแบบทั่วไปของแบรนด์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดตลาดระดับพรีเมียมของแบรนด์พานาโซนิคในอนาคต สำหรับการออกแบบร้านปัจจุบันยังมีข้อบกพร่องทางด้านการจัดผังพื้นที่วางขายสินค้า การนำเสนอข้อมูลคุณสมบัติสินค้า และการสาธิตสินค้าในหน้าร้านที่เป็นหนึ่งในนิยามความรู้สึก ‘พรีเมียม’ ด้วย หากทางแบรนด์สามารถใช้แนวทางที่ค้นพบตามผลการสำรวจความต้องการดังกล่าวได้จะมีส่วนช่วยให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น

คำหลัก : กายภาพความพรีเมียม, การสื่อสารแบรนด์, การออกแบบร้านค้า

Abstract

The purpose of this research was 1) Find the physical factors that represent the premium brand. 2) To reduce the problem of buying process for a premium target group by selected Panasonic brand area sales in Power Mall – Siam Paragon branch as a case study only for home appliances products (Refrigerator & Washing machine). For this article, used a specific demographic group with target buyers who purchased the Panasonic brand in Siam Paragon from 43 persons. Based on 3 step of results and instrumentation is 1) interviews with Executives and a Target groups 2) The questionnaire collected from the target group. 3) Photos. Using variables to analyze data divided into 3 groups is the level of

income of the target group, the problem of current area and the physical factor that represents the premium based on the sense of the concept 'Premium brand' for a results to conclusion and suggestions. The result was Factors that should keep the sales area at a premium is to makes confidence from the product experience- demonstrate and show more innovation image by doesn't to change the brand's original traditional or the brand design guideline which comply with Panasonic's premium brand concept in the future. For the current Panasonic's store design still have a defects in The layout of the sales floor, Presentation of information, Product Features and the demo in the store, one of the 'premium' sense definitions as well. If the brand can applied following a suggestions that may help consumers make more purchasing decisions easier.

Keywords: physical premium, brand communication, store design

1. บทนำ

จากความหลากหลายของตลาดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านขนาดใหญ่ปัจจุบันทำให้การแข่งขันทางด้านการตลาดมีการวางแผนการขายแก่ลูกค้าเฉพาะกลุ่มมากขึ้น อาจแยกกลยุทธ์ด้วยระดับชนชั้น หรือ ความต้องการของการใช้งาน เพื่อให้กลุ่มผู้บริโภคได้เลือกซื้อและตัดสินใจง่าย ไวต่อการซื้อสินค้าแบรนด์ใดแบรนด์หนึ่ง

ในปัจจุบันการปรับตัวทางด้านกายภาพการออกแบบร้านค้าเองก็เริ่มมีบทบาทเพิ่มขึ้นนอกจากเป็นพื้นที่ที่จะมาชมและตรวจสอบราคาขายอย่างเดียว แต่ได้เพิ่มมิติของการออกแบบร้านค้าที่สร้างสรรค์ให้กระตุ้นความรู้สึกสร้างประสบการณ์ ความสะดวกสบายในการเลือกชมสินค้าและแสดงถึงความสวยงามของตัวตนแบรนด์มากขึ้นด้วย

ดังข้างต้นแบรนด์พานาโซนิค ต้องการที่จะยกระดับแบรนด์สู่ตลาดพรีเมี่ยมด้วยแนวทางการขาย "Premium Products (Casual Premium)" เน้นการขายในระดับกลางถึงระดับบน (Middle – Upper) ในปี 2563 นี้ คือการมุ่งเน้นที่การสร้าง "ความเป็นอยู่ที่ดี" โดยการใช้กลยุทธ์ "Aspire to more" ประกอบด้วย 3 หัวใจหลัก คือ ผลิตภัณฑ์คุณภาพ (Premium), ตอบโจทย์การใช้งาน (Local Fit) และการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Design) หรือเรียบง่ายแต่มีระดับ โดยในทางเดียวกัน (Klaus Heine, 2011) ได้ระบุว่าแบรนด์พรีเมี่ยม คือ การเน้นพิเศษที่คุณสมบัติของการใช้งาน (Functional Characteristic) มากกว่า การสร้างความหมายทางสัญลักษณ์ (symbolic) และส่วนประกอบของความรู้สึกที่น้อยกว่า (Emotional Component) กล่าวคือ การแสดงถึงคุณประโยชน์สินค้าการใช้งานสินค้ามากกว่าการสร้างบุคลิกของแบรนด์ที่โดดเด่น สวยงาม ซึ่งการแสดงความพรีเมี่ยมควรต้องอยู่ในหลักการออกแบบร้านค้าด้วย (สุเธียร โล้กูลประกิจ, 2546) เพื่อผลิตภาพของยอดขาย โดยใช้องค์ประกอบ 3 ส่วนคือ การสร้างบรรยากาศในพื้นที่ (รูป รส กลิ่น เสียง สัมผัส) การกระตุ้นการตัดสินใจซื้อด้วยการใช้รูปแบบดิสเพลย์สินค้า การจัดผังแสดงสินค้า และการคำนึงถึงผลิตภาพการขาย คือจำนวนที่สามารถจัดวางสินค้าขายได้ เป็นต้น

ผู้วิจัยมองว่าการเป็น 'พรีเมี่ยม แบรนด์' (Premium Brand) ไม่อาจระบุถึงข้อกำหนดหรือวัสดุที่ชัดเจนได้เสมือนคู่มือหรือตำรา ดังนั้นจึงยกแนวคิดเกี่ยวกับความรู้สึกมาใช้ในการค้นหากายภาพตามบริบทดังกล่าวแทน (David Murphy, 2011) ให้นิยามว่า "แบรนด์ระดับพรีเมี่ยม" จะต้องมีลักษณะเฉพาะก่อให้เกิดความรู้สึกคุ้มค่าต่อผู้ซื้อ 6 ประการ

1. การกระตุ้นความรู้สึก (Sensual) คือ การสัมผัสประสบการณ์ ไม่ว่าทางใดก็ทางหนึ่ง เช่น รูป, รส, กลิ่น, เสียง เป็นต้น

2. ความลึกลับ (Mysterious) คือ การสร้างความลึกลับและความพิเศษของแบรนด์

3. หายาก (Rare) สร้างตัวเลือกที่แปลกออกไป ทำให้น่าสนใจว่าไม่ใช่เป็นสิ่งธรรมดา หาได้ยาก

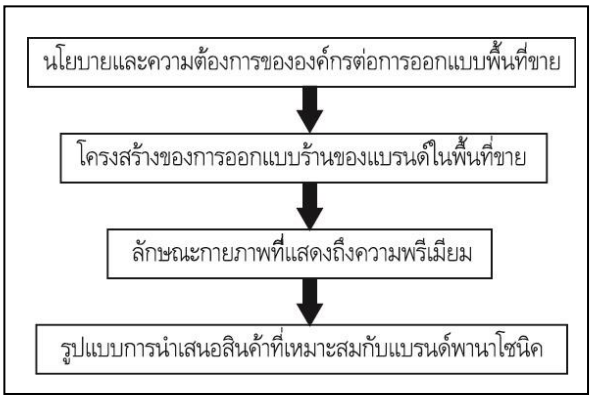
4. ความมั่นใจ (Confident) คือ การสร้างความรู้สึกที่แท้จริงทางสินค้า

5. ความถูกต้อง ของแท้ (Authentic) คือ การให้ความรู้สึกกับประสบการณ์ตรง โดยตั้งต้นจากอุดมคติและนโยบายบริษัทว่าจะต้องดูแล บริการลูกค้าลักษณะใด

6. ความพิเศษเฉพาะตัว (Exclusivity) คือ น้อยคนที่จะสามารถจ่ายได้ โดยรวมถึงการออกสินค้าจำนวนจำกัด (Limited Edition)

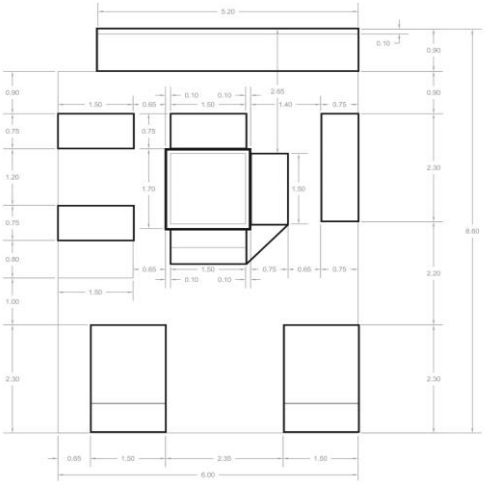
7. ความแตกต่าง (Different) คือ ความเกี่ยวข้องกับบางสิ่งที่มีราคาแพง (Expensive) และมีความพิเศษเฉพาะตัว (Exclusive)

สำหรับงานวิจัยนี้หยิบยกแบรนด์พานาโซนิคมาเป็นกรณีศึกษาจากวัตถุประสงค์สำคัญ คือ การออกแบบพื้นที่ขายสินค้าพานาโซนิคในปัจจุบันควรจะยกระดับเป็นแบรนด์ระดับพรีเมี่ยมอย่างไรในบริบทเดิม ดังนั้นจึงเป็นที่มาของวิจัยที่ว่า ปัจจัยทางกายภาพที่แสดงถึงความพรีเมียมนั้นคืออะไร และองค์ประกอบใดที่ช่วยลดการตัดสินใจซื้อเมื่ออ้างอิงตามนิยามความพรีเมี่ยมในข้างต้น ซึ่งขอบเขตการวิจัยจะอยู่ภายใต้ข้อกำหนดพื้นที่ที่เลือกศึกษาศูนย์จำหน่ายสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าพาวเวอร์มอลล์ สาขาสยาม พารากอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ทางแบรนด์เล็งเห็นว่าเหมาะสมกับการขายในตลาดพรีเมี่ยมที่สุด



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ผังพื้นที่เดิมจากการในออกแบบปี 2560 แต่เดิมทางแบรนด์ยังใช้โลโก้พื้นสีขาว ตัวอักษรดำ แต่ในปัจจุบันได้แปลี่ยนข้อกำหนดให้เป็นพื้นสีดำ โลโก้ขาวในระดับสายตาด้วย ขนาดพื้นที่แบรนด์โดยรวม 51.5 ตร.ม. (8.60 x 6.00 เมตร) บริเวณพื้นที่เดิมมีเสาของศูนย์การค้าอยู่ตรงกลาง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร ทางสาขาอนุญาตให้มีการออกแบบเพิ่มเติมจากเสาดังกล่าวได้



รูปที่ 2 ผังการจัดวางดิสเพลย์สินค้าพื้นที่แบรนด์พานาโซนิคเดิมจากการออกแบบในปี 2560



รูปที่ 3 ตัวอย่างการจัดแสดงสินค้าและทางสัญจรภายในพื้นที่ระหว่างเฟอร์นิเจอร์ดิสเพลย์สินค้าประเภทตู้เย็นด้านหน้าทางเดินแบรนด์พานาโซนิค

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการค้นหาองค์ประกอบทางกายภาพที่แสดงความพรีเมี่ยม และแนวโน้มการออกแบบที่ช่วยให้กลุ่มเป้าหมายตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น โดยมีรายละเอียดของวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อค้นหาปัจจัยทางกายภาพที่แสดงถึงความพรีเมียมสำหรับแบรนด์ระดับพรีเมี่ยม

2..เพื่อลดปัญหาในการตัดสินใจซื้อของกลุ่มเป้าหมายระดับพรีเมียมด้วยองค์ประกอบทางกายภาพในการออกแบบ

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ขอบเขตการกำหนดพื้นที่ภายในห้างสรรพสินค้า เฉพาะใน “Power Mall” (พาวเวอร์ มอลล์) สาขาสยาม พารากอนซึ่งจะครอบคลุมถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ ข้อกำหนด ข้อบังคับต่างๆ

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับแบรนด์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ศึกษา กิจกรรมทางการตลาด รวมถึงข้อกำหนดเชิงลึก ข้อบังคับต่างๆ ของแต่ละแบรนด์

3.3 ขอบเขตด้านสถานที่ที่ดำเนินการวิจัย เฉพาะศูนย์จำหน่ายสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าพาวเวอร์ มอลล์ (Power Mall) สาขาสยาม พารากอน (Siam Paragon)

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 กลุ่มประชากรที่ศึกษา

ได้แก่ กลุ่มผู้ที่ซื้อสินค้าแบรนด์พานาโซนิคจากศูนย์จำหน่ายสินค้า พาวเวอร์ มอลล์ ในห้างสรรพสินค้าระดับสูง คือ สาขาสยาม พารากอน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 - มีนาคม 2561 จำนวน 43 คน จากการเลือกแบบเจาะจงเพื่อให้เกิดความชัดเจนในเรื่องของกลุ่มเป้าหมาย

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. แบบสำรวจกายภาพพื้นที่ขายสินค้าแบรนด์พานาโซนิคใช้ในการจดบันทึกด้านกายภาพการออกแบบร้านที่แสดงถึงความพรีเมี่ยม และสภาพแวดล้อมการออกแบบร้านค้าทั่วไปจากการเก็บภาพถ่ายส่วนที่เป็นพื้นที่ขาย

2. แบบสอบถาม

เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและความคิดเห็นด้านการรับรู้ของกายภาพร้านค้าจากการซื้อสินค้าที่พื้นที่ขายปัจจุบัน โดยข้อคำถามจะครอบคลุมถึงข้อมูลที่ต้องการศึกษาโดยมีรายละเอียดจาก 3 ส่วนดังนี้

(1) ข้อคำถามเกี่ยวกับข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ ระดับรายได้

(2)ข้อคำถามเกี่ยวกับการรับรู้ ปัญหาทางกายภาพในร้านค้าปัจจุบันต่อการศึกษาวิจัย

(3)ข้อคำถามเกี่ยวกับลักษณะความเป็นพรีเมี่ยมเพื่อการปรับปรุงภาพลักษณ์พื้นที่แบรนด์พานาโซนิคในอนาคต

3. แบบสัมภาษณ์

ใช้ในการสัมภาษณ์ผู้บริหารแบรนด์ ผู้จัดการฝ่ายขายสินค้าที่เป็นกรณีศึกษา เกี่ยวข้องเกี่ยวกับ นโยบาย วัตถุประสงค์ และ ปัญหาทั่วไปเพื่อใช้เป็นแนวทางการออกแบบที่แสดงถึงความพรีเมี่ยม และแบบสัมภาษณ์ที่ใช้กับผู้ให้ข้อมูลแทนกลุ่มตัวอย่าง 10 คน

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณาประกอบด้วย ค่าร้อยละ และการทดสอบ T-Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

4.4 ตัวแปรในการสำรวจและวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ตัวแปรในการสำรวจด้วยตัวแปรเชิงมโนทัศน์ของงานวิจัย (ตารางที่1) มาเป็นข้อสรุปสำหรับการใช้ปรับปรุงพื้นที่ขายเครื่องใช้ไฟฟ้าแบรนด์พานาโซนิค

ตารางที่ 1 ตัวแปรในการวิเคราะห์

ประเด็นความต้องการในการปรับปรุง	ผลการสัมภาษณ์ (แบรนด์)
ระดับชนชั้นและรายได้ต่อเดือน	-กลุ่มระดับ Upper-Middle และ Middle-lower (Class B+) -รายได้ 30,000 บาทขึ้นไป
ปัจจัยทางกายภาพที่ต้องการให้ปรับปรุงหน้าร้านปัจจุบัน	-การออกแบบดิสเพลย์ด้านหน้าให้โดดเด่น -การจัดวางผังพื้นเดินได้สะดวก –ภาพเคลื่อนไหวที่ชัดเจน
กายภาพในหน้าร้านที่แสดงถึงความเป็น Premium Brand	-การสาธิตที่สร้างประสบการณ์ พัฒนาชีวิตด้วยสินค้าและการออกแบบระยะหน้า ENDCAP

5. .ผลการวิจัย

จากการสัมภาษณ์เกี่ยวกับนโยบายบริษัทกับผู้บริหารและผู้จัดการสินค้าเฉพาะอย่าง พบว่าในพื้นที่เดิมสาขาสยาม พารากอน มีความเป็นพรีเมี่ยมแล้ว และแสดงถึงภาพลักษณ์แบรนด์ได้ชัดเจน เป็นไปตามข้อกำหนดการใช้โลโก้ โทนสี หากแต่ยังมีปัญหาเรื่องจอภาพที่ใช้งานไม่ได้และความน่าดึงดูดของหัว Endcap น้อย โดยเสนอว่าหากได้ปรับเป็นร้านกายภาพที่พรีเมี่ยมแล้วอยากให้เสริมเรื่องการสาธิตสินค้าและการดึงดูดลูกค้าด้วยการออกแบบที่ดีขึ้น

5.1. จำแนกประชากรกลุ่มเป้าหมาย

พบว่ากลุ่มเป้าหมายที่ซื้อสินค้าเป็นกลุ่มเพศชายและหญิงในจำนวนที่เท่าๆกัน เพศชาย ร้อยละ 51.2 เพศหญิงร้อยละ 48.8 ระดับรายได้ ของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 48.8) มีรายได้ 50,000 บาทขึ้นไป โดยระดับ 20,001-30,000 บาท, 30,001– 40,000 บาท และ 40,001- 50,000 บาท มีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันร้อยละ 16.3 ตามลำดับ เป็นไปตามคาดหวังให้อยู่ในระดับกลางถึงระดับบน (Middle – Upper) หรือกลุ่ม Class B ขึ้นไป

ตารางที่ 2 สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการในอนาคต

ตัวแปรเชิงมโนทัศน์	ตัวแปรในการสำรวจ
1.กลุ่มประชากรเป้าหมาย	-ระดับรายได้
2.ลักษณะปัญหาด้านกายภาพพื้นที่เดิม	- ความพึงพอใจด้านการใช้พื้นที่ทางกายภาพ -ปัจจัยกายภาพที่ช่วยการตัดสินใจซื้อ
3. ปัจจัยกายภาพที่แสดงถึงพรีเมี่ยมแบรนด์	-ศึกษาพื้นที่โดยรวมด้วยกรณีศึกษา -การรับรู้ลักษณะความพรีเมี่ยมจากกลุ่มตัวอย่าง -นิยามความรู้สึกของพรีเมี่ยมแบรนด์ด้านกายภาพ

ตารางที่ 3 ระดับรายได้

income

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	10,001-20,000	1	2.3	2.3	2.3
	20,001-30,000	7	16.3	16.3	18.6
	30,001-40,000	7	16.3	16.3	34.9
	40,001-50,000	7	16.3	16.3	51.2
	50,000 baht up	21	48.8	48.8	100.0
	Total	43	100.0	100.0	

5.2 ลักษณะปัญหาด้านกายภาพพื้นที่เดิม

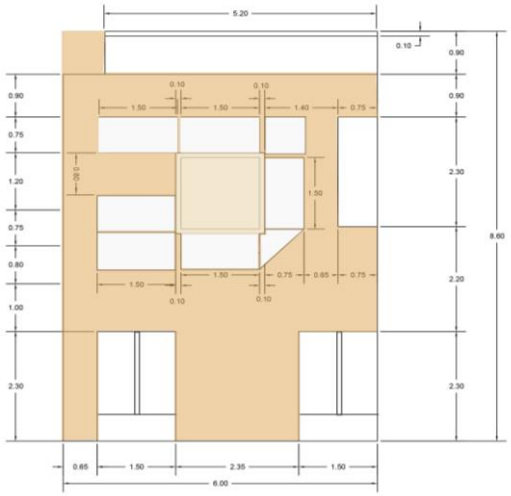
จากการกลุ่มตัวอย่างต้องการให้ปรับปรุง 3 อันดับในพื้นที่ปัจจุบัน ดังนี้

1. การทดลองสินค้า สาธิตวิธีการใช้จริงที่หน้าร้าน ร้อยละ 32.6

2. ภาพ ข้อมูลแสดงคุณสมบัติหลักของผลิตภัณฑ์ชัดเจน ร้อยละ 20.9

3. การจัดวางสินค้าให้เดินขมสะดวก มีปริมาณเหมาะสม ร้อยละ 14

จากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ขายร้านค้ากายภาพในข้างต้น ผู้วิจัยจึงสำรวจพื้นที่ปัจจุบัน ซึ่งพบว่าเมื่อถอดขนาดจากแปลน (รูปที่ 2) แล้วจึงอธิบายปัญหาทั้ง 3 ประเด็นข้างต้น และสำรวจแบรนด์อื่นๆมาเป็นกรณีศึกษาด้วย ดังนี้



รูปที่ 4 ผังพื้นการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ดิสเพลย์ในพื้นที่แบรนด์พานาโซนิคปัจจุบันที่เปลี่ยนไปจากเดิม

ประเด็นที่ 1

พื้นที่แบรนด์พานาโซนิคยังไม่พบจุดที่แสดงถึงพื้นที่ทดลองสินค้าทั้งตู้เย็นและเครื่องซักผ้าอย่างชัดเจน นอกจากเปิดสินค้าตัวจริงเมื่อลูกค้าต้องการ โดยทั่วไปใช้จอภาพขนาดเล็กวางบนเครื่องซักผ้าเพื่ออธิบายการทำงานของสินค้า จากภาพตัวอย่างแบรนด์ ‘แอลจี’ (รูปที่ 5) ใช้การจำลองเครื่องซักผ้าขนาดเล็กในการเปิดทดลองการทำงานของเครื่อง ทดแทนการเปิดเครื่องสินค้าจริง และการใช้จอภาพแบบสัมผัสขนาดใหญ่ในการอธิบายสินค้าด้วยขนาดเท่าจริงต่อการนำเสนอการใช้งานสินค้าจริง ซึ่งสามารถใช้กับสินค้าตู้เย็นและเครื่องซักผ้า เลือกการจำลองกับห้องตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับที่อยู่อาศัยของลูกค้า (รูปที่ 6)



รูปที่ 5 การจำลองโมเดลเครื่องซักผ้าขนาดเล็กที่แสดงถึงการทำงานระหว่างถังปั่นและน้ำจริง



รูปที่ 6 ตัวอย่างจอภาพขนาดใหญ่ระบบสัมผัสแบรนด์ ‘ซัมซุง’ ที่ช่วยในการอธิบายคุณสมบัติสินค้าของพนักงานขาย

ประเด็นที่ 2

จากการศึกษาในพื้นที่พบว่า โดยรวมทางแบรนด์พานาโซนิคใช้จอภาพในการนำเสนอข้อมูล แต่ขนาดยังดูเล็กเกินไปต่อการมองเห็น แบรนด์พานาโซนิคใช้พื้นที่รอบเสาในการนำเสนอภาพ คุณสมบัติหลักของสินค้าตู้เย็น (รูปที่ 6) แต่จากมุมมอง และการวางผังทำให้ภาพถูกบดบังด้วยสินค้า ซึ่งในกรณีตัวอย่างแบรนด์ ‘ซัมซุง’ ใช้ภาพกราฟิกออกไฟด้านหลังเพื่อแจ้งข้อมูลสินค้าลักษณะ Bullet point 3 ประการ วางใต้ตำแหน่งด้านหน้าทางเดิน

เพื่อให้เกิดความสะดุดตาและอ่านง่าย รวมถึงเสาในพื้นที่ใช้ประโยชน์ในการโฆษณาโดยแทรกจอภาพเคลื่อนไหวดึงดูดสายตา (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ลักษณะการใช้กราฟิกแสดงคุณสมบัติที่ถูกบดบังหรืออยู่ในมุมอับ



รูปที่ 8 ตัวอย่างการแสดงข้อมูล คุณสมบัติสินค้าด้านข้างหัว ENDCAP บริเวณทางเดินหลักและข้อมูลบนเสา

ประเด็นที่ 3

พื้นที่แบรนด์พานาโซนิคมีมุมที่คับแคบในการเดินชมเฉพาะสินค้าตู้เย็นตามผลสำรวจของกลุ่มเป้าหมาย ด้วยความกว้างของทางเดินและ ความสูงของตู้เย็นจึงทำให้รู้สึกอึดอัดและไม่สะดวกในการเปิดชมสินค้า อาจเป็นด้วยวิธีการจัดเรียงสินค้ารอบเสาที่ใช้เฟอร์นิเจอร์ดิสเพลย์ลักษณะ ENDCAP มาวางปิดเสาทำให้ดูหนาแน่นจากผนังหลัง ENDCAP



รูปที่ 9 ระยะทางเดินที่น้อยกว่า 0.90 เมตร



รูปที่ 10 การจัดวางดิสเพลย์สินค้าลักษณะ ENDCAP ทำให้พื้นที่ดูตันอันเนื่องจากข้อจำกัดการเรียงสินค้าและผนังที่ทึบมองไม่เห็นสินค้าด้านหลัง

5.3 ปัจจัยกายภาพที่แสดงถึงพรีเมี่ยมแบรนด์ (Premium Brand)

ผู้ให้ข้อมูลแทนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ต้องการเน้นให้จัดวางแบบมีพื้นที่ว่างระหว่างที่กว้างขวาง (Space) เพื่อให้จัดแสดงสินค้าได้มากขึ้น โดยวางสินค้าตัว Top ไว้ด้านหน้า หรือเน้นการดิสเพลย์ มี VDO นำเสนอ และสร้างให้ดูนวัตกรรม ซึ่งผลจากแบบสอบถามมีความ

ต้องการเพิ่มประกอบด้วย ปัจจัยกายภาพ 3 อันดับโดยวัดจากค่าเฉลี่ยสูงสุดในแต่ละอันดับ ดังนี้

1. พนักงานมีสิ่งที่แสดงความเป็นพานาโซนิค
2. ประสบการณ์ทดลองสินค้าที่สร้างความมั่นใจ
3. แสดงถึงนวัตกรรม ทันสมัยมากขึ้น

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบตัวแปรด้านกายภาพกับนิยามความรู้สึกพรีเมี่ยม

ตัวแปรด้านกายภาพที่แสดงถึงความพรีเมี่ยม	**นิยามพรีเมี่ยมแบรนด์**
1.พนักงานมีสิ่งที่แสดงความเป็นพานาโซนิค มีค่าเฉลี่ย 27.9	ความถูกต้อง ของแท้ (Authentic), ความมั่นใจ (Confident)
2.ประสบการณ์ทดลองสินค้าที่สร้างความมั่นใจ มีค่าเฉลี่ย 18.6	การกระตุ้นความรู้สึก (Sensual), ความมั่นใจ (Confident)
3.แสดงถึงนวัตกรรม ทันสมัยมากขึ้น มีค่าเฉลี่ย 23.3	การกระตุ้นความรู้สึก (Sensual), ความแตกต่าง (Different)

จากการสำรวจพบว่าในอันดับที่ 2 มีความต้องการที่หลากหลายมากทำให้ค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มมีความสำคัญที่เท่าๆกัน ดังนี้ การให้ความส่วนตัวในการเลือกสินค้า, ดิสเพลย์ด้านหน้าที่ดึงดูดใจ และอุปกรณ์ที่ช่วยในการซื้อสินค้าแม้ไม่มีพนักงานขาย จากผลจะเห็นได้ว่าความเป็นพรีเมี่ยมนั้น เป็นเรื่องของ ‘การบริการ’ ด้วย ตัวแปรดังกล่าวเมื่อนำมาสำรวจแล้วพบว่าการใส่ยูนิฟอร์มเป็นเสมือนการสะท้อนภาพลักษณ์แบรนด์ที่แสดงมายังภายนอก ซึ่งอาจเป็นเรื่องเครื่องแต่งกาย การใช้ป้ายห้อยคอ หรือแม้แต่ภาพกราฟิกต่างๆ ซึ่งนับเป็นกายภาพหนึ่งที่เข้าข่ายในนิยามความพรีเมี่ยมในเรื่องของความถูกต้องมั่นใจด้วย แต่ละแบรนด์จะกำหนดให้พนักงานสวมใส่ชุดยูนิฟอร์ม(uniform) เฉพาะวันและผู้วิจัยสังเกตว่าชุดพนักงานแบรนด์พานาโซนิคนั้นเป็นพื้นสีเทาเข้ม ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงอาจเข้าใจว่าเป็นพนักงานของ Power Mall แทน

ในอันดับ 2 แบรนด์ ‘ซัมซุง’ และ ‘แอลจี’ มีการนำเสนอคล้ายคลึงกับปัจจัยพรีเมี่ยมตามข้างต้นด้วยการใช้จอภาพขนาดใหญ่ และการจัดแสดงสินค้าด้วยจอดิจิตอล ซึ่งจัดอยู่ในความต้องการอันดับ 3 ด้วยคือ แสดงออกถึงนวัตกรรม ความทันสมัยประกอบกับองค์รวมของกายภาพในการออกแบบพื้นที่ที่สร้างความรู้สึกถึง ‘Premium Brand’ คือ การให้บริการที่นั่งระหว่างการจ่ายเงิน (โซฟาคู่) และการจัดวางดิสเพลย์สินค้าให้มีพื้นที่กว้างขวาง สร้างความเป็นส่วนตัวในการเลือกซื้อ จนถึงการปูพื้นของวัสดุและสีที่ต่างกันโดยการให้ความสำคัญเกี่ยวกับหลักการออกแบบร้านค้าด้วย



รูปที่ 10 ตัวอย่างการจัดผังพื้นภายในพร้อมบริการที่นั่งพักแบรนด์ ‘ซัมซุง’



รูปที่ 11 ตัวอย่างการใช้ดิสเพลย์แนะนำคุณสมบัติสินค้าด้วยของตกแต่ง

จากการเพิ่มตัวแปรที่ทำให้แบรนด์มีความ‘พรีเมี่ยม’ มากขึ้นนั้น ผลสำรวจกลุ่มตัวอย่างพบว่าการ

ปรับเปลี่ยนนี้ค่อนข้างมีส่วนช่วยในตัดสินใจที่ง่ายขึ้นมีค่าเฉลี่ย 58.1

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 เรื่องข้างต้น ในค้นหากายภาพที่ลดปัญหาการตัดสินใจซื้อพื้นที่ขายในปัจจุบันและปัจจัยกายภาพที่แสดงถึงภาพลักษณ์แบรนด์ตลาดระดับพรีเมี่ยมจากกลุ่มตัวอย่างมีการความรู้สึกต่อแบรนด์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี เชื่อมั่นในชื่อเสียงแบรนด์ คุณภาพสินค้าและภูมิใจในการใช้แบรนด์พานาโซนิค รวมถึงมีทัศนคติเกี่ยวกับพื้นที่ปัจจุบันด้านภาพลักษณ์แบรนด์ได้ชัดเจน แต่ยังมีปัญหาด้านการออกแบบบางประการที่ควรปรับปรุงแก้ไข ผู้วัจัยจึงทำมาแก้ไขด้วยภาพ 3D Perspective (รูปที่ 12) ตามประเด็นในผลการวิจัย รวมถึงปัจจัยความเป็นพรีเมี่ยมแบรนด์ ซึ่งจากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า พื้นที่แบรนด์พานาโซนิค สาขาสยาม พารากอนปัจจุบันยังคงต้องปรับปรุงและเสริมบางประเด็นจากความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมาย แม้ว่าปัญหาดังกล่าวจะไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อครั้งที่ผ่านมา

ตามส่วนผสมระหว่างการออกแบบพื้นที่แบรนด์เดิม และปัจจัยกายภาพพรีเมี่ยมแบรนด์ค่อนข้างมีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือความมั่นใจที่ลูกค้าควรจะได้รับจากประสบการณ์ในการสาธิตสินค้า หรือ ตอบสนองความต้องการของลูกค้า (Meet customer expectations) ภายใต้การออกแบบพื้นที่ให้ดูทันสมัยและใหม่เสมอเพื่อให้เหมาะสมกับสินค้ารุ่นพรีเมี่ยม

ทั้งนี้สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาการออกแบบพื้นที่ขายแบรนด์พานาโซนิคในแง่ของแบรนด์ 5 ข้อ คือ

1. การพิจารณาเรื่องจำนวนสินค้าในการจัดโชว์อาจทดแทนด้วยภาพหรือการสื่อจำลองสินค้าด้วยวิธีอื่นเพื่อเพิ่มพื้นที่การใช้สอยทางอื่นที่ส่งเสริมให้เกิดความรู้สึกพรีเมี่ยม

2. คำนึงถึงจุดขายของผลิตภัณฑ์พรีเมี่ยมที่แท้จริงเพื่อความแตกต่างจากรุ่นใกล้เคียง ซึ่งศึกษาจากคาดหวังของกลุ่มเป้าหมายให้มากขึ้น

3. ความร่วมมือในองค์กรภายใต้เป้าหมายเดียวกันทั้งเรื่องการทำตลาดระดับพรีเมี่ยม และคำนึงถึงพื้นที่ขายมากกว่าการทำราคา ผู้บริโภคต้องการซื้อของที่ดีมีคุณภาพซึ่งการออกแบบพื้นที่สามารถแสดงออกถึงตรงนั้นได้ด้วยการออกแบบศึกษาเชิงลึก ราคาที่ถูกอาจเป็นข้อขัดแย้งในความเป็นแบรนด์ระดับพรีเมี่ยมได้เช่นกัน

4. การคงไว้ซึ่งภาพลักษณ์ (consistent) และอัตลักษณ์แบรนด์หลัก (Maintain) เช่น การใช้สีโลโก้ วัสดุปิดผิวเฟอร์นิเจอร์ดิสเพลย์ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้สำคัญต่อการสร้างการจดจำและความรู้สึกที่ถูกต้อง ของแท้แก่ผู้บริโภค ซึ่งควรวางแผนการเปลี่ยนแนวทาง (concept) ให้เป็นลักษณะส่วนเสริมแทน โดยไม่รบกวนอัตลักษณ์แบรนด์หลัก (core identity)

5. เรื่องของ ‘การบริการ’ให้นับเป็นหนึ่งในปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญนอกจากการออกแบบ (Design) ร้านค้าเพราะการบริการเป็นเสมือนอัตลักษณ์แบรนด์ซึ่งผู้ซื้อสามารถประเมินความพึงพอใจกับสิ่งที่เห็นและประสบการณ์ที่เจอในพื้นที่ได้



รูปที่ 12 ตัวอย่างการแก้ไขพื้นที่ขายเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่แบรนด์พานาโซนิค



รูปที่ 13 ตัวอย่างการจัดผังพื้นเพื่อให้เดินสะดวก และวนรอบเสาได้โดยไม่อึดอัด

อย่างไรก็ตามสำหรับงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะแบรนด์พานาโซนิค รูปแบบในการปรับให้เป็นพรีเมี่ยมแบรนด์จะอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของศูนย์จำหน่ายสินค้าและนโยบายองค์กรโดยไม่สามารถละเลยหรือปฏิเสธได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบที่เป็นไปได้ที่สุดในขั้นแรก ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอาจเป็นการแก้ไขได้เพียงระยะเวลาหนึ่ง และหากแบรนด์ต้องการปรับปรุงพื้นที่ขายจริง ควรมีการสำรวจข้อมูลใหม่เพิ่มเติมและสำรวจหลังการปรับปรุงพื้นที่อีกครั้งเพื่อให้ตรงกับความต้องการจริงของผู้บริโภค ซึ่งข้อเสนอแนะในการปรับตัวให้แก่แบรนด์กรณีศึกษาจากการศึกษาวิจัยในเนื้อหาข้างต้นเป็นเพียงบางประเด็นเท่านั้น

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นสวนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จึงใคร่ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ดร. ธนธร กิตติกานต์ อาจารย์ที่ปรึกษารอง ผศ. ดร. พีรดร แก้วลาย และอาจารย์ที่ปรึกษาทางสถิติ ดร. มยุรี เสือคำราม รวมถึงกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำปรึกษาโดยงานวิจัยนี้จะไม่สามารถลุล่วงได้หากไม่ได้รับข้อมูลจากแบรนด์กรณีศึกษาพานาโซนิค เอ.พี. เซลล์ (ประเทศไทย) จำกัด และลูกค้าของแบรนด์พานาโซนิค ซึ่งมีความยินดีให้สัมภาษณ์และให้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการวิจัยที่ทำให้การวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สุเธียร โล้กูลประกิจ. 2546. หลักการออกแบบร้านค้าปลีกสมัยใหม่. ประชุมวิชาและวิชาชีพสถาปัตยกรรม ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] Sonia Isabel MIÑO AVILA, LEXUS THE RITSUMEIKAN BUSINESS REVIEW: A Premium Brand (MIÑO Sonia) Vol.XLVII No.2, Jul 2008.

[3] Miller, H. J. (2003). Effects of culture, consumer trends and marketing on the interior design of retails.

[4] Blattberg, R. C., & Neslin, S. A. (1990). *Sales promotion: Concepts, methods, and strategies* (pp. 349-350). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

[5] Vigneron, F., & Johnson, L. W. (2004). Measuring perceptions of brand luxury. *Journal of brand management*, *11*(6), 484-506.

[6] Heine, K. (2012). The concept of luxury brands. *Luxury brand management*, *1*, 2193-1208

[7] “ชนชั้นกลางขั้นเทพผู้บริโภคกลุ่มใหม่ที่ต้องรู้จัก ”. (2015). สืบค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2560./ จาก https://www.marketingoops.com/reports/research/hakuhodo-research-middle-class-asean/

[8] พานาโซนิค รุกตลาดแอร์พรีเมี่ยม ดัน จับ ”นาย-แต้ว“ กลุ่มลูกค้ารุ่นใหม่ /.2560 มกราคม 6 สืบค้นเมื่อ .(2560) จาก https://www.panasonic.com/th/corporate/

[9] What makes a premium brand premium? (2011) . สืบค้นเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2560./ จาก http://www.wikibranding.net/**2008/04/**what-makes-premium-brand-premium.html

การสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน 3401A อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

Survey students' and teachers' satisfactions about Classroom Environment at 3401A Building 3 Roi Et Rajabhat University

ณัฐธิดา บุตรพรม[1] และ เพิ่มพร ลักขณาวรรณกุล[2]

[1] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
113 หมู่ 12 ถนนร้อยเอ็ด-โพนทอง ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด 45120
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
nattida.cs19@gmail.com, 0983123019, phoemporn@hotmail.com, 0819655963

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน 3401A อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบตัดขวาง (Cross Sectional Research) ซึ่งอาศัยรูปแบบการวิจัยสำรวจโดยวางแผนการรวบรวมข้อมูลเพียงครั้งเดียวในช่วงมิติของเวลา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่มีต่อสภาพแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ของห้องเรียน พร้อมทั้งวัดระดับความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่มีต่อสิ่งอำนวยความสะดวกที่เอื้อต่อการเรียนรู้ในห้องเรียน และเพื่อทราบข้อเสนอแนะของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนในการแก้ไขปัญหาในด้านต่าง ๆ ของห้องเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่ใช้ห้องเรียน 3401A ภาคการศึกษาที่ 1/2560 ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (Statistics) คือ ร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Average) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) เพื่อนำผลข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงห้องเรียน 3401A ให้มีคุณภาพต่อการเรียนการสอนมากที่สุด

คำหลัก: การวิจัยเชิงสำรวจ, สภาพแวดล้อม และการวิจัยเชิงสำรวจแบบตัดขวาง

Abstract

This research presents the students' and teachers' opinions about the classroom environment at 3401A 3401A Building 3, Roi Et Rajabhat University. This is the cross sectional research that is based on a research survey model gather data only once over a period of time. The purpose is to study the students 'and teachers' perceptions of the classroom environment and to measure the level of student satisfaction and the instructors who have facilities that facilitate learning in the classroom. For the students and their instructors to solve problems in the classroom. Students and instructors who use the 3401A classroom, 1/2560, were interviewed using a stratified random sampling technique. The statistics used for data analysis are percentage, average, standard deviation, min, max and so on. The result is improved the 3401A class as soon as possible.

Keywords: Survey Research, Environment and Cross sectional research.

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพแวดล้อมในสถานศึกษามีอิทธิพลต่อชีวิตความเป็นอยู่ ตลอดจนพัฒนาการด้านต่าง ๆ ของนักศึกษาเป็นอย่างมากอันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักศึกษา สภาพแวดล้อมทั้งในพื้นที่บริเวณภายในอาคารต่าง ๆ และในห้องปฏิบัติการมีความพร้อมใช้งาน มีอุปกรณ์ที่ทันสมัย มีความสะอาด เป็นระเบียบเรียบร้อยเป็นลักษณะของสภาพแวดล้อมห้องเรียนที่ดี สามารถเอื้อต่อการเรียนรู้และมีความเหมาะสมต่อนักศึกษาได้เป็นอย่างดี การพัฒนาสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของสถาบัน จึงนับได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดการศึกษา เพราะสามารถส่งเสริมให้นักศึกษา เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพ

ดังนั้นการจัดการศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาจะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมดังกล่าวที่เป็นลักษณะของสิ่งเร้าที่มีความสำคัญ [1] ได้แก่ บุคคล สื่ออุปกรณ์ วัตถุ สถานการณ์ แนวคิด พฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ในชุมชนวิชาการของสถาบันอุดมศึกษา สภาพแวดล้อมนั้นมีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่ ตลอดจนพัฒนาการด้านต่าง ๆ ของนักศึกษาเป็นอย่างมาก เพราะเป็นปัจจัยที่ช่วยเสริมสร้างความรู้ความสามารถ ในฐานะที่นักศึกษาเป็นบุคคลสำคัญในสถาบัน มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องสร้างสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม สร้างความพอดีให้เกิดกับสภาวะการเรียนของนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสได้พัฒนาศักยภาพด้านการเรียนรู้ และบุคลิกภาพของตนเองอย่างสมบูรณ์ จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงขอนำเสนอการสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานห้องปฏิบัติการ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (Statistics) คือ ร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Average) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) เพื่อนำผลข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงห้องเรียน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น (Probability sampling) [2,3,4] เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยสามารถกำหนดโอกาสที่หน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยถูกเลือก ทำให้ทราบความน่าจะเป็นที่แต่ละหน่วยในประชากรจะถูกเลือก สามารถทำได้หลายแบบ ดังนี้

การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random sampling)

การสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (Systematic sampling)

การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling)

โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างโดยแยกประชากรออกเป็นกลุ่มประชากรย่อย ๆ หรือแบ่งเป็นชั้นภูมิก่อน โดยหน่วยประชากรในแต่ละชั้นภูมิจะมีลักษณะเหมือนกัน (Homogeneous) แล้วสุ่มอย่างง่ายเพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มประชากร

การวิจัยเชิงสำรวจการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) [4] คือการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่ทำการศึกษา ซึ่งอาจจะเป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของบุคคล ข้อมูลดังกล่าวจะบรรยายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา การวิจัยเชิงสำรวจนั้น ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทั้งหมด มาวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะส่วนรวมของกลุ่มที่ทำการศึกษา ลักษณะการวิจัยเชิงสำรวจที่นิยมดำเนินการในปัจจุบัน

เช่น การสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการศึกษา และการสำรวจประชามติ เป็นต้น ผลจากการวิจัยเชิงสำรวจมักจะนำไปใช้ช่วยในการตัดสินใจ หรือนำไปเป็นความรู้พื้นฐานในการดำเนินงานวิจัยของนักวิจัยในแต่ละกลุ่มสาขาวิชา ในการดำเนินโครงการวิจัยลักษณะพหุวิทยาการ

การวิจัยแบบตัดขวาง (Cross sectional research) [5] การวิจัยซึ่งอาศัยรูปแบบการวิจัยสำรวจโดยวางแผนการรวบรวมข้อมูลเพียงครั้งเดียวในช่วงมิติของเวลา ตามปกติ การวิจัยตัดขวางมักได้รับการประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาประชากรที่ขนาดใหญ่ โดยอาศัยการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียวเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากร ในความเป็นจริง การวิจัยตัดขวางมีความหมายใกล้เคียงกับการวิจัยสัมพันธ์

วิมล มิระสิงห์ [6] นำเสนอการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเสริมการเรียนรู้ในชั้นเรียน และศึกษาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามวัดการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเสริมการเรียนรู้ในชั้นเรียน

บุญญฤทธิ์ เรืองสมบูรณ [7] นำเสนอการศึกษาความพึงพอใจของลูกค้า ที่มีต่อการใช้บริการศูนย์บริการรถยนต์ บอชคาร์เซอร์วิส และเปรียบเทียบความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อองค์ประกอบด้านการให้บริการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถามสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ

พรรณรายณ์ ทรัพย์แสนดี [8] นำเสนอการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ที่เรียนรวมในชั้นเรียนปกติ เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ที่เรียนรวมในชั้นเรียนปกติ และเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ที่เรียนรวมในชั้นเรียนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถาม มาตราส่วนประมาณค่า

พัชราพร ราชโรจน์ [9] นำเสนอการศึกษาระดับทบาทเชิงตัดสินใจของผู้บริหารสถานศึกษา การศึกษาระดับการส่งเสริมการทำวิจัยในชั้นเรียนของครู และการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบทบาทเชิงตัดสินใจของผู้บริหารสถานศึกษากับการส่งเสริมการทำวิจัยในชั้นเรียนของครูในโรงเรียนเทศบาล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างมีความสำคัญในขั้นของการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และเพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มนักศึกษาที่ใช้ห้องปฏิบัติการ 3401A จากนักศึกษาทั้งหมด 5 สาขาวิชา จากรายวิชาทั้งหมด 7 วิชา และอาจารย์ผู้สอนทั้งหมด 5 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือแบบสอบถามที่ใช้มาตราการประเมิน (Rating Scale) 5 ระดับในการแสดงความคิดเห็นของนักศึกษาและอาจารย์เกี่ยวกับการใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยแทนค่าระดับความคิดเห็นด้วย 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 แบบสอบถามที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้บริการห้องปฏิบัติการ 3401A และส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาบริหารจัดการสิ่งสนับสนุน

การเรียนรู้ห้องปฏิบัติการ 3401A ดังตารางที่ 2 – ตารางที่ 4 ซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 1 มาตราการประเมิน (Rating Scale)

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
5	ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก
4	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
3	ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
2	ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1	ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ห้องปฏิบัติการ 3401A ต่อการบริหารจัดการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

คำชี้แจง แบบสอบถามมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่มีต่อการบริการสิ่งอำนวยความสะดวกที่เอื้อต่อการเรียนรู้ห้องปฏิบัติการ 3401A ประจำปีการศึกษา 1/2560 จึงใคร่ขอให้ตอบแบบสอบถามนี้ทุกข้อและตามความเป็นจริงเพื่อประโยชน์ในการนำผลการสำรวจความพึงพอใจไปใช้ในการพัฒนาการให้บริการด้านต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาและพัฒนาด้านการบริหารจัดการของห้องปฏิบัติการ 3401A ต่อไป
2. เพื่อวัดระดับความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ต่อการบริหารจัดการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ห้องปฏิบัติการ 3401A
3. ผู้จัดทำแบบสอบถาม ขอรับรองว่า คำตอบของท่านจะถือเป็นความลับ การวิเคราะห์ และการนำเสนอผลจะกระทำในรูปสรุปรวมเท่านั้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป
4. แบบสอบถามนี้มี 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้บริการห้องปฏิบัติการ 3401A
ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาบริหารจัดการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ห้องปฏิบัติการ 3401A

1. เพศ
   ○ ชาย ○ หญิง
2. ประเภทผู้ใช้งาน
   ○ นักศึกษา ○ อาจารย์ ○ ผู้บริหาร ○ เจ้าหน้าที่
3. ระดับการศึกษา
   ○ ปริญญาตรี ○ ปริญญาโท ○ ปริญญาเอก
4. คณะหรือหน่วยงานที่สังกัด
   ☐ คณะครุศาสตร์
   ☐ คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี
   ☐ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
   ☐ คณะนิติรัฐศาสตร์
   ☐ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
   ☐ คณะพยาบาลศาสตร์

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้บริการห้องปฏิบัติการ 3401A ส่วน ก. ความพึงพอใจด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอน

เรื่อง/ด้าน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. จำนวนหรือความเพียงพอของอุปกรณ์/สื่อการเรียนการสอน					
2. ประสิทธิภาพของอุปกรณ์/สื่อการเรียนการสอน					
3. สื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอนมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย					
4. ความหลากหลายในการค้นคว้าของสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ ระบบอินเตอร์เน็ต					
5. ความพอเพียงของสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ ระบบอินเตอร์เน็ต					
6. ความพร้อมของเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อการใช้งาน/การเรียนรู้ (ฮาร์ดแวร์)					
7. ความพร้อมของการใช้งานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการ (ซอฟต์แวร์)					
8. ความพร้อมของการใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ต					
9. อุปกรณ์มีความทันสมัย เหมาะกับการเรียนการสอน					
10. การให้บริการของเจ้าหน้าที่					

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้บริการห้องปฏิบัติการ 3401A ส่วน ส่วน ข. ความพึงพอใจด้านอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม

เรื่อง/ด้าน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
11. สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการโดยรวม (เช่น ความสะอาด แสง การถ่ายเทอากาศ)					
12. สภาพแวดล้อมภายนอกห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการโดยรวม (เช่น ความสะอาด ความ สงบร่มรื่น)					
13. ขนาดของห้องเรียนมีความเหมาะสม และมีอุปกรณ์ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เพียงพอกับจำนวนผู้เรียน					

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถามออนไลน์ ด้วยการออกแบบและใช้งานผ่านกูเกิ้ลฟอร์ม (Google Form) [10] จากจำนวนนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่ใช้ห้อง 3401A ทั้งหมด 56 คน ได้รับการตอบกลับจำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 85.71

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ ดังนี้ การหาค่าร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Average) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) ซึ่งเป็นหลักการสถิติ เพื่อให้การวิเคราะห์ผลข้อมูลมีความถูกต้อง และสะดวกในการสรุปผล

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในชุดแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน และได้ทำการสรุปผลในแต่ละส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 56.3 ประเภทผู้ใช้งานผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 91.7 ส่วนมากมีระดับการศึกษาปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 91.7 สังกัดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศมากสุดคิดเป็นร้อยละ 56.3

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้บริการห้องปฏิบัติการ 3401A แบ่งเป็นส่วน ก. ความพึงพอใจด้านสื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอน และส่วน ข. ความพึงพอใจด้านอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 สรุปผลความพึงพอใจส่วน ก. ความพึงพอใจด้านสื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอน และส่วน ข. ความพึงพอใจด้านอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม

เรื่อง/ด้าน	ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ส่วน ก. ความพึงพอใจด้านสื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอน			
1. จำนวนหรือความเพียงพอของอุปกรณ์/สื่อการเรียนการสอน	3.79	0.90	ปานกลาง
2. ประสิทธิภาพของอุปกรณ์/สื่อการเรียนการสอน	3.60	0.82	ปานกลาง
3. สื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอนมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	3.90	0.78	ปานกลาง
4. ความหลากหลายในการค้นคว้าของสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ ระบบอินเตอร์เน็ต	3.73	0.89	ปานกลาง
5. ความพอเพียงของสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ ระบบอินเตอร์เน็ต	3.67	0.81	ปานกลาง
6. ความพร้อมของเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อการใช้งาน/การเรียนรู้ (ฮาร์ดแวร์)	3.38	0.91	ปานกลาง
7. ความพร้อมของการใช้งานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการ (ซอฟต์แวร์)	3.63	0.89	ปานกลาง
8. ความพร้อมของการใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ต	3.52	0.87	ปานกลาง
9. อุปกรณ์มีความทันสมัย เหมาะกับการเรียนการสอน	3.48	0.92	ปานกลาง
10. การให้บริการของเจ้าหน้าที่	3.81	0.84	ปานกลาง
รวม	3.65	0.86	ปานกลาง
ส่วน ข. ความพึงพอใจด้านอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม			
11. สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการโดยรวม (เช่น ความ	4.04	0.80	ดี

เรื่อง/ด้าน	ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
สะอาด แสง การถ่ายเทอากาศ)			
12. สภาพแวดล้อมภายนอกห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการโดยรวม (เช่น ความสะอาด ความ สงบร่มรื่น)	4.04	0.71	ดี
13. ขนาดของห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีอุปกรณ์ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เพียงพอกับ จำนวนผู้เรียน	3.90	0.93	ปานกลาง
รวม	3.99	0.81	ปานกลาง

จากผลการทดสอบการประเมินความพึงพอใจส่วน ก. ความพึงพอใจด้านสื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอนโดยผู้ใช้งานห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของแต่ละหัวข้อมาผ่านระเบียบวิธีการทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 3.65 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.84 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผู้ใช้ห้องปฏิบัติการมีความพึงพอใจในด้านความพึงพอใจด้านสื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอนอยู่ในระดับปานกลาง

จากผลการทดสอบการประเมินความพึงพอใจส่วน ข. ความพึงพอใจด้านอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อมโดยผู้ใช้งานห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของแต่ละหัวข้อมาผ่านระเบียบวิธีการทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 3.99 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.81 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผู้ใช้ห้องปฏิบัติการมีความพึงพอใจในด้านความพึงพอใจด้านสื่อ และอุปกรณ์การเรียนการสอนอยู่ในระดับปานกลาง

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาบริหารจัดการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ห้องปฏิบัติการ 3401A จากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 48 คน ได้รับข้อเสนอแนะกลับมา 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10.42

5. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องการสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน 3401A อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ผู้วิจัยมีแนวคิดเป็นข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 เป็นข้อมูลสารสนเทศต่อหน่วยงานต้นสังกัดในการจัดทำแผนปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในห้องปฏิบัติการ

5.2 การทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการกระจายตัวของข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ตอบแบบสอบถามเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีการกระจายตัวของข้อมูลมากขึ้น

5.3 การทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการเปรียบเทียบการใช้งานกับห้องปฏิบัติการห้องอื่น เพื่อเป็นข้อมูลสารสนเทศต่อหน่วยงานต้นสังกัดในการจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาห้องปฏิบัติการ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุรีย์พร แก้วหล่อ (2557). ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาคณะวิทยาการจัดการที่มีต่อการจัดสภาพแวดล้อมและกิจกรรมด้านศิลปะและวัฒนธรรมของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[2] สรชัย พิศาลบุตร (2547). การทำวิจัยในชั้นเรียน : เรียนรู้กันได้ใน 5 ชั่วโมง, กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์

[3] วันทิพย์ สินสูงสุด (2549). การทำวิจัยในชั้นเรียน : แนวคิดที่นำไปสู่การปฏิบัติได้จริง, กรุงเทพฯ: สยามมิตรการพิมพ์

[4] กัลยา วานิชย์บัญชา (2542). การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย

[5] การวิจัยแบบตัดขวาง (Cross sectional research). ประเภทของการวิจัย, แหล่งที่มา https://www.gotoknow.org/posts/401183, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/06/2561.

[6] วิมล มิระสิงห์ (2557).ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเสริมการเรียนรูปในชั้นเรียนของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนในสังกัด

สำนักงานคณะกรรมการ, วารสารจันทรเกษมสาร, 38, มกราคม – มิถุนายน 2557, หน้า 39 - 49.

[7] บุญญฤทธิ์ เรืองสมบูรณ และ สมศักดิ์ มีเสถียร (2557).ความพึงพอใจในการใช้บริการของลูกค้าที่มีต่อศูนย์บริการรถยนต์ บอชคาร์เซอร์วิส, วารสารจันทรเกษมสาร, 38, มกราคม – มิถุนายน 2557, หน้า 87 - 95.

[8] พรรณรายณ์ ทรัพย์แสนดี และ อุษา คงทอง (2557). การศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อพัฒนารูปแบบการสอน สำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ที่เรียนรวมในชั้นเรียนปกติ, วารสารวไลยอลงกรณ์, 3, กันยายน - ธันวาคม 2557, หน้า 67 - 84.

[9] พัชราพร ราชโรจน์ (2558). ความสัมพันธ์ระหว่างบทบาทเชิงตัดสินใจของผู้บริหารสถานศึกษากับการส่งเสริมการทำวิจัยในชั้นเรียนของครูในโรงเรียนเทศบาลสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดปทุมธานี, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 3, กันยายน - ธันวาคม 2558, หน้า 368 - 376.

[10] Google Form. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ห้องปฏิบัติการ 3401A ต่อการบริหารจัดการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้, [แบบสอบถามออนไลน์], แหล่งที่มา https://goo.gl/forms/MVCCo50BCJx2Ts5f2, เข้าดูเมื่อวันที่ 01/06/2561.

การใช้สื่อสังคมออนไลน์บริหารการเรียนการสอน : กรณีศึกษา สาขาวิชาการจัดการผังเมือง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา”

Social Media Online for Teaching Management : A case study of Urban Planning Management Department, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima

นายอภินันท์ สีม่วงงาม

744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

*ผู้ติดต่อ: apinan.se@rmuti.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 044 233000, เบอร์โทรสาร 044 233052

บทคัดย่อ

รูปแบบการเรียนการสอนในอดีตถึงปัจจุบัน เป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบรรยายหน้าชั้นเรียนที่บทบาทแรกมีอาจารย์เป็นผู้บรรยาย และบทบาทต่อมามีผู้เรียนทำหน้าที่รับฟังการบรรยาย จดบันทึก อภิปราย และนำเสนอในห้องเรียน เมื่อจบชั่วโมงการสอนในแต่ละวันอาจารย์และนักศึกษาจะมีโอกาสได้พบกันอีกครั้งในชั่วโมงเรียนถัดไป การส่งงานที่ได้รับมอบหมายจะมีลักษณะเป็นรูปเล่มรายงาน หรือพิมพ์แผนงานนำเสนอขนาดใหญ่ โดยเฉพาะสาขาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบที่มักพบปัญหาเกี่ยวกับการพิมพ์เอกสารส่งงานในรูปแบบต่างๆ ในขณะที่ผู้สอนเองก็มีปัญหาในการจัดเก็บผลงานของนักศึกษาเพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการเรียนการสอนในปีการศึกษาถัดไป การเก็บเอกสารไว้เพื่อประเมินการสอน เพื่อปรับปรุงหลักสูตรซึ่งเป็นเรื่องยาก เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านสถานที่เก็บผลงานหรือเก็บเอกสารนั้น บางครั้งเอกสารเกิดความเสียหาย จากเหตุข้อจำกัดเบื้องต้นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการบริหารการจัดการเรียนการสอนและแนวทางในการจัดเก็บเอกสารตลอดจนการส่งงานในรูปแบบใหม่เพื่อทำให้การจัดการเรียนการสอนสามารถกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เมื่อเทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสารได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว การติดต่อสื่อสารมีช่องทางที่หลากหลาย รวดเร็วกว่าในอดีต เริ่มตั้งแต่การส่งข้อมูลด้วยตัวหนังสือเพียงอย่างเดียว และพัฒนามาเป็น รูปภาพ วีดีโอ เสียง การประชุมทางไกลผ่านทางระบบวีดีโอคอนเฟอร์เรนซ์ จนถึงรูปแบบการปฏิสัมพันธ์ทางเครือข่าย ผู้วิจัยเลือกใช้เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารกันผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Network , ใช้ตัวย่อ SN) และระบบการจัดเก็บไฟล์เอกสารในรูปแบบ คลาวด์สโตเรจ (Cloud Storage ,ใช้ตัวย่อ CS) ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงมาเป็นแนวทางหลักในการบริหารการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยเรียกระบบนี้ว่า ระบบ SNCS ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาทดลองใช้ในการบริหารการเรียนการสอนในรายวิชาสารสนเทศเพื่อการวางแผน ในสาขาการจัดการผังเมือง คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา โดยได้เริ่มออกแบบและพัฒนาระบบในปีการศึกษา 2557 เป็นต้นมา และนำมาใช้ทดลองบริหารการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ในวิชาสารสนเทศเพื่อการวางแผน จากการทดลองใช้งานพบว่าการนำเทคโนโลยี SNCS มาใช้จัดการเรียนการสอนสามารถพัฒนาการเรียนการสอนและศักยภาพการเรียนรู้ของนักศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจารย์ผู้สอนสามารถให้คำปรึกษากับนักศึกษามากขึ้นโดยผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ (SN) และใช้ระบบคลาวด์สโตเรจ (CS) เป็นเสมือนห้องส่งงาน ตรวจงาน เก็บเอกสาร และห้องสมุดออนไลน์ที่มีความปลอดภัยสูง ช่วยให้นักศึกษาสามารถตรวจสอบสถานะของการมาเรียนหรือการส่งงานได้ตลอดเวลา กิจกรรม

ทั้งหลายเหล่านี้ได้ช่วยกระตุ้นให้นักศึกษามีความตื่นตัวในการเรียน และเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้แก่นักศึกษาอีกทางหนึ่งด้วย

คำหลัก *:* คลาวด์สโตเรจ , โซเชียลมีเดี่ย, ทักษะในศตวรรษที่ 21, การบริหารการเรียนการสอน

Abstract

Teaching style from past to present. It is a class that teaches lectures in class with lecturers. Students are responsible for lecturing, recording, discussing, and presenting in the classroom. At the end of the day, teachers and students will meet again in the next class. Students have the expense of printing reports or large paper. And teachers have difficulty in collecting student work as examples for students in the next academic year. Documentation to evaluate teaching. And improving the course is difficult. Due to the limitations of the place of collection or collection of documents. Sometimes the document is damaged. Researchers have the concept of managing teaching and learning in new ways.

The technology of communication has evolved rapidly. Communication is more convenient than ever. Starting from the text only and developed into video, video, audio, video conferencing through video conferencing. To the network interaction model. Researchers chose to use social networking technology (SN) and the file storage system in the cloud storage (CS) through high-speed Internet as a guiding principle in teaching management. The researcher calls this system SNCS and has been experimented in the management of teaching and learning in the course of Information Management for Planning. In the field of Urban Planning Management. Faculty of Fine Arts and Industrial Design, Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima. The design and development of the system in the academic year 2014 has been started and used in the first semester of the course. Academic year 2016 in Information Management for Planning subjects. The experiment found that using SNCS technology for teaching and learning can improve the learning and learning capacity of students to be more effective. Teachers can provide counseling to their students through social networking (SN) and cloud hosting (CS) as a high-security online library, library, and document management service. It allows students to check status of attendance or assignment at any time. These activities encourage students to be active in their studies. It also increases the potential for student learning.

Keywords: Cloud storage, Social media, 21th Skills, Education management

1. บทนำ

นวัตกรรมทางเทคโนโลยีสื่อสารสนเทศใหม่ ๆ ที่พัฒนาขึ้นทุกวันเข้ามาอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ในการประกอบกิจวัตรประจำวัน รวมถึงการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาที่สามารถนำเอาวิธีการ องค์ความรู้ หรือเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาใช้เพื่อช่วยในกระบวนการจัดการเรียนการสอนเดิม ทำให้สามารถบริหารการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ การสืบค้นข้อมูล การจัดการเอกสาร รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลดิจิตัลที่มีความสะดวก และมีความปลอดภัยสูง ทั้งยังสามารถช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการเรียนให้กับนักศึกษาในการพิมพ์เอกสาร หรือการสำเนาเอกสาร

ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยโดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Network : SN) มาปรับใช้ในการสร้างห้องเรียนเสมือน เพื่อให้ทุก ๆ ที่สามารถเป็นห้องเรียน หรือพื้นที่ให้คำปรึกษา แนะแนว ช่วยให้นักศึกษาสามารถเข้าถึงอาจารย์ผู้สอน หรืออาจารย์ที่ปรึกษาได้สะดวกยิ่งขึ้น การใช้พื้นที่เก็บข้อมูลออนไลน์ (Cloud Storage : CS) เพื่อเป็นพื้นที่ส่งงาน กระเป๋าเอกสาร ห้องเก็บของ หรือแม้แต่การใช้ประโยชน์ในการจัดเก็บข้อมูลดิจิตัลอื่น ๆ ที่สามารถเข้าถึงไฟล์เอกสารได้จากทุกที่ทุกเวลา ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีลักษณะคล้ายห้องเรียนเสมือน[1] ผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารหรือทำงานหลากหลายรูปแบบ เหล่านี้จะเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้แก่นักศึกษา ทั้งยังระบบบริหารการเรียนการสอนของอาจารย์ผู้สอนเป็นระบบมากยิ่งขึ้นรวมถึงภาพรวมการปฏิสัมพันธ์ที่ดีขึ้นของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอน ในขณะที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้ระบบที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ นอกเหนือจากการวางระบบบริหารการเรียนการสอนที่สอดคล้องในแต่ละรายวิชาของอาจารย์ผู้สอนนั้น ๆ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ในการเรียนการสอน และประเมินผลว่าจะสามารถเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้และการบริหารจัดการการเรียนของนักศึกษาได้หรือไม่ โดยทดสอบกับนักศึกษาสาขาการจัดการผังเมือง คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางปัญญา (กระบวนการคิด) กระบวนการทางสังคม (กระบวนการกลุ่ม) มีปฏิสัมพันธ์และส่วนร่วมในการเรียน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ [2] การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเกิดขึ้นจากพื้นฐานความเชื่อที่ว่า การจัดการศึกษามีเป้าหมายสำคัญที่สุด คือ การจัดการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนได้พัฒนาตนเองสูงสุด ตามกำลังหรือศักยภาพของแต่ละคน ผู้สอนจึงมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในหลายลักษณะ [3] เช่น เป็นผู้จัดการ (Manager) เป็นผู้ร่วมทำกิจกรรม (An active participant) เป็นผู้ช่วยเหลือและแหล่งวิทยาการ (Helper and resource) เป็นผู้สนับสนุนและเสริมแรง (Supporter and encourager) เป็นผู้ติดตามตรวจสอบ (Monitor) คอยตรวจสอบงานที่นักเรียนผลิตขึ้นมาก่อนที่จะส่งต่อ

การบริหารการเรียนการสอนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน การใช้เทคโนโลยีนั้นเอื้อประโยชน์ในการแบ่งปันข้อมูล ข่าวสาร และความคิดเห็น ซึ่งทุกคนสามารถแบ่งปันกันได้ทางสังคมออนไลน์ ในบางครั้งการเรียนการสอนในรูปแบบเดิมนั้นอาจไม่สอดคล้อง หรือยังไม่สามารถตอบสนองได้อย่างเพียงพอ ในบางครั้งในการจัดการเรียนการสอนผู้เรียนจะเรียนที่ไหนก็ได้ เช่น ที่บ้าน ที่ทำงาน โดยไม่ต้องไปนั่งเรียนในห้องเรียนจริง ๆ ทำให้ประหยัดเวลา ค่าเดินทาง และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ อีกมากมาย [4]

ในการออกแบบและพัฒนาระบบการบริหารการเรียนการสอนโดยการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Network : SN) และการใช้บริการเก็บข้อมูลออนไลน์ (Cloud Storage : CS) เป็นระบบช่วยการบริหารการ

เรียนการสอนในรูปแบบใหม่ ผู้วิจัยจะเรียนระบบนี้ว่า SNCS การทดลองใช้ SNCS บริหารการเรียนการสอนและเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งตัวแปรที่เกิดขึ้นยังไม่มีความแน่นอน และการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นตลอดเวลาในขณะที่ใช้งานระบบ SNCS เพื่อให้การใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่นและความสะดวกมากยิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้ผู้ใช้งานระบบจำเป็นต้องมี Google Account เพื่อลงทะเบียนเข้าใช้ระบบ CS , Facebook Account เพื่อเข้าใช้งานระบบ SN ของสาขาฯ และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ท ที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้

การจัดการศึกษาจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่จะให้กำลังคนของประเทศมีความรู้ โดยการดึงศักยภาพและภูมิปัญญาของเขาออกมาให้ได้มากที่สุด เพื่อยกระดับผลิตภาพ(Productivity) ที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล รวมถึงมีความฉลาดทางการจัดการด้วย[5]

3. การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดลองกับการเรียนการสอนในวิชาสารสนเทศเพื่อการวางแผน ของหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการผังเมือง นักศึกษาจำนวน 29 คน เป็นการวิจัยพื้นฐานเชิงทดลอง ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้ผลการทดลองของการใช้เทคโนโลยี SNCS บริหารการเรียนการสอนในวิชาสารสนเทศเพื่อการวางแผนตลอดทั้งเทอมประกอบด้วย 1. การใช้งานเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Network) เป็นการสร้างเครือข่ายสังคมออนไลน์สำหรับเป็นช่องทางเสริมในการสื่อสารระหว่างอาจารย์และนักศึกษาในชั้นเรียน 2. การใช้งานการเก็บข้อมูลในอินเทอร์เน็ต (Cloud Storage) เป็นพื้นที่เก็บข้อมูลดิจิตอลทั้งในส่วนของอาจารย์และนักศึกษา 3. การบูรณาการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นระบบระหว่างนักศึกษากับอาจารย์

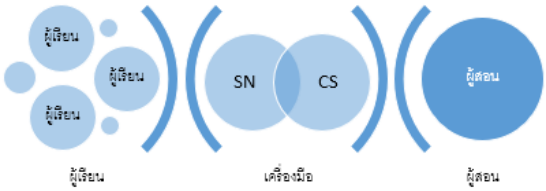
4. การวิเคราะห์ประเด็น

จากการรวบรวมประเด็นที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้จัดหมวดหมู่ระบบออกเป็น 3 ส่วนคือ (ดูรูปที่ 1) ส่วนของผู้เรียน เป็นประเด็นที่เกิดจากพฤติกรรมของนักศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ประเด็นหลักๆคือ 1. ด้านพื้นฐานความรู้ ของนักศึกษาที่ไม่เท่ากันมีที่มาที่แตกต่างกัน 2. ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ความสนใจในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม สมาธิเกี่ยวกับการเรียน และความมุ่งมั่นการเรียน ทั้งยังให้ความสนใจในด้านอื่นที่นอกเหนือจากการเรียนมากเกินไป อีกสิ่งที่เป็นประเด็นคือความกล้าในการแสดงออก กล้าที่จะแสดงความคิดเห็น ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจำเป็นต่อการพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ 3. ด้านการบริหารจัดการภาพรวม ทั้งนี้หมายรวมถึงการบริหารเวลา เอกสารการเรียน และ นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่สามารถ บริหารเวลาเรียนของตนเอง ซึ่งส่งผลต่อเวลาเรียนและการส่งงานทำให้เกิดการมาเรียนไม่ครบ ส่งงานล่าช้า หรือไม่สามารถทำงานที่ได้รับมอบหมายได้เสร็จทันเวลา

ส่วนของผู้สอน มีประเด็นที่เกิดขึ้น 2 ประเด็นคือ

1. ด้านการจัดการเรียนการสอน ที่ตัวผู้สอนเองนั้นนอกเหนือจากภาระทางการสอน การเตรียมเอกสารการสอนแล้ว ยังต้องมีภาระทางด้านงานธุรการ งานเอกสาร และภาระด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง เป็นเหตุให้ผู้สอนต้องใช้เวลาทำงานมากกว่าปกติ ในบางครั้งจำเป็นต้องนำงานที่ทำค้างไว้ออกมาทำนอกเวลางานและนอกสถานที่ จึงจำเป็นต้องมีระบบจัดการไฟล์เอกสารที่ดีที่สามารถเข้าถึงได้ทุก ๆ ที่และเป็นระบบ 2. ด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน โดยคาดว่าระบบ SNCS จะมีส่วนช่วยในการเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของนักศึกษา จากการสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีแก่นักศึกษาจะช่วยให้นักศึกษาเกิดทัศนคติที่ดีต่อผู้สอน ต่อวิชาที่เรียนและทำให้นักศึกษามีความตั้งใจเรียนมากยิ่งขึ้น

ส่วนของการใช้เครื่องมือ เทคโนโลยี เครื่องมือและอุปกรณ์ มาช่วยใช้ในการบริหารการเรียนการสอนให้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ประกอบด้วยการใช้ระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์(SN)ในการสร้างห้องเรียนเสมือนและสร้างระบบการจัดเก็บไฟล์บนอินเทอร์เน็ต(CS) ที่ทำให้เข้าถึงได้จากทุกที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโดยใช้เครื่องมือที่มีอยู่อย่างเต็มประสิทธิภาพ และช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเรียนและการสอน จากค่าพิมพ์เอกสารและถ่ายเอกสารที่ใช้ในการเรียนการสอน



รูปที่ 1 การจัดกลุ่มผู้ใช้งาน

การบริหารการเรียนการสอนด้วยระบบ SNCS มีจุดเริ่มต้นมาจากการเรียนการสอนในวิชาสารสนเทศเพื่อการวางแผน ของนักศึกษาชั้นปีที่สอง สาขาวิชาการจัดการผังเมือง ที่มุ่งเน้นให้นักศึกษาใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการวางแผนการเก็บข้อมูล การส่งงาน การเรียน การติดต่อสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่ใช้งานร่วมกัน คือผู้ใช้ระบบ และตัวระบบที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นสื่อสังคมออนไลน์ (Social Network) และส่วนเก็บข้อมูลในอินเทอร์เน็ต (Cloud Storage)

5. การใช้งานใช้งานระบบ SNCS

1) ช่วงก่อนเปิดภาคการศึกษาประธานหลักสูตรมอบสิทธิ์ในการเข้าถึงพื้นที่เก็บข้อมูลให้กับอาจารย์ผู้สอนทำหน้าที่เตรียมข้อมูลการเรียนของภาคการเรียนนั้น ๆ

2) ระหว่างการศึกษา ผู้สอนดำเนินการแจ้งให้นักศึกษาสร้างโฟลเดอร์ภายใน Google Driver ของตนเอง แล้วทำการมอบสิทธิการเข้าถึงเต็มรูปแบบให้กับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้สามารถตรวจงาน และแก้ไขเอกสารภายในโฟลเดอร์นี้ได้ การตั้งชื่อไฟล์ในรูปแบบเดียวกันนี้เพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลย้อนหลังทำให้สามารถค้นหาและตรวจสอบได้โดยง่าย ช่วยในการบริหารการเรียนการสอน เป็นการเพิ่มโอกาสให้นักศึกษาตรวจสอบสถานะของตนเองเกี่ยวกับการเรียนวิชานั้น ๆ การขอคำปรึกษากับอาจารย์ผู้สอน รวมถึงการส่งงานที่ได้รับมอบหมายเพื่อให้อาจารย์ผู้สอนให้คำแนะนำก่อนนำไปปรับแก้เพื่อส่งงานจริง เหล่านี้จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้แก่นักศึกษาได้อีกทางหนึ่ง

3) ช่วงประเมินและสรุปผลการเรียน เมื่ออาจารย์ผู้สอนได้ใช้ระบบ เก็บข้อมูลการเรียน การส่งงาน อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งภาคการศึกษา อาจารย์ผู้สอนสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าว ประเมินผลการเรียน หรือคะแนนจิตพิสัย ได้โดยสะดวก และเป็นธรรมมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ยังสามารถตรวจสอบข้อมูลการส่งงาน หรือข้อมูลของนักศึกษาย้อนหลังได้จนถึงช่วงที่เก็บข้อมูลครั้งแรกของการเข้าระบบ และผลงานของนักศึกษาที่ส่งงานมานั้นก็จะยังคงอยู่ในระบบทั้งหมด ประธานหลักสูตรสามารถเข้ามาดูข้อมูลและประเมินหลักสูตรได้อย่างถูกต้อง มีข้อมูลอ้างอิงและเป็นธรรม (ดูรูปที่ 2)

บันทึก	การส่งงาน	ขาด	สาย
18%	9	2	2
91%	10	0	0
91%	10	1	1
45%	10	2	2
0%	10	1	0

รูปที่ 2 ข้อมูลสรุปสำหรับนักศึกษาตรวจสอบตนเอง

ประเด็นที่พบระหว่างการทดลองใช้งาน

พบว่าผู้ใช้จำเป็นต้องมีทักษะด้านคอมพิวเตอร์และการใช้งานอินเทอร์เน็ต และต้องมีการแนะนำขั้นตอนการใช้อย่างละเอียดก่อนการใช้งาน ในการเข้าระบบการรักษาบัญชี Facebook และ Google Account เพื่อให้

สามารถเข้าสู่ระบบได้การรักษาบัญชีจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ การจัดเก็บผลงาน ผลการเรียน งานที่ได้รับมอบหมายของนักศึกษาจะยังคงอยู่ในระบบต่อไป หรือจนกว่าเจ้าของผลงานนั้นจะเป็นผู้ลบออกจากระบบด้วยตัวเอง สาขาจึงจำเป็นจะต้องสำรองข้อมูลจาก CS มาเก็บไว้ที่พื้นที่เก็บของสาขาอยู่เป็นประจำ ตัวระบบนั้นมีความจำเป็นต้องเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตในการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เป็นเสมอ แต่ทั้งนี้ยังสามารถทำงานโดยไม่เชื่อมต่อได้

สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการจัดเก็บไฟล์เอกสารของอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาจะต้องมีการควบคุมสิทธิในการเข้าถึงไฟล์และโฟลเดอร์อย่างเข้มงวด การกระทำใด ๆ ที่เกิดขึ้นกับไฟล์หรือโฟลเดอร์ทุกอย่างจะถูกแสดงเป็นสถานะ (Activity Log) แจ้งการเข้าระบบหรือทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูล หรือโฟลเดอร์นั้นตลอดเวลา

6. สรุปผล

ช่วงเริ่มต้นของการใช้งาน ผู้ใช้ได้ทดลองใช้งานระบบการบริหารการศึกษา พบว่าบางส่วนรู้จักแต่ยังไม่เคยใช้บริการพื้นที่จัดเก็บเอกสารออนไลน์ และบางส่วนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ค่อนข้างน้อยจึงเป็นช่วงที่อาจารย์ผู้สอนต้องคอยให้คำแนะนำอยู่ตลอดเวลา แต่ไม่พบปัญหาในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์

ช่วงระหว่างระหว่างการทดลองใช้ใช้ผู้ใช้งานส่วนใหญ่สามารถใช้งานระบบ SNCS ได้เป็นอย่างดี บางส่วนได้มีการประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นและนำข้อมูลมาพัฒนาระบบเพิ่มเติม ในระหว่างการเรียนการสอนพบว่าภาพรวมการใช้งานของผู้เรียนมีแนวโน้มการเรียนที่ดีขึ้นและมีความชำนาญในการใช้งาน การทำงานและผลงานที่ดีขึ้น แสดงให้เห็นถึงทักษะการใช้งานเทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้เพื่อบริหารการเรียนของตนเองได้อย่างดี ทั้งนี้การที่นักศึกษาสามารถตรวจสอบสถานการณะการเรียนของตนเองได้นั้น เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้นักศึกษามีความตั้งใจในการเรียน และการเข้าเรียนมากขึ้น ความตั้งใจเรียนเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากการส่งบันทึกการเรียนในแต่ละคาบเรียนเข้าสู่ระบบของตนเอง สิ่งเหล่านี้ได้มีส่วนเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ของนักศึกษา ด้านการบริหารการเรียนการสอนของอาจารย์ผู้สอนที่ร่วมทดลองใช้งานระบบ SNCS พบว่ามีความสะดวกในการใช้งานเพิ่มขึ้น การนัดหมาย การส่งงาน และการขอคำปรึกษาของนักศึกษาสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากนักศึกษามีความสะดวกในการขอคำปรึกษาผ่านระบบ มากกว่าการขอคำปรึกษาแบบพบตัว การจัดเก็บไฟล์เอกสารต่าง ๆ มีความปลอดภัย และเป็นประโยชน์ต่อหลักสูตรในการเก็บรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง แต่อย่างไรก็ตามระบบที่ใช้ยังอยู่ในช่วงของการเก็บข้อมูลและพัฒนาเพื่อให้การใช้งานมีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น สามารถนำมาปรับใช้กับการเรียนการสอนที่หลากหลายมากขึ้น การควบคุมและรักษาความเป็นส่วนตัวของห้องเรียนเสมือนให้มีเฉพาะอาจารย์ผู้สอน นักศึกษา และบุคคลที่เกี่ยวข้องเท่านั้น และต้องรักษา Google Account และรหัสผ่านของตนเองให้เป็นความลับ ห้ามนำไปให้ผู้อื่นใช้ หรือลงชื่อเข้าใช้แทนโดยเด็ดขาดเพราะจะมีความเสี่ยงในด้านความปลอดภัยของข้อมูลของเจ้าของบัญชี หากบัญชี Google Account หายไปจะไม่สามารถเข้าสู่ระบบของตนเองได้เลย จึงเป็นสิ่งที่พึงระวังในการใช้งานในระบบ

การใช้ระบบ SNCS นี้อาจารย์ผู้สอนที่หมั่นปรับปรุงข้อมูลในระหว่างการเรียนการสอนอยู่เสมอจะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษาอย่างยิ่ง เพราะนักศึกษาสามารถตรวจสอบสถานการณ์เรียน การส่งงานของตนได้ และใช้ข้อมูลเหล่านี้วางแผนบริหารการเรียนของตนเอง ผู้สอนก็จะมีฐานข้อมูลเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลทั้งจากส่วนของผู้เรียนและเอกสารประกอบการสอนของผู้สอนเพื่อนำมาประเมินวางแผนการสอนได้ในปีการศึกษาถัดไป

7. ข้อเสนอแนะ

การเรียนการสอนยุค 4.0 ที่สามารถนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการเรียนการสอนสามารถสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี อันเนื่องจากการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และความสะดวกในการค้นคว้านี่เองที่ทำให้นักศึกษาสามารถค้นหาข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน การอ้างอิงข้อมูลจากแหล่งที่เชื่อถือได้ การเห็นถึงตัวอย่างผลงานกรณีศึกษา ได้จากทั่วโลกที่มีข้อมูลปรากฏในอินเทอร์เน็ต การนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้ามาอภิปราย ตลอดจนนำมาถ่ายทอดให้เพื่อนนักศึกษาร่วมชั้นเรียน โดยที่มีอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้แนะนำกระบวนการส่งผลให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ค้นคว้าเพิ่มมากขึ้น

การประเมินผลการส่งงาน หรือการตรวจงานของนักศึกษาที่ได้รับมอบหมายในแต่ละสัปดาห์อย่างรวดเร็ว ช่วยทำให้นักศึกษา สามารถประเมินตนเอง ทำให้เกิดการปรับปรุง หรือพัฒนาการเรียนของตน และอาจารย์ผู้สอนก็สามารถวางแผนการเรียน การสอนได้อย่างเหมาะสม จากการประเมินผลงานจากนักศึกษาแบบสัปดาห์ต่อสัปดาห์ รูปแบบการเรียนการสอนด้วยวิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้กับหลากหลายวิชาโดยใช้เครื่องมือที่มีตามลักษณะของการใช้งาน โดยอาจารย์ และบุคลากรทางวิชาการต้องพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและความเข้าใจถึงลักษณะการใช้งานเพื่อใช่วยให้การบริหารการเรียนการสอนในยุค 4.0 ที่บริบทของการเรียนการสอนได้เปลี่ยนไป

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ 2560 ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณและเคารพเจ้าของเอกสารที่นำมาอ้างอิงทุกท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ. กาญจนา ตันสุวรรณรัตน์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการเริ่มต้นทำงานวิจัยชิ้นนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ครรชิต มาลัยวงศ์. (2540). นวัตกรรมทางเทคโนโลยี 200 ทัศนะไอที. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชัน.

[2] มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. (2553). คู่มือปฏิบัติงาน กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

[3] ส่วนส่งเสริมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2559). บทบาทของผู้สอน. ค้นเมื่อ 12 มกราคม 2559, จาก http://www.sut.ac.th/tedu/news/Step_teach.html

[4] บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542) นวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[5] ศิริพงษ์ เพียศิริ. (2551). บัณฑิตสร้างสรรค์ : บัณฑิตสร้างชาติ (Creative Graduate : Creative Nation).

การพัฒนาแผนการสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์โดยใช้สื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์

Development the Lesson Plan and Comparison an Achievement on the Vector System Analysis Using the White Board and Power Point Presentation Medias

ปาริชาติ กินรี[1,*] สมชาติ บุญโท[1] วิชิต สุทธิพร[3] และสมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์[1]

[1]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม [3] สาขาครุศาสตร์วิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: parichatkinnaree@gmail.com, 0898401070

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแผนการสอนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดีจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบเดียวกัน แต่เลือกใช้สื่อการสอนที่แตกต่างกันคือสื่อกระดานและสื่อเพาเวอร์พอยต์ และศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของผู้เรียน จากนั้นสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อกระดานและสื่อเพาเวอร์พอยต์ โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีการแบ่งอย่างเป็นระบบ 2 กลุ่มที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน สุดท้ายนำผลคะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาใช้ในวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้สื่อการสอนกระดาน และสื่อเพาเวอร์พอยต์ ผลการวิจัยพบว่าแผนการสอน แบบร่างกระดาน และสื่อเพาเวอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 3 คนอยู่ในระดับดี $\left(\overline{X} = 4.33\right)$ และเมื่อทำมาทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีคุณสมบัติเหมือนกันพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อทั้งสองชนิดอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 จากผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าสื่อการสอนเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ และการเลือกใช้สื่อไม่ว่าจะเป็นกระดานหรือสื่อนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ ถ้าใช้รูปแบบการสอนเดียวกันจะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนไม่แตกต่างกัน โดยปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเรียนมากที่สุดคือแผนการสอนที่เป็นแนวทางในการระบุวิธีการสอน เนื้อหา แบบทดสอบ ซึ่งแผนการสอน และวิธีการสอน ควรจะได้รับการพัฒนาและประเมินให้มีคุณภาพในระดับดีก่อนที่จะนำไปใช้ปฏิบัติการสอนเสมอ เพื่อใช้เป็นคู่มือที่ดีให้กับผู้สอน ซึ่งจะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้นได้อย่างแท้จริง

คำหลัก: แผนการสอน, สื่อการสอน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The purposes of this research were to develop the lesson plan on the vector system analysis which has the quality in high level after it is evaluated by 3 experts, and comparison an achievement using the same teaching method but different instructional medias were used between the white board and power point presentation, and to study durability learning, and find the student's satisfaction influence of the medias by experiment to the samples divided into two control groups which have the same characteristics. The results of pre-test, post-test, and achievement score were used to analyze and to compare the performance of the white board and the power point presentation. The research showed that the lesson plan, a white board draft, and power point presentation to be developed has a good quality $\left(\overline{X} = 4.33\right)$ with evaluation by the 3 experts. When we used to experiment with two control groups showed that the achievement and the durability learning have no differences which statistical significant .05. The student's satisfaction is satisfied for the both medias in a high level at arithmetic mean 4.17. In conclusion, teaching media is one of the factors that to be support in the learning process. Wherever, to select any media as white board or power point presentation with the same teaching method, the results of an achievement and student's satisfaction are not different. The factor of effective learning outcomes is the lesson plan that provide teaching methods, contents, and test forms. The quality of lesson plan might be developed and evaluated before your teaching in the classroom that is a good guide for an instructor, and to enhance student achievement truly.

Keywords: lesson plan, instructional medias, achievement

1. บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งจะช่วยพัฒนาคุณภาพบัณฑิตในระดับอุดมศึกษาให้ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้บัณฑิต [1] โดยรูปแบบการจัดการสอนจะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แต่ทุกรูปแบบการจัดการสอนยังต้องมีกระบวนการสอน การศึกษาข้อมูล การให้เนื้อหา รวมทั้งการสรุปเนื้อหาโดยผู้สอน และเพื่อให้ผู้เรียนได้มองเห็นภาพ หรือสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งในเนื้อหาบทเรียน ผู้สอนจำเป็นต้องอาศัยสื่อการเรียนการสอนประกอบการบรรยายเนื้อหานั้น ๆ ประกอบกับการสอนแบบบรรยายมีความเหมาะสมกับการสอนรายวิชาทฤษฎี [2] ซึ่งพบว่าการสอนแบบบรรยายที่มีผู้สอนเป็นผู้ให้เนื้อหาข้อมูล และยังคงใช้กับทุก ๆ รูปแบบการสอน ทั้งนี้เพื่อ การสรุปเนื้อหา การให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่ผู้เรียนร่วมกับการใช้สื่อการสอน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์ หรือที่เรียกว่าสื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย [3] ซึ่งถือเป็นสื่อการสอนที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก นอกจากความสะดวก ทันสมัย การเตรียมสื่อเพาเวอร์พอยต์ในครั้งเดียวยังสามารถใช้ได้กับผู้เรียนหลาย ๆ กลุ่ม สามารถลดภาระการเขียนกระดานของผู้สอน สอนเนื้อหาได้มาก สำหรับผู้เรียนจะได้รับสื่อที่มีทั้งภาพ และเสียง มีความสวยงาม อ่านง่าย กระตุ้น และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจในเนื้อหาที่หลากหลาย ซึ่งพบได้จากงานวิจัยทางการศึกษาที่เกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ยังคงใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์ประกอบการเรียนการสอน

ร่วมกับรูปแบบการสอนที่ได้พัฒนาขึ้นให้มีประสิทธิภาพสูงสุด [4]

จากการประเมินสภาพการจัดการเรียนการสอนของสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น [5] โดยการสอบถามจากนักศึกษา พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนมากที่สุดคือ ผู้สอน และสื่อการสอน ผู้วิจัยจึงได้สอบถามทัศนคติของผู้เรียนกลุ่มดังกล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบการสอน และการใช้สื่อประกอบการสอนในภาคทฤษฎีของอาจารย์ผู้สอนซึ่งในขั้นการให้เนื้อหาส่วนใหญ่ จะใช้การสอนแบบบรรยายร่วมกับการใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์ในรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นวิชาทฤษฎีที่มีการคำนวณเป็นส่วนมาก นักศึกษาส่วนใหญ่กับต้องการให้ผู้สอนใช้สื่อกระดานประกอบการบรรยายมากกว่าการใช้สื่อเพาเวอร์พอร์ต ด้วยมีความเชื่อที่ว่าการสอนคำนวณที่ดีนั้นจะต้องใช้สื่อกระดานเท่านั้นจึงจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา เนื่องจากในรายวิชาดังกล่าวนักศึกษามีระดับคะแนนค่อนข้างต่ำ

การเรียนการสอนของสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม จะรับนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระดับที่แตกต่างกัน ทำให้ความรู้พื้นฐานแตกต่างกันด้วย ในการเรียนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์เป็นหน่วยเรียนหนึ่งของรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยผู้เรียนต้องวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์ให้ได้ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก แต่กลุ่มผู้เรียนบางกลุ่มมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างน้อย จึงทำให้ผลการเรียนรู้ที่ผ่านมาของนักศึกษาในรายวิชาดังกล่าวอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นการเลือกใช้สื่อการสอนที่เหมาะสม รวมทั้งเนื้อหารายวิชานี้ค่อนข้างยากและต้องใช้วิธีการคำนวณมาก ดังนั้นกลุ่มผู้เรียนที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างน้อยจำเป็นต้องได้รับการปรับพื้นฐานทางด้านนี้ จากการสำรวจนักศึกษาสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมที่ผ่านการเรียนรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 85 คน โดยใช้แบบสอบถาม ปรากฏว่านักศึกษาร้อยละ 80 มีทัศนคติที่ดีต่อการสอนด้วยเพาเวอร์พอยต์ร่วมกับการบรรยาย และมีความคิดเห็นว่าการสอนบรรยายประกอบเพาเวอร์พอยต์เหมาะสมมากกว่าสอนบรรยายประกอบการใช้กระดาน แต่เมื่อถามความคิดเห็นว่ารายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้านักศึกษาอยากให้ผู้สอนใช้สื่อประเภทใด นักศึกษาร้อยละ 85 เลือกใช้สื่อกระดาน ซึ่งความคิดเห็นที่ได้นี้มีความขัดแย้งกัน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้สื่อการสอนที่แตกต่างกันในรายวิชาดังกล่าว และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนบรรยายร่วมกับการใช้สื่อกระดานกับเพาเวอร์พอยต์ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่แท้จริงมาใช้ในการเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมกับเนื้อหาและผู้เรียนอาจจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ให้เข้าใจได้มากขึ้น และมีทัศคติที่ดีต่อสื่อการเรียนการสอน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียนสูงขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของแผนการสอนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียนระหว่างวิธีการสอนแบบบรรยายโดยการใช้สื่อกระดานกับเพาเวอร์พอยต์ เรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อสื่อประกอบการสอนแบบบรรยายเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ประชากร คือนักศึกษาสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ลงทะเบียนในรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

3.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 รอบปกติ (TEN 3R) สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ลงทะเบียนในรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 30 คน และแบ่งกลุ่มนักศึกษากลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 15 คน ด้วยการแบบแบ่งกลุ่มตัวอย่าง อย่างมีระบบจากคะแนนก่อนเรียน เพื่อให้ได้กลุ่มการทดลองที่มีผลการเรียนเหมือนกัน โดยที่

กลุ่มที่ 1 จัดการเรียนการสอนแบบบรรยายโดยใช้สื่อกระดาน

กลุ่มที่ 2 จัดการเรียนการสอนแบบบรรยายโดยใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์ ได้แก่ พีชคณิตเวกเตอร์ การคูณแบบจุด การคูณแบบไขว้ ระบบพิกัด และการแปลงระบบพิกัด

3.4 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพร้อมเฉลย

3.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย

4. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยการพัฒนาแผนการสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์โดยใช้สื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

4.1 จัดทำแผนการสอนตามรูปแบบของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา สื่อประกอบการสอน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสื่อที่ใช้ในการนำเสนอเนื้อหาได้แก่สื่อกระดาน และเพาเวอร์พอยต์ จากนั้นผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วยแบบประเมินคุณภาพสำหรับการประเมินแผนการสอน แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากนั้นนำแผนการสอนและแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปประเมินหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

4.2 นำแผนการสอนที่ผ่านการประเมินคุณภาพแล้วมาทำการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ได้แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม โดยทำการทดลองสอนแบบบรรยายร่วมกับใช้สื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์ หัวข้อการสอนเรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์จะใช้เวลาในการสอน 2 ครั้ง ๆ ละ 3 ชั่วโมง และในการสอนแต่ละครั้ง ผู้วิจัยจะทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เมื่อทำการสอนครบทั้งสองครั้งแล้ว จะทำการทดสอบอีกครั้งโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.3 หาความคงทนในการเรียน โดยทำการสอบนักศึกษาทั้งสองกลุ่มอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ได้ทำการปฏิบัติการสอนผ่านไป 1 เดือน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดิมที่ได้สลับข้อคำถามและตัวเลือก

4.4 ทำการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มที่มีต่อการใช้สื่อประกอบการสอนบรรยาย เรื่องการวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้น ซึ่งผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว

4.5 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย ผู้วิจัยได้นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของนักศึกษาทั้งสองกลุ่ม นำมาหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างกันของคะแนนที่ได้ระหว่างการใช้สื่อประกอบการสอนที่แตกต่างกันโดยใช้ t - test อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการประเมินแผนการสอนจากผู้เชี่ยวชาญ

จากผลการประเมินคุณภาพแผนการสอนที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านแผนการสอนได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 และด้านที่ 2 สื่อการสอนที่เป็นสื่อกระดานได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 และสื่อเพาเวอร์พอยต์ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ได้ค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.33 ซึ่งมีคุณภาพในระดับดี

5.2 ผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนโดยใช้สื่อกระดานกับสื่อเพาเวอร์พอยต์ แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนของผู้เรียน

แบบทดสอบ	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	$\overline{X}$	S.D.
ก่อนเรียนกลุ่มที่ใช้สื่อกระดาน	4	15	8.46	2.99
ก่อนเรียนกลุ่มที่ใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์	4	14	8.57	2.47
หลังเรียนกลุ่มที่ใช้สื่อกระดาน	8	14	11.26	1.53
หลังเรียนกลุ่มที่ใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์	7	15	11.73	1.98

จากตารางที่ 1 พบว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบบรรยายโดยใช้สื่อกระดานมีค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.46 คะแนน และมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 11.26 คะแนน กลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบบรรยายโดยใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์ มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.57 คะแนน และมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 11.73 คะแนน

5.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบบรรยายโดยใช้สื่อกระดานกับเพาเวอร์พอยต์

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

กลุ่มเรียน	Mean	S.D.	t	p
กลุ่มที่เรียนด้วยสื่อกระดาน	11.00	2.29	-1.835	.077
กลุ่มที่เรียนด้วยสื่อเพาเวอร์พอยต์	12.60	2.47		

**นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ความคงทนในการเรียนของผู้เรียน

กลุ่มเรียน	Mean	S.D.	t	p
กลุ่มที่เรียนด้วยสื่อกระดาน	11.47	2.20	-1.835	.069
กลุ่มที่เรียนด้วยสื่อเพาเวอร์พอยต์	13.07	1.8		

**นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 และ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยทางสถิติการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียน ของนักศึกษากลุ่มที่เรียนด้วยสื่อกระดาน กับกลุ่มที่เรียนด้วยสื่อเพาเวอร์พอยต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.4 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน

จากการสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายเรื่อง การวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์ที่เรียนร่วมกับการใช้สื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์ แสดงผลความพึงพอใจได้ดังนี้

5.4.1 กลุ่มที่เรียนโดยใช้สื่อกระดาน แบ่งออกเป็นด้านที่ 1 ด้านการจัดการเรียนการสอน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ

4.17 และด้านที่ 2 ด้านสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.17

5.4.2 กลุ่มที่เรียนโดยใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์ แบ่งออกเป็นด้านที่ 1 ด้านการจัดการเรียนการสอน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 และด้านที่ 2 ด้านสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.17

6. สรุปและอภิปรายการวิจัย

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การวิเคราะห์ระบบเวกเตอร์ โดยใช้วิธีการสอนบรรยายร่วมกับสื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เนื่องจากใช้แผนการสอนเดียวกัน ซึ่งการสร้างแผนการสอน ได้สร้างตามหลักการ ทฤษฎี และวิธีการสร้างแผนการสอนที่ถูกต้อง และยังผ่านการประเมินคุณภาพในระดับดีจากผู้เชี่ยวชาญ และจากการสอนโดยใช้วิธีการสอนร่วมกับการใช้สื่อกระดานและเพาเวอร์พอยต์พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับเท่ากัน คือระดับมาก เนื่องจากการจัดกิจกรรมภายในห้องเรียนได้ถูกออกแบบมาให้เหมือนกันเพราะว่าใช้แผนการสอนเดียวกัน

6.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจะพบว่าการสอนแบบบรรยายร่วมกับการใช้สื่อกระดาน หรือสื่อเพาเวอร์พอยต์ สามารถสร้างผลสัมฤทธิ์ ความคงทนทางการศึกษา หรือความพึงพอใจให้กับผู้เรียนได้ไม่แตกต่างกัน แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาและความคงทนจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแผนการสอนที่ผู้สอนได้สร้างขึ้น การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนจะเป็นสิ่งสร้างความพึงพอใจหรือแรงจูงใจให้กับผู้เรียนมากกว่าวิธีการเลือกสื่อ และสื่อการเรียนการสอนเป็นเพียงเครื่องมือที่ใช้สนับสนุนในการถ่ายทอดองค์ความรู้ของผู้สอนเท่านั้น ถ้าสื่อที่ใช้มีกำลังเพียงพอ และสามารถให้นักศึกษาได้เห็นทั่วถึงกันในชั้นเรียน ก็จะสามารถใช้ถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียนได้อย่างแท้จริง เช่นเดียวกับงานวิจัย [1][4][5]

7. เอกสารอ้างอิง

[1] เบจรัตน์ ราชฉวาง และประดิษฐ์ เหมือนคิด (2555). การพัฒนาระบบและกลไกการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพบัณฑิตระดับอุดมศึกษา: การทบทวนวรรณกรรม, การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 5 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, วันที่ 5 - 6 กรกฎาคม 2555, หน้า 247 - 252.

[2] อนุรักษ์ เมฆพะโยม และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2554). สภาพการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม กรณีศึกษาเรื่องระบบการสื่อสารดิจิตอล หลักสูตรระดับปริญญาตรี, การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, วันที่ 7 - 8 กรกฎาคม 2554, หน้า 451 - 456.

[3] วรรณิศา แก้วตาแสง วิทฤทธิ์ แก้วมณี และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2559). การศึกษาประเด็นปัญหาการเรียนการสอนรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ หลักสูตรระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, วันที่ 24 พฤศจิกายน 2559, หน้า 87 - 91.

[4] สมศักดิ์ อรรคทิมากูล และศรัญย์ ชูคดี (2554). การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเรื่องวงจรกรองความถี่ในท่อนำคลื่นสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมไมโครเวฟ การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, วันที่ 7 - 8 กรกฎาคม 2554, หน้า 227 - 231.

[5] สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์ ปาริชาติ กินรี และจิรโรจน์ สามารถโชติพันธุ์ (2559). การประเมินสภาพการจัดการเรียนการสอนของสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, วันที่ 24 พฤศจิกายน 2559, หน้า 92 - 102.

แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559

The bachelor's graduation trend of Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima during 2011-2016 academic year

ระวิสุดา นารี*, ภัณฑิรา สุขนา และ วรรณ์มณี บุญฟู

งานทะเบียนและประมวลผล สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

*rawi_suda@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา โดยรวบรวมข้อมูลจากระบบบริการการศึกษา วิเคราะห์และอธิบายบนพื้นฐานทางสถิติแนวโน้ม ผลการศึกษาพบว่า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา มีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เพิ่มขึ้นในช่วงระหว่างปีการศึกษา 2553–2559 โดยคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม และคณะบริหารธุรกิจ มีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาเพิ่มขึ้น ส่วนคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาลดลง ทั้งนี้ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจมากกว่า คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม เนื่องจากมีหลักสูตรมากกว่าและจำนวนนักศึกษาที่เข้าศึกษาเต็มแผนการรับ ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานมีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาเพิ่มขึ้นได้ หากมีการเพิ่มหลักสูตรการเรียนอย่างเหมาะสม ร่วมกับการจัดการให้หลักสูตรที่เปิดรับนักศึกษาต้องมีจำนวนนักศึกษาที่เข้าศึกษาเต็มแผนการรับอย่างมีประสิทธิผล

คำหลัก: แนวโน้มการสำเร็จการศึกษา, ผู้สำเร็จการศึกษา, ระบบบริการการศึกษา

Abstract

This research was to study the bachelor's graduation trend of Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima by collecting data from the educational services system or ESS. The result was found that the bachelor's graduation trend of Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima was increased during 2011-2016 academic year. The bachelor's graduation trend of Faculty of Sciences and Liberal Arts, Faculty of Fine Art and Industrial Design, and Faculty of Business Administration was risen but it was decreased in the Faculty of Engineering and Architecture. There were the number of graduated bachelor's students of the Faculty of Engineering and Architecture and Faculty of Business Administration more than Faculty of Sciences and Liberal Arts and Faculty of Fine Art and Industrial Design because there were more courses and the number of students was registered according to the admission plan. Therefore, the bachelor's graduation trend of

Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima can effectively increase by added more suitable courses and controlled the number of students in the admission plan.

Keywords: Graduation Trend, Students Graduated, Education Services System

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา (มทร.อีสาน นครราชสีมา) มีวิสัยทัศน์ที่จะผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติทางด้านวิชาชีพเพื่อพัฒนาชุมชนและสังคมโดยมีการจัดการเรียนการสอน 4 คณะ ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ [1] ทั้งนี้ มทร.อีสาน เป็นอีกหนึ่งสถาบันอุดมศึกษาที่ต้องมีการกำหนดนโยบายการศึกษา การวางแผนการศึกษา และการดำเนินงานติดตามประเมินผล การจัดการศึกษาตามแนวของการปฏิรูปการศึกษาของประเทศ ดังนั้น สารสนเทศข้อมูลตัวเลข จึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะเป็นข้อมูลสนับสนุนประกอบการตัดสินใจ เพื่อการพัฒนาการศึกษาให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

มทร.อีสาน มีจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาเป็นจำนวนมากกว่า 60 รุ่น แต่ขาดการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ และนำเสนอในเชิงวิเคราะห์ ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญถึงการจัดระเบียบข้อมูลให้เป็นระบบ และการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการศึกษาแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษา ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการรองรับนโยบาย มทร.อีสาน ส่วนการจัดการหลักสูตรและการเรียนการสอนให้เหมาะสมอย่างมีประสิทธิผล

ดังนั้นงานทะเบียนและประมวลผล จึงได้รวบรวมข้อมูลสถิติผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 และวิเคราะห์หาแนวโน้มเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการบริหารการศึกษาของ มทร.อีสาน นครราชสีมา ในอนาคตต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร : ผู้สำเร็จการศึกษา มทร.อีสาน นครราชสีมา

กลุ่มตัวอย่าง : ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มทร.อีสาน นครราชสีมา

2.2 เครื่องมือ

ข้อมูลจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 ได้จากการรวบรวมผ่านระบบบริการการศึกษา [2] ข้อมูลแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 ได้จากการวิเคราะห์แนวโน้มทางสถิติ

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มทร.อีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 จากระบบบริการการศึกษาของ มทร.อีสาน โดยผู้วิจัยนำข้อมูลมาจัดให้อยู่ในรูปแบบตาราง กราฟ

และวิเคราะห์สถิติแนวโน้มจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา [3] ดังสมการที่ (1)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=1}^{n} \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)}{n}} \quad (1)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาในแต่ละปีการศึกษา (คน)

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษา (คน)

n คือ จำนวนข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษา (ปี)

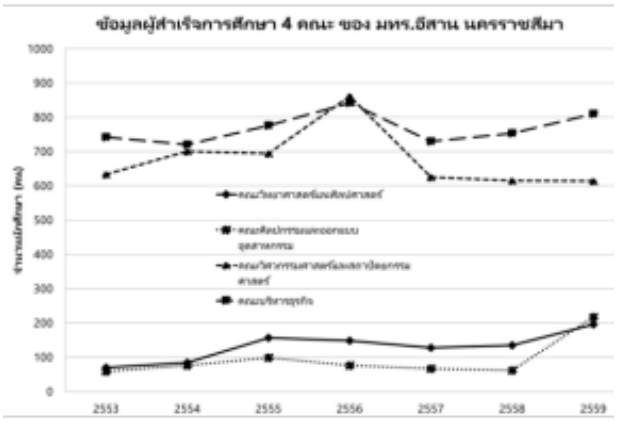
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559

มทร.อีสาน นครราชสีมา ได้ผลิตบัณฑิตให้สำเร็จการศึกษาในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 จาก 4 คณะ ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ โดยแสดงข้อมูลจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 1 แสดงแนวโน้มข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษา 4 คณะของ มทร.อีสาน นครราชสีมา

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559

คณะ	ปีการศึกษา							รวม
	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	
คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์	70	85	157	148	128	135	196	919
คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม	59	76	99	76	67	62	218	657
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์	634	701	695	862	626	615	614	4,747
คณะบริหารธุรกิจ	742	720	776	842	730	753	810	5,373
รวม	1,505	1,582	1,727	1,928	1,551	1,565	1,838	11,696

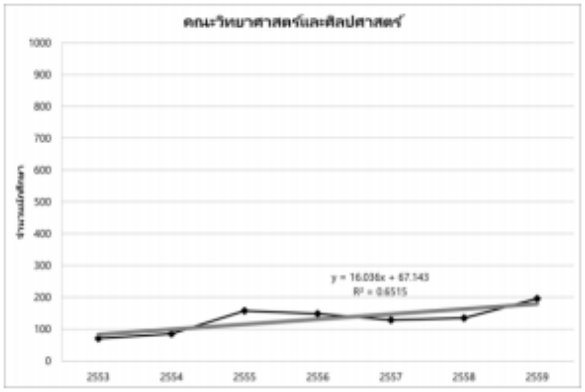


รูปที่ 1 แนวโน้มข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษา 4 คณะของ มทร.อีสาน นครราชสีมา

จากข้อมูลในตารางที่ 1 และรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาจาก 4 คณะ ของ มทร.อีสาน นครราชสีมา โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มีจำนวนผู้สำเร็จการศึกษามากกว่า คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม เนื่องจากในช่วงปีที่รายงานข้อมูล นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มีการเปิดแผนการเรียนมากกว่า และมีการเข้าศึกษาของนักศึกษาเต็มแผนการรับมากกว่า คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม ทั้งนี้รายละเอียดผู้สำเร็จการศึกษาของแต่ละคณะได้อธิบายไว้ดังต่อไปนี้

4.2 ผลการศึกษาจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์

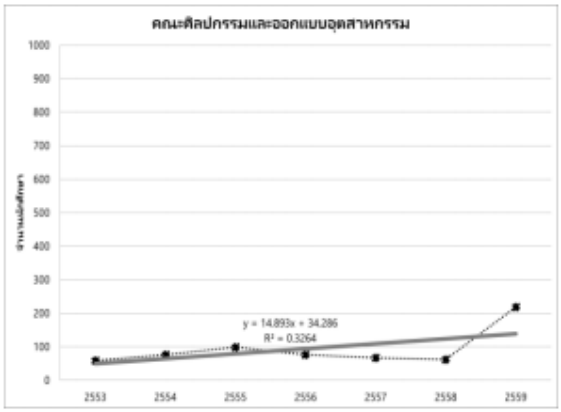
จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับค่าความแปรปรวน $R^2 = 0.65$



รูปที่ 2 แนวโน้มข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์

4.3 ผลการศึกษาจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม

จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับค่าความแปรปรวน $R^2 = 0.33$



รูปที่ 3 แนวโน้มข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม

4.4 ผลการศึกษาจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

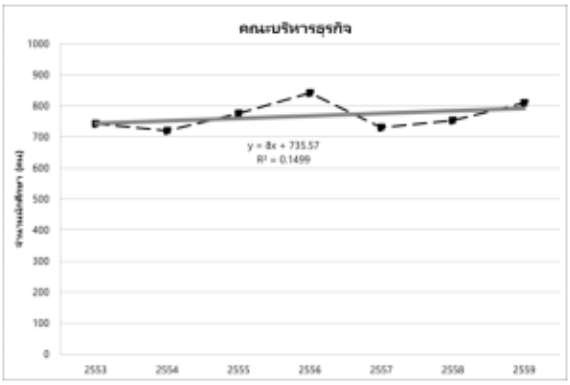
จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับค่าความแปรปรวน $R^2 = 0.07$



รูปที่ 4 แนวโน้มข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

4.5 ผลการศึกษาจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจ

จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับค่าความแปรปรวน $R^2 = 0.15$



รูปที่ 5 แนวโน้มข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาคณะบริหารธุรกิจ

4.6 ผลการศึกษาจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งหมดของ มทร.อีสาน นครราชสีมา

จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งหมดของ มทร.อีสาน นครราชสีมา ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับค่าความแปรปรวน R2 = 0.14



รูปที่ 6 แนวโน้มแนวโน้มข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาทั้งหมดของ มทร.อีสาน นครราชสีมา

5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้พบว่า แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ของ มทร.อีสาน นครราชสีมา เพิ่มขึ้น 3 คณะ ได้แก่ คณะบริหารธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม ส่วนคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาลดลง โดยข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มากกว่า คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม เนื่องจากมีหลักสูตรการเรียนการสอนมากกว่าและจำนวนนักศึกษาที่เข้าศึกษาเต็มแผนการรับ

ส่วนผลการศึกษาจำนวนนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2556 ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากนโยบายการจัดการเรียนการสอนสอดคล้องกับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economics Community, AEC) มทร.อีสาน จึงมีรายงานการสำเร็จการศึกษา 9 ครั้ง ได้แก่ ภาคการศึกษาที่ 1, ภาคการศึกษาที่ 1 [เปลี่ยนระดับคะแนน ม.ส. (I)], ภาคการศึกษาที่ 2, ภาคการศึกษาที่ 2 [เปลี่ยนระดับคะแนน ม.ส. (I)], ภาคการศึกษาฤดูร้อน, ภาคการศึกษาฤดูร้อน [เปลี่ยนระดับคะแนน ม.ส. (I)], ภาคการศึกษาพิเศษ (2 เดือน), ภาคการศึกษาพิเศษ (2 เดือน) [เปลี่ยนระดับคะแนน ม.ส. (I)] และภาคการศึกษาพิเศษ (4 เดือน) ย่อมส่งผลให้จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาเพิ่มขึ้น

นอกจากนั้น ในปีการศึกษา 2559 คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม มีจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจาก มทร.อีสาน นครราชสีมา มีนโยบายการโอนย้ายสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมสาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย และสาขาวิชาการจัดการผังเมือง จากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ไปสังกัดคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม

ทั้งนี้ภาพรวมแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งหมด ของ มทร.อีสาน นครราชสีมา เพิ่มขึ้นในช่วงระหว่างปีการศึกษา 2553–2559

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นครราชสีมา เพิ่มขึ้นในช่วงระหว่างปีการศึกษา 2553–2559 และน่าจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นได้หาก มทร.อีสาน มีการจัดการหลักสูตรการเรียนการสอนพร้อมทั้งรับนักศึกษาให้เต็มแผนการรับอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิผล

6.2 เสนอแนะให้ มทร.อีสาน ควรศึกษาแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาทุกระดับ ทั้งระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก โดยควรลงรายละเอียดการศึกษาถึงระดับหลักสูตร

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณงานทะเบียนและประมวลผล สำหรับข้อมูลสถิติผู้สำเร็จการศึกษา

8. บรรณานุกรม

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สำนักงานอธิการบดี กองนโยบายและแผน. 2559. รายงานประจำปี 2559. สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2561. จาก http://plan.rmuti.ac.th/info_plan/รายงานประจำปี/

[2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 2552. ระบบบริการการศึกษา. สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2561. จาก https://ess.rmuti.ac.th/Rmuti/Registration/.

[3] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554. หลักสถิติ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

การสร้างชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล

The Development of Instructional Packages Entitled the Calculation of Cutting Speed, Spindle Speed and Machining Time.

พงศกร คำภาบุตร*, กรรณิกรณ์ แก้วพิมพ์ และ วัชรพงษ์ นะตะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 หมู่ที่6 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

*ผู้ติดต่อ: pongsakorn26kum@gmail.com, 0857553155

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1)เพื่อสร้างชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล และ 3) เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากกลุ่มทดลองในเรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล การวิจัยในครั้งผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดการสอนที่ประกอบด้วยใบเนื้อหา สื่อการสอนและข้อสอบที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ได้ข้อสอบจำนวน 68 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยนำข้อสอบไปใช้กับกลุ่มควบคุมที่1 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ผ่านการเรียนในเนื้อหาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 10 คน ใช้ในการหาค่าอำนาจจำแนก ความยาก และค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ โดยมีข้อสอบคงเหลือจำนวน 53 ข้อ จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อสอบไปใช้กับกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 20 คน เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ที่ไม่เคยเรียนในเนื้อหาเพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลองในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกลที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.10/80.94 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 60.94 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำหลัก: การพัฒนาชุดการสอน, ประสิทธิภาพของชุดการสอน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The purposes of this study were 1) to develop instructional packages entitled the calculation of cutting speed, spindle speed, and machining time, 2) to examine the efficiency of instructional packages entitled the calculation of cutting speed, spindle speed, and machining time, 3) to find out the learning achievement from the participants in the experimental group about calculation of cutting speed, spindle speed, and machining time. The research instruments in this study were the generated-researcher's instructional packages including task assignments, teaching materials, and 68 items which scrutinized from three experts about Index of Item Objective Congruence (IOC) that piloted with 10 participants in the control group who passed in the course of Academic year 2017 in order to find out discrimination, difficulty, and reliability. Then, 53 completed items were authenticity collected with 20 participants in the experimental group who never learn in the course for comparing with the students' learning achievement before and after learning through the instructional packages. The findings obtained from this study indicated that the instructional packages entitled the calculation of cutting speed, spindle speed, and machining time had an efficiency of 84.10/80.94 which was consistent with the criteria set 80/80 whereas students who learned by the instructional packages entitled the

calculation of cutting speed, spindle speed, and machining time after learning had higher achievement with 60.94 than before learning at the .05 level of statistical significance.

Keywords: The development of instructional package, Instructional package's efficiency, Learning achievement

1. บทนำ

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มีการจัดเรียนการสอนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และระดับปริญญาตรี โดยผู้ที่เข้ามาศึกษาต่อทั้ง 2 ระดับส่วนมากเป็นผู้ที่จบในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.6) ซึ่งยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานวิชาทางช่างอุตสาหกรรม อาทิเช่น วิชาคณิตศาสตร์ช่าง เทคโนโลยีเครื่องมือกล เป็นต้น ซึ่งเนื้อหารายวิชาดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณค่าความเร็วตัด ความเร็วรอบ ความเร็วขอบ คำนวณเวลางานเครื่องมือกล การปฏิบัติงานเครื่องมือกลต่างๆ เป็นต้น จากการศึกษาข้อมูลโดยการสังเกต สอบถาม และสืบค้นข้อมูลย้อนหลังเกี่ยวกับระดับคะแนนของผู้ที่เคยศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (ระหว่างปีการศึกษา 2556-2558) พบว่ายังขาดความรู้ความเข้าใจในการคำนวณงานเครื่องมือกล ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณงานดังกล่าวจะต้องนำไปใช้งานในการปรับตั้งค่าความเร็วรอบ อัตราป้อน หรืออื่นๆของเครื่องมือกลให้มีความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกับลักษณะงาน

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยฐานะที่รับผิดชอบในรายวิชา คำนวณงานเครื่องกล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ได้มองเห็นปัญหาจากการจัดการเรียนการสอน จึงมีแนวความคิดที่จะสร้างชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และความเร็วขอบ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบการสอนสำหรับผู้สอนในรายวิชา เทคโนโลยีเครื่องมือกล 1 และ 2 การคำนวณงานเครื่องมือกล และอื่นๆ หรือใช้เป็นแหล่งในการค้นคว้าข้อมูลในรูปแบบของการเรียนรู้ด้วยตนเองทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล

2.3 เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากกลุ่มทดลองในเรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล

3. สมมุติฐาน

3.1 ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพการเรียนอยู่ในเกณฑ์ 80/80 ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 ผู้เรียนที่ใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ไม่ได้ใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย

4.1 ชุดการสอน หมายถึง ชุดการสอนที่สร้างประกอบด้วย ใบเนื้อหา สื่อประกอบการสอน (แผนภาพ การเลือกใช้ความเร็ว สื่อภาพนิ่ง อื่นๆ) แบบฝึกหัดระหว่างเรียน แบบฝึกหัดหลังเรียน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด

ความเร็วรอบ ความเร็วขอบและเวลางานเครื่องมือกล สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

4.2 นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

4.3 ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง การทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างขึ้น โดยการทดลองกับนักศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างผลของการทำแบบทดสอบหลังเรียน และ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง

4.4 เกณฑ์กำหนด 80/80 หมายถึง ผลประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้าง โดย 80 ตัวแรก (E1) หมายถึงค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมดที่ตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80 และ โดย 80 ตัวหลัง (E2) หมายถึงค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมดที่ตอบคำถามแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80

4.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลระดับความรู้ของกลุ่มทดลองที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอนโดยใช้ชุดแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินโครงการสร้างชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล มีวิธีการดำเนินโครงการวิจัยดังนี้

5.1 กำหนดประชากรและกลุ่มทดลอง

5.1.1 ประชากรในการวิจัยในครั้งนี้ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเทคโนโลยีเครื่องมือกลหรือการคำนวณงานเครื่องมือกล เรื่องการคำนวณความเร็วตัดความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล ภาคเรียนที่ 1และ2 ปีการศึกษา 2560 ในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

5.1.2 กลุ่มทดลองในการวิจัยในครั้งนี้ใช้กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำนวน 2 กลุ่มดังนี้

1) กลุ่มควบคุมเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 10 คน ที่เคยเรียนรายวิชาเทคโนโลยีเครื่องมือกลหรือการคำนวณงานเครื่องมือกล เรื่องการคำนวณความเร็วตัดความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล มาแล้วเพื่อใช้ในการหาคุณภาพของข้อสอบของชุดการสอนที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม โดยวิธีนำข้อสอบมาทดสอบกับนักศึกษาทั้ง 10 คนแล้วนำผลทดสอบมาวิเคราะห์ 27% ดังนี้ นักศึกษากลุ่มเก่งสอบได้คะแนนสูงสุดนับลงมา 27% เป็นจำนวน 3 คน นักศึกษากลุ่มอ่อนสอบได้คะแนนต่ำสุดนับขึ้นมา 27% เป็นจำนวน 3 คน นักศึกษาส่วนที่เหลือ 4 คนจัดอยู่ในกลุ่มปานกลาง

2) กลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 20 คนที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเทคโนโลยีเครื่องมือกลหรือการคำนวณงานเครื่องมือกล เรื่องการคำนวณความเร็วตัดความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล **ที่ใช้**ชุดการสอนที่สร้างขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลองในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

5.2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

1) ชุดการสอนเรื่องเรื่องการคำนวณความเร็วตัดความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล ประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียน คือ งานเลื่อยกล งานกัด งานกลึง งานเจาะ งานเจียระไน

2) แบบทดสอบ

5.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัดความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล

5.3 ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

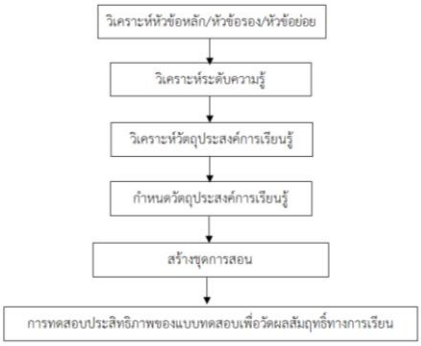
1) ชุดการสอนเรื่องการคำนวณความเร็วตัดความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล คือเครื่องมือที่สร้างขึ้นประกอบด้วย ใบเนื้อหา สื่อการเรียนการสอน แบบทดสอบ

5.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

5.4 ขั้นตอนการสร้างและการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือสำหรับที่ใช้ในการวิจัย [1-6]

การสร้างชุดการสอน ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

1) การวิเคราะห์หัวข้อหลัก/หัวข้อรองการวิเคราะห์หัวข้อหลักคือ การศึกษาหัวข้อหลักจากลักษณะรายวิชา เพื่อที่จะนำมาทำการกำหนดหัวข้อหลักและทำการวิเคราะห์หัวข้อรองในลำดับต่อไป การวิเคราะห์หัวข้อรองคือ การแยกย่อยหรือระบุรายละเอียดของหัวข้อหลักให้มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร ดังแสดงรายละเอียดของหัวข้อหลัก/หัวข้อรอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่1 แสดงผลการวิเคราะห์หัวข้อหลัก/หัวข้อรอง

ลำดับ	หัวข้อหลัก	หัวข้อย่อย
1	งานเลื่อยกล	1.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานเลื่อยกล
		1.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานเลื่อยกล
2	งานเจาะ	2.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจาะ
		2.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานเจาะ
		2.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจาะ
3	งานกลึง	3.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานกลึง
		3.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานกลึง
		3.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกลึง
		3.4 การคำนวณหาเวลาในงานกลึง
4	งานกัด	4.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานกัด
		4.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานกัด
		4.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกัด
		4.4 การคำนวณหาเวลางานในงานกัด
5	งานเจียระไน	5.1 การคำนวณหาค่าความเร็วขอบในงานเจียระไน
		5.2 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจียระไน
		5.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจียระไน

2) วิเคราะห์ระดับความรู้คือ การวิเคราะห์ความรู้ของผู้เรียนหลังการเรียนการสอน โดยผู้สอนหวังจะให้ผู้เรียนมีความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์ระดับความรู้ของผู้เรียนที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ความรู้ของผู้เรียน

หัวข้อหลัก/หัวข้อรอง	ความรู้	ระดับความรู้		
		R	A	T
1. งานเลื่อยกล	1. งานเลื่อยกล			
1.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานเลื่อยกล	1.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานเลื่อยกล		✓	
1.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานเลื่อยกล	1.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานเลื่อยกล		✓	
2. งานเจาะ	2. งานเจาะ			
2.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจาะ	2.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจาะ		✓	
2.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานเจาะ	2.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานเจาะ		✓	
2.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจาะ	2.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจาะ		✓	
3. งานกลึง	3. งานกลึง		✓	
3.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานกลึง	3.1 บอกคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานกลึง			
3.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานกลึง	3.2 คำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานกลึง		✓	
3.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกลึง	3.3 คำนวณหาอัตราป้อนในงานกลึง		✓	
3.4 การคำนวณหาเวลาในงานกลึง	3.4 คำนวณหาเวลาในงานกลึง		✓	
4. งานกัด	4. งานกัด		✓	
4.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานกัด	4.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานกัด			
4.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานกัด	4.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานกัด		✓	
4.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกัด	4.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกัด		✓	
4.4 การคำนวณหาเวลางานในงานกัด	4.4 การคำนวณหาเวลางานในงานกัด		✓	
5. งานเจียระไน	5. งานเจียระไน			
5.1 การคำนวณหาค่าความเร็วขอบในงานเจียระไน	5.1 คำนวณหาค่าความเร็วขอบในงานเจียระไน		✓	
5.2 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจียระไน	5.2 คำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจียระไน		✓	
5.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจียระไน	5.3 คำนวณหาเวลาในงานเจียระไน		✓	

3) การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้ การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ คือ การกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกหลังจากเรียนรู้ผ่านไปแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้

หัวข้อหลัก/หัวข้อรอง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้
1. งานเลื่อยกล	1. งานเลื่อยกล
1.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานเลื่อยกล	1.1 คำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานเลื่อยกลได้อย่างถูกต้อง
1.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานเลื่อยกล	1.2 คำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเลื่อยกลได้อย่างถูกต้อง
2. งานเจาะ	2. งานเจาะ
2.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจาะ	2.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจาะ
2.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานเจาะ	2.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานเจาะ
2.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจาะ	2.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจาะ
3. งานกลึง	3. งานกลึง
3.1 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานกลึง	3.1 บอกคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานกลึง
3.2 การคำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานกลึง	3.2 คำนวณหาค่าความเร็วตัดในงานกลึง
3.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกลึง	3.3 คำนวณหาอัตราป้อนในงานกลึง
3.4 การคำนวณหาเวลาในงานกลึง	3.4 คำนวณหาเวลาในงานกลึง
4. งานกัด	4. งานกัด
4.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานกัด	4.1 การคำนวณความเร็วตัดในงานกัด
4.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานกัด	4.2 การคำนวณความเร็วรอบในงานกัด
4.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกัด	4.3 การคำนวณหาอัตราป้อนในงานกัด
4.4 การคำนวณหาเวลางานในงานกัด	4.4 การคำนวณหาเวลางานในงานกัด
5. งานเจียระไน	5. งานเจียระไน
5.1 การคำนวณหาค่าความเร็วขอบในงานเจียระไน	5.1 คำนวณหาค่าความเร็วขอบในงานเจียระไน
5.2 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจียระไน	5.2 คำนวณหาค่าความเร็วรอบในงานเจียระไน
5.3 การคำนวณหาเวลาในงานเจียระไน	5.3 คำนวณหาเวลาในงานเจียระไน

4) สร้างชุดการสอน หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์หัวข้อหลัก หัวข้อรอง ระดับความรู้ของผู้เรียนและวัตถุประสงค์ เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงได้จัดสร้างเนื้อหาสื่อการสอน และแบบฝึกหัด ที่ผ่านการรวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆและวิเคราะห์ให้มีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน

5) การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการทดสอบแบบอิงเกณฑ์แบบปรนัยชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 68 ข้อ โดยดำเนินการสร้างดังนี้ [7-8]

5.1) ศึกษาการสร้างแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ วิธีการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ

5.2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

5.3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องแล้วไปทดลองกับกลุ่มทดลองที่ผ่านการเรียนเนื้อหาที่ใช้ในการทดลองมาแล้ว จำนวน 10 คน

5.5) การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของบทเรียน ใช้วิเคราะห์ผลหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หาค่าระดับความยากง่ายของข้อสอบ (P) ค่าอำนาจจำแนกของ (D) ข้อสอบและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20)

5.5.1) วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ โดยการหาความยากง่าย (P) โดยใช้สูตร

$$p = (H+L)/N \qquad (1)$$

เลือกความยากง่ายของข้อสอบแต่ละควรอยู่ระหว่าง 0.20-0.80

5.5.2) หาค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตร

$$D = \frac{PH - PL}{N/2} \qquad (2)$$

เมื่อ P แทนความยากง่ายของข้อสอบ

D แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

PHแทนจำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

PLแทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

Nแทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

5.5.3) ค่าความเที่ยงโดยใช้สูตร KR-20 ดังต่อไปนี้

$$r_{tt} = \left[\frac{s_x^2 - \sum pq}{s_x^2}\right] \quad (3)$$

$$s_x^2 = \frac{k\sum X^2 - (\sum x)^2}{k(k-1)} \quad (4)$$

เมื่อr_{tt}แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

P แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ

s_x^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวม

5.5 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยต้องเก็บรวบรวมข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยตนเองโดยมีขั้นตอนดังนี้

5.5.1 ดำเนินการนำคะแนนเฉลี่ยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเทคโนโลยีเครื่องมือกลหรือการคำนวณงานเครื่องมือกลเรื่องการคำนวณความเร็วตัดความเร็วรอบและเวลางานเครื่องมือกล ในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่นมาวัดพื้นฐานความรู้ โดยใช้สถิติทดสอบ t-test แบบ Independent วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย เพื่อทดสอบความเท่าเทียมกันข้อมูลกลุ่มทดลอง

5.5.2 ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้น

5.5.3 ดำเนินการสอนตามแผนการสอนที่สร้างขึ้นทั้งหมด โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตัวเอง ดังนี้ ในแต่ละคาบเรียนที่ใช้แผนการสอน จะมีทดลองหลังเรียนแต่ละหน่วยโดยเอาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นแต่ละหน่วยมาทดสอบ

5.5.4 ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) หลังเรียน 1 สัปดาห์ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้น

5.5.5 นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนแต่ละบทไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน (E1=80 ตัวแรก) โดยคิดเป็นร้อยละและแบบทดสอบหลังเรียนไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน (E2=80 ตัวหลัง) โดยคิดเป็นร้อยละ

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

5.6.1 ข้อมูลจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

1) การหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความคลาดเคลื่อน (SE.) ของคะแนนทดสอบหลังเรียน

2) หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เมื่อหาค่าก่อนเรียนและหลังเรียนแล้วจะต้องหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของทั้งสองด้วยเพื่อที่จะใช้ตรวจสอบความใกล้กันทั้งสองค่าซึ่งไม่น่าจะมีความใกล้กันหากบทเรียนนั้นสร้างขึ้นมาอย่างมีผลสัมฤทธิ์มากกว่า 60 ขึ้นไป

3)การหาประสิทธิภาพของแผนการสอนแบบแก้ปัญหาแบบเปิด ใช้สูตร E_1/E_2 หมายถึงประสิทธิภาพของบทเรียนโดยพิจารณาจากประสิทธิภาพของแผนการสอนระหว่างกระบวนการเรียนและประสิทธิภาพของแผนการสอนหลังกระบวนการเรียนตามเกณฑ์ 80/80 คิดคะแนนเฉลี่ยร้อยละ

4) ประสิทธิผลทางการเรียนของผู้เรียน ใช้สูตร $E_{post} - E_{pre}$ โดยการเปรียบเทียบประสิทธิผลการ

เรียนรู้ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 60

5) สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและก่อนเรียน โดยใช้ t-Test แบบ dependent

6. ผลการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ประเมินผลโดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งผลของการวิจัยประกอบด้วย

6.1 การวิเคราะห์หาความเที่ยงตรงของข้อสอบ

6.1.1 เป็นการนำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาทำการวิเคราะห์หาค่า IOC โดยการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อ ถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าใช้ได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์จากข้อสอบทั้งหมด 68 ข้อ สามารถสรุปได้ว่ามีข้อสอบที่ใช้ได้ 68 ข้อ ซึ่งครอบคลุมวัตถุประสงค์

6.1.2 นำข้อสอบที่ใช้ได้ไปทดสอบกับกลุ่มทดลอง 10 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกความยากง่ายซึ่งได้ผลคือข้อสอบที่ใช้ได้ 53 ข้อ และข้อสอบที่ตัดทิ้ง 15 ข้อ ซึ่งข้อสอบแต่ละข้อจะแสดงค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ (KR20) จากโปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบ

6.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียน

วิธีดำเนินการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างขึ้นโดยนำบทเรียนไปทดลองกับกลุ่มทดลอง 20 คน ที่เลือกไว้คือนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ไม่เคยเรียนในรายวิชางานเครื่องมือกลเบื้องต้นมาก่อนโดยมีขั้นตอนดังนี้

6.2.1 นำแบบทดสอบก่อนเรียนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างด้วยบทเรียนชุดการสอนที่สร้างขึ้นโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนในรายวิชาการคำนวณงานเครื่องมือกล และกลุ่มทดลองกลุ่มนี้เป็นกลุ่มทดลองที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนคือนักศึกษาไม่เคยเรียนในรายวิชานี้มาก่อน จำนวน 20 คน ซึ่งจากการทดสอบของนักเรียนศึกษา 20 คน ทำข้อสอบ 53 ข้อ ได้คะแนนรวม 858 คะแนน ค่าเฉลี่ย 43 คะแนน คิดเป็นคะแนนร้อยละ 80.94

6.2.2 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หา E1/E2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ของประสิทธิภาพของบทเรียนคือ 80/80 ซึ่งในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนโดยการนำผลของการทดสอบหลังหน่วยการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน จากทั้ง 5 หน่วยการเรียนซึ่งผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างเรียน

หน่วยการเรียนที่	จำนวนข้อสอบ	คะแนนรวมแต่ละหน่วยการเรียนของผู้เรียนจำนวน 20	ประสิทธิภาพจากการทดสอบระหว่างเรียนของแต่ละหน่วยการเรียนคิดเป็นร้อยละ
1	6	94	78.33
2	18	313	86.94
3	13	227	87.31
4	12	214	89.17
5	4	63	78.75
รวม	53	911	85.94
ประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างเรียน E_1			84.10

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างเรียน ของแต่แต่ละหน่วยการเรียน E1 จากตาราง พบว่าเมื่อพิจารณาทั้ง 5 หน่วยการเรียน พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างเรียนมีค่าเท่ากับ 84.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 80

ตารางที่ 5 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนหลังเรียน

รายการ	จำนวน
จำนวนผู้เรียนทั้งหมด	20
คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน (จากข้อสอบ 53 ข้อ)	1,060
คะแนนรวมของผู้เรียนทั้งหมดจากแบบทดสอบหลังเรียน (จากข้อสอบ 53)	858
ประสิทธิภาพของบทเรียนหลังเรียน E_2	80.94

จากตารางที่ 5 สำหรับผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนหลังเรียน E2 จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 20 คน มีคะแนนเต็มจากการทดสอบหลังเรียนมีค่า 858 คะแนน พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 80.94 ดังนั้นผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนชุดการสอนเรียนเรื่องงานกัดมีค่า (E1/E2) คือ 84.10/80.94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80

6.3 การทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาผลสมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน จากบทเรียนชุดการสอนเป็นการเปรียบเทียบผลต่างของผลการสอบหลังเรียนกับผลการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการหาค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

ผลที่ได้จาก	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)	212	20.00	2.60	60.94
แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test)	858	80.94	2.95	

จากตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน มีค่าเท่ากับ 212 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 2.60 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 80.94 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.95 และเมื่อนำผลทดสอบก่อนเรียนและผลทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนด้วยบทเรียนชุดการสอนเรื่องงานกัดมาเปรียบเทียบหาความต่างพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 60.94 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ T-Test (dependent) พบว่าค่าทดลองที่คำนวณได้เท่ากับ 32.040 ดังนั้นสรุปได้ว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่.05 ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลที่ได้จาก	$\bar{x}$	SD.	t-test	sig
ทดสอบก่อนเรียน	10.60	2.60	32.040	0.00
ทดสอบหลังเรียน	42.9	2.95		

7 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล ประกอบด้วยหน่อยการเรียน 5 หน่วยการเรียน มีประสิทธิภาพของบทเรียนชุดการสอน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และระดับเจตคติของผู้เรียนตรงตามผลการวิจัย จากผลการวิจัยแสดงว่า

7.1.1 ชุดการสอนเรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกลมีประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างเรียน (E_1) มีค่าเท่ากับ 84.10 และประสิทธิภาพของบทเรียนหลังเรียน (E_2) มีค่าเท่ากับ 80.94 แสดงให้เห็นได้ว่าประสิทธิภาพของบทเรียนชุดการสอนเรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ 80/80

7.1.2 สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 20.00 และหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.94 จะเห็นได้ว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 60.94 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง[9-10]

8. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

8.1 บทเรียนชุดการสอนเรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เรียนได้ ใช้เป็นสื่อประกอบการสอนของอาจารย์ในแผนกสาขาวิชา และเป็นสื่อประกอบการเรียนของผู้เรียน หรือใช้เป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง จะทำให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เรียน สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาอื่นๆ ได้อีกด้วย

8.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนชุดการสอน เรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล จะสูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ไม่ได้อยู่ที่บทเรียนชุดการสอนเพียงอย่างเดียว หากแต่ขึ้นกับองค์ประกอบหลายๆ อย่างรวมกันอาทิ อาจารย์ผู้สอน ผู้เรียน โดยเฉพาะอาจารย์ผู้สอนก็ต้องแนะนำการใช้บทเรียนชุดการสอน และประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับผู้เรียนได้เข้าใจในเนื้อหาบทเรียนตอลดจนการใช้ชุดการสอน ซึ่งถ้าหากทุกอย่างลงตัวก็จะทำให้บทเรียนชุดการสอนเรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกลด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ ได้รวมทั้งสามารถที่จะนำไปพัฒนาให้มีประโยชน์ต่อผู้สนใจในบทเรียนชุดการสอนอื่นๆ ได้เป็น อย่างดีและเพื่อประโยชน์ต่อการเรียนการสอนต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุกภาคส่วนที่สนับสนุนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัยโครงการสร้างชุดการสอนเรื่องการคำนวณความเร็วตัด ความเร็วรอบ และเวลางานเครื่องมือกล ให้สำเร็จลุล่วง อาทิเช่น ผู้เชี่ยวชาญ คณะผู้บริหาร อาจารย์ประจำหลักสูตร และนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ทุกคนที่ช่วยเหลือในเรื่องต่างๆทั้งกำลังใจ และข้อเสนอแนะ และงานวิจัยโครงการนี้จะสำเร็จผลไม่ได้ถ้าขาดการสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ”

10. เอกสารอ้างอิง

[1] พงศกร คำภาบุตร (2559). หลักและวิธีการสอน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น. เอกสารอัดสำเนา.

[2] ชะลอ การทวี (2558). งานเครื่องมือกลเบื้องต้น. กรงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, หน้า 205-240.

[3] อำนาจ ทองแสน (2559). ทฤษฎีเครื่องมือกล. กรุงเทพมหานคร:ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[4] สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์ (2526). การสอนทักษะภาคปฏิบัติ, กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[5] สุราษฎร์ พรมจันทร์ (2552). การพัฒนาหลักสูตรรายวิชา.พิมพ์ครั้งที่2, กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] สุราษฎร์ พรมจันทร์ (2548). ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. กรุงเทพมหานคร:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[7] บุญชม ศรีสะอาด (2556),การวิจัยเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 9.กรุงเทพมหานคร:สุวีริยาศาสตร์.

[8] สมบัติ ท้ายเรือดำ (2546) การวิจัยการศึกษาเบื้องต้น ,มหาสารคาม : ภาควิชาการวัดผลและการวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[9] วสันต์ ภู่รัสมี (2550). ชุดการสอนเครื่องมือกลเบื้องต้น.วิทยานิพนธ์วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[10] จิรศักดิ์ วิตตะและอัษฎาวุธ ปิยะนันท์ (2552).การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การใช้งาน PLC SIEMENS S7-300.ประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 2 , 9-11 กรกฎาคม 2552 , หน้า100-106.

ทัศนผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์

Attitude toward teaching in Hydraulic Engineering

สมพินิจ เหมืองทอง*

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

*Somphinith.mu@rmuti.ac.th, 081-967-3190

บทคัดย่อ

การวิจัยโดยใช้การแลกเปลี่ยนทัศนผู้เรียนและผู้สอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ พบว่านักศึกษามีทัศนที่ดีมากต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ทั้งวิธีสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และเนื้อหาที่สอน ส่วนทัศนต่อตัวผู้เรียนเองกลับมีทัศนที่ดีน้อย นอกจากนั้นการแลกเปลี่ยนทัศนทำให้ทราบว่าผู้เรียนยังขาดความเข้าใจในเนื้อหารายวิชาพื้นฐานก่อนการเรียนในรายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ สะท้อนให้เห็นถึงภาพรวมการจัดการเรียนการสอนของสาขาที่ยังขาดผลสัมฤทธิ์ในรายละเอียดการจัดการหลักสูตร ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของผู้เรียน ทั้งที่ผู้สอนได้จัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยจัดให้มีเอกสารประกอบการเรียนการสอน จัดให้มีการซักถามทำความเข้าใจ และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ รวมถึงการแสดงภาพเคลื่อนไหวพร้อมแสดงตัวอย่างเนื้อหาการเรียนทุกครั้ง แต่ผลการเรียนในภาพรวมของผู้เรียนยังคงอยู่ต่ำกว่าระดับที่ควรจะได้ งานวิจัยนี้ทำให้พบว่ายังมีตัวแปรอื่นที่สำคัญต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยเฉพาะกระบวนการถ่ายทอดรายละเอียดเนื้อหารายวิชาก่อนเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ซึ่งควรได้มีการทำวิจัยต่อไป

คำหลัก: ทัศนผู้เรียน, วิศวกรรมชลศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The result of the study on the exchanging perspectives between students and lecture in Hydraulic Engineering subject was shown good exchanging perspectives both in classroom activities and in contents of the subject. In contrast, there were less students' perspectives themselves. The exchanging perspectives between students and lecture in Hydraulic Engineering subject were revealed that students' lack of understanding the basic knowledge of Hydraulic Engineering subject. It can be reflected that there was inefficiency in classroom management though the lecturer was well prepared and suitable for the materials, teaching methods, and activities. Moreover, the overall of students' learning outcomes was in low level and in this research, the other factor affected in the development of teaching and learning in Hydraulic Engineering subject in term of the detail of the contents in previous subject so that it should be conducted in further research.

Keywords: Attitude, Hydraulic Engineering, Education efficiency

1. บทนำ

สถาบันอุดมศึกษามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เป็นแหล่งบ่มเพาะความรู้ทางวิชาการและผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพ ซึ่งผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มีวิสัยทัศน์ที่จะผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติทางด้านวิชาชีพเพื่อพัฒนาชุมชนและสังคม โดยมีการจัดการเรียนการสอน 4 คณะ ได้แก่ วิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ บริหารธุรกิจ ศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม และวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และจินตนาการบนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นกระบวนการพัฒนาการสอนของอาจารย์ให้ดีขึ้น เพื่อให้มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับสูง และเป็นกลไกหนึ่งที่จะช่วยประกันว่าบัณฑิตมีความสามารถทำงานที่ตรงตามความต้องการของสังคม

เพื่อการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์มีประสิทธิภาพ ผู้สอนจึงได้จัดให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งเนื้อหาและสิ่งแวดล้อมด้านการเรียนการสอน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาความสนใจการเรียน ทั้งนี้เพื่อจะได้นำผลการวิจัยที่ได้รับไปช่วยปรับปรุงและทำให้ผู้เรียนมีทัศนที่ดีต่อการเรียนและการสอนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีสูงสุดตามมาด้วย

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาทัศนของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน (2) ด้านเนื้อหา และ (3) ด้านความพร้อมของผู้เรียน

3. การจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์

วิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ (Hydraulic Engineering) เป็นวิชาชีพบังคับ [1] ซึ่งบรรจุอยู่ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ซึ่งสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาได้รับผิดชอบการจัดการเรียนการสอน โดยรับนักศึกษาจากผู้จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือเทียบเท่า เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร 4 ปี ทั้งนี้ 1 ปีการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 ภาคการศึกษาปกติ และแต่ละภาคการศึกษาจะถูกจัดให้มีการเรียนการสอน 17 สัปดาห์ รวมการสอบกลางภาคและปลายภาค

การเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจถึงการประยุกต์ใช้หลักการของกลศาสตร์ของไหลเพื่อใช้ในการศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับงานทางวิศวกรรมชลศาสตร์ การไหลในระบบท่อ วอเตอร์แฮมเมอร์ ปั๊มและเทอร์ไบน์ การไหลในทางน้ำเปิดและการออกแบบอ่างเก็บน้ำ เขื่อน ทางระบายน้ำล้น แบบจำลองทางชลศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาจึงได้จัดให้มีการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษา 3 หน่วยกิต เวลาเรียนทฤษฎี 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และนักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนอกเวลา 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ทั้งนี้ก่อนนักศึกษาจะสามารถลงทะเบียนเพื่อศึกษาในรายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ นักศึกษาจำเป็นต้องผ่านการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาชลศาสตร์และวิชาอุทกวิทยาก่อน ซึ่งเป็นข้อบังคับตามหลักวิชาชีพวิศวกรรมโยธา ของสภาวิศวกร

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การทำให้เสร็จ (Accomplishment) การเข้าถึงความรู้ (Knowledge Attained) และการพัฒนาทักษะในการเรียน [2] ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากคะแนนสอบที่กำหนดให้ หรือคะแนนที่ได้จากงานที่ได้รับมอบหมาย หรืออาจหมายถึง

ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่อาศัยความพยายามอย่างมากทั้งทางร่างกายและสติปัญญา ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นความสำเร็จที่ได้จากการเรียน โดยอาศัยความสามารถเฉพาะบุคคล ร่วมกับกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่น การสังเกต หรือการตรวจการบ้าน โดยอีกหนึ่งความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือความสำเร็จในการพยายามเข้าถึงความรู้ เกิดจากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ความพยายามนั้นเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบด้านสติปัญญาและด้านที่ไม่ใช่สติปัญญา ซึ่งสามารถแสดงออกในรูปของคะแนน โดยสังเกตได้จากการวัดหรือการทดสอบทั่วไป

4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาความสนใจการเรียน

ปัจจัยต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาทั้งด้านสติปัญญาและด้านที่ไม่ใช่สติปัญญา เป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายรวมถึง ผู้เรียน ผู้สอน และองค์ประกอบอื่นๆ เช่น สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางสถานศึกษา [3]

โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ (1) ปัจจัยที่เกี่ยวกับพฤติกรรมทางพุทธพิสัย เป็นการเรียนรู้ที่จำเป็นต่อการเรียนและมีมาก่อนเรียน ได้แก่ ความถนัดและพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน (2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านจิตพิสัย เป็นสภาพที่ผู้เรียนแสดงออกเมื่อได้เรียน ได้แก่ ความสนใจและเจตคติต่อวิชาที่เรียน (3) คุณภาพการสอน หมายถึง ประสิทธิภาพซึ่งผู้เรียนได้รับผลสำเร็จในการเรียนรู้ ได้แก่ การได้รับคำแนะนำ การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน การเสริมแรงผู้สอน และการแก้ไขข้อผิดพลาด

4.2 กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ

กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (Thai Qualification for Higher Education, TQF) เป็นกรอบที่แสดงคุณวุฒิการศึกษาระดับอุดมศึกษาของประเทศ ซึ่งประกอบด้วยระดับคุณวุฒิ ความเชื่อมโยงต่อเนื่องจากคุณวุฒิระดับหนึ่งไปสู่ระดับที่สูงขึ้น การแบ่งสายวิชา มาตรฐานผลการเรียนรู้ของแต่ละระดับคุณวุฒิ ปริมาณการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเวลาที่ต้องใช้ ลักษณะของหลักสูตรในแต่ละระดับคุณวุฒิ การเปิดโอกาสให้เทียบโอนผลการเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต รวมทั้งกลไกที่ให้ความมั่นใจในประสิทธิผลการดำเนินงานตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติว่าสามารถผลิตบัณฑิตให้บรรลุคุณภาพตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ [4]

4.3 บทบาทของอาจารย์ผู้สอน

ผู้สอนควรศึกษามาตรฐานผลการเรียนรู้ ทั้งด้านคุณธรรม จริยธรรม ความรู้ ทักษะทางปัญญา ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ รวมถึงทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อจัดการเรียนการสอนตาม TQF การจัดการเรียนการสอนผู้สอนต้องคำนึงถึงการพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียน วิธีการสอน และวิธีการประเมินผล ซึ่งควรยึดหลักการพัฒนาคุณลักษณะของผู้เรียนที่ระบุในหลักสูตร โดยชี้ให้เห็นวิธีการสอนและกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนาคุณลักษณะเหล่านั้น โดยมุ่งพัฒนาผู้เรียนตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ [5] ดังนั้นการจัดการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ภายใต้กรอบแนวคิด มคอ.3 [6]

ผลการเรียนรู้ หมายถึง สิ่งที่พัฒนาขึ้นในตัวผู้เรียนทั้งจากการเรียนในห้อง กิจกรรมในและนอกหลักสูตร ปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนอื่น และผู้สอน ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ศึกษา ผลการเรียนรู้ต้องวัดได้ และครอบคลุมถึงสาระความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ทักษะหรือความสามารถในการนำความรู้ไปใช้พัฒนา พฤติกรรม เจตคติ แนวคิด ความเชื่อ และอุปนิสัย เนื่องจากผู้จบการศึกษาทุกคน ต้องมีผลการเรียนรู้เป็นอย่างน้อย เพื่อเป็นมาตรฐานขั้นต่ำทุกสถาบันอุดมศึกษา

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร: นักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2560

กลุ่มตัวอย่าง: ใช้วิธีการสุ่มแบบไม่เจาะจงจากนักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2560

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การจัดกระบวนการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยผู้สอนจัดทำเอกสารประกอบการสอนทั้งหมด 15 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งประกอบด้วยแผนการสอน เนื้อหา และสื่อการสอน

การศึกษาทัศนของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการแลกเปลี่ยนทัศนของผู้เรียนกับผู้สอน ด้วยการพูดคุย และการจัดทำแบบถามตอบ

5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังเสร็จสิ้นการเรียนการสอนทุกครั้ง ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนพูดคุยซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ถึงทัศนของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยใช้การพูดคุย และการจัดทำแบบถามตอบเพื่อศึกษาทัศนของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ แล้วสรุปเป็นรายละเอียดทัศนของผู้เรียน เพื่อการนำไปพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ต่อไป

6. ผลการศึกษา

ผู้เรียนได้ให้ความสนใจที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตอบคำถาม และซักถามผู้ทำวิจัย ทำให้ได้ผลทัศนของผู้เรียนเพื่อพัฒนาความสนใจในการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ด้านวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน เนื้อหา และความพร้อมของผู้เรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) เมื่อนึกถึงวิศวกรรมชลศาสตร์ ผู้เรียนให้ทัศนถึง (1) การออกแบบสิ่งก่อสร้าง เช่น เขื่อน ทางระบายน้ำ การวางระบบท่อ (2) อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับน้ำ เช่น ปั๊มน้ำ (3) สถานที่เก็บกักน้ำ เช่น เขื่อน ฝ่ายน้ำล้น อ่างเก็บน้ำ แก้มลิง และ (4) ประโยชน์ของน้ำ เช่น นำไปผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้อุปโภคบริโภค และทำการเกษตร เป็นต้น

2) ทัศนผู้เรียนไปในแนวทางที่ดีต่อวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ถึงประโยชน์ในชีวิตประจำวัน สามารถช่วยแก้ไขปัญหาทางชลศาสตร์ เล็งเห็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3) ทัศนผู้เรียนที่มีต่อเนื้อหารายวิชาก่อนเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ว่ามีอิทธิพลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์อย่างมาก เนื่องจากเป็นพื้นฐานของการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยผู้เรียนให้ทัศนส่วนตัวว่าการเรียนเนื้อหารายวิชาก่อน เช่น วิชาชลศาสตร์ และวิชาอุทกวิทยา ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหารายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์มากขึ้น แต่หากเรียนไม่ผ่านในรายวิชาที่เรียนก่อนก็จะไม่สามารถเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ได้ดี เพราะมีเนื้อหามากและยากต่อการทำความเข้าใจ แต่ก็มีผู้เรียนบางคนมีทัศนถึงบางรายวิชาก่อนเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ว่าไม่ได้ถูกนำมาใช้ในการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์

4) ทัศนนักศึกษาที่มีต่อผู้สอน ว่าเป็นปัจจัยหลักต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ในหลายองค์ประกอบ ซึ่งผู้สอนควรเฉลยการบ้านและทบทวนความรู้ที่เรียนผ่านมาแล้วจะทำให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น ผู้สอนไม่ควรสอนเร็วเกินไปซึ่งจะทำให้เรียนไม่ทันและขาดความเข้าใจ ส่วนการใช้สื่อการสอน รูปภาพ และ VDO จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถจินตนาการได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้

ผู้เรียนได้แสดงทัศนถึงการแต่งกายของผู้สอน ว่าไม่มีผลต่อการเรียนการสอนแต่อย่างใด

5) เรื่องทันเหตุการณ์ปัจจุบันของผู้สอน ผู้เรียนแสดงทัศนว่ามีผลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ เนื่องด้วยสามารถช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์จากรูปธรรมสู่นามธรรม และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ เทคนิค วิธีการต่างๆ รวมถึงวัสดุใหม่ๆ ที่มีมากและหลากหลายเพิ่มมากขึ้น

6) ทัศนผู้เรียนชี้ไปในแนวทางที่ดีต่อผู้สอน ซึ่งมีความเอาใจใส่นักศึกษาอย่างใกล้ชิดขณะเรียน โดยมีผลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ เนื่องจากสามารถทำให้ผู้เรียนกล้าที่จะซักถามผู้สอนมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนตั้งใจเรียนมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้กิจกรรมการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างราบรื่น

7) ทัศนผู้เรียนต่อกิจกรรมการสอน ส่งผลให้การเรียนดีขึ้นได้ ควรมีกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเรื่องเล่า กิจกรรมการเรียนรู้นอกห้องเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการอ่าน และกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการคิด เป็นต้น

8) เรื่องความตรงต่อเวลาของทั้งผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนแสดงทัศนว่ามีผลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ เนื่องจากสามารถกำหนดกิจกรรมต่างๆ ในห้องเรียนได้แน่นอน ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนประสบผลสำเร็จและก้าวหน้า ทั้งยังทำให้การสอนและการเรียนเกิดความสะดวก ราบรื่น ตรงตามเวลาที่กำหนดไว้

9) สื่อการเรียนการสอนมีผลต่อการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยผู้เรียนให้ทัศนว่าทำให้เกิดความเข้าใจและเข้าถึงเนื้อหามากขึ้น อีกทั้งยังสามารถสร้างจินตนาการให้แก่ผู้เรียน โดยผู้เรียนบางคนให้ทัศนว่าสื่อการสอนเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนเรียน เพื่อใช้อ่านเนื้อหาก่อนเข้าเรียน และทบทวนเนื้อหาที่เรียนผ่านมาแล้ว บางคนให้ทัศนว่าสื่อการสอนช่วยประหยัดเวลาในการเรียนการสอน โดยสามารถใช้สื่อการสอนไปประยุกต์ใช้ทำงานได้ เช่น การออกแบบทางชลศาสตร์เพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน และนำไปประยุกต์ใช้คำนวณออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ได้

10) ทัศนผู้เรียนต่อกระบวนการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในห้องเรียนแสดงให้เห็นได้ว่า เป็นกิจกรรมที่ดีควรปฏิบัติอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นการสร้างความคิดที่แปลกใหม่ให้แก่ผู้เรียน สามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดการเรียนในบทเรียนต่อไปของวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ อีกทั้งผู้เรียนยังได้รับรู้ประสบการณ์การทำงานจากผู้สอน ทำให้เกิดประกายต่อยอดการศึกษาและการทำงานด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ต่อไปในอนาคต

11) ทัศนผู้เรียนต่อปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ได้แก่ (1) ผู้เรียน ควรมีความพร้อมทางด้านร่างกาย จิตใจ และความรู้ (2) เนื้อหาการเรียนรู้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ (3) สภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะอากาศ ห้องเรียน เครื่องฉาย เพื่อน และผู้สอน และ (4) สื่อการเรียนการสอน เช่น เครื่องคิดเลข อุปกรณ์ที่ช่วยในการจำ (ปากกาเน้นข้อความ) และหนังสือเรียน เป็นต้น

12) ทัศนผู้เรียนต่อการนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดความรู้ที่ได้จากการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ออกแบบโครงสร้างอาคารชลศาสตร์ เช่น เขื่อน ฝายน้ำล้น และอ่างเก็บน้ำ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และการคำนวณเพื่อหาการเคลื่อนที่และพฤติกรรมของน้ำ รวมถึงออกแบบเครื่องจักรกลในงานชลศาสตร์ เช่น เครื่องสูบน้ำและกังหันน้ำ เป็นต้น

13) ทัศนผู้เรียนต่อการวัดและประเมินผลการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ เป็นเรื่องที่ต้องปฏิบัติ เพื่อการค้นหาปัญหาที่จะเกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน ทักษะที่ควรสอนให้แก่ผู้เรียน ซึ่งทำให้เข้าใจบริบทของการเรียนการสอน สามารถระบุปัญหาการเรียนการสอน และหาแนวทางการแก้ปัญหาในระหว่างการเรียน

14) ทัศนผู้เรียนต่อกิจกรรมการเรียนการสอนมีผลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์หลายด้าน เช่น การส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิดคำนวณ การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาทางชลศาสตร์ นอกจากนั้นกิจกรรมการเรียนการสอนยังทำให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาเพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่สามารถนำมาต่อยอด ฝึกฝน ทักษะการฟัง พูด อ่านและเขียน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสที่จะแสดงความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่

15) ทัศนผู้เรียนไปในทิศทางที่ดีต่อจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนแต่ละบทเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสนใจและต้องการรับรู้หลังจากการเรียนการสอน เพื่อเป็นแนวคิดรวบยอด สรุปเนื้อหาบทเรียน ทัศนผู้เรียนดีและพึงพอใจต่อการสรุปเนื้อหาท้ายชั่วโมงเรียนทุกครั้ง เนื่องจากผู้เรียนได้ทบทวนเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในบทเรียน สามารถจับประเด็นสำคัญในบทเรียน และสามารถเรียงลำดับเนื้อหาในบทเรียนได้เป็นอย่างดี

16) ทัศนของด้านตัวผู้เรียนเป็นปัจจัยหลักสำหรับการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานและความเข้าใจ หรือการที่นักศึกษาชอบเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ รวมถึงเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมในห้องเรียน เช่น เพื่อน ผู้สอน การเตรียมความพร้อมก่อนเรียน การศึกษาเพิ่มเติม การทบทวนเนื้อหาที่เรียน การทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ และการนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ เช่น ใช้ในการทำงานในอนาคต ควบคุมและออกแบบทางชลศาสตร์ เป็นต้น

17) ทัศนผู้เรียนต่อพฤติกรรมพื้นฐานของผู้เรียนมีผลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ประกอบด้วย (1) พฤติกรรมของผู้เรียนทางสติปัญญา ซึ่งส่งผลต่อการแก้ไขปัญหาต่างๆ (2) พฤติกรรมของผู้เรียนด้านร่างกาย โดยส่งผลต่อการรับรู้ของนักศึกษา (3) พฤติกรรมของผู้เรียนด้านเจตคติต่อการเรียนการสอน ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ และ (4) พฤติกรรมของผู้เรียนด้านสังคม ส่งผลต่อการรับรู้ การทำงานส่วนรวม เป็นต้น

18) ทัศนผู้เรียนต่อสภาพแวดล้อมและบรรยากาศการเรียนรู้ พบว่ามีผลต่อการเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ซึ่งหากผู้เรียนมีความรู้สึกผ่อนคลายเป็นอิสระระหว่างเรียนจะทำให้ผู้เรียนกล้าคิดกล้าแสดงออกและเกิดความมั่นใจในตัวเอง เกิดความสนใจและพึงพอใจในการเรียน ซึ่งจะทำให้เกิดความสนใจและสนุกกับการเรียน

19) เรื่องการพูดคุยกันในขณะเรียน ทัศนผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าควรแก้ไขโดยการชี้แจงกติกาในห้องเรียนให้ชัดเจน จัดกิจกรรมสลับกับบทเรียน ควรตั้งคำถามเนื้อหาในบทเรียน และสลับเปลี่ยนที่นั่งกันชั่วคราวในชั้นเรียน เป็นต้น

ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาลงทะเบียนเรียนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ทั้งสิ้น 51 คน มีผู้เรียน 13 คน ได้ระดับคะแนน D ผู้เรียน 5 คน ได้ระดับคะแนน D+ ผู้เรียน 11 คน ได้ระดับคะแนน C และมีผู้เรียนเพียงจำนวน 7 คนเท่านั้นที่ได้ระดับคะแนนมากกว่า C ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนทัศนของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนขาดความเข้าใจในเนื้อหารายวิชาพื้นฐานก่อนการเรียนในรายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ เช่น เนื้อหาในรายวิชาชลศาสตร์ รวมถึงการลงมือปฏิบัติการชลศาสตร์ และเนื้อหาด้านอุทกวิทยา ทั้งนี้วิชาวิศกรรมชลศาสตร์เป็นวิชาบังคับสำหรับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธาชั้นปีสุดท้าย ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ทั้งอ่างเก็บน้ำ เขื่อน ฝาย การระบายน้ำล้น และการไหลในทางน้ำเปิด ถึงแม้ผู้สอนได้จัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน ทั้งการจัดให้มีเอกสารประกอบการเรียนการสอน การจัดให้มีการทำความเข้าใจ ซักถาม แลกเปลี่ยนประสบการณ์ รวมถึงการแสดงภาพเคลื่อนไหวและตัวอย่างเนื้อหาการเรียนทุกครั้ง แต่ผลการวัดระดับคะแนนของผู้เรียนก็เป็นดังที่แสดงข้างต้น

นอกจากนั้น ยังมีผู้เรียนจำนวน 11 คน ที่ได้รับผลคะแนนระดับต่ำกว่าเกณฑ์ (เกรด F) สาเหตุเนื่องจาก 2 กรณี ได้แก่ (1) ผู้เรียนบางคนไม่สามารถลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ได้ตามแผนการเรียน เนื่องจากยังไม่ผ่านรายวิชาที่ต้องเรียนผ่านมากก่อน โดยเฉพาะวิชาอุทกวิทยา จึงต้องถอนการลงทะเบียนรายวิชา ซึ่งมีผู้เรียนที่ทำการถอนรายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ตามข้อกำหนดจำนวน 4 คน (W) แต่ก็มีผู้เรียนบางส่วนไม่ขอถอนรายวิชาโดยปล่อยให้ได้ผลคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ (เกรด F) ส่วนกรณีที่ (2) ผู้เรียนบางคนขาดความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเนื้อหาการเรียนด้านชลศาสตร์ และขาดการเอาใจใส่ใฝ่หาความรู้เพิ่มเติม จึงทำให้ผลการเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ ทั้งนี้ผู้สอนได้แลกเปลี่ยนทัศนกับผู้เรียนและพบว่า เหตุผลของผู้เรียนในกรณีข้อ (2) มีจำนวนน้อยกว่าเหตุผลของผู้เรียนในกรณีข้อ (1) ซึ่งผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงทัศนของผู้เรียนไม่เฉพาะรายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์เท่านั้น แต่ยังสะท้อนให้เห็นถึงภาพรวมของการจัดการเรียนการสอนที่สาขาวิชาได้จัดไว้ให้ผู้เรียนยังขาดผลสัมฤทธิ์ในรายละเอียด เพื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลสูงสุด

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้พบว่า ผู้เรียนได้ระดับคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 46.40 ซึ่งต่ำกว่าระดับการเรียน สาเหตุส่วนหนึ่งที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนทัศนของผู้เรียน พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ วิธีสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และเนื้อหาที่สอน นักศึกษามีทัศนที่ดีมาก ส่วนทัศนต่อผู้เรียนเองกลับมีทัศนที่ดีน้อยลง นอกจากนั้นการแลกเปลี่ยนทัศน ทำให้ทราบว่าผู้เรียนยังขาดความเข้าใจในเนื้อหารายวิชาพื้นฐานก่อนการเรียนในรายวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ทั้งที่ผู้สอนได้จัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน จัดให้มีเอกสารประกอบการเรียนการสอน จัดให้มีการซักถามทำความเข้าใจ และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ รวมถึงการแสดงภาพเคลื่อนไหวพร้อมแสดงตัวอย่างเนื้อหาการเรียนทุกครั้ง ซึ่งผลการวิจัยนี้นอกจากจะแสดงให้เห็นถึงทัศนของผู้เรียนต่อการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์แล้ว แต่ยังสะท้อนให้เห็นถึงภาพรวมการจัดการเรียนการสอนที่สาขาวิชาได้จัดไว้ให้ผู้เรียนยังขาดผลสัมฤทธิ์ในรายละเอียด

7.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยการใช้การแลกเปลี่ยนทัศนเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลทัศนผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ ด้านวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านเนื้อหา และด้านความพร้อมของผู้เรียน เป็นการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ พัฒนาศักยภาพของผู้สอนและผู้เรียนไปพร้อมๆ กัน ซึ่งสามารถนำกระบวนการดังกล่าวไปใช้ดำเนินการได้ทุกศาสตร์

การทำวิจัยนี้ทำให้พบว่ายังมีตัวแปรอื่นที่สำคัญต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยเฉพาะการถ่ายทอดรายละเอียดเนื้อหารายวิชาก่อน ซึ่งควรได้มีการทำวิจัยต่อไป

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้สนับสนุนงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ 2561

9. เอกสารอ้างอิง

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (2556) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

[2] สุระ วุฒิพรหม, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และรัชภาคย์ จิตต์อารี (2559) ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยของครูห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. ภาควิชาฟิสิกส์ ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี.

[3] ดิลกรัตน์ โคตรสุมาตย์ และชัญญา อภิปาลกุล (2554) ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[4] กรองทิพย์ นาควิเชตร และนพดล สุ่มมาตย์ (2553) คู่มือการออกแบบการสอนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ. นครราชสีมา: หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

[5] วันวิสาข์ แก้วสมบูรณ์, ทรงธรรม ธีระกุล, เสาวนีย์ แสงสีดำ และ ศศิธร ดีใหญ่ (2557) ปัจจัยในการสำเร็จการศึกษาล่าช้า ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ. หน่วยวิจัยสถาบัน บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา.

[6] สมพินิจ เหมืองทอง (2560) เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมชลศาสตร์. สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

การศึกษาสถิติผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ระหว่างปีการศึกษา 2554-2559

Study the bachelor's graduation number of Civil Engineering, Industrial engineering, Mechanical Engineering, and Electrical engineering of the Faculty of Engineering and Architecture during 2011-2016 academic year.

สมพินิจ เหมืองทอง*

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

*Somphinith.mu@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาสถิติผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีระหว่างปีการศึกษา 2554-2559 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมไฟฟ้า ของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา โดยรวบรวมข้อมูลจากระบบบริการการศึกษา วิเคราะห์และอธิบายข้อมูลบนพื้นฐานสถิติการเปรียบเทียบและเส้นแนวโน้ม ผลการศึกษาพบว่า จำนวนผู้สำเร็จการศึกษามีแนวโน้มลดลงทั้ง 4 สาขา โดยสาขาวิชาวิศวกรรมโยธามีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาลดลงที่ค่าความแปรปรวน 0.85 ส่วนวิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมไฟฟ้า มีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาลดลงที่ค่าความแปรปรวน 0.15, 0.09, และ 0.29 ตามลำดับ ส่วนสาเหตุที่ผู้สำเร็จการศึกษาลดลงเนื่องจากการปรับนโยบายการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economics Community, AEC) ซึ่งทำให้มีระยะเวลาการสำเร็จการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป และการงดรับนักศึกษาหลักสูตรปกติสมทบ ส่วนการบริหารจัดการหลักสูตรของแต่ละสาขาก็อาจจะเป็นปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งควรได้รับการศึกษาเพื่อการพัฒนาหลักสูตรต่อไป

คำหลัก: ผู้สำเร็จการศึกษา, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, การบริหารจัดการหลักสูตร

Abstract

This research was to study the bachelor's graduation trend of Civil Engineering, Industrial engineering, Mechanical Engineering, and Electrical engineering of the Faculty of Engineering and Architecture of Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima. The research collecting data from the educational services system or ESS during 2011-2016 academic year. The result was found that the bachelor's graduation trend of all 4 departments were decreased. The bachelor's graduation trend of Civil Engineering was decreased with the variance 0.849. The bachelor's graduation trend of Industrial engineering, Mechanical Engineering, and Electrical engineering were decreased with the variances 0.153, 0.086, and 0.286, perspective. RMUTI's timeline policy to Asean Economics Community, which effected to the bachelor's graduation. Moreover, the regular student enrollment was stopped and the curriculum management that very effectively, should study future.

Keywords: Graduated, Faculty of Engineering and Architecture, Curriculum management

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา มีวิสัยทัศน์ที่จะผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติทางด้านวิชาชีพเพื่อพัฒนาชุมชนและสังคม โดยมีการจัดการเรียนการสอน 4 คณะ ได้แก่ วิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และ ศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม ทั้งนี้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานเป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มีการกำหนดนโยบายการศึกษา การวางแผนการศึกษา และการดำเนินงานติดตามประเมินผลการจัดการศึกษาตามแนวของการปฏิรูปการศึกษาของประเทศ ดังนั้นสารสนเทศข้อมูลตัวเลขนับเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะเป็นฐานข้อมูลประกอบการตัดสินใจ เพื่อพัฒนาการศึกษาให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนการสอนของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถประกอบวิชาชีพวิศวกรรมอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และจินตนาการบนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม [1] ทั้งนี้เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น คณะเห็นควรให้มีการศึกษาสถิติข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า ระหว่างปีการศึกษา 2554-2559 เพื่อนำผลวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลกำหนดนโยบายและวางแผนพัฒนาการศึกษา การติดตามประเมินผลพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศ รวมถึงการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสถิติข้อมูลและแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ระหว่างปีการศึกษา 2554-2559

3. แนวคิดที่มีผลต่อการสำเร็จการศึกษา

นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จะสำเร็จการศึกษาได้ต้องมีคุณสมบัติครบตามกำหนด 3 ประการ [2] ได้แก่

- สอบได้จำนวนหน่วยกิตสะสมครบตามหลักสูตรและข้อกำหนดของสาขาวิชา และได้ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมไม่ต่ำกว่า 2.00
- มีคุณสมบัติครบถ้วน และผ่านการเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนานักศึกษาตามที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน กำหนด
- ไม่มีหนี้สินใดๆ ต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

นักศึกษาจะสำเร็จการศึกษาได้ต้องอาศัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายด้าน ทั้งปัจจัยด้านผู้เรียน ด้านผู้สอน สภาพแวดล้อม ด้านการเรียนการสอน รวมถึงสื่อการเรียนการสอน ทั้งนี้ผู้เรียนต้องดึงความสามารถของตนเองมาประกอบกับความรับผิดชอบและการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ส่วนผู้สอนควรมีการออกแบบการจัดการสอนที่สามารถจุดประกายความสนใจ สร้างความรู้สึกอยากรู้อยากเรียน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าความสำคัญและประโยชน์ของการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนรู้ทิศทางการพัฒนาตนเอง และมีความมุ่งมั่นที่จะปรับพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแนวทางสู่ความสำเร็จการศึกษาได้ตามกำหนดเวลาของหลักสูตร [3, 4]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร: นักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2554–2559

กลุ่มตัวอย่าง: ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี 4 สาขาวิชา ได้แก่ สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ระหว่างปีการศึกษา 2554-2559

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2554–2559 ได้จากการรวบรวมผ่านระบบบริการการศึกษา ของมหาวิทยาลัยฯ ผ่านแผนกงานสำเร็จการศึกษา งานทะเบียนและประมวลผล สำนักงานส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน โดยผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบตามวัตถุประสงค์การวิจัย ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และ SPSS

4.3 สถิติที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

เส้นแนวโน้ม (Trend line) ใช้เพื่อการคาดการณ์ความต่อเนื่องของตัวแปร ซึ่งสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรโดยการสังเกตแนวโน้มในทั้งสองสิ่งพร้อมกัน ทั้งนี้มีหลายแบบจำลองคณิตศาสตร์สร้างเส้นแนวโน้ม เช่น Tableau แสดงเป็นเชิงเส้นลอการิทึม ชี้แจงและพหุนาม เป็นต้น [5]

ความน่าเชื่อถือและประโยชน์สูงสุดของเส้นแนวโน้ม เมื่อค่าของ R-squared อยู่ที่หรือใกล้กับ 1 พอดีกับเส้นแนวโน้มของข้อมูล เส้นแนวโน้มเชิงเส้นเป็นเส้นตรงแบบ Best-fit ที่ใช้กับชุดข้อมูลเชิงเส้นธรรมดา ข้อมูลจะมีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้น รูปแบบของจุดข้อมูลมีลักษณะคล้ายกับเส้นตรง โดยทั่วไปเส้นแนวโน้มเชิงเส้นจะแสดงว่าค่าข้อมูลเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอัตราคงที่ [6]

5. สถิติผู้สำเร็จการศึกษา

5.1 ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นม. ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ผลิตบัณฑิตจบการศึกษาในช่วงปีการศึกษา 2553–2559 จาก 4 คณะ ได้แก่ วิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ ศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และบริหารธุรกิจ โดยข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1 แสดงแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาซึ่งเพิ่มขึ้นที่ระดับค่าแปรปรวน $R^2 = 0.14$

ตารางที่ 1 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มทร.อีสาน นม. ปีการศึกษา 2553–2559

คณะ	ปีการศึกษา						
	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559
วิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์	70	85	157	148	128	135	196
ศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม	59	76	99	76	67	62	218
วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์	634	701	695	862	626	615	614
บริหารธุรกิจ	742	720	776	842	730	753	810
รวม	**1,505**	**1,582**	**1,727**	**1,928**	**1,551**	**1,565**	**1,838**



รูปที่ 1 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษา มทร.อีสาน นม.



รูปที่ 2 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาจาก 4 คณะ

ข้อมูลในตารางที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาจาก 4 คณะ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มีจำนวนผู้สำเร็จการศึกษามากกว่า คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม เนื่องจากในช่วงปีการศึกษาที่รายงานข้อมูล นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มีการเปิดหลักสูตรการเรียนมากกว่า และมีการเข้าศึกษาของนักศึกษาเต็มแผนการรับ มากกว่า คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม [7]

5.2 จำนวนนักศึกษาที่รับไว้ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า

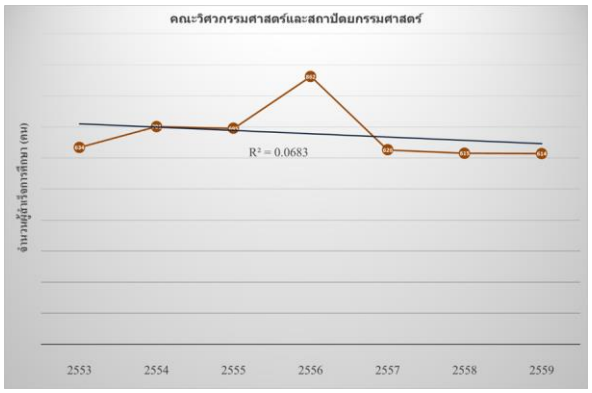
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ได้รับไว้ซึ่งนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า ระหว่างปีการศึกษา 2551-2556 ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนนักศึกษาที่รับไว้ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า ระหว่างปีการศึกษา 2551-2556

ลำดับ	คณะ/สาขา	ปีการศึกษา 2551				ปีการศึกษา 2552				ปีการศึกษา 2553				ปีการศึกษา 2554				ปีการศึกษา 2555				ปีการศึกษา 2556			
		4.5 ปี	ปกติ	เทียบโอน	รวม	4.5 ปี	ปกติ	เทียบโอน	รวม	4.5 ปี	ปกติ	เทียบโอน	รวม	4.5 ปี	ปกติ	เทียบโอน	รวม	4.5 ปี	ปกติ	เทียบโอน	รวม	4.5 ปี	ปกติ	เทียบโอน	รวม
1	สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา	30	26	34	90	36	31	32	99	38	34	30	102	36	36	34	106	32	34	34	102	34	33	39	106
2	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	34	32	40	106	41	37	37	115	37	36	35	108	35	35	33	103	35	35	35	105	35	34	36	105
3	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	34	27	34	95	36	32	36	104	33	34	36	103	28	30	34	92	28	29	29	86	32	35	35	102
4	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ	32	28	38	98	31	34	37	102	32	33	36	101	30	31	35	96	31	30	31	92	31	30	34	95

5.3 ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 3 แสดงแนวโน้มที่ลดลงของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาในช่วงปีการศึกษา 2554–2559 ที่ค่าความแปรปรวน R^2 = 0.07



รูปที่ 3 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษา
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2556 มีจำนวนมากเกินจำนวนปกติ สาเหตุเนื่องมาจากมหาวิทยาลัยฯ ได้ปรับนโยบายการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economics Community, AEC) จึงทำให้มหาวิทยาลัยฯ มีระยะเวลาการสำเร็จการศึกษาเพิ่มขึ้นจากปกติ 6 ครั้ง เป็น 9 ครั้ง ได้แก่ ภาคการศึกษาที่ 1, ภาคการศึกษาที่ 1 (รอบแก้ไอ), ภาคการศึกษาที่ 2, ภาคการศึกษาที่ 2 (รอบแก้ไอ), ภาคการศึกษาฤดูร้อน, ภาคการศึกษาฤดูร้อน (รอบแก้ไอ), ภาคการศึกษาพิเศษ (2 เดือน), ภาคการศึกษาพิเศษ (2 เดือน) (รอบแก้ไอ) และภาคการศึกษาพิเศษ (4 เดือน) ซึ่งการจบหลายรอบนี้ ส่งผลให้มีการเคลื่อนจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาให้รอบปีการศึกษาถัดไปด้วย

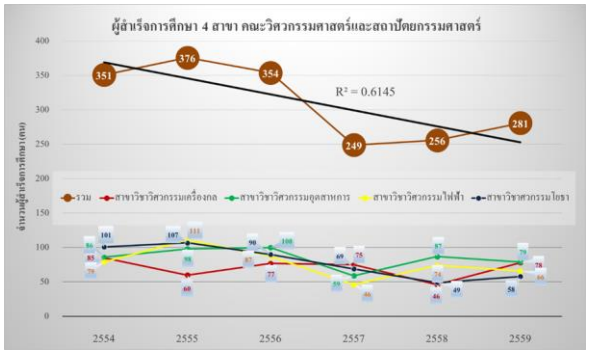
5.4 ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2554-2559 ได้ผลิตบัณฑิตให้จบการศึกษาจาก 15 สาขาวิชา ได้แก่ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสำรวจ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร วิศวกรรมเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ วิศวกรรมวัสดุและโลหะการ เทคโนโลยีมัลติมีเดีย การจัดการผังเมือง เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม และเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมภายใน โดยงานวิจัยนี้ศึกษาลงรายละเอียดเฉพาะจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า ระหว่างปีการศึกษา 2554-2559 ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า ปีการศึกษา 2554–2559

หลักสูตร	ปีการศึกษา					
	2554	2555	2556	2557	2558	2559
สาขาวิชาศวกรรมโยธา	101	107	90	69	49	58
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ	86	98	100	59	87	79
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	85	60	77	75	46	78
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	79	111	87	46	74	66
รวม	351	376	354	249	256	281

จากรูปที่ 4 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2554–2559 มีแนวโน้มลดลงที่ค่าความแปรปรวน R^2 = 0.61



รูปที่ 4 กราฟจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา 4 สาขา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์



รูปที่ 5 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา

5.4.1 สถิติผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา หลักสูตร 4 ปี หลักสูตรต่อเนื่องปกติ และหลักสูตรต่อเนื่องสมทบ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 รูปที่ 5 แสดงให้เห็นแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาในระหว่างปีการศึกษา 2554–2559 ลดลงที่ระดับค่าความแปรปรวน R^2 = 0.85 และพบว่าผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาเป็นเพศชายมากกว่าหญิงทุกปี

ตารางที่ 4 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มทร.อีสาน นม. ปีการศึกษา 2554–2559

หลักสูตร	ปีการศึกษา					
	2554	2555	2556	2557	2558	2559
หลักสูตร 4 ปี	30	33	27	17	19	25
หลักสูตรต่อเนื่องปกติ	24	32	29	28	7	24
หลักสูตรต่อเนื่องสมทบ	47	42	34	24	23	9
รวม	101	107	90	69	49	58

5.4.2 สถิติผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หลักสูตร 4 ปี หลักสูตรต่อเนื่องปกติ และหลักสูตรต่อเนื่องสมทบ แสดงไว้ในตารางที่ 5 และรูปที่ 6 แสดงให้เห็นแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการในช่วงปีการศึกษา 2554–2559 ลดลงที่ระดับค่าความแปรปรวน R^2 = 0.15 ซึ่งข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการแสดงให้เห็นว่าเป็นเพศชายมากกว่าหญิงทุกปี

ตารางที่ 5 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มทร.อีสาน นม. ปีการศึกษา 2554–2559

หลักสูตร	ปีการศึกษา					
	2554	2555	2556	2557	2558	2559
หลักสูตร 4 ปี	33	21	36	16	22	38
หลักสูตรต่อเนื่องปกติ	16	42	35	29	26	15
หลักสูตรต่อเนื่องสมทบ	37	35	29	14	39	26
รวม	86	98	100	59	87	79



รูปที่ 6 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ



รูปที่ 7 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

5.4.3 สถิติผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตร 4 ปี หลักสูตรต่อเนื่องปกติ และหลักสูตรต่อเนื่องสมทบ แสดงไว้ในตารางที่ 6 และรูปที่ 7 แสดงให้เห็นแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาในช่วงปีการศึกษา 2554–2559 ลดลงที่ระดับค่าความแปรปรวน R^2 = 0.15 ซึ่งข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเพศชายมากกว่าหญิงทุกปี

ตารางที่ 6 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มทร.อีสาน นม. ปีการศึกษา 2554–2559

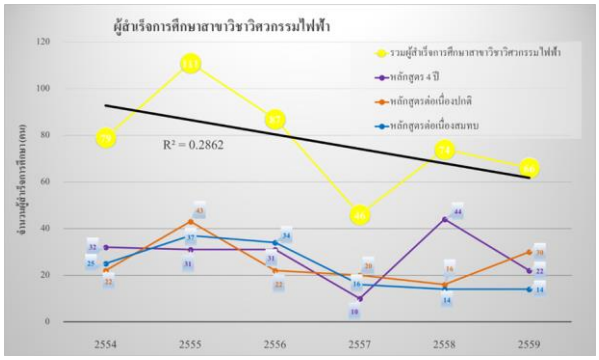
หลักสูตร	ปีการศึกษา					
	2554	2555	2556	2557	2558	2559
หลักสูตร 4 ปี	26	28	24	16	20	27
หลักสูตรต่อเนื่องปกติ	30	8	36	28	17	35
หลักสูตรต่อเนื่องสมทบ	29	24	17	31	9	16
รวม	85	60	77	75	46	78

5.4.4 สถิติผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตร 4 ปี หลักสูตรต่อเนื่องปกติ และหลักสูตรต่อเนื่องสมทบ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 และรูปที่ 8 แสดงให้เห็นแนวโน้มของจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาในช่วงปีการศึกษา 2554–2559 ลดลงที่ระดับค่าความแปรปรวน R^2 = 0.15 ซึ่งข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเป็นเพศชายมากกว่าหญิงทุกปี

ตารางที่ 7 ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มทร.อีสาน นม. ปีการศึกษา 2554–2559

หลักสูตร	ปีการศึกษา					
	2554	2555	2556	2557	2558	2559
หลักสูตร 4 ปี	32	31	31	10	44	22
หลักสูตรต่อเนื่องปกติ	22	43	22	20	16	30
หลักสูตรต่อเนื่องสมทบ	25	37	34	16	14	14
รวม	79	111	87	46	74	66



รูปที่ 8 แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

7. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้พบว่า แนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา เพิ่มขึ้น 3 คณะ ได้แก่ คณะบริหารธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม ส่วนคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาลดลง โดยข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ มากกว่า คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และคณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากมีหลักสูตรการเรียนการสอนมากกว่าและจำนวนนักศึกษาที่เข้าศึกษาเต็มแผนการรับ

การศึกษาสถิติข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ในภาพรวมทั้ง 4 สาขา มีแนวโน้มลดลงที่ค่าความแปรปรวน R^2= 0.61 โดยเฉพาะสาขาวิชาวิศวกรรมโยธามีแนวโน้มที่ลดลงที่ค่าความแปรปรวน R^2= 0.85 ส่วนสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมไฟฟ้า มีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาลดลงที่ค่าความแปรปรวน 0.15, 0.09, และ 0.29 ตามลำดับ การศึกษาพบว่าผู้สำเร็จการศึกษาทั้ง 4 สาขา เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง ส่วนสาเหตุที่ผู้สำเร็จการศึกษามีแนวโน้มลดลงอาจจะสืบเนื่องมากจากการปรับนโยบายการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน จึงทำให้มหาวิทยาลัยฯ มีระยะเวลาการสำเร็จการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนั้นนโยบายการงดรับนักศึกษาวิศวกรรมหลักสูตรปกติสมทบของทั้ง 4 สาขา ส่งผลให้จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาลดลงไปด้วย อีกทั้งการบริหารจัดการหลักสูตรของแต่ละสาขาวิชาก็อาจจะเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญยิ่ง ซึ่งควรได้รับการศึกษาเพื่อการพัฒนาหลักสูตรต่อไป

8. ข้อเสนอแนะ

ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา อุตสาหการ เครื่องกล และไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา น่าจะมีแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาที่เพิ่มขึ้นได้ หรือน่าจะมีจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาได้ตามแผนการรับและตามเวลาที่หลักสูตรกำหนด หากมีการพัฒนาและจัดการบริหารการเรียนการสอนในระดับสาขาอย่างมีประสิทธิภาพ

เสนอแนะให้คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ควรศึกษาแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาทุกสาขาวิชาทั้งระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก โดยการศึกษาควรลงรายละเอียดถึงระดับหลักสูตร เพื่อการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้สนับสนุนงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ 2561 รวมทั้งเจ้าหน้าที่งานทะเบียนและประมวลผลทุกคน สำหรับข้อมูลสถิติผู้สำเร็จการศึกษา

10. บรรณานุกรม

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (2556) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

[2] คู่มือนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา (2560) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

[3] สุระ วุฒิพรหม, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และรัชภาคย์ จิตต์อารี (2559) ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยของครูห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. ภาควิชาฟิสิกส์ ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี.

[4] ดิลกรัตน์ โคตรสุมาตย์ และชัญญา อภิปาลกุล (2554) ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[5] กัลยา วานิชย์บัญชา (2554) หลักสถิติ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

[6] กัลยา วานิชย์บัญชา (2559) การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

[7] งานทะเบียนและประมวลผล (2561) การศึกษาแนวโน้มผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในช่วงปีการศึกษา 2553–2559. สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Study the Factors that Affective Expenses Travel Disbursements of Personnel Faculty of Technical Education Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus

ปราณี คำมา*, วุฒิพงษ์ พร้อมพรั่ง อิสรา แสนแก้ว และ วิชิต สุทธิพร

สำนักงานคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม [2]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ. ศรีจันทร์ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: pranee.ku@rmuti.ac.th, 0853161770

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สภาพปัญหา ความรู้ความเข้าใจและวิธีดำเนินการของบุคลากรในการเดินทางไปราชการของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาระเบียบการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการและวิธีการสร้างแบบสอบถาม จากนั้นทำการสร้างแบบสอบถามสำหรับใช้ในการสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ต่อจากนั้นนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นนี้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามความคิดเห็น ซึ่งพบว่าทุกข้อความคิดเห็นมีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่นำไปใช้ได้ หลังจากนั้นนำแบบสอบถามนี้ไปสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างคือบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นจำนวน 50 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 3.92)$ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติงานเบิกจ่ายอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 3.97)$ ด้านระยะเวลาการดำเนินการเบิกจ่ายอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 4.07)$ และด้านกฎระเบียบและแนวปฏิบัติอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 3.73)$ โดยมีข้อเสนอแนะให้มีการจัดทำคู่มือเกี่ยวกับระเบียบการเดินทางไปราชการ และควรเผยแพร่ในเว็ปไซต์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการที่จะช่วยให้บุคลากร มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการมากขึ้น อันจะส่งผลต่อการลดปัญหาด้านความผิดพลาดในการตรวจเอกสาร อีกทั้งยังทำให้เกิดความรวดเร็วในการเบิกจ่าย ส่งผลให้เกิดความสะดวกในการบริหารจัดการด้านการเงินภายในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

คำหลัก: ปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกค่าใช้จ่าย, ระเบียบการเบิกค่าใช้จ่าย, การเดินทางไปราชการ

Abstract

The purpose of this research aims to study Study the Factors that Affective Expenses Travel Disbursements of Personnel Faculty of Technical Education Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus the problems, knowledge, and procedure methods of personnel action on the official travel Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus. The research procedures are as follows: to study the methodology expense disbursements travel. Next, to create a questionnaire for use in the query factors that affect of the official travel. Then, to bring the questionnaire that is created to the 3 experts evaluated which found that there is consistence of the define criteria. After that, to inquiry the 50 persons of the Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology ISAN, Khon Kaen Campus. Finally, the data was analyzed and summarized. The result of this research found that the sample majority have opinion about the factors affecting travel expenses in high level $(\overline{X} = 3.92)$, and consider on the aspect that the characteristics of the working procedure reimbursement in high level $(\overline{X} = 3.97)$, the time of operation disbursement practice in high level $(\overline{X} = 4.07)$, and the rule order and guideline in high level $(\overline{X} = 3.73)$. The suggestions of expense disbursements travel act as to crate the regulations guideline and should be published in the official website for help the person increase understanding to the disbursements travel that may be contribute to reduce the error in the documents test. It might be easy to operate the financial management within the Faculty of Technical Education Rajamangala University of Technology ISAN Khon Kaen Campus.

Keywords: factors affective expenses disbursement, disbursement procedure, official travel

1. บทนำ

หลักในการบริหารงานไม่ว่าจะเป็นงานเล็ก งานใหญ่ งานราชการ หรือเอกชน ล้วนแล้วแต่มีจุดมุ่งหมายที่จะทำให้งานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผล ทั้งนี้การบริหารงานจึงต้องอาศัยปัจจัยพื้นฐานคือ 4M's ได้แก่บุคลากร (man) เงิน(money) วัสดุอุปกรณ์ (materials) และการจัดการ (management) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญต่อการบริหารงานเป็นอย่างยิ่ง ถ้ากล่าวถึงเงินในระบบของราชการแล้วจะคุ้นเคยกับคำว่างบประมาณ ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการจัดหาบุคลากรมาดำเนินงาน จัดหาวัสดุอุปกรณ์หรือแม้กระทั่งใช้งบประมาณในการจัดการด้านต่าง ๆ โดยใช้กฎหมาย ระเบียบวิธีการตามที่สำนักงบประมาณกำหนดให้หรือตามที่ส่วนราชการนั้น ๆ ได้กำหนดไว้ในระเบียบ งบประมาณในการดำเนินการทั้งสิ้น ทั้งนี้เพื่อให้ภารกิจหลักของหน่วยงานประสบความสำเร็จ จึงจำเป็นต้องมีการการเดินทางไปราชการในการส่งเสริมและสนับสนุนในการพัฒนาบุคลากรของหน่วยงานให้มีโอกาสไปเพิ่มพูนความรู้ความสามารถ และศักยภาพ โดยการฝึกอบรม การประชุมสัมมนากับส่วนราชการ ดังนั้นบุคลากรผู้เดินทางไปราชการ และบุคลากรผู้เป็นเจ้าหน้าที่การเงินนั้น จะต้องมีความรู้ความ เข้าใจในกฎระเบียบการปฏิบัติของทางราชการ [5, 6] เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดอันไม่พึงประสงค์ที่อาจจะเกิดขึ้น ดังนั้นผู้วิจัย

เป็นเจ้าหน้าที่การเงินมีหน้าที่ตรวจสอบรายงานการเดินทางไปราชการ และการเบิกจ่ายเงินจึงตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการเบิกจ่ายเงินค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ เนื่องจากเอกสารสำหรับการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการต้องประกอบด้วยเอกสารและรายละเอียดมาก จำเป็นต้องใช้เวลาและความรอบคอบในการจัดทำเอกสารในแต่ละครั้ง

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น มีบุคลากรได้เดินทางไปราชการ เพื่อปฏิบัติราชการในกรณีต่าง ๆ เช่น การฝึกอบรม การประชุมสัมมนา การศึกษาดูงาน การนำเสนอผลงานวิจัย เป็นต้น การเดินทางไปราชการจึงเป็นภารกิจหนึ่งในส่วนงานสนับสนุนส่งเสริมการพัฒนาบุคลากรของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ให้มีโอกาสไปเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถ และศักยภาพ ดังนั้น บุคลากรผู้เดินทางไปราชการ และบุคลากรผู้เป็นเจ้าหน้าที่การเงิน จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และแม่นยำ ในกฎระเบียบปฏิบัติของทางราชการ เพื่อขจัดข้อผิดพลาดข้อบกพร่องอันไม่พึงประสงค์ที่จะมีผลต่อการพัฒนาบุคลากรตามเป้าหมาย

ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการเบิกจ่ายเงินค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ เพราะเอกสารการเบิกจ่ายเงินค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการประกอบด้วยเอกสารและรายละเอียดมากกว่าการเบิกจ่ายเงินชนิดอื่น ๆ จึงต้องใช้เวลา และความละเอียดรอบคอบในการจัดทำเอกสารเบิกจ่ายเงิน ส่วนการตรวจสอบของเจ้าหน้าที่การเงินก็ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบมาก และมีการตรวจสอบข้อผิดพลาดบ่อยครั้ง จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการตรวจสอบมาก ประกอบกับผู้วิจัยปฏิบัติงานทางด้านการเงินและการบัญชี ในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ เพื่อให้ทราบปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการเบิกจ่ายเงิน จะได้นำผลการวิจัยมาใช้เป็นแนวทางในการนำไปแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาการขออนุมัติเบิกจ่ายเงินค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของผู้เดินทางไปราชการ และปรับปรุงพัฒนาการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่การเงินให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล อันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงาน และผู้รับบริการของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

2.2 เพื่อศึกษาสภาพปัญหา ความรู้ความเข้าใจและวิธีดำเนินการของบุคลากรในการดำเนินการเกี่ยวกับการเดินทางไปราชการ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 150 คน โดยแบ่งออกเป็นสายวิชาการจำนวน 133 คน และสายสนับสนุนจำนวน 17 คน

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) ศึกษากระบวนการขั้นตอนในการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ

2) ศึกษาทฤษฎีการสร้างแบบสอบถาม

3) สร้างแบบสอบถาม

4) ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม

5) นำแบบสอบถามไปสอบถามกับบุคลากรของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

6) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

7) สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

4. ผลการวิจัย

จากการนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามแล้ว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังนี้

4.1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากร

ข้อคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ปัจจัยด้านลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติงานเบิกจ่าย	3.97	0.710	มาก
2. ปัจจัยด้านระยะเวลาการดำเนินการเบิกจ่าย	4.07	0.688	มาก
3. ปัจจัยด้านกฎระเบียบและแนวปฏิบัติ	3.73	0.809	มาก
รวม	3.92	0.736	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ตอบแบบสอบถาม มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ปัจจัยด้านระยะเวลาการดำเนินการเบิกจ่ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 ปัจจัยด้านลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติงานเบิกจ่ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 และปัจจัยด้านกฎระเบียบและแนวปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73

4.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติงานเบิกจ่ายเป็นรายข้อของบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติงานเบิกจ่าย

ด้านลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติงานเบิกจ่าย	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านให้ความสำคัญในการดำเนินการขออนุมัติเดินทางไปราชการ	4.28	0.607	มาก
2. ท่านสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการได้	3.86	0.783	มาก
3. ท่านสามารถเขียนรายงานการเดินทางไปราชการได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และเชื่อถือได้	3.94	0.652	มาก
4. ท่านส่งเอกสาร และหลักฐานประกอบการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	3.98	0.622	มาก
5. ท่านทราบถึงการดำเนินงานตามขั้นตอนดำเนินเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ	3.78	0.887	มาก
โดยรวม	3.97	0.710	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มีความคิดเห็นด้วยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติงานเบิกจ่าย มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือท่านให้ความสำคัญในการดำเนินการขออนุมัติเดินทางไปราชการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ท่านทราบถึงการดำเนินงานตามขั้นตอนดำเนินเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.78 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยในด้านนี้ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ซึ่งอยู่ในระดับความคิดเห็นมาก

4.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านระยะเวลาการดำเนินการเบิกจ่าย เป็นรายข้อของบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านระยะเวลาการดำเนินการเบิกจ่าย

ด้านระยะเวลาการดำเนินการเบิกจ่าย	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านสามารถดำเนินการจัดทำเอกสารการขออนุมัติเดินทางไปราชการก่อนวันเดินทางไปราชการ	4.02	0.622	มาก
2. ท่านสามารถเขียนสัญญายืมเงินในการเดินทางไปราชการก่อนวันเดินทางไปราชการ	3.98	0.742	มาก
3. ท่านสามารถเขียนรายงานการเดินทางไปราชการพร้อมส่งเอกสาร หลักฐานประกอบการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายภายในระยะเวลาที่กำหนด	4.04	0.807	มาก
4. ท่านคำนึงถึงระยะเวลาในการดำเนินการเบิกจ่ายในการเดินทางไปราชการ	4.22	0.582	มาก
โดยรวม	4.07	0.688	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่าบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มีความคิดเห็นด้วยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านระยะเวลาการดำเนินการเบิกจ่าย มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือข้อคำถามท่านคำนึงถึงระยะเวลาในการดำเนินการเบิกจ่ายในการเดินทางไปราชการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 และข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือท่านสามารถเขียนสัญญายืมเงินในการเดินทางไปราชการก่อนวันเดินทางไปราชการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 โดยในภาพรวมของความคิดเห็นที่มีต่อปัจจัยในด้านนี้อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07

4.4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านกฎระเบียบและแนวปฏิบัติ เป็นรายข้อของบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านกฎระเบียบและแนวปฏิบัติ

ด้านกฎระเบียบและแนวปฏิบัติ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ กฎระเบียบ ที่จำเป็นต้องใช้ในการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ	3.46	0.762	ปานกลาง
2. ท่านให้ความสำคัญเกี่ยวกับกฎระเบียบ ที่สำคัญในการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ	4.16	0.681	มาก
3. ท่านสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการตามกฎระเบียบ ที่เกี่ยวข้องได้	3.80	0.756	มาก
4. ท่านสามารถให้คำปรึกษาแนะนำ เกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงานตามกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ให้กับเพื่อนร่วมงานได้	3.50	1.035	ปานกลาง
โดยรวม	3.73	0.809	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า บุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มีความคิดเห็นด้วยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ด้านกฎระเบียบและแนวปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือท่านให้ความสำคัญเกี่ยวกับกฎระเบียบที่สำคัญในการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และข้อคำถามที่อยู่ในระดับน้อยที่สุดคือท่านสามารถให้คำปรึกษาแนะนำ เกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงานตามกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องให้กับเพื่อนร่วมงานได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 ความคิดเห็นที่มีต่อปัจจัยในด้านนี้มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.73 ซึ่งอยู่ในระดับความคิดเห็นมาก

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การดำเนินการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ของบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการส่วนใหญ่จะเกิดความผิดพลาดในเรื่องการเขียนจำนวนตัวเลข ตัวอักษรไม่ถูกต้องและครบถ้วน คิดเป็นร้อยละ 36 และการคำนวณค่าเบี้ยเลี้ยง คิดเป็นร้อยละ 22 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [2] ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการดำเนินการเบิกจ่ายเงิน สำหรับการเดินทางไปราชการของบุคลากรในสังกัดมหาวิทยาลัยนเรศวร

และพบว่า ปัญหาการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการส่วนใหญ่เกิดจากการเขียนตัวเลข, ตัวอักษรไม่ถูกต้องครบถ้วน อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีคู่มือเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการเบิกจ่ายการเดินทางไปราชการ คิดเป็นร้อยละ 84 โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับความรู้จากการแนะนำของเจ้าหน้าที่การเงินมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54 ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า การที่กลุ่มตัวอย่างมีการเขียนจำนวนตัวเลข ตัวอักษรไม่ถูกต้องและครบถ้วนอาจเกิดจากการที่กลุ่มตัวอย่างยังขาดความรู้เกี่ยวกับระเบียบการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของบุคลากร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นด้วยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.92) โดยมีข้อเสนอแนะให้มีการจัดทำคู่มือเกี่ยวกับระเบียบการเดินทางไปราชการและควรเผยแพร่ในเว็ปไซต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัย [2] ที่ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการดำเนินการเบิกจ่ายเงิน สำหรับการเดินทางไปราชการของบุคลากรในสังกัดมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่พบว่าควรเวียนแจ้งอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกคนและควรเผยแพร่ในเว็ปไซต์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระเบียบ และสอดคล้องกับผลการวิจัย [4] ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการเบิกจ่ายเงินค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ส่วนข้อเสนอแนะอื่นๆ พบว่า ควรมีการพิมพ์ระเบียบที่สาคัญไว้ด้านหลังแบบฟอร์มการขออนุมัติเบิกเงินค่าเดินทางไปราชการเพื่อเป็นตัวอย่างในการเขียนรายงานการเดินทางไปราชการและเอกสารประกอบการเบิกจ่ายที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับผลการวิจัย [1] ซึ่งได้ศึกษาการวิเคราะห์สถานการณ์กระบวนการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ของสำนักงานโรคติดต่อนำโดยแมลง พบว่าการจัดทำแบบฟอร์มตัวอย่างเอกสารที่เกี่ยวกับข้องกับกระบวนการเบิกจ่ายเงินค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการทั้งหมด พร้อมคำอธิบายประกอบ เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาการปฏิบัติงาน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไปควรมีการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการในเชิงลึกมากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เจริญชัย โสธรนนท์, พาณี ม่วงมีสุข, ภรภัทร เขียวขจี, อรุณสุดา กรัณฑ์อาพัน, รัชนี โตโสภร และมานพ ทะวัน. (2553). การวิเคราะห์สถานการณ์กระบวนการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ. สานักโรคติดต่อนาโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2560, จาก http://www.thaivbd.org.download

[2] ณาตยา ทองอรุณศรี. (2554). การศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการดาเนินการเบิกจ่ายเงิน สาหรับการเดินทางไปราชการของบุคลากรในสังกัดมหาวิทยาลัยนเรศวร. การศึกษาค้นคว้าแบบอิสระ บธ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[3] บุญชม ศรีสะอาด. (2544). วิธีทางสถิติสำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์.

[4] วิลาวรรณ ชิวพิมาย, ยุพาพรรณ คุณาธิปพงศ์ และจตุพร เนตรมณี. (2544). การศึกษาประสิทธิภาพในการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการของคณะศึกษาศาสตร์. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[5] ระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วย การเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ พ.ศ.2550. (2 สิงหาคม 2550). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 124 ตอนที่ 91 ง. หน้า 1-10.

การศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

Study of the Good Practices in Curriculum Education Quality Assurance Faculty of Technical Education

วุฒิพงษ์ พร้อมพรั่ง[1,*] พงศกร คำภาบุตร[2] กรกนก วรหาญ[3] บงการ ไวโสภา[4] และสมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์[5]

[1,*]สำนักงานคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม [2]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอุตสาหการ [3]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมเชื่อมประกอบ
[4]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า [5]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ. ศรีจันทร์ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: wuttipong.pr@gmail.com, 0844035088

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเพื่อเผยแพร่แนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตรให้กับบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาระบบประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร และแนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบสอบถาม จากนั้นจึงสร้างแบบสอบถามที่มีข้อความเกี่ยวกับสำหรับใช้ในการสอบถามแนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ต่อจากนั้นนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นนี้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่านประเมินความเหมาะสม ซึ่งพบว่า องค์ประกอบทุกข้อความคิดเห็นมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบการประกันคุณภาพภายใน หลังจากนั้นนำไปสอบถามอาจารย์ประจำหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า แนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร มีการปฏิบัติตามข้อคำถามความคิดเห็นในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ซึ่งสามารถจะนำแนวปฏิบัติที่ได้นี้ไปใช้ในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร โดยเผยแพร่ให้กับบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ซึ่งจะส่งผลให้การดำเนินงานการประกันคุณภาพระดับหลักสูตรมีประสิทธิผลสูงสุด

คำหลัก: แนวปฏิบัติที่ดี, การประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร, ข้อคำถามความคิดเห็น

Abstract

This research aims were to study and disseminate the good practices of internal education quality assurance curriculum level for the personnel Faculty of Technical Education. The research was started to study the curriculum quality assurance, and the good practices in quality assurance for using as the data query. Next, to create a questionnaire with the data which study for used in the inquiry good practice in education quality assurance. Then, the questionnaire was created for 6 experts to evaluate the appropriateness, and found that the components of all opinions were consistent with the internal quality assurance components. After that, to ask the course instructor Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus. The

results of the research showed that the good practice of internal quality assurance course level was at a high level $(\overline{X} = 4.50)$ which can be used to implement internal quality assurance course level to disseminate the personnel in Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus. The result of this research was used to operate of the curriculum internal quality assurance in the highest effectiveness.

Keywords: good practices, internal education quality assurance, questionnaire

1. บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 ได้กำหนดจุดมุ่งหมายและหลักการของการของการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นคุณภาพและมาตรฐานโดยกำหนดรายละเอียดไว้ในหมวด 6 มาตรฐานและการประกันคุณภาพการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย ระบบการประกันคุณภาพภายใน และระบบการประกันคุณภาพภายนอก เพื่อใช้เป็นกลไกในการผดุงรักษาคุณภาพและมาตรฐานของสถาบันอุดมศึกษา [1]

การประกันคุณภาพใน [1,2] เป็นการสร้างระบบและกลไกในการพัฒนา ติดตามตรวจสอบและประเมินการดำเนินงานของสถาบันอุดมศึกษาให้เป็นไปตามนโยบาย เป้าหมายและระดับคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดโดยสถานศึกษาและหน่วยงานต้นสังกัด โดยหน่วยงานต้นสังกัดและสถานศึกษากำหนดให้มีระบบการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษาและให้ถือว่าการประกันคุณภาพภายในเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการบริหารการศึกษาที่ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องมีการจัดทำรายงานประจำปีที่เป็นรายงานการประเมินคุณภาพภายในสภาสถาบัน หน่วยงานต้นสังกัด และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาและเปิดเผยต่อสาธารณชนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาและเพื่อรองรับการประกันคุณภาพภายนอก

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้ดำเนินการตรวจประเมินการประกันคุณภาพการศึกษาภายในประจำปีการศึกษา 2557 ผลการประเมินในระดับหลักสูตรพบว่าได้ค่าคะแนนประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 1.33 อยู่ในระดับการดำเนินงานต้องปรับปรุง ดังนั้นคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะต้องหาแนวปฏิบัติที่ดีในการพัฒนางานด้านการประกันคุณภาพเพื่อให้ผลการดำเนินงานอยู่ในระดับดีถึงดีมาก อีกทั้งยังจะต้องบูรณาการด้านการประกันคุณภาพการศึกษาเข้าสู่งานประจำ และเพื่อเพิ่มศักยภาพงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการพัฒนางานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร เพื่อนำมาใช้ในการดำเนินการด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมให้มีประสิทธิผลตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการพัฒนางานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน

2.2 เพื่อเผยแพร่แนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในแก่บุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเผยแพร่แนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น โดยมีการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาระบบการประกันคุณภาพภายในระดับหลักสูตร [4] โดยที่ระบบการประกันคุณภาพการศึกษาภายในควรจะประกอบด้วยการควบคุม การตรวจสอบและการประเมินผล เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ดังนั้นระบบประกันคุณภาพการศึกษาภายในต้องครอบคลุมระดับหลักสูตรจะต้องควบคุมให้มีการดำเนินงานตามระบบคุณภาพที่กำหนด และมีการตรวจสอบระบบคุณภาพเป็นระยะ ๆ โดยที่มีระบบและกลไกการดำเนินงานอย่างชัดเจน

การประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตรที่คณะกรรมการประกันคุณภาพภายในระดับอุดมศึกษาจัดทำขึ้น จะเป็นไปในทิศทางเดียวกับการประเมินเพื่อการเผยแพร่หลักสูตรที่มีคุณภาพและมาตรฐานตามที่ประกาศไว้ในกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 ทั้งนี้ได้กำหนดให้รายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร (IQA ระดับหลักสูตร) และรายงานผลการดำเนินการของหลักสูตร (มคอ.7) เป็นรายงานฉบับเดียวกันเพื่อลดความซ้ำซ้อนของการจัดทำรายงานของสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาและสามารถรายงานผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ได้

3.2 ศึกษาทฤษฎีและสร้างแบบสอบถาม โดยดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน หรือที่เกี่ยวข้อง และวิธีการสร้างแบบสอบถามจากตำรา บทความ หรือเอกสาร เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบสอบถาม

2) สร้างแบบสอบถามแนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษา [5] โดยพิจารณาประเด็นที่เกี่ยวข้องในแต่ละองค์ประกอบเพื่อให้แบบสอบถามสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน ที่สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) กำหนดพร้อมทั้งให้เป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF)

3.3 ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามแนวปฏิบัติที่ดี มีการดำเนินงานดังนี้

1) กำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดให้มีประสบการณ์ทางด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในและ/หรือที่เกี่ยวข้อง

2) ส่งแบบสอบถามแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาให้แก่ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 ท่าน

3) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบเนื้อหา ภาษาที่ใช้และความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ ประกอบของการประกันคุณภาพภายในระดับหลักสูตร พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในแต่องค์ประกอบของแบบสอบถาม

4) นำผลการประเมินแบบสอบถามที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบสอบถามไปให้อาจารย์ประจำหลักสูตรประเมินความคิดเห็น มีการดำเนินงานดังนี้

1) สำรวจรายชื่ออาจารย์ประจำหลักสูตร ในสังกัดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จำนวน 40 คน จากจำนวนหลักสูตรทั้งหมด 12 หลักสูตร

2) จัดส่งแบบสอบถามแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาให้แก่อาจารย์ประจำหลักสูตร

3) รวบรวมแบบสอบถามแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาจากอาจารย์ประจำหลักสูตร

3.5 วิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบด้วย อาจารย์ประจำหลักสูตรจำนวน 40 คน จากจำนวนหลักสูตรทั้งหมด 12 หลักสูตร พบว่าแนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ในส่วนขององค์ประกอบที่ 1 การกำกับมาตรฐาน พบว่ามีการปฏิบัติตามมากที่สุดคือประเด็นจำนวนอาจารย์ประจำหลักสูตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 องค์ประกอบที่ 2 บัณฑิต มีการปฏิบัติตามมากที่สุดคือการจัดทำแบบประเมินคุณภาพบัณฑิตได้จัดทำตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติซึ่งสอดคล้องกับแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบผลการเรียนรู้สู่รายวิชา (Curriculum Mapping) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 องค์ประกอบที่ 3 นักศึกษา มีการปฏิบัติตามมากที่สุดคือหลักสูตรมีการรายงานอัตราการสำเร็จของนักศึกษาทุกภาคการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 องค์ประกอบที่ 4 อาจารย์ มีการปฏิบัติตามมากที่สุดคือการแต่งตั้งอาจารย์ประจำหลักสูตรที่พิจารณาคุณสมบัติให้ตรงตามเกณฑ์ที่ สกอ. กำหนด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.84 องค์ประกอบที่ 5 หลักสูตรการเรียนการสอน การประเมินผู้เรียน มีการปฏิบัติตามมากที่สุดคือหลักสูตรมีระบบการออกแบบหลักสูตรที่มีความสอดคล้องตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ และเกณฑ์มาตรฐานของคณะกรรมการการอุดมศึกษา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 และองค์ประกอบที่ 6 สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ มีการปฏิบัติตามมากที่สุดคือ หลักสูตรได้จัดทำการจัดทำแผนการจัดสรรสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้และดำเนินการตามแผนที่วางไว้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50

4. สรุปและอภิปรายผล

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการพัฒนางานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในและเพื่อเผยแพร่แนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในแก่บุคคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยกลุ่มตัวอย่างคือ อาจารย์ประจำหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ปีการศึกษา 2558 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของอาจารย์ประจำหลักสูตร ซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) ระดับการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน อยู่ในระดับปฏิบัติตามมาก

2) ระดับการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร จำแนกตามหลักสูตรคือระดับปฏิบัติตามมากที่สุด จำนวน 5 หลักสูตร ระดับปฏิบัติตามมาก จำนวน 7 หลักสูตร และอีกหนึ่งหลักสูตรไม่สามารถทำการเก็บแบบสอบถามได้

3) การวิเคราะห์เป็นรายข้อตามข้อคำถามพบว่าจำนวนข้อที่มีระดับคะแนนต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ย 4.00 คือตัวบ่งชี้ที่ 3.2 การส่งเสริมและพัฒนานักศึกษา แนวปฏิบัติด้านการพัฒนาศักยภาพนักศึกษาและเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แนวปฏิบัติข้อที่ 2 หลักสูตรได้จัดทำระบบและกลไกการพัฒนาศักยภาพนักศึกษาและเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไว้อย่างชัดเจน แนวปฏิบัติข้อที่ 3 หลักสูตรได้จัดให้มีการประเมินระบบและกลไกการพัฒนาศักยภาพนักศึกษาและเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แนวปฏิบัติข้อที่ 4 หลักสูตรได้มีการนำผลที่ได้จากการประเมินระบบและกลไกมาปรับปรุงหรือพัฒนา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.00 – 4.80 ข้อสอบถามที่มีระดับ

คะแนนตั้งแต่ 4.81 ขึ้นไปคือ ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 การบริหารจัดการหลักสูตรตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรที่กำหนดโดย สกอ. ประเด็นด้านจำนวนอาจารย์ประจำหลักสูตร แนวปฏิบัติข้อที่ 1 สาขาวิชากำหนดให้มีอาจารย์ประจำหลักสูตรไม่น้อยกว่า 5 ท่าน แนวปฏิบัติข้อที่ 2 อาจารย์ประจำหลักสูตรได้ทำการคัดเลือกจากอาจารย์ประจำสาขาวิชาตามเกณฑ์ที่ สกอ. กำหนด แนวปฏิบัติข้อที่ 3 สาขาวิชามีการกำหนดคุณสมบัติของอาจารย์ประจำหลักสูตรให้ตรงตามเกณฑ์ของ สกอ. แนวปฏิบัติข้อที่ 4 สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ประจำหลักสูตรเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรเพียงหลักสูตรเดียว ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 การบริหารและพัฒนาอาจารย์ ประเด็นด้านการรับและแต่งตั้งอาจารย์ประจำหลักสูตร แนวปฏิบัติข้อที่ 2 การแต่งตั้งอาจารย์ประจำหลักสูตรได้พิจารณาคุณสมบัติให้ตรงตามเกณฑ์ที่ สกอ. กำหนด ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 สาระของรายวิชาในหลักสูตร ประเด็นด้านหลักคิดในการออกแบบหลักสูตร ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร แนวปฏิบัติข้อที่ 1 หลักสูตรมีระบบการออกแบบหลักสูตรที่มีความสอดคล้องตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ และเกณฑ์มาตรฐานของคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ผลการศึกษาพบว่า หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (หลักสูตร 4 ปี) และหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (ต่อเนื่อง) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่า 3.51 – 4.50 แปลผลได้ว่ามีการปฏิบัติตามมาก และหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (หลักสูตร 5 ปี) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.51 - 5.00 แปลผลได้ว่ามีการปฏิบัติตามมากที่สุด

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์ในภาพรวมเกี่ยวกับการบริหารจัดการของหลักสูตรมีแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร พบว่ามีแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร 3 ประเด็น ได้แก่

ประเด็นที่ 1 จำนวนอาจารย์ประจำหลักสูตร แนวปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับการกำหนดให้มีอาจารย์ประจำหลักสูตรไม่น้อยกว่า 5 ท่าน แนวปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับการคัดเลือกจากอาจารย์ประจำสาขาวิชาตามเกณฑ์ที่ สกอ. กำหนด แนวปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับการกำหนดคุณสมบัติของอาจารย์ประจำหลักสูตรให้ตรงตามเกณฑ์ของ สกอ.และแนวปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับการกำหนดให้อาจารย์ประจำหลักสูตรเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรเพียงหลักสูตรเดียว

ประเด็นที่ 2 การรับและแต่งตั้งอาจารย์ประจำหลักสูตรแนวปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับการพิจารณาคุณสมบัติอาจารย์ประจำหลักสูตรให้ตรงตามเกณฑ์ที่ สกอ. กำหนด ประเด็นที่ 3 หลักคิดในการออกแบบหลักสูตร ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรและวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและแนวปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับการออกแบบหลักสูตรที่มีความสอดคล้องตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ และเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

5. ข้อเสนอแนะของการวิจัย

ควรมีการทำวิจัยเปรียบเทียบแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาของหลักสูตรที่สังกัดต่างคณะ และศึกษาปัจจัยที่จะทำเกิดแนวปฏิบัติที่ดีด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้เชี่ยวชาญคณะกรรมการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น คณบดี รองคณบดี คณาจารย์ บุคลากร ตลอดจนอาจารย์ประจำหลักสูตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการตอบแบบสอบถาม และเป็นกำลังใจให้คณะผู้วิจัยตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณผู้ร่วมโครงการวิจัยและบุคลากรสำนักงานคณบดีทุกคนที่ให้การ

สนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545

[2] สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2557). คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับอุดมศึกษา พ.ศ.2557.นนทบุรี ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.

[3] อนนท์ ปลื้มเนตร. (2556). การดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. งานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

[4] จริยะ วิโรจน์. (2553). การศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในงานประกันคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. งานวิจัย คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

[5] ณิธิมา ผัดวงศ์. (2557). การจัดการความรู้ที่สอดคล้องกับการประกันคุณภาพการศึกษาของหน่วยงานในมหาวิทยาลัยพะเยา. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต (นโยบายสาธารณะ) มหาวิทยาลัยพะเยา

การหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติ เรื่องช่างไฟฟ้าภายในอาคาร

The efficiency of the Practice set Electrician within the building.

สุทธิพงษ์ ฟุ้งเดช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

E-mail: suttipong.fu@rmuti.ac.th, 0862205502

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคารที่สร้างขึ้นที่ประกอบด้วย ด้านความรู้และด้านความสามารถ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคาร กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม จำนวน 24 คน ผลการวิจัยพบว่า การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (X= 4.46) ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคารมีประสิทธิภาพ 83.24 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80 และร้อยละของการทดสอบผ่านมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 ร้อยละ 100 สรุปว่าชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคารมีคุณภาพและประสิทธิภาพสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

คำหลัก: ประสิทธิภาพ, ชุดฝึกปฏิบัติ, ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร

Abstract

The article presents the efficiency of the Practice set Electrician within the building. Research tool is Practice set Electrician within the building that is created that contains the knowledge and practice to analyze the data from the Announcement of the Council for the Promotion of skill development National Skill Standards branch profession Electrician within the building. The sample were 24 bachelor's degree students of electronic and telecommunication engineering. The result of this research shows evaluated by 5 experts was at very high level (X = 4.46). The Practice set Electrician within the building the efficiency of 83.24 which higher than the criteria 80. And percentage of tests past National Skill Standards profession Electrician within the building Level 1 100%. In conclusion, The Practice set Electrician within the building can be used effectively and Promote learning as well.

Keywords: efficiency, Practice set, Electrician within the building.

1. บทนำ

การจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างมากในการพัฒนามนุษย์ไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ โดยกระบวนการที่จะนำไปสู่เป้าหมายจำเป็นต้องมีการวางแผนอย่างมีระบบและในปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทั้งทางด้านการสื่อสาร ระบบควบคุม และด้านต่าง ๆ ซึ่งทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งการเรียนรู้ก็ต้องก้าวให้ทันเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลง พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542[1] กำหนดว่าสามารถส่งเสริมให้บุคคลสามารถเรียนรู้ได้ตลอดชีวิตด้วยการจัดการศึกษาทั้ง 3 ระบบคือ ในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ซึ่งสุดท้ายแล้วมีเป้าหมายคือการนำความรู้นั้นไปประกอบอาชีพ การประกอบอาชีพทุกอาชีพย่อมมีมาตรฐานวิชาชีพของแต่ละอาชีพ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าอาชีพนั้นมีความสำคัญหรือผลกระทบต่อสังคมมากน้อยเพียงใดซึ่งจะเกี่ยวข้องกับวิชาชีพต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่าการประกอบอาชีพวิศวกรรมควบคุม[2] เช่น สาขาโยธา อุตสาหการ เครื่องกล เหมืองแร่ สิ่งแวดล้อม เคมี และไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งมีหน่วยงานดูแลและรับผิดชอบคือสภาวิศวกร ซึ่งทำหน้าที่ กำกับ ดูแลให้เป็นไปตามกฎหมาย ข้อบังคับ ซึ่งการได้มาของใบประกอบวิชาชีพนั้นต้องเป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษา จากสถาบันการศึกษาและหลักสูตรที่ศึกษานั้นต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่สภาวิศวกรกำหนด วิชาชีพทางด้านไฟฟ้านั้นยังมีบุคคลอีกหลายกลุ่มที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแต่ไม่มีใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ทำให้การปฏิบัติงานยังไม่เกิดประสิทธิภาพตามมาตรฐานของอาชีพเท่าที่ควร เพื่อให้เกิดมาตรฐานทางด้านไฟฟ้าในอาคารขึ้น สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ทำหน้าที่ กำกับ ดูแลมาตรฐานทางด้านฝีมือแรงงานของประชาชนในประเทศไทย และได้กำหนดมาตรฐานเป็นกฎหมายของอาชีพแต่ละอาชีพออกเป็นระดับ เพื่อแบ่งความสามารถและความรับผิดชอบในหน้าที่และเป็นการยกระดับมาตรฐานอาชีพก้าวไปสู่สากล จากประกาศกระทรวงแรงงาน [3] เรื่อง กำหนดสาขาอาชีพ ที่อาจเป็นอันตรายต่อสาธารณะ ซึ่งต้องดำเนินการโดยผู้ได้รับหนังสือรับรองความรู้ความสามารถ เพื่อคุ้มครองป้องกันชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนและประโยชน์สาธารณะซึ่งในข้อ 3 ได้กำหนดให้สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ เฉพาะสาขาช่างไฟฟ้าภายในอาคาร เป็นสาขาอาชีพที่อาจเป็นอันตรายต่อสาธารณะซึ่งต้องดำเนินการโดยผู้ได้รับหนังสือรับรองความรู้ความสามารถตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานถือว่าเป็นการสร้างมาตรฐานของอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคาร[4] ซึ่งจะมีผลบังคับใช้วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2559 เป็นต้นไป ช่างไฟฟ้าภายในอาคารต้องมีหนังสือรับรองความรู้ความสามารถ ซึ่งเกณฑ์การประเมินประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1. ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน 50 คะแนน 2. มีประสบการณ์/การศึกษา/การทำงาน/การฝึกอบรม 25 คะแนน 3. คุณลักษณะส่วนบุคคล 25 คะแนน รวมทั้งสิ้น 100 คะแนน สำหรับเกณฑ์ผ่านผู้ประเมินต้องได้คะแนน 85 คะแนนขึ้นไป ถึงจะสามารถปฏิบัติงานทางด้านไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย

ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่ามีนักศึกษาจำนวนหนึ่งได้หารายได้ระหว่างเรียนโดยการปฏิบัติงานทางด้านไฟฟ้าภายในอาคารอยู่แล้ว เพื่อหารายได้เป็นค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายของผู้ปกครอง ฉะนั้นการวิจัยนี้จะสามารถช่วยพัฒนาฝีมือและความรู้ทางด้านไฟฟ้าภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้นักศึกษาที่ต้องการประกอบอาชีพทางด้านช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ได้เข้าทดสอบตามกฎหมายกำหนด นำความรู้และทักษะไปใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไปใช้เป็นประสบการณ์ไปถ่ายทอดในการสอนนักศึกษาขณะออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูอีกด้วย

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความตระหนักถึงความสำคัญในการหาแนวทางในการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคารขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้ชุดฝึกปฏิบัติ เข้ารับการทดสอบและผ่านการประเมินการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการขอหนังสือรับรองความรู้ความสามารถทางด้านช่างไฟฟ้าในอาคารต่อไป

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อหาคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร

2) เพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร

3) เพื่อหาร้อยละของผู้ใช้ชุดฝึกปฏิบัติทดสอบที่ผ่านมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1

3. สมมติฐานในการวิจัย

1) คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคารเมื่อผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2) ประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคารมีประสิทธิภาพ 80

3) ผู้ใช้ชุดฝึกปฏิบัติทดสอบผ่านมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

4. วิธีการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ผู้วิจัยขอกล่าวรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

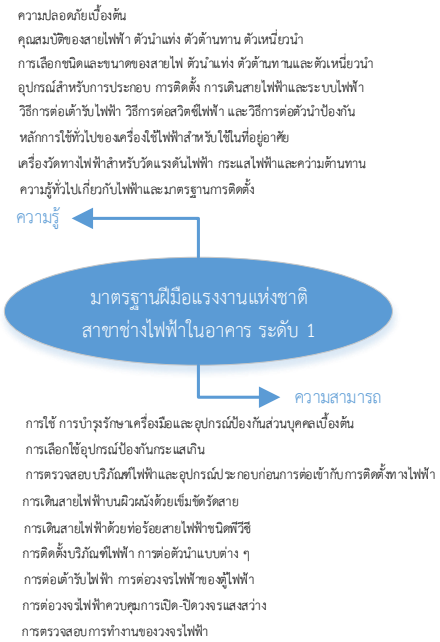
4.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 24 คน ด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง

4.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคาร[5] โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาแบ่งบทเรียนหัวข้อ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การวิเคราะห์เนื้อหาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1

เมื่อทำการวิเคราะห์เนื้อหาแบ่งบทเรียน หัวข้อ ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม[6] ซึ่งการทดสอบมาตรฐาน

ฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 ต้องทดสอบ 2 ส่วนคือการทดสอบด้านความรู้และการทดสอบด้านความสามารถ ดั้งนั้นการกำหนดจุดประสงค์ต้องกำหนดทั้งด้านพุทธิพิสัยและด้านทักษะพิสัย จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา และนำมาสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างใบเนื้อหาและออกแบบสร้างชุดข้อสอบ กำหนดกิจกรรมการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหา โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างใบเนื้อหา

การสร้างใบเนื้อหาทำได้โดยการวิเคราะห์หลักสูตรกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้แล้วขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบและสร้างใบเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2) การสร้างสื่อการนำเสนอ

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างสื่อที่ใช้ในการวิจัยคือ สื่อการนำเสนอ สร้างจากโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Power Point ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2 มีประโยชน์ช่วยให้เป็นสื่อที่ช่วยลดจินตนาการ ให้การเรียนรู้จากนามธรรมเป็นรูปธรรม และกลุ่มตัวอย่างยังสามารถนำสื่อนำเสนอมาทบทวนนอกเวลาได้อีกด้วย



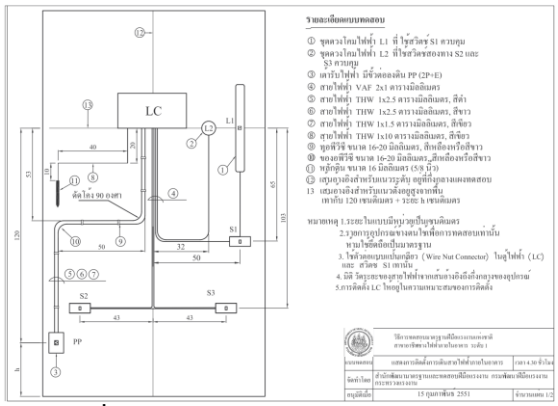
รูปที่ 2 ตัวอย่างสื่อเพาเวอร์พอยต์

3) การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบทดสอบ[6] ตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ได้จากการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน จำนวน 60 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก เมื่อสร้างแบบทดสอบเสร็จแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ (IOC) ผลของการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบทุกข้อ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 ซึ่งสูงกว่าระดับอ้างอิงที่ 0.5 แสดงว่าข้อสอบทุกข้ออยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ ผลของการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ ประกอบด้วยการหาค่าความยากง่าย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 การหาค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.4 และผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายฉบับคือการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.74 แสดงว่ามีความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยได้

4) การออกแบบใบปฏิบัติงาน

เนื่องจากการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 มีการทดสอบทั้งด้านความรู้และความสามารถ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าขอบเขตของการทดสอบด้านความสามารถในการปฏิบัติงานนั้นมีขอบเขตตามที่วิเคราะห์ดังรูปที่ 1 ดังนั้นผู้วิจัยได้สร้างใบปฏิบัติงานตามขอบเขตของการกำหนดจุดประสงค์ โดยอ้างอิงจากแบบทดสอบทางด้านความสามารถ ของสำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบทดสอบทางด้านความสามารถ

5) การออกแบบสื่อชุดฝึกปฏิบัติ

เนื่องจากการทดสอบทางด้านปฏิบัติผู้วิจัยได้อ้างอิงมาจากแบบมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ของช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 จึงทำการสร้างสื่อที่ใช้เป็นตัวอย่างในการฝึกปฏิบัติ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 สื่อชุดฝึกปฏิบัติ

5. ผลการดำเนินการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลของการวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 คุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้น

การประเมินคุณภาพเพื่อหาความเหมาะสมของชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าในอาคาร โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษาและทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านการวิเคราะห์ใบเนื้อหา ด้านการวิเคราะห์การวัดและประเมินผล ด้านการวิเคราะห์สื่อ ด้านการวิเคราะห์ใบปฏิบัติงานและด้านการวิเคราะห์สื่อชุดปฏิบัติ ผลที่ได้จากการประเมินโดยสรุป แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.40	0.49	มาก
2. การวิเคราะห์ใบเนื้อหา	4.40	0.49	มาก
3. การวิเคราะห์การวัดและประเมินผล	4.20	0.40	มาก
4. การวิเคราะห์สื่อ	4.40	0.49	มาก
5. การวิเคราะห์ใบปฏิบัติงาน	4.60	0.49	มากที่สุด
6. การวิเคราะห์สื่อชุดปฏิบัติ	4.80	0.40	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	**4.46**	**มาก**	

จากตารางที่ 1 สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ ผลการประเมินเพื่อหาความเหมาะสมของการสร้างชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าในอาคารโดยผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นดังนี้[7] 1) ด้านการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 2) ด้านการวิเคราะห์ใบเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 3) ด้านการวิเคราะห์การวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 4) ด้านการวิเคราะห์สื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 5) ด้านการวิเคราะห์ใบปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด 6) ด้านการวิเคราะห์สื่อชุดปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด สรุปรวมทุกด้านพบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.46 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

5.2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติที่

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน ปรากฏผลดังนี้

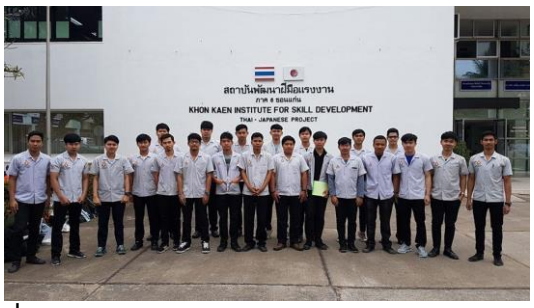
ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพ

รายการคะแนน	N	$\sum x$	$\bar{X}$	ร้อยละ
แบบทดสอบ	24	195.2	49.8	83.24

จากตารางที่ 2 หลังจากผู้ใช้ชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ขั้นตอนนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยการประเมินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการทดสอบทางด้านทฤษฎี 60 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง คิดเป็น 30% และการทดสอบภาคความสามารถ 400 คะแนนใช้เวลาในการทดสอบ 4 ชั่วโมง 30 นาที คิดเป็น 70% จากการหาประสิทธิภาพโดยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คนซึ่งผลการประสิทธิภาพมีค่าท่ากับ 83.24

5.3 ผลการหาร้อยละของผู้ใช้ชุดฝึกปฏิบัติที่ที่รับการทดสอบผ่านการประเมิน

ในการทดสอบหาค่าร้อยละ[8]ของผู้ผ่านการประเมิน โดยการเข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 ได้รับความอนุเคราะห์จาก สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน 6 ขอนแก่น เป็นศูนย์ในการทดสอบซึ่งผลการทดสอบ



รูปที่ 5 เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1



รูปที่ 6 การทดสอบทางด้านทฤษฎี



รูปที่ 7 การทดสอบทางด้านปฏิบัติ

จากการเข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคารระดับ 1 จำนวน 24 คน พบว่าผ่านการประเมินจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 100

6. สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอการหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร เมื่อทำการวิเคราะห์ผลแล้วพบว่า

1) ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยมีค่าระดับความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (X = 4.46) ดังนั้นชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าในอาคารสามารถนำไปใช้ในการในกิจกรรมการเรียนรู้ช่างไฟฟ้าภายในอาคารได้เป็นอย่างดี

2) ผลการหาประสิทธิภาพมีค่า 83.24 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80 แสดงว่าผู้ใช้ชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร มีความรู้ความสามารถ เรื่องช่างไฟฟ้าภายในอาคาร สามารถปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง ปลอดภัย

การอ่านแบบไฟฟ้า การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนสามารถในการวัดและตรวจสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

3) ผลการหาค่าร้อยละของผู้ทดสอบผ่านเกณฑ์การทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 ซึ่งทำการทดสอบทั้งด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติ ผลการทดสอบของผู้ใช้ที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ของ ชุดฝึกปฏิบัติช่างไฟฟ้าภายในอาคาร คิดเป็นร้อยละ 100 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 80 แสดงว่าผู้ใช้ชุดฝึกปฏิบัติมีความรู้ และความสามารถในการปฏิบัติงานตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างภายไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานระดับสากล

6.1 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดสอบสมมติฐานข้อ 3 เป็นการหาร้อยละของผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการประเมินการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1 ต้องขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานภายนอก คือ สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน ดังนั้นควรมีการติดต่อ ประสานงานและเผื่อระยะเวลาในการเข้ารับการทดสอบ

และการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติและศึกษาเพื่อนำมาพัฒนาใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน ข้อมูลที่ได้อาจไม่เพียงพอ ควรนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นหรือกำหนดเป็นมาตรฐานทางด้านวิชาชีพของสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม เพื่อพัฒนาวิชาชีพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน 6 ขอนแก่น ในการเป็นศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1

8. เอกสารอ้างอิง

[1] พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ 19 สิงหาคม 2542.ราชกิจจานุเบกษา,เล่มที่ 116 ตอนที่ 74 ก หน้า 1.

[2] กฎกระทรวง กำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรมควบคุม 30 พฤศจิกายน 2550. ราชกิจจานุเบกษา, เล่มที่ 124 ตอนที่ 86 ก หน้า 4.

[3] ประกาศกระทรวงแรงงาน 27 ตุลาคม 2558 ราชกิจจานุเบกษา, เล่มที่ 132 ตอนพิเศษ 269 ง หน้า 6.

[4] พระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน (ฉบับที่ 2) 26 ธันวาคม 2557 ราชกิจจานุเบกษา, เล่มที่ 131 ตอนที่ 87 ก หน้า 19.

[5] ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน 23 ธันวาคม 2552 ราชกิจจานุเบกษา, เล่มที่ 126 ตอนพิเศษ 184 ง หน้า 29.

[6] ล้วน สายยศและอังคนา สายยศ, “เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้”, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สุวีริยสาสน์, 2543.

[7] ล้วน สายยศและอังคนา สายยศ, “เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา”, พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สุวีริยสาสน์, 2538.

[8] ชุศรี วงศ์รัตนะ เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย” พิมพ์ครั้งที่ 10, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทเนรมิตกิจอินเตอร์ โปรแกรสซีฟ, 2550.

การศึกษาระบบการผลิตข้าวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในจังหวัดพัทลุง

Rice Production System under Climate Change of Rice Farming in Phatthalung Province.

จิรภา เพชรรักษ์[1], ดร.เชิดศักดิ์ เกื้อรักษ์[2] และ ดร.ไพบูลย์ ประโมจนีย์[3,]

[1] สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตรอย่างยั่งยืน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210

[2] คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ. ป่าพะยอม จ. พัทลุง 93210

นางจิรภา เพชรรักษ์*: E-mail:Jirapa.patchrak@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 093 7465002

บทคัดย่อ

หลายพื้นที่ในจังหวัดพัทลุงได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยประสบอุทกภัยเป็นประจำอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลานานขึ้น ส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตข้าวและวิถีการผลิตข้าว ผู้วิจัยจึงมีคำถามว่าเกษตรกรทำนาเหล่านั้นดำรงอาชีพการทำนาอยู่ได้อย่างไร มีแนวทางและวิธีการปรับตัวเพื่อความยั่งยืนได้อย่างไร ดังนั้นการวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรทำนาอันเป็นผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ เกษตรกรทำนา 60 คน, เจ้าหน้าที่รัฐ, ผู้นำชุมชน, แกนนำเครือข่ายทางการเกษตร จำนวน 20 คน เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคม 2560 - พฤษภาคม 2561 โดยการสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึก ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลแบบวิเคราะห์เนื้อหา ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรทำนามีการปรับตัวเพื่อความยั่งยืนในแต่ละด้านของระบบการผลิตข้าว ดังนี้ 1) ด้านเศรษฐกิจ คือ การเลือกปลูกข้าวพื้นเมืองในพื้นที่นาหลังน้ำลด การเปลี่ยนเป้าหมายการผลิต การเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิต 2) ด้านสังคม คือ เกษตรกรปรับตัวผ่านกระบวนการสร้างความรู้ความเข้าใจร่วมกัน การรื้อฟื้นประเพณีวัฒนธรรม ความเชื่อ พิธีกรรมต่างๆ เกี่ยวกับวิถีข้าววิถีคน การเพิ่มช่องทางการสื่อสาร 3) ด้านสิ่งแวดล้อม คือ การทำนาอินทรีย์ ซึ่งเป็นการผลิตข้าวที่เกื้อกูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ เกษตรกรทำนาแบบพึ่งพาตนเองตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง

คำหลัก: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, ระบบการผลิตข้าว, ผลกระทบ, การปรับตัว

Abstract

Many areas in Phatthalung province were affected by climate change such as being continuously flooded and for a longer period of time. This affected the rice producing system as well as its processes. The researcher, hence, questioned how these rice farmers survived by doing the rice farming, what methods they used and how they could adapt themselves to become sustainable. This qualitative research, therefore, was aimed to study rice farmers' adaptation to climate change. The sample group consisted of 80 Key informants were purposively selected from 60 people from rice farmers, and 20 people from government officials, community leaders, and agricultural network personnel. Data were collected during March 2017- May 2018 via group conversations and deep

interviews. The data were then analyzed by using content analysis method. The study results revealed that rice farmers had adapted themselves to become sustainable in many ways: 1) on economic aspects, there were growing native species of rice after the floods receded, changing production goals, changing production technologies; 2) on social aspects, farmers adapted themselves via knowledge constructing and understanding processes; restoring traditional cultures, beliefs, and rites concerning people and rice as well as adding more communication methods; 3) on environment aspects, there were doing organic rice farming, producing rice with the concerns on natural resources and environment, using no synthetic chemical substances, and doing self-depending rice farming by following the royal sufficiency economic system.

Keywords: climate change, rice producing system, the effect, adapting

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกกำลังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภัยคุกคามต่อชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คนทั่วโลกในศตวรรษนี้ โดยพบว่าผู้คนในหลายประเทศได้รับผลกระทบและกำลังเผชิญหน้ากับหลายปัญหาที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ปัญหาน้ำท่วมที่รุนแรง ภัยแล้งที่ยาวนาน อุณหภูมิสูงหรือต่ำแบบสุดขั้ว คลื่นความร้อน พายุหิมะ พายุใต้ฝุ่น ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้ได้ทำลายชีวิตและทรัพย์สินผู้คนอย่างมหาศาล ในรอบ 3 ทศวรรษที่ผ่านมา สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลก่อให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ ส่งผลกระทบโดยตรงต่ออาชีพในภาคการเกษตรที่ต้องพึ่งพาดินฟ้าอากาศในการเพาะปลูก การเพาะปลูกทำได้ยากลำบากมากขึ้น ทำให้อาชีพของเกษตรกรตกอยู่ในสภาพเสี่ยง ในช่วงประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 2000 - 2012) ภัยธรรมชาติได้ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตไปแล้วประมาณ 1.2 ล้านคนมีผู้ได้รับผลกระทบประมาณ 2.1 พันล้านคน สร้างความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจ ประมาณ 1.7 แสนล้านเหรียญดอลล่าร์สหรัฐ จากรายงานของ International Food Policy Research Institute (IFPRI) ชี้ให้เห็นว่าในอนาคตการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรของพืชที่สำคัญในประเทศกำลังพัฒนาลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะประเทศในแถบทวีปเอเชียใต้ (Nelson et al. 2009) ดังนั้นประชาชนและเกษตรกรควรตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ควรให้ความสนใจและทำความเข้าใจในปัญหาดังกล่าว เพื่อจะได้หาแนวทางการปรับตัวและวิธีลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และได้รับผลกระทบด้านลบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นเดียวกับในหลาย ๆ ประเทศ สำหรับผลกระทบที่ชัดเจน คือ ปัญหาภัยแล้ง กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยรายงานว่า ในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยประสบภัยแล้งถึง 64 จังหวัด (684 อำเภอ 4,848 ตำบล 45,958 หมู่บ้าน) ราษฎรประสบภัยแล้งทั้งสิ้นประมาณ 15,740,824 คน (4,077,411 ครัวเรือน) พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหายถึง 1,716,853 ไร่ มูลค่าความเสียหายเฉพาะปี พ.ศ. 2553 ทั้งสิ้น 1,415,223,466 บาท (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2553) นอกจากภัยแล้งแล้ว ปัญหาน้ำท่วมก็ยังเป็นปัญหาหลักที่สำคัญปัญหาหนึ่ง ได้สร้างความเสียหายให้กับประเทศอย่างมหาศาล จากข้อมูลกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ชี้ให้เห็น

ว่าในรอบ 22 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2532 - 2554) ได้เกิดอุทกภัยขึ้นเฉลี่ย 10 ครั้ง/ปี และมีแนวโน้มที่รุนแรงและถี่ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างมากขึ้น ในปี 2554 กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ได้สรุปว่าประเทศมีพื้นที่ประสบภัยทั้งหมด 74 จังหวัด ราษฎรเดือดร้อนประมาณ 16.2 ล้านคน พื้นที่การเกษตรเสียหายจำนวน 11,798,241 ไร่ สร้างความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจถึง 23,840 ล้านบาท (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2554) และจากการศึกษาของ เกริก ปั้นแหน่งเพ็ชร และคณะ (2552) พบว่า การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิมีผลกระทบก่อให้เกิดความแปรปรวนของระบบการผลิตของข้าวนาน้ำฝน และนาชลประทาน ร้อยละ 18 และมีค่าความแปรปรวนระหว่างพื้นที่สำหรับการทำนาน้ำฝนและการทำนาชลประทานสูงเฉลี่ยร้อยละ 23

จังหวัดพัทลุงมีลักษณะพื้นที่ลาดเอียงจากทิศตะวันตกซึ่งเป็นแนวเทือกเขาบรรทัดไปยังทิศตะวันออกซึ่งเป็นทะเลสาบสงขลา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 50 - 1,000 เมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ทางทิศตะวันตกจะเป็นสวนยางพารา สวนผลไม้ และไม้ยืนต้น ส่วนด้านตะวันออก จะมีน้ำท่วมในฤดูฝน พัทลุงเป็นพื้นที่ปลูกข้าวสำคัญของภาคใต้ ดังคำที่ว่า “พัทลุงเมืองแห่งทุ่งข้าว ดินแดนเกษตรกรรม สันหลังของชาติ เมืองอู่ข้าวอู่น้ำของชาวใต้มาแต่โบราณ เป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญเพื่อเลี้ยงคนในพื้นที่และจังหวัดต่างๆ ในภาคใต้” ด้วยเหตุผลมีภูมิศาสตร์ที่เหมาะแก่การปลูกข้าว แหล่งทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์ เป็นจังหวัดที่ได้ชื่อว่า เมืองแห่งเขาป่า นา เล เพราะมีลักษณะภูมิประเทศ 3 ลักษณะ คือ มีทั้งที่เป็นป่าเขา มีพื้นที่ราบสำหรับทำนา และพื้นที่ติดทะเลสาบ เรียกว่าพื้นที่ลุ่มเล ซึ่งแต่ละลักษณะพื้นที่จะมีวิถีชุมชนแตกต่างกันไป แต่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างใกล้ชิด อีกทั้งมีวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับวิถีการทำนา เป็นแหล่งกำเนิดข้าวพันธุ์ดีหลากหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวสังข์หยดเป็นพันธุ์ข้าวที่น่าภาคภูมิใจของคนพัทลุง เนื่องจากเป็นข้าวที่ได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถ พระองค์ท่านทรงมีพระราชดำริเมื่อปี พ.ศ. 2543 ให้ทดลองปลูกในโครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริฯ ในแปลงนาของศูนย์วิจัยข้าว จังหวัดพัทลุง และ EU ขึ้นทะเบียนเป็นข้าวจีไอ หรือสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ Sangyod Brown Geographical Indication (GI) Rice แต่ในปัจจุบันพบว่า พื้นที่การปลูกข้าวและผลผลิตต่อไร่จากนาข้าวในจังหวัดพัทลุงลดลงอย่างต่อเนื่อง สาเหตุสำคัญประการหนึ่ง คือ พื้นที่การทำนาได้รับผลกระทบจากภัยน้ำท่วมและความแปรปรวนของฤดูกาลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงที่ผ่านมาจึงทำให้เกษตรกรทำนา มีรายได้น้อยลง ประสบปัญหาภาวะหนี้สิน ไม่มีความมั่นคงในอาชีพทำนา

ดังนั้นชาวนาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการปรับตัว หากจะลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้น้อยลง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาระบบการผลิตข้าวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยศึกษาชาวนาในตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง จากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่พบว่า เป็นตำบลที่มีปัญหาเรื่องน้ำท่วมซ้ำซาก และท่วมขังเป็นเวลายาวนาน นับเป็นพื้นที่วิกฤตของจังหวัดพัทลุง ดังนั้นผู้วิจัยต้องการศึกษาว่า ชาวนาได้รับผลกระทบระบบการผลิตข้าวอย่างไร และมีแนวทางอย่างไรในการปรับตัว จากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ผลการศึกษาวิจัยจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อชาวนาในการสร้างภูมิคุ้มกันในการทำนาที่ยั่งยืน และหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปกำหนดแผนการส่งเสริมและช่วยเหลือชาวนาในการรับมือกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่จังหวัดพัทลุงต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรทำนาจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เก็บข้อมูลในระดับครัวเรือนและชุมชนโดยสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key Informants) ได้แก่ เจ้าหน้าที่ของรัฐ/ผู้นำชุมชน/แกนนำเครือข่ายทางการเกษตรจำนวน 20 คน ตามคุณสมบัติ คือ อาศัยและมีบทบาทหน้าที่ในการส่งเสริมและพัฒนาชุมชนอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อให้เห็นถึงพัฒนาการเกี่ยวกับแนวทางการปรับตัวของเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรทำนา จำนวน 60 คน รวมเป็น 80 คน โดยใช้หลักการเลือกเกษตรกรทำนาที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยตรง จำนวน 60 คน และเจ้าหน้าที่ของรัฐ/ผู้นำชุมชน/แกนนำเครือข่ายทางการเกษตร ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 20 คน ผู้วิจัยเลือกผู้ให้ข้อมูลหลัก โดยวิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) โดยที่ผู้ให้ข้อมูลกลุ่มเกษตรกรจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้ 1) มีอาชีพทำนาที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 45 - 65 ปี ซึ่งมีทั้งเพศหญิงและเพศชาย โดยมีอาชีพทำนามาตั้งอดีตจนถึงปัจจุบันเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 20 ปีขึ้นไป จำนวน 60 คน เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของระบบการผลิตข้าว 2) มีกรรมสิทธิ์ในที่นาเป็นของตนเอง 3) อาศัยอยู่ในพื้นที่ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน 4) รู้และเข้าใจระบบการผลิตข้าวจากอดีตจนถึงปัจจุบัน และ 5) รับรู้/ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 20 ปีขึ้นไป ในการสัมภาษณ์แต่ละครั้งผู้วิจัยใช้แนวทางการสัมภาษณ์ (interview Guideline) ซึ่งเป็นเครื่องมือการวิจัยแบบกึ่งมีโครงสร้างแนวคำถาม (Semi-Structure) โดยสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ในระดับปัจเจกบุคคล โดยคำถามที่ใช้ถามเจ้าหน้าที่ของรัฐ/ผู้นำชุมชน/แกนนำเครือข่ายทางการเกษตรจะเป็นคำถามเกี่ยวกับส่งเสริม สนับสนุน ให้เกิดการพัฒนาด้านอาชีพการทำนา แต่คำถามที่ใช้ถามเกษตรกรเป็นคำถามที่ต้องการทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับขั้นตอน วิธีการ ของระบบการผลิตข้าวในฐานะผู้ปฏิบัติ หลังจากนั้นจึงสัมภาษณ์กลุ่ม (Group Interview) ในประเด็นเดียวกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึก ระหว่างการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้บันทึกเทป และจดบันทึก พร้อมสังเกตทั้งแบบมีส่วนร่วมและไม่มีส่วนร่วมควบคู่กัน เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ เมื่อได้ข้อมูลครอบคลุมตามวัตถุประสงค์แล้ว นำข้อมูลที่ได้กลับมาตรวจสอบความสมบูรณ์อีกครั้ง ก่อนนำไปวิเคราะห์แบบวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

3. ผลการศึกษา

ผู้วิจัยเสนอผลการวิจัย 2 ประเด็น คือ ผลกระทบของระบบการผลิตข้าว และการปรับตัวของชาวนาจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในจังหวัดพัทลุง มีรายละเอียดดังนี้

1.บริบทผลกระทบของระบบการผลิตข้าวอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในจังหวัดพัทลุง

ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในจังหวัดพัทลุง ตั้งแต่ปี 2550 เป็นต้นมา จะเห็นได้ว่าจังหวัดพัทลุง ประสบปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติเป็นประจำทุกปี โดยมีสาเหตุหลักจากฝนที่ตกหนักในช่วงฤดูฝนใน พื้นที่ตอนบนลุ่มน้ำบริเวณเทือกเขาบรรทัด เกิดน้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมฉับพลันในเขตอำเภอป่าพะยอม อำเภอศรีบรรพต อำเภอศรีนครินทร์ อำเภอกงหรา อำเภอตะโหมด และอำเภอป่าบอน เมื่อน้ำไหลผ่านตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำในเขตอำเภอควนขนุน อำเภอเมือง อำเภอเขาชัยสน อำเภอบางแก้ว อำเภอตะโหมด และอำเภอป่าบอน เกิดน้ำเอ่อล้นตลิ่งท่วมพื้นที่สองฝั่งของลำน้ำ เนื่องจากลำน้ำมีขนาดเล็กไม่สามารถรับปริมาณน้ำหลากได้ จากนั้นจึงไหลลงสู่ทะเลทะเลสาบสงขลา จึงทำให้เกิดน้ำท่วมขังบริเวณที่ราบลุ่มริมทะเลสาบสงขลาในเขตอำเภอควนขนุน อำเภอเมือง

อำเภอเขาชัยสน อำเภอบางแก้ว และอำเภอปากพะยูน อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ประกอบกับกายภาพของพื้นที่อันเป็นที่ราบลุ่มทำให้พื้นที่นี้กลายเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของจังหวัดพัทลุง ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงระบบนิเวศที่เชื่อมต่อกันของจังหวัดพัทลุง และเมื่อเกิดฝนตกหนักและน้ำหลากในพื้นที่ต้นน้ำย่อมส่งผลให้เกิดน้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลากไปถึงพื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลา ดังนั้นจะเห็นว่าจังหวัดพัทลุงจึงประสบภัยธรรมชาติเป็นประจำและต่อเนื่อง ด้วยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ระบบนิเวศที่เชื่อมต่อกันของจังหวัดทำให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรมากมาย โดยโครงสร้างของจังหวัดพัทลุงพิจารณาจากสัดส่วนของมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมโดยเฉลี่ยแล้ว พบว่า สาขาเกษตรมีสัดส่วนสูงสุด รายได้ส่วนใหญ่ของคนจังหวัดพัทลุง ประมาณร้อยละ 40 มาจากผลผลิตทางการเกษตร

ภาวะน้ำท่วม ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบการผลิตข้าวคือ น้ำท่วมขังต้นข้าวในนา ทำให้ต้นข้าวเสียหาย หากท่วมขังเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้ต้นข้าวเน่าเปื่อยได้ หรือพื้นที่นาประสบปัญหาภาวะน้ำท่วมฉับพลันจากฝนตกหนักในต้นฤดูเพาะปลูก ก็อาจทำให้นาข้าวที่เพิ่งปลูกเสียหายสาเหตุจากต้นข้าวยังไม่แข็งแรง รากยึดเกาะดินยังไม่ดีพอ และหากน้ำท่วมขังขณะที่ข้าวอยู่ในช่วงที่พร้อมจะเก็บเกี่ยว ก็จะส่งผลให้ผลผลิตของคุณภาพข้าวเปลือกจะต่ำ เนื่องจากมีความชื้นสูง เมล็ดข้าวจะแตกหักได้ง่าย และน้ำท่วมนา ทำให้รถเกี่ยวข้าวลงไปเกี่ยวข้าวไม่ได้ ส่งผลให้การเก็บเกี่ยวทำได้ยากขึ้น เกษตรกรต้องแบกรับต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังต้องประสบปัญหาการจัดการความชื้นของข้าว ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีเครื่องอบเพื่อลดความชื้น ทำให้ต้องขายข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง โรงสีรับซื้อข้าวเปลือกในราคาต่ำ ซึ่งภาวะน้ำท่วมถือเป็นผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกษตรกรต้องแบกรับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรทำนาในพื้นที่ลุ่มหรือพื้นที่รองรับน้ำ ต้องเผชิญกับปัญหาดังกล่าวอย่างซ้ำซาก

“แต่แรก (อดีต) จะมีน้ำหลากในช่วงต้นพฤศจิกายน ธันวาคม น้ำที่หลากจะสูงประมาณ 1 เมตร ท่วมนานประมาณ 30 - 45 วัน และสังเกตได้เลยว่าในทุก 5 - 7 ปี จะมีน้ำท่วมใหญ่สักหน ซึ่งในช่วงน้ำท่วมใหญ่จะมีน้ำลึกประมาณ 1 - 2 เมตร และนานประมาณ 60 - 90 วัน จะเริ่มทำนากันตั้งแต่เดือนมกราคม โดยน้ำที่หลากนี้จะก็จะไม่ได้มีผลกระทบต่อชาวบ้านมากมายนัก เพราะว่าต้นข้าวเจริญเติบโตหมดแล้ว จนต้นข้าวสามารถอยู่รอดทนต่อน้ำหลากได้ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีน้ำท่วมใหญ่ขึ้นหลายครั้ง บ่อยขึ้นเกือบทุกปีทำให้ชาวนาต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการทำนาใหม่ เป็นการเปลี่ยนมาปลูกข้าวที่มีอายุข้าวสั้นลง”

“ไอ้ฝนสมัยนี้ เอาแน่เอานอนกะมันไม่ได้ นึกอีตกกะตก พอตกหนักตกติดต่อกันไม่กี่วันน้ำกะท่วมล่าว มันน้ำมาตอนเราไม่ต้องการ แต่พอถึงช่วงที่ชาวนาอีเริ่มทำนากะไม่มีน้ำโน้นแหละ บางปีกะมาก่อนฤดูทำนา บางปีกะมาหลัง ถ้าแหลงในเรื่องของผลกระทบเกี่ยวกับเรื่องน้ำฝนที่จะมาเอามาทำนานั้นคนที่นี้ไม่ข้องใจเท่าใด เพราะที่นี่มีถานี (สถานี) สูบน้ำไฟฟ้า แต่ถ้าเป็นเรื่องที่ฝนไม่ตกตามฤดู คือ ตกมากหวาเดิมทำให้น้ำท่วมนานั้นถือว่าเป็นปัญหาของบ้านเราชาวนาที่นี่กะเดือนร้อนอยู่มาก”

2. การปรับตัวของเกษตรกรทำนาในจังหวัดพัทลุงจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในจังหวัดจังหวัดพัทลุง และการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจสังคม และสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรทำนาได้เรียนรู้ในการปรับตัวในแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

2.1 การปรับตัวด้านเศรษฐกิจ

ในอดีตการทำนาทำสวนเป็นอาชีพดั่งเดิมของคนจังหวัดพัทลุง โดยเฉพาะนาจะทำกันมากบริเวณพื้นที่ราบตอนกลางของจังหวัด อย่างไรก็ตามด้วยสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบ

นิเวศ การพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วของพื้นที่ ประกอบกับการส่งเสริมด้านต่างๆ ของหน่วยงานภาครัฐ ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับพื้นที่หลายอย่าง โดยเฉพาะระบบการผลิตข้าวของเกษตรกรทำนา เดิมใช้วิถีการทำนาง่ายๆ ใช้แรงงานคนและสัตว์ ใช้ปุ๋ยที่หาได้จากแหล่งธรรมชาติควบคู่กับมูลสัตว์ อาศัยน้ำจากฟ้าเป็นหลัก เน้นผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนและขายภายในท้องถิ่น มาเป็นการผลิตขนาดใหญ่เพื่อขายเป็นหลัก มีการนำระบบชลประทานเข้ามาใช้ในการเพาะปลูก เพื่อให้สามารถผลิตข้าวนอกฤดูได้ และสิ่งที่มาพร้อมกับการพัฒนาดังกล่าว คือ การผลิตข้าวแบบใหม่ มีการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีและเครื่องจักรกลมากขึ้น แต่ในบางพื้นที่พบว่าระบบการเพาะปลูกเปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด เช่น เปลี่ยนพื้นที่นาเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากราคายางพาราและปาล์มน้ำมันที่สูงกว่า ทำให้รายได้จากการทำนาที่น้อยกว่าไม่สามารถสร้างความมั่นคงด้านเศรษฐกิจให้กับเกษตรกรในจังหวัดได้ แต่ยังมีเกษตรกรทำในบางพื้นที่สามารถเรียนรู้ ทดลอง ในการปรับตัว ดังนี้

2.1.1 การปลูกข้าวพื้นเมืองในพื้นที่นาหลังน้ำลด ในอดีตเกษตรกรทำนานิยมปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวหัวนา ข้าวช่อดำ เหลืองใหญ่ รากแห้ง ช่อเบา ยายแดง เล็บดี ช่อจงหวัด ช่อมุด ไข่มดริ้น โสโสนางกลาย และเบร่หอม เป็นต้น โดยจะเริ่มฤดูการเพาะปลูกข้าวนาปีในช่วงเดือนสิงหาคม และเก็บเกี่ยวช่วงเดือนมีนาคมของทุกปี สำหรับนาปรังจะเริ่มในช่วงเดือนมีนาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนสิงหาคมของทุกปี แต่เมื่อพื้นที่ประสบปัญหาน้ำท่วมบ่อยขึ้นและยาวนานขึ้น ทำให้พันธุ์ข้าวที่เคยปลูกและช่วงเวลาการทำนาไม่เหมาะสมกับระบบการผลิตข้าวในพื้นที่ เนื่องจากเดิมพันธุ์ข้าวที่ใช้เป็นข้าวไม่ไวต่อแสง (ข้าวหนัก) ระยะเวลาปลูกยาวนานเก็บเกี่ยวได้ช้า ประกอบด้วยสภาพพื้นที่ทำนาส่วนใหญ่ของจังหวัดพัทลุงเป็นพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มรองรับน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา จึงประสบปัญหาน้ำท่วมขังยาวนาน ข้าวในนาเสียหายเกือบทั้งหมด แนวโน้มความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทุกปี เกษตรกรทำนาจึงได้เรียนรู้และทดลองเพาะปลูกข้าวนาปีพันธุ์พื้นเมืองหลังน้ำลด ได้แก่ ข้าวสังข์หยด เริ่มฤดูการเพาะปลูกช่วงกลางเดือนมกราคม(ช่วงน้ำลด) และเก็บเกี่ยวช่วงกลางเดือนมิถุนายน ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงจากภาวะน้ำท่วมขังได้ ประกอบกับคุณสมบัติที่เหมาะสมของข้าวสังข์หยดซึ่งเป็นข้าวไวต่อแสง มีอายุสั้นและเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ประมาณ 1-2 เดือน และที่สำคัญเป็นที่ต้องการของตลาด ราคาดี ดังที่ตัวแทนเกษตรกรทำนาคนหนึ่งกล่าวว่า

“...แต่แรกเริ่มทำนาปลูกข้าวตั้งแต่เดือนสิงหาคม พอถึงช่วงฤดูน้ำหลากก็ไม่ได้มีผลกระทบต่อนาข้าวมากเท่าใด เพราะต้นข้าวโตพอจนสามารถทนต่อน้ำหลากได้ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมากลับ พบว่า ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงมีน้ำท่วมใหญ่เกิดบ่อยขึ้น และระยะเวลาการเกิดไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดการณ์ได้ เพื่อลดความเสี่ยงชาวนาแถวนี้เลยปรับเปลี่ยนช่วงเวลาทำนาและปรับเปลี่ยนพันธุ์ข้าว จากแต่แรกใช้ข้าวหนัก ซึ่งมันไม่เหมาะกับการทำนาในสภาพดินฟ้าอากาศแบบนี้เสี่ยงทำนาแล้วไม่ได้ไหร แถมเป็นหนี้เป็นสินล่าว เดี่ยวนี่ชาวนาที่นี่ทำนาหลังน้ำลด ส่วนมากใช้พันธุ์ข้าวลูกผสม (พันธุ์ กข.) หรือข้าวพันธุ์พื้นเมือง คือ ข้าวสังข์หยด ซึ่งเป็นข้าวเบา อายุสั้น มีระยะเวลาการเจริญเติบโตเหมาะและทันกับช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว...”

เกษตรกรทำนาได้เรียนรู้การปลูกข้าว การปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ข้าว ปรับช่วงเวลาการทำนา ซึ่งเป็นการปรับตัวต่อภัยน้ำท่วมที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในอดีตเกษตรกรทำนา ใช้พันธุ์ข้าวที่เป็นข้าวไม่ไวต่อแสง ต่อมาเมื่อประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบ่อยขึ้นและรุนแรงขึ้น พื้นที่ความเปราะบาง เพื่อลดความเสี่ยงและความเสียหายที่เกิดขึ้น จึงมีการปรับเปลี่ยน

พันธุ์ข้าวและช่วงเวลาทำนาที่เหมาะกับบริบทและสภาพพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Komba & Muchapondwa (2015) ที่พบว่า ชาวนาปลูกพืชในช่วงเวลาสั้น เปลี่ยนวันเวลาในการเพาะปลูกและการปลูกต้นไม้เพื่อเป็นการปรับตัวต่อผลกระทบด้านลบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในผืนนาที่ทำเกษตรกรรม

2.1.2 การเปลี่ยนเป้าหมายการผลิต

ในอดีตเกษตรกรผลิตข้าวเพื่อบริโภคในระดับครัวเรือนเป็นหลัก ระบบการผลิตไม่ผูกติดไว้กับปัจจัยภายนอกแต่จะมีวิถีพึ่งพาตนเองเป็นหลัก ชาวนาไม่มีหนี้สิน มีการลงแรงช่วยกันทำนาภายในชุมชน หากเดือดร้อนหรือต้องการใช้เงินถึงจะนำผลผลิตข้าวไปขาย แต่ในปัจจุบัน เนื่องจากเกือบทุกขั้นตอนของระบบการผลิตข้าวต้องมีต้นทุนในการว่าจ้างแรงงาน ตลอดจนภาวะหนี้สิน และค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน ทำให้เป้าหมายในการผลิตเปลี่ยนไปเป็นการผลิตกึ่งบริโภคและกึ่งค้าขาย หรือเพื่อขายโดยตรง ดังที่เกษตรกรคนหนึ่งกล่าวว่า

“... แรกก่อน เค้าทำนากันไว้กิน ทำปีละหน แต่พอมาช่วงหลังการทำนาเปลี่ยนไปจากแต่ก่อน มีการนำเครื่องจักรกลเข้ามาช่วยผ่อนแรง มีชลประทานที่เอื้อต่อการทำนาปีละสองหน รวมถึงได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ ตั้งแต่การเตรียมดินถึงการเก็บเกี่ยวทำให้การทำนามีความสะดวกรวดเร็วหวาแต่แรก คนสมัยนี้มีหนี้มีสินที่เกิดจากการทำนา ไม่ว่าหนี้จากในหรือนอกระบบ ทำให้การทำนาสมัยนี้เป็นการทำเพื่อขายเสียเป็นส่วนมาก...”

2.1.3 การเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิต ในอดีตเกษตรกรทำนาใช้เครื่องไม้เครื่องมือการทำนาแบบวิถีพื้นบ้าน เช่น จอบ คราด ไถ ตลอดจนแรงงานคนและสัตว์เป็นหลัก แต่มาในปัจจุบันพอเกษตรกรประสบอุทกภัยกันบ่อยขึ้นประกอบกับแรงงานภาคการเกษตรลดน้อยลง เกษตรกรหลายพื้นที่ได้นำเทคโนโลยีด้านการผลิตมาใช้ในระบบการผลิตข้าวมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นรถไถ 4 ล้อ ยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง นอกจากนี้ยังเปลี่ยนระบบจากแรงงานคนและสัตว์มาเป็นเครื่องจักรกลแทน ทำให้กระบวนการเพาะปลูกข้าวรวดเร็วขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นได้

กล่าวโดยสรุป ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกษตรกรทำนาสามารถปรับตัวเพื่อรักษาและเรียนรู้วิธีการสร้างความมั่นคงและยั่งยืนด้านเศรษฐกิจในอาชีพทำนาได้เป็นอย่างดี

2.2 การปรับตัวด้านสังคม

ในอดีตเกษตรกรทำนาในแต่ละชุมชนมีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกันมีการติดต่อสื่อสาร ช่วยเหลือเกื้อกูล มีความรักความสามัคคี อยู่กันแบบเครือญาติ และเป็นชุมชนเกษตรกรรมเป็นหลักจึงมีแรงงานภาคเกษตรเป็นจำนวนมาก ต่างกับปัจจุบันนับตั้งแต่ปี 2524 เป็นต้นมา เกิดภัยธรรมชาติน้ำท่วมหนักติดต่อกันหลายครั้ง ภัยแล้ง และมีพายุในบางปี นำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของเกษตรกรทำนา ทำให้เกษตรกรทำนาออกไปทำงานนอกภาคเกษตรเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความสัมพันธ์ของเกษตรกรน้อยลง สภาวะดังกล่าวส่งผลให้ความยั่งยืนด้านสังคมในอาชีพการทำนาลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ถึงความมั่นคงดังกล่าวลดลง แต่เกษตรกรสามารถปรับตัวเพื่อความยั่งยืนผ่านกระบวนการดังนี้

2.2.1 การสร้างความรู้ความเข้าใจร่วมกัน หลังจากมีบทเรียนจากภัยพิบัติในหลายครั้งที่ผ่านมา มีหน่วยงานภาครัฐ ผู้นำชุมชน และเกษตรกรทำนา ได้นำรูปแบบของการรวมกลุ่มเกษตรกรผู้ทำนา ร่วมกับเครือข่ายองค์กรชุมชน และภาคีที่เกี่ยวข้อง ในการถ่ายทอดองค์ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการผลิตข้าว การส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว การสร้างอาชีพเสริมให้กับเกษตรกรทำนา

2.2.2 การรื้อฟื้นประเพณี วัฒนธรรมความเชื่อ พิธีกรรมต่างๆ เกี่ยวกับวิถีข้าววิถีคน จากค่านิยมที่เปลี่ยนแปลงไปของเกษตรกรทำนา สังคมการช่วยเหลือ

เกื้อกูลกันลดน้อยลง นำไปสู่การจ้างแรงงานทำให้ความสัมพันธ์ของคนเปลี่ยนไป วิถีวัฒนธรรม ความเชื่อต่างๆ ก็เกิดการสูญหาย การรื้อฟื้นกิจกรรมเหล่านี้เป็นกระบวนการปรับตัวที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ทำให้ชุมชนเกษตรกรทำนารักษาความสัมพันธ์อันดีต่อกัน ดังที่ตัวแทนเกษตรกรทำนาคนหนึ่งกล่าวว่า

"...นึกถึงแต่แรกพอถึงฤดูทำนา พวกเรามีความสุข มีหลายสิ่งหลายอย่างให้คนในชุมชนได้ร่วมกันทำ ไม่ว่าช่วงดำนา เก็บข้าว แรกก่อนใช้แกละเก็บข้าวทีละรวง แรงงานในการเก็บเกี่ยวก็ใช้แรงงานในครัวเรือนและมีการออกปากเพื่อนบ้าน (ลงแขก) มาช่วยกันเก็บเกี่ยวจนหมดฤดูกาล ทำให้คนในชุมชนเกิดความสามัคคี เอื้อเฟื้อต่อกัน เห็นใจกัน ถ้าตอนนี้เรานำประเพณีวัฒนธรรม พิธีกรรมความเชื่อต่างๆ มาใช้ก็คงจะดี คิดว่าคงจะทำให้ครอบครัวชาวนาอยู่กันอย่างมีความสุข และพึ่งตนเองได้มากกว่านี้..."

และปัจจุบันเกษตรกรทำนาและหน่วยงานเริ่มให้ความสำคัญและส่งเสริมให้มีการรื้อฟื้นวัฒนธรรมการทำนาแบบดั้งเดิมกลับมา เพื่อแก้ปัญหาการทำนายุคปัจจุบันมากขึ้น เช่น ส่งเสริมการทำเริน (ฉาง) ข้าว เพื่อเป็นธนาคารเมล็ดพันธุ์ เป็นคลังอาหารของครอบครัวและชุมชน เป็นสัญลักษณ์ของความมั่นคงทางด้านอาหาร, นาวาน เป็นการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ สร้างความสามัคคี และสามารถขยับประเพณีนาวานสู่การร่วมกันทำนาแปลงใหญ่ตามนโยบายของรัฐบาล, เกลอเขา เกลอเล เป็นแลกเปลี่ยนพันธุ์ข้าว แบ่งปันพื้นที่ทำนาเพื่อลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ดังที่ตัวแทนเกษตรกรทำนาคนหนึ่งกล่าวว่า

"...เดี๋ยวนี้มีหลายพื้นที่ ที่เค้าหันกลับมาให้ความสำคัญกับประเพณีดีๆ ของวิถีชาวนา เช่น การไหว้เจ้าที่นา การออกปากลงแขก การทำขวัญข้าว การกวนข้าวยาคู ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ดีมาก..."

2.2.3 การเพิ่มช่องทางการสื่อสาร ในอดีตเกษตรกรทำนาติดต่อสื่อสารกันน้อยมาก เพราะช่องทางการสื่อสารมีจำกัด ในปัจจุบันพบว่าทุกครัวเรือนมีโทรศัพท์ทำให้การสื่อสารระหว่างกันมีมากขึ้น เกษตรกรบางกลุ่มมีการสร้างเครือข่ายทางสังคมออนไลน์ (Online Social Network) เพื่อสนทนา (Chat) ผ่านโปรแกรม Facebook และ Line ดังนั้นช่องทางการสื่อสารที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว ทำให้เกษตรกรรับรู้ข่าวสาร ความรู้ และสามารถใช้ประโยชน์จากสื่อในการแจ้งเตือนภัยพิบัติต่างๆ ได้ทันท่วงที

กล่าวโดยสรุป ถึงแม้ความสัมพันธ์ทางสังคมที่ดีของชุมชนเกษตรกรทำนา ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของความมั่งคงและยั่งยืนทางสังคมเกษตรกรทำนาได้ลดน้อยลง แต่ชุมชนเกษตรกรทำนายังมีกระบวนการปรับตัวเพื่อรักษาและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกันอย่างต่อเนื่อง

2.3. การปรับตัวด้านสิ่งแวดล้อม ในอดีตพื้นที่ทำนาในพัทลุง มีความอุดมสมบูรณ์อย่างมาก เกษตรกรทำนาอาศัยทรัพยากรเหล่านี้เป็นปัจจัยหรือทุนในการดำรงชีพ ต่อมาเริ่มมีความเปลี่ยนแปลงเรื่องดินฟ้าอากาศ มีภัยพิบัติทางธรรมชาติ ได้แก่ น้ำท่วมที่รุนแรงและบ่อยครั้งขึ้น ประกอบกับการทำนามีความสะดวก รวดเร็วขึ้น มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ การจ้างแรงงาน การนำปุ๋ยเคมี สารเคมีการเกษตรมาใช้ ก่อให้เกิดภาระหนี้สินที่เพิ่มขึ้น วิถีชีวิตชาวนาก็เปลี่ยนไป สภาพทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ พันธุ์ข้าว พืช สัตว์ในนาข้าว ก็เสื่อมโทรมลง เกษตรกรทำนาจึงได้มีการปรับตัวเพื่อรักษาความมั่นคงทางด้านอาหารดังนี้

2.3.1 การทำนาอินทรีย์ ในอดีตการปลูกข้าวในจังหวัดพัทลุงจะเป็นวิถีการผลิตที่มีอัตลักษณ์เฉพาะ คือ จะเน้นการทำ "เพื่ออยู่ เพื่อกิน" ซึ่งแตกต่างจากปัจจุบันที่มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มรายได้และเน้นผลผลิตเป็นหลัก วิธีการคือมุ่งการผลิตเชิงเดี่ยว หรือเกษตรเคมี ใช้ปัจจัย

การผลิตอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีต่างๆ เพื่อเร่งและเพิ่มผลผลิต ผลที่ตามมา คือ สารเคมีตกค้างและปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ชุมชนจึงได้ปรับเปลี่ยนวิถีการในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพื้นฐานในการทำนาให้เหมาะสมกับบริบทในพื้นที่และสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน โดยหันมาทำนาอินทรีย์ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในแก้ปัญหาการทำนาในปัจจุบัน เป็นการผลิตที่เกื้อกูลซึ่งกันและกัน เกื้อกูลต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยที่ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ ไม่ปลูกพืชเลี้ยงสัตว์ที่มีการตัดต่อพันธุกรรม มีความหลากหลาย ผสมผสาน มีคุณธรรม ปลอดภัยต่อผู้ผลิต และผู้บริโภค เป็นระบบเกษตรทางเลือกระบบหนึ่ง โดยมีจุดประสงค์หลักในการทำเกษตรยั่งยืนหัวใจอยู่ที่ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4. สรุป

ถึงแม้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้เกษตรกรทำนาตำบลพนางตุง ประสบอุทกภัยอย่างต่อเนื่องและมีน้ำท่วมขังนานขึ้น จนทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เป็นทุนในการดำรงอาชีพทำนาเสื่อมโทรมอย่างมาก ส่งผลให้เกษตรกรทำนาต้องมีการปรับตัวเพื่อรักษาความมั่นคงด้านสิ่งแวดล้อมไว้ นอกจากนี้ปัจจัยภายนอก คือ ตลาด ทุน ตลาดแรงงาน นโยบายและเทคโนโลยีและกฎระเบียบต่างๆ ของภาครัฐทำให้ชุมชนเกษตรกรต้องเปิดรับความเสี่ยงมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามชุมชนเกษตรกรก็ยังสามารถปรับตัวเพื่อสร้างความมั่นคงและความยั่งยืนในด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อสร้างฐานต้นทุนการทำนาที่ยั่งยืนได้ตลอดมา

5. อภิปรายผลการวิจัย

ความยั่งยืนของระบบการผลิตข้าวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในจังหวัดพัทลุง เป็นผลมาจากความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรทำนาต่อผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ ซึ่งเป็นปัจจัยภายใน ได้แก่ ปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก และท่วมขังเป็นระยะเวลานาน รวมถึงปัจจัยภายนอก ได้แก่ ตลาด ทุน แรงงาน เทคโนโลยี และนโยบายภาครัฐ โดยเกษตรกรทำนาสามารถดำรงอาชีพทำนาอย่างมั่นคงอยู่ได้ ถือเป็นการมีภูมิคุ้มกันต่ออาชีพทำนา สอดคล้องกับการศึกษาของ Young, Soto, & Brown (2009) และ Braatz (2009) ได้ชี้ให้เห็นว่า การสร้างความทนทานโดยการปรับตัวสามารถลดความเสี่ยงชุมชนในพื้นที่เปราะบางได้ ชุมชนที่สามารถลดความเสี่ยงและความเปราะบางได้จึงมีความมั่นคง การที่เกษตรกรอาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลที่ตามมาคือโอกาสที่จะเกิดความผันผวนของปริมาณน้ำฝนมีมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Tang และคณะ (2011) โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลและปริมาณน้ำฝน ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่ส่งผลทำให้พื้นที่ทำนาของตำบลพนางตุง ได้รับความเสียหายจากภาวะน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบลุ่มรองรับน้ำจากเทือกเขาบรรทัดเพื่อไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ขณะเดียวกันยังเผชิญกับปัญหาน้ำทะเลหนุนอีก จากปัญหาดังกล่าว เกษตรทำนาจึงได้มีการปรับตัวในด้านต่างๆ เพื่อให้การทำนาในพื้นที่ดังกล่าวเกิดความมั่นคงและยั่งยืน ได้แก่ 1) การปรับตัวด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ การทำปลูกข้าวพื้นเมืองหลังน้ำลด ถือเป็นการปรับตัวต่อปัจจัยภายใน ที่ตัวเกษตรกรเองไม่สามารถยับยั้งหรือหยุดภัยธรรมชาติไว้ได้ แต่เป็นการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยง ลดความเสียหาย และเพิ่มทางเลือกให้กับกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่และนอกพื้นที่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อคิน รพีพัฒน์ (2531) เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของชาวนาที่ได้รับผลกระทบจากภูมิอากาศที่แปรปรวน เน้นการทำนาปรังมากกว่านาปี ทั้งนี้เพื่อให้เป็นการลดอัตราเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากความแปรปรวนของภูมิอากาศ 2) การปรับตัวด้านสังคม ถือเป็นการสร้าง

ความสัมพันธ์อันดีระหว่างเกษตรกรทำนาในชุมชน เกี่ยวกับกิจกรรมในการทำนา ไม่ว่าจะเป็นด้านแรงงาน การสร้างกลุ่มอาชีพเสริม กลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว สอดคล้องกับผลการศึกษาของมณีมัย ทองอยู่ (2548) ว่า ครัวเรือนอีสานมีการปรับตัวจนสามารถดำรงอยู่ได้ โดย การแตกกิจกรรมทางเศรษฐกิจ การปลูกข้าว การรักษา ที่ดินเพื่อการเกษตร เป็นต้น 3) การปรับตัวด้าน สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การทำนาอินทรีย์ ปรับเปลี่ยนวิถีการ ในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พื้นฐานในการทำนาให้เหมาะสมกับบริบทในพื้นที่และ สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน โดยหันมาทำนา อินทรีย์ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในแก้ปัญหาการทำนาใน ปัจจุบัน เนื่องจากเป็นการผลิตที่เกื้อกูลซึ่งกันและกันเป็น ผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยวิถีปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง นำไปสู่การทำเกษตรแบบยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการวิจัยถึงระดับความสามารถในการ ปรับตัวของเกษตรกรที่ประสบอุทกภัยในแต่ละด้านให้ลึก เพื่อจะได้กำหนดปัจจัยและเกณฑ์ตัวชี้วัดความสามารถใน การปรับตัวให้ชัดเจน เพื่อจะได้ทราบว่า เกษตรกรทำนาที่ ประสบอุทกภัยมีความสามารถในการปรับตัวต่อภัยพิบัติ ในระดับใดบ้าง

2. ให้หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง มีการ ค้นคว้าวิจัยพัฒนาพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ที่มีคุณลักษณะเด่น ในเรื่องการปรับตัวต่อสภาวะน้ำท่วมขังในระยะเวลา ยาวนานมากขึ้นเป็นพันธุ์ข้าวทางเลือกเพื่อรองรับปัญหา น้ำท่วมในพื้นที่

3. ส่งเสริมการทำนาโยน การเพาะกล้าในถาด หลุม แทนการเพาะในแปลงนา มีส่วนช่วยลดต้นทุน ทางด้านเมล็ดพันธุ์ โดยจะใช้เมล็ดพันธุ์น้อยกว่าการทำนา แบบหว่าน การจัดการดูแลก็ทำได้ง่าย ที่สำคัญยังช่วยลด ความเสี่ยงจากความเสียหายจากการล่มของต้นข้าว เนื่องจากภาวะน้ำท่วม

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนิษฎา ชูสุข มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อาจารย์ ดร. เชิดศักดิ์ เกื้อรักษ์มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อาจารย์ ดร. ไพบูลย์ ประโมจนีย์ คุณ อำมร สุขวิน แกนนำเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลตำบลพนางตุง เจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรจังหวัดพัทลุง และผู้ที่ไม่ได้ กล่าวถึงในที่นี้ ซึ่งมีส่วนร่วมในการทำให้การวิจัยครั้งนี้ สำเร็จได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Nelson, G.C.,Rosegrant, M.W.,Koo, J., Robertson, R.,Sulser,T.,Zhu,T., Ringler.C.,Msangi, S., Palazzo, A.,Batha,M., Magalhaes, M., Valmonte - Santos, R., Ewing, M., and Lee, D., (2009). “ Impact on Agriculture and Costs of Adaptation.” Intermational Food Policy Research Institute. 6 (5.5).

[2] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารภัย สถิติสถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2532-2553 สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2557, จาก http// 61.19.100 58/public/group4/disaster01/data20y/drougth20 y_ 1.pdf

[3] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สถานการณภัย: สรุปสถานการณ์อุทกภัยของประเทศไทย พ.ศ. 2532-2554 สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2557 จาก ://61.19.100.58/public/group4/desaster01/ data20y/flood20y_5.pdf

[4] เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร. (2552). ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์ของ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

[5] Komba, C .& Muchapondwa, E. (2015) Adaptation to Climate Cahnge by Smallholder Famers in Tanzania. Environment for Development Discussion Papet Series June 2015. EfD DP 15-12.

[6] Young,C., Soto, D., Bahri, T. & Brown, D. (2009). Building resilience for adaptation to climate change in the fisheries and aquaculture sector, In building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector, Proceedings of a Joint FAO/OECE Workshop 23-24 April 2012. Meybeck, A. and other (editor). FAO. Rome.

[7] Braatz, s. (2009). Building resilience for adaptationto climate change through sustainable forest management. In building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector. In Meybeck, A. & other (Ed.)Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop 23-24 April 2012. Meybeck, A. & other (editor). Rome: FAO.

[8] มณีมัย ทองอยู่. (2548). การเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจชาวนาอีสาน. กรุงเทพฯ: สร้างสรรค์.

[9] อคิน ระพีพัตน์. (2531). การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของชาวนาที่ได้รับผลกระบทจากภูมิอากาศแปรปรวน วารสารรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 (มิถุนายน 2561):12.

การจัดการความรู้ : การบูรณาการงานบริการวิชาการแก่สังคมกับการเรียนการสอนรายวิชาวิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล

Knowledge Management: integrate academic services into the society with the course of water supply and sanitation engineering subjects

เกียรติสุดา สมนา*

[1*] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

*ผู้ติดต่อ: E-mail,-kiatsuda.so@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการใช้กระบวนการการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำมาบูรณาการงานบริการวิชาการแก่สังคมกับการเรียนสอนรายวิชาวิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา นำโจทย์ที่ได้รับมาถ่ายทอดในชั้นเรียนเพื่อให้นักศึกษาเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หลังจากนั้น มอบหมายให้นักศึกษาทำโครงงานเพื่อนำความรู้ที่ได้ในชั้นเรียนไปปฏิบัติจริงด้วยการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในเขตจังหวัดนครราชสีมา ในที่นี้นักศึกษาได้นำความรู้เกี่ยวกับการผลิตน้ำประปา โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ฐาน ได้แก่ ฐานฝนหลวง ฐานพีเอช ฐานตกตะกอนและฐานการกรองน้ำ เมื่อเสร็จกิจกรรมได้มีกระบวนการติดตามและประเมินผลการบูรณาการงานบริการวิชาการกับการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในกิจกรรมผลิตน้ำประปาเพิ่มมากขึ้น จากการทำแบบทดสอบ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจาก 4 ฐานเท่ากับ 7.76 คะแนน และได้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละฐาน ได้แก่ ฐานฝนหลวง ฐานพีเอช ฐานตกตะกอนและฐานการกรองน้ำ เท่ากับ 7.75, 7.35, 8.36 และ 7.59 คะแนนตามลำดับ

คำหลัก: การจัดการความรู้, บริการวิชาการ, วิศวกรรมประปา

Abstract

This research aims to use the knowledge management process to integrate academic services into the society with the course of water supply and sanitation engineering subjects. The problem was brought to the classroom to discuss with their friend. After that, students were assigned to produce the project and bring knowledge into the classroom to practice by transferring knowledge to secondary school students in Nakhonratchasima. There are 4 experiments which is first, Royal rain, second, pH of solution, Third, precipitation and the last is filtration. At the completion of the activity, the process of monitoring and evaluating the integration of academic services with teaching and learning showed that students had more understanding of water supply activities. From the tests, the average score from the 4 experiments was 7.76 and the average scores in each experiment were as follows: Royal rain, pH of solution, precipitation and filtration were 7.75, 7.35, 8.36 and 7.59 points respectively.

Keywords: Knowledge management, academic services, water supply engineering

1. บทนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตของมนุษย์ ในอดีต เราสามารถนำมาจากแหล่งน้ำ ได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร มาใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ แต่ในปัจจุบัน เมื่อมีการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นทำให้คุณภาพของน้ำมีปัญหาเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำเกิดขึ้น และไม่สามารถนำน้ำมาใช้ในการอุปโภค บริโภคได้ต่อไป จึงทำให้ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เป็นน้ำประปาก่อนการนำน้ำนั้นมาใช้

น้ำประปาเริ่มมีครั้งแรกในสมัยรัชกาลที่ 5 เริ่มต้นใช้ในเขตพระราชฐานก่อนแล้วจึงมีการต่อท่อเพื่อให้ประชาชนบริเวณโดยรอบได้ใช้ เพื่อลดปัญหาการเกิดโรคระบาดในการใช้น้ำสกปรกจากแหล่งน้ำ หลังจากนั้นจึงมีการปรับปรุงและพัฒนาการผลิตน้ำประปามาเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงในปัจจุบัน

การผลิตน้ำประปา เริ่มต้นจากการเลือกแหล่งน้ำดิบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำประปา การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความขุ่น อุณหภูมิ สี กลิ่น รส และการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ความเป็นกรด ความเป็นด่าง และความกระด้างของน้ำ เป็นต้น หลังจากนั้นจึงส่งน้ำดิบเข้าสู่กระบวนการสร้างตะกอนในกระบวนการโคแอกกูเลชั่น ฟล๊อคคูเลชั่น โดยการใช้สารส้ม ซึ่งเป็นสารโคแอกกูแลนด์เป็นสารในการสร้างแกนตะกอนเพื่อให้ตะกอนเกิดการรวมกลุ่มเป็นก้อนที่มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น และเข้าสู่กระบวนการตกตะกอน หลังจากกระบวนการตกตะกอนแล้ว ยังคงมีอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมากยังแขวนลอยในน้ำ จึงต้องนำน้ำเข้าสู่กระบวนการกรองเพื่อกำจัดอนุภาคขนาดเล็กที่แขวนลอยในน้ำให้หลุดออกไป จะทำให้ได้น้ำใส เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรคด้วยการใช้คลอรีน ก่อนจะนำน้ำประปาไปเก็บในถังน้ำเพื่อเตรียมส่งต่อไปยังชุมชนต่อไป

จะเห็นได้ว่า กระบวนการผลิตน้ำประปาจำเป็นต้องใช้ขั้นตอนและมีค่าใช้จ่าย ดังนั้น ในการจัดโครงการการถ่ายทอดความรู้ด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการจัดการน้ำของแหล่งน้ำในชุมชน มีวัตถุประสงค์ต้องการปลูกจิตสำนึกให้เยาวชนในชุมชนรู้จักที่มาของน้ำประปาและเรียนรู้ถึงการประหยัดน้ำรวมถึงการจัดการแหล่งน้ำในชุมชนของตน เพื่อเป็นการรักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำให้ชุมชนสามารถอยู่กับสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวได้อย่างมีความสุข

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อให้เยาวชนได้รับความรู้ถึงขั้นตอนการผลิตน้ำประปา การปลูกจิตสำนึกให้ประหยัดน้ำและรู้จักการจัดการแหล่งน้ำในชุมชน

2. เพื่อให้นักศึกษาได้ใช้องค์ความรู้ที่เรียนมาในรายวิชา วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล มาถ่ายทอดให้กับเยาวชนได้

3. การนำ KM มาใช้กับงานบริการวิชาการ

KM หรือ knowledge management คือ การบริหารจัดการเพื่อให้คนที่ต้องการความรู้ ใช้ความรู้และได้รับความรู้ที่ต้องการใช้ในเวลาที่ต้องการ ซึ่งการจะได้มาซึ่งความรู้ จะต้องมีการพัฒนาเพื่อให้เกิดเป็นระบบที่ให้ทุกคนในองค์กรสามารถเข้าถึงความรู้และพัฒนาตัวเองให้เป็นผู้รู้และปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ โดยจากการศึกษาการจัดการความรู้ตามรูปแบบ SECI Model ของ Ikujiro Nonaka และ Hirotaka Takeuchi (1995) ซึ่งเป็นแนวคิดในการแปลงความรู้ระหว่าง Explicit knowledge และ Tacit knowledge ให้เป็นวงจรอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดเกลียวความรู้ (knowledge spiral) แสดงดังรูปที่ 1 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานบริการวิชาการได้ ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตรวจสอบประเมินผลการจัดทำบริการวิชาการในครั้งนี้เพื่อให้ตอบตามวัตถุประสงค์ของโครงการ มีสองส่วนได้แก่

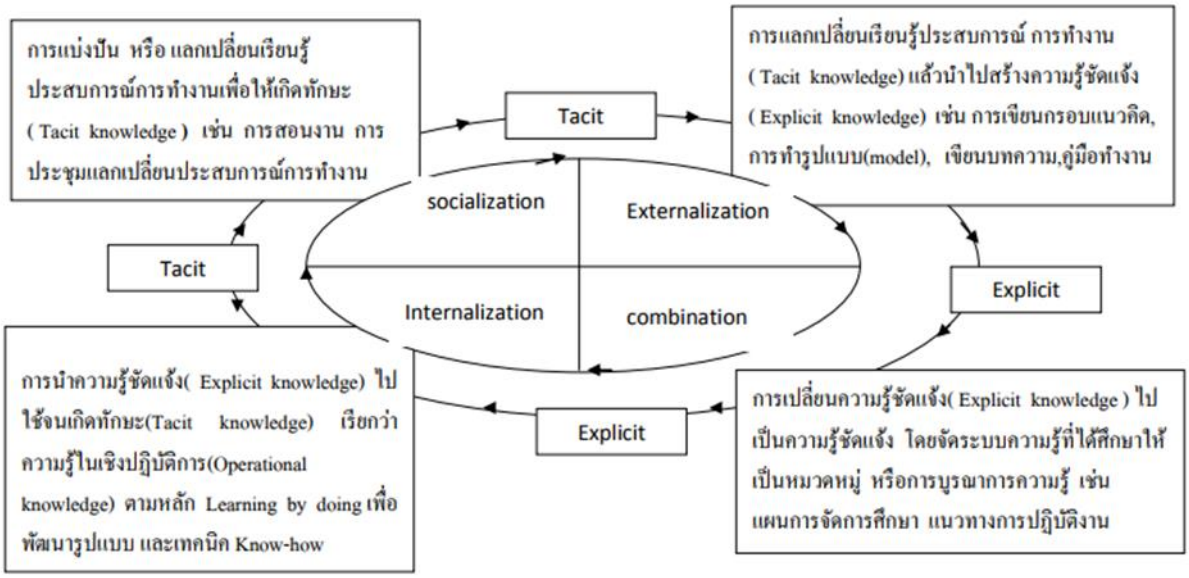
ส่วนที่ 1 การวัดผลของนักเรียน ใช้แบบบันทึกผลการทดลองเมื่อทำกิจกรรมในแต่ละฐาน 4 หัวข้อ ได้แก่

1. ฐานฝนหลวง เพื่อศึกษาชนิดของสารเคมีที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำ

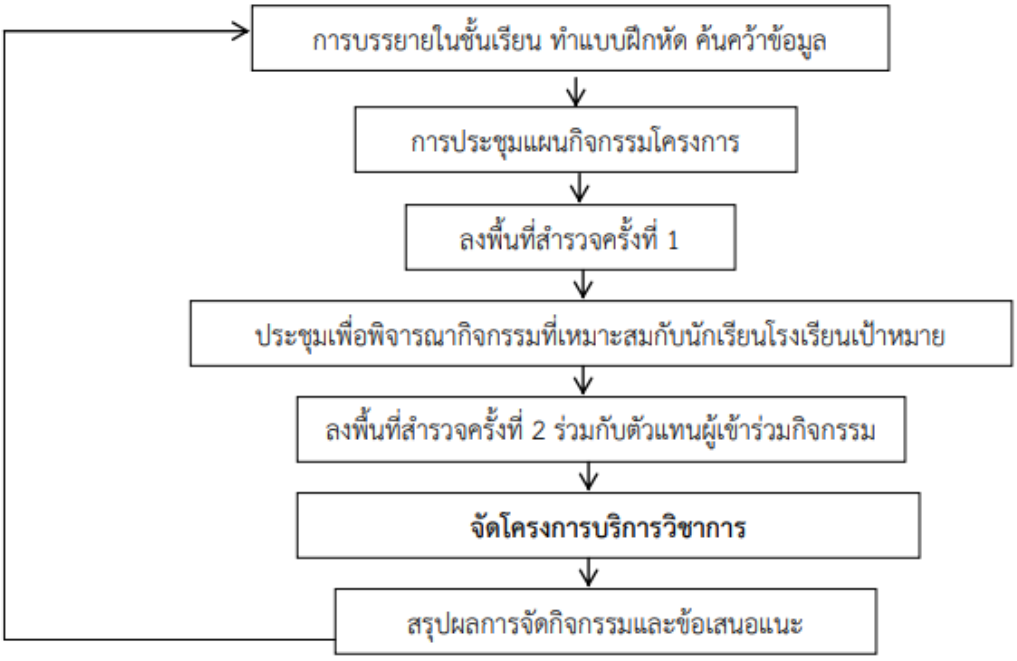
2. ฐานพีเอช เพื่อวัดค่าพีเอชของของเหลวที่อยู่ในชีวิตประจำวัน

3. ฐานการตกตะกอน เพื่อศึกษาลักษณะของตะกอนเพื่อผ่านขั้นตอนต่างๆ และ

4. ฐานการกรองน้ำ เพื่อเปรียบเทียบความใสของน้ำเมื่อใช้ตัวกลางที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1 Knowledge Spiral (พัฒนาจาก Iku Nonaka and Hirotaka Takeuchi, 2004)



รูปที่ 2 กระบวนการจัดบริการวิชาการ

ส่วนที่ 2 การวัดผลนักศึกษาในการจัดกิจกรรมแต่ละฐานที่กำหนด ได้แก่

ลักษณะของกิจกรรมตามหัวข้อที่ได้รับ ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม การมีส่วนร่วม และใช้แบบประเมินด้วยวิธีการสังเกตการณ์ทำงานของนักศึกษาในขณะจัดกิจกรรม โดยอาจารย์ผู้สอน

5. การสร้างกระบวนการเรียนรู้คู่กับงานบริการวิชาการ

การดำเนินงานเป็นการให้นักศึกษานำความรู้ที่มีได้จากรายวิชาวิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล นำไปถ่ายทอดไปกับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนเทศบาล 3 (ยมราชสามัคคี) แบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละประมาณ 20 คน โดยแบ่งหัวข้อการถ่ายทอดความรู้ออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่ 1. ฐานฝนหลวง 2. ฐานพีเอช 3. ฐานการตกตะกอน และ 4. ฐานการกรองน้ำ แสดงกระบวนการทำงานดังรูปที่ 2

ในการจัดโครงการบริการวิชาการถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิตน้ำประปาและการประหยัดน้ำ ได้นำเอาหลักการด้าน KM มาใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งแก่นักศึกษาและนักเรียนผู้เข้ารับบริการ โดยมีแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดเป็น Knowledge Spiral ตามรูปที่ 1 ทำให้ได้ลำดับขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Socialization การแบ่งปัน หรือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประสบการทำงานเพื่อให้เกิดทักษะ

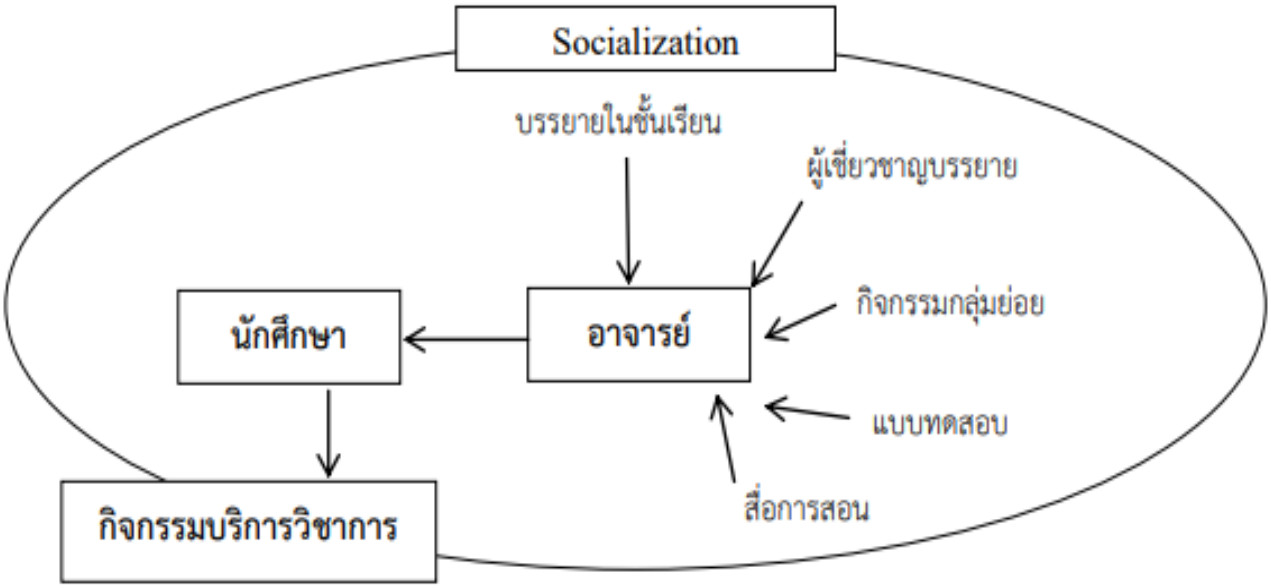
ในขั้นตอนนี้ส่วนหนึ่งเกิดได้จากการแบ่งปันและสร้าง Tacit Knowledge ของผู้ที่สื่อสารระหว่างการแลกเปลี่ยนโดยประสบการณ์ตรง นักศึกษาได้รับความรู้จากอาจารย์ผู้สอนด้วยการบรรยายในชั้นเรียน การจัดกิจกรรมกลุ่มย่อย การทำแบบทดสอบ การใช้สื่อการสอนต่างๆ เช่น คลิปวีดีโอ การลงมือปฏิบัติจากวิชาภาคปฏิบัติ หรือการเชิญผู้เชี่ยวชาญมาร่วมบรรยาย ทำให้นักศึกษาได้มีความรู้จากอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาวิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล ดังแสดงในรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 2 Externalization การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ การทำงาน แล้วทำไปสร้างความรู้ชัดแจ้ง เช่น การเขียนกรอบแล้วความคิด การลงมือทำ เป็นการแปลง Tacit Knowledge ให้กลายเป็น Explicit Knowledge

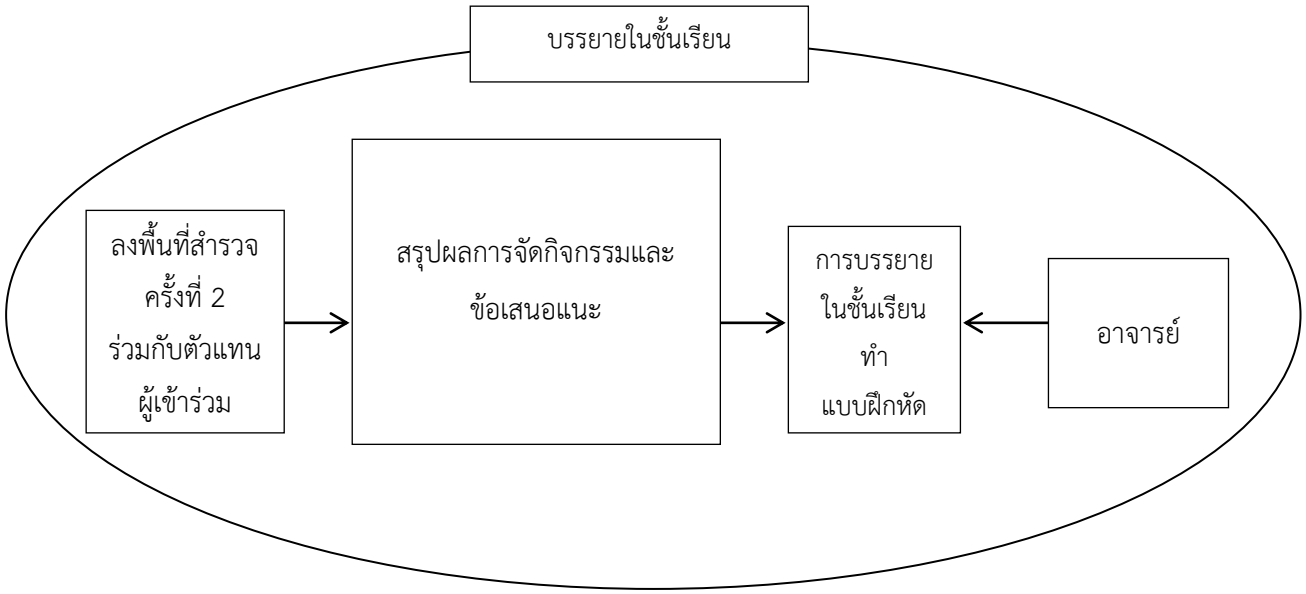
หลังจากที่นักศึกษาได้รับความรู้จากอาจารย์ผู้สอนในขั้นตอนที่ 1 แล้ว ทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ วิธีการทำงานในกิจกรรมต่างๆ ที่ตนเองได้รับมอบหมาย หลังจากนั้น นักศึกษาประชุมวางแผนเพื่อจัดทำสื่อการเรียนแบบของจริงเพื่อให้นักเรียนทดสอบ โดยมีกิจกรรมจาก 4 ฐาน ได้แก่ 1. ฐานฝนหลวง 2. ฐานพีเอช 3. ฐานการตกตะกอน และ 4. ฐานการกรองน้ำ แผนการทำงานในขั้นตอนนี้แสดงดังรูปที่ 4

3. Combination การเปลี่ยนรู้ชัดแจ้งไปเป็นความรู้ชัดแจ้งโดยจัดระบบความรู้ที่ได้ศึกษาให้เป็นหมวดหมู่ หรือมีการบูรณาการความรู้

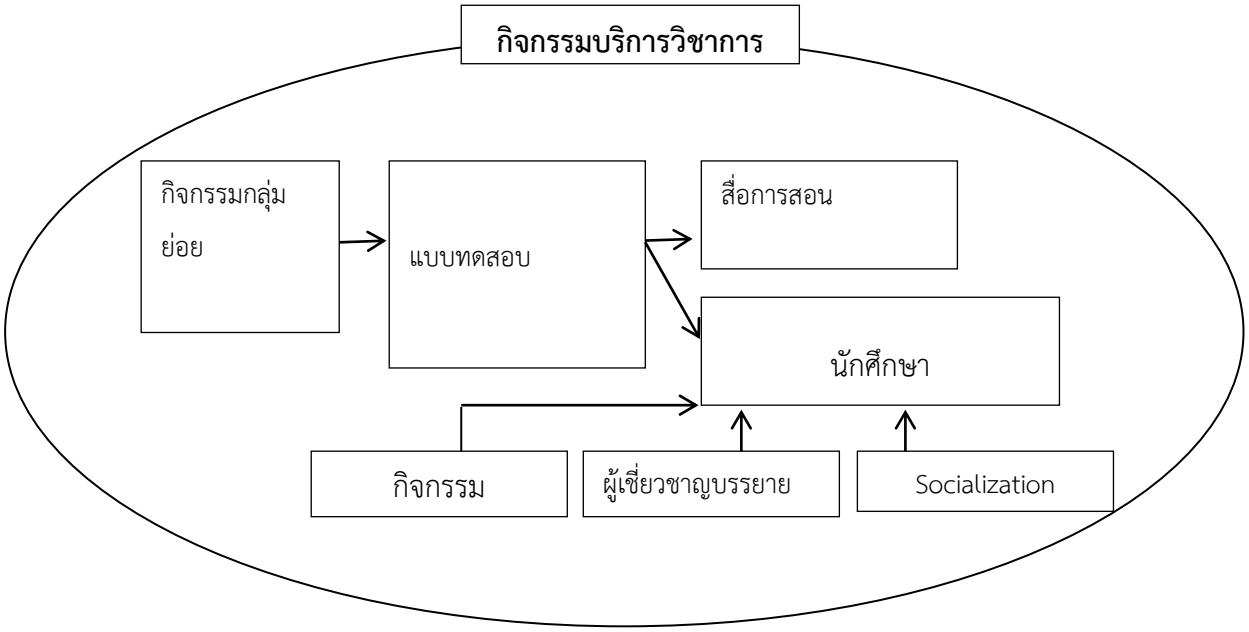
ในขั้นตอนนี้ เป็นการสร้าง Explicit Knowledge จาก Explicit Knowledge ด้วยการรวบรวมความรู้ประเภท Explicit Knowledge จากแหล่งต่างๆ มาสร้างเป็น Explicit Knowledge ใหม่ๆ เพื่อนำมาใช้ในการทำงาน ในขั้นตอนนี้ นักศึกษาได้จัดทำแบบทดสอบจากการสร้างผลการทดลองในแต่ละฐาน เพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียนที่รับบริการ ทำให้ได้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่สามารถใช้ได้ทั้งระดับนักเรียน นักศึกษาและผู้ที่สนใจทั่วไปได้เข้าใจถึงวิธีการผลิตน้ำประปาได้ โดยในขั้นตอนนี้ แสดงแผนผังดังรูปที่ 5



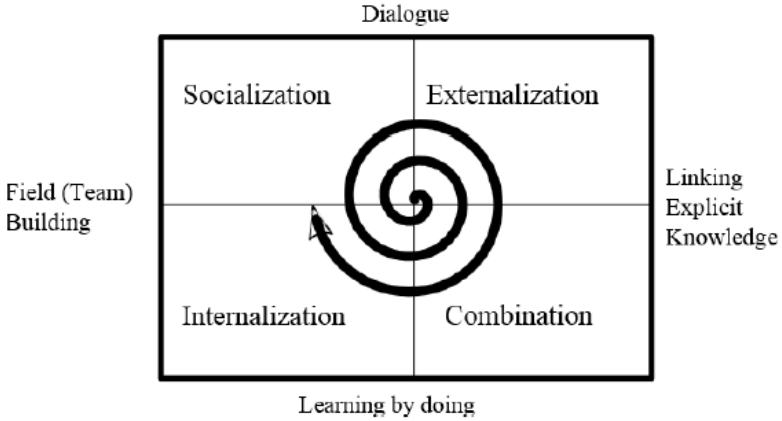
รูปที่ 3 แผนผังการสร้าง Socialization ให้แก่นักศึกษา



รูปที่ 4 แผนการทำงานในขั้นตอน Externalization



รูปที่ 5 แผนการทำงานในขั้นตอน Combination



รูปที่ 6 เกลียวความรู้ (Knowledge Spiral) นิยมเรียกว่า SECI model

4. Internalization การนำความรู้ชัดแจ้งใช้จนเกิดเป็นทักษะ เรียกว่า ความรู้ในเชิงปฏิบัติการ

ในขั้นตอนนี้เป็นการแปลง Explicit Knowledge มาเป็น Tacit Knowledge เมื่อมีการจัดกิจกรรมขึ้นหลายครั้งทำให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาได้ประสบการณ์และข้อเสนอแนะเพื่อมาปรับปรุง ซึ่งพบว่าในการปรับปรุงนั้น สามารถพัฒนาทั้งการเรียนการสอน งานวิจัยและการบริการวิชาการในครั้งต่อไป ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นักศึกษาในรุ่นต่อไป ได้รับความรู้จากการถ่ายทอดจากรุ่นก่อนหน้าและวิธีการสอนที่ถูกพัฒนาจากโครงการที่จัดทำ ทำให้นักศึกษาเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้มากขึ้น สามารถจัดกิจกรรมได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สื่อการเรียนการสอนมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้นและเข้าใจในกระบวนการผลิตน้ำประปาเพิ่มมากขึ้น การกระทำเช่นนี้ทำให้เกิดเป็นเกลียวความรู้ (Knowledge Spiral) นิยมเรียกว่า SECI model แสดงดังรูปที่ 6 ความรู้ที่ได้จากการจัดทำกิจกรรม

บำเพ็ญประโยชน์ก็จะพัฒนาไปเรื่อยๆ อย่างไม่มีที่สิ้นสุด

5. สรุปผลการศึกษา

จากงานวิจัยเห็นได้ว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้สามารถนำมาใช้กับโครงการบริการวิชาการได้ และ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. เพื่อให้เยาวชนได้รับความรู้ถึงขั้นตอนการผลิตน้ำประปาและการจัดการน้ำเสีย การปลูกจิตสำนึกให้ประหยัดน้ำและรู้จักการจัดการแหล่งน้ำในชุมชน

เครื่องมือที่ใช้คือการทำใบงานในแต่ละการทดลองและประเมินผลจากการทำการทดลองในแต่ละฐาน มีค่าระดับคะแนนเต็ม 10 พบว่า

ฐาน 1 ฝนหลวง ได้คะแนนเฉลี่ย 7.75

ฐาน 2 พีเอช ได้คะแนนเฉลี่ย 7.35

ฐาน 3 การตะตะกอน ได้คะแนนเฉลี่ย 8.36

ฐาน 4 การกรอง ได้คะแนนเฉลี่ย 7.59

คะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 7.76

2. เพื่อให้นักศึกษาได้ใช้องค์ความรู้ที่เรียนมาในรายวิชา วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล มาถ่ายทอดให้กับเยาวชนได้

เครื่องมือที่ใช้คือแบบประเมินการทำงานของนักศึกษาในการฝึกปฏิบัติงานการบริการวิชาการ

ผลของการดำเนินการจัดโครงการในครั้งนี้จากผลการประเมินความประพฤติและทัศนคติของนักศึกษาจากอาจารย์ผู้ควบคุมนักศึกษา (คะแนนเต็ม 5) พบว่า

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาได้ผลประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 5

สรุปได้ว่า อาจารย์ผู้ควบคุมนักศึกษาเห็นว่านักศึกษามีวินัย มีการเตรียมความพร้อมก่อนฝึกปฏิบัติได้ดี มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และมีการแสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นได้

ผลการดำเนินงานจากผลการประเมินความรู้ความเข้าใจและทักษะการฝึกปฏิบัติงานด้านการผลิตจากอาจารย์ผู้ควบคุมนักศึกษา พบว่า

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาได้ผลประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.8

สรุปได้ว่า อาจารย์ผู้ควบคุมนักศึกษาเห็นว่านักศึกษามีทักษะในการปฏิบัติ เลือกเครื่องมือในแต่ละกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม มีความรับผิดชอบในการทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายได้เรียบร้อยและรู้จักความปลอดภัยและใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยได้อย่างถูกต้อง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยในชั้นเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วิจารณ์ พาณิช. การจัดการความรู้. (Online) Available:http://huahin.dusit.ac.th/bg/KM/KM_Article pdf

[2] วิจารณ์ พาณิช. การจัดการความรู้คืออะไร : ไม่ทำไม่รู้. (Online) Available : www.sciplanet.org/download/kmDoc/what_is_KM.doc

[3] Nonaka, Ikujiro and Hirotaka, Takeuchi. The Knowledge– Creating Company : How Japanese Companies Createthe Dynamics of Innovation. New York : Oxford University Press. 1995

การวิเคราะห์ปัญหาวิธีการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในการจัดทำโครงร่างวิศวกรรมโยธาด้วยหลักการ why why analysis

Analysis of Problem for doing Reference of student in Pre-Project by Why why Analysis Method

เกียรติสุดา สมนา

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

E-mail: kiatsuda.so@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

วิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมโยธาเป็นวิชาที่มีความสำคัญในการเป็นการฝึกให้นักศึกษามีความสามารถในการทำวิจัยได้ โดยเป็นการทำหลากหลายศาสตร์ความรู้ในหลายวิชาที่นักศึกษาได้เรียนผ่านมา มาประยุกต์ให้เกิดเป็นคำถามวิจัยและสร้างเป็นหัวข้อวิจัย แต่หลังจากที่อาจารย์ผู้สอนได้สัมผัสกับนักศึกษาในหลายๆ ภาคการศึกษา พบว่า นักศึกษายังขาดทักษะในการเขียนอ้างอิงทั้งในเนื้อหาและท้ายเล่ม ทำให้งานวิจัยนี้สนใจในการศึกษาปัญหาการเขียนอ้างอิง โดยการวิเคราะห์ด้วยหลักการ Why why analysis ซึ่งเป็นกระบวนการศึกษาถึงรากเหง้าของปัญหาที่เกิดขึ้น จากปัญหาที่เกิดขึ้นศึกษาปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้มันเกิดโดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ โดยการได้ต้นตอของปัญหา ซึ่งปัจจัยที่อยู่หลังสุดจะพลิกกลับกลายเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่า ปัญหาหลักที่เกิดขึ้น เกิดจาก 1. นักศึกษาขาดทักษะในการค้นคว้าหาข้อมูลเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คิดเป็นร้อยละ 65 และ 2. นักศึกษาไม่สามารถจำแนกได้ระหว่างบทความวิชาการ บทความวิจัยและแหล่งที่มาของงานวิจัยต่าง คิดเป็นร้อยละ 35 หลังจากแก้ไขปัญหาแล้วด้วยการใช้หลักการ why why analysis พบว่านักศึกษาสามารถเข้าใจทำข้อสอบด้านการอ้างอิง ได้คะแนนโดยเฉลี่ย 8 จาก 10 คะแนน และสามารถสอบโครงร่างวิศวกรรมโยธาได้ตามเวลา

คำหลัก: วิจัยในชั้นเรียน, Why why analysis

Abstract

Civil engineering pre project is an important subject in which students were trained to be able to do research. Students applied knowledge from many subjects to contribute research topic. After lecturer met many classes, it was found that students lacked the skills to do references both in-text citation and references list. Thus, this research is interested to study problem of doing the reference by why why analysis method which determine the root causes from problem. The way of this method is to ask by repeatedly asking the question “why”, you can peel away the layers of symptoms which can lead to the root cause of a problem. The results showed that these problems came from 1. Students lacked skill to research literatures 65% and 2. Students cannot classify between academic article and research article and source of journal 35%. After solving this problem by why why analysis

method, it was found that student understood and can do reference exam. They got average 8 marks from 10 marks and can defense proposal on time.

Keywords: Classroom research, Why why analysis

1. บทนำ

วิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมโยธา เป็นรายวิชาเกี่ยวกับการนำความรู้ในหลากหลายศาสตร์ของสาขาวิชาวิศวกรรมโยธามาสร้างให้เกิดเป็นหัวข้องานวิจัย ซึ่งการที่จะทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ต้องประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามารวบรวมและสร้างเป็นเครื่องมือเพื่อหาวิธีการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งนอกจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้ว ยังต้องมีการเขียนเรียบเรียงระเบียบวิธีวิจัยเพื่อรวบรวมเนื้อหาให้เป็นเล่มงานวิจัย จากประสบการณ์สอนในรายวิชานี้เป็นเวลาหกปี พบว่านักศึกษายังขาดทักษะในการสร้างเขียนอ้างอิงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ อีกทั้งยังขาดทักษะและความเข้าใจในการเขียนอ้างอิงทั้งในเนื้อหาและการเขียนเอกสารอ้างอิงท้ายเล่ม ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองใช้วิธีการในการสอนและฝึกปฏิบัติการจัดทำอ้างอิงหลายรูปแบบ อาทิ เช่น การนำตัวอย่างมาให้ชมและฝึกปฏิบัติ การนำหนังสือ บทความ สิ่งตีพิมพ์ในรูปแบบต่างๆ มาใช้ร่วมกับทฤษฎีและฝึกปฏิบัติ ตลอดจนเชิญผู้ชี่ยวชาญมาบรรยายสอบถามและฝึกปฏิบัติ แต่ยังพบปัญหาในการอ้างอิงเอกสารอยู่ จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้สอนได้มีแนวคิดในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยนำหลักการ Why why analysis เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาแก้ไขปัญหาให้ตรงประเด็นต่อไป

การอ้างอิง คือ การพิสูจน์ยืนยันได้ของข้อมูล ซึ่งข้อความใด ๆ ที่เป็นข้อขัดแย้งหรือคาดว่าจะเป็นข้อขัดแย้งจะต้องมีการอ้างอิงแทรกในเนื้อหา (inline citation) เช่นเดียวกับการอ้างคำพูดจากบุคคลอื่น การอ้างอิงยังมีผลสำหรับภาพด้วยเช่นกัน กล่าวคือ เมื่ออัปโหลดภาพ ผู้อัปโหลดจะต้องระบุแหล่งที่มาของภาพและระบุสถานภาพลิขสิทธิ์ของภาพ

โดยหลักการ Why why analysis เป็นเครื่องมือที่เป็นปรัชญาของชาวญี่ปุ่นและทำเป็นนิสัยที่ติดตัวในการหาต้นเหตุของปัญหา ซึ่งเป็นเรื่องง่ายที่สามารถถามไปยังผล ว่าเหตุใดจึงเกิดผลเช่นนี้ ซึ่งเราสามารถหาเหตุมาตอบแบบกว้าง โดยยังไม่ถึงรากแก้วของปัญหาด้วยการถามโดยใช้คำถาม why 5 ครั้ง ก็พอจะทำให้เจอรากแก้วของปัญหาได้และนี่คือ ร้อยละ 95 ของปัญหาที่ประสบ ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยหลักการ Why why analysis จะเป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นต้นเหตุของปัญหา โดยหากเราสามารถค้นพบสาเหตุรากเหง้าและกำจัดได้แล้ว ปัญหาเดิมจะไม่เกิดซ้ำ หรือหากเกิดซ้ำ แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ของเรามาผิดทาง หรืออาจมีบางสาเหตุตกหล่นไป อาจต้องทำการวิเคราะห์ใหม่ โดยหลักการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเป็นการวิเคราะห์ข้อเท็จจริงเพื่อหาต้นตอของปัญหาและนำไปสู่การสร้างความสัมพันธ์ แล้วจึงทำการวิเคราะห์วิธีการแก้ไขปัญหาหรือป้องกันไม่ให้ปัญหานั้นเกิดซ้ำ และนำไปสู่มาตรการของการปฏิบัติจริง

จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ในการนำหลักการ Why why analysis มาวิเคราะห์ปัญหาวิธีการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในการจัดทำโครงร่างวิศวกรรมโยธาเพื่อหาวิธีการในการแก้ไขปัญหา และเพื่อให้นักศึกษาสามารถสร้างรูปเล่มโครงงานวิศวกรรมโยธาได้สำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์

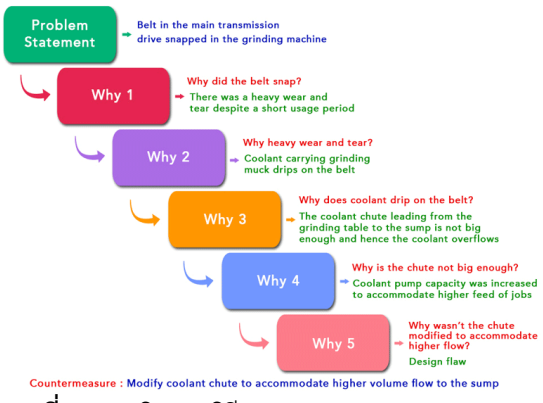
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้การศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาชายและหญิงที่กำลังศึกษาในชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมโยธา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

2.2 สร้างกรอบแนวความคิด

1. สร้างกรอบแนวความคิดของวิธีการ Why Why analysis จากปัญหาเรื่อง วิธีการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในวิชาโครงงานวิศวกรรมโยธา และสร้างแนวความคิดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แนวคิดของวิธีการ Why Why analysis [6]

2. จากปัญหาที่เกิดขึ้น ให้มาคิดว่าอะไรเป็นปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้มันเกิดโดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ โดยการได้ต้นตอของปัญหาในช่องสุดท้าย ซึ่งปัจจัยที่อยู่หลังสุดจะพลิกกลับกลายเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพ เป็นมาตรการป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก

2.3 สะสางปัญหาให้ชัดเจน ยึดกุมข้อเท็จจริงให้มั่น

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วย Why Why analysis จะต้องไปตรวจสอบสถานที่จริงและดูสภาพของจริง อันเป็นที่มาของปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน

ถ้าไม่สะสางให้ดี จะทำให้การวิเคราะห์กินวงกว้างเกินไป และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากเกินไป ถึงแม้ได้ผลการวิเคราะห์ออกมาแล้วก็ตาม มาตรการที่ตามมาจะมีมากเกินกว่าที่จะนำมาปฏิบัติได้

2.4 ทำความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหา

จะต้องทำการแจกแจงส่วนงานที่เป็นปัญหาออกมาเป็นไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน แสดงความสัมพันธ์ของหน้าที่ แสดงค่าที่ควรจะเป็นของชิ้นส่วนนั้นๆ กับสภาพที่ใช้งานจริงหรือกล่าวได้ว่าเป็นการเปรียบเทียบ basic condition กับ working condition ฯลฯ

ในกรณีของงานทั่วๆ ไปให้เขียนภาพขั้นตอนหรือการไหลของงาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ของงานนั้นๆ

2.5 มองสภาพที่ควรจะเป็น

แนวทางแรกนั้นเป็นการค้นหาสาเหตุโดยการนึกภาพขึ้นมาในหัวว่าการจะทำให้ดีนั้น จะต้องมีรูปแบบลักษณะ และเงื่อนไขอย่างไร

การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น คือ การเปรียบเทียบวิธีการของตัวเองกับสิ่งที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป

“การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น” เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดกับสภาพที่ควรจะเป็น หลังจากกำหนดแนวทางได้แล้วก็จะตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ เพื่อค้นหาปัจจัยหรือสาเหตุออกมา

3. ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ปัญหาวิธีการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในการจัดทำโครงร่างวิศวกรรมโยธาด้วยหลักการ why why analysis สามารถแสดงผลข้อมูลและวิเคราะห์ผลได้ ดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างการศึกษาครั้งนี้ มีนักศึกษาจำนวน 22 คน เป็นชาย 11 คน เป็นหญิง 11 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมโยธาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

3.2 การสร้างกรอบแนวคิด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในรายวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมโยธา โดยส่วนใหญ่มีในบทที่ 1 ส่วนของที่มาและความสำคัญ และ ในบทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาปัญหาการเขียนเอกสารอ้างอิงของนักศึกษาโดยศึกษาผ่านพฤติกรรมของการสอนในชั้นเรียน การมอบหมายงาน สามารถสร้างกรอบแนวคิดของปัญหา จากรูปที่ 1 ได้ดังรูปที่ 2

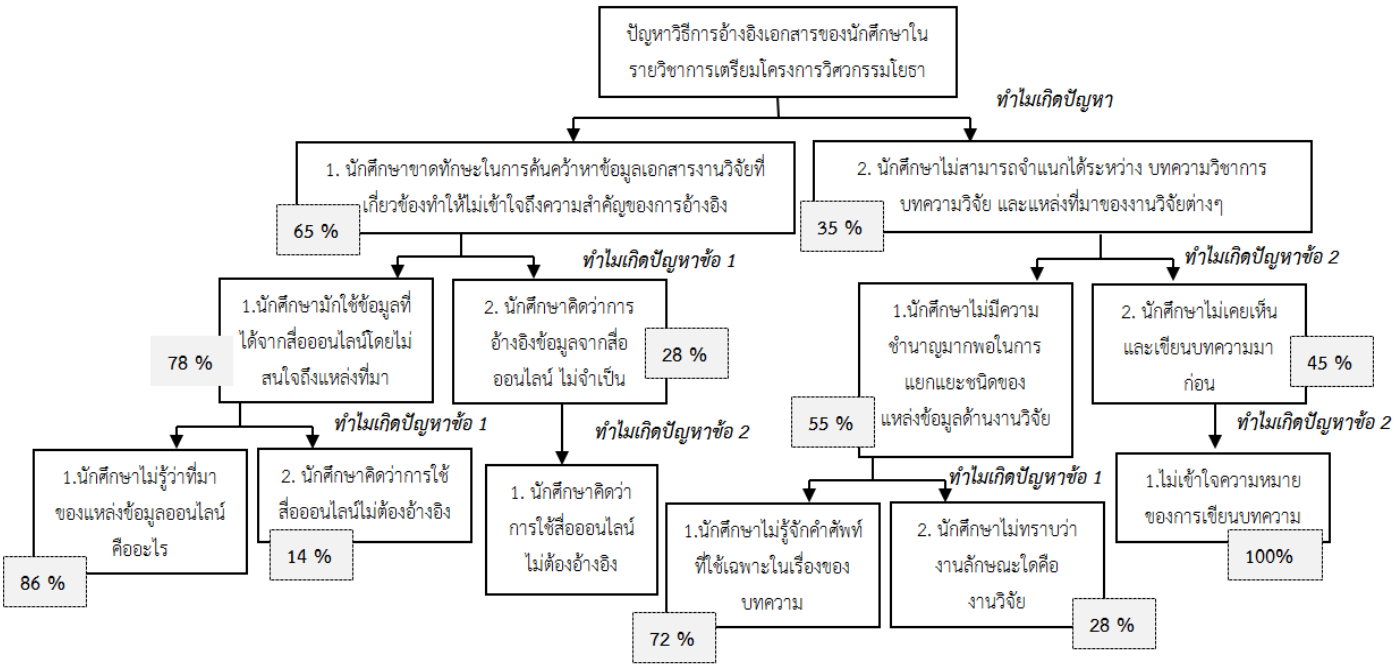
หลังจากศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการเขียนอ้างอิง พบว่า ต้นตอของปัญหาเกิดการแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงที่ทำให้นักศึกษาเกิดความสับสนและไม่ชัดเจน ทำให้นักศึกษาละเลยและไม่ใส่ใจในการเขียนอ้างอิง จากรูปที่ 2 พบว่ามีแหล่งข้อมูลที่ทำให้เกิดปัญหาการเขียนอ้างอิง 2 แหล่ง ได้แก่

1. แหล่งข้อมูลออนไลน์
2. แหล่งข้อมูลบทความวิชาการ

3.3 วิธีการสะสางปัญหา

จากรูปที่ 2 เมื่อทราบถึงปัญหาของการเขียนอ้างอิงของนักศึกษาแล้ว และเพื่อให้แนวทางการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างถูกวิธี ผู้วิจัยจึงจัดทำแบบสอบถามเพิ่มเติมถึงหัวข้อที่เกิดปัญหา เพื่อโฟกัสทิศทางการแก้ปัญหาให้ถูกที่มากที่สุด จากผลการศึกษาด้วยแบบสอบถาม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปัญหาวิธีการการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในรายวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมโยธา สามารถแบ่งปัญหาออกได้ 2 ข้อ ได้แก่



รูปที่ 2 วิธีการคิดของ Why why analysis จากปัญหาการเขียนอ้างอิงของ

1. นักศึกษาขาดทักษะในการค้นคว้าหาข้อมูลเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไม่เข้าใจถึงความสำคัญ คิดเป็นร้อยละ 65

2. นักศึกษาไม่สามารถจำแนกได้ระหว่างบทความวิชาการ บทความวิจัยและแหล่งที่มาของงานวิจัยต่าง คิดเป็นร้อยละ 35

จากข้อ 1 พบว่าการเกิดปัญหาของข้อที่ 1 เกิดจาก

1. นักศึกษามักใช้ข้อมูลที่ได้จากสื่อออนไลน์โดยไม่สนใจแหล่งที่มา ร้อยละ 78

2. นักศึกษาคิดว่าการอ้างอิงข้อมูลที่ได้มาจากสื่อออนไลน์ไม่จำเป็น ร้อยละ 28

และเมื่อเจาะปัญหาลึกลงไป พบว่า ในข้อที่ 1 นักศึกษาไม่รู้ว่าแหล่งที่มาของแหล่งข้อมูลออนไลน์คืออะไร ร้อยละ 86 และนักศึกษาคิดว่าการใช้สื่อข้อมูลออนไลน์ไม่ต้องอ้างอิง ร้อยละ 14 ในขณะที่ข้อ 2 คิดเช่นเดียวกับข้อ 1 ว่าสื่อออนไลน์ไม่จำเป็นต้องอ้างอิง ร้อยละ 100

จากข้อ 2 พบว่าการเกิดปัญหา เกิดจาก

1. นักศึกษาไม่มีความชำนวญมากพอในการแยกแยะชนิดของข้อมูลด้านงานวิจัย คิดเป็นร้อยละ 55

2. นักศึกษาไม่เคยเห็นและเขียนบทความมาก่อน คิดเป็นร้อยละ 45

และเมื่อเจาะลึกลงไปถึงปัญหาจากข้อ 1 พบว่านักศึกษาไม่รู้จักคำศัพท์ที่ใช้เฉพาะในเรื่องของบทความ ร้อยละ 72 และนักศึกษาไม่ทราบว่าลักษณะใดคืองานวิจัย ร้อยละ 28 ในขณะที่ข้อที่ 2 นักศึกษาไม่เข้าใจความหมายของการเขียนบทความ ร้อยละ 100

เมื่อได้ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นมาแล้ว ทำให้ผู้สอนคิดวิธีการสะสางปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งได้แนวทางจากแบบสอบถาม และการระดมสมองร่วมกันกับนักศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมุ่งตรงไปสะสางปัญหาที่ 2 หัวข้อหลัก คือ การขาดทักษะในการค้นคว้าหาเอกสารอ้าง และ การจำแนกงานวิจัยประเภทต่างๆ ซึ่งมีแนวทางการแก้ปัญหาในหัวข้อถัดไป

3.4 การทำความเข้าใจกับโครงสร้างและหน้าที่ของปัญหา

จากผลการศึกษาที่กล่าวว่าตามลำดับขั้นตอนพบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นและควรได้รับการแก้ไขมี 2 หัวข้อ ได้แก่ 1. แหล่งข้อมูลออนไลน์ และ 2.แหล่งข้อมูลจากงานวิจัย

1. แหล่งข้อมูลออนไลน์ หรือข้อมูลจากเว็บไซต์ (Website) ซึ่งหมายถึง ที่ตั้งเครือข่ายข้อมูลที่เชื่อมโยงติดต่อกันได้ทั่วทุกมุมโลกโดยการค้นหาข้อมูลในแต่ละเว็บไซต์จะต้องทราบชื่อเว็บไซต์ที่เราต้องการหาข้อมูลนั้น ๆ หรือสามารถค้นหา ตัวอย่างเวบไซต์ที่ใช้ค้นหาได้แก่ google หรือ yahoo โดยการใส่คำสำคัญเพื่อค้นหาข้อมูล และสามารถค้นหาได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พบว่า แหล่งที่มาของข้อมูลประเภทนี้

วิธีการอ้างอิงแหล่งข้อมูลออนไลน์ชนิดนี้โดยทั่วไปควรมี การอ้างอิงหน้าเวิลด์ไวด์เว็บ ให้ระบุชื่อผู้ประพันธ์, ชื่อบทความ (ในเครื่องหมายอัญประกาศ) ชื่อเว็บไซต์, วันเดือนปีที่เผยแพร่ (ถ้าทราบ), วันที่คุณได้รับข้อมูลนั้น ตัวอย่างเช่น 2008-07-15 (จำเป็นต้องระบุหากไม่ทราบวันเดือนปีที่เผยแพร่) หมายเลขหน้าสามารถเพิ่มได้ถ้ามี เพื่อให้ได้แหล่งที่มาของข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้น

2. แหล่งข้อมูลบทความทางวิชาการ จากการสรุปเบื้องต้นของข้อมูลทางวิชาการ แบ่งออกได้เป็นบทความวิชาการ และบทความวิจัย

บทความวิชาการ คือ งานเขียนวิชาการซึ่งมีการวิเคราะห์ประเด็น ตามหลักวิชาการ โดยมีการสำรวจวรรณกรรมและวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนจนสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ในประเด็นนั้นได้ โดยรูปแบบของบทความวิชาการ จะประกอบด้วย การเกริ่นนำที่แสดงเหตุผล หรือที่มาของประเด็นที่ต้องการ

อธิบายหรือวิเคราะห์ กระบวนการอธิบายหรือวิเคราะห์และบทสรุป มีการอ้างอิงบรรณานุกรม ที่ครบถ้วนและสมบูรณ์

บทความวิจัย คือ บทความที่เป็นผลงานต่อเนื่องจากงานวิจัย หรือสกัดมาจากงานวิจัย บทความประเภทนี้ เป็นบทความที่ประมวลสรุปกระบวนการวิจัย ให้มีความกระชับและสั้น สำหรับตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ สื่อสิ่งพิมพ์ หรือที่ประชุมสัมมนา โดยการพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย ต้องผ่านการกลั่นกรองและตรวจสอบ เนื้อหาสาระและความถูกต้อง จากผู้ทรงคุณวุฒิในวงวิชาการนั้นๆ (Peer review) นอกจากนี้ จะต้องมีรูปแบบการจัดพิมพ์ ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของวารสาร หรือคณะกรรมการประเมิน

ในส่วนของบทความวิจัย เมื่อมีการไปนำเสนอและตีพิมพ์แล้วนั้น ยังทำให้เกิดแหล่งที่มาของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันออกไปอีกด้วย

3.5 แนวทางในการแก้ปัญหา

จากผลการศึกษาทำให้ผู้วิจัยมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาของการเขียนอ้างอิงทั้ง 2 ข้อ ได้ดังนี้

1. การอธิบายความหมายและความสำคัญของการเขียนอ้างอิง รวมถึงการสอดแทรกข้อมูลด้านการละเมิดลิขสิทธิ์ เพื่อให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญ

2. การยกตัวอย่างชนิดของข้อมูลชนิดแหล่งออนไลน์และข้อมูลวิจัยชนิดต่างๆ พร้อมทั้งยกตัวอย่างถึงข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงจากทั้ง 2 แหล่ง

3. จัดกิจกรรม เล่นเกมส์ ทำแบบฝึกหัดและทำซ้ำเพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างง่ายในการนำข้อมูลแหล่งออนไลน์และข้อมูลวิจัยมาใช้ในการอ้างอิง

4. มีการสอบวัดผลการเขียนอ้างอิง เพื่อให้นักศึกษามีความตั้งใจมากยิ่งขึ้น

5. อาจารย์ตรวจสอบเล่มโครงร่างปริญญานิพนธ์และให้ความสำคัญในวิธีการเขียนอ้างอิง

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษา การวิเคราะห์ปัญหาวิธีการอ้างอิงเอกสารของนักศึกษาในการจัดทำโครงร่างวิศวกรรมโยธาด้วยหลักการ why why analysis พบว่าปัญหาการเขียนอ้างอิงเกิดขึ้นตั้งแต่ความไม่เข้าใจในแหล่งที่มาของข้อมูลที่ต้องการอ้างอิง โดยเฉพาะแหล่งที่มาจากสื่อออนไลน์และบทความวิจัย ทำให้นักศึกษาเกิดความสับสน ซึ่งการใช้หลักการ why why analysis ทำให้ผู้วิจัยนำปัญหาที่พบมาวิเคราะห์และสามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น ซึ่งหลังจากการแก้ปัญหาแล้วพบว่านักศึกษาสามารถทำข้อสอบด้านการอ้างอิง ได้คะแนนโดยเฉลี่ย 8 จาก 10 คะแนน และสามารถสอบโครงร่างวิศวกรรมโยธาได้ตามเวลา โดยได้ระดับคะแนน A จำนวน 7 คน B+ จำนวน 6 คน B จำนวน 9 คน และ C+ จะนวน 4 คน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัย ในส่วนวิจัยในชั้นเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ http://www.km.nida.ac.th. 9/11/59.

[2] พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2556, ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียนครูทุกคนทำได้ไม่ยาก, พิมพ์ที่ บริษัท เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์ จำกัด กรุงเทพมหานคร.

[3] ระเบียบวิธีวิจัย http://portal.edu.chula.ac.th/skaoo/blog/view.php?Bid=1277092644688647&msite=skaoo&bp=1&np=2: 2 July 2018.

[4] มูลนิธิวิกิพีเดีย “การอ้างอิงแหล่งที่มา” https://th.wikipedia.org/wiki/วิกิพีเดีย:การอ้างอิงแหล่งที่มา: 2 July 2018.

[5] นันทนา ลัดพลี “บทความวิจัย บทความวิชาการ และบทความปริทัศน์” http://gopublished1.blogspot.com/2015/06/blog-post_93.html: 2 July 2018.

[6] Why Why Analysis https://www.maintwiz.com/why-why-analysis/ : 17 August 2561.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

Factors Affecting Implementation of Waste for electronic equipment

วัชรพล นาคทอง[1,*] อภิญญา อินทร์นอก[1] คมเดช ภาพัฒนบุรี[1] ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล[1]
และภานุวัฒน์ กิตติกรวรานนท์ รัตนพิมล พลแสน[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2] แผนกงานพัฒนานักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 300000
E-mail: watcharaphon@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สื่อสาร โดยการศึกษาเลือกจากหลายๆวิชาปฏิบัติการได้แก่ หลักมูลของวิศวกรรมไฟฟ้า ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปฏิบัติการทางแสง ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า และปฏิบัติการวงจรดิจิตอล นำอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนในแต่ละวิชามาวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากสุด ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลพบว่ามีอุปกรณ์ที่เสียหายมากที่สุดคือฟิวส์มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า และการทดสอบหาปัจจัยที่ส่งผลต่อนักศึกษามากที่สุดคือ นักศึกษาขาดความสนใจที่จะศึกษาใบงานก่อนลงมือปฏิบัติจริง โดยข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ผลของปัจจัยนั้นสามารถนำมาแก้ไขปัญหาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจในด้านการนำเครื่องมือไปใช้งานของนักศึกษาได้อย่างถูกต้อง และลดการสิ้นเปลืองอุปกรณ์ได้จริง

คำหลัก: สิ้นเปลือง, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สื่อสาร, อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

This paper studies factors affecting implementation of waste for electronic communications equipment. The data are collected by many subjects, namely fundamental electrical circuit, electronic engineering laboratory, optical laboratory, electrical circuit laboratory, and digital circuit laboratory. In the experiment, the data of used-electronic equipment of these subjects are collected and then exploited to consider the maximum error factor when electronic equipment is used in the experiment. The experimental result shows that the fuse in electrical measure equipment is the maximum wasted equipment. This is due to the fact that most of students do not pay attention to study the manual before the experiment. From the result, it can lead to improvement of teaching and the knowledge make student able to correctly implement the electronic equipment. Moreover, it also decreases the wastage of electronic equipment.

Keywords: Implementation of waste, electronic equipment, electronic equipment

1. บทนำ

ในการศึกษาด้านรายวิชาปฏิบัติการเรียนของสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมนั้น จึงเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเรียนรู้พื้นฐานของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารมาก่อน จึงจะสามารถเลือกใช้งานของอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องหรือได้เรียนรู้คุณสมบัติของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารมาดีอย่างดี เนื่องจากที่กล่าวมานั้นปัญหาของนักศึกษาคือไม่เข้าใจหลักการทำอุปกรณ์จะทำให้วงจรเกิดความเสียหายได้รวมถึงเครื่องมีที่นำมาต่อรวมอีกมากหมายซึ่งบางเครื่องมีราคาสูง 5,000 – 40,000 บาท หรือเครื่องมือวัดความถี่สูงและเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าที่มีราคาประมาณ 200,000 - 2,400,000 บาท ต่อเครื่อง [1-4] จากที่กล่าวนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์จากการเรียนการสอนและสังเกตพฤติกรรมการใช้งานของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสาร ดูคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ค่าความพึงพอใจต่อการสอน [4-8] โดยการศึกษาถูกเลือกจากวิชาปฏิบัติการ ของสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คือ ปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศ ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปฏิบัติการทางแสง ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ ปฏิบัติการวงจรดิจิตอล เป็นต้น เพื่อนำมาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา ช่วยลดเวลาด้านการเรียนการสอนและเพิ่มความรู้ให้กับนักศึกษาได้มากยิ่งขึ้น โดยวิธีการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์ดังกล่าว จะถูกนำเสนอต่อไปในบทความต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ด้านความรู้ในการใช้งานของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารที่ถูกต้อง ในรายวิชาปฏิบัติการคือ ปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศ ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปฏิบัติการทางแสง ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ ปฏิบัติการวงจรดิจิตอล โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจโครงสร้างและคุณสมบัติของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารที่ถูกต้อง
2. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจการทำงานหรือการใช้เครื่องมือวัด แหล่งจ่าย สัญญาณและการต่อวงจรรวมของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารที่ถูกต้อง
3. เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์ที่สูญเสียเนื่องจากความผิดพลาดของการใช้งาน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มเป้าหมาย

นักศึกษาระดับ ปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1-4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

3.2 สถานที่ทำการวัดผลวิจัย

ห้องเรียน 36-808 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดลองโดยใช้หลักการวิเคราะห์ผลโดยมีวิธีดังนี้

1. วิเคราะห์การใช้งานของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารที่ถูกต้อง ใช้ระยะเวลาในการวิจัย 4 สัปดาห์ ปฏิบัติ ครั้งละ 10 คะแนน
2. วิเคราะห์ประเมินหาปัจจัยส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์และความเข้าใจในการเรียนของนักศึกษา
3. วิเคราะห์ผลโดยการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารที่ถูกต้อง

5. ผลจากงานวิจัย

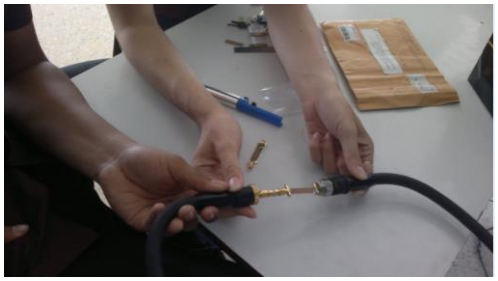
ในการศึกษาหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์สามารถมีทั้งหมด 5 รายวิชาคือ ปฏิบัติการหลักมูลของวิศวกรรมไฟฟ้า ปฏิบัติการวิศวกรรม

อิเล็กทรอนิกส์ ปฏิบัติการทางแสง ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ปฏิบัติการวงจรดิจิตอล โดยเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารเกิดการเสียหายทำให้สิ้นเปลืองนั้น ส่วนใหญ่เกิดจาก การต่อวงจรผิดหรือใส่อุปกรณ์ผิดชนิดผิดค่า ต่ออุปกรณ์บางชนิดสลับขั้ว ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้ามากเกินกำหนด ในส่วนเครื่องมือวัดเลือกใช้ย่านวัดผิดหรือตั้งค่าในการวัดผิดขนาดเป็นต้น ซึ่งที่กล่าวมา สามารถแสดงรายละเอียดพื้นฐาน ได้ดังตารางที่ 1

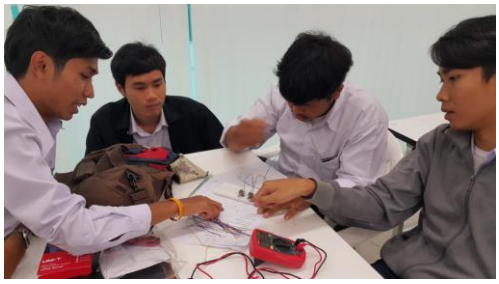
ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่สิ้นเปลืองในแต่ละวิชา

ประเด็น	รายการ	สาเหตุ
1. ปฏิบัติการหลักมูลของวิศวกรรมไฟฟ้า	1. IC 2. R 3. LED 4. VR 5. C 6. ฟิวส์มิเตอร์วัดกระแส	-ต่อผิดวิธี -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -วัดผิดวิธี
2. ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	1. IC 2. R 3. LED 4. VR 5. C 6. ฟิวส์มิเตอร์วัดกระแส	-ต่อผิดวิธี -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -วัดผิดวิธี
3. ปฏิบัติการทางแสง	1. Optic TX 2. Optic RX 3. แม่เหล็กจับสายใยแก้วนำแสง	-ต่อผิดวิธี -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -วัดผิดวิธี
4. ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า	1. IC 2. R 3. LED 4. VR 5. C 6. ฟิวส์มิเตอร์วัดกระแส	-ต่อผิดวิธี -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -วัดผิดวิธี
5. ปฏิบัติการวงจรดิจิตอล	1. IC 2. R 3. LED 4. ฟิวส์มิเตอร์วัดกระแส	-ต่อผิดวิธี -ใช้ผิดวิธี -ต่อผิดขั้ว -ใช้ผิดวิธี -วัดผิดวิธี

ในส่วนของปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์ได้ศึกษาวิเคราะห์ประเมินปัจจัยและความเข้าใจในการเรียนพร้อมทั้งสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาแล้ว ดังรูปที่ 1 เมื่อทำการประเมินผลของปัจจัยสอบถามจากอาจารย์ผู้สอนร่วมกับการสอบถามและสังเกตพฤติกรรมนักศึกษาในแต่ละวิชารายปฏิบัติการดังกล่าว พบว่ามีประเด็นจากข้อสรุป 15 ด้าน ที่ตรงกันอยู่ 4 ด้านหลัก คือ นักศึกษาขาดความสนใจที่จะศึกษาใบงานก่อนลงมือปฏิบัติจริง นักศึกษาขาดความรู้ด้านการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละชนิด นักศึกษาต่อวงจรตามเพื่อน ๆ แบบผิดวิธี และนักศึกษาขาดความระมัดระวังในการต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดหรือแหล่งจ่ายไฟที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งสามารถแสดงผลของปัจจัยหลักที่ให้ทำเข้าใจได้ง่าย ดังตารางที่ 2



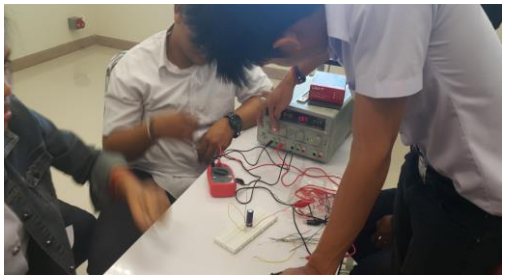
(ก) สังเกตพฤติกรรมในรายปฏิบัติการหลักมูลของวิศวกรรมไฟฟ้า



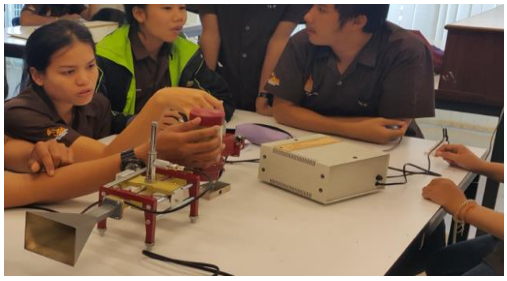
(ข) สังเกตพฤติกรรมในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์



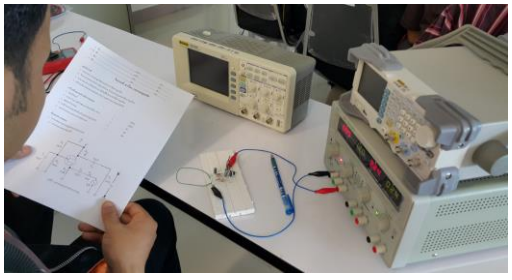
(ค) สังเกตพฤติกรรมในรายวิชาปฏิบัติการmทางแสง



(ง) สังเกตพฤติกรรมในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า



(จ) สังเกตพฤติกรรมในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ



(ฉ) สังเกตพฤติกรรมในรายวิชาปฏิบัติการวงจรดิจิตอล

รูปที่ 1 การสังเกตพฤติกรรมในรายวิชาปฏิบัติการ ของสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์

ประเด็น	$\overline{X}$	SD	ผลการประเมิน
1. นักศึกษาขาดความสนใจที่จะศึกษาใบงานก่อนลงมือปฏิบัติจริง	2.91	0.25	ดี
2. นักศึกษาขาดความรู้ด้านการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละชนิด	2.86	0.43	ดี
3. นักศึกษาต่อวงจรตามเพื่อนๆ แบบผิดวิธี	2.84	0.43	ดี
4. นักศึกษาขาดความระมัดระวังในการต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดหรือแหล่งจ่ายไฟที่ไม่ถูกต้อง	2.67	0.84	ดี

(หมายเหตุ 2.5 - 3 = ดี, 2.0 - 2.49 = ปานกลาง, 1.50 - 1.99 = พอใช้)

จากตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์ โดนมีผลสัมฤทธิ์ของแบบทดสอบสามารถสรุปได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

นักศึกษาขาดความสนใจที่จะศึกษาใบงานก่อนลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 2.91) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.25) อยู่ในระดับดี

นักศึกษาขาดความรู้ด้านการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละชนิดซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 2.86) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.43) อยู่ในระดับดี

นักศึกษาต่อวงจรตามเพื่อน ๆ แบบผิดวิธี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 2.84) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.43) อยู่ในระดับดี

นักศึกษาขาดความระมัดระวังในการต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดหรือแหล่งจ่ายไฟที่ไม่ถูกต้องซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 2.67) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.84) อยู่ในระดับดี

มีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ ($\overline{X}$ = 2.82) ซึ่งมีผลความพึงพอใจในระดับดีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นแบบเกาะกลุ่มกัน

6. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยผลปัจจัยที่ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สื่อสาร ของสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม โดยเหตุที่ทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหายทำให้สิ้นเปลือง โดยส่วนใหญ่จะเกิดจาก นักศึกษาการต่อวงจรผิด ใส่อุปกรณ์ผิดชนิด ต่ออุปกรณ์สลับขั้ว ปรับค่ากระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง ใช้เครื่องมือวัดไม่เป็น ซึ่งปัจจัยของเหตุการณ์ที่ทำให้สิ้นเปลืองอุปกรณ์นี้ พบว่ามีทั้งหมด 4 ด้านหลักจากการสรุปมาทั้ง 15 ด้านคือ นักศึกษาขาดความสนใจที่จะศึกษาใบงานก่อนลงมือปฏิบัติจริง นักศึกษาขาดความรู้ด้านการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละชนิด นักศึกษาต่อวงจรตามเพื่อน ๆ แบบผิดวิธี และนักศึกษาขาดความระมัดระวังในการต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดหรือแหล่งจ่ายไฟที่ไม่ถูกต้อง ตามลำดับ โดยปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาวิจัยมานั้น สามารถนำข้อมูลจากการวิจัยไปช่วยลดการสิ้นเปลืองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สื่อสารได้ในรายวิชาอื่น ๆ ได้อีกต่อไปในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ในส่วนของห้องทดลองเรียนและอุปกรณ์ทดลองวัดผลงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] นายพิทยาพล พิทักษ์ (2547). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วงจรไฟฟ้าแสงสว่างและกำลัง วิชาเขียนแบบไฟฟ้า ของนักเรียน ระดับชั้น ปวช 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง, *ภาคเรียน 1 ปีการศึกษา 2547 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง, วิทยาลัยการอาชีพมหาราช, ประเทศไทย*, 2547.

[2] กรกมล ลอสี (2553). การแก้ไขปัญหาการขาดทักษะในการออกแบบวงจรที่เกี่ยวข้องกับ Timer Counter ใน Ladder Diagram วิชาเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ของนักศึกษาระดับ ปวส 2 แผนกไฟฟ้ากำลัง โดยใช้การจำลองสภาวะการทำงานของ Ladder Die, *ปีการศึกษา 2554. คณะอุตสาหกรรมโรงเรียนฐานเทคโนโลยี, ประเทศไทย,* 2554.

[3] วัชรพล นาคทอง, อภิญญา อินทร์นอก, นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม, ปิยดนัย บุญไมตรี และ สุภาธิณี กรสิงห์ (2559). การศึกษาวิธีแก้ปัญหาการใช้มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าตรงวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, *ประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 7, 7th Engineering, Science,Technologyand Architecture Conference 2016(ESTA-CON 2016), นครราชสีมา, ไทย,* 25-26 กรกฎาคม 2559.

[4] วัชรพล นาคทอง, ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล, เอกจิต คุ้มวงศ์ และ ฐิติกร วัฒนานันท์ (2559). การแก้ปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจ ด้านการไบอัสทรานซิสเตอร์วิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, *ประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 7, 7th Engineering, Science,Technologyand Architecture Conference 2016(ESTA-CON 2016), นครราชสีมา, ไทย,* 25-26 กรกฎาคม 2559

[5] วัชรพล นาคทอง, นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม, อภิญญา อินทร์นอก, ปิยดนัย บุญไมตรี และ สุภาธิณี กรสิงห์ (2559). การแก้ไขปัญหาการอ่านค่าความถี่สูงในวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ. *ประชุมวิชาการและนำเสนอ*

ผลงานวิจัย ครั้งที่ 7, 7th Engineering, Science, Technology and Architecture Conference 2016(ESTA-CON 2016), นครราชสีมา, ไทย, 25-26 กรกฎาคม 2559

[6] สุพจน์ เอี้ยงกุญชร (2551). การแก้ปัญหาด้านทักษะพื้นฐานการคิดคำนวณของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์. *ภาคเรียน 1 ปีการศึกษา 2551 สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. ประเทศไทย,* 2551.

[7] วัชรพล นาคทอง, สุภาธิณี กรสิงห์, อภิญญา อินทร์นอก, นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม และ ปิยดนัย บุญไมตรี (2559). ความพึงพอใจด้านสื่อการเรียนรู้ของวิชาเศรษฐศาสตร์สำหรับวิศวกร, *ประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 7, 7th Engineering, Science, Technology and Architecture Conference 2016(ESTA-CON 2016), นครราชสีมา, ไทย,* 25-26 กรกฎาคม 2559.

[8] วัชรพล นาคทอง, ปิยดนัย บุญไมตรี, อภิญญา อินทร์นอก, สุภาธิณี กรสิงห์ และ นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม (2558). การแก้ปัญหาขาดทักษะในการอ่านค่าของอุปกรณ์และใช้เครื่องมือจากการเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7, นครราชสีมา,* 1 - 3 กันยายน 2558.

การแก้ปัญหาการขาดความรู้การใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณย่านความถี่สูง ในวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ

Problem Solving to Lacking of High Frequency Transceiver Circuit Usability in Antenna Engineering Laboratory and Microwave Engineering Laboratory Subjects

วัชรพล นาคทอง[1*] นุชนาฏ สันทาลุนัย[1] สุภาธิณี กรสิงห์[1] อภิญญา อินทร์นอก[1] และสมชาติ ดีอุคม[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 300000
[2] วิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 300000
E-mail: watcharaphon@rmuti.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 0868698253

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหานักศึกษาขาดความรู้ด้านการใช้งานวงจรรับส่งสัญญาณย่านความถี่สูง ในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ พัฒนาวิธีการสอนโดยใช้เทคนิคการแสดงรูปภาพเคลื่อนไหวที่สร้างจากการลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนจริง จากนั้นให้นักศึกษาลงมือสร้างสายอากาศจริงเพื่อนำมาต่อกับวงจรรับส่งสัญญาณย่านความถี่สูง ซึ่งจะส่งผลให้นักศึกษาเข้าใจวิธีการทดลองที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมจำนวน 60 คน ใช้ระยะเวลาในการวิจัย 4 สัปดาห์ ซึ่งมีการทดสอบผลการวิจัยด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การสังเกตพฤติกรรมการใช้งานอุปกรณ์ร่วมกับแบบสำรวจความพึงพอใจต่อการสอนรูปแบบใหม่และความพึงพอใจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีเฉลี่ยที่ดีขึ้นคือ ก่อนเรียน 54% และหลังเรียน 79% ซึ่งค่าความพึงพอใจการสอนมีค่าเท่ากับ ($\overline{X}$ = 2.78) และแบบทดสอบ ($\overline{X}$ = 2.67) ตามลำดับ จากการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาพบว่านักศึกษาสามารถเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับต่อวงจรรับส่งสัญญาณได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

คำหลัก: ภาพเคลื่อนไหว, วงจรรับส่งสัญญาณ, รายวิชาปฏิบัติ

Abstract

This research studies about the problem solving which lacking of high frequency transceiver circuit usability in antenna engineering laboratory and microwave engineering laboratory subject. This study investigated the teaching methods by using practicing real steps animation technique. Then, students create a prototype antenna to be connected to the high frequency transceiver circuit. From this method, students have a better understanding of how to experiment. The target group is 60 undergraduate students in telecommunication engineering. The duration of the study was 4 weeks. Research results is tested with pre-test and post-test and observation of device usage. In addition, satisfaction survey of new teaching model and pre-test and post-test methods. From the testing method, the average score of pre-test is 54% and after learning the average score of pre-test is 79%.

The teaching satisfaction is ($\overline{X}$ = 2.78) and the test ($\overline{X}$ = 2.67) respectively. Observing students' behaviors found that students could choose to use the device for the correct transceiver circuit.

Keywords: Animation, Transceiver Circuit, Laboratory Subject

1. บทนำ

จากผลในด้านการเรียนในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟการวิศวกรรมสายอากาศ [1-5] ของนักศึกษา พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในด้านทฤษฎีในระดับปานกลางถึงเข้าในดี แต่เมื่อต้องลงมือปฏิบัติจริงนั้น กับพบปัญหาด้านการต่อวงจรรับส่งสัญญาณไมโครเวฟกันเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากการต่อใช้งานจริง จะต้องมีการปรับจูนหรือตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ในชุดฝึกทุกครั้งทำให้เสียเวลาและเกิดการผิดพลาด หรืออาจารย์จะต้องปรับจูนให้ทุกครั้งที่ลงมือปฏิบัติจริง แต่ก็ยังมีข้อดีคือ นักศึกษาที่สนใจศึกษาการต่อวงจรจริงจะเข้าใจมากกว่านักศึกษาที่ไม่ตั้งใจเรียนหรือนักศึกษาตามวิธีติดต่อวงจรรับส่งสัญญาณไม่ทัน ทำให้เกิดผลเสียต่อนักศึกษา โดยตรงและเกิดผลเสียต่อเครื่องรับส่งสัญญาณหรือเครื่องวัดสัญญาณสัญญาณไมโครเวฟ ซึ่งเมื่อเกิดการเสียหายของเครื่องที่ใช้ในการเรียนการสอนขึ้นทำให้ต้องหยุดการลงมือปฏิบัติทันทีเนื่องจากเครื่องมือมีราคาแพงมากเช่น สอนชุดฝึกสายอากาศ 20,000 - 40,000 บาท/ชุด และเครื่องวัดผลของค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศราคา 1,000,000 – 2,400,000 บาท ในส่วนของชุดฝึกวิศวกรรมไมโครเวฟมีราคา 100,000 – 300,000 บาท จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงพัฒนาออกแบบสื่อการเรียนรู้ด้านการใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณไมโครเวฟ ซึ่งสามารถดูผ่านมือถือของนักศึกษาได้ตลอดเวลา โดยแบบทดสอบในงานวิจัยผลนี้จะการประเมินผลสัมฤทธิ์แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ครั้งละ 10 คะแนน [4-5] และค่าความพึงพอใจของนักศึกษาต่อวิธีการสอน [6-9] เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ด้านความรู้ในการใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณไมโรเวฟ ในวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและและวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจการทำงานวงจรรับส่งสัญญาณไมโครเวฟ ได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์ที่สูญเสียเนื่องจากความผิดพลาดของการใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณไมโครเวฟ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มเป้าหมาย

- นักศึกษาระดับ ปริญญาตรี 60 คน สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

3.2 สถานที่ทำการวัดผลวิจัย

ห้องเรียน 36-804 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

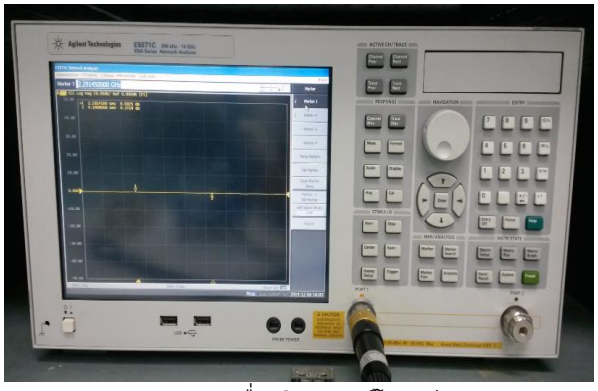
งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดลองโดยใช้หลักการวิเคราะห์ผลโดยมีวิธีดังนี้

1. วิเคราะห์การวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายและชุดฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ และเครื่องส่งสัญญาณ Wi-Fi ใช้ระยะเวลาในการวิจัย 4 สัปดาห์ ปฏิบัติ ครั้งละ 10 คะแนน
2. วิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจและความเข้าใจในการเรียนของนักศึกษา

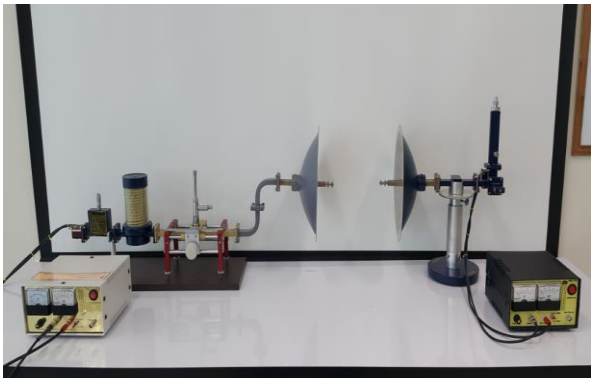
3. วิเคราะห์ผลโดยการสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย และชุดฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ และเครื่องส่งสัญญาณ Wi-Fi

5. ผลการวิจัย

ผลการทดลองงานวิจัยนี้ ซึ่งเลือกนักศึกษาสาขาวิชาโทรคมนาคม โดยสื่อที่พัฒนาจะนำสายอากาศในแต่ละรูปแบบมาวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyzer) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และชุดฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ และเครื่องส่งสัญญาณ Wi-Fi มาสร้างเป็นรูปแบบภาพเคลื่อนไหว ดังรูปที่ 1



(ก) เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย



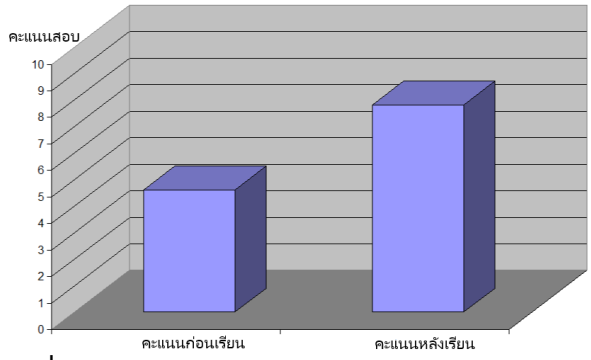
(ข) ชุดฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ



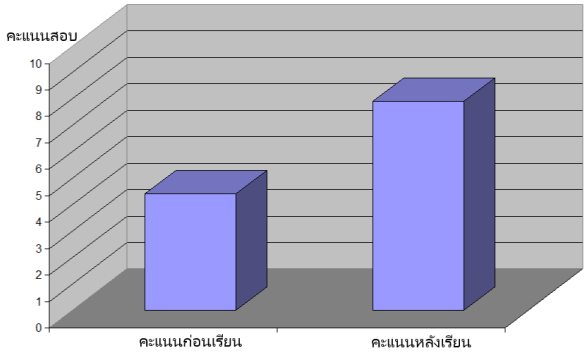
(ค) เครื่องส่งสัญญาณ Wi-Fi

รูปที่ 1 เครื่องรับส่งสัญญาณไมโครเวฟ ในรูปแบบต่างๆ

ในส่วนของการทดสอบวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศ ทำใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ครั้งละ 10 คะแนน โดยทดสอบก่อนเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.6 คะแนน และการทดสอบสอบหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ย 7.8 คะแนน ซึ่งมีค่าคะแนนเพิ่มเฉลี่ยขึ้นถึง 41.02% จาก ดังรูปที่ 2 และในส่วนของ วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ ทำใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ครั้งละ 10 คะแนน โดยทดสอบก่อนเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.64 คะแนน และการทดสอบสอบหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ย 7.9 คะแนน ซึ่งมีค่าคะแนนเพิ่มเฉลี่ยขึ้นถึง 41.26% จาก ดังรูปที่ 3 ซึ่งผลที่ได้จากการเพิ่มขึ้นของคะแนนนั้น เกิดจากใช้ศึกษาประยุกต์จากงานวิจัย [1-6] นำมาปรับเปลี่ยนและพัฒนาทดสอบในรายวิชาดั้งกล่าวขั้นต้น ทำให้นักศึกษาเกิดองค์ความรู้ใหม่ที่เข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น และในส่วนของการสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่ได้ทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ทั้ง 2 วิชาคือ รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ โดยนักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเด็นหลัก ดังตารางที่ 1 [6-8]



รูปที่ 2 การทดสอบรวมก่อนเรียนและหลังเรียน ด้านวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศ



รูปที่ 3 การทดสอบรวมก่อนเรียนและหลังเรียน ด้านวิชาปฏิบัติการไมโครเวฟ

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจที่ต่อการเรียนการสอน

ประเด็น	ระดับความคิดเห็น			$\bar{x}$	ผลการประเมิน
	3	2	1		
ลักษณะทั่วไป					
1. ความสะดวกในการใช้งานเครื่องมือ	53	3	4	2.81	ดีมาก
2. ความเหมาะสมด้านการวางเครื่องมือและการใช้การของอุปกรณ์	48	12	0	2.80	ดีมาก
ลักษณะการนำเสนอเนื้อหา					
3. ความเหมาะสมของการจัดลำดับขั้นตอนเนื้อหา	46	2	1	2.68	ดีมาก
4. ความชัดเจนของวัตถุประสงค์เนื้อหา	54	2	-4	2.83	ดีมาก
5. ความน่าสนใจของเนื้อหาที่สอน	51	7	2	2.83	ดีมาก
ลักษณะการเสริมความเข้าใจ					
6. ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียน	53	6	1	2.86	ดีมาก
7. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหาเพียงใด	51	4	-5	2.76	ดีมาก
8. ความชัดเจนของการอธิบายและการให้ตัวอย่าง	50	4	6	2.73	ดีมาก
กิจกรรมและอื่นๆ					
9. ความรับผิดชอบต่อกิจกรรมการเรียน	46	8	6	2.66	ดีมาก
10. ความร่วมมือแก่เพื่อนร่วมชั้นเรียน นักศึกษามีระเบียบวินัยระหว่างทำกิจกรรมการเรียนและตรงต่อเวลาในการเข้าเรียนและร่วมกิจกรรม	51	5	4	2.78	ดีมาก
11. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน	52	5	3	2.81	ดีมาก
12. ผู้เรียนสรุปบทเรียนได้ด้วยตนเอง	52	7	1	2.85	ดีมาก
เฉลี่ยรวม				2.78	ดีมาก

(หมายเหตุ โดยกำหนดระดับความคิดเห็น คือ 2.50 – 3.00 ดีมาก, 2.00 – 2.49 มาก 1.5 - 1.99 ปานกลาง, 1.00-1.49 น้อย)

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความพึงพอใจที่ต่อด้านการใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณไมโครเวฟทั้ง 4 ประเด็นคือ ลักษณะทั่วไป มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 อยู่ในระดับ ดีมาก ลักษณะการนำเสนอเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.78 อยู่ในระดับ ดีมาก ลักษณะการเสริมความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.78 มีอยู่ในระดับ ดีมาก กิจกรรมและอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.77 มีอยู่ในระดับ ดีมาก ซึ่งผลผลการศึกษาความพึงพอใจในภาพร่วมพบว่ามีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.78 อยู่ในระดับดีมาก ตามที่ต้องการ และในส่วนของการประเมินความพึงพอใจที่ต่อแบบ ทดสอบ สามารถสอบถามได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจที่ต่อแบบทดสอบ

ประเด็น	ระดับความคิดเห็น			$\bar{x}$	ผลการประเมิน
	3	2	1		
1.การปรับเนื้อหาในรายวิชาส่งผลต่อความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่มากยิ่งขึ้น	45	10	5	2.66	ดีมาก
2.การปรับเนื้อหารูปแบบใหม่ทำให้เข้าใจได้รวดเร็วมากขึ้น	43	12	5	2.63	ดีมาก
3.ความเหมาะสมของแบบทดสอบหรือฝึกหัดและการนำเสนอหน้าห้องเรียน	50	5	5	2.75	ดีมาก
4.วิธีในการตรวจแบบทดสอบและการให้คะแนนมีความยุติธรรมโปร่งใสทุกคน	42	12	6	2.60	ดีมาก

ประเด็น	ระดับความคิดเห็น			$\bar{x}$	ผลการประเมิน
	3	2	1		
5.การถามตอบและตัวอย่างมีประโยชน์ต่อการค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมและการทบทวนเนื้อหา	48	8	4	2.73	ดีมาก
เฉลี่ยรวม				2.67	ดีมาก

(หมายเหตุ โดยกำหนดระดับความคิดเห็น คือ 2.50 – 3.00 ดีมาก, 2.00 – 2.49 มาก 1.5 - 1.99 ปานกลาง, 1.00-1.49 น้อย)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจแบบทดสอบคือการปรับเนื้อหาในรายวิชาส่งผลต่อความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่มากยิ่งขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 อยู่ในระดับ ดีมาก การปรับเนื้อหารูปแบบใหม่ทำให้เข้าใจได้รวดเร็วมากขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.63 อยู่ในระดับ ดีมาก ความเหมาะสมของแบบทดสอบหรือฝึกหัดและการนำเสนอหน้าห้องเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 มีอยู่ในระดับ ดีมาก วิธีในการตรวจแบบทดสอบและการให้คะแนนมีความยุติธรรมโปร่งใสทุกคน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.60 มีอยู่ในระดับ ดีมาก การถามตอบและตัวอย่างมีประโยชน์ ต่อการค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมและการทบทวนเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.73 มีอยู่ในระดับ ดีมาก ซึ่งผลผลการศึกษาความพึงพอใจในภาพร่วมพบว่ามีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.67 อยู่ในระดับดีมาก ตามที่ต้องการ

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ ศึกษาพัฒนาการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ เข้ามาปรับเปลี่ยนการสอนด้านการใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณไมโครเวฟ ซึ่งจะศึกษาในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศและวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ ที่ใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าปฏิบัติการวิศวกรรมสายอากาศ มีคะแนนเพิ่มเฉลี่ยขึ้นถึง 41.02% และทดสอบวิชาปฏิบัติการไมโครเวฟ มีคะแนนเพิ่มเฉลี่ยขึ้นถึง 41.26% ทำใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่ามีคะแนนเพิ่มเฉลี่ยขึ้นถึง ซึ่งผลการศึกษาความพึงพอใจที่ต่อด้านการใช้งานของวงจรรับส่งสัญญาณไมโครเวฟทั้ง 4 ประเด็น มีผลการศึกษาความพึงพอใจทั้งหมด ค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.78 อยู่ในระดับดีมาก ตามที่ต้องการ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ในส่วนของห้องทดลองเรียนและอุปกรณ์ทดลองวัดผลงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.พูนศักดิ์ เอื้อดุลเดชา (2544). สายอากาศ, กรุงเทพฯ: *กองบริการการศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,* 2544.

[2] วัชรพล นาคทอง และ นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม (2557). เอกสารประกอบรายวิชา Antenna Engineering, *สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน,* 2559.

[3] วัชรพล นาคทอง และ นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม (2559). ประกอบการทดลองประจำรายวิชา Antenna Engineering Laboratory, *สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน,* 2559.

[4] วัชรพล นาคทอง และ นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม (2559). ประกอบการทดลองประจำรายวิชา Microwave Engineering Laboratory, *สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน,* 2559.

[5] วัชรพล นาคทอง, ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล, นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม, เอกจิต คุ้มวงศ์ และ ฐิติกร วัฒนานันท์ (2558) การแก้ปัญหาการเรียนของนักศึกษา เรื่อง แบบรูปการแผ่กำลังงานระนาบสนามไฟฟ้าและระนาบสนามแม่เหล็ก

ของสายอากาศในรายวิชาปฏิบัติการไมโครเวฟ, *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 6 วิทยาลัยบัณฑิตเอเชียขอนแก่น*, 11 กันยายน 2558.

[6] จิรายุ บุญมาปลูก (2549). ความพึงพอใจในการเรียนเทคนิคการตรวจซ่อมคอมพิวเตอร์ *ณ สถาบันฝีมือแรงงานภาค 10 จังหวัดลำปาง นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 3 สาขาพาณิชย กรรมคอมพิวเตอร์ โรงเรียนลำปางเทคโนโลยี (แลมป์-เทค)* ประจำปีการศึกษา 2548-2549, 2549.

[7] จิรายุ บุญมาปลูก (2549). ความพึงพอใจในการเรียนเทคนิคการตรวจซ่อมคอมพิวเตอร์ *ณ สถาบันฝีมือแรงงานภาค 10 จังหวัดลำปาง นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 3 สาขาพาณิชย กรรมคอมพิวเตอร์ โรงเรียนลำปางเทคโนโลยี (แลมป์-เทค)* ประจำปีการศึกษา 2548-2549, 2549.

[8] ดร.รวีวรรณ สนั่นวรเกียรติ (2551). ความพึงพอใจของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาต่อการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา *มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. อุตรดิตถ์: หลักสูตรสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.* 2551.

[9] ภูริศักดิ์ บุญพร้อม (2552). การศึกษาเปรียบเทียบความพึงพอใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาภาษาอังกฤษ ด้วยการสอนแบบจัดกลุ่มพื้นฐานความรู้ทางภาษาอังกฤษของหลักสูตร นาย สิบอาวุโส ป. *รุ่นที่ 58 ปีการศึกษา 2552. โรงเรียนทหารปืนใหญ่ ศูนย์การทหารปืนใหญ่.* 2552.

การแก้ไขปัญหาด้านพฤติกรรมการเล่นโทรศัพท์มือถือของนักศึกษาในห้องเรียน

Solving the Problems of Student Behavior using a Mobile Telephone in The Classroom

วัชรพล นาคทอง* นุชนาฏ ฝาเฟื้ยม สุภาธิณี กรสิงห์ อภิญญา อินทร์นอก ปิยดนัย บุญไมตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 300000

บทคัดย่อ

งานวิจัยได้นำเสนอการสอนด้วยวิธีเรียนรู้ผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อแก้ไขปัญหาด้านพฤติกรรมของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์มือถือในห้องเรียนของสาขาวิชาโทรคมนาคม ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบพฤติกรรมที่มีต่อการเรียนของนักศึกษา ก่อนและหลังผ่านการสอนด้วยวิธีเรียนรู้ผ่านสมาร์ทโฟน โดยข้อมูลถูกเก็บจากกลุ่มเป้าหมาย จากนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ จากการทดสอบพบว่าหลังการใช้รูปแบบใหม่ที่มีการสอนด้วยวิธีเรียนรู้ผ่านมือถือสามารถปรับลดพฤติกรรมของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์มือถือในห้องเรียนซึ่งมีค่าเฉลี่ย 83% กับค่าความพึงพอใจการสอนมีค่าเท่ากับ ($\overline{X}$ = 3.82) อยู่ในระดับดีมาก โดยความรู้การสอนรูปแบบใหม่นี้สามารถนำไปทดลองกับนักศึกษาต่างระดับปีการศึกษาต่อไปและนำไปพัฒนาใช้งานกับรายวิชาอื่น ๆ ในภาคเรียนที่ต่อไป ของสาขาวิชาโทรคมนาคม

คำหลัก : แก้ไขปัญหา, พฤติกรรม, เล่นโทรศัพท์, นักศึกษา

Abstract

This research presents teaching via smartphone. The aim is to solve the problem of student behavior using mobile telephone in the classroom. In the experiment, the behavior of student is observed before and after teaching via smartphone. The observed data is obtained by the undergraduate student in the department of telecommunication engineering, derived from microwave engineering laboratory. Form the result, it shows that proposed new teaching via smartphone can decease the problems of student behavior using the mobile telephone in the classroom to 83% with the value of student satisfaction at 3.82 ($\overline{X}$ = 3.82). From mentioned result, it will be exploited to evaluate new semester and further applied with other subject in the department of telecommunication engineering

Keywords: Solving the problems of student behavior, student behavior, using mobile, student

1.บทนำ

จากปัญหาที่ผ่านมาในด้านพฤติกรรมของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์มือถือในห้องเรียน โดยมีผลเฉลี่ยประมาณของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์มือถือคิดเป็นร้อยละ 40 - 65% ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลทำให้นักศึกษาขาดความรู้ความเข้าใจในการเรียนทุกครั้งที่เรียนและปัญหาดังกล่าวส่งผลต่อเกรดเฉลี่ยของนักศึกษาลดลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 45% ปัญหาที่พบจากนักศึกษามีผลการเรียนลดลงส่งผลกระทบต่อผู้สอนและสาขาวิชาโทรคมนาคม ในด้านคุณภาพทางการศึกษา [1-4] ซึ่งผลกระทบต่ออนาคตเมื่อนักศึกษาเข้าทำงานมีผลกระทบในด้านเกรดเฉลี่ยก่อนสมัครงานและด้านการทำงานให้ได้คุณภาพตามที่บริษัทต้องการ จากปัญหาที่กล่าวนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาการสอนโดยให้นักศึกษาที่มีโทรศัพท์มือถือสามารถนำมาประยุกต์กับการเรียนในห้องเรียนได้ [4-8] โดยแนวคิดจะเลือกใช้วิธีการเรียนโดยให้นักศึกษาหาข้อมูลเนื้อหาการเรียนที่อาจารย์ได้มอบหมายในห้องเรียนด้วยโทรศัพท์มือถือ แล้วนำข้อมูลความรู้ที่ได้มาตอบในห้องเรียนหรือนำมาทำแบบฝึกหัดในห้องเรียนได้ โดยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ซึ่งการสอนรูปแบบใหม่นั้น สามารถช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจให้กับนักศึกษาได้จริง ร่วมกับการสอบถามความพึงพอใจต่อการแก้ไขปัญหาพฤติกรรมของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์ในห้องเรียน [7-9] ที่สามารถนำความรู้จากงานวิจัยไปพัฒนาปรับปรุงรูปแบบของสื่อการสอน ทำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทความวิจัยนี้

2. วัตถุประสงค์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้ ของนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อนักศึกษาในการเรียนรู้ โดยใช้ความคิดเห็นของนักศึกษาเป็นส่วนสำคัญในการศึกษา

2.เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาด้านพฤติกรรมการเล่นโทรศัพท์มือถือที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักศึกษา

3. ขอบเขตงานวิจัย

3.1 นักศึกษาไม่เล่นเกมส์โทรศัพท์มือถือในห้องเรียน

3.2 นักศึกษาใช้โทรศัพท์มือถือสำหรับการเรียนได้เท่านั้น

4. ขั้นตอนการวิจัย

4.1 กลุ่มเป้าหมาย

นักศึกษาระดับ ชั้นปีที่ 4 ปริญญาตรี จำนวน 30 คน สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

4.2 วิธีการและแนวคิดพิจารณาที่ใช้ในงานวิจัย

- ศึกษาพฤติกรรมของนักศึกษาที่เล่นโทรศัพท์มือถือจากการสังเกตในห้องเรียน
- สอบถามทัศนคติและความรู้สึกที่มีต่อการเรียน
- ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนรูปแบบใหม่
- สัมฤทธิ์ที่มีผลต่อการเรียนรู้ในรายวิชาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

โดยจะเก็บรวบรวมข้อมูลทำเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยสอนในเทอม 1-2560 ซึ่งจะมีข้อมูลจำนวน 30ชุด และวิเคราะห์ผลทางสถิติจัดทำแบบบันทึกผลการเรียนรู้จากงานที่ได้รับมอบหมายจากแบบฝึกหัด

5. ขั้นดำเนินงาน

5.1 ศึกษาหลักการและแนวความคิด ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการแก้ปัญหาการขาด ความรู้ในการใช้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารในรายวิชาที่สอน

5.2 จัดทำแบบทดสอบแบบฝึกหัดในห้องเรียนเพื่อเปรียบเทียบผลคะแนน

5.3 ให้นักศึกษาออกมาบรรยายในหัวข้อที่ได้รับมอบหมายเป็นกลุ่ม

5.4 จัดทำแบบสอบถามและแจกแบบสอบถามก่อนเรียนเกี่ยวกับ ทัศนคติในการเรียนพร้อมสังเกตพฤติกรรมของการเรียนของนักศึกษา

5.5 จัดทำแบบสอบถามและแจกแบบสอบถามหลังเรียน โดยผู้สอนเพิ่มเติมในส่วนการให้คำปรึกษา

5.6 นำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลรวบรวมวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

6. การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมและเครื่องมือการวิจัย

6.1 นวัตกรรมและเครื่อง มือการวิจัย

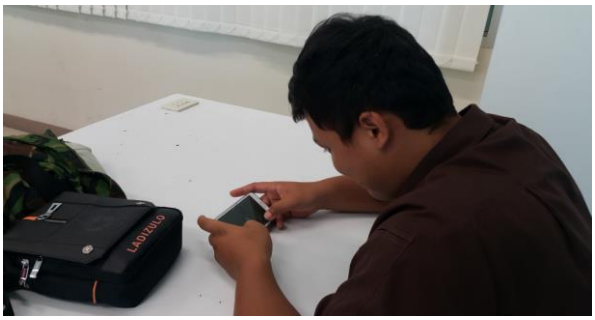
ปัญหาด้านพฤติกรรมของนักศึกษาที่เล่นโทรศัพท์มือถือในห้องเรียน ซึ่งเกิดจากเกิดจากไม่เข้าใจหรือไม่สนใจ อุปกรณ์เครื่องมือไม่เพียงพอ ไม่ใส่ใจที่จะเรียนโดยการไม่ช่วยเพื่อนทำใบงาน โดยจากการสอบถามทัศนคติที่มีต่อการเรียนนั้น ส่วนใหญ่นักศึกษาขาดความสนใจที่จะศึกษาใบงานหรือเนื้อหาข้อมูลที่จะเรียนจึงทำให้ศึกษาส่วนใหญ่นำโทรศัพท์มือถือมา ดูหนังบนโทรศัพท์เล่น Line หรือ Face book และเล่นเกมในโทรศัพท์ดังรูปที่ 1



(ก) นักศึกษาดูหนังบนโทรศัพท์



(ข) นักศึกษาเล่น Line



(ค) นักศึกษาเล่นเกมในโทรศัพท์

รูปที่ 1 นักศึกษานั่งเล่นมือโทรศัพท์ในห้องเรียน

การศึกษาพฤติกรรมของนักศึกษาการเล่นโทรศัพท์ในห้องเรียน เกิดจากความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน หรือไม่สนใจเรียน อุปกรณ์เครื่องมือไม่เพียงพอนักศึกษาบางส่วนจึงไม่ได้ลงมือปฏิบัติ จึงดูเพื่อนทำใบงานนั้นเท่านั้นและให้เพื่อนลงมือปฏิบัติจนเสร็จจนหมดชั่วโมง จากปัญหาที่กล่าวมาบางส่วน ผู้สอนจึงได้ปรับวิธีการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่ โดยให้นักศึกษานำโทรศัพท์มือถือมาใช้ในการลงมือปฏิบัติสามารถใช้โทรศัพท์คำนวณผลจากการวัดจริง ใช้โทรศัพท์หาข้อมูลในใบงาน หรือถ่าย VDO ทำเป็นคู่มือนำเสนออาจารย์และใช้โทรศัพท์เปิดคู่มือการปรับจูนวงจรส่งสัญญาณ เป็นต้น ทำให้นักศึกษาทุกคนช่วยกันลงมือทำในงาน และให้นักศึกษาสลับกันทดลองให้ครบกันทุกคน ดังรูปที่ 2 และวิธีการดังกล่าวนำไปทดสอบด้านความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน นำแบบทดสอบและวิธีการทดสอบหาค่าความพึงพอใจต่อการแก้ไขปัญหาพฤติกรรมของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์ในห้องเรียนซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป



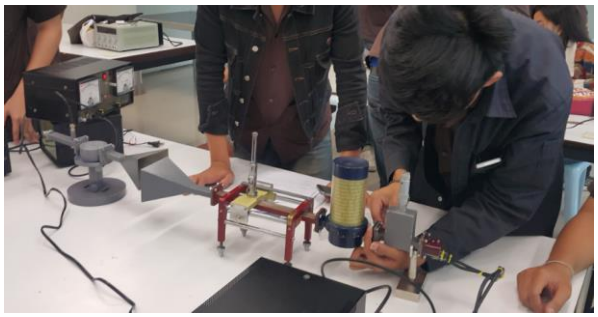
(ก) นักศึกษาใช้โทรศัพท์คำนวณผลจากการวัดจริง



(ข) นักศึกษาใช้โทรศัพท์หาข้อมูลในใบงาน



(ค) นักศึกษาใช้โทรศัพท์ถ่าย VDO ทำเป็นคู่มือนำเสนออาจารย์



(ง) นักศึกษาใช้โทรศัพท์เปิดคู่มือการปรับจูนวงจรส่งสัญญาณ

รูปที่ 2 นักศึกษามือถือนำโทรศัพท์มาใช้ประยุกต์ใช้งานกับใบงานที่เรียน

6.2 ผลการทดสอบย่อยก่อนเรียนและหลังเรียน

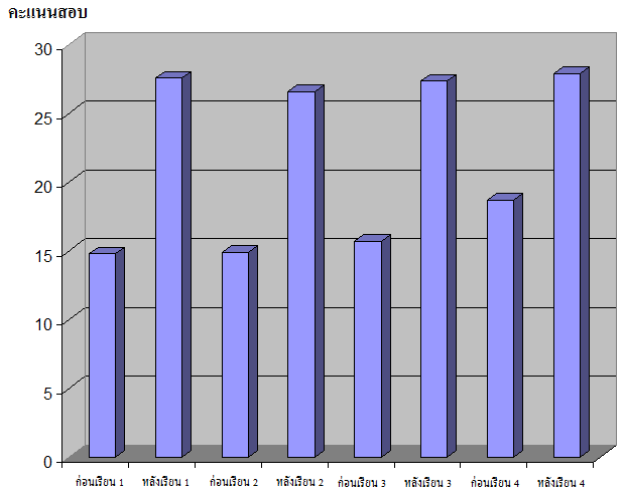
ในการทดลองงานวิจัยนี้ ซึ่งเลือกนักศึกษาสาขาวิชาโทรคมนาคมชั้นปีที่ กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ซึ่งมีจำนวน 30 คน จัดเป็น 9 กลุ่ม โดยการเรียนจะเลือกทดสอบด้วยข้อสอบแบบวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ ใบงานดังกล่าวให้นักศึกษาสลับกันทำใบงานตามที่เลือกไว้ในห้องและกำหนดคะแนนออกเป็นใบงานละ 30 คะแนน โดยนำมาทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1ปฏิบัติข้อเขียนจำนวน 2 ข้อ จะกำหนด 4 ใบงานต่อครั้ง

ตารางที่ 1 การทดสอบย่อยก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	ครั้งที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน 30 คะแนน		ครั้งที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน 30 คะแนน		ครั้งที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน 30 คะแนน		ครั้งที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน 30 คะแนน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	14	27	10	26	15	27	19	28
2	16	28	13	26	16	27	18	28
3	14	26	15	25	17	26	20	28
4	14	28	16	26	16	27	18	28
5	13	27	14	27	14	28	18	27
6	17	28	16	26	15	26	19	28
7	14	27	15	27	14	29	19	28
8	16	28	18	28	19	28	21	29
9	15	29	17	28	15	28	16	27
เฉลี่ย	14.7	27.55	14.8	26.55	15.6	27.33	18.6	27.88
ส่วนต่าง (%)		46.37		43.93		42.68		33.06

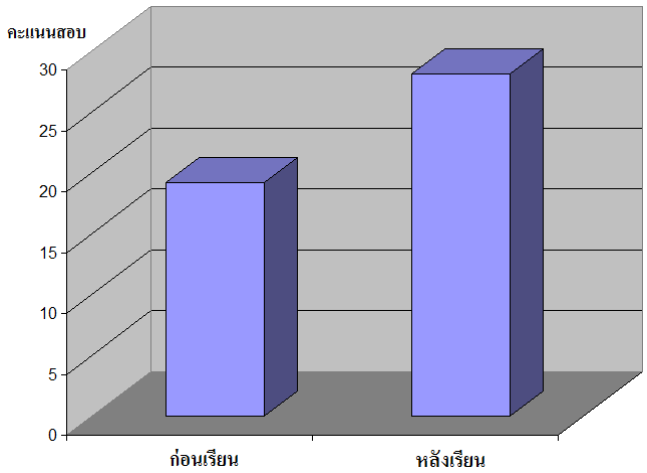
จากตารางที่ 1 ค่าการทดสอบย่อยครั้งที่ 1 การทดสอบย่อยก่อนเรียน 14.77 และหลังเรียน 27.55 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นก่อนเรียนเท่ากับ 46.37 % ค่าการทดสอบย่อย

ครั้งที่ 2 การทดสอบย่อยก่อนเรียน 14.88 และหลังเรียน 26.55 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นก่อนเรียนเท่ากับ 43.93 % ค่าการทดสอบย่อยครั้งที่ 3 การทดสอบย่อยก่อนเรียน 15.66 และหลังเรียน 27.33 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นก่อนเรียนเท่ากับ 42.68 % และค่าการทดสอบย่อยครั้งที่ 4 การทดสอบย่อยก่อนเรียน 18.66 และหลังเรียน 27.88 มีค่าเพิ่มขึ้นก่อนเรียนเท่ากับ 33.06 % สามารถแสดงดังกราฟรูปที่ 3



รูปที่ 3 การทดสอบย่อยก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 1 กำหนดคะแนนเป็น 2 ข้อ 30 คะแนน เมื่อนำมาคิดผลต่างทั้งหมดจะได้คะแนนการทดสอบก่อนเรียนมีค่าคะแนน รวมทั้งหมด 19.2 คะแนน และผลการสอบหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ย 28.11 คะแนน โดยการใช้เครื่องมือการสอนนั้น พบว่าคะแนนเพิ่มขึ้นถึง 41.46 % ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การทดสอบรวมก่อนเรียนและหลังเรียน

6.3. ผลความพึงพอใจจากงานวิจัย

การทดสอบหาผลความพึงพอใจของนักศึกษาที่ผ่านการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเล่นโทรศัพท์มือถือในห้องเรียนดังที่กล่าว เพื่อทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ซึ่งสามารถหาได้จากการสอบถามนักศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 2 สามารถสรุปได้ดังนี้

ความพึงพอใจต่อการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบหาผลสัมฤทธิ์ของแบบทดสอบ โดยสรุปรายละเอียดต่อไปนี้

การปรับเนื้อหาในรายวิชาส่งผลต่อความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่มากยิ่งขึ้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 3.79) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.56) อยู่ในระดับดี

การปรับเนื้อหารูปแบบใหม่ทำให้เข้าใจได้รวดเร็วมากขึ้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 3.91) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.30) อยู่ในระดับดี

ความเหมาะสมของแบบทดสอบหรือฝึกหัดและการนำเสนอหน้าห้องเรียน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 3.89) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.31) อยู่ในระดับดี

วิธีในการตรวจแบบทดสอบและการให้คะแนนมีความยุติธรรมโปร่งใสทุกคน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 3.80) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.56) อยู่ในระดับดี

การถามตอบและตัวอย่างมีประโยชน์ต่อการค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมและการ ทบทวนเนื้อหา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง ($\overline{X}$ = 3.88) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD = 0.31) อยู่ในระดับดี

ผลอธิบายความพึงพอใจที่ต่อการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเล่นโทรศัพท์ในห้องเรียน จากตารางที่ 1 มีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ ($\overline{X}$ = 3.85) ซึ่งมีผลความพึงพอใจในระดับดีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นแบบเกาะกลุ่มกัน

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจต่อการแก้ไขปัญหาพฤติกรรมของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์ในห้องเรียน

ประเด็น	$\overline{X}$	SD	ผลการประเมิน
1.การปรับเนื้อหาในรายวิชาส่งผลต่อความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่มากยิ่งขึ้น	3.79	0.56	ดีมาก
2.การปรับเนื้อหารูปแบบใหม่ทำให้เข้าใจได้รวดเร็วมากขึ้น	3.91	0.30	ดีมาก
3.ความเหมาะสมของแบบทดสอบหรือฝึกหัดและการนำเสนอหน้าห้องเรียน	3.89	0.31	ดีมาก
4.วิธีในการตรวจแบบทดสอบและการให้คะแนนมีความยุติธรรมโปร่งใสทุกคน	3.80	0.56	ดีมาก
5.การถามตอบและตัวอย่างมีประโยชน์ต่อการค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมและการ ทบทวนเนื้อหา	3.88	0.31	ดีมาก

(หมายเหตุ 3.5 - 4 = ดีมาก, 2.5 - 3.49 = ดี, 1.50 - 2.49 = พอใช้, 1 - 1.49 = ปรับปรุง)

7. สรุปผลการวิจัย

การแก้ไขปัญหาด้านพฤติกรรมในงานวิจัยนี้ พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ที่เล่นโทรศัพท์มือถือในห้องเรียนเกิดจากไม่เข้าใจหรือไม่สนใจ อุปกรณ์เครื่องมือไม่เพียงพอ ไม่ใส่ใจที่จะเรียนโดยการไม่ช่วยเพื่อนทำใบงาน ผู้สอนจึงได้ปรับวิธีการสอน โดยให้นักศึกษานำโทรศัพท์มือถือมาใช้ในการลงมือปฏิบัติสามารถใช้โทรศัพท์คำนวณหาข้อมูล ถ่าย VDO ประกอบการเรียนและนำมาใช้คู่มือการปรับจูนวงจร ทำให้นักศึกษามีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เมื่อทำการแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าค่าของคะแนนเพิ่มขึ้นถึง 41.46 % และค่าความพึงพอใจต่อการแก้ไขปัญหา มีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ ($\overline{X}$ = 3.85) ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ต้องที่การ

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ในส่วนของห้องทดลองเรียนและอุปกรณ์ทดลองวัดผลงานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] รติวัลย์ วัฒนสิน, นกุล ฤกษ์จริจุมพล, สมธีราภ์ พรมศิริ (2552) การคุยกันในชั้นเรียน, *งานวิจัยในชั้นเรียน: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต*, **2552.**

[2] วราภรณ์ บุญอ้อย. (2553). รับมือเด็กช่างคุยในชั้นเรียน. Retrieved 1 เมษายน 2553, from http://www.vcharkarn.com/vteacher/10

[3] กชกร อึ้งเจริญ (2560) การปรับปรุงพฤติกรรมการคุยกันในชั้นเรียนทาให้สมาธิในการเรียนลดลงโดยการเสริมแรง กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ Retrieved 26 พฤษภาคม 2553, from http://swis.act.ac.th/html_edu/act/temp_emp_research/2791.pdf

[4] วัชรพล นาคทอง, นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม, สุภาธิณี กรสิงห์ และ ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล (2560). การแก้ไขปัญหาพฤติกรรมของนักศึกษาเล่นโทรศัพท์และคุยกันในห้องเรียนในรายวิชาปฏิบัติวิศวกรรม ไมโครเวฟ, *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตกรรมศาสตร์ (ESTACON 2017) ครั้งที่ 8,* วันที่ 21 กรกฎาคม 2560, หน้า 905-909.

[5] อภิญญา อินทร์นอก, นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม, วัชรพล นาคทอง, สุภาธิณี กรสิงห์ และ ภานุเดช พาลี (2560). การแก้ไขปัญหานักศึกษาขาดทักษะด้านการออกแบบสายอากาศแบบเส้นลวดในรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ, *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตกรรมศาสตร์ (ESTACON 2017) ครั้งที่ 8,* วันที่ 21 กรกฎาคม 2560, หน้า 899-904.

[6] นุชนาฏ ฝาเฟี้ยม, วัชรพล นาคทอง, สุภาธิณี กรสิงห์, ปิยดนัย บุญไมตรี และ อภิญญา อินทร์นอก (2560). การ

พัฒนาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนที่เกี่ยวของกับการวิเคราะห์วงจรขยายของนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม โดยใช้หลักการเรียนแบบกลุ่มนักศึกษามีส่วนร่วมมากขึ้น, *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตกรรมศาสตร์ (ESTACON 2017) ครั้งที่ 8,* วันที่ 21 กรกฎาคม 2560, หน้า 863-868.

[7] วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง, ทัศนีย์ ตันติพิศาลกุล, อังสนา จั่นแดง, และ ภุชงค์ แพรขาว (2549). ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการเรียนการสอนวิชาพื้นฐาน ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.*, 29 (4 (ตุลาคม-ธันวาคม)), หน้า 541-554, 2549.

[8] ดร.รวีวรรณ สนั่นวรเกียรติ (2551). ความพึงพอใจของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาต่อการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. อุตรดิตถ์: *หลักสูตรสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์,* 2551.

[9] ภูริศักดิ์ บุญพร้อม (2552). การศึกษาเปรียบเทียบความพึงพอใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาภาษาอังกฤษ ด้วยการสอนแบบจัดกลุ่มพื้นฐานความรู้ทางภาษาอังกฤษของหลักสูตร นาย สิบอาวุโส ป. *รุ่นที่ 58 ปี การศึกษา 2552. โรงเรียนทหารปืนใหญ่ ศูนย์การทหารปืนใหญ่,* 2552.

การศึกษาสภาพการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Study of Circumstances of an Action Plan Faculty of Technical Education Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus

จีรวรรณ ยาวระ[1,*], โอภาส รักษาบุญ[2] สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์[1] และอดิศักดิ์ เดชป้องหา[3]

[1,*]สำนักงานคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม [2]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า
[3]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถ. ศรีจันทร์ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: scheerawan@gmail.com, 0897116016

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ 2559 โดยใช้โมเดลซิปป์ (CIPP Model) ประกอบด้วยด้านบริบท ด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ และด้านผลผลิตของโครงการตามแผนปฏิบัติราชการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ด้วยการใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นซึ่งมีข้อคำถามเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของโครงการ ทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินงาน การปฏิบัติในการดำเนินการตามแผนปฏิบัติราชการ และผลที่เกิดจากการดำเนินงานของโครงการตามองค์ประกอบของโมเดลซิปป์ ผลการการวิจัยพบว่าด้านบริบทของโครงการตามแผนปฏิบัติราชการที่สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาคณะอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 4.10)$ ด้านปัจจัยนำเข้าพบว่ากลุ่มตัวได้ประเมินโครงการในแผนปฏิบัติราชการคณะในส่วนของบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ เหมาะสมในการดำเนินงานอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 3.90)$ ด้านกระบวนการพบว่า ความเหมาะสมในวิธีดำเนินงานหรือกิจกรรมที่ปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 4.04)$ และด้านผลผลิตพบว่าการดำเนินงานของโครงการตามแผนปฏิบัติราชการบรรลุวัตถุประสงค์ของกิจกรรมหรือโครงการอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 4.14)$ และผลของการวิจัยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความคิดเห็นในแต่ละด้านของโมเดลซิปป์ในครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการตามแผนปฏิบัติราชการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: แผนปฏิบัติราชการ, การดำเนินการตามแผนปฏิบัติราชการ, โมเดล CIPP

Abstract

The purpose of this research was to study an action plan operation of the Faculty of Technical Education for fiscal year 2016 using the CIPP model included 4 factors that is context, input, process, and product evaluation of the project according to the action plan of the Faculty of Industrial Education. The questionnaire to be constructed that consist of the objectives project, resources used in operations, practice on the action plan operation, and the results of the operation project according to the CIPP model. The results of the research showed that the context of the project in accordance

with the action plan operation consistent with the faculty development strategy was at a high level $(\overline{X} = 4.10)$, the sample evaluated the action plan of the personnel faculty with the knowledge and ability to operate an action plan at a high level $(\overline{X} = 3.90)$, the process was found that an appropriateness of the operation method or the activity at each step corresponds to the objectives of the action plan at a high level $(\overline{X} = 4.04)$, and the output product was found that the procedure of an action plan objectives to achieve of the project or activities at a high level $(\overline{X} = 4.14)$. The results of the research from the sample provided feedback on each side of the CIPP model can be used as a guideline for the achieve implementation of the objectives project in accordance to the action plan of the Faculty of Technical Education.

Keywords: Action Plan, Action plan operation, CIPP model.

1. บทนำ

การประเมินโครงการเป็นแนวคิดและเทคนิควิธีที่ใหม่สำหรับประเทศไทย และสาขาการศึกษา การประเมินโครงการได้เข้ามามีบทบาทสำคัญทางการศึกษาประมาณ 15 ปี ที่ผ่านมา โดยเริ่มจากแนวคิดที่เสนอในรูปของบทความของราฟ ไทเลอร์ (Ralph Tyler) ลี เจ ครอนบาช (Lee J. Cronbach) และไมเคิล สคริฟเวน (Michel Scriven) [1] สำหรับการประเมินโครงการมีวัตถุประสงค์หลักคือ ต้องการข้อมูลที่บ่งชี้ว่าโครงการที่ดำเนินการนั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่หรือเป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการตัดสินใจในการดำเนินการหรือไม่ รวมถึงการศึกษาว่าในการดำเนินการโครงการมีปัญหาที่ต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขในเรื่องอะไรบ้าง และเป็นโครงการที่มีคุณค่ามากน้อยเพียงใด

รูปแบบการประเมินผลโครงการ [2] ที่เป็นที่รู้จักและนิยมนำมาใช้ได้แก่แนวคิดและโมเดลซิปป์ในการประเมินของสตัฟเฟิลบีม (Srufflebeam's CIPP Model) ในปี ค.ศ. 1971 สตัฟเฟิลบีมและคณะได้เขียนหนังสือทางการประเมินออกมาหนึ่งเล่มชื่อ Educational Evaluation and decision Making หนังสือเล่มนี้ได้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในวงการศึกษาของไทย เพราะได้ให้แนวคิด และวิธีการทางการวัดและประเมินผลการศึกษาได้ อย่างน่าสนใจและทันสมัยด้วย นอกจากนั้นสตัฟเฟิลบีมก็ได้เขียนหนังสือเกี่ยวกับการประเมินและรูปแบบของการประเมินอีกหลายเล่มอย่างต่อเนื่อง จึงกล่าวได้ว่า ท่านผู้นี้เป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทฤษฎีการประเมินจนเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ปัจจุบันจะเรียกว่าโมเดลซิปป์ (CIPP Model) ซึ่งโมเดลการประเมินแบบนี้จะประเมินภาพรวมของโครงการตั้งแต่บริบท (Context) ปัจจัยป้อน (Input) กระบวนการ (Process) และผลผลิต (Product) โดยจะใช้วิธีการสร้างเกณฑ์และประสิทธิภาพของโครงการทั้งภาพรวมหรือรายปัจจัยเป็นสำคัญ

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้มีการจัดทำรายละเอียดของแผนปฏิบัติราชการประจำปีที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติราชการ 4 ปี ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โดยดำเนินการตามองค์ประกอบของพระราชกฤษฎีว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ. 2546 [3] มาตรา 16 ที่ให้ส่วนราชการจัดทำแผนปฏิบัติราชการโดยจัดทำเป็นแผน 4 ปี ซึ่งต้องสอดคล้องกับแผนการบริหารราชการแผ่นดิน ตามมาตรา 13 และในแต่ละปีงบประมาณให้จัดทำแผนปฏิบัติราชการประจำปี โดยมีสาระสำคัญเกี่ยวกับ นโยบายในการปฏิบัติราชการของส่วนราชการ การกำหนดเป้าหมาย

และผลสัมฤทธิ์ของงาน ตัวชี้วัดผลสำเร็จ ขั้นตอน ระยะเวลา และงบประมาณที่ต้องใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนประมาณการรายได้ รายจ่าย และทรัพยากรอื่นที่ต้องใช้ในการดำเนินการ

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเริ่มมีจัดทำแผนปฏิบัติราชการประจำปีมา ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2551 จนถึงปัจจุบัน ยังไม่เคยมีการประเมินผลการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ จึงทำให้ยังไม่ทราบถึงปัญหาของการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ ประจำปีงบประมาณในภาพรวมว่ามีปัญหาในการดำเนินโครงการในด้านใดบ้างเพื่อที่จะได้นำไปปรับปรุง และแก้ไขแผนปฏิบัติราชการในปีงบประมาณถัดไปให้ดียิ่งขึ้น

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาสภาพปัญหาของการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยใช้กรณีศึกษาคือแผนปฏิบัติงานราชการประจำปีของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ 2559 นำมาทำการประเมินผลการดำเนินโครงการด้วยโมเดลซิปป์ เนื่องจากการประเมินรูปแบบนี้เป็นการประเมินที่ช่วยในการตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์สิ่งที่จะประเมินอย่างครอบคลุม เพื่อให้ได้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์จากข้อมูลในงบประมาณประจำงบประมาณ 2559 ที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้ดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการประจำปีจำนวนทั้งสิ้น 74 โครงการ แบ่งเป็นโครงการด้านงบประมาณแผ่นดิน จำนวน 21 โครงการ และด้านงบประมาณรายได้ จำนวน 53 โครงการ เพื่อนำผลการศึกษาศึกษาสภาพปัญหาของการดำเนิน โครงการตามแผนปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ในครั้งนี้เป็นข้อมูลช่วยในการกำหนดแนวทางแก้ปัญหาอันเกิดจากผลกระทบของโครงการ ช่วยในการควบคุมคุณภาพของงานดูว่าการดำเนินโครงการนั้นจะบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้เพียงใด ช่วยให้ได้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้รับบริการเป็นแรงจูงใจให้กับผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งผลของการศึกษายังเป็นข้อมูลบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งสำคัญในการวางแผนปฏิบัติการหรือการกำหนดนโยบายของผู้บริหารต่อไปในอนาคต

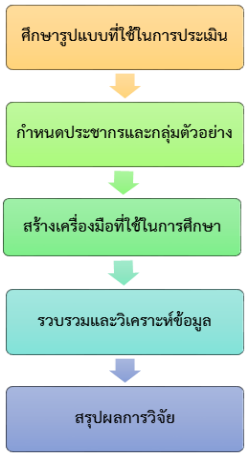
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสภาพการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

2.2 เพื่อหาแนวทางปรับปรุงการดำเนินงานให้บรรลุอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย [4, 5, 6] แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากรูปที่ 1 อธิบายการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษารูปแบบที่ใช้ในการประเมินคือ โมเดลซิปป์ ของแดเนียล แอล สตัฟเฟิลเบิม ซึ่งเป็นการประเมินผลการดำเนินงาน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบริบท (Context Evaluation) ด้านปัจจัยนำเข้า (Input Evaluation) ด้านกระบวนการ (Process Evaluation) และด้านผลผลิตและผลลัพธ์ (Product Evaluation)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาสภาพปัญหาของการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติ

ราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้กำหนดขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1) บุคลากรที่เป็นผู้รับผิดชอบโครงการตามแผน ปฏิบัติราชการ ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวน 56 คน

2) ผู้บริหารคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จำนวน 5 คน

ขั้นตอนที่ 3 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามที่เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ โดยมีข้อคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ 2559 ที่ดำเนินโครงการทั้ง 4 ด้าน และผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน นำไปใช้ในการสอบถามกับผู้บริหารคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และผู้รับผิดชอบโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จำนวน 56 คน (จำนวน 74 โครงการ)

ขั้นตอนที่ 4 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ทำวิจัย ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) แจกแบบสอบถามไปยังผู้บริหารคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและผู้รับผิดชอบโครงการตามแผนปฏิบัติราชการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม รวมทั้งสิ้นจำนวน 61 ชุด

2) นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows โดยใช้สถิติดังต่อไปนี้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) นำข้อมูลจากแบบสอบถามและตารางประเมินโครงการ นำมาวิเคราะห์ร่วมกับตารางแนวทางประเมินโครงการแบ่งเป็นหมวดหมู่ตามโมเดลแบบ CIPP โดยวิเคราะห์แนวปฏิบัติที่มีปัญหา และอุปสรรคจากการดำเนินงานตามโครงการ

4. ผลการวิจัย

(1) สภาพทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารและผู้รับผิดชอบโครงการส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีตำแหน่งเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชา/โปรแกรมวิชาและมีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 5 ปี

(2) ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นที่มีต่อการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น โดยได้ดำเนินการตามแนวคิดในการประเมินตามหลักของสตัฟเฟิล บีม และใช้โมเดลการประเมินแบบ CIPP แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินตามโมเดลแบบ CIPP

โมเดลแบบ CIPP	$\overline{X}$	$S.D.$	แปลผลการประเมิน	ระดับความเหมาะสม
1.ด้านบริบทและสิ่งแวดล้อม (Context valuation)	4.10	0.75	เป็นโครงการที่สอดคล้องโดยตรงกับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาคณะ	มาก
2.ด้านปัจจัยนำเข้า (Input Evaluation)	3.90	0.63	บุคลากรที่ความรู้ความสามารถที่เหมาะสมในการดำเนินงาน	มาก
3.ด้านกระบวนการ (Process valuation)	4.04	0.69	มีความเหมาะสมในวิธีดำเนินงานหรือกิจกรรมที่ปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ	มาก
4.ด้านผลลัพธ์ (Product valuation)	4.14	0.78	การดำเนินงานของโครงการตามแผนปฏิบัติราชการคณะมีผลการดำเนินงานของโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ของกิจกรรมหรือโครงการ	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.05		มีความสอดคล้องเหมาะสมในระดับมาก	

จากตารางที่ 1 พบว่าความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการปฏิบัติงานตามแผนปฏิบัติราชการของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05

4.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าโครงการทั้งหมดที่อยู่ในแผนปฏิบัติราชการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมประจำปีงบประมาณ 2559 สามารถอภิปรายผลรายด้านต่างๆ ดังนี้

4.1.1 การประเมินความเหมาะสมด้านบริบท จากการประเมินความเหมาะสมในด้านนี้พบว่า โครงการตามแผนปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม เป็นโครงการที่เหมาะสมทั้งด้านการปฏิบัติ ด้านหลักการและวัตถุประสงค์ของโครงการว่ามีความชัดเจน เหมาะสมสอดคล้องกับนโยบายขององค์กร ที่ต้องการเป็นผู้นำด้านการผลิตครูช่างอุตสาหกรรมและนักเทคโนโลยีที่มีคุณธรรม คุณภาพตอบสนองประชาคมอาเซียน ทั้งนี้เนื่องจากคณะผู้บริหารได้มีการชี้แจงนโยบายมหาวิทยาลัยและคณะในช่วงต้นงบประมาณก่อนที่จะมีการดำเนินการโครงการ ดังนั้นโครงการที่ดำเนินการจึงเป็นไปตามวัตถุประสงค์โครงการของคณะ

4.1.2 การประเมินความเหมาะสมด้านปัจจัยนำเข้า พบว่าโครงการตามแผนปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มีความเหมาะสม ในความพอเพียงของวัสดุอุปกรณ์ในการดำเนินโครงการ มีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถที่เหมาะสมในการดำเนินงาน ซึ่งเป็นด้านที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้ให้ความสำคัญและสนับสนุนงบประมาณสำหรับดำเนินโครงการอย่างเต็มที่เพียงพอ และเหมาะสม

4.1.3 การประเมินความเหมาะสมด้านกระบวนการ ได้แก่ การวางแผนดำเนินงาน ความเหมาะสมของระยะเวลาดำเนินงาน วิธีการดำเนินงานหรือกิจกรรมกิจกรรมที่ปฏิบัติสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการและได้รับความร่วมมือจากบุคลากรในทุกฝ่ายของการดำเนินงาน มีการประเมินผลโครงการ และนำผลการดำเนินโครงการมาพัฒนาโครงการต่อ ซึ่งพบว่า โครงการที่ปรากฏในแผนปฏิบัติการของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับความร่วมมือจากบุคลากรของทุกฝ่ายในคณะและ มีวิธีการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่ปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการอย่างเหมาะสม เป็นไปตามนโยบายของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ได้ตระหนักและให้ความสำคัญขององค์ประกอบดังกล่าว

4.1.4 การประเมินในด้านผลผลิตและผลลัพธ์ ได้แก่ ผลการดำเนินงานของโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ของกิจกรรมหรือโครงการ มีการประเมินความพึงพอใจผู้เข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรม ผลการดำเนินงานโครงการบรรลุตามเป้าหมายตัวบ่งชี้ (KPI) ของโครงการที่ตั้งไว้ การนำผลที่ได้จากการดำเนินโครงการมาปรับปรุงแก้ไข ในการดำเนินการครั้งต่อไป พบว่าโครงการในแผนปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่มีแต่ผลประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรม และผลการดำเนินงานของโครงการที่บรรลุตามเป้าหมายตัวบ่งชี้ (KPI) ของโครงการที่ตั้งไว้

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการดำเนินงานโครงการตามแผนปฏิบัติราชการคณะครุศาตร์อุตสาหกรรม โดยใช้โมเดลแบบ CIPP สรุปได้ว่า ด้านบริบทของโครงการตามแผนปฏิบัติราชการที่สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาคณะอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 4.10)$ ด้านปัจจัยนำเข้าพบว่าโครงการในแผนปฏิบัติราชการคณะในส่วนของบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ เหมาะสมในการดำเนินงานอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 3.90)$ ด้านกระบวนการพบว่า ความเหมาะสมในวิธีดำเนินงานหรือกิจกรรมที่ปฏิบัติในแต่ละขั้นตอน

สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 4.04)$ และด้านผลผลิตพบว่าการดำเนินงานของโครงการตามแผนปฏิบัติราชการบรรลุวัตถุประสงค์ของกิจกรรมหรือโครงการอยู่ในระดับมาก $(\overline{X} = 4.14)$

6. ข้อเสนอแนะของการวิจัย

(1) จากการศึกษาพบว่า คณะยังไม่สามารถจัดการได้อย่างเหมาะสมในการนำผลการดำเนินงานของโครงการมาปรับปรุง/แก้ไขให้ดียิ่งขึ้น จึงควรหาแนวทางให้ผู้รับผิดชอบโครงการได้ตระหนักถึงผลดีของการดำเนินการในด้านนี้ให้มากยิ่งขึ้นผลประเมินจากแบบสอบถามปัญหาและข้อเสนอแนะในการดำเนินโครงการ พบว่าในการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติการคณะ ปัญหาและอุปสรรคที่พบในบางโครงการคือด้านเอกสารเบิกจ่ายล่าช้า เนื่องด้วยมีเอกสารที่ต้องจัดเตรียมและขั้นตอนที่มากมาย ดังนั้นผู้รับผิดชอบโครงการจึงขอเสนอให้มีการลดขั้นตอนลงเพื่อให้สามารถเบิกจ่ายได้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพที่ดีรวดเร็วยิ่งขึ้น

(2) คณะควรจัดให้มีการประเมินโครงการในแบบโครงการเดี่ยว เพราะจะได้นำผลที่ได้จากการประเมินโครงการน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการนำมาพัฒนาการดำเนินโครงการครั้งต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศุภามณ จันทร์สกุล. (2557). ยุคสมัยของการประเมินผลและแนวคิดทฤษฎีของนักประเมิน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน 2557, หน้าที่ 68 – 79.

[2] Stufflebeam, Danial L and Anthony J. Shinfield. (1997). Systematic Evaluation. Boston : Kluwer – Nijhoff Publishing.

[3] พระราชกฤษฎีว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ. 2546

[4] เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2542) การประเมินโครงการ แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] รัตนะ บัวสนธ์. (2540). การประเมินผลโครงการการวิจัยเชิงประเมิน. กรุงเทพมหานคร: บริษัทคอมแพคท์พริ้นท์ จำกัด

[6] สมพร แสงชัย. (2520). การประเมินโครงการในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุ

Automatic Dispensing Cabinets Time Alerts for The Elderly

สาคร แถวโนนงิ้ว [1] วชิรปัญญา ปัญญาว่อง[1] และ สาท คำมูล[2]

[1] วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ3 67 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ซ. ฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

*ผู้ติดต่อ: wachirapunyapu@kktech.ac.th, 08 0460 8810, 043-222064

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุ ที่รับประทานยารักษาโรคอยู่เป็นประจำเพื่อช่วยลดปัญหาการรับประทานยาที่ผิดพลาดและไม่ตรงเวลา การออกแบบวงจรควบคุมตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ชุดควบคุมหลัก ซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมหลักที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ คีย์แพดที่กดตั้งเวลาแจ้งเตือน วงจรเรียลไทม์คล็อก จอแอลซีดีแสดงผล สวิตช์กดปิดเสียงแจ้งเตือน และส่วนที่ 2 ประกอบด้วยชุดบอร์ดที่ใช้ในการขับเซอร์โวมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์ และโมดูลเสียงแจ้งเตือน ผลการทดสอบการทำงานของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัตินี้ ซึ่งพบว่าเมื่อตั้งเวลาที่คีย์แพดโดยอิงจากเวลาจริงของสัญญาณนาฬิกาในการแจ้งเตือน จำนวน 7 คาบเวลา และทำการทดสอบการทำงานต่อเนื่อง 20 ครั้ง เมื่อถึงเวลาที่กำหนดเซอร์โวจะทำการปัดยาลงช่องและมีเสียงเพลงเตือนดังขึ้น โดยผลจากการทำงานไม่พบข้อผิดพลาดจะเห็นได้ว่าตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: ตู้จ่ายยา แจ้งเตือนเวลา ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

The purposes of this research were to design and implement the time warning automatic medication dispenser for the elders. It's to solve the problems for the elders take medicine are correct and on time when nobody cannot take care them. The design of control circuit, the time warning automatic medication dispenser consists of two main parts: The part one is the main control unit that contains the key pad press timer that inform the real time clock circuit. It shows the current time and date on the LCD, the switch off sounds and control micro controllers. The part two servo motor which consist of the circuit board that used to propel, and its command the servo move, rotate to the desired position by receiving commands from the master control unit. The results of testing of the time warning automatic medication dispenser were founded that if we install the key peak time due to refer the real time of a clock. We set the time in advance that can check the warning of the 7 time to 20 loops. When it's time to set the servos. It can be done to swipe down the medicine into the cavity and have the warning sound of music. We can close by pushing the switch off. The result of the servos is working. It is not found error, it can be done effectively.

Keywords: Medication dispenser, Time alert, Microcontroller

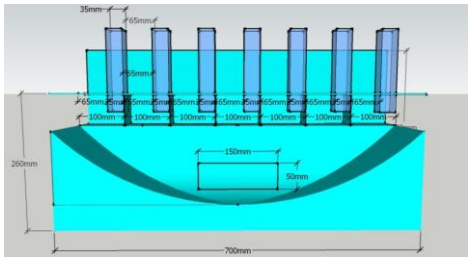
1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีการแพทย์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามยุคตามสมัยอย่างรวดเร็ว และประชากรก็เพิ่มมากขึ้น สำหรับประชากรสูงอายุที่มีมากขึ้นทำให้การเจ็บป่วยที่พบในผู้สูงอายุพบได้มากขึ้นตามลำดับ ภาวะหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญในผู้สูงอายุ ได้แก่ ภาวะสมองเสื่อม ผู้ป่วยสมองเสื่อมมักเป็นผู้สูงอายุมักมีการเจ็บป่วยอื่นๆที่เกิดร่วมกัน ซึ่งมีผลต่อการดำเนินโรค ดังนั้นการตรวจค้นหรือการดูแลโรคอย่างเหมาะสมมีผลต่อคุณภาพชีวิตและการเสียชีวิตของผู้ป่วยซึ่งทางด้านการรักษาอย่างการรับประทานยาเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องรักษาโดยการรับประทานยาให้ตรงกับโรคประจำตัวและตรงตามเวลาที่แพทย์สั่ง[1] ถ้ารับประทานยาไม่ตรงกับโรคประจำตัวและไม่ตรงตามเวลาอาจจะทำให้อาการป่วยของผู้นั้นไม่สามารถหายตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการรับประทานยาไม่สม่ำเสมอ รับประทานไม่ติดต่อกัน ซึ่งการทำแบบนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การรักษาไม่ได้ผลและเสี่ยงต่อการที่อาการติดเชื้อเหล่านั้นจะกลับมาเป็นใหม่ได้สูง[2]

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติเพื่อลดปัญหาการรับประทานยาที่ผิดพลาดและไม่ตรงเวลา ทำให้ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุที่ประสบปัญหาทางด้านสายตาเลือนราง และภาวะสมองเสื่อมในการหลงลืมการรับประทานยาให้รับประทานยาถูกขนาด สำหรับตู้จ่ายยาจะเป็นยาที่ผู้สูงอายุต้องรับประทานยาชนิดนี้ทุกวันๆละ 3-4 ครั้งตามที่แพทย์สั่ง ทำให้เกิดความสะดวกเมื่อไม่มีญาติผู้ดูแลเมื่อไม่ได้อยู่ด้วยในขณะนั้น

2. การออกแบบระบบและโครงสร้าง

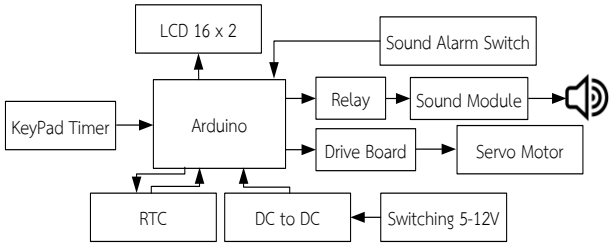
การออกแบบและสร้างตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติได้ออกแบบโครงสร้างของตู้ด้านหน้าและด้านหลังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีขนาดความกว้าง 200 mm. x ยาว 700 mm. x สูง 260 mm. กำหนดช่องรับยาความกว้าง 50 mm. x ยาว 150 mm. และระยะห่างของช่องที่บรรจุยาในแต่ละช่อง 65 mm. ความกว้างของช่องบรรจุยา 35 mm.ความสูงของช่องบรรจุยา 140 mm.[3-5]



รูปที่ 1 โครงสร้างของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติ

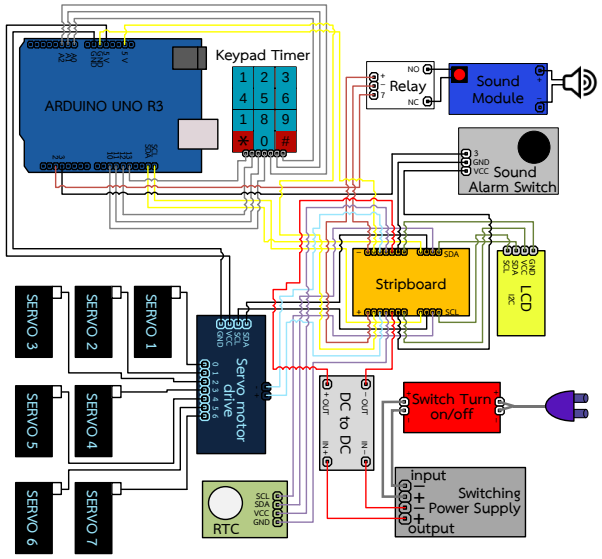
การออกแบบและพัฒนาระบบการจ่ายยาสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ ดังนี้ คือ 1) Arduino Uno R3 Microcontroller ทำหน้าที่ควบคุมหลักการประมวลผลค่าต่างๆในระบบที่ป้อนเข้ามา 2) KeyPad Timer สำหรับการตั้งเวลาการแจ้งเตือนการรับประทานยาตามที่ต้องการ 3) RTC (Real Time Clock) ตัวโมดูลนาฬิกาทำหน้าที่ในการกำหนดเวลาและนับเวลาเพื่อแจ้งเตือน 4) Switching Power Supply สำหรับการจ่ายไฟให้กับวงจร 5) DC to DC อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก Switching Power Supply ให้กับบอร์ด Arduino 6) LCD (Liquid Crystal Display) จอแสดงผลที่ใช้โดยการแจ้งเตือนเวลา 7) Relay ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ในการปิดเปิดไฟให้กับตัวโมดูลเสียง 8) Sound Module ทำ

หน้าที่โดยการส่งเสียงแจ้งเตือนเป็นเสียงเพลง 9) Drive Board ทำหน้าที่ในการควบคุมเพื่อสั่งงานมอเตอร์ให้หมุนตามเวลาที่ต้องการ [6,7] 10) Servo Motor ทำหน้าที่ในการปัดกล่องยาเพื่อให้ยาที่อยู่ในช่องบรรจุยาหล่นลงมาได้ตามเวลาที่ต้องการ และ 11) Sound Alarm Switch คือสวิตช์ที่ทำหน้าที่ในการปิดเสียงแจ้งเตือน[8]



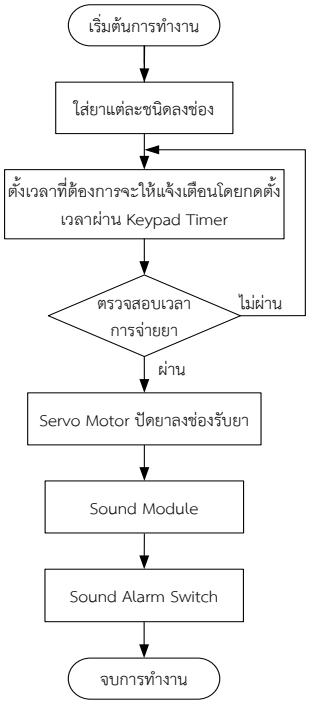
รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลา

จากบล็อกไดอะแกรมที่ออกแบบเมื่อนำมาประกอบเป็นระบบตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาที่สมบูรณ์แล้วดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การประกอบวงจรของอุปกรณ์ของระบบตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลา

เมื่อทำการประกอบเป็นระบบตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาที่สมบูรณ์แล้วสามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบให้ทำงานแสดงดังผังงาน ได้ดังในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผังงานลำดับการทำงานของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลา

โปรแกรมควบคุมของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติ ในขั้นตอนนี้จะเป็นลำดับการทำงาน โดยเริ่มจากการประกาศตัวแปรให้เป็นช่องยาแล้วแสดงเวลาปัจจุบันที่หน้าจอ LCD ที่ทำการตั้งเวลาด้วย Keypad เมื่อตั้งเวลาเสร็จแล้วค่าเวลาที่ตั้งจะทำการนำไปเทียบกับสัญญาณนาฬิกาที่ตั้งไว้ของแต่ละช่อง ถ้าค่าเวลาเท่ากับสัญญาณนาฬิกาที่ตั้งไว้ช่องใดช่องหนึ่งเครื่องจะทำการจ่ายยาในช่องที่ตรงกับค่าเวลาที่ตั้งพร้อมมีเสียงเตือนจากนั้นจะวนกลับไปหาสวิตช์เพื่อปิดเสียงการเตือน

3. ผลการทดสอบ

ผลการออกแบบและพัฒนาของตู้จ่ายยาเมื่อใส่ยาลงช่องจ่ายยาตามเวลาแล้ว จากนั้นทำการกดตัวเลขตั้งเวลาที่ต้องการจ่ายยาและแจ้งเตือนด้วย Keypad Timer เมื่อถึงเวลาที่กำหนด Servo Motor ปัดยาลงช่องรับยา

โมดูลเสียงจะแจ้งเตือนเพื่อมารับยา และให้กดสวิตช์ปิดสัญญาณแจ้งเตือนการทำงาน สำหรับเวลาการแจ้งเตือนมี 7 เวลา ได้แก่

1. ยาที่รับประทานตอนเช้า 2 เวลา คือ ก่อน-หลังอาหารเช้า

2. ยาที่รับประทานตอนกลางวัน 2 เวลา คือ ก่อน-หลัง อาหารกลางวัน

3. ยาที่รับประทานตอนเย็น 2 เวลา คือ ก่อน-หลังอาหารเย็น

4. ยาที่รับประทานก่อนนอน 1 เวลา



รูปที่ 5 ตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติ

การทดสอบการทำงานของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุโดยการตั้งเวลาตามที่กำหนด โดยทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุจำนวน 7 ครั้งหรือ 7 เวลาแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติแสดงการแจ้งเซอร์โวปัดยา

ครั้งที่	เวลา	เวลาที่ตั้ง	เซอร์โวปัดยาลงช่องเมื่อถึงเวลา	
			ทำงาน	ไม่ทำงาน
1	ก่อนเช้า	08:00	✓	
2	หลังเช้า	08:40	✓	
3	ก่อนเที่ยง	11:40	✓	
4	หลังเที่ยง	12:20	✓	
5	ก่อนเย็น	17:20	✓	
6	หลังเย็น	18:20	✓	
7	ก่อนนอน	19:50	✓	

ตารางที่ 2 การทดสอบการทำงานของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติแสดงการแจ้งเสียงเตือน

ครั้งที่	เวลา	เวลาที่ตั้ง	การแจ้งเตือนเสียงผ่านลำโพง	
			ทำงาน	ไม่ทำงาน
1	ก่อนเช้า	08:00	✓	
2	หลังเช้า	08:40	✓	
3	ก่อนเที่ยง	11:40	✓	
4	หลังเที่ยง	12:20	✓	
5	ก่อนเย็น	17:20	✓	
6	หลังเย็น	18:20	✓	
7	ก่อนนอน	19:50	✓	

จากตารางที่ 1 และ 2 ทดสอบการทำงานของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติ โดยการตั้งเวลาตามที่กำหนด ผลการทดสอบมีจำนวน 7 ครั้ง 7 เวลา สามารถทำงานได้ตรงทุกครั้ง ซึ่งมีเสียงเตือนผ่านลำโพงเมื่อเซอร์โวตัวใดตัวหนึ่งทำการปัดยาลงช่องมาเพื่อจะ

เตือนเมื่อถึงเวลาที่ต้องรับประทานยาหรือถึงเวลาตามที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้านี้

การทดสอบการทำงานของตู้จ่ายยา จำนวน 20 ครั้งต่อเนื่องกัน พร้อมกำหนดเวลาให้มีเสียงเตือนทุกครั้งนาน 9 วินาที และจะมีสวิตช์ไว้เพื่อกดปิดเสียงเพลงในกรณีที่ผู้สูงอายุเดินมารับยาตรงช่องนั้นแล้วสามารถทำงานได้ทุกครั้งคิดเป็น 100 %

4. สรุปและอภิปราย

งานวิจัยนี้นำเสนอตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุ การออกแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนแรกชุดควบคุมหลักคือไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ประมวลผลส่งค่า และชุดตั้งเวลาจาก Keypad โดยอิงเวลาจาก RTC เพื่อกำหนดเวลาการขับบอร์ดขับเซอร์โวทำงานและหมุนตามเข็มนาฬิกาและหน่วงเวลา 9 วินาที ส่วนที่สองเป็น Servo motor ที่ใช้ในการปัดยาลงช่องตามเวลาที่กำหนด พร้อมมีเสียงแจ้งเตือนดังขึ้นให้มารับยา จากการทดสอบพบว่าตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลาอัตโนมัติสามารถทำงานได้ครบ 7 เวลา ทำงานได้ตามเวลาของการกำหนดจากการตั้งเวลา keypad timer และจากการทดสอบการทำงานของตู้จ่ายยาแจ้งเตือนเวลา ต่อเนื่องกันจำนวน 20 ครั้ง ผลการทำงานไม่พบข้อผิดพลาด จึงกล่าวได้ว่าเครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] วีระศักดิ์ เมืองไพศาล, รศ.นพ(2559). รู้จริงและเข้าใจสุขภาพผู้สูงวัยและภาวะสมองเสื่อม, กรุงเทพฯ : บริษัท วี พริ้นท์ (1991).

[2] ธีรัตถ์ เหลืองมั่นคง, ภก(2560). ยาก่อนอาหาร ยาหลังอาหารลืมกินยาตามเวลาอันตรายหรือไม่, กรุงเทพฯ : ภาควิชาเภสัชศาสตร์.

[3] บุญธรรม ภัทราจารุกุล(2549). งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น, กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

[4] ทรงวุฒิ วิมลพัชร(2543).ทฤษฎีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เอมพันธ์.

[5] บุญเรือง วังศิลาบัตร, รศ(2559). อิเล็กทรอนิกส์วิศวกรรมและการออกแบบวงจร, กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น.

[6] ดอนสัน ปงผาบ (2560). ภาษาซีและ Arduino, บริษัทซีกรุงเทพฯ: เอ็ดยูเคชั่นจำกัด .

[7] เอกชัย มะการ(2559). เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ด้วย Arduino, กรุงเทพฯ: บริษัท อีทีที จำกัด.

[8] ทันพงษ์ ภู่รักษ์ (2560). การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วย Arduino, วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี.

การวิเคราะห์ความผันผวนของต้นทุนการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก: กรณีศึกษาโครงการสะพานบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด และโครงการสะพานข้ามลำห้วยหว้า จังหวัดมหาสารคาม

An Analysis of Cost Variation in Constructing Reinforced Concrete Bridges: A Case Study of a Bridge in Thawat Buri Reservoir in Roi-Et and a Bridge Crossing Wa Creek in Maha Sarakarm

เกริกบุระ ยนต์ดัน

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

*ผู้ติดต่อ: somyon.ltd@hotmail.com, 081-928-4896

บทคัดย่อ

การวิจัยได้ศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันผวนของต้นทุนการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้การเปรียบเทียบกรณีศึกษา 2 โครงการคือ สะพานบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ดและสะพานข้ามลำห้วยหว้า จังหวัดมหาสารคาม ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางราชการที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลการจัดทำบัญชีรายจ่ายและแผนงานของผู้รับจ้าง รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างสะพานทั้ง 2 แห่ง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยผังแสดงเหตุและผลและเทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับ โดยผลการศึกษาพบว่าสาเหตุของความผันผวนของต้นทุนนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงแบบแปลนระหว่างการก่อสร้างเป็นสาเหตุหลัก

คำหลัก: สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก, ความผันผวน, การวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับ, ผังแสดงเหตุและผล

Abstract

This study aims to identify problems of cost variation in constructing reinforced concrete bridges, which have 2 cases study for comparing; Thawat Buri Reservoir in Roi Et Provice and Wa Creek in Maha Sarakarm Provice. The researcher collected data by document review and group interview, afterward Cause and effect diagram and Earned Value Analysis (EVA) techniques were used to analyze data and information. The findings indicated that changing construction drawing while constructing was the main reason which had a negative effect on the cost variation.

Keywords: Reinforced concrete bridges, Cost variation, Earned value analysis (EVA), Cause and effect diagram

1. บทนำ

งานก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Bridge) หรือสะพาน คสล. ซึ่งเป็นงานก่อสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐานประเภทหนึ่ง ซึ่งมีการก่อสร้างเป็นประจำทุกปี จึงมีผลกระทบโดยตรงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ต่อประชาชนผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงและประชาชนผู้สัญจรผ่านบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมเปิด ในเขตทางหลวงที่เป็นทางแยกบริเวณย่านเขตชุมชนที่จะก่อให้เกิดประโยชน์มหาศาลและในขณะเดียวกันยังส่งผลกระทบที่เสียหายอย่างรุนแรงต่อทรัพย์สินและต่อประชาชนผู้ใช้ หากผู้รับผิดชอบในการควบคุมการก่อสร้างไม่มีความรู้และประสบการณ์อย่างเพียงพอและมิได้ดำเนินการกำกับดูแลให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรม เนื่องจากสะพานเป็นโครงสร้างถาวรที่ต้องใช้เทคนิคและวิชาการก่อสร้างระดับสูง รวมถึงความผันผวนของราคาวัสดุก่อสร้างดังที่ปรากฏในรูปที่ 1 ซึ่งแสดงความผันผวนของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างระหว่างปี 2543 ถึงปี 2560



รูปที่ 1 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2560

ผู้ศึกษามีความประสงค์ที่จะศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างงานสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเปรียบเทียบงานก่อสร้าง 2 โครงการเป็นกรณีศึกษา คือ โครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก บริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชชัย อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ของแขวงทางหลวงชนบทร้อยเอ็ด และ โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้า อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ของกรมทางหลวงชนบท ซึ่งทั้งสองโครงการนั้นเป็นการก่อสร้างสะพานขนาดเล็กโดยใช้แบบมาตรฐาน

จากการศึกษาในเบื้องต้นจากราคาเสนอของผู้รับจ้างโครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กและข้อมูลการบันทึกทางบัญชีด้านต้นทุนของผู้รับเหมานั้น ทำให้พบกับปัญหาความผันผวนของราคาต้นทุน (Cost Overrun) ตามรายละเอียดในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รายการราคาเสนอของผู้รับจ้างโครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (บาท: ตารางเมตร)

รายการ	ลำห้วยหว้า	อ่างเก็บน้ำธวัช
งานเสาเข็ม คสล.	3,740	1,318
งานตอม่อรับ	1,630	1,993
งานพื้นสะพาน	5,340	4,443
งานราวสะพาน	4,772	4,696
รวม	**15,482**	**12,450**

ตารางที่ 2 รายการต้นทุนของผู้รับเหมาในโครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (บาท: ตารางเมตร)

รายการ	**ลำห้วยหว้า**	**อ่างเก็บน้ำธวัช**
งานเสาเข็ม	1,973.74	2,883.33
งานตอม่อรับ	739.22	643.33
งานพื้นสะพาน	2,666.67	2,5
งานราวสะพาน	5,580.37	5,083.90
รวม	**10,960.00**	**11,325**

จากตารางที่ 1 และ 2 เปรียบเทียบกัน จะเห็นว่าโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้านั้นมีต้นทุนจากการที่ผู้รับเหมาทำการก่อสร้างน้อยกว่าราคาเสนอของผู้รับจ้างประมาณ 4,521 บาท ในขณะที่โครงการบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชชัยมีความต่างระหว่างราคาอยู่ที่ประมาณ

1,125 บาท ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าทั้งสองโครงการมีราคากลางต่อตาราเมตรที่ใกล้เคียงกัน แต่กลับมีราคาต้นทุนที่แตกต่างกันถึง 3,396 บาท โดยในการดำเนินงานก่อสร้างสะพานนั้น มีปัจจัยที่เกิดจากสาเหตุภายในและสาเหตุภายนอกที่ไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่ส่งผลต่อการดำเนินโครงการที่ทำให้เกิดปัญหาของราคาต้นทุนผันผวนทั้งๆ ที่ในแต่ละขั้นตอนนั้นมีแนวทางการปฏิบัติที่เหมือนกัน แต่กลับมาราคาต้นทุนที่แตกต่างกัน

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.2 เพื่อศึกษาปัญหาความผันผวนของต้นทุนของการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 ทราบถึงปัญหาในการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ทำให้เกิดความแปรปรวนต่อต้นทุนการก่อสร้าง

3.2 ทราบถึงผลกระทบของปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของต้นทุนของการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก และได้แนวทางและวิธีการแก้ปัญหาของความแปรปรวนของต้นทุนในโครงการก่อสร้างได้

4. ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยตามระเบียบวิธีวิจัยเชิงบรรยายเป็นการวิจัยที่ต้องอาศัยข้อมูลที่จากการสัมภาษณ์กลุ่มเป็นเครื่องมือในการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์และอธิบายผ่านแนวคิดผังแสดงและผล (Cause and Effect Diagram) (วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุลและคณะ, 2543: 27-28) ร่วมกับการสำรวจและรวบรวมข้อมูลบัญชีในด้านต่างๆ ของแต่ละโครงการเป็นเครื่องมือในการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้การวิเคราะห์และอธิบายผ่านเทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับ (Earned Value Analysis – EVA) (สมชาย วรธงไชย, 2555) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีการเก็บข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลการศึกษาความผันผวนของราคาต้นทุนในการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตามรูปแบบการวิจัย ดังนี้

1.1 การวิจัยเชิงปริมาณ นั้นผู้วิจัยใช้การข้อมูลทางบัญชีของโครงการที่ทำการศึกษา ได้แก่ ก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก บริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด และ โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้า อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม โดยใช้การวิเคราะห์และอธิบายผ่านเทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับ (Earned Value Analysis – EVA)

1.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ

ก. การสัมภาษณ์กลุ่ม

ข. การเก็บรวบรวมข้อมูลเอกสาร การศึกษานี้ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หนังสือ บทความ, เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนในการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กและหนังสือบันทึกข้อความของโครงการกรณีตัวอย่างทั้ง 2 โครงการ

2. การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การวิจัยเชิงปริมาณ มีขั้นตอนดังนี้

a. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตัวเลขทางบัญชี

b. ข้อมูลตัวเลขจากทางบัญชี จะวิเคราะห์ผ่านแนวคิดการควบคุมต้นทุนโครงการก่อสร้างโดยเทคนิค EVA ของทั้ง 2 โครงการ แล้วจึงนำผลทั้ง 2 โครงการมาเปรียบเทียบกัน โดยเทคนิค EVA เป็นหลักการคำนวณอย่างง่ายระหว่างค่าหลัก 3 ค่าของโครงการ ได้แก่

I. ผลงานที่ควรทำได้ตามแผน (BCWS) หรือมูลค่าที่ได้วางแผนไว้ (PV)

II. ต้นทุนประมาณการของผลงานที่ดำเนินการ (BCWP) หรือ มูลค่าที่ได้รับ (EV)

III. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงจากงานที่ดำเนินการแล้ว (ACWP) หรือ ค่าใช้จ่ายจริง (AC)

เพื่อที่จะวัดและทราบผลการดำเนินงานที่ได้รายละเอียดและนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เราสามารถนำค่าหลักของเทคนิค EVA มาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ที่สำคัญต่อได้อีก 4 ค่า คือ

- ความผันแปรของค่าใช้จ่ายจริงจากงบประมาณตามแผน (Cost Variance, CV)
- ค่าความแตกต่างของแผนงาน (Schedule Variance, SV)
- ค่าดัชนีชี้วัดสถานะของค่าใช้จ่ายของโครงการ (Cost Performance Index , CPI)
- ดัชนีการดำเนินงานด้านเวลา (Schedule Performance Index , SPI)

ตามหลักการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทั้ง 4 ค่าข้างต้น (CV, SV, CPI และ SPI) นั้น พอจะสรุปได้ว่า ถ้าค่าความสัมพันธ์ CV และ SV มีค่าเป็นลบ หรือถ้าค่าความสัมพันธ์ CPI และ SPI มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องหรืออาจรวมถึงโครงการที่เกี่ยวข้องทั้งโครงการกำลังมีปัญหาเนื่องจากผลการดำเนินงานจนกระทั่งถึงวันที่ทำการวัดเป็นไปในทิศทางที่ไม่ดี

ตารางที่ 1 ตารางคำนวณหาค่าต่างๆ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับ (Earned Value Analysis - EVA) ของโครงการก่อสร้าง

รายการ	การคำนวณ
BCWS (บาท)	EV
BCWP (บาท)	PV
ACWP (บาท)	AC
CV (บาท)	EV – AC
CPI (%)	EV/AC
SV (บาท)	EV – PV
SPI (%)	EV/PV

หมายเหตุ : ค่า BCWP (EV) และค่า ACWP (AC) นั้นได้ทำการรวมค่าเสื่อม

2.1 การวิจัยเชิงคุณภาพ

a. วิเคราะห์ข้อมูลจากหนังสือ บทความ เอกสารวิจัยและข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่ม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้นำมาวิเคราะห์ผ่านกรอบการอธิบายและวิเคราะห์ในแนวคิดโครงสร้างผังแสดงเหตุ

5. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

1. โครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก บริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

1.1. ผังแสดงเหตุและผล

- Man ผู้ก่อสร้างขาดฝีมือและความชำนาญ การสื่อสารในองค์กรไม่ชัดเจนและความยากในการสื่อสารระหว่างองค์กร
- Machine เครื่องจักรเก่าขาดการบำรุง มักก่อให้เกิดปัญหา เช่นเครื่องจักรขัดข้องระหว่างดำเนินงาน ซึ่งส่งผลให้การดำเนินงานล่าช้าและเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

- Method การเปลี่ยนแปลงแบบแปลนระหว่างการก่อสร้าง
- Material ตลาดขาดแคลนวัสดุ เนื่องจากในโครงการดังกล่าวนั้นได้ทำการกำหนดตัวสินค้าที่ไม่สามารถหาได้ทั่วไปในท้องตลอด จึงทำให้ต้องสั่งโรงงานทั้งต้องเสียเวลาในการรอสินค้าจากโรงงาน ที่ส่งผลให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้นตามมา
- Environment สภาพภูมิอากาศไม่อำนวย เนื่องจากการดำเนินการก่อสร้างในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน

1.2. เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับ

ตารางที่ 4 วิเคราะห์หาค่าต่างๆ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับของโครงการอ่างเก็บน้ำธวัชชัย

ขั้นตอน	เสาเข็ม	ตอม่อ	พื้นสะพาน	ราวสะพาน	รวม
PV	1,317.50	1,992.50	4,442.50	4,697.50	**12,450**
EV	1,383.33	1,633.33	3,883.33	4,649.99	**11,550**
AC	2,,883.33	643.33	2,714.71	5,083.90	**11,325.27**
CV	-1,500	990	1,1168.62	-443.91	**224.71**
CPI	0.48	2.54	1.43	0.91	**1.02**
SV	65.83	-359.17	-559.17	-47.51	**-900.02**
SPI	1.05	0.82	0.87	0.99	**0.93**

โครงการอ่างเก็บน้ำธวัชชัย ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าโครงการดังกล่าวนี้ มีการบริหารจัดการด้านต้นทุนที่ไม่มีประสิทธิภาพในขั้นตอน งานเสาเข็ม และงานราวสะพาน สะท้อนจากค่า CV ที่ติดลบ หรือ CPI น้อยกว่า 1 นอกจากนี้ ยังมีการทำงานที่ล่าช้าในขั้นตอน งานตอม่อ งานพื้นสะพาน และงานราวสะพาน สะท้อนจากค่า SV ที่ติดลบ หรือ SPI น้อยกว่า 1 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยผังแสดงเหตุและผลที่พบว่าเกิดจากปัญหาทั้ง 5 ด้าน ซึ่งส่งผลให้การทำงานโดยรวมล่าช้ากว่าที่วางแผนไว้เล็กน้อย แต่ยังสามารถควบคุมต้นทุนให้ได้ต่ำกว่าที่วางแผนไว้ได้เล็กน้อย

2. โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้า อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม

2.1. ผังแสดงเหตุและผล

- Material โรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่อยู่ไกลจากโครงการ ทำให้ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายส่วนของราคาการขนส่ง
- Environment โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้า อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคามนั้นมีระยะทางไกลจากสำนักงานใหญ่ของผู้รับเหมา ทำให้ยากต่อการเดินทางไปควบคุม ดูงาน

2.2. เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับ

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หาค่าต่างๆ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับของโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้า

ขั้นตอน	เสาเข็ม	ตอม่อ	พื้นสะพาน	ราวสะพาน	รวม
PV	3,740.37	1,629.63	4,709.63	630	**15,481.48**
EV	3,777.78	2,296.30	7,740.74	3,259.58	**17,074.40**
AC	1,973.74	739.22	2,666.67	629.63	**10,960**
CV	1,804.04	1,557.08	4,444.44	-1,691.16	**6,114.40**
CPI	1.91	3.11	2.35	0.66	**1.56**
SV	37.41	666.67	2,401.11	-1,512.27	**1,592.92**
SPI	1.01	1.41	1.45	0.68	**1.01**

โครงการลำห้วยหว้านั้นราวสะพานและงานเบ็ดเตล็ดอื่นๆ เป็นขั้นตอนเดียวที่มีการบริหารจัดการด้านต้นทุนที่ไม่มีประสิทธิภาพ สะท้อนจากค่า CV ที่ติดลบ หรือ CPI น้อยกว่า 1 นอกจากนี้งานราวสะพานฯ ยังเป็นขั้นตอนเดียวที่มีความล่าช้าในการทำงาน สะท้อนจากค่า SV ที่ติดลบหรือ SPI น้อยกว่า 1 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยผังแสดงเหตุและผลที่พบว่าเกิดจากปัญหาเพียง 2 ด้านเท่านั้น เมื่อเทียบกับโครงการบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชชัยซึ่งพบปัญหาถึง 5 ด้าน จึงส่งผลให้โดยภาพรวมของโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยจึงแล้วเสร็จเร็ว

กว่าแผนที่วางไว้ และสามารถควบคุมต้นทุนได้ต่ำกว่าที่วางแผนไว้

6. สรุปผลการศึกษา

โครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กจาก 2 โครงการคือ สะพานบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด และสะพานข้ามลำห้วยหว้า จังหวัดมหาสารคาม นั้นมีขั้นตอนและรูปแบบการสร้างสะพานที่ใกล้เคียงกัน แต่โครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก บริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ผู้รับเหมาได้คาดการณ์ต้นทุนในการก่อสร้างไว้ที่ 12,450 บาทต่อตารางเมตร แต่ต้นทุนที่ใช้จริง 11,325.27 บาทต่อตารางเมตร ในขณะที่โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้าได้คาดการณ์ต้นทุนไว้ 15,481.48 บาทต่อตารางเมตรแต่ใช้จริงเพียง 10,960 บาทต่อตารางเมตร

โครงการก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก บริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชบุรี อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด นั้นมีสาเหตุหลักจากการเปลี่ยนแปลงแบบแปลนระหว่างการก่อสร้าง ที่เป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่สาเหตุของการล่าช้าและต้นทุนเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังมีปัญหาในส่วนของผู้ก่อสร้างขาดฝีมือและความชำนาญ การสื่อสารในองค์กรไม่ชัดเจนระหว่างผู้บังคับบัญชาด้วยกันเอง ความยากในการสื่อสารระหว่างองค์กร ในขณะที่โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้า อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม นั้นมีเพียงปัญหาแพล้นปูนที่อยู่ไกลจากโครงการ

ในส่วนของผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากเทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าที่ได้รับจะเห็นว่า โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำห้วยหว้า จังหวัดมหาสารคามนั้นมีกิจกรรมโดยรวมนั้นดำเนินการไปได้ดี ในขณะที่โครงการบริเวณอ่างเก็บน้ำธวัชชัย อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนที่ใช้จริงน้อยกว่างบประมาณที่กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างในภาพรวมนั้นได้แล้งสร้างล่าช้ากว่าที่วางแผนไว้เล็กน้อย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตตินุช ชุลิกาวิทย์ (2559). *การบริหารต้นทุนโครงการ.* เชียงใหม่: สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่.

[2] กรมทางหลวง (2550). *คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง เล่มที่ 3 การควบคุมงานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ,* ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://maintenance.doh.go.th/website/download/manual59/manual_brigde_control.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 08/03/2560

[3] กรมทางหลวงชนบท สำนักงานทางหลวงชนบทที่ 6 (2558). *โครงการจัดสร้างสวนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี เนื่องในโอกาสเฉลิมพระชนมายุครบ 5 รอบ.* ขอนแก่น: กรมทางหลวงชนบท.

[4] สมชาย วรธงไชย. 2555. *การวางแผนและติดตามควบคุมต้นทุนโครงการก่อสร้าง*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

[5] วีรพงษ์ ลือประสิทธิ์กุล และผดุงศักดิ์ ทวิชัยยุทธ (2543). *TQM Living Handbook ภาคเจ็ด: คู่มือปรับปรุงคุณภาพงานสำหรับพนักงานทุกระดับในองค์กรทีคิวเอ็ม.* กรุงเทพฯ: โทเรอินเตอร์เนชั่นแนลเทรดดิ้ง.

[6] Hudson, W., Haas, R., and Uddin, W (1997). *Infrastructure Management* New York: McGraw-Hill.

การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการนำข้อมูลไปประมวลผลเกี่ยวกับการลาออกกลางคันของนักศึกษา โดยใช้ชุดข้อมูลนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

Analysis of data Preprocessing Influence on dropout of students using students of Roi Et Rajabhat University dataset

ณัฐธิดา บุตรพรม และ วาทินี ดวงอ่อนนาม

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด 113 หมู่ 12 ถนนร้อยเอ็ด-โพนทอง ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด 45120

Nattida.cs19@gmail.com, 0983123019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Preprocessing) ก่อนการนำข้อมูลไปประมวลผลเกี่ยวกับการลาออกกลางคันของนักศึกษา ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับกระบวนการค้นพบความรู้ หรือความสำคัญของข้อมูล โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่ได้มา การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการนำข้อมูลไปประมวลผลนั้นมีความสำคัญมาก เนื่องจากข้อมูลที่เตรียมไว้อย่างถูกต้องสำหรับการประมวลผลจะรับประกันผลลัพธ์ที่แม่นยำและทำให้ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ใช้วิธีการการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Data Cleaning) โดยการจัดการกับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ (Missing Value) ด้วยการประมาณค่าค่าข้อมูลที่ขาดหายไป ข้อมูลที่มีค่าเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Data) จะใช้วิธีคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และข้อมูลที่มีการเข้ารหัสเป็นตัวเลข จะใช้วิธีการประมาณค่าที่สูญหายด้วยการคำนวณฐานนิยม (Mode) โดยใช้ชุดข้อมูลการลาออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ระหว่างปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2559

คำหลัก: การเตรียมข้อมูล, การวิเคราะห์ข้อมูล, การลดรูปข้อมูล, การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการเลือกคุณลักษณะ

Abstract

This research represents the procedure of data preparation (Preprocessing) before processing the statistic of student's drop out. The preprocess step is extremely important in terms of getting the accurated result. Data Cleaning has been used in the research to maintain the unstable or missing value. The continuous data will be averaged its value (Mean), meanwhile the encoding data will be estimated the Mode calculation. The research uses the data of student's drop out statistaic at Roi Et Rajabhat University between year 1999 - 2016.

Keywords: Data Preprocessing, Data Analysis, Data Reduction, Data Cleaning and Feature Selection.

1. บทนำ

ปัจจุบันสถาบันระดับอุดมศึกษาที่มีหน้าที่ในการผลิตบัณฑิตให้มีคุณภาพ และศักยภาพในความรู้ที่ได้รับการพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อการประกอบอาชีพที่เหมาะสม และให้มีสอดคล้องต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ องค์ประกอบของสถาบันอุดมศึกษาที่สำคัญในการสร้างคุณภาพการจัดการเรียนการสอนและการบริการการศึกษา ประกอบด้วย คุณภาพของอาจารย์ผู้สอน หลักสูตรการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน สภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย รวมทั้งปัจจัยทางด้านนักศึกษาโดยประกอบด้วย องค์ประกอบด้านสติปัญญา ด้านพื้นฐานครอบครัว นิสัยการเรียน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อคุณภาพและความสำเร็จของนักศึกษาโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามไม่ใช่ว่าผู้ที่มาศึกษาในระดับอุดมศึกษาจะสามารถสำเร็จการศึกษาได้ทั้งหมด ส่วนหนึ่งเกิดจากการลาออกกลางคันของนักศึกษา ทำให้เกิดผลเสียหายตามที่นักวิชาการเรียกว่า “เกิดความสูญเปล่าในการลงทุนเพื่อการศึกษา” ซึ่งการลาออกกลางคันระหว่างการศึกษาอาจเกิดได้จากหลากหลายปัจจัยจากที่ได้กล่าวมาข้างต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ได้มีการเตรียมความพร้อมในการเป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐบาล โดยได้มีการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐานเดียวกับสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา แต่เนื่องจากจุดเริ่มต้นมหาวิทยาลัยได้ออกแบบการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาเอง จึงทำให้ข้อมูลบางส่วนไม่สอดคล้องกับข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และข้อมูลบางช่วงขาดความสมบูรณ์ในการนำไปประมวลผลในด้านต่าง ๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงขอนำเสนอกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จากปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2559 เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ในการนำไปวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษา

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Preprocessing) [1,2] เป็นขั้นตอนก่อนการนำข้อมูลไปประมวลผล เนื่องจากข้อมูลในความเป็นจริงอาจยังไม่ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล หรือยังมีข้อมูลที่ไม่สามารถนำไปประมวลผลได้ ซึ่งมีข้อมูลลักษณะดังนี้ คือ ข้อมูลไม่สมบูรณ์ (Incomplete Data), ข้อมูลรบกวน (Noisy Data) และข้อมูลไม่สอดคล้อง (Inconsistent Data)

เทคนิคของกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Data Preprocessing Technique) ประกอบด้วย

- Data Cleaning เป็นขั้นตอนสำหรับการคัดข้อมูลที่เป็นส่วนรบกวนหรือข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป
- Data Integration เป็นขั้นตอนการรวมแหล่งข้อมูล ซึ่งมีข้อมูลหลายแห่งมารวมไว้ที่เดียวกัน
- Data Transformation เป็นขั้นตอนการแปลงข้อมูลในขั้นตอนการคัดเลือก ให้เหมาะสำหรับขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูล
- Data Reduction เป็นขั้นตอนการลดมิติข้อมูล เพื่อเป็นตัวแทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

สิริธร เจริญรัตน์ [3] นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน โดยได้นำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลมาใช้เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลตามการใช้จ่ายของประชากร และใช้อัลกอริทึมเคมีนสำหรับหากลุ่มของข้อมูลที่เหมาะสม ผลการวิจัยพบว่ากฎความสัมพันธ์ที่ได้ในแต่ละกลุ่มมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

กิตติศักดิ์ สุมามาลย์ [4] นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสำรวจสภาวะสุขภาพของประชาชน ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าการศึกษาความสัมพันธ์ของการเป็นโรคต่าง ๆ ผ่านอัลกอริทึม FP Growth เหมาะสมกกว่าอัลกอริทึม Apriori

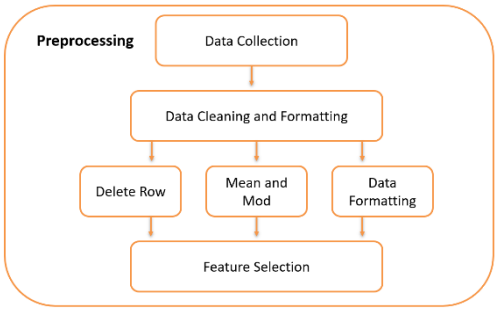
Nerijus P. and Juozas A. [5] นำเสนอกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล ด้วยวิธีการการตัดสินใจแบบทรี (Decision Trees), การจำแนกข้อมูลด้วยเบย์เซียน (Naive Bayes) และกฎการจำแนกข้อมูล (Rule-Based classifiers) ด้วยชุดข้อมูล NSL-KDD ความถูกต้องของผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับการเลือกข้อมูลแบบกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน และการใช้ชุดของตัวจำแนกประเภทต่าง ๆ

Zaineb C. D., Christine Z. and Gaël B. [6] นำเสนออัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ โดยการแจกแจงรายละเอียดภายใต้เกณฑ์ของ Spark (Spark framework) ผลการวิจัยพบว่าการใช้โซลูชันของ RST (Rough Set Theory) กับข้อมูลขนาดใหญ่ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ และการค้นพบความสำคัญของข้อมูลหรือการค้นพบความรู้ข้อมูลนั้นยังสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Jayaram H., S. Mohanavalli and Srividya [7] นำเสนอการแก้ปัญหาในกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล เพื่อเรียนรู้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล พร้อมทั้งหาสาเหตุของข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและเทคนิคการกำจัดข้อมูลรบกวนในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Preprocessing) ก่อนการนำข้อมูลไปประมวลผลเกี่ยวกับการลาออกกลางคันของนักศึกษา โดยมีกระบวนการเริ่มต้นที่การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) จนไปถึงการคัดเลือกปัจจัย (Feature Selection) มีขั้นตอนในการดำเนินการดังปรากฏในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการดำเนินการ

3.1 การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ในงานวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบย้อนกลับจากฐานข้อมูลการลาออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ระหว่างปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2559 ซึ่งมีปัจจัยที่รวบรวมได้ทั้งสิ้น 12 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 1 และอีกรูปแบบมีปัจจัยที่รวบรวมได้ทั้งสิ้น 46 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลาออกกลางคันของนักศึกษา จากปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549

ลำดับ	ปัจจัยอินพุต
1.	Student Code : รหัสนักศึกษา
2.	Department : คณะ
3.	Subject : สาขา
4.	Gender : เพศ
5.	FirstName-LastName : ชื่อ-สกุล
6.	Status : สถานะ
7.	Annotation : ความเห็น
8.	Date of Admission : วันที่เข้า
9.	Type : ประเภท
10.	Number of siblings studying : จำนวนพี่น้องที่กำลังศึกษา

ลำดับ	ปัจจัยอินพุต
11.	Father Income : รายได้บิดา
12.	Mother Income : รายได้มารดา

3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Data Cleaning)

3.2.1 ข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ (Missing Value) จะทำการประมาณค่าค่าข้อมูลที่ขาดหาย ซึ่งข้อมูลที่มีค่าเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Data) ใช้วิธีคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และข้อมูลที่มีการเข้ารหัสเป็นตัวเลข ใช้วิธีการประมาณค่าที่สูญหายด้วยการคำนวณฐานนิยม (Mode) โดยเทคนิคการประมาณค่าข้อมูลที่สูญหายสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณได้ ดังนี้

ตารางที่ 2 การประมาณค่าข้อมูลที่สูญหายด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยและฐานนิยม

ลำดับ	X	Y
1	24	1
2	-	0
3	56	-
4	31	1
5	-	1
6	-	0
7	31	1
8	22	-
9	-	-
10	20	0

กำหนดให้ X คือข้อมูลที่มีลักษณะค่าต่อเนื่อง

Y คือข้อมูลที่มีลักษณะการเข้ารหัสตัวเลข

จากตารางที่ 2 ข้อมูล X เป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็นค่าที่มีความต่อเนื่อง วิธีการประมาณค่าที่สูญหายของข้อมูล X จะประมาณค่าด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย แสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$mean = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \qquad (1)$$

$$mean = \frac{(24 + 56 + 31 + 31 + 22 + 20)}{10} = 18.4$$

การประมาณค่าที่สูญหายของข้อมูล X มีค่าเท่ากับ 18.4

จากตารางที่ 1 ข้อมูล Y เป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็นการเข้ารหัสตัวเลข วิธีการประมาณค่าที่สูญหายของข้อมูล Y จะประมาณค่าด้วยวิธีการหาฐานนิยม ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการหาค่าของข้อมูลที่เป็นค่าซ้ำกันมากที่สุด แสดงวิธีการหาค่าฐานนิยมได้ดังนี้

(1) นำข้อมูลมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จะได้ว่า

0 0 0 1 1 1 1

(2) พิจารณาว่าค่าข้อมูลตัวใดมีความถี่มากที่สุด จะเห็นได้ว่า 1 มีความถี่มากที่สุด ดังนั้น ใช้ 1 ในการประมาณค่าที่สูญหายของข้อมูล Y ในตารางที่ 2

3.2.2 จะทำการตัดข้อมูลของนักศึกษาที่ลาออกกลางคัน (Delete Data) ในกรณีที่นักศึกษาคนนั้นกลับเข้ามาศึกษาต่ออีกครั้ง

3.2.3 การทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน (Data Formatting) เนื่องจากข้อมูลการลาออกกลางคันของนักศึกษา มีอยู่ 2 รูปแบบหลักคือ แบบแรกทางมหาวิทยาลัยได้ออกแบบการจัดเก็บข้อมูลเริ่มจากปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549 ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1 และรูปแบบที่ 2 เป็นไปตามที่ คลังข้อมูลอุดมศึกษา [8] กำหนดการจัดเก็บข้อมูลของนักศึกษาเริ่มจากปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559 แสดงตัวอย่างในตารางที่ 3 ดังนั้นผู้วิจัยจำเป็นต้องจัดการข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มนี้ให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัย (Feature Selection) ในลำดับถัดไป

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลาออกกลางคันของนักศึกษา จากปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559 (สกอ.)

ลำดับ	ปัจจัยอินพุต
1.	YEAR : ปีการศึกษา
2.	SEMESTER : ภาคการศึกษา
3.	UNIV_ID : รหัสสถานศึกษา
4.	CITIZEN_ID : รหัสประจาตัวประชาชน
5.	PREFIX_NAME_ID : รหัสคำนำหน้านาม
6.	STD_FNAME : ชื่อของนักศึกษา
7.	STD_MNAME : ชื่อกลางของนักศึกษา
8.	STD_LNAME : ชื่อสกุลของนักศึกษา
9.	GENDER_ID : รหัสเพศ
10.	BIRTHDAY : วันเกิด
11.	PROVINCE_ID : รหัสจังหวัดภูมิลำเนา
12.	NATION_ID : รหัสสัญชาติ
13.	ADMIT_YEAR : ปีการศึกษาที่เข้าศึกษา
14.	FAC_ID : รหัสคณะที่ศึกษา
15.	STUDY_TYPE_ID: รหัสประเภทการเรียน
16.	STUDY_TIME_ID : รหัสประเภทเวลาเรียน
17.	CURR_REG_ID : รหัสประเภทการลงทะเบียน
18.	CLASS ชั้นปีของนักศึกษา
19.	GRAD_STATUS_ID รหัสสถานภาพนักศึกษาที่คาดว่าจะจบ
20.	STD_STATUS_ID สถานภาพของนักศึกษา
21.	GPA : เกรดเฉลี่ย
22.	ACC_GPA : เกรดเฉลี่ยสะสม
23.	ACC_CREDIT : หน่วยกิตสะสม
24.	DEFORM_ID: รหัสความพิการ
25.	FUND_STATUS_ID : รหัสสถานภาพการรับทุน
26.	TALENT: ความสามารถพิเศษ
27.	FAT_CITIZEN_ID : รหัสบัตรประชาชนของบิดา
28.	FAT_STATUS_ID : รหัสสถานภาพการมีชีวิตอยู่ของบิดา
29.	FAT_REVENUE_ID : รหัสรายได้บิดา
30.	FAT_OCCUP_ID : รหัสอาชีพบิดา
31.	MOT_CITZEN_ID : รหัสบัตรประชาชนของมารดา
32.	MOT_STATUS_ID : รหัสสถานภาพการมีชีวิตอยู่ของมารดา
33.	MOT_REVENUE_ID : รหัสรายได้มารดา
34.	MOT_OCCUP_ID : รหัสอาชีพมารดา
35.	PAR_STATUS_ID : รหัสสถานภาพบิดา - มารดา
36.	PAR_CITZEN_ID : รหัสบัตรประชาชนของผู้ปกครอง
37.	PAR_RELATIVE_ID : ความเกี่ยวข้องผู้ปกครองกับนักศึกษา
38.	RELIGION_ID : รหัสศาสนา
39.	CURR_ID : รหัสหลักสูตรที่ศึกษา
40.	STD_ID : รหัสนักศึกษา
41.	RACE_ID : รหัสเชื้อชาติ
42.	NUM_CREDIT : หน่วยกิตที่ลงทะเบียน
43.	PASSPORT_NUMBER : เลขที่หนังสือเดินทาง
44.	PASSPORT_STARTDATE : วันที่ออกหนังสือเดินทาง
45.	PASSPORT_ENDDATE : วันหมดอายุของหนังสือเดินทาง
46.	PASSPORT_STATUS : สถานะของหนังสือเดินทาง

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ชุดข้อมูลที่นำมาผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลมีทั้งหมด 10,130 ชุดข้อมูล และมีการจัดเก็บ 2 รูปแบบหลักคือ แบบแรกทางมหาวิทยาลัยได้ออกแบบการจัดเก็บข้อมูลเริ่มจากปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549 และรูปแบบที่ 2 เป็นไปตามที่ คลังข้อมูลอุดมศึกษา [8] กำหนดการจัดเก็บข้อมูลของนักศึกษาเริ่มจากปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559

4.1 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแยกออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549 จากข้อมูล 10,130 ชุดข้อมูล มีชุดข้อมูลอยู่ในช่วงนี้ทั้งหมด 3,033 นำมาผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 0 ชุด

4.1.2 ส่วนที่ 2 ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559 จากข้อมูล 10,130 ชุดข้อมูล มีชุดข้อมูลอยู่ในช่วงนี้ทั้งหมด 7,097 นำมาผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 1,819 ชุด

4.2 ผลการจัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

4.2.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549 จากข้อ 4.1.1 เมื่อนำข้อมูลผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเบื้องต้น โดยทำการลบข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ออกเป็นขั้นตอนแรก ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549 ไม่สามารถนำมาพิจารณาต่อได้เนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลได้ไม่ครบถ้วน เช่น ข้อมูลมีเฉพาะรหัสนักศึกษา หรือมีเฉพาะรหัสหมู่เรียน หรือข้อมูลอื่น ๆ ครบถ้วนแต่สถานะภาพของนักศึกษาคือ ไม่มาติดต่อ ผู้วิจัยจำเป็นต้องลบชุดข้อมูลเหล่านี้ออกส่งผลให้เหลือเฉพาะส่วนข้อมูลของปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559

4.2.2 ส่วนที่ 2 ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นส่วนของข้อมูลที่ทางมหาวิทยาลัยเริ่มจัดเก็บข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกับสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เมื่อนำข้อมูลทั้งหมด 7,097 ชุด มาปรับให้อยู่ในรูปแบบมาตราฐานจึงทำให้ได้ชุดข้อมูลทั้งสิ้น 1,819 ชุด คิดเป็นร้อยละ 25.63

4.3 อภิปรายผล

4.3.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549 เป็นส่วนที่มหาวิทยาลัยออกแบบการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาเอง โดยเมื่อนำมาผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล ไม่สามารถนำข้อมูลในช่วงนี้มาพิจารณาได้ เนื่องจากข้อมูลขาดความสมบูรณ์

4.3.2 ส่วนที่ 2 ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559 เป็นส่วนที่มหาวิทยาลัยออกแบบการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาให้อยู่ในมาตราฐานเดียวกับสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา โดยเมื่อนำมาผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล สามารถนำข้อมูลในช่วงนี้มาพิจารณาได้ ถึงแม้ข้อมูลบางส่วนมีความไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อใช้การประมาณค่าข้อมูลที่สูญหายด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยและฐานนิยม ทำให้ชุดข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพิจารณาต่อได้ทั้งสิ้น 1,819 ชุด และสามารถนำไปวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษาได้

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล โดยนำเสนอวิธีการทั้งหมด 3 วิธี คือ (1) วิธีการประมาณค่าค่าข้อมูลที่ขาดหายเมื่อพบข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ (2) วิธีการตัดข้อมูลของนักศึกษาที่ลาออกกลางคันในกรณีที่นักศึกษาคนนั้นกลับเข้ามาศึกษาต่อ และ(3) วิธีการทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน ในงานวิจัยนี้จึงใช้เทคนิควิธีการเติมค่าข้อมูลที่สูญหายด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย และวิธีการหาค่าฐานนิยม พบว่าวิธีที่ (1) นั้นไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีในช่วงปีพ.ศ. 2542 - ปี พ.ศ. 2549 เนื่องจากข้อมูลมากกว่าร้อยละ 50 นั้นขาดความสมบูรณ์จึงไม่สามารถนำวิธีที่ (2) และ (3) มาพิจารณาต่อได้ ส่วนข้อมูลจากปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2559 สามารถใช้วิธีที่ (1) (2) และ (3) จากข้อมูลทั้งหมด 7,097 ชุดข้อมูล ส่งผลให้ได้ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลทั้งสิ้น 1,819 ชุดข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องสมบูรณ์ในการนำไปคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษา

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรให้ความสำคัญในการจัดเก็บข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์จะส่งผลต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลได้

5.2.2 กระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลที่นำมาใช้ในงานวิจัย สามารถแก้ไขปัญหากับข้อมูลได้เพียงส่วนน้อย ซึ่งอาจส่งผลให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนได้

5.2.3 ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลทั้งหมด จะถูกนำไปเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัย (Feature Selection) ที่ส่งผลกระทบต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษาต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิชาการและประมวลผล มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด และคลังข้อมูลอุดมศึกษา ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลการวิจัยมา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] เชาวนันท์ โสโท. (2556). แบบจำลองการทำนายผลการรักษาผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] รศ.ดร. สุรพงษ์ เอื้อวัฒนามงคล (2559). การทำเหมืองข้อมูล, กรุงเทพฯ: คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

[3] ชฎารัตน์ พิพัฒนนันท์ และสิริธร เจริญรัตน์. (2559). การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนด้วยวิธีการแบ่งกลุ่ม และหาความสัมพันธ์สำหรับการทำเหมืองข้อมูล, วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ NIDA DEVELOPMENT JOURNAL, ฉบับที่ 3/2559, 6 กันยายน 2559, หน้า 138-161.

[4] กิตติศักดิ์ สุมามาลย์. (2555). แบบจำลองการทำนายผลการรักษาผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมบนเว็บมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[5] Nerijus P. and Juozas A. (2017). Analysis of data pre-processing influence on intrusion detection using NSL-KDD dataset. 2017 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream), Vilnius Lithuania, 27 April 2017, pp. 1-5

[6] Zaineb C. D., Christine Z. and Gaël B. (2017). A distributed rough set theory based algorithm for an efficient big data pre-processing under the spark framework. 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Boston MA USA, 1-14 December 2017, pp.911 - 916

[7] Jayaram H., S. Mohanavalli and Srividya (2017). Survey of pre-processing techniques for mining big data. 2017 International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP), Chennai India, 10-11 Jan. 2017, pp.1 - 5

[8] คลังข้อมูลอุดมศึกษา (2558). เอกสาร 2560 คำนิยามข้อมูลในฐานข้อมูล นักศึกษา บุคลากร ผู้สำเร็จการศึกษา ภาวะการมีงานทำ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.data3.mua.go.th/dataS/, เข้าดูเมื่อวันที่ 01/06/2561.

การพัฒนาเครื่องมือเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ธุรกิจท่องเที่ยว

Implementation of Tools for Increasing the Potential of SMEs in Travel Business Sector

ธณวรพงษ์ กี่ดำรงกูล, และ สมชาย นำประเสริฐชัย*

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานครฯ 10900

*tanaworapong.k@ku.th, 081-0405919

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เป็นธุรกิจที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศไทยเป็นอันดับต้นๆ ผู้ประกอบการ SMEs ต่างๆ เข้ามาในธุรกิจการท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก จากการแข่งขันที่สูงขึ้นนั้นทำให้ผู้ประกอบการ SMEs ต้องสามารถให้บริการตอบสนองตรงต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวที่หลากหลาย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ในธุรกิจท่องเที่ยว อาศัยระบบให้คำแนะนำแบบผสมผสาน จากการประยุกต์หลักการของระบบให้คำแนะนำซึ่งประกอบไปด้วย 2 วิธี คือ ระบบให้คำแนะนำแบบพิจารณาเนื้อหาและระบบให้คำแนะนำแบบพึ่งพาผู้ใช้ร่วม ในการคำนวณพิจารณาคุณลักษณะเนื้อหาและกลุ่มผู้ใช้ร่วมในการจัดกลุ่มความคล้ายคลึงกันเพื่อแนะนำแพ็กเกจการท่องเที่ยวให้เหมาะสมและตรงต่อความต้องการสำหรับนักท่องเที่ยวรายบุคคล ส่งผลให้ผู้ประกอบการ SMEs ธุรกิจท่องเที่ยวสามารถวิเคราะห์แนวโน้มต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวในการปรับเปลี่ยนรูปแบบแพ็กเกจการท่องเที่ยวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการทดสอบและพัฒนาพบว่า ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพจากการคำนวณค่าค่าความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 93.10% ค่าความเที่ยงตรง (Recall) เท่ากับ 87.09% และค่าวัดประสิทธิภาพ (F-measure) เท่ากับ 89.90%

คำหลัก: ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, การท่องเที่ยว, ระบบคำแนะนำ, ระบบคำแนะนำแบบผสมผสาน

Abstract

Tourism industry an important business makes income top priority for Thailand and this business with many SMEs entrepreneurs enter the travel industry. The higher the competition, for SMEs entrepreneurs respond provide services to meet the requirement of diverse traveler. The objective of this research is to implementation of tools for increasing the potential of SMEs in travel business sector. Use to the personalized hybrid recommender system from applies the principle of a recommender system combined the two methods as a content based and collaborative filtering recommender systems. For calculation method consider method as a content based and collaborative on similarity grouping to suggestion a tourism packages that appropriate and meet the traveler. It can help SMEs entrepreneurs to analysis trend traveler requirement for modification of tourism package more efficient. The system evaluation and development showed that effective results from the precision was 93.10%, recall was 87.09% and f-measure was 89.90%.

Keywords: SMEs, Travel, Recommender System, Hybrid Recommendation

1. บทนำ

ปัจจุบันการท่องเที่ยวเป็นกิจกรรมหนึ่งในชีวิตของคนจำนวนมาก การท่องเที่ยวมีหลายจุดประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการพักผ่อนหย่อนใจ ต้องการพบเจอสิ่งใหม่ การท่องเที่ยวนั้นมีความหมายอย่างกว้างขวาง อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว จึงเป็นธุรกิจที่สำคัญทำรายได้ให้แก่ประเทศไทยเป็นอันดับต้นๆ และเป็นธุรกิจที่มีผู้ประกอบการ SMEs ต่างๆ เข้ามาในธุรกิจวงการท่องเที่ยวตลอดเวลา ในการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนหรือเออีซี จากการแข่งขันที่สูงขึ้นนั้น เพื่อช่วยการพัฒนากิจการของผู้ประกอบการ SMEs ในธุรกิจเที่ยวให้ดีขึ้น สามารถปรับตัวธุรกิจ และเพื่อบริการให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่หลากหลาย ลูกค้าสามารถพิจารณารูปแบบของการท่องเที่ยว และความชอบที่ตนเองสนใจเพื่อประกอบการตัดสินใจ เพื่อดึงดูดลูกค้าแต่ละประเภทที่มีพฤติกรรมที่แตกต่างกันไป ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเพื่อช่วยแนะนำการตัดสินใจให้กับลูกค้าตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงจุด

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การท่องเที่ยว

การท่องเที่ยวนั้นมีความหมายที่กว้าง การท่องเที่ยวไม่ได้หมายถึงการเดินทางเพียงเท่านั้น การท่องเที่ยวเป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นโดยหากพิจารณาจากความสัมพันธ์ในกระบวนการท่องเที่ยวแล้ว ได้แก่ นักท่องเที่ยว ประชาชนในท้องถิ่น ผู้ประกอบธุรกิจการท่องเที่ยว และหน่วยงานภาครัฐบาล [1] ส่วนธุรกิจนำเที่ยว ตามความหมายของ พระราชบัญญัติธุรกิจนำเที่ยวและมัคคุเทศก์ พ.ศ.2551 คือ ธุรกิจเกี่ยวกับการนำนักท่องเที่ยวเดินทางไปท่องเที่ยวหรือเดินทางไปเพื่อวัตถุประสงค์อื่น จัดให้มีบริการหรือการอำนวยความสะดวกอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง อันได้แก่ สถานที่พัก อาหาร มัคคุเทศก์หรือบริการอื่นใดตามที่กำหนดในกฎกระทรวง ธุรกิจนำเที่ยวจะมุ่งเน้นการนำเที่ยวในเชิงธุรกิจ มีการดำเนินการเป็นกิจการโดยมีผลตอบแทนในการดำเนินงาน ทางบริษัทนำเที่ยวอาจดำเนินการจัดบริการด้านต่างๆ ในการเดินทางหรือจัดนำเที่ยวเอง หรืออาจเป็นตัวกลางหรือตัวแทนให้บริการระหว่างนักท่องเที่ยวกับสถานประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้เช่นกัน ธุรกิจนำเที่ยวอาจรวมถึง บริษัทตัวแทนขนาดเล็กที่ทำหน้าที่ขายบัตรโดยสารเครื่องบิน เป็นนายหน้าให้เช่ารถ รับจองโรงแรม ติดต่อหามัคคุเทศก์ให้กับนักท่องเที่ยวด้วยก็ได้

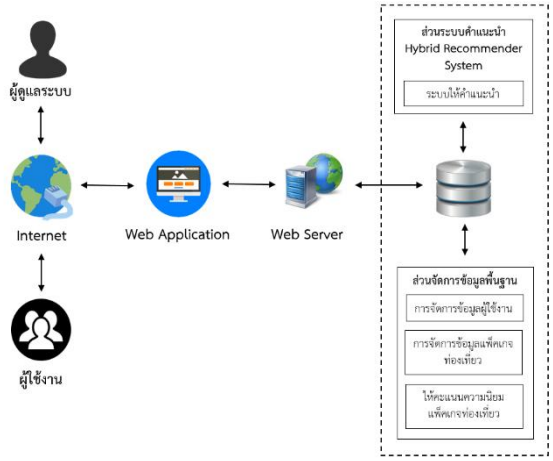
2.2 ระบบให้คำแนะนำ (Recommender System)

ระบบให้คำแนะนำ เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งเพื่อช่วยในการแนะนำสินค้า หรือบริการต่าง ๆ เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างแม่นยำ เป็นเทคนิคการค้นหาความรู้จากข้อมูล เพื่อนำเอาความรู้เหล่านั้นไปประกอบการตัดสินใจ ปัจจุบันพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ Ecommerce มีการใช้ระบบวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า และเพิ่มยอดขายให้กับสินค้าหรือบริการกันอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น การขายสินค้าและแนะนำสินค้าที่เกี่ยวข้องที่ผู้ใช้งานกำลังเลือกชมของ Amazon [2] และเว็บไซต์แนะนำข้อมูลเกี่ยวกับภาพยนตร์ imdb.com [3] เป็นต้น การพัฒนาระบบให้คำแนะนำสามารถต้องอาศัยคุณลักษณะของสินค้า บริการ หรือเนื้อหารายการจากคำสำคัญ ต่างๆ ที่มีลักษณะคล้ายกัน ส่งผลให้การแนะนำการตัดสินใจเหมาะสมกับรูปแบบและพฤติกรรมของลูกค้าแต่ละคน โดยอาศัยข้อมูลของผู้ใช้งาน หรืออาศัยความนิยมในรายการของผู้ใช้รายอื่นๆที่มีความนิยมคล้ายคลึงกับผู้ใช้ที่กำลังใช้งาน มาใช้ในการวิเคราะห์คัดกรองให้เหมาะสมต่อผู้ใช้งาน [4] โดยทั่วไประบบแนะนำ ประกอบไปด้วย 4 ส่วน [5] คือ 1.ส่วนข้อมูลพื้นฐานที่ต้องใช้ในการประมวลผล 2.ส่วนการป้อนข้อมูลของผู้ใช้ 3.ส่วนอัลกอริทึมในการคำนวณ 4.ส่วนการนำเสนอ

คำแนะนำ และการพัฒนาระบบให้คำแนะนำทั่วไปจะใช้เทคนิคการกรองข้อมูลซึ่งแบ่งเป็น 3 วิธี คือ 1.Content-based เป็นการแนะนำสินค้าหรือบริการที่ได้มาจากการพิจารณาความคล้ายคลึงของพฤติกรรมความชื่นชอบของผู้ใช้งานในอดีตที่ผ่านมา [6] ซึ่งความคล้ายคลึงนั้นสามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องของสินค้านั้นกับสินค้าที่ผู้ใช้งานได้เคยใช้ในอดีตที่ผ่านมา ตัวอย่าง เช่น ถ้าผู้ใช้งานได้มีการให้คะแนนในระดับสูงกับภาพยนตร์ประเภทแอคชั่น ดังนั้นระบบผู้แนะนำก็จะนำเสนอภาพยนตร์เรื่องอื่นที่มาจากประเภทนี้ 2.Collaborative filtering เป็นการแนะนำสินค้าหรือบริการ โดยการพิจารณาความคล้ายคลึงกันของผู้ใช้งานที่เป็นเป้าหมายในการแนะนำกับบุคคลอื่นที่มีรสนิยมหรือความชื่นชอบคล้ายคลึงกัน ซึ่งความคล้ายคลึงกันระหว่างบุคคลนั้นสามารถคำนวณได้จากความคล้ายกันของลักษณะการให้คะแนนสินค้าหรือบริการในอดีต [6] 3.Hybrid recommendation เป็นการผสมผสานวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวไปในการสร้างการแนะนำ โดยจะนำจุดเด่นของวิธีการหนึ่งไปปรับปรุงจุดด้อยของอีกวิธีการ เช่น เมื่อมีสินค้าใหม่ที่ยังไม่เคยมีการให้คะแนน ก็จะไม่สามารถแนะนำด้วยวิธีการ Collaborative filtering ได้ ดังนั้นจึงนำวิธีการ Content-based มาใช้สร้างโอกาสเพื่อแนะนำสินค้าที่มาใหม่ เป็นต้น

3.การออกแบบ และพัฒนาระบบ

แนวคิดของการพัฒนาเครื่องมือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ในธุรกิจท่องเที่ยว จะแบ่งการทำงานระบบออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ 1.ส่วนการแสดงผลของข้อมูลรายการแพ็คเกจท่องเที่ยวจากฐานข้อมูลที่ประมวลผลรายการแนะนำแล้วมาแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน 2.ส่วนจัดการข้อมูลพื้นฐาน ใช้จัดการข้อมูลสมาชิก แพ็คเกจท่องเที่ยว และคะแนนความนิยมแพ็คเกจท่องเที่ยว โดยจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล เพื่อให้ส่วนระบบงานอื่นนำไปประมวลผลต่อไป 3.ส่วนระบบคำแนะนำข้อมูล โดยรวมแบบผสมผสาน (Hybrid Recommender System) เป็นการแนะนำแพ็คเกจการท่องเที่ยวให้กับผู้ใช้งาน โดยคำนวณจากลักษณะการให้คะแนนแพ็คเกจท่องเที่ยวจากความชื่นชอบของผู้ใช้งาน และความคล้ายคลึงกันของคุณลักษณะของแพ็กเกจท่องเที่ยวจากฐานข้อมูล แสดงภาพรวมการทำงานระบบแนะนำแพ็คเกจการท่องเที่ยวดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมการทำงานระบบแนะนำแพ็กเกจการท่องเที่ยว

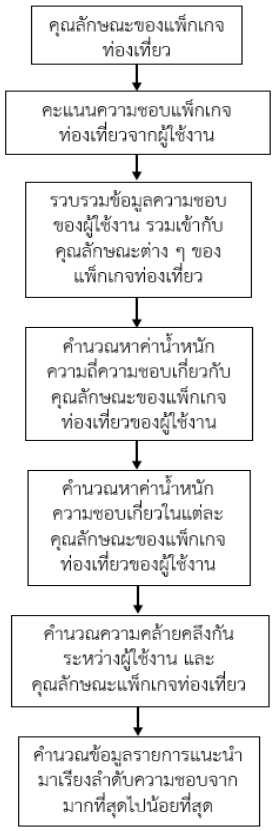
3.1 เว็บแอปพลิเคชัน

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลข้อมูล จัดการข้อมูลผู้ใช้งาน และจัดการรูปแบบแพ็คเกจท่องเที่ยว โดยใช้ภาษา JavaScript ในการพัฒนาระบบ และ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งาน และเข้าถึงได้ง่ายทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.2 ส่วนการพัฒนาระบบให้คำแนะนำ

การออกแบบส่วนระบบให้คำแนะนำแบบผสมผสาน (Hybrid Recommender) ใช้ข้อมูลคะแนนความชอบของผู้ใช้งานต่อแพ็กเกจ และคุณลักษณะของแพ็คเกจการท่องเที่ยว โดยการจัดหมวดหมู่ข้อมูลแพ็คเกจการท่องเที่ยวเพื่อใช้ในการประมวลผล (Category) แบ่งออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ [7] ได้แก่

ข้อมูลพื้นฐานรูปแบบการท่องเที่ยวตามประเภท (ท่องเที่ยวแบ่งตามภูมิภาคการท่องเที่ยว คือ ภาคเหนือ, ภาคกลาง, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคใต้ และภาคตะวันออก 2.การท่องเที่ยวแบ่งตามภูมิประเทศ คือ ภูเขา , เมือง, น้ำตก, ทะเล และแม่น้ำ 3.ระดับโรงแรม หรือที่พัก ได้แก่ 1-2 ดาว, 3 - 4 ดาว และ 5 ดาว 4.ระยะเวลาในการท่องเที่ยว คือ 1 - 2 วัน, 3 - 4 วัน และ 5 วันขึ้นไป 6.ช่วงราคา คือ น้อยกว่า 5,000 บาท, 5,001- 10,000 บาท และ 10,001 บาทขึ้นไป โดยขั้นตอนการทำงานส่วนระบบให้คำแนะนำแพ็คเกจการท่องเที่ยว แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของส่วนระบบให้คำแนะนำแพ็คเกจการท่องเที่ยว

4.วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 การสร้างระบบให้คำแนะนำ

การสร้างข้อมูลโดยรวมแบบผสมผสาน (Hybrid Recommender System) ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน [8] คือ

1.การสร้างเมตริกซ์รวบรวมข้อมูลความชื่นชอบของผู้ใช้งานที่ให้แต่ละแพ็กเกจท่องเที่ยว รวมเข้ากับเมตริกซ์คุณลักษณะต่าง ๆ ของแพ็กเกจการท่องเที่ยว ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อรวมตารางดังกล่าวเข้าด้วยกันจะได้เป็นเมตริกซ์ใหม่เรียกว่า ความชื่นชอบโดยรวมของผู้ใช้งานแต่ละคุณลักษณะในแต่ละแพ็กเกจการท่องเที่ยว

ตารางที่ 1 เมตริกซ์ข้อมูลความชอบของผู้ใช้งานที่ให้กับแต่ละแพ็กเกจท่องเที่ยว

Packege / User	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
user1	3	4	2	3	4	3	3	5	4	4
user2	0	0	5	4	5	4	3	3	2	0
user3	3	3	4	0	5	4	0	3	3	0
user4	0	2	4	4	3	4	3	5	5	0
user5	5	4	2	3	4	3	4	0	0	5
user6	2	2	3	5	3	4	5	0	2	2
user7	4	4	5	5	0	4	2	4	5	1

ตารางที่ 2 เมตริกซ์คุณลักษณะต่าง ๆ ของแพ็กเกจการท่องเที่ยว

	north	central	north east	south	east	water fall	moun tain	city	sea	river	1to2 star	3to4 star	5star	1to2 day	3to4 day	5than day	cheap price	moderate price	expen sive price
P1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
P2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
P3	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
P4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
P5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
P6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
P7	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
P8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
P9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
P10	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1

2. คำนวณหาค่า Global Criteria Weights ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาทำการวิเคราะห์เพื่อคำนวณค่า global criteria weights ของผู้ใช้งานแต่ละบุคคล โดยค่า global criteria weights หมายถึง ค่าที่แสดงความชอบเกี่ยวกับคุณลักษณะของแพ็กเกจที่ผู้ใช้งานชอบ ซึ่งในปกติกลุ่มผู้ใช้งานเดียวกันจะทำการเลือกหรือชอบแพ็คเกจท่องเที่ยวลักษณะนั้นบ่อยๆ ทำให้ทราบได้ว่ากลุ่มลูกค้าเดียวกันมักจะมีความสนใจในลักษณะของแพ็กเกจการท่องเที่ยวเดียวกันเป็นพิเศษ โดยคำนวณค่า global criteria weights ได้จากความถี่ของลักษณะของแพ็กเกจการท่องเที่ยว จากนั้นจึงปรับเปลี่ยนค่าความถี่ของแต่ละคุณลักษณะให้อยู่ในช่วงค่าคะแนนระหว่าง 0 – 1 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังสมการที่ 1

$$G_{x,a} = \frac{\sum Pb_{i,a}}{MAX_{i,a}} \quad (1)$$

เมื่อ G คือ ค่า global criteria weights

x คือ ผู้ใช้งาน

a คือ คุณลักษณะของแพ็กเกจ

Pb คือ ค่าไบนารีของคุณลักษณะของแพ็กเกจท่องเที่ยว

i คือ แพ็กเกจท่องเที่ยว

MAX คือ จำนวนคุณลักษณะของแพ็กเกจท่องเที่ยวมากที่สุดของผู้ใช้งาน

3. คำนวณหาระดับความสนใจหรือค่าน้ำหนักที่ผู้ใช้งานแต่ละคนกำหนดให้กับแต่ละคุณลักษณะของแพ็กเกจท่องเที่ยว ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 มาทำการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาระดับความสนใจหรือค่าน้ำหนักที่ผู้ใช้งานแต่ละคนกำหนดให้กับคุณลักษณะต่างๆ ของแพ็กเกจท่องเที่ยว ที่มีอยู่ในส่วนเนื้อหาของแต่ละแพ็กเกจที่เกี่ยวข้อง เพื่อต้องการคำนวณหาความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเลือกแพ็กเกจท่องเที่ยวของผู้ใช้งานที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ (Attribute Rating) ในรูปแบบของในช่วงค่าคะแนนระหว่าง 0 – 1 เพื่อให้สามารถไปเปรียบเทียบกับค่า global criteria weights ของกลุ่มผู้ใช้งานได้ในภายหลัง ได้ ดังสมการที่ 2

$$SW_{x,i,a} = Pb_{i,a} * G_{x,a} \quad (2)$$

เมื่อ SW คือ ค่าน้ำหนักระดับความสนใจของผู้ใช้งาน

x คือ ผู้ใช้งาน

a คือ คุณลักษณะของแพ็กเกจ

i คือ แพ็กเกจท่องเที่ยว

Pb คือ ค่าไบนารีของคุณลักษณะของแพ็กเกจท่องเที่ยว

G คือ ค่า global criteria weights

จากนั้นนำค่าที่ได้จากค่าน้ำหนักระดับความสนใจของผู้ใช้งานมาคำนวณหาค่าความชอบแต่ละคุณลักษณะที่ผู้ใช้งานมีต่อแพ็กเกจท่องเที่ยวต่างๆ นำมาคูณกับค่าความชอบของผู้ใช้งานโดยรวมที่ผู้ใช้งานกำหนดให้กับแพ็คเกจท่องเที่ยวนั้นๆ และทำการปรับเปลี่ยนค่าความชอบของผู้ใช้งานโดยรวมที่ผู้ใช้งานกำหนดให้กับแพ็คเกจท่องเที่ยวนั้นๆ จากช่วงคะแนน 1 – 5 ให้เป็นความถี่ค่าคะแนนระหว่าง 0 – 1 เพื่อให้สามารถไปเปรียบเทียบกับค่าค่าน้ำหนักระดับความสนใจของผู้ใช้งานได้ ดังสมการที่ 3

$$Law_{x,i,a} = SW_{x,i,a} * OA_{x,i} \quad (3)$$

เมื่อ *Law* คือ ค่าความชอบของแต่ละคุณลักษณะที่ผู้ใช้งานมีต่อแพ็กเกจท่องเที่ยวต่างๆ

x คือ ผู้ใช้งาน

a คือ คุณลักษณะของแพ็กเกจ

i คือ แพ็กเกจท่องเที่ยว

SW คือ ค่าน้ำหนักระดับความสนใจของผู้ใช้งาน

OA คือ ค่าความชอบแพ็คเกจท่องเที่ยวโดยรวมของผู้ใช้งาน

4. การวัดค่าระดับความเข้มข้นของแต่คุณลักษณะ เป็นขั้นตอนวิธีการรวบรวมข้อมูล และวัดค่าระดับความเข้มข้นของแต่ละคุณลักษณะที่ปรากฏอยู่ในเนื้อหาของแพ็กเกจท่องเที่ยวต่างๆ คำนวณหาระดับความสนใจหรือค่าน้ำหนักที่ผู้ใช้งานแต่ละบุคคล ซึ่งค่าเดิมที่ใช้ในการอธิบายว่ามีคุณลักษณะในแต่ละแพ็คเกจนั้นหรือไม่เท่านั้น ไม่สามารถบอกระดับความเข้มข้นของแต่ละคุณลักษณะที่แท้จริงได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยความชอบต่อแพ็กเกจท่องเที่ยวจากกลุ่มผู้ใช้งานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมกันพิจารณา (Collaborate) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดคือการคำนวณค่าเฉลี่ยของความชอบแพ็กเกจท่องเที่ยวต่างๆ ของผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะนั้นๆ ดังแสดงได้ด้วยสมการที่ 4

$$AW_{x,a} = \frac{\sum Law_{x,i,a}}{N_{i,a}} \quad (4)$$

เมื่อ *AW* คือ ระดับความเข้มข้นของคุณลักษณะที่ผู้ใช้งานมีต่อแพ็กเกจท่องเที่ยวต่างๆ

x คือ ผู้ใช้งาน

a คือ คุณลักษณะของแพ็กเกจ

Law คือ ค่าความชอบของแต่ละ คุณลักษณะที่ผู้ใช้งานมีต่อแพ็กเกจท่องเที่ยวต่างๆ

i คือ แพ็กเกจท่องเที่ยว

N คือ จำนวนนับคุณลักษณะของแต่ละแพ็กเกจที่มากที่สุด

การหาความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งานหรือแพ็กเกจท่องเที่ยว (Similarity) ในระบบแนะนำจะสามารถวัดได้จากการประยุกต์ใช้วิธีการวัดคามคล้ายคลึงแบบ Tanimoto correlation เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการแนะนำที่ได้นำเสนอเพื่อเปรียบเทียบระหว่างผู้ใช้งานกับแพ็กเกจท่องเที่ยว ดังแสดงในสมการที่ 5

$$sim_{x,i} = \frac{\sum(G_{x,a}) * (AW_{i,a})}{\sum(G_{x,a})^2 + \sum(AW_{i,a})^2 - \sum(G_{x,a}) * (AW_{i,a})} \quad (5)$$

เมื่อ *sim* คือ ค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งานกับแพ็กเกจท่องเที่ยว

G คือ ค่า global criteria weights

AW คือ ระดับความเข้มข้นของคุณลักษณะ ที่ผู้ใช้งานมีต่อแพ็กเกจท่องเที่ยวต่างๆ

x คือ ผู้ใช้งาน

a คือ คุณลักษณะของแพ็กเกจ

i คือ แพ็กเกจท่องเที่ยว

4.2 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

จากการหาค่าความคล้ายคลึงกันของข้อมูลทำการรวบรวมข้อมูลแบบผสมผสานระหว่างผู้ใช้งานหรือระหว่างคุณลักษณะแพ็กเกจท่องเที่ยว และคำนวณค่า similarity ที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ภาษา JavaScript ในการพัฒนาระบบ และ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล โดยนำข้อมูลของผู้ใช้งานที่ทำการให้คะแนนความชอบต่อแพ็คเกจการท่องเที่ยวต่างๆ จำนวน 30 กลุ่มตัวอย่างที่มีให้เรียนรู้ เพื่อทำการสร้างรูปแบบของระบบขึ้นมา โดยประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

1. ส่วนการแสดงผลลัพธ์ข้อมูลการแนะนำรูปแบบแพ็คเกจท่องเที่ยว ตามคำแนะนำของระบบบนหน้าแรกของเว็บไซต์ โดยแนะนำแพ็คเกจท่องเที่ยวให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานอยู่ ณ ขณะนั้น มีเมนูแสดงแพ็คเกจทัวร์ยอดนิยม แพ็คเกจทัวร์มาใหม่ และแพ็คเกจทัวร์แบ่งตามหมวดหมู่ ดังรูปที่ 3



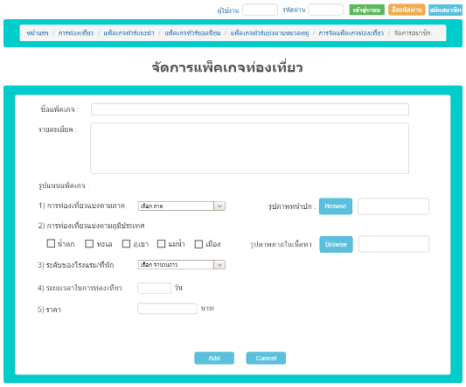
รูปที่ 3 การแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน

2. ส่วนการให้คะแนนความชอบรูปแบบแพ็คเกจท่องเที่ยว ผู้ใช้งานต้องทำการสมัครสมาชิกก่อน จึงสามารถให้คะแนนความชอบต่อแพ็คเกจการท่องเที่ยวได้ เพื่อให้ระบบนำข้อมูลความชอบของผู้ใช้งานไปคำนวณรายการแพ็คเกจแนะนำให้ตรงกับความชอบ หรือความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างแม่นยำ ดังรูปที่ 4

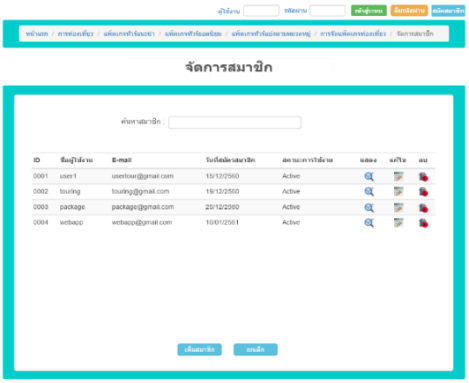


รูปที่ 4 การให้คะแนนความชอบรูปแบบแพ็คเกจท่องเที่ยว

3. ส่วนการจัดการข้อมูลนี้ผู้ดูแลระบบเป็นผู้จัดการข้อมูลพื้นฐานของสมาชิก และกำหนดรูปแบบของแพ็คเกจท่องเที่ยวแสดงบนเว็บไซต์ ดังรูปที่ 5 – 6



รูปที่ 5 แสดงผลหน้าจัดการแพ็กเกจท่องเที่ยว



รูปที่ 6 แสดงผลหน้าจัดการสมาชิก

4.3 การทดสอบระบบ

หลังจากพัฒนาระบบและสร้างรูปแบบของระบบแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือทำการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของระบบ ซึ่งการพัฒนาเครื่องมือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ในธุรกิจท่องเที่ยว โดยใช้การประเมินค่าความแม่นยำ Confusion Matrix [9] คือ การประเมินผลลัพธ์คำแนะนำแพ็กเกจท่องเที่ยวจากระบบ เปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง โดยจะใช้ค่าความแม่นยำ (Recall) และค่าวัดประสิทธิภาพ (F-measure) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Confusion Matrix [9]

		Predicted	
		Yes	No
Actual	Yes	A	B
	No	C	D

เมื่อ *A* คือ จำนวนข้อมูลที่แนะนำได้ถูกต้อง (True Positive)

B คือ จำนวนข้อมูลที่แนะนำไม่ถูกต้อง (False Negative)

C คือ จำนวนข้อมูลที่ต้องการแต่ไม่ถูกแนะนำ (False Positive)

D คือ จำนวนข้อมูลที่ไม่ต้องการและไม่ถูกแนะนำ (True Negative)

เพื่อทดสอบความถูกต้องจากการสุ่มข้อมูลการให้คำแนะนำแพ็กเกจท่องเที่ยวแก่ผู้ใช้งานจำนวน 40 ครั้ง โดยคำนวณได้จากสมการที่ 6, 7 และ 8 ตามลำดับ

$$P = \frac{A}{A+B} \quad (6)$$

$$R = \frac{A}{A+C} \quad (7)$$

$$F-measure = \frac{2RP}{R+P} \quad (8)$$

เมื่อ *P* คือ ค่าความแม่นยำ (Precision)

R คือ ค่าความเที่ยงตรง (Recall)

F-measure คือ ค่าวัดประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4 การประเมินผลลัพธ์จากระบบเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง

		Predicted	
		Yes	No
Actual	Yes	27	2
	No	4	7

จากผลการทดสอบความถูกต้องจากระบบตารางที่ 4 เปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง โดยการสุ่มการให้คำแนะนำแพ็กเกจท่องเที่ยวแก่ผู้ใช้งานเป็นจำนวน 40 ครั้ง สามารถหาค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความเที่ยงตรง (Recall) และค่าวัดประสิทธิภาพ (F-measure) ได้ผลดังนี้

$$P = \frac{A}{A+B} = \frac{27}{27+2} = 0.9310$$

$$R = \frac{A}{A+C} = \frac{27}{27+4} = 0.8709$$

$$F-measure = \frac{2*(0.8709)*(0.9310)}{(0.8709)+(0.9310)}$$

$$F-measure = \frac{1.6216}{1.8019} = 0.8990$$

จากผลการทดสอบระบบการพัฒนาเครื่องมือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ในธุรกิจท่องเที่ยว พบว่าค่า C คือ จำนวนข้อมูลที่ต้องการแต่ไม่ถูกแนะนำ (False Positive) เท่ากับ 4 และค่า B คือ จำนวนข้อมูลที่แนะนำไม่ถูกต้อง (False

Negative) เท่ากับ 2 อาจเกิดจากคุณลักษณะของแพ็กเกจท่องเที่ยวยังไม่ครอบคลุมต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และการให้คะแนนความชอบแพ็กเกจท่องเที่ยวของผู้ใช้งานไม่เพียงพอต่อการคำนวณให้คำแนะนำของระบบ ส่งผลให้เกิดการคำนวณที่ผิดพลาดขึ้น ซึ่งทำการคำนวณค่าความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 93.10% ค่าความเที่ยงตรง (Recall) เท่ากับ 87.09% และค่าวัดประสิทธิภาพ (F-measure) เท่ากับ 89.90%

5.สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ในธุรกิจท่องเที่ยว โดยใช้การข้อมูลโดยรวมแบบผสมผสาน (Hybrid Recommender System) โดยการรวมการให้คำแนะนำแบบ Content Based และการให้คำแนะนำแบบ Collaborative Filtering เข้าด้วยกันเพื่อลดข้อจำกัดในการให้คำแนะนำของผลลัพธ์ที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน และความเบาบางของข้อมูล และนำมาพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเครื่องมือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการ SMEs ในธุรกิจท่องเที่ยว ให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพ พบว่า ค่าความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 93.10% ค่าความเที่ยงตรง (Recall) เท่ากับ 87.09% และค่าวัดประสิทธิภาพ (F-measure) เท่ากับ 89.90%

การวิจัยในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะการวิจัยในอนาคตโดยสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในธุรกิจอื่นๆ ในการให้คำแนะนำรูปแบบของสินค้าหรือบริการต่างๆ ให้ตรงกับรูปแบบของกิจการของผู้ประกอบการ SMEs ต่างๆ ให้เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการกิจการของผู้ประกอบการ SMEs มากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ธนกฤต สังข์เฉย (2550). อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการบริการ, คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

[2] B. Smith and G. Linden (2017). Two Decades of Recommender Systems at Amazon.com, IEEE Internet Computing, vol. 21, no. 3, pp: 12-18.

[3] IMDb official site, URL: https://www.imdb.com, access on 26/01/2018.

[4] Ricci, F., Rokach, L. and Shapira, B. (2011). Introduction to Recommender Systems Handbook, In Ricci, F. et al., (Edis.), Recommender Systems Hand book, Springer US., pp: 1-35.

[5] Felfernig A., Friedrich G., and Schmidt-Thieme L.. (2007). Recommender Systems, IEEE Intelligent Systems Special Issue on Recommender Systems, IEEE Computer Society.

[6] Li, Y.M., Hsiao, H.W. and Lee, Y.L. (2013). Recommending social network applications via social filtering mechanisms, Inform Sci. 239, pp: 18-30.

[7] นฤพนธ์ พนาวงศ์, จักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะหุต (2555). การออกแบบระบบแนะนำข้อมูลท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยใช้หลักการประเมินค่าน้ำหนักคะแนนแบบหลายปัจจัยและหลายมิติ, การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 10, หน้า 271-283.

[8] นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์ (2555). ระบบผู้แนะนำแบบหลายเกณฑ์จากข้อมูลแบบไฮบริด, วารสารสุทธิปริทัศน์, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, หน้า 111 –128.

[9] Maria Navin J R, and Pankaja R (2016). Performance Analysis of Text Classification Algorithms using Confusion Matrix, International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), Volume-6, Issue-4, December 2016, pp: 75 – 78.

ผลของอุณหภูมิต่อสารชีวโมเลกุลของปลอกกระสุนปืนขนาด 11 มิลลิเมตร และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธีเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี

The Temperature Effects on the Biomolecules of 11 mm. Cartridge Case and Its Analysis of Chemical Composition Using Gas Chromatography - Mass Spectrometry Techniques.

นายพงศ์ธร ขาวผ่อง[1], รศ.ดร.วีรชัย พุทธวงศ์[2] ,*

[1] สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ อาคารศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 8 ชั้น 9 ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่: กรุงเทพมหานคร 10210

[2] สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เลขที่ 1 หมู่ 1 ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

*ผู้ติดต่อ: e_tunthaitower1@hotmail.com, 081-5502912, 089-7012540

บทคัดย่อ

วัตถุพยานประเภทปลอกกระสุนปืนอาจเกิดความเสียจากการผ่านความร้อนสูงหลังการยิง ปลอกกระสุนปืนขนาด 11 มิลลิเมตรเป็นวัตถุพยานที่สำคัญในทางนิติวิทยาศาสตร์ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาสารชีวโมเลกลุบนลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนปลอกกระสุน โดยใช้หัวแม่มือกดกระสุนปืนลงในแมกกาซีนด้วยแรงที่เท่ากันแล้วทำลำดับที่จานท้ายกระสุนเพื่อให้ทราบลำดับการยิงในลำดับที่ 1-6 จากนั้นทำการยิงกระสุนปืนด้วยระยะในการยิงแบ่งเป็น 1 วินาที 3 วินาที และ 5 นาที นอกจากนี้เรายังศึกษาถึงความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นด้วยกล้องอินฟาเรด พบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อสารชีวโมเลกุลของลายนิ้วมือบนปลอกกระสุนที่ความสัมพันธ์เวลา (*RT*) *RT*=15.855, *RT*=16.235 และ *RT*=19.963 โดยวิธีเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี และนำผลของสารชีวโมเลกุลที่ปรากฏมาหาความสัมพันธ์ เพื่อทำนายลำดับของปลอกกระสุนปืนจากการยิงแต่ละครั้ง

คำหลัก *:* ลายนิ้วมือแฝง, ปลอกกระสุนปืน, สารชีวโมเลกุล, แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี

Abstract

The evidence of Cartridge case after firing may be damage by high temperature. The 11 millimeter cartridge case is one of the important witness objects in forensic science. In this study, the researcher aims to identify biomolecules on the latent fingerprints on the cartridge case after shooting. The thumb has been used to press the ammunition in the magazine with the same force then make a sequence at the end of the ammunition in order to know the firing sequence in order 1-6, then shoot the bullet with a firing range of 1 sec, 3 sec, and 5 min. We also studied the heat generated by the infrared camera. It was found that the heat affected the biomolecules of the fingerprints on cartridge case at relation time (*RT*) *RT* = 15.855, *RT* = 16.235 and *RT* = 19.963. Using Gas Chromatography - Mass Spectrometry Techniques. The relationship results of biomolecules visible have been analyzed. The prediction of the sequence of cartridge case from each shot were determined.

Keyword*:* Latent fingerprints, Cartridge case, Biomolecules, Gas Chromatography - Mass Spectrometry

1. บทนำ

ปัจจุบันการตรวจสอบวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุมีวิธีการที่หลากหลายในการคัดเลือกวัตถุพยาน [1] ซึ่งปัจจัยและการคัดเลือกวัตถุพยานก็ขึ้นอยู่กับเหตุนั้นๆ เช่นเหตุที่มีการใช้อาวุธปืนหรือเหตุยิงปะทะ มักพบปลอกกระสุนในสถานที่เกิดเหตุ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยให้ความสนในอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ M 1911 A1 ซึ่งใช้ขนาดกระสุน 11 มิลลิเมตร แบบ .45 AUTO 230gr FMJ BALL หรือ .45 ACP ที่มีอนุภาพทำลายล้างสูงถ้าเทียบกับปืนเล็กสั้นขนาดอื่นๆ จึงเป็นอาวุธที่นิยมใช้เป็นอาวุธที่หวังต่อชีวิต อย่างไรก็ตามในการก่อเหตุยิงปะทะผู้ก่อเหตุไม่สามารถที่จะเก็บปลอกกระสุนหลังการยิงได้เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการก่อเหตุค่อนข้างจำกัด ปลอกกระสุนปืนที่ตกอยู่ในสถานที่เกิดเหตุจึงเป็นหลักฐานสำคัญที่จะสามารถบอกสิ่งที่เกิดขึ้นในที่เกิดเหตุได้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังที่จะทำให้วัตถุพยานจากปลอกกระสุนปืนที่พบในสถานที่เกิดเหตุสามารถที่จะบอกถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ โดยศึกษาความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการยิงปืนที่มีระยะเวลายิงที่ต่างกัน และบันทึกผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ศึกษาสารชีวโมเลกุลที่ติดอยู่ที่ปลอกกระสุนปืนหลังการยิงโดยวิธีเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี หาความแตกต่างที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการยิงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

2. วัสดุและวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมปลอกกระสุน

ผู้วิจัยทำความสะอาดกระสุนด้วย ethanol 95% แล้วลำดับหรือสัญลักษณ์ที่จานท้ายกระสุนเพื่อให้ทราบลำดับการยิงของกระสุนนัดที่ 1-6 จากนั้นผู้วิจัยล้างมือให้สะอาด หลังจากนั้นนำนิ้วมือมาจับที่จมูก ก่อนประทับลายนิ้วมือแฝงบนปลอกกระสุน [2-3] และทำการบรรจุกระสุนโดยใช้หัวแม่มือกดกระสุนปืนลงในแมกกาซีน โดยใช้แรงที่เท่ากัน โดยใส่ลำดับที่ 6,5,4,3,2,1ตามลำดับจำนวน 6 นัด ผู้วิจัยยิงกระสุนจำนวน 6 นัด [4] โดยเว้นระยะห่างแต่ละนัดเป็น 1 วินาที (เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่สามารถเกิดได้สูงสุดในหารยิงต่อเนื่อง ทำ 3 ชุด) 3 วินาที (เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบกับงานวิจัยเดิมของกระสุนขนาด9 มิลลิเมตร ทำ 3 ชุด) 5 นาที (เพื่อศึกษาว่ากระสุนที่ยิงแต่ละนัดในสภาวะปกติสามารถตรวจหาสารชีวโมเลกุลได้และตรวจหาลายนิ้วมือโดยน้ำยาได้หรือไม่ ทำ 6 ชุด)

โดยขณะทำการยิงปืนแต่ละนัดให้ทำการวัดอุณหภูมิที่บริเวณรังเพลิงด้วยกล้องจับความร้อนหรือกล้องอินฟาเรดและนำค่าความร้อนที่ได้ไปบันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย ใช้ปากคีบปลอกกระสุนเก็บในช่องพลาสติกตามลำดับ

2.2 การหาผลกระทบของสารชีวโมเลกุลหลังการยิงปืนโดยใช้เทคนิค GC-MS

นำปลอกระสุนปืนที่ได้หลังจากการยิงปืนมาล้างด้วย ethanol 95% ปริมาณ 2 มิลลิลิตร โดยแบ่งจาก 1 วินาที, 3 วินาที และ 5 นาที จำนวนอย่างละ 3 ชุด แล้วนำสารละลายที่ได้ใส่ในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร

ทำ Control จำนวน 3 ชุด โดยการนำนิ้วมือมาจับที่จมูกแล้วประทับลายนิ้วมือแฝงบนปลอกกระสุนไม่ต้องนำไปยิงแล้วนำมาล้างด้วย ethanol 95% ปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วทำให้ตัวอย่างทั้งหมดแห้ง

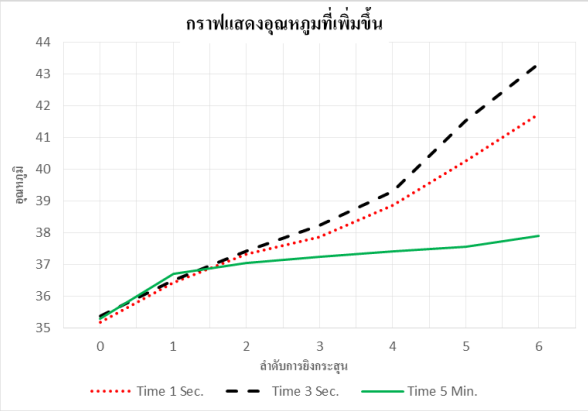
จากนั้นเติมสารละลาย ethyl acetate ปริมาณ 1 มิลลิลิตร แล้วย้ายสารละลายที่ได้ ใส่ขวดขนาด 1.5 มิลลิลิตร เพื่อนำไปเข้ากระบวนการ Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS) [5-6] โดยมี Blank เป็น ethanol 95% ที่ทำให้แห้ง แล้วเติมสารละลาย ethyl acetate ปริมาณ 1 มิลลิลิตร

3. ผลการทดลอง

3.1 ความร้อนที่เกิดขึ้นในรังเพลิง

จากการทดลองพบว่า ความร้อนสะสมที่แผ่ออกจากรังเพลิงมาภายในปืนขนาด 11 มิลลิเมตร ที่ตรวจจับ

ด้วยกล้องอินฟาเรดพบว่า ที่การยิงระยะห่าง 1 วินาที, 3 วินาที และ 5 นาที พบว่าอุณหภูมิก่อนการยิงภายในรังเพลิงวัดได้อยู่ที่ ประมาณ 35 องศาเซลเซียส หลังจากทำการยิงพบว่า อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการยิงที่ระยะห่าง 1 วินาที มีความร้อนสะสมเฉลี่ยอยู่ที่ นัดที่ 1 = 36.5 องศาเซลเซียส, นัดที่ 2 = 37.4 องศาเซลเซียส, นัดที่ 3 = 38.2 องศาเซลเซียส, นัดที่ 4 = 39.3 องศาเซลเซียส, นัดที่ 5 = 41.5 องศาเซลเซียส, นัดที่ 6 = 41.7 องศาเซลเซียส ที่ระยะห่าง 3 วินาที มีความร้อนละสมเฉลี่ยอยู่ที่ นัดที่ 1 = 36.4 องศาเซลเซียส, นัดที่ 2 = 37.3 องศาเซลเซียส, นัดที่ 3 = 38.0 องศาเซลเซียส, นัดที่ 4 = 39.0 องศาเซลเซียส, นัดที่ 5 = 40.2 องศาเซลเซียส, นัดที่ 6 = 43.3 องศาเซลเซียส และที่ระยะห่าง 5 นาที มีความร้อนละสมเฉลี่ยอยู่ที่ นัดที่ 1 = 36.7 องศาเซลเซียส , นัดที่ 2 = 37.0 องศาเซลเซียส, นัดที่ 3 = 37.2 องศาเซลเซียส, นัดที่ 4 = 37.4 องศาเซลเซียส, นัดที่ 5 = 37.5 องศาเซลเซียส, นัดที่ 6 = 37.9 องศาเซลเซียส รูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของระยะห่างของการยิง 1 วินาที, 3 วินาที และ 5 นาทีกับอุณหภูมิ

3.2 ผลกระทบของสารชีวโมเลกุลหลังการยิง

จากตารางที่ 1 จะพบว่าปลอกกระสุนที่ประทับลายนิ้วมือและไม่ผ่านการยิง (Control) จะพบสารทั้งหมดจำนวน 5 ชนิด 1.Hexadecanamide (*RT* = 14.127) [7], 2. 3,4 Octadiene,7 -methyl- (*RT* = 15.855) [8], 3. 9 -Octadecenamine,(Z)- (*RT* = 15.930 และ 16.235) [9],4. 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2 ,6 ,1 0 ,1 5 ,1 9 ,2 3 ,-hexamethyl-,(All-E)- (*RT* = 19.963) [10], 5. Cholesta-3,5-diene (*RT* = 20.300) [11]

ส่วนปลอกกระสุนที่ผ่านการยิงที่ระยะห่างของการยิง 1 วินาที, 3 วินาที และ 5 นาที จะพบสารทั้งหมดจำนวน 7 ชนิด 1. 1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester (*RT* = 11.293) [12], 2. Hexadecanamide (*RT* = 14.127), 3. 7-Tetardecyne (*RT* = 15.844) [13], 4. 9-Octadecenamine,(Z)- (*RT* = 15.930), 5. Octadecanamine (*RT* = 16.224) [14], 6 Docosa-2 ,6 ,1 0 ,1 4 ,1 8 - pentaen-2 2 -al, 2,6,10,15,18-pentamethyl,all-trans (*RT* = 19.957) [15], 7. Cholesta-3,5-diene (*RT* = 20.300)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณ Abundance ที่เกิดในแต่ละ relation time (*RT*) จากระยะเวลาการยิงที่ต่างกัน

ID in GC-MS	Abundance											
	1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester (83%)	Hexadecanamide (95%)	(9)-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol(45%)	7-Tetardecyne (49%)	3,4 Octadiene,7-methyl-(41%)	9-Octadecenamine,(Z)- (94%)	Octadecanamine (90%)	9-Octadecenamine,(Z)- (87%)	Docosa-2,6,10,14,18-pentaen-22-al,2,6,10,15,19-pentamethyl,all-trans (90%)	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23,-hexamethyl-,(All-E)-(99%)	Octasiloxane,1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl- (64%)	Cholesta-3,5-diene (97%)
Relation time	11.293	14.127	15.839	15.844	15.855	15.930	16.224	16.235	19.957	19.963	20.284	20.300
blank	-	104398	25741	-	-	461706	137315	-	-	-	6993	-
Control	-	125570	-	-	30591	475366	-	145505	-	241431	-	29304
1sec Sample 1	16420	97560	-	23292	-	401381	118772	-	18980	-	-	14105
1sec Sample 2	17698	91034	-	20276	-	360930	107541	-	15956	-	-	13080
1sec Sample 3	14390	100330	-	24090	-	411594	12982	-	15675	-	-	12641
1sec Sample 4	8646	116838	-	28664	-	469135	141512	-	16758	-	-	14184
1sec Sample 5	8781	108951	-	25912	-	443157	129918	-	22344	-	-	12128
1sec Sample 6	9616	102087	-	23526	-	397866	116536	-	27872	-	-	12142
3sec Sample 1	13051	107208	-	25775	-	458868	138807	-	10287	-	-	9738
3sec Sample 2	15532	110242	-	24135	-	444477	133874	-	9668	-	-	9661
3sec Sample 3	13982	120318	-	28229	-	514090	156331	-	8846	-	-	9617
3sec Sample 4	34835	108834	-	24939	-	466427	139289	-	9199	-	-	9333
3sec Sample 5	11646	10045	-	23968	-	418677	124162	-	9191	-	-	8640
3sec Sample 6	10053	126098	-	30063	-	528684	158108	-	8392	-	-	3957
5min Sample 1	14305	87310	-	22928	-	431466	127424	-	11928	-	-	7747
5min Sample 2	14276	72333	-	17547	-	351531	98968	-	12586	-	-	8475
5min Sample 3	13051	107208	-	25775	-	458868	138807	-	10287	-	-	9738
5min Sample 4	13051	107208	-	25775	-	458868	138807	-	10287	-	-	9738
5min Sample 5	11646	10045	-	23968	-	418677	124162	-	9191	-	-	8640
5min Sample 6	10623	120098	-	27726	-	519822	161128	-	11045	-	-	7953

4. วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการศึกษาพบความร้อนสะสมในรังเพลิงที่เกิดขึ้น การยิงที่ระยะห่าง 1 วินาที พบว่ามีความร้อนสะสมระหว่างการยิงแต่ละนัด อยู่ที่ 1 องศาเซลเซียส ส่วนการยิงที่ระยะห่าง 3 วินาที พบว่าความร้อนสะสมในรังเพลิงมีความร้อนที่สูงกว่า การยิงที่ระยะห่าง 1 วินาที เนื่องจาก มีเวลาให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในรังเพลิง ได้สะสมและถ่ายเทไปยังตัวปืนมากขึ้น และด้วยตัวปืน M1911 A1 เป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้า จึงสามารถสะสมความร้อนได้นานกว่าปืนที่มีส่วนประกอบของโพลิเมอร์ ส่วนการยิงที่ระยะห่าง 5 นาที จะได้ผลของอุณหภูมิในขณะการยิงค่อนข้างคงที่ ประมาณ 37.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีเวลามากพอที่ถ่ายเทความร้อนออกจากตัวรังเพลิงจนเท่ากับอุณหภูมิภายนอกปกติ

การเปลี่ยนแปลของสารชีวโมเลกุลที่เกิดขึ้นจากปลอกกระสุนก่อนการยิงและกระสุนปืนหลังการยิงพบว่ามีทั้งปริมาณของค่า Abundance ที่ปรับตัวลดลง เช่น Cholesta-3,5-diene (*RT*= 20.300) และยังพบสารที่เกิดขึ้นใหม่ และทำให้สารที่มีค่า relation time (*RT*) ใกล้เคียงกันมีการปรับตัวที่ลดลง เช่น Hexadecanamide (*RT* = 14.127) ลดลง ส่วน 1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester (*RT* = 11.293)ปรากฏขึ้นมา และมีการหายไปของสาร ในขณะที่มีสารใหม่เกิดขึ้นมา ใน relation time ที่ใกล้เคียงกัน เช่น 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23,-hexamethyl-,(All-E)- (*RT* = 19.963) หายไป ในขณะที่ Docosa-2,6,10,14,18-pentaen-22-al,2,6,10,15,18-pentamethyl,all-trans(*RT* = 19.957) ปรากกขึ้นมา จะเห็นว่าความร้อนที่เกินขึ้นหลังการยิงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกิดขึ้นบนปลอกกระสุนปืนอย่างเห็นได้ชัด เพราะสารบางตัวเมื่อถูกความร้อนในปริมาณที่สูงมากๆ อาจมีการแตกตัวเปลี่ยนเป็นสารอื่น จึงสามารถทำให้เราตรวจจากความแตกต่างของสารที่เกิดขึ้นได้ จากการทดลองผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้มาใช้ยืนยันในการตรวจสอบวัตถุพยาน ถึงการปนเปื้อนของวัตถุพยาน (contamination) อย่างเช่น เราไม่ควรพบ 3,4 Octadiene,7-methyl (*RT* = 15.855), และ 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23,-hexamethyl-,(All-E)- (*RT* = 19.963) ในปลอกกระสุนที่ผ่านการยิงแล้ว

จากการทดสอบทั้ง 2 การทดลอง ผู้วิจัยพบว่าความร้อนหลังการยิงที่เกิดขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารชีวโมเลกุล โดยของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธีเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี (GC-MS) จะเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน แต่ยังไม่สามารถบ่งบอกถึงรูปแบบของสารชีวโมเลกุลจากการยิงโดยมีระยะห่างของเวลาในการยิงที่แตกต่างกันได้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในลูกกระสุนปืนขนาด 11 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ในกระสุนประเภทดินส่ง Single Base และอาจสูงได้ถึง 5,000 องศาเซลเซียส ถ้าดินส่งมีองค์ประกอบของ Nitroglycerin [16] (Double Base) และจากอุณหภูมิที่ได้จากการวัดบริเวณรังเพลิงด้วยกล้องจับความร้อนหรือกล้องอินฟาเรด หลังการยิงของกระสุนปืนนัดที่ 1-6 มีค่าความของอุณหภูมิที่ต่างกันประมาณ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับความร้อนที่เกิดจากการจุดระเบิดของดินปืน

อย่างไรก็ตามในการตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุจริง สารชีวโมเลกุลที่คาดว่าเป็นของลายพิมพ์นิ้วมือแฝง ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้อาจเกิดจากปนเปื้อนของสารจำพวกน้ำมันหรือสารหล่อลื่นที่ใช้ในการรักษาสภาพของปืน และเกิดการเผาไหม้ด้วยความร้อนจนทำให้องค์ประกอบเปลี่ยนไป หรือ เกิดจากการปนเปื้อนของวัตถุพยาน (contamination) จากสิ่งแวดล้อมในสภาพที่เกิดเหตุจริง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการตรวจพบสารชีวโมเลกุลได้

เช่นกัน ดังนั้นผู้ทำการทดลองควรทำการศึกษาองค์ประกอบของสารหล่อลื่น และศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมในสภาพต่างๆ เพื่อหาความแต่ต่างของสารที่จะเกิดขึ้นต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสนามยิงปืน ค่ายอิงคยุทธบริหาร จังวัดปัตตานี สำหรับการเก็บยิงตัวอย่างปลอกกระสุนปืนที่ใช้ในงานวิจัย ขอบคุณหัวหน้ากลุ่มตรวจพิสูจน์ทางเคมี กองตรวจพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อรรถพล แช่มสุวรรณวงศ์,พล.ต.อ. และคณะ. 2546. นิติวิทยาศาสตร์ 2 เพื่อการสืบสวนสอบสวน (Forensic Science 2 for crime investigation).พิมพ์ครั้งที่ 4, บริษัท ทีซีจีพริ้นติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

[2] เอกจิตรา มีไชยธร. 2551. การศึกษาการปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษด้วยนินโฮดริน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[3] ทองรชฎ เหรียญสุวงษ์.2522. การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนปลอกกระสุนปืนโลหะสีเงินขนาด .38. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[4] ตฤณ พิชิตกุญชร2558:ผลกระทบของอุณหภูมิต่อสารชีวโมเลกุลลายนิ้วมือบนปลอกกระสุนปืนหลังการยิง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(นิติวิทยาศาสตร์)สาขานิติวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

[5] อุเทน ทองแตง. 2554. การตรวจพิสูจน์สารระเบิด RDX ในปริมาณน้อยบนมือและวัตถุของผู้ต้องสงสัยโดยเทคนิค GC-MS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[6] PrabuSL, SuriyaorakashTNK (2012). Extraction of Drug from the Biological Matrix: A Review *Applied Biological Engineering*, 23 March 2012 pp. 479-506

[7] Pubchem Open Chemistry Database. *Palmitamide*,URL:https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hexadecanamide#section=Top, access on 10/07/2018.

[8] Pubchem Open Chemistry Database. *7-Methylocta-3,4-diene*,URL: ttps://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/142131#section=Top, access on 10/07/2018.

[9]Pubchem Open Chemistry Database. *Oleamide*, URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5283387#section=Top, access on 10/07/2018.

[10] Pubchem Open Chemistry Database. *JLUBMMAQMKVTGL-RLROCYJYSA-N*,URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5366014#section=Top, access on 10/07/2018.

[11]Pubchem Open Chemistry Database. *Cholesta-3,5-diene*, URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cholesta-3_5-diene#section=Top, access on 10/07/2018.

[12]Pubchem Open Chemistry Database. *Diisobutyl Phthalate*, URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6782#section=Top, access on 10/07/2018.

[13] Pubchem Open Chemistry Database. *7-Tetardecyne*, URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/141979#section=Top, access on 10/07/2018.

[14]Pubchem Open Chemistry Database.

Octadecane, URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih. gov/ compound/ octadecane#section= Top, access on 10/07/2018.

[15]Pubchem Open Chemistry Database. *MNYUIBWKSTZJLY-OGDZRKEVSA-N*,URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5366006#section=Top, access on 10/07/2018.

[16] ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA. *Nitroglycerin,* URL:https://www.britannica.com/science/Nitroglycerin, access on 16/08/2018.

อินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวงานสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู

Infographics Use for Guidance of Co-operative Education and Professional Experience

อัมพวรรณ ยินดีมาก, ฐิติพร จันทร์ดา จิรนันท์ พรมเขียว , ศรัณยา วิอุสา

สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนน ศรีจันทร์ ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: tenrmuti2017@gmail.com, 083-599-0713

บทคัดย่อ

อินโฟกราฟิก คือการใช้รูปภาพเพื่อการนำเสนอข้อมูล ซึ่งอินโฟกราฟิกมีหลักการออกแบบ 2 ส่วนคือ ด้านข้อมูลและด้านการออกแบบ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิด ทฤษฎีมนุษย์เป็นศูนย์กลางออกแบบ Human Centered Design : HCD [5] ร่วมกับทฤษฎีการออกแบบของ Josh Smith [7] ในการออกแบบ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบอินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลการศึกษาพบว่า 1.รูปแบบอินโฟกราฟิกที่เหมาะกับเนื้อหาเป็นเพียงกรอบแนวทางในการนำไปใช้ให้เหมาะสมกับ ข้อมูลเท่านั้น ไม่ได้ยึดถือรูปแบบใดแบบหนึ่ง 2.ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่ออินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก

คำหลัก: อินโฟกราฟิก,มนุษย์เป็นศูนย์กลางออกแบบ,รูปแบบอินโฟกราฟิก

Abstract

Infographics is the use of images to present information. Infographics has two main components: information and design. For this research, use conceptual framework ,Human centered design: HCD [5], together with Josh Smith's design theory [7], designed to study the design of Infographics Use for Guidance of Co-operative Education and Professional Experience and to study the satisfaction of the target group. The results showed that. 1. An infographics style that fits the content is just a guideline framework to apply to fit. Information only do not take any form. 2. Results of Student Satisfaction Assessment on Infographics for Guidance of Co-operative Education and Professional Experience .It was found that the overall level was very high.

Keywords: Inforgraphics, Human Centered Design, Infographics layout

1. บทนำ

การจัดการหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จัดหลักสูตรรายวิชา ฝึกงานในสถานประกอบการ และปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู ซึ่งกระบวนทัศน์ของรายวิชาทั้งสอง มุ่งเน้นให้นักศึกษา ได้เรียนรู้กระบวนการของการจัดการระบบงาน ทั้งในสถานประกอบการและงานในสถานศึกษา โดยนักศึกษาต้องใช้เวลาในองค์กรตามกรอบเวลาที่กำหนดได้ และก่อนที่จะเข้าสู่การเป็นนักศึกษาฝึกสอนหรือฝึกงานได้นั้น นักศึกษาต้องได้รับการปฐมนิเทศและแนะแนว เพื่อเป็นแนวปฏิบัติ ในการปฏิบัติงานของนักศึกษานอกมหาวิทยาลัย ซึ่งจะได้รับคู่มือการปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นการติดตามผลการปฏิบัติงานของนักศึกษา จากการสัมภาษณ์นักศึกษา ครูนิเทศและ ผู้รับผิดชอบรายวิชา พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ขาดความสนใจในการอ่านคู่มือปฏิบัติงาน ขาดความเข้าใจในขั้นตอนกระบวนการในการออกฝึกงานและฝึกปฏิบัติการสอนวิชาวิชาชีพครู ขาดทักษะในการเขียนรายงานการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง การเก็บข้อมูลแฟ้มสะสมผลงาน ส่งผลให้ การวัดผลการปฏิบัติงาน ไม่เป็นไปตามกระบวนทัศน์ ที่กำหนดไว้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

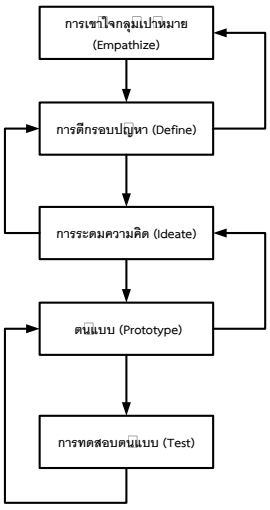
ข้อมูลที่มีความซับซ้อน เชื่อมโยงกับข้อมูลหลายด้าน การแปลงข้อมูลเป็นภาพในรูปแบบของอินโฟกราฟฟิกจะช่วยให้ประชาชนมีความรู้และความเข้าใจได้ดีขึ้น เร็วแจ่มชัดขึ้นกว่าการสื่อสารในรูปแบบของตัวอักษรเพียงอย่างเดียว [1] จากงานวิจัยของมหาวิทยาลัยโรเชสเตอร์ ซึ่งเห็นได้ว่าการนำเสนอข้อมูลร่วมด้วยภาพประกอบนั้น เหมาะกับสังคมยุค 4.0 ที่เน้นความกระชับคำ จับประเด็นใจความสำคัญ แต่ให้สาระที่มหาศาล ไม่ผิดเพี้ยน สื่ออินโฟกราฟิก (Infographic) ย่อมาจาก Information Graphic คือภาพหรือกราฟิกซึ่งบ่งชี้ถึงข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นสถิติความรู้ตัวเลข ฯลฯ เรียกว่าเป็นการย่นย่อข้อมูลเพื่อให้ประมวลผลได้ง่ายเพียงแค่กวาดตามองซึ่งเหมาะสำหรับผู้คนยุคไอที [2] สื่อดิจิทัลได้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เนื่องจากผู้เรียนสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ผ่านสื่อดิจิทัลได้ดีกว่าการเรียนรู้แบบฟังบรรยายจากครูผู้สอนเพียงอย่างเดียว โดยสื่อดิจิทัลที่ใช้ในการเรียนการสอนนั้น ต้องได้รับการออกแบบและพัฒนาให้เหมาะสมกับผู้เรียนและเชื่อมโยงกับเนื้อหาบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนสูงสุด การออกแบบอินโฟกราฟิกเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อเรียนรู้ ซึ่งอินโฟกราฟิกแอนิเมชันช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองแก่ผู้เรียนสนับสนุนให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้จากแหล่งข้อมูลอื่นเพิ่มเติม มีความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ กลุ่มผู้เรียนสามารถที่จะทบทวนเนื้อหาและเรียนรู้ซ้ำได้ [3]

โมชั่นอินโฟกราฟิก (motion infographic) เป็นวิธีการนำเสนอข้อมูลหรือความรู้ที่มีผ่านการประมวลสรุปย่อให้เหลือใจความสำคัญหรือคำตอบที่ต้องการผ่านการออกแบบให้สื่อสารด้วยภาพ ประกอบกับเทคนิคการสร้างการเคลื่อนไหวของภาพอย่างสร้างสรรค์ เพื่อนำเสนอเนื้อหาหรือข้อมูลที่ค่อนข้างซับซ้อนให้ผู้รับสารเข้าใจได้ง่าย ซึ่งเหมาะสำหรับผู้คนในยุคดิจิตัล คอนเทนท์ (Digital Content) ที่ต้องการเข้าถึง เข้าใจข้อมูลที่มีปริมาณมากในเวลาจำกัด จากการคัดกรองข้อมูลมาเป็นอย่างดี ในมุมมองที่แปลกตา ทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ในโลกปัจจุบัน [4]

วิธีคิดของ Human Centered Design : HCD เป็นเครื่องมือในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยมองลึกถึงต้นเหตุของปัญหาที่แท้จริงและให้ความสำคัญกับการเข้าใจความต้องการของคนมากที่สุด ทฤษฎีมนุษย์เป็นศูนย์กลางของการออกแบบ (Human Centred Design : HCD) มี 5 ขั้นตอน ไดแก่ การเขาใจกลุมเปาหมาย (Empathize) การตีกรอบปญหา(Define) การระดมความคิด (Ideate) การสราง

ต้นแบบ(Prototype) การทดสอบต้นแบบ (Test) กระบวนการนี้ ไม่ใช่การทำตามลำดับขั้นตอน แต่ควรทำย้อนกลับไปทบทวนในขั้นตอนก่อนหน้าเสมอ เพื่อให้มั่นใจว่าตั้งโจทย์ได ถูกต้อง มีข้อมูลที่เพียงพอ และสร้างวิธีแก้ได ตอบโจทย์กลุ่มเป้าหมาย [5]

จะเห็นได้ว่าการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในแบบอินโฟกราฟิก ให้มีคุณภาพนั้น จำเป็นต้องอาศัย การวิเคราะห์เนื้อหา การออกแบบเครื่องมือ เทคนิควิธีการต่าง ๆ และการประมวลผล เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียน ในบทความนี้จะประยุกต์การออกแบบอินโฟกราฟิกโดยยึดกรอบแนวคิดแบบ HCD ร่วมกับกระบวนการที่ดีในการออกแบบอินโฟกราฟิก 10 ขั้นตอนของ Smith [6-7] มีดังนี้ การรวบรวมข้อมูล การอ่านข้อมูลทั้งหมด การค้นหาวิธีการเล่าเรื่อง การระบุปัญหาและความต้องการ การจัดลำดับโครงสร้างข้อมูล การออกแบบโครงสร้างข้อมูล การเลือกรูปแบบอินโฟกราฟิก การกำหนดภาพให้ตรงกับหัวข้อ การตรวจสอบข้อมูลและทดลองใช้ และการแบ่งปันความรู้ในอินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาออกแบบอินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวงานสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการ Human Centered Design :HCD

หลักการออกแบบอินโฟกราฟิก [6] แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1.ด้านข้อมูล

1.1 รวบรวมเนื้อหา ประเด็นปัญหาสำคัญ ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เพื่อกำหนดหัวข้อให้กับการนำเสนออินโฟกราฟิก หัวข้อของอินโฟกราฟิกนี้ ได้จากการสัมภาษณ์นักศึกษา ครูนิเทศและ ผู้รับผิดชอบรายวิชา ซึ่งหัวข้อหลักที่ได้ประกอบด้วย 3 หัวข้อดังนี้

1. ขั้นตอนการยื่นเอกสาร อ้างอิงเนื้อหาจากผังงานเดิมของสำนักงานคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จับประเด็นสำคัญ ลดรายละเอียดให้กระชับ เพื่อวางแผนการนำเสนอฟอินโฟกราฟิก

2. การปฏิบัติตน โดยจำแนกลักษณะภาระกิจจากกลุ่มเป้าหมาย คือนักศึกษาฝึกงานและฝึกสอน ซึ่งประเด็นหัวข้อที่ได้เกิดจากการสัมภาษณ์ตามสภาพจริงที่กลุ่มเป้าหมายต้องการ ให้มีการแนะแนวเพิ่มเติม ประกอบด้วย

หัวข้อสำหรับนักศึกษาฝึกงาน

(1) การเขียนบันทึกรายงานผลการปฏิบัติงานประจำวัน สำหรับนักศึกษาฝึกงาน

(2) วิธีสร้างแฟ้มสะสมผลงาน

(3) ตัวอย่างการนำเสนอหัวข้อ เพื่อประเมินผลปฏิบัติงาน

หัวข้อสำหรับนักศึกษาฝึกสอน

(1) การเขียนบันทึกรายงานผลการปฏิบัติงานประจำวัน สำหรับนักศึกษาฝึกสอน

(2) การเลือกหัวข้อและการทำวิจัยในชั้นเรียน

(3) วิธีสร้างแฟ้มสะสมผลงาน

3.การประเมินผลปฏิบัติงาน อ้างอิงเกณฑ์เนื้อหาจากคู่มือการปฏิบัติงานในสถานประกอบการและคู่มือการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ สำหรับนักศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

1.2 โครงร่างเนื้อหา

รวบรวมหัวข้อที่เหมือนกันไว้ด้วยกัน ตัดคำซ้ำซ้อนออก เรียงลำดับขั้นตอนของหัวข้อ ก่อนจะใส่รายละเอียดของแต่ละส่วนลงไป

1.3 วางแผนการประเมินผล

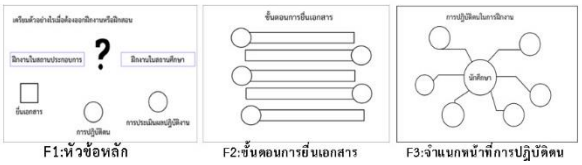
โดยทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง ด้วยการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. ด้านการออกแบบ

2.1 การกำหนดหัวข้อหลักที่ใช้เป็นประเด็นในการออกแบบอินโฟกราฟิก นำไปสู่การเลือกรูปแบบอินโฟกราฟิกที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่จำแนกไว้ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบอินโฟกราฟิก [10] ที่เหมาะสมกับเนื้อหาไว้ดังนี้

1. Visualized Article
2. Number Porn
3. Listed
4. Structure
5. Integration

2.2 สร้างสตอรี่บอร์ด เพื่อให้เห็นภาพรวมของการนำเสนอข้อมูล โดยมีลักษณะตามรูปแบบอินโฟกราฟิกที่เลือกไว้ ให้เหมาะสมกับหัวข้อของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง



รูปที่ 2 ตัวอย่างสตอรี่บอร์ดในการออกแบบอินโฟกราฟิก

2.3 วางแผนการบรรยายเสียงให้เข้ากับอินโฟกราฟิก

2.4 ออกแบบภาพประกอบโดยใช้โปรแกรม Adobe Illustrator และ Adobe Photoshop cs6

2.5 นำส่วนประกอบทุกขั้นตอนจัดทำเป็นอินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวงานสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู



รูปที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบอินโฟกราฟิก โดยใช้รูปแบบ Visualized Article



รูปที่ 5 ตัวอย่างการออกแบบอินโฟกราฟิกโดยใช้รูปแบบ Structure

2.6.การทดสอบตนแบบเมื่ออินโฟกราฟิก ได้ออกแบบจัดทำเรียบร้อยแล้ว จึงนำไปทดลองใช้กับกลุ่มนักศึกษาเพื่อแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้อินโฟกราฟิกผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่ออินโฟกราฟิกเพื่องานแนะแนวสหกิจศึกษาและปฏิบัติการสอนวิชาชีพครู พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ความน่าสนใจและการจดจำเนื้อหาสำคัญที่นำเสนอได้ดีและนำไปสู่การเรียนรู้ที่ดีกว่าการสื่อสารอธิบายด้วยข้อมูลเพียงอย่างเดียว กล่าวได้ว่าการสื่อสารผ่านภาพและข้อความในรูปแบบอินโฟกราฟิกช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่า อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ที่

ช่วยสร้างความพึงพอใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้มากยิ่งขึ้นโดยเน้นที่ความพึงพอใจเมื่อใช้สื่อประกอบการสอนเพราะสื่ออินโฟกราฟิกได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมด้วยภาพและข้อความที่ตอบสนองพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนส่วนใหญ่ที่เรียนได้ดีจากการสื่อสารผ่านการมองเห็น [9] การออกแบบอินโฟกราฟิกแอนิเมชั่นเพื่อการเรียนรู้สามารถนำเสนอและเชื่อมโยงความรู้ของเนื้อหาต่าง ๆ เพื่อการเรียนรู้ได้โดยอาศัยรูปแบบการเรียนการสอน ระบบและกระบวนการผลิตภาพยนต์แอนิเมชั่น 2 มิติ และการออกแบบอินโฟกราฟิก เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อเรียนรู้ ซึ่งอินโฟกราฟิกแอนนิเมชั่นช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมทักษะกรเรียนรู้ด้วยตนเองแก่ผู้เรียน สนับสนุนให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้จากแหล่งข้อมูลอื่นเพิ่มเติม มีความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ กลุ่มผู้เรียนสามารถที่จะทบทวนเนื้อหาและเรียนรู้ซ้ำได้ [3]

สรุปได้ว่า อินโฟกราฟิกถือเป็นการสื่อสารข้อมูลที่มีความเหมาะสมกับยุค 4.0 ที่ข้อมูลมีจำนวนมหาศาล มีความเหมาะสมที่จะนำมาออกแบบสื่อการเรียนการสอนเพื่อนำประเด็นสำคัญของข้อมูล สื่อสารเป็นภาพ ข้อความ แผนภูมิ เป็นต้น สร้างความสนใจให้แก่ผู้รับข้อมูลข่าวสารอีกทั้งยังสามารถรับข้อความการสื่อความหมายได้ตรงประเด็นกับที่ต้องการสื่อความ ย่นเวลาการอ่านข้อมูลจำนวนมาก สร้างประสิทธิภาพในการสื่อความหมายได้ตรงจุด เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. เอกสารอ้างอิง

[1] นฤมล ถิ่นวิรัตน์. (2555) อิทธิพลของอินโฟกราฟิกต่อการสื่อสารข้อมูลเชิงซ้อน กรณีศึกษาโครงการ “รู้สู้ Flood”.วิทยานิพนธ์ หลักสูตรปริญญาศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาออกแบบนิเทศศิลป์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ : หน้า 112-113.

[2] เอียน จูคส์ (2557).รวมมิตรคิดเรื่องการเรียนรู้ ,กรุงเทพมหานคร : สำนักงานอุทยานการเรียนรู้และสำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้

[3] พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. (2557). *การออกแบบอินโฟกราฟิกแอนิเมชันเพื่อการเรียนการสอน, วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 2 ,กรกฎาคม –ธันวาคม 2557 ,หน้า 119 - 135

[4] พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. (2560). *การพัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, Veridian E-Journal*, Silpakorn University , ฉบับที่ 2 ,พฤษภาคม –สิงหาคม 2560 ,หน้า 1330 – 1341

[5] วิริยา วิจิตรวาทการ.(2557). Impact Director and Co-founder GLab, Social Innovation Lab School of Changemakers workshop Series 12,*Human Centered Design*, หน้า 1 – 5

[6] จงรัก เทศนา(2558).บทความเกี่ยวกับ Infographics DesignURL:http://www.learningstudio.info/infographics-design/เข้าดูเมื่อวันที่ 22/09/2560.

[7] JoshSmith, M.K. (2012). *10 Steps to Designing An Amazing Infographic*,URL: http://www.fastcodesign.com on 24/04/2016.

[8] คู่มือการฝึกอบรมการเพิ่มประสิทธิภาพเทคนิคการนำเสนอด้วยรูปแบบ Infographic ,(2559). URL:http://siriwat-a.esdc.go.th/khaw- kickrrm/karxbrmcheingptibatikarreuxngkarpheimprasiththiphaphkarnasenxdwyrupbaebinfographic เข้าดูเมื่อวันที่ 21/04/2561.

[9] พัชรา วาณิชวสน. (2557). *ศักยภาพของอินโฟกราฟิก*ในการเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้, *Panyapiwat Journal* , ฉบับที่ 7 ,สิงหาคม 2557 ,หน้า 227-240

[10] Infographic Thailand (2558). ออกแบบ Inforgraphic ด้วย 9 Layout, URL: http://infographic.in.th/infographicออกแบบ-infographic-9-layout เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2561.

การผลิตน้ำร้อนและน้ำเย็นด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ

Hot and Cool Water Production by 3-D Compound Parabolic Concentrator

ชัยวุฒิ สุตานภลักษณ์[1], ณัฐวุฒิ ศรีเกษ[1] และ ผศ.ดร.สุรจิตร์ พระเมือง[2,*]

[1] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่อยู่ 234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000

[2] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่อยู่ 234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000

*ผู้ติดต่อ: surajitr@lru.ac.th, 081-431-4095

บทคัดย่อ

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นที่มีรังสีกระจายมากกว่ารังสีตรง ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีจึงเหมาะสมในการผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการวิจัยนี้ได้สร้างตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ เพื่อผลิตน้ำร้อนในเวลากลางวันและน้ำเย็นในเวลากลางคืน โดยใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เป็นสเตนเลสสะท้อนแสง ความโค้งรูปแบบพาราโบลา พื้นที่ช่องรับแสง 2.01 m^2 พื้นที่ตัวรับรังสี 0.126 m^2 อัตราส่วนการรวมรังสี 64.8 เท่า ใช้ท่อทองแดงเป็นแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ขนาด 0.04 m^2 เก็บข้อมูลระหว่าง 1 - 22 มิถุนายน 2561 ที่อัตราการไหลของน้ำระหว่าง 60 - 400 mL/min วัดอุณหภูมิของน้ำขาเข้า อุณหภูมิของน้ำขาออก อุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และความเข้มแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อน โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด T และเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ พบว่า การผลิตน้ำร้อน มีค่าอุณหภูมิสูงสุดของน้ำขาออก 81.0 ˚C ที่ระดับความเข้มแสงอาทิตย์ 1,089 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาเข้า 38.4 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาออก 55.1 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดกลืนรังสี 68.2 ˚C ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ 34.0 ˚C และความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 657.8 W/m^2 ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 35.4% ส่วนการผลิตน้ำเย็น มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดของน้ำขาออก 23.8 ˚C ในช่วงเวลา 03.00 น. – 05.30 น. อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาเข้า 29.1 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาออก 24.8 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดกลืนรังสี 22.9 ˚C และที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ 25.9 ˚C การผลิตน้ำเย็นสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 4.3 ˚C แม้ในฤดูฝนที่มีเมฆมาก

คำหลัก: ตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ, พลังงานแสงอาทิตย์, การแผ่รังสีกลางคืน

Abstract

Thailand locates in hot humid area where diffuse solar radiation greater than direct radiation which the non-focusing solar collector is suitable for producing hot water. This study constructed a three dimensional compound parabolic concentrator for producing hot water in daytime and cool water in nighttime. The collector used the reflected stainless steel as the reflector bending in parabola curve with the aperture area of 2.01 m^2, receiver area of 0.126 m^2 and concentration ratio of 64.8. The absorber used copper tube rolled up in parallel pattern with area of 0.04 m^2. The experiments performed during 1 – 22 June 2018. The flowrates of water ranged of 60 - 400 mL/min. Water inlet, water outlet, ambient and receiver temperatures were measured with the measurement

of solar radiation. For cool water experiment, water inlet, water outlet, ambient and receiver temperatures were measured. The temperatures were measured by thermocouple type - T and solar radiation was measured by pyranometer. It was found that the maximum of hot water was 81.0 ˚C under solar intensity of 1,089 W/m^2. The inlet temperature averaged of 38.4˚C, the outlet temperature averaged of 55.1˚C, the receiver temperature averaged of 68.2 ˚C and ambient temperature averaged of 34.0 ˚C were obtained under the solar radiation averaged of 657.8 W/m^2. The thermal efficiency was 35.4%. The minimum outlet temperature was 23.8 obtained during 03.00 am – 05.00 am in cool water production. The inlet temperature averaged of 29.1 ˚C were obtained under ambient temperature averaged of 25.9 ˚C. The hot water production generated hot water by averaged of 16.7 ˚C above inlet water temperature at the flowrate of 0.4 L/min, while the cool water production generated cool water by averaged of 4.3 ˚C below water inlet, whenever rain season with cloudy sky.
Keywords: Three to five keywords should be provided here to assist with indexing of the article.

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในศูนย์สูตรที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาในบรรยากาศของโลก ไอน้ำและอนุภาคขนาดเล็กในบรรยากาศ จะกระเจิงรังสีอาทิตย์ ส่งผลให้ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกส่วนใหญ่เป็นรังสีกระจายมากกว่ารังสีตรง โดยเฉพาะในฤดูฝนหรือฤดูหนาวที่มีเมฆและหมอก อุปกรณ์รับรังสีอาทิตย์ชนิดที่รวบรวมรังสีตรงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อน จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวบรวมรังสีตรงและรังสีกระจาย สำหรับการผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีตัวรับรังสีหลายชนิด โดยชนิดรวมรังสีแบบพาราโบลา (Compound Parabolic Concentrator; CPC) เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์ที่สามารถรวบรวมรังสีกระจายได้ดีเท่ากับรังสีตรง จึงเหมาะสมกับประเทศที่มีปริมาณรังสีกระจายมากกว่ารังสีตรง Surajitr Pramuang and R. H. B. Exell [1] ได้ศึกษาตัวรับรังสีแบบรวมรังสีชนิดรูปร่าง 2 มิติ กำลังการรวบรวมแสง 3 เท่า พื้นที่รับแสง 1.44 m^2 พบว่าสามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุด 75 ºC ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.01 kg/s และความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 650 W/m^2 และต่อมา สงกรานต์ บุตตะวงศ์ และคณะ [2] ได้สร้างตัวรับรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสี 3 มิติ ที่มีอัตราการรวมรังสี 2.4 เท่า พื้นที่รับรังสีอาทิตย์ 0.36 m^2 นำไปผลิตน้ำร้อนได้อุณหภูมิน้ำขาออกเฉลี่ย 59.5 ºC ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.007 kg/s และความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 881.8 W/m^2 ในขณะที่ Martin Marlo, [3] ได้ใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์แผ่รังสีกลางคืนนำมาประยุกต์เพื่อใช้ทำความเย็น เพื่อทำให้ลดภาระในการใช้พลังงานในการปรับอากาศในอาคาร การทำความเย็นด้วยวิธีการแผ่รังสี ไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก ไม่มีมลภาวะเกิดขึ้นกลไกการทำงานของระบบเป็นไปตามธรรมชาติทั้งการแผ่รังสีความร้อนออกจากตัวเอง เพื่อทำให้อุณหภูมิลดลงหรือการไหลเวียนของสารทำงานในระบบ นอกจากนี้แล้วการสร้างขึ้นใช้งานที่เป็นเครื่องผลิตความเย็นสามารถสร้างโดยใช้เทคโนโลยีพื้นฐานไม่มีความสลับซับซ้อน แต่อุณหภูมิการทำความเย็นจะทำได้จะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งในบางพื้นที่สามารถทำน้ำแข็งได้โดยวิธีนี้และต้องอาศัยความสามารถของตัวรับรังสีอาทิตย์ Surajitr Pramuang et al [4] ได้ศึกษาการทำความเย็นจากการแผ่รังสี

กลางคืนจากตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบพื้นที่ 2.1 m^2 ภายใต้สภาวะอากาศของจังหวัดเลย พบว่าสามารถผลิตอากาศเย็นกว่าอากาศแวดล้อมประมาณ 3 °C และในเวลากลางคืนอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ 5 °C แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้การแผ่รังสีกลางคืนนำมาผลิตน้ำเย็นได้

จากคุณสมบัติของตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ในประเทศไทยยังมีผู้ศึกษาวิจัยค่อนข้างน้อย คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำมาศึกษาและใช้ในการผลิตน้ำเย็นโดยหลักการการแผ่รังสีในเวลากลางคืน โดยจะออกแบบสร้างตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ ด้วยวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น ภายในสภาพภูมิอากาศจังหวัดเลย ให้ได้น้ำเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำสำหรับนำไปใช้ในระบบปรับอากาศแบบระบายอากาศจากการระเหยด้วยน้ำ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ

2.2 เพื่อศึกษาการผลิตน้ำเย็นโดยหลักการการแผ่รังสีในเวลากลางคืนด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมแสงแบบ 3 มิติ

2.3 เพื่อศึกษาการผลิตน้ำร้อนด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ

3. ทฤษฎี

3.1 การทำความเย็นโดยการแผ่รังสี

หลักการทำความเย็นด้วยการแผ่รังสีความร้อน จะอาศัยการแผ่รังสีความร้อนออกจาก radiator สู่ท้องฟ้าซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับบรรยากาศจะยอมให้รังสีที่มีความยาวคลื่นประมาณ 8 ถึง 13 ไมโครเมตร ผ่านได้โดยไม่มีการดูดกลืน ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่เรียกว่าหน้าต่างของบรรยากาศ โดยอัตราการแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับผลต่างของอุณหภูมิวัตถุกับอุณหภูมิท้องฟ้าและลักษณะของพื้นผิว [5]

3.2 ระบบทำความร้อนจากแสงอาทิตย์

ระบบเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงรังสีคลื่นสั้นให้เป็นพลังงานความร้อนผ่านตัวรับรังสีอาทิตย์ โดยอาศัยหลักการเบื้องต้นของแสง ซึ่งเมื่อตกกระทบวัตถุใด ๆ จะเกิดปรากฏการณ์เชิงแสง 4 รูปแบบ ได้แก่ การดูดกลืนแสง (absorption) การเปล่งแสง (emission) การสะท้อนแสง (reflection) และการส่องผ่าน (transmission) โดยวัสดุต่างชนิดกันจะมีสมบัติเชิงแสงต่างกัน การเลือกวัสดุที่มีสมบัติเชิงแสงที่เหมาะสมมาสร้างเป็นระบบทำความร้อน ทำให้ใช้ประโยชน์ได้ในหลากหลายลักษณะ เช่น การผลิตน้ำร้อน การสร้างความอบอุ่นในอาคารบ้านเรือนในเขตหนาว กระบวนการอบแห้ง หรือการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น [6]

3.3 ประสิทธิภาพทางความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ

(Senthikumar, S., Peruma, K. and Srinivasan, P.S.S., 2007) [7]

คำนวณจากสมการ

ประสิทธิภาพทางความร้อน = $\frac{QcΔT}{IA}$ X 100%

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำ (kg/min)

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (มีค่า 4.187 kJ/kg°C)

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำขาออกกับน้ำขาเข้า (°C)

I = ความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m^2)

A = พื้นที่รับแสงอาทิตย์ (m^2)

4. วิธีการวิจัย

ออกแบบและสร้างตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมแสงแบบ 3 มิติ ให้มีพื้นที่รับแสง 2.01 m^2 และพื้นที่แผ่นดูดกลืนรังสี 0.031 m^2 ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงร่างของตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติทั้งระบบ

โครงสร้างหลักประกอบด้วย โครงเหล็ก ความกว้าง 160 cm ความยาว 160 cm สูง 80 cm โดยใช้เหล็กกล่อง ขนาด 1 นิ้ว เพื่อยึดเหล็กเส้นรูปพาราโบลา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 cm ความยาว 110 cm จำนวน 9 เส้น และใช้เหล็กเส้นแบน ขนาด 1.5 นิ้ว ความยาว 600 cm ดัดเป็นวงกลมยึดด้านบนของโครงสร้างหลัก ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างหลักของตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ

โครงสร้างการสะท้อนรังสี เป็นแผ่นสแตนเลสสะท้อนแสง ขนาดความกว้าง 120 cm ความยาว 240 cm จำนวน 2 แผ่น ตัดเป็น 9 ส่วนตามช่องของโครงสร้างหลัก จากนั้นยึดและดัดโค้งให้เข้ารูปตามเหล็กเส้นรูปพาราโบลา และหุ้มด้วยแผ่นฉนวนความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างการสะท้อนรังสีของตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ

แผ่นดูดกลืนรังสี เป็นท่อทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 cm ดัดเป็นรูปตัว U แล้วหุ้มด้วยแผ่นสังกะสี ขนาดความกว้าง 20 cm ความยาว 40 cm จากนั้นพ่นสีด้วยสีดำ ดังแสดงในภาพที่ 4



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 (ก) โครงร่างแผ่นดูดกลืนรังสี
(ข) แผ่นดูดกลืนรังสี

ติดตั้งแผ่นดูดกลืนรังสีเข้ากับโครงสร้างหลัก จากนั้นต่อระบบน้ำเข้าตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 5



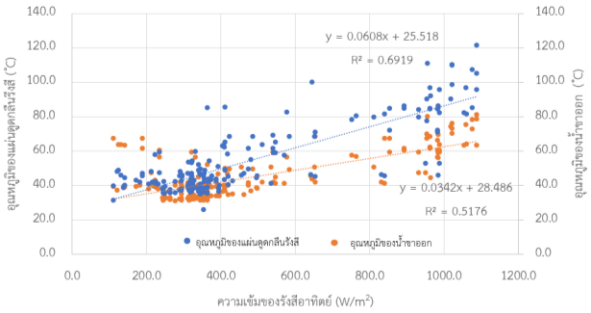
ภาพที่ 5 ตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ

การเก็บรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิของน้ำภายในตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ (CPC) จะเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน ถึง 22 มิถุนายน 2561 โดยทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 5 นาที ได้แก่ อุณหภูมิน้ำขาเข้า อุณหภูมิน้ำขาออก อุณหภูมิแผ่นดูดกลืนรังสี อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความเข้มแสงอาทิตย์ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด T และเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ ที่อัตราการไหลของน้ำ 60 - 400 mL/min ภายใต้สภาวะอากาศที่แตกต่างกัน

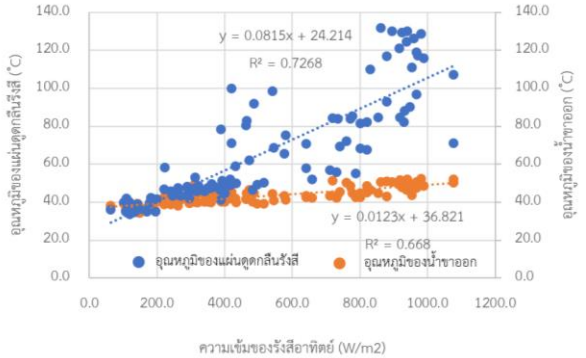
5. ผลการวิจัย

5.1 การผลิตน้ำร้อน

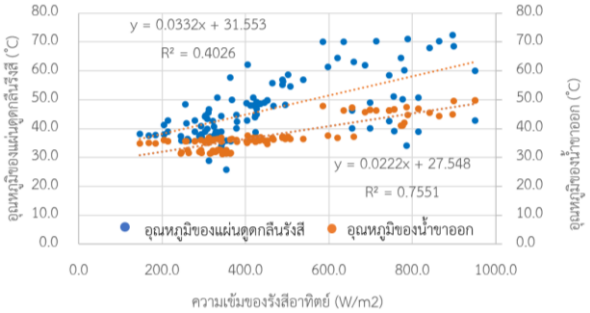
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิแผ่นดูดกลืนรังสี และอุณหภูมิของน้ำขาออกที่อัตราการไหลของน้ำ 60–400 mL/min ดังภาพที่ 6 - 8



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์ กับอุณหภูมิแผ่นดูดกลืนรังสี และอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหล 60 mL/min

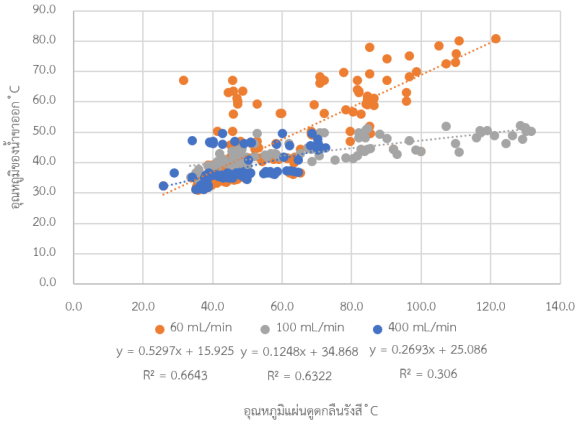


ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์ กับอุณหภูมิแผ่นดูดกลืนรังสี และอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหล 100 mL/min



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์ กับอุณหภูมิแผ่นดูดกลืนรังสี และอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหล 400 mL/min

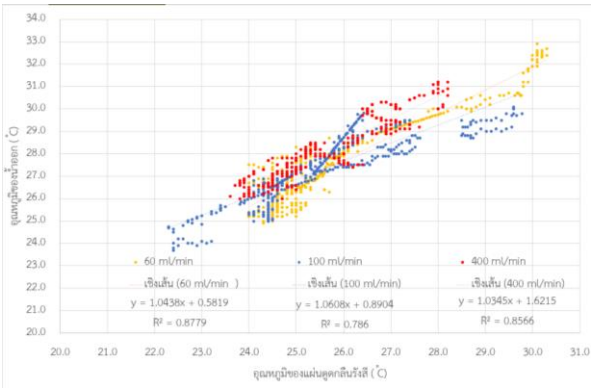
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีกับอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหลของน้ำ 60 – 400 mL/min ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีกับอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหลของน้ำ 60 – 400 mL/min

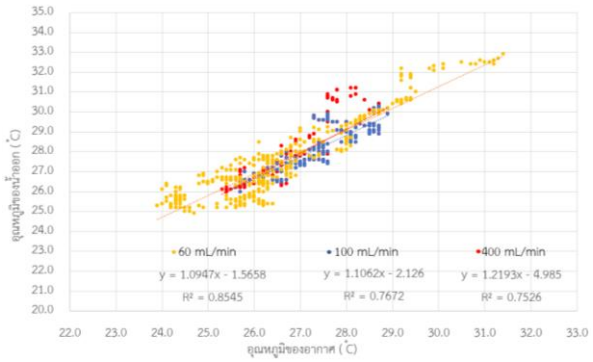
5.2 การผลิตน้ำเย็น

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีกับอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหลของน้ำ 60 – 400 mL/min ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีกับอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหลของน้ำ 60 – 400 mL/min

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหลของน้ำ 60 – 400 mL/min ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิของน้ำขาออก ที่อัตราการไหลของน้ำ 60 – 400 mL/min

6. สรุปผล และอภิปรายผลการวิจัย

สำหรับการสร้างเครื่องตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมรังสีแบบ 3 มิติ (CPC) เพื่อผลิตน้ำร้อนในเวลากลางวันและน้ำเย็นในเวลากลางคืน โดยใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เป็นสเตนเลสสะท้อนแสง ความโค้งรูปแบบพาราโบลากำหนดระยะโฟกัสเท่ากับ 10 cm มีครึ่งมุมรับรังสีเท่ากับ 40˚ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $x^4 = 0.4y$ (Surajitr, P. and Ecxell, R.H.B.,2007) พื้นที่ช่องรับแสง 2.01 m^2 พื้นที่ตัวรับรังสี 0.126 m^2 อัตราส่วนการรวมรังสี 64.8 เท่า ใช้ท่อทองแดงเป็นแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ขนาด 0.04 m^2 ทำการเก็บข้อมูลในระหว่าง 1 - 22 มิถุนายน 2561 ที่อัตราการไหลของน้ำอยู่ระหว่าง 0.06 – 0.4 L/min วัดอุณหภูมิของน้ำขาเข้า อุณหภูมิของน้ำขาออก อุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบตัวรับรังสีรวม และทำการผลิตน้ำเย็นโดยวัดค่าอุณหภูมิของน้ำขาเข้า อุณหภูมิของน้ำขาออก อุณหภูมิของอากาศ และอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด T และเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ พบว่า การผลิตน้ำร้อนจากภาพที่ 6 มีค่าอุณหภูมิสูงสุดของน้ำขาออก 81.0 ˚C ที่ระดับความเข้มแสงอาทิตย์ 1,089 W/m^2 อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาเข้า 38.4 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาออก 55.1 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดกลืนรังสี 68.2 ˚C ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ 34.0 ˚C และความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 657.8 W/m^2 ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 35.4% ส่วนการผลิตน้ำเย็นจากภาพที่ 10 มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดของน้ำขาออก 23.8 ˚C ในช่วงเวลา 03.00 น. – 05.30 น. อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาเข้า 29.1 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาออก 24.8 ˚C อุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดกลืนรังสี 22.9 ˚C และที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ 25.9 ˚C จะเห็นได้ว่าการผลิตน้ำร้อนระบบสามารถเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 16.7 ˚C ในอัตราการไหล 0.4 L/min ส่วนการผลิตน้ำเย็นระบบสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 4.3 ˚C แม้ในฤดูฝนที่มีเมฆมาก โดยการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิของน้ำขาออกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสี ความเข้มแสงอาทิตย์ และอัตราการไหลของน้ำในระบบ ส่วนการผลิตน้ำเย็นอุณหภูมิของน้ำขาออกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสี และอัตราการไหลของน้ำในระบบ จะเห็นได้ว่าการปรับอัตราการไหลอัตราการไหลที่ต่ำกว่าจะให้อุณหภูมิของน้ำขาออกที่ต่ำกว่าอัตราการไหลที่ค่าสูงในการผลิตน้ำเย็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเรวัฒน์ ขุนทองจันทร์ (2548) ที่ศึกษาการ

ทำความเย็นและความร้อนโดยใช้แผงโลหะเป็นตัวรับรังสี ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่า เนื่องจากอัตราการไหลที่ต่ำ น้ำจะใช้เวลาไหลผ่านแผ่นดูดกลืนรังสีนานกว่าอัตราการไหลที่ค่าสูง ทำให้น้ำมีเวลาในการปรับลดอุณหภูมิตามอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีนานกว่าอัตราการไหลที่ค่าสูง อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิของน้ำขาออกได้ไม่แตกต่างกันมากในอัตราการไหลแต่ละค่า แต่จะขึ้นอยู่อุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรจิตร์ พระเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการให้คำแนะนำและแง่คิดต่าง ๆ ในการทำวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ กำลังใจและแรงบันดาลใจ ในทุก ๆ เรื่อง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Surajitr Pramuang and R. H. B. Exell,(2007), The Regeneration of Silica Gel Desiccant by Air from a Solar Heater with a Compound Parabolic Concentrator, *Renewable Energy*, vol. 32, pp. 173-182.

[2] สงกรานต์ บุตตะวงศ์ สุรจิตร์ พระเมือง วีระศักดิ์ ซอมขุนทด.(2558). ตัวรับรังสีอิทตย์ชนิดรวมแสงแบบ 3 มิติ. วิศวสารลาดกระบัง ปีที่ 32 (1) มีนาคม 2558.: 61 – 66.

[3] Martin Marlo (1989). Passive Cooling. (online) https://mitpress.mit.edu/books/passive-cooling (Access on 8 May 2018)

[4] Surajitr Pramuang Treeamorn Prommajak and Jindapron Phonruksa. (2008). The Nocturnal Radiative Cooling under the weather conditions of Loei Province, *IIRE Journal,* vol. 2 January 2008.

[5] นักสิทธิ คูวัฒนาชัย. (2526). **การถ่ายเทความร้อน (HEATTRASFER).** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[6] เรวัฒน์ ขนทองจันทร์. (2548). **การทำความเย็นและความร้อนดยใช้แผงโลหะเป็นตัวรับรังสี.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[7] Senthikumar, S., Peruma, K. and Srinivasan, P.S.S. (2007). Construction and performance analysis of a three dimensional compound parabolic concentrator. **Journal of Scientific & Industrial Research**, 66:558 – 564.

ความเร็วลมในหอคอยแสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่และความสูงต่างกัน

Wind velocity in solar tower with difference of collector areas and heights

เสฐียรพงษ์ ยาใจ[1] อดิเทพ อินทสร้อย[1] และผศ.ดร.สุรจิตร์ พระเมือง[2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

234 ถนนเลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

*ผู้ติดต่อE-mail:bangkok2600@gmail.com, adithep1286@gmail.com, surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่รับแสงกับความเร็วลมภายในหอคอยแสงอาทิตย์ที่สร้างจากท่อ pvc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 m ความยาว 4.0 m และ 8.0 m ใช้พื้นคอนกรีตแทนตัวเก็บความเข้มรังสีอาทิตย์คลุมด้วยพลาสติกใส โดยมีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ 29.2 m^2 และ 38.5 m^2 วัดอุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิภายในท่อ อุณหภูมิพื้นที่รับแสง อุณหภูมิพลาสติกร่วมกับความเร็วลมในหอคอยแสงอาทิตย์และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิดที แอนิมอมิเตอร์และไพรานอมิเตอร์ ตามลำดับ ทำการทดลองระหว่างวันที่ 4 เมษายน 2561-10 มิถุนายน 2561 พบว่า ชนิดที่ทำจาก pvc ความสูง 4.0 m พื้นที่รับแสง 29.2 m^2 มีความเร็วลมสูงสุด 1.3 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 790.0 W/m^2 และ ความสูง 8.0 m มีความเร็วลมสูงสุด 3.4 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 960.0 W/m^2 สำหรับท่อ PVC ความสูง 4.0 m ที่พื้นที่รับแสง 38.5 m^2 มีความเร็วลมสูงสุด 1.6 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 1002.0 W/m^2 และความสูง 8 m มีความเร็วลมสูงสุด 2.5 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 954.0 W/m^2 จะเห็นว่าความเร็วลมจะแปรผันตรงกับความสูงและพื้นที่รับแสง โดยความยาวท่อมากจะทำให้เกิดผลต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านล่างท่อและด้านบนของท่อมีค่ามาก มีผลให้ความเร็วลมสูงขึ้น

คำหลัก: ความเร็วลมอากาศร้อน, หอคอยแสงอาทิตย์, พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

We are interested to study the radiation of collector area and wind velocity in a solar tower. Solar towers were constructed from PVC tube diameter of 0.203 m, in 4.0 m and 8.0 m length. Concrete floor was used as a solar collector covered by clear plastic area of 29.2 m^2 and 38.5 m^2. Temperature measurements of internal air, receiver area and plastic cover were measured by thermocouple type – T correlation to wind velocity in solar tower and solar intensity measurements using anemometer and pyranometer, respectively. The experiments performed during 4 April – 10 June, 2018. Solar tower with PVC tube length of 4.0 m and collector area of 29.2 m^2 obtained the maximum wind velocity of 1.3 m/s at the solar intensity 790.0 W/m^2. For the length of 8.0 m with the

suns area obtained the maximum wind velocity of 3.4 m/s at the solar intensity of 960.0 W/m^2. PVC tube length of 4.0 m and collector area of 38.5 m^2 obtained the maximum wind velocity of 1.6 m/s at the solar intensity 1002.0 W/m^2. For the length of 8.0 m with the suns area obtained the maximum wind velocity of 2.5 m/s at the solar intensity of 954.0 W/m^2. The result showed that the wind velocity depended on the height and collector area. The long tube affected the large different temperatures between upper and lower and then the wind velocity was higher.

Keywords: Hot air velocity Solar tower Solar energy

1.บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่ทั่วโลกให้ความสนใจโดยเฉพาะในประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนเพื่อนำไปใช้ในรูปของความร้อนและไฟฟ้า หอคอยแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีอีกชนิดหนึ่งที่ผสมผสานการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมร่วมกับการผลิตความร้อนจากแสงอาทิตย์ซึ่งจะนิยมสร้างในประเทศที่มีทะเลทรายเนื่องจากต้องการใช้พื้นที่รับแสงจำนวนมาก [1]

หอคอยแดดหรือหอคอยแสงอาทิตย์ (Solar tower) เป็นอุปกรณ์ทางเลือกหนึ่งสำหรับผลิต พลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยแสงแดด หลักการทำงานของหอคอยแดดคือ การให้อากาศภายใต้ “หลังคารับแดด” รับพลังงานความร้อนจาก แสงแดด เพื่อให้ลอยตัวขึ้นยังปล่องสูงด้วยการไหลแบบการพาความร้อนธรรมชาติ (Natural convection) จากนั้นใช้กังหันเทอร์ไบท์ดูดซับพลังงานจากการไหลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ในแง่การนำมาใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านี้ได้ เคยมีการสร้างหอคอยแดดที่มีกำลังผลิตขนาด 50 kW ที่ประเทศสเปนโดยกลุ่มวิศวกรชาวเยอรมันซึ่งได้ปฏิบัติงานในช่วงปี ค.ศ. 1981 ถึง ปี ค.ศ. 1989 จุดประสงค์หลักของการสร้างคือเพื่อพิสูจน์ว่าหอคอยแดดสามารถใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จริง ซึ่งจากนั้นก็ได้มีการรายงานผลการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงตัวเลขจากนักวิจัยในหลาย ประเทศและขณะนี้ที่ประเทศออสเตรเลียก็ กำลังดำเนินการโครงการก่อสร้างหอคอยแดดขนาด 200 MW [2] และมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งได้ศึกษาศักยภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ที่เป็นผลมาจากการให้ความร้อนเทียบเคียงกับรังสีดวงอาทิตย์แกปล่องทดลองในระดับความเข้มตั้งแต่ 300- 800 W/m^2 โดยอัตราการระบายอากาศที่เกิดในกลองทดลองมีค่าต่ำสุด 0.03 m^3/s ที่กำลังความร้อน 300 W/m^2 และมีค่าสูงสุด 0.11 m^3/s ที่กำลังความร้อน 800 W/m^2 และการเพิ่มความร้อน 100 W/m^2 จะทำให้อัตราการระบายอากาศสูงขึ้น 0.01 m^3/s ผลที่ได้จากการทดลองนี้ สามารถนำไปเสนอเป็นแนวทางการออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้กับตึกแถวในประเทศไทยได้ [3]

จากสภาพที่กล่าวมาคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการออกแบบและสร้างแบบจำลองหอคอยแสงอาทิตย์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่รับแสงกับความเร็วลมภายในหอคอยแสงอาทิตย์ที่สร้างจากท่อ pvc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.203 m ความยาว 4 m และ 8 m ใช้พื้นคอนกรีตแทนตัวเก็บความเข้มรังสีอาทิตย์คลุมด้วยพลาสติกใสโดยมีพื้นที่ 29.2 m^2 และ 38.5 m^2 ภายในสภาพภูมิอากาศจังหวัดเลย

2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาความเร็วของลมร้อนที่ไหลในแนวดิ่งในหอคอยแสงอาทิตย์

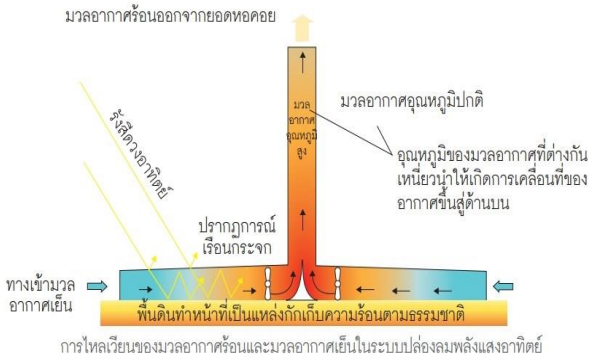
2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ของพื้นรับแสงอาทิตย์และความสูงของหอคอยแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อความเร็วของลมร้อนภายในสภาพภูมิอากาศจังหวัดเลย

2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วของอากาศร้อนกับอุณหภูมิและความเข้มรังสีอาทิตย์

3.หอคอยแสงอาทิตย์

หอคอยแสงอาทิตย์ (Solar tower) เป็นอุปกรณ์สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยแสงแดด หลักการทำงานคือ การให้อากาศภายใต้ หลังคารับแดดรับพลังงานความร้อนจาก แสงแดด เพื่อให้เกิดการลอยตัวขึ้นยังปล่องสูงด้วยการไหลแบบการพาความร้อนธรรมชาติ เพื่อไปหมุนกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

หลักการทำงานของระบบหอคอยแสงอาทิตย์ จะใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาอุ่นอากาศภายใต้หลังคารับแสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงให้ร้อน ด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก อากาศที่ร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นในปล่องลมตามหลักการพาความร้อน อากาศจะลอยตัวสูงขึ้นด้วยความเร็ว ความเร็วที่ได้นี้สามารถนำไปหมุนกังหันในปล่องลม แล้วส่งพลังงานที่ได้ออกมาในรูปของพลังงานกลไปขับอัลเทอร์เนเตอร์ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ดังรูปที่ 1 [4]



รูปที่ 1 หลักการทำงานของหอคอยพลังงานแสงอาทิตย์ [5]

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงสร้างหอยคอยแสงอาทิตย์จะใช้ท่อ PVC ความยาว 4 m และ 8 m เป็นท่อส่งผ่านความร้อนส่วนพื้นที่ในการรับแสงอาทิตย์ จะใช้พื้นคอนกรีต ทำหน้าที่เป็นแผ่นดูดกลืนความเข้มรังสีอาทิตย์ ใช้โครงเหล็กในการยึดแผ่นพลาสติกใสคลุมพื้นที่ 29.2 m^2 และพื้นที่ 38.5 m^2 ดังภาพที่ 2 วัดความเร็วลมที่บริเวณด้านในต้นท่อหอคอยแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer รุ่น AR-826) สำหรับอุณหภูมิภายในพลาสติก อุณหภูมิภายในท่อหอคอยแสงอาทิตย์ด้านบน อุณหภูมิภายในท่อหอคอยแสงอาทิตย์ด้านล่าง อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมวัดด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ Testo 176 H1 และการวัดความเข้มรังสีอาทิตย์ด้วยไพรานอมิเตอร์ CM P3 Pyranometer Kipp & Zonen เก็บข้อมูลในระหว่างวันที่ 1 มีนาคม – 10 มิถุนายน 2561 ตั้งแต่เวลา 09.00 น. – 15.00 น. ภายในสภาพภูมิอากาศจังหวัดเลย บริเวณดาดฟ้าของ อาคาร 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

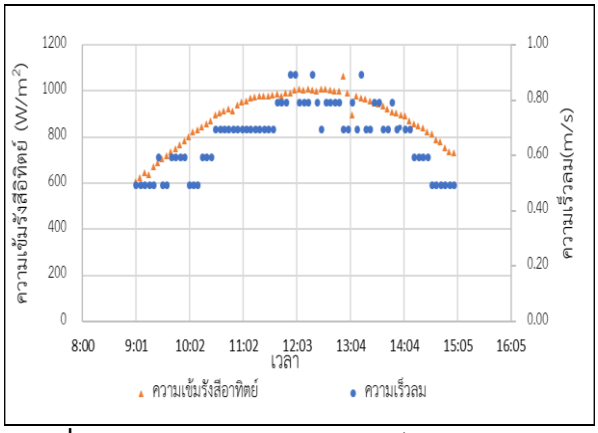


รูปที่ 2 หอคอยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการวิจัย

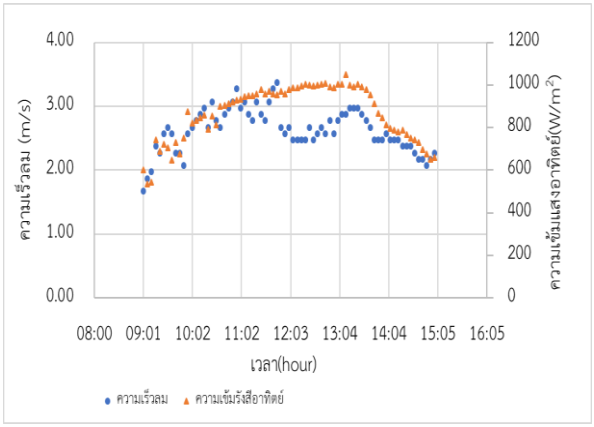
5.ผลการวิจัย

สำหรับพื้นที่รับความเข้มรังสีอาทิตย์ 29.2 m^2 ความยาวท่อ PVC 4.0 m ความเร็วลมในท่อมีค่าสูงสุด 1.3 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 790.0 W/m^2 และได้ความเร็วลมเฉลี่ย 0.7 m/s ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 874.7 W/m^2 ส่วนความสูงท่อ PVC 8.0 m มีความเร็ว

ลมสูงสุด 3.4 m/s ขณะความเข้มรังสี 960.0 W/m^2 ความเร็วลมเฉลี่ย 2.7 m/s และความเข้มรังสีเฉลี่ย 862.0 W/m^2 ดังรูป

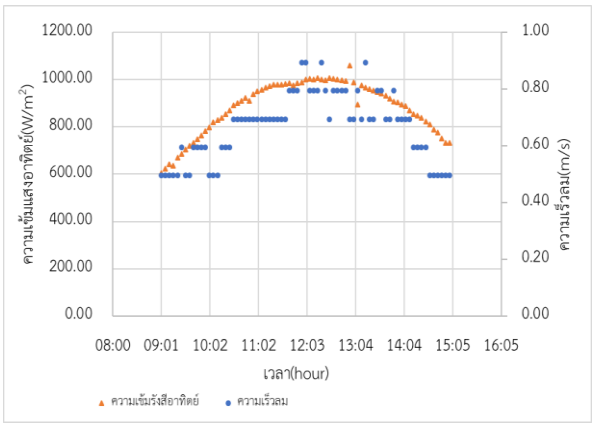


รูปที่ 3 ความเข้มรังสีอาทิตย์ ความเร็วลมของหอคอยแสงอาทิตย์ความสูง 4 m

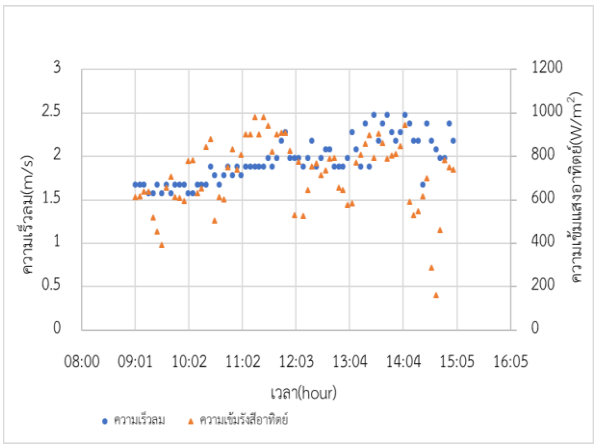


รูปที่ 4 ความเข้มรังสีอาทิตย์ ความเร็วลมของหอคอยแสงอาทิตย์ความสูง 8 m

พื้นที่รับความเข้มรังสีอาทิตย์ 38.5 m^2 ความยาวท่อPVC 4.0 m ได้ความเร็วลมสูงสุด 1.6 m/s ขณะความเข้มรังสี 1002.0 W/m^2 มีความเร็วลมเฉลี่ย 1.3 m/s ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 802.7 W/m^2 ส่วนความสูง PVC 8.0 m มีความเร็วลมสูงสุด 2.5 m/s ขณะความเข้มรังสี 954.0 ความเร็วลมเฉลี่ย 2.0 m/s ความเข้มรังสีเฉลี่ย 722.8 W/m^2 ดังภาพที่ 5-6

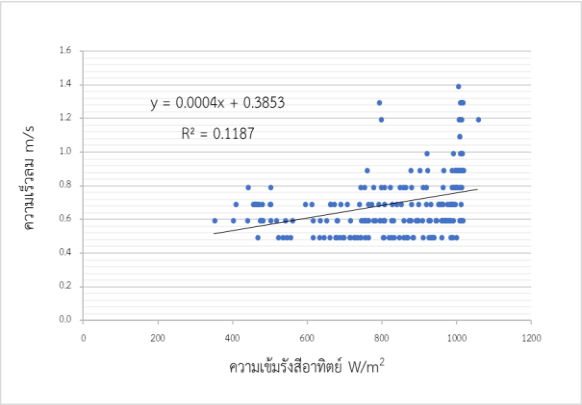


รูปที่ 5 ความเข้มรังสีอาทิตย์ ความเร็วลมของหอคอยแสงอาทิตย์ความสูง 8 m

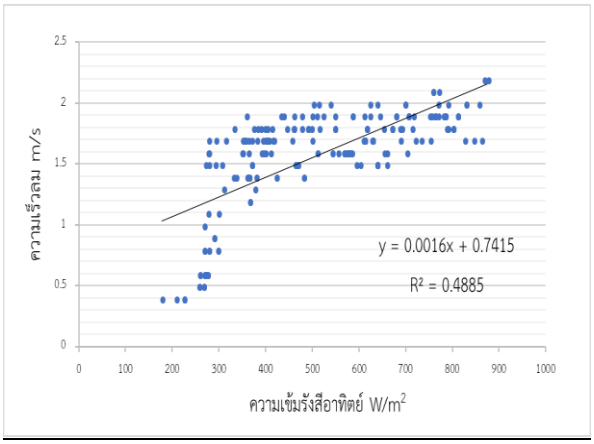


รูปที่ 6 ความเร็วลม ความเข้มรังสีอาทิตย์ของหอคอยแสงอาทิตย์ความสูง 8 m

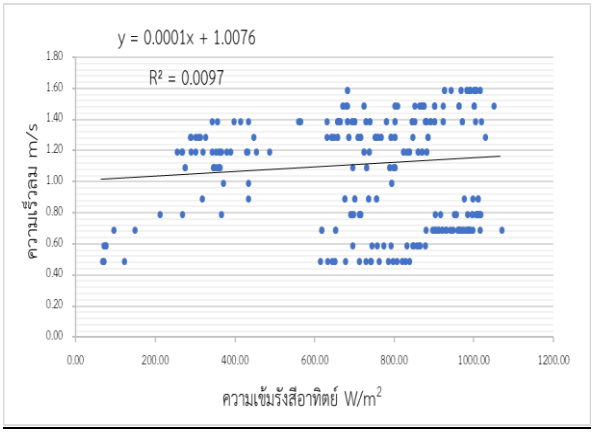
จะเห็นว่าความเร็วลมจะแปรผันตรงกับความสูงและพื้นที่รับแสงโดยความยาวท่อมากจะทำให้เกิดผลต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านล่างท่อและด้านบนของท่อมีค่ามากมีผลให้ความเร็วลมสูงขึ้น ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิในท่อมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ($y = 3.9807x + 492.5$, $R^2 = 0.0157$) ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิพื้นรับรังสีเป็นแบบเชิงเส้น ($y = 0.0014x + 52.418$, $R^2 = 0.0016$) และความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีกับความเร็วลมสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ($y = -0.0003x + 1.479$, $R^2 = 0.0162$) ดังรูปที่ 7 - 10



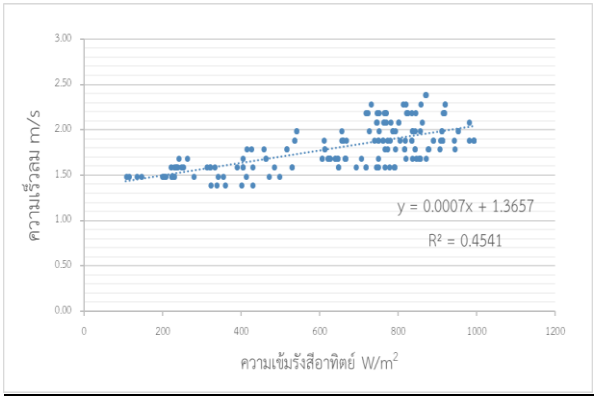
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลม สำหรับ PVC 4 m พื้นที่ 29.2 m^2



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลม สำหรับ PVC 8 m พื้นที่ 29.2 m^2



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลม สำหรับ PVC 4 m พื้นที่ 38.5 m^2



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลม สำหรับ PVC 8 m พื้นที่ 38.5 m^2

6. อภิปรายผล

1. ผลการวัดอุณหภูมิ ในสภาพอากาศที่แตกต่างกันทำให้ได้อุณหภูมิที่วัดแต่ละจุดแตกต่างกันเพราะว่าเมื่อแสงอาทิตย์ทะลุผ่านแผ่นพลาสติกใส ตกกระทบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (พื้นคอนกรีต) ความร้อนจะสะสมอยู่ภายในแผ่นพลาสติก ความชื้นของพื้นคอนกรีตมีผลต่ออุณหภูมิ เพราะไอน้ำในพื้นคอนกรีตจะสะสมความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศทำให้อุณหภูมิลดลง อุณหภูมิในท่อหอคอยแสงอาทิตย์ก็ลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ จึงมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับผลต่างของอุณหภูมิภายในท่อ เป็นแบบเชิงเส้น จะได้ค่า r^2 ค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วิภาวรรณ์ ปานเนาว์ และสุภัชชา สิงห์ชา [6]

2. ความสัมพันธ์ของความเร็วลมของอากาศร้อนกับพื้นที่รับแสงและความสูงของท่อ โดยความสูงของท่อก็มีผลต่อความเร็วลมร้อนอากาศในหอคอยแสงอาทิตย์ เพราะผลต่างของอุณหภูมิต้นท่อและอุณหภูมิปลายท่อทำให้อากาศเกิดการยกตัวขึ้น เมื่อผลต่างมากขึ้นทำให้ความเร็วลมเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hamdy and Fikry [7] ศึกษาเทคนิคการระบายอากาศแบบปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศกับหลังคาเอียงใน

แถบเมดิเตอเรเดียน ซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกอาคาร และอัตราความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงปล่องระบายอากาศ แต่ขนาดพื้นที่เก็บความเข้มรังสีอาทิตย์ ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ และความเร็วลมในหอคอยแสงอาทิตย์มากนัก

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรจิตร์ พระเมือง ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและขอขอบคุณพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่ส่งเสริมสนับสนุนกำลังใจกำลังทรัพย์เพื่อการดำเนินงาน ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

8. บรรณานุกรม

[1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, (2560). พลังงานแสงอาทิตย์ (ออนไลน์).สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2560, จาก https://th.wikipedia.org/wiki

[2] Schlaich, J. and Schiel, W. (2001). “ Solar Chimneys” ,Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd Edition, Academic Press, London.

[3] จิฐิพร วงศวัชรไพบูลย์. (2552). ศักยภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 6(1): หน้า 92 – 105.

[4] อาทิตย์ คูณศรีสุข และทวิช จิตรสมบูรณ์. (2548). แอคทูเอเตอร์ดิสก์เพื่อจำลองการไหลผ่านกังหันเทอร์ไบน์ในหอคอยแดด. นครราชสีมา : สำนักงานวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[5] Hussain H., Al-Kayiem and Ogboo Chikere Aja (2016). Historic and recent progress in solar chimney power plant enhancing technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 58; pp 1269-1292.

[6] วิภาวรรณ ปานเนาว์ และสุภัชชา สิงห์ชา. (2560). ความเร็วของกระแสอากาศในหอคอยแสงอาทิตย์. วิจัยปริญญาครุศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

[7] Hamdy, I” F” and Fikry, M” A” “Passive Solar Ventilation.” Renewable Energy. 14(1998): pp. 381-38

การศึกษาสมรรถนะของหอคอยแสงอาทิตย์ที่ใช้ชนิดวัสดุและความสูงต่างกัน

Study of solar tower performance with difference of materials and heights

จิรพัฒน์ เฟื่องแก้ว[1] ธนากร พงษ์สะพัง[1] ผศ.ดร.สุรจิตร์ พระเมือง[2]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

234 ถนนเลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

E-mail : sb5880143107@lru.ac.th, thanakornkeng@hotmai.com, surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

ภูมิอากาศประเทศไทยมีแนวโน้วสูงขึ้นทุกปีด้วยเฉพาะในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 36.0 °C ใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น หอคอยแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่งเพื่อการผลิตไฟฟ้าอาศัยปัจจัยของอุณหภูมิอากาศที่ร้อน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมรรถนะของหอคอยแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุต่างชนิดกันและมีความสูงต่างกัน โดยสร้างหอคอยแสงอาทิตย์ที่ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 m ยาว 4.0 m และ 8.0 m เปรียบเทียบกับชนิดสังกะสีเบอร์ 24.0 ผลการวิจัยพบว่า ชนิดท่อ PVC ความสูง 4.0 m ความเร็วลมสูงสุด 1.4 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 1056.0 W/m^2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.7 m/s ความเข้มรังสีเฉลี่ยอาทิตย์ 825.0 W/m^2 ส่วนความสูง 8.0 m ความเร็วลมสูงสุด 2.2 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 977.0 W/m^2 และความเร็วลมเฉลี่ย 1.6 m/s ความเข้มรังสีเฉลี่ยอาทิตย์ 510.0 W/m^2 สำหรับชนิดทำจากสังกะสี ความสูง 4.0 m ความเร็วลมสูงสุด 2.3 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 907.0 W/m^2 ความเร็วลมเฉลี่ย 1.6 m/s ความเข้มรังสีเฉลี่ยอาทิตย์ 544.3 W/m^2 ส่วนความสูง 8.0 m ความเร็วลมสูงสุด 3.4 m/s ขณะความเข้มรังสีอาทิตย์ 960.0 W/m^2 และความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 m/s ความเข้มรังสีเฉลี่ยอาทิตย์ 777.0 W/m^2 อากาศร้อนในหอคอยมีการยกตัวลอยขึ้นในแนวดิ่งซึ่งเป็นไปตามหลักการพาความร้อน สังกะสีมีผลต่างอุณหภูมิมากกว่า PVC 5.0 °C สรุปได้ว่า ชนิดสังกะสีมีความเร็วลมมากกว่าชนิด PVC และความสูง 8.0 m มีความเร็วลมสูงกว่า 4.0 m มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นดังนั้น สมรรถนะของหอคอยที่มีความสูงมากจะมีค่ามากกว่าความสูงที่น้อยกว่า และชนิดของหอคอยที่สร้างจากตัวนำ จะมีสมรรถนะสูงกว่าชนิดหอคอยที่สร้างจากฉนวนความร้อน

คำหลัก: ความเร็วลมอากาศร้อน หอคอยแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

The climate for Thailand is increasing yearly, especially in hot season, the averaged air temperature is over 36.0 °C. the electricity consumption is high. Solar tower is one of alternative for producing electricity due to hot air temperature. This research investigated the performance of solar tower constructing by difference of materials and heights. A solar tower was made from PVC tube diameter of 0.2 m with lengths of 4.0 m and 8.0 m comparing to ones of no.24 -zinc. The study found that solar tower with the PVC type 4.0 m height the maximum wind velocity of 1.4 m/s at solar intensity of 1056 w/m^2. The averaged wind velocity of 0.7 m/s and averaged solar intensity of 825.0 W/m^2. The height of 8.0 m the maximum wired velocity of 2.2 m/s at solar intensity of 977.0 W/m^2.

The averaged wind velocity of 1.6 m/s and averaged solar intensity of 510.0 w/m^2 were also. Solar tower with the zinc type 4.0 m height the maximum wind velocity of 2.3 m/s at solar intensity of 907.0 W/m^2. The averaged wind velocity of 1.6 m/s and averaged solar intensity of 544.3 W/m^2. The height of 8.0 m the maximum wind velocity of 3.4 m/s at solar intensity of 960.0 W/m^2. The averaged wind velocity of 2.5 m/s and averaged solar intensity of 777.0 W/m^2 were also obtained. big difference gap of upper-lower temperatures in the tube causes high wind velocity. Due to hot air stream rises vertically. Material type as zinc difference temperatures about 5-0 ^{o}C higher than PVC type. Conclude that zinc wind velocity higher than PVC as same as the height 8.0 m than the height 4.0 m. So that the performance of solar tower with higher and conductive material was longer than the shorter and insulation material.

Keywords: Hot air velocity Solar tower Solar energy

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีการนำเชื้อเพลิงฟอสซิลมาใช้เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดความไม่มั่นคงต่อทรัพยากรของโลก ดังนั้นผู้คนจึงให้ความสนใจกับการใช้พลังงานทดแทนมากยิ่งขึ้น ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ทุกคนทั่วโลกสามารถเข้าถึงได้อย่างเท่าเทียม ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศของแต่ละสถานที่เท่านั้น เช่นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าที่ดูไบ โรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่อาศัยสารกึ่งตัวนำในการเปลี่ยนแสงให้กลายเป็นไฟฟ้า โดยใช้เซลแสงอาทิตย์ หรือการระบบที่ให้ความร้อนกับสารทำงาน (Working fluid) ตามกฎเทอร์โมไดนามิกส์ แล้วไปขับกังหันผลิตไฟฟ้า

หอแสงอาทิตย์ เป็นระบบที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ตามกฎเทอร์โมไดนามิกส์ ผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานลม มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ หลังคารับแสงหรือพื้นที่ดูดซับความร้อน และปล่องสูงสำหรับระบายความร้อน เพื่อไปขับกังหันผลิตไฟฟ้า ซึ่งปล่องสูงสามารถทำขึ้นจากวัสดุด้วยทั่วไปได้เช่น พลาสติก สแตนเลส เหล็ก อลูมิเนียม ซึ่งวัสดุและความสูงนี้มีผลต่ออุณหภูมิภายในหอคอยแสงอาทิตย์และการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะเปรียบเทียบวัสดุและความสูงที่มีผลต่อความเร็วลมที่ผลิตได้จากหอคอยแสงอาทิตย์ภายใต้สภาพภูมิอากาศของจังหวัดเลย

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วของอากาศร้อนกับอุณหภูมิภายในหอคอยแสงอาทิตย์และความเข้มรังสีอาทิตย์

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วของอากาศร้อนกับชนิดของวัสดุและความสูงของท่อ

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. ชนิดวัสดุของหอคอยแสงอาทิตย์ใช้วัสดุ PVC และสังกะสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 m

2. ความสูงของหอคอยแสงอาทิตย์ 4.0 m และ 8.0 m

3. พื้นที่รับแสงอาทิตย์ 29.2 m^2 ใช้พลาสติกใสและพื้นรับแสงอาทิตย์เป็นพื้นคอนกรีต

4. ทฤษฎี

หอคอยแสงอาทิตย์ (Solar tower) เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยผลต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างต้น

ท่อและปลายท่อ ที่ถูกทำให้ร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) เมื่ออุณหภูมิอากาศแตกต่างกันจะทำให้เกิดการไหลภายในท่อ กลายเป็นพลังงานกล (Chimney effect) ไปหมุนกังหันลมที่ผลิตไฟฟ้า คล้ายกับปล่องลมระบายความร้อนบนหลังคาที่ความเร็วลมในปล่องลมแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศภายในปล่องลม พบว่าอัตราการระบายอากาศมีค่าต่ำสุด 0.03 m^3/s และมีค่าสูงสุด 0.11 m^3/s การเพิ่มความร้อน 100 W/m^2 จะทำให้อัตราการระบายอากาศสูงขึ้น 0.01 m^3/s [1] ลักษณะของหอคอยแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หอคอยแสงอาทิตย์ความสูง 750 m กำลังไฟฟ้า 40 MWในประเทศสเปน [2]

กลไกการทำงานของหอคอยแสงอาทิตย์ จะอาศัยผลต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านล่างของหอคอยกับปลายด้านบนของหอคอย เนื่องจากอากาศร้อนจะยกตัวลอยขึ้นในแนวดิ่งจากการสะสมความร้อนในพื้นที่เก็บรังสีอาทิตย์เป็นการพาความร้อนตามธรรมชาติ ค่าความเร็วของลมร้อนในหอคอยแสงอาทิตย์จะแปรผันตามความเข้มแสงอาทิตย์ที่ทำให้อุณหภูมิปลายหอคอยแสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม [3]

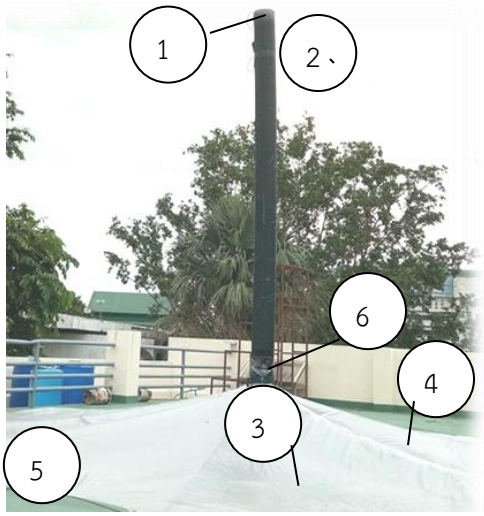
5. วิธีการดำเนินงานวิจัย

5.1 การออกแบบและสร้างหอคอยแสงอาทิตย์

โครงสร้างหอยคอยแสงอาทิตย์ จะใช้ท่อพีวีซีและแผ่นสังกะสีม้วนเป็นท่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 m ความยาว 4.0 m และ 8.0 m เป็นตัวระบายความร้อน ใช้พื้นคอนกรีตเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์พื้นที่ 29.2 m^2 เพราะพื้นเป็นตัวกักเก็บความร้อนและคลุมด้วยพลาสติกใส เพื่อสร้างปรากฏการณ์เรือนกระจก

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer รุ่น AR-826 ใช้ในการวัดความเร็วลมภายในท่อ (จุดที่ 6) การวัดอุณหภูมิใช้ Datalogger Testo 176 H1 ทำการวัดอุณหภูมิภายในหอคอยแสงอาทิตย์ด้านบน (จุดที่ 1) อุณหภูมิแวดล้อม (จุดที่ 2) อุณหภูมิด้านล่างหอคอยแสงอาทิตย์ (จุดที่ 3) อุณหภูมิแผ่นพลาสติกใส (จุดที่ 4) อุณหภูมิคอนกรีต (จุดที่ 5) ดังภาพที่ 2 การวัดความเข้มแสงอาทิตย์ด้วย Pyranometer Kipp & Zonen CM P3 วัดที่พื้นซีเมนต์ใกล้หอคอยแสงอาทิตย์



รูปที่ 2 ภาพติดตั้งอุปกรณ์การเก็บข้อมูล

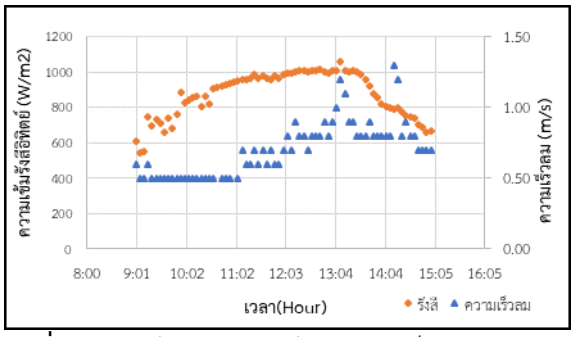
5.3 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยเลือกเก็บข้อมูลในฤดูร้อนถึงฤดูฝนระหว่างวันที่ 8 เมษายน – 8 มิถุนายน 2561 ตั้งแต่เวลา 09.00 น. – 15.00 น. เพื่อที่จะเปรียบเทียบความเร็วลมใน

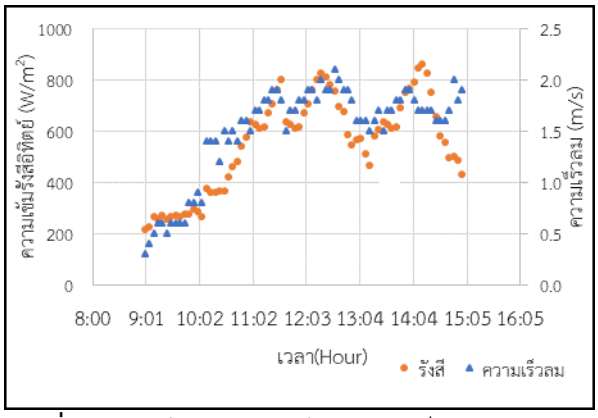
หอคอยแสงอาทิตย์ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้จะหาความสัมพันธ์โดยวิเคราะห์ด้วยสถิติแบบถดถอย (Regression analysis)

6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการวัดค่าความเร็วลมในท่อภายใต้ความเข้มรังสีอาทิตย์แตกต่างกัน สำหรับท่อ PVC ความยาว 4 m และ 8 m แสดงใน**รูป**ที่ 3 – 4

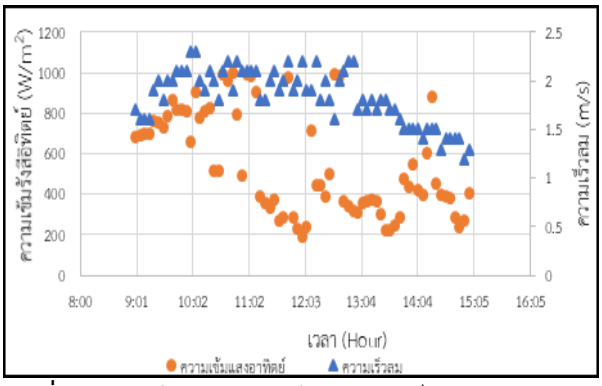


รูปที่ 3 ความเข้มรังสีอาทิตย์และความเร็วลมชนิด PVC 4.0 m วันที่ 9 เมษายน 2561

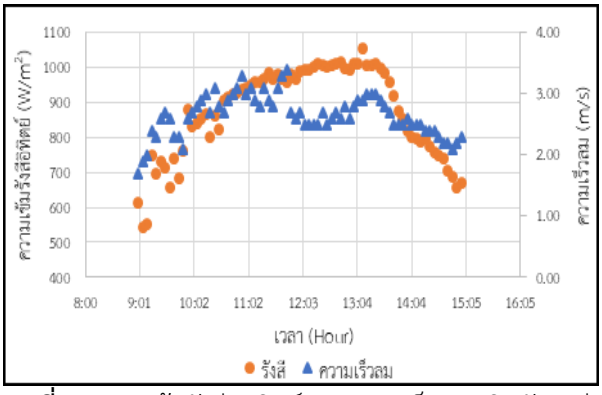


รูปที่ 4 ความเข้มรังสีอาทิตย์และความเร็วลมชนิด PVC 8.0 m วันที่ 8 มิถุนายน 2561

6.2 ผลการวัดค่าความเร็วลมในท่อภายใต้ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกัน สำหรับท่อสังกะสี ความยาว 4 m และ 8 m แสดงในรูปที่ 5 – 6



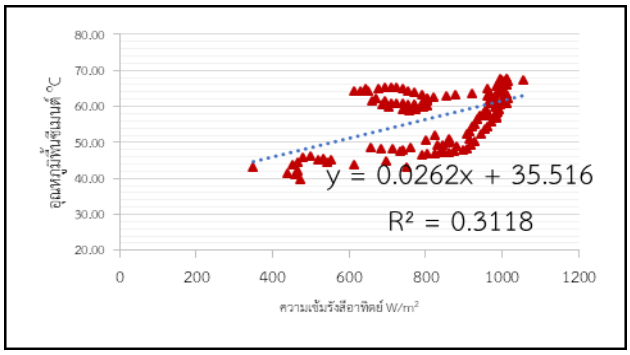
รูปที่ 5 ความเข้มรังสีอาทิตย์และความเร็วลมชนิดสังกะสี 4.0 m วันที่ 27 พฤษภาคม 2561



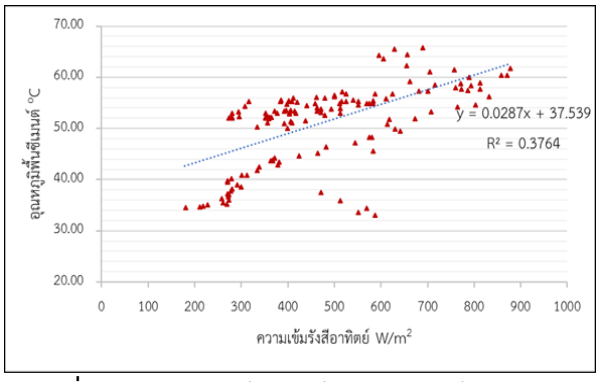
รูปที่ 6 ความเข้มรังสีอาทิตย์และความเร็วลมชนิดสังกะสี 4.0 m วันที่ 27 พฤษภาคม 2561

จากรูปที่ 3-6 จะเห็นได้ว่า หอคอยแสงอาทิตย์ชนิด PVC เมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น ความเร็วลมภายในหอคอยไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนชนิดสังกะสี เมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น ความเร็วลมภายในหอคอยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นชัด ซึ่งเป็นเพราะชนิดสังกะสี มีความเป็นตัวนำความร้อนได้ดีกว่า ชนิด PVC ส่วนความสูงของหอคอยแสงอาทิตย์ ความสูงขนาด 8 m มีความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า ความสูงขนาด 4 m

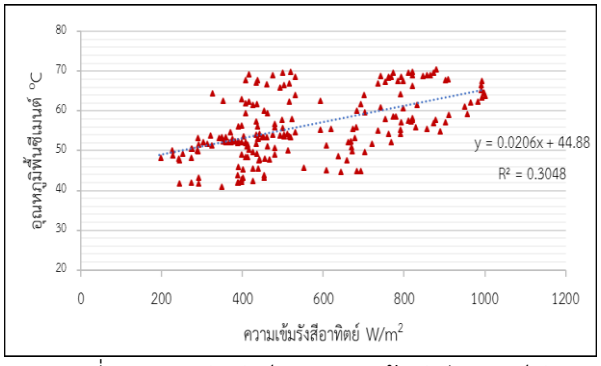
6.3 การหาความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิ พื้นคอนกรีตที่ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในตัวรับรังสีสูงขึ้นส่งผ่านไปยังหอคอยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีชนิดและความสูงต่างกัน แสดงในรูปที่ 7 - 10



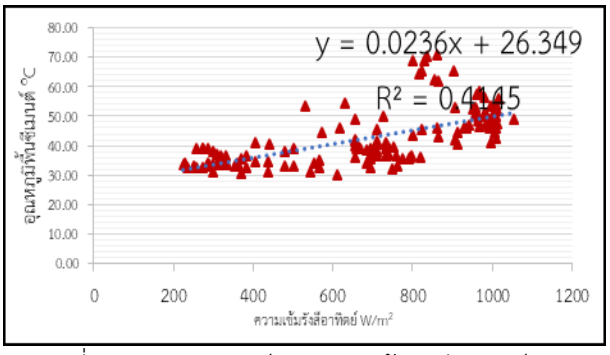
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิพื้นคอนกรีตของท่อ PVC 4 m



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิพื้นคอนกรีตของท่อ PVC 8 m



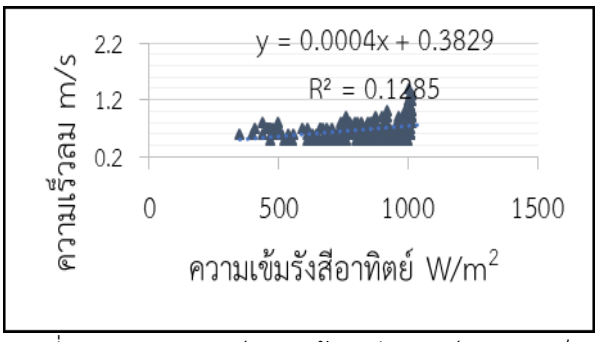
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิพื้นคอนกรีตของสังกะสี 4.0 m



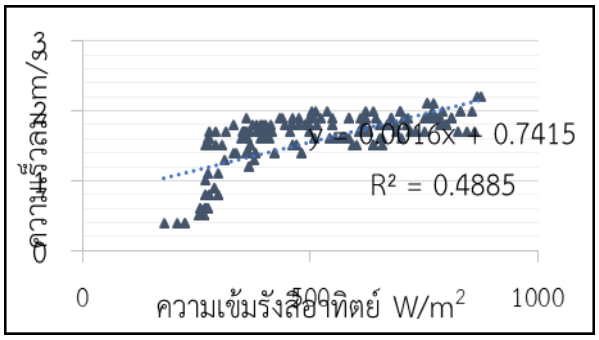
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิพื้นคอนกรีตของสังกะสี 8.0 m

รูปที่ 7 – 10 เมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์สูงขึ้นอุณหภูมิพื้นซีเมนต์ก็จะสูงขึ้นแปรผันตามกันมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น อุณหภูมิพื้นซีเมนต์ชนิดสังกะสีจะมีค่าความแปรปรวนมากกว่าชนิด PVC ซึ่งท่อชนิดสังกะสี 8.0 m มีค่า R^2 = 0.414 ดีกว่า 4.0 m ที่ R^2 = 0.3048 และ ชนิด PVC 8.0 m มีค่า R^2 = 0.3764 และ 4.0 m R^2 = 0.3118 ตามลำดับ ดังนั้นอุณหภูมิพื้นซีเมนต์ของท่อแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันเพราะความชื้นในแต่ละวันไม่เท่ากัน และความชื้นดูได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นซีเมนต์ พบว่า ท่อชนิด PVC มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นซีเมนต์เร็วกว่าชนิดสังกะสีมีความชัน เท่ากับ 0.3764

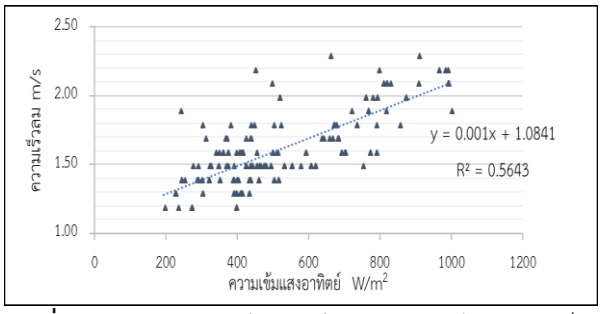
6.4 การหาความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลมในหอคอยแสงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากผลต่างของอุณหภูมิด้านปลายท่อกับโคนท่อ แล้วอากาศมีความเร็วส่งผ่านท่อจากวัสดุและความสูงต่างกัน แสดงในรูปที่ 11 – 14



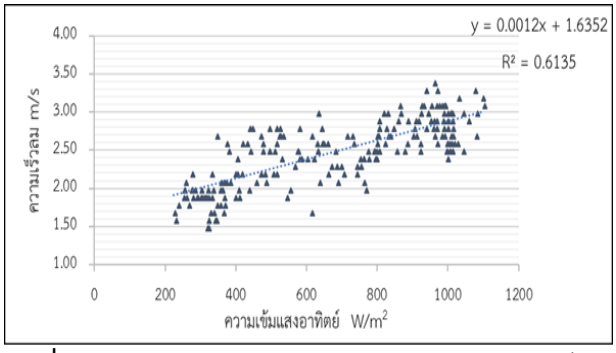
รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลมท่อชนิด PVC 4.0 m



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลมท่อชนิด PVC 8.0 m



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลมท่อชนิดสังกะสี 4.0 m



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ความเข้มรังสีอาทิตย์กับความเร็วลมท่อชนิดสังกะสี 8.0 m

จากรูปที่ 11 – 14 เมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์ ณ จุดเดียวกัน ความเร็วลมแปรผันตามความสูง มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ความเร็วลมที่ความสูง 4.0 m ชนิดสังกะสีมีค่า R^2 = 0.5643 ดีกว่าชนิด PVC ที่ R^2 = 0.1285 และความสูง 8.0 m ชนิดสังกะสีมีความเร็วลมสูงกว่าชนิด PVC ที่ค่า R^2 = 0.6135 , R^2 = 0.4885 ตามลำดับ ดังนั้นความสูงมากขึ้นความเร็วลมภายในท่อสูงขึ้นเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เร็วคือความชันเท่ากับ 0.0016 ทั้งนี้เป็นเพราะความสูงทำให้ผลต่างอุณหภูมิปลายท่อและต้นท่อต่างกันมาก

7. สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการวัดอุณหภูมิ ในสภาพอากาศที่แตกต่างกันทำให้ได้อุณหภูมิที่วัดแต่ละจุดแตกต่างกันเพราะว่า เมื่อแสงอาทิตย์ทะลุผ่านแผ่นพลาสติกใส ตกกระทบตัวเก็บรังสี (พื้นคอนกรีต) ความร้อนจะสะสมอยู่ภายในแผ่นพลาสติก ความชื้นของพื้นคอนกรีตมีผลต่ออุณหภูมิเพราะไอน้ำในพื้นคอนกรีตจะสะสมความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศทำให้อุณหภูมิลดลง อุณหภูมิในท่อหอคอยแสงอาทิตย์ก็ลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์กับพารานอมิเตอร์ต่าง ๆ จึงมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับผลต่างของอุณหภูมิภายในท่อเป็นแบบเชิงเส้น จะได้ค่า r^2 ค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาของวิภาวรรณ ปานว์และสุภัชชา สิงชา [4]

เมื่อพิจารณาชนิดของหอคอยแสงอาทิตย์และความสูง จะพบว่าชนิดของสังกะสีทำให้มีความเร็วมากกว่าชนิดของ PVC และความสูงของหอคอยแสงอาทิตย์ 8 m จะมีความเร็วลมสูงกว่า 4 m แสดงว่าสมรรถนะของหอคอยที่มีความสูงมากจะมีค่าความเร็วลมมากกว่าความสูงที่น้อย และชนิดของหอคอยที่สร้างจากตัวนำที่สร้างจาก สังกะสี จะมีสมรรถนะสูงกว่าชนิดหอคอยที่สร้างจากฉนวนความร้อนที่ทำจาก PVC

8. เอกสารอ้างอิง

[1] จิฐิพร วงศวัชรไพบูลย์. (2552). ศักยภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 6(1): หน้า 92 – 105.

[2] Muñoz-Lacuna, J.V., 2006, "Ciudad Real tendrá una torre solar que doblará en alturaa las Torres Gemelas", [Online] https://www.ctc-n.org/technologies/solar-towers-updraft.

[3] นพนันท์ นานคงแนบ และชัยวัฒน์ พรหมเพชร, (2552) การพัฒนาเครื่องกลเติมอากาศปล่องลมแดดเพื่อบำบัดน้ำเสีย. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. ปีที่ 18(1): 22 -31.

[4] วิภาวรรณ ปานเนาว์ และสุภัชชา สิงห์ชา. (2560). **ความเร็วของกระแสอากาศในหอคอยแสงอาทิตย์**. วิจัยปริญญาครุศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

แอปพลิเคชันหาสายรถสองแถวในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

Korat Bus Search Android Application

สุภัทรา เกิดเมฆ*, วิทยา ศรีกุล, รังสิมันตุ์ ชาญพล, ชูเกียรติ วอสูงเนิน และสนั่น จันทร์พรม

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
* E-mail : supattra@rmuti.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ : 08-1877-6402

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอแอปพลิเคชันหาสายรถสองแถวในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา แอปพลิเคชันนี้สามารถปฏิบัติงานบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 4.0 ขึ้นไป ตัวแอปพลิเคชันจะทำการค้นหาสายรถสองแถว โดยนำตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของผู้ใช้งานมาค้นหากับแผนที่การเดินของรถสองแถวที่คณะผู้จัดทำได้เตรียมไว้ ในส่วนของผู้ใช้งานสามารถเลือกสถานที่ปลายทางเพื่อนค้นหาสายรถสองแถวที่ผ่านไปยังจุดหมายปลายทางที่ต้องการ และแอปพลิเคชันนี้ยังสามารถดูรูปภาพด้านหน้า สีประจำรถ เส้นทางการเดินรถและค่าโดยสารของรถสองแถว ในส่วนการแสดงผลทางด้านภาษานั้นสามารถแสดงผลเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เพื่อรองรับผู้ใช้งานที่เป็นนักท่องเที่ยวทั้งในและต่างประเทศ ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72

คำหลัก: แอนดรอยด์, แอปพลิเคชัน, สมาร์ทโฟน, สายรถสองแถว

Abstract

This article has proposed the application to find the minibus line in Mueang District, Nakhon Ratchasima Province. This application can work on the smartphone in the Android operating system, Version 4.0 up. The application will search for the minibus line by bringing the current position of the user to search with the map of the travelling of the minibus that the organizer has prepared. In the part of the user, the user can select the destination in order to search for the minibus line that has passed to the required destination and this application can still look at the front picture, the minibus color, the route of the travelling of the minibus and the fare of the minibus. In the part of showing of the result of the language, this can show the result in Thai language and English language in order to support the user who is the tourist both in the country and in the foreign country. The system users' satisfaction level was very good. By average as 4.33 and standard deviation as 0.72.

Keywords: Android, Application, Smartphone, The minibus line

1. บทนำ

จากข้อมูลในปี 2560 ของระบบสถิติทางการทะเบียน ระบุว่าจังหวัดนครราชสีมามีประชากรมากเป็นอันดับ 2 ของประเทศ มีประชากรอยู่ประมาณ 2.6 ล้านกว่าคน ในเมืองใหญ่ที่มีประชากรหนาแน่นอย่างจังหวัดนครราชสีมานี้ จำเป็นต้องมีการบริการขนส่งสาธารณะที่สะดวก เพียงพอ และมีราคาที่เหมาะสมกับรายได้ของผู้โดยสาร ระบบขนส่งสาธารณะในจังหวัดนครราชสีมาประกอบด้วย รถแท็กซี่ รถจักรยานยนต์รับจ้าง รถรับจ้างสามล้อ และรถสองแถว ในบรรดาการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะเหล่านี้ รถสองแถวถือว่าเป็นระบบขนส่งสาธารณะที่ครอบคลุมมากที่สุด และเป็นระบบขนส่งสาธารณะที่มีราคาถูกที่สุด

อย่างไรก็ตามการเติบโตของจำนวนประชากร การขยายตัวของพื้นที่เมือง รวมทั้งการเติบโตทางเศรษฐกิจจะทำให้เกิดความต้องการเดินทางมากขึ้นและไกลขึ้น การเติบโตจำเป็นต้องอาศัยระบบขนส่งสาธารณะในรูปแบบที่ก้าวหน้ามากกว่าเดิม หากต้องการหลีกเลี่ยงปัญหาการจราจร และชักจูงให้คนลดการใช้รถส่วนตัวลง การปรับปรุงเส้นทางและระบบการเดินรถสองแถว จะทำให้ระบบขนส่งสาธารณะมีประสิทธิภาพในการบริการผู้โดยสารมากขึ้น

จากการสืบค้นข้อมูลงานและงานวิจัยที่มีความคล้ายคลึง และเกี่ยวข้องนั้น ในปัจจุบันมี Google Maps เป็นงานบริการของ Google ที่ครอบคลุมการเดินทางด้วยหลายพาหนะแต่ไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ในงานวิจัย [1] ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อสำรวจพิกัดป้ายรถประจำทาง และสร้างเส้นทางรถประจำทางผ่านป้ายอัตโนมัติ และส่วนเชื่อมต่อ API ขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชันสามารถร้องขอข้อมูลเส้นทางรถประจำทาง และสามารถใช้ค้นหาเส้นทางการเดินทางด้วยรถประจำทางโดยการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางบนแผนที่ โปรแกรมจะคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุด หรือเส้นทางที่มีการเปลี่ยนรถน้อยที่สุดให้ ส่วนงาน [2] ได้พัฒนาแผนที่รถสองแถวเมืองโคราช เก็บข้อมูลเส้นทางสายต่าง ๆ นำมาออกแบบเป็นเส้นทางแผนที่ โดยสามารถดาวน์โหลดเป็นไฟล์รูปภาพได้ และงาน [3] เป็นแอปพลิเคชันที่ช่วยในการค้นหาเส้นทางรถสองแถวโคราช แสดงผลได้เฉพาะภาษาไทยเท่านั้น สามารถแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน แสดงข้อมูลข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของรถสองแถว และแสดงเส้นทางสถานที่ของป้ายจอด สายรถสองแถวที่ต้องการใช้งาน

จากงานต่าง ๆ ที่กล่าวมา คณะผู้จัดทำพัฒนาแอปพลิเคชันหาสายรถสองแถวในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สามารถแสดงผลได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ผู้ใช้งานสามารถค้นหาเส้นทางการเดินรถสองแถวจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุดหมายปลายทาง หรือสถานที่ที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้บนแผนที่กูเกิล สามารถค้นหารถสองแถวที่ผ่านในบริเวณตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน และสามารถบอกสถานการณ์ให้บริการรถสองแถว ณ เวลาปัจจุบันของผู้ใช้งานได้

2. การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานไว้ดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลของรถสองแถวในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาทั้งหมด 22 สาย ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพด้านหน้าของรถสองแถว สีประจำรถสองแถว เส้นทางการเดินรถสองแถว ค่าโดยสารรถสองแถว และช่วงเวลาการเดินรถสองแถว

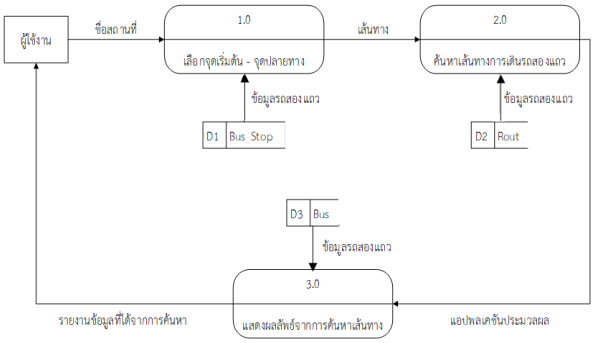
2.2 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

คณะผู้จัดทำใช้แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram : DFD) เป็นเครื่องมือที่ใช้อธิบายถึง

ขั้นตอนการทำงานของระบบ แสดงทิศทางการไหลของข้อมูล ซึ่งอธิบายให้ผู้พัฒนาระบบ ผู้ใช้รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบถึงรายละเอียดการทำงานได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 - 2

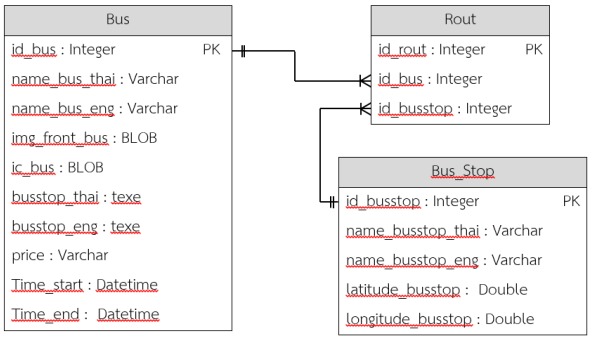


รูปที่ 1 แผนภาพบริบท (context diagram)



รูปที่ 2 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับ 1 (Data Flow Diagram Level 1)

ส่วนระบบการจัดการข้อมูลรถสองแถวในส่วนนี้ใช้ SQLite ดังแสดงในแผนภาพ E-R ดังแสดงในรูปที่ 3



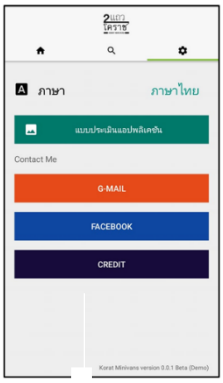
รูปที่ 3 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูลในส่วนของไคลเอนต์

ส่วนการเขียนโปรแกรมแอปพลิเคชัน คณะผู้จัดทำใช้โปรแกรม Android Studio ในการเขียนชุดคำสั่งภาษา JAVA, XML และใช้ Google Maps API สำหรับแสดงแผนที่

3. ผลการพัฒนาและทดสอบระบบ

3.1 ด้านผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชัน ดังแสดงในรูปที่ 4 - 8



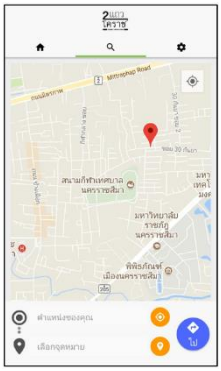
รูปที่ 4 ผลการพัฒนาฟังก์ชันการเปลี่ยนภาษา



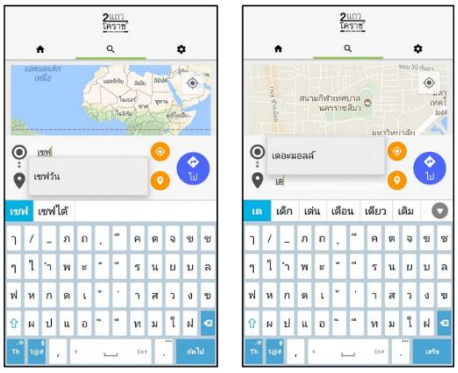
รูปที่ 5 ผลการพัฒนาฟังก์ชันการแสดงข้อมูลของรถสองแถวทั้ง 22 สาย



รูปที่ 6 ผลการพัฒนาฟังก์ชันบอกสถานการณ์ให้บริการรถสองแถว ณ เวลาปัจจุบันของผู้ใช้งานได้



รูปที่ 7 ผลการพัฒนาฟังก์ชันแสดงแผนที่



(ก) เลือกจุดเริ่มต้น (ข) เลือกจุดปลายทาง



(ค) แสดงเส้นทาง

รูปที่ 8 ผลการพัฒนาฟังก์ชันการค้นหาเส้นทางการเดินรถสองแถว

จากรูป แอปพลิเคชันประกอบด้วย 5 ฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชันการเปลี่ยนภาษา ผู้ใช้งานสามารถเลือกแสดงภาษาที่ผู้ใช้งานต้องการได้ โดยมีภาษาให้เลือก 2 ภาษา ได้แก่ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ แสดงดังรูปที่ 4 ฟังก์ชันการแสดงข้อมูลของรถสองแถวทั้ง 22 สาย ได้แก่ รูปภาพด้านหน้าของรถสองแถว สีประจำรถสองแถว เส้นทางการเดินรถสองแถว ค่าโดยสารรถสองแถว และช่วงเวลาการเดินรถสองแถว แสดงดังรูปที่ 5 ฟังก์ชันบอกสถานการณ์ให้บริการรถสองแถว ณ เวลาปัจจุบันของผู้ใช้งานได้ สามารถบอกได้ว่า ณ เวลาปัจจุบันของผู้ใช้งานมีรถสองแถวสายใดที่ให้บริการ แสดงดังรูปที่ 6 ฟังก์ชันแสดงแผนที่ โดยการดึงเอา Google Maps มาแสดงในแอปพลิเคชันเพื่อรับค่าละติจูล และลองจิจูล แสดงดังรูปที่ 7 และฟังก์ชันการค้นหาเส้นทางการเดินรถสองแถวโดยผู้ใช้งานจะต้องระบุตำแหน่งของจุดเริ่มต้น และระบุจุดหมายปลายทางที่ผู้ใช้งานต้องการไป ระบบจะทำการค้นหาเส้นทาง และแสดงรถสองแถวที่ผ่านบริเวณจุดหมายที่ผู้ใช้งานเลือกไว้ แสดงดังรูปที่ 8

3.2 ด้านการประเมินผลความพึงพอใจที่มีต่อระบบ

ผลการประเมินจากความพึงพอใจที่มีต่อระบบ จะประเมินจากนักศึกษา 85 คน อาจารย์ 5 คน และบุคคลทั่วไป 32 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 122 คน เกณฑ์คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับ ตามมาตราส่วนประเมินค่าของลิเคอร์ท (Likert Scale) [4] ผลการประเมินแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อระบบ

คุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย (เต็ม 5)	*SD*	การแปลผล
ด้านการออกแบบ	4.23	0.83	ดี
ด้านประสิทธิภาพ	4.39	0.67	ดี
ด้านการใช้งาน	4.38	0.66	ดี
เฉลี่ย	**4.33**	**0.72**	**ดี**

จากตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบโดยรวมของทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

การพัฒนาแอปพลิเคชันหาสายรถสองแถวในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ถูกออกแบบให้ใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จากผลการพัฒนาและผลการประเมินการทดสอบพบว่ามีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อระบบอยู่ในระดับดี แอปพลิเคชันสามารถทำงานตามฟังก์ชันได้อย่างถูกต้อง

4.2 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีข้อเสนอแนะในการพัฒนาครั้งต่อไปดังนี้

1. รองรับบนทุกระบบปฏิบัติการ
2. แสดงเส้นทางเป็นเส้นกราฟได้
3. แสดงผลลัพธ์ให้มีรายละเอียดเส้นทางชัดเจนขึ้น
4. มีแอปพลิเคชันที่สามารถโอนถ่ายข้อมูลกับฐานข้อมูลได้
5. สามารถติดตามตำแหน่งของผู้ใช้งานเพื่อแจ้งเตือนเมื่อใกล้ถึงจุดหมาย

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Nuengwong T., Adisorn S. and Wuttiporn C. (2016). Bangkok Bus Route Planning API, paper presented in 2016 International Electrical Engineering Congress, iEECON2016, Chiang Mai, Thailand.

[2] แคทรียา นานอก (2559). *แผนที่ 2 แถว โคราช*. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://wekorat.com/2016/04/07/2-taew-korat-map-download, เข้าดูเมื่อวันที่ 13/05/2561.

[3] iDevDee การเดินทางและท้องถิ่น (2559). *สองแถว โคราช*. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rmuti.infomation.system.buskorat, เข้าดูเมื่อวันที่ 13/05/2561.

[4] มนต์ชัย เทียนทอง (2548). สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ, กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมโรงเรือนในระบบปิดสำหรับควบคุมหลอด LED เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช

Design and Development Innovation of Indoor Farming for Light Emitting Diode (LED) Control to Growth Plant

ศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร*, ฑิฆัมพร เขมวงศ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่อยู่ 1 ม.4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช รหัสไปรษณีย์ 80280

*ผู้ติดต่อ: ศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร E-mail sakrapee_khu@nstru.ac.th, 083-0245695

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมโรงเรือนในระบบปิดสำหรับควบคุมหลอด LED เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ต้องการ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ปัจจุบันพืชไฮโดรโปนิกส์หรือการปลูกพืชไร้ดินถือได้ว่ากำลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลผลิตที่มีราคาค่อนข้างสูง แต่พบว่าในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์มีปัจจัยทางธรรมชาติหลายตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและไม่สามารถควบคุมได้ เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น สารอาหาร คุณภาพอากาศ เป็นต้น จึงมีแนวคิดที่จะทำการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ที่มีการควบคุมแสงด้วยหลอด LED ในอัตราส่วนหลอดสีแดงต่อสีน้ำเงิน 5:1 โดยทดลองกับผักสลัดกรีนคอรัล จากผลการวิจัยพบว่าการเจริญเติบโตของพืชจะมีความสูงและความกว้างเพิ่มขึ้นเมื่อมีช่วงเวลาการให้แสงและความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจะทำให้พืชมีช่วงเวลาการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบพืชที่มีควบคุมการให้แสงจากหลอด LED ภายในโรงเรือนระบบปิดจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าการใช้แสงตามธรรมชาติอย่างชัดเจน และช่วงการให้แสงที่ดีที่สุดคือ เปิด 1 ชั่วโมง ปิด 20 นาที ในระดับความสูง 30 เซนติเมตร หากนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์สำหรับผู้ประกอบการจะส่งผลให้มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและรวดเร็วขึ้นจากการปลูกแบบดั้งเดิม

คำหลัก: ไฮโดรโปนิกส์, นวัตกรรมหลอด LED, โรงเรือนระบบปิด

Abstract

This article presents a design and development innovation of indoor farming for Light Emitting Diode (LED) control to Growth Plant. That is suitable for the environment and can be utilized to effectively increase agricultural productivity. Currently, hydroponic farming or soilless plant growing is a high priced commodity. But the process need to consider many factors such as light, temperature, humidity, nutrients, air quality and others. Because factors change all the time and not control. The hydroponic farming that controls light duration time using LED ratio 5: 1 of red per blue for green coral salad, The results represent height and width of plant increases when give more lighting duration time and intensity because the plants have more photosynthetic moments. Therefore, when compared the plants using light of LED to grow more than natural lighting. The best lighting is 1 hour (open) and 20

minutes (Close) at height level of LED is 30 centimeters. If apply in commercially or small enterprise to get productivity and faster more than traditional farming

Keywords: Hydroponic, Innovation of LED, Indoor farming

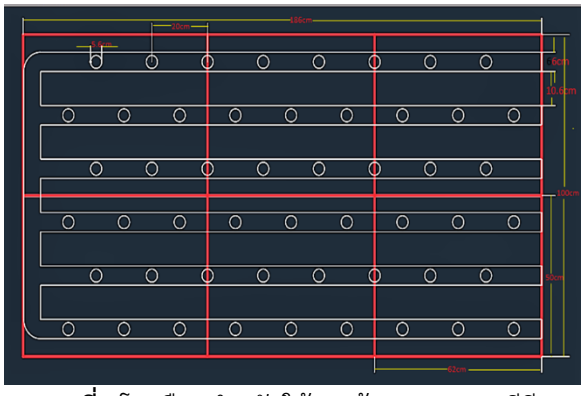
1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร เพาะปลูกพืชสวนเพื่อบริโภคภายในประเทศและส่งออก การเพาะปลูกพืชผลการเกษตรกรจะมีตัวแปรทางธรรมชาติที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ ความเข้มของแสง, น้ำ, ออกซิเจน, อุณหภูมิ, ความชื้นและธาตุอาหาร ซึ่งตัวแปรเหล่านี้เป็นปัจจัยพื้นฐานต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชส่วนใหญ่ต้องอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสง[1] ในการผสมอาหารธาตุ ปริมาณความเขมของแสงจึงมีผลกระทบอย่างมากตอการสังเคราะหแสงของพืชในการเจริญเติบโต หากทำการเพาะปลูกในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติอาจไม่สามารถควบคุมปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ซึ่งในบางฤดูกาลอากาศแปรปรวนทำให้แสงอาทิตย์ ตามธรรมชาติมีความเขมของแสงและตัวแปรอื่นๆ เกิดความไมแนนอน การควบคุมตัวแปรเหล่านี้ทำได้ยากจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมพบว่าพืชไฮโดรโปนิกส์สามารถเพาะปลูกได้โดยไม่ต้องใช้ดิน[2] และสามารถทำการเพาะปลูกพืชได้ในบริเวณพื้นที่ ที่ดินไม่ดีหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ภายในอาคารจึงมักถูกจำกัดดวยความตองการแสงเทานั้น

ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช แสงสว่างถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตพืชโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยทั่วไปพืชจะดูดซับแสง อาทิตย์เป็นหลัก การเพิ่มแหล่งกำเนิดของแสงนอกเหนือจากแสงอาทิตย์ จึงสามารถให้แสงหรือความสว่างภายในพื้นที่เพาะปลูกจากแหล่งกำเนิดอื่นๆได้ โดยมีแนวคิดออกแบบการให้แสงช่วยในการสังเคราะห์แสงของพืชด้วยเทคโนโลยีหลอดแอลอีดี เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ภายในระบบปิด ทั้งนี้เนื่องจากหลอดแอลอีดีเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟาสำหรับการใช้งานน้อยกว่าหลอดชนิดอื่นๆ การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ภายในระบบปิดสามารถควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ได้ดีกว่าการปลูกในระบบเปิด อีกทั้งยังสามารถควบคุมการให้แสงในปริมาณความเข้มของแสงและช่วงเวลาการให้แสงที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงของพืชชนิดนั้นๆได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพมากยิ่งขึ้น[3]

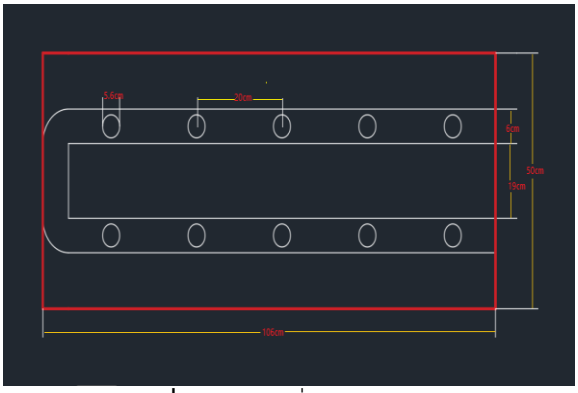
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบโรงเรือนสำหรับให้แสงด้วยหลอดแอลอีดี กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 186 เซนติเมตร รางปลูกพืชกว้าง 6 เซนติเมตร สารละลายจะไหลอย่างต่อเนื่องด้วยความลาดเอียงของรางระยะห่างแต่ละต้น 20 เซนติเมตรช่องปลูกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 56 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างท่อปลูก 10.6 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นบอร์ดแบ่งเป็น 6 ช่องปลูกในแต่ละช่องกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 62 เซนติเมตร ดังรูปที่1



รูปที่1 โรงเรือนสำหรับให้แสงด้วยหลอดแอลอีดี

2.2 การออกแบบโรงเรือนสำหรับให้แสงอาทิตย์ การออกแบบโรงเรือนสำหรับให้แสงอาทิตย์กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 106 เซนติเมตร รางปลูกพืชกว้าง 6 เซนติเมตร สารละลายจะไหลอย่างต่อเนื่องด้วยความลาดเอียงของรางระยะห่างแต่ละต้น 20เซนติเมตร ช่องปลูกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.6 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างท่อปลูก 19 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่2



รูปที่2 โรงเรือนที่ให้แสงอาทิตย์

2.3 การออกแบบชุดหลอดแอลอีดี วงจรแสงสว่างจากหลอดแอลอีดี มีจุดประสงค์ในการออกแบบเพื่อใช้แทนแสงอาทิตย์ที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง โดยออกแบบชุดหลอดทั้งหมด 6 อัตราส่วนของหลอด LED สีแดงต่อน้ำเงิน 5:1 ในหนึ่งชุดจะประกอบด้วยหลอดแอลอีดี 72 หลอดแบ่งเป็นสีแดง 60 หลอด สีน้ำเงิน 12 หลอด ชุดโคมมีความยาว 60 เซนติเมตรวางเป็นสองแถวห่างกัน 33 เซนติเมตร ทั้งหมดจะใช้หลอดแอลอีดี 432 หลอด สีแดง 360 หลอด สีน้ำเงิน 72 หลอด ครอบคลุมพื้นที่ 1.86 ตารางเมตรของโรงเรือน [4][5]

2.4 การออกแบบวงจรชุดควบคุมการเปิดปิดชุดหลอดแอลอีดีการออกแบบวงจรควบคุมนี้เพื่อจุดประสงค์ที่จะใช้ควบคุมการทำงานของชุดหลอด แอลอีดีด้วย Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีเงื่อนไขการเปิดปิดแบ่งออกเป็น 6 ชุด มีการทำงานเป็น 3 ช่วงเวลาดังนี้

1) ชุดหลอดที่ 1-2 เปิด 12 ชั่วโมง ปิด 12ชั่วโมง เวลารวมที่เปิด 12 ชั่วโมงต่อวัน

2) ชุดหลอดที่ 3-4 เปิด 2 ชั่วโมง ปิด 1 ชั่วโมง เวลารวมที่เปิด 16 ชั่วโมงต่อวัน

3) ชุดหลอดที่ 5-6 เปิด 1 ชั่วโมง ปิด 20 นาที เวลารวมที่เปิด 18 ชั่วโมงต่อวัน

2.5 จากการออกแบบได้ทำการสร้างชุดปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT ซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดของโรงเรือนที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดกรีนคอรัล ทั้งในเรื่องของช่องปลูก ระยะห่างระหว่างต้นและระหว่างแถว แสดงดังรูปที่ 3 และ 4

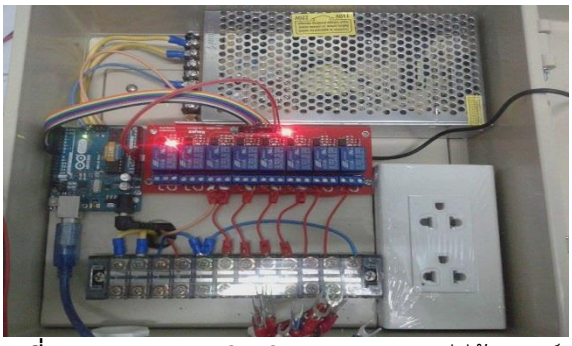


รูปที่3 ชุดโรงเรือนให้แสงด้วยหลอดแอลอีดี



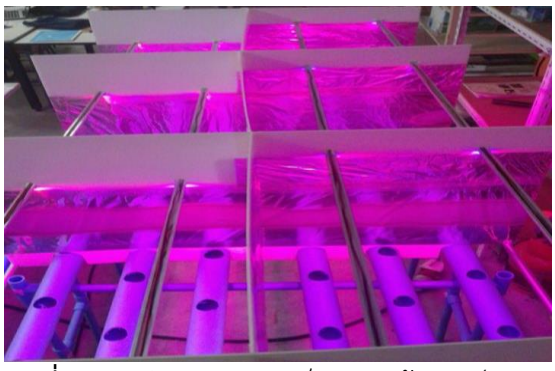
รูปที่4 ชุดโรงเรือนที่ให้แสงอาทิตย์

2.6 จากการออกแบบได้การสร้างชุดชุดควบคุมการเปิด-ปิดชุดหลอดแอลอีดีด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยอุปกรณ์จะอยู่ภายในกล่องควบคุมทั้งหมดแสดงดังรูปที่5



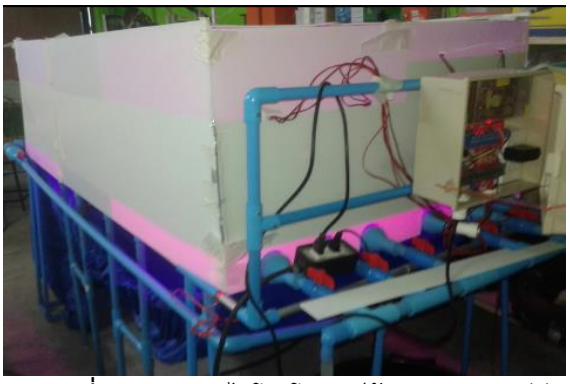
รูปที่5 ชุดควบคุมการเปิด-ปิดชุดหลอดแอลอีดีด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 6 ได้ทำการแบ่งชุดการควบคุมออกเป็น 6 ชุด ในการเปิด-ปิดชุดหลอดแอลอีดีด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการใช้แผ่นบอร์ดพร้อมติดแผ่นสะท้อนแสงเพื่อให้แสงกระจายได้ทั่วถึงพืชที่ทำการปลูก



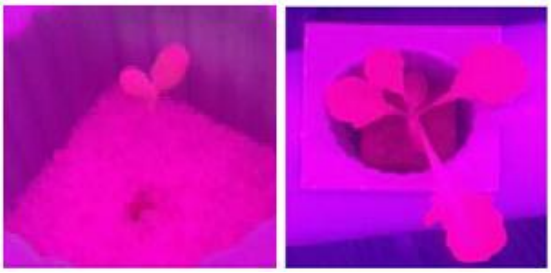
รูปที่6 การแบ่งชุดปลูกออกเป็น 6 ชุดด้วยบอร์ดและหลอดแอลอีดี

2.7 ทำการทดสอบควบคุมการเปิด-ปิดชุดหลอดแอลอีดีด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของทั้ง 6 ชุด แสดงดังรูปที่7 เพื่อให้ได้การทำงานที่ถูกต้องในการทดลองต่อไป



รูปที่7 ชุดปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยหลอดแอลอีดี

จากรูปที่ 7 ได้ทำการบันทึกผลการทดลองของการควบคุมทั้ง 6 ชุด ในการเปิด-ปิดชุดหลอดแอลอีดีด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 8



รูปที่8 ผักไฮโดรโปนิกส์ให้แสงด้วยหลอดแอลอีดี

3. ผลการวิจัย

การทดลองปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในระบบปิด โดยให้แสงจากหลอดแอลอีดีในการสังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งการทดลองดังกล่าวจะศึกษาเปรียบเทียบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในระบบปิดที่มีการให้แสงในช่วงเวลาและปริมาณความเข้มแสงที่แตกต่างกัน และการปลูกในระบบเปิดที่ให้แสงอาทิตย์ตามปกติ เพื่อสังเกตการเจริญเติบของผักสลัดกรีนคอรัล ผลทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่1 ถึง 3

ตารางที่ 1 บันทึกผลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอรัล ระบบปิดหลอดแอลอีดีสีแดงต่อน้ำเงิน (5:1) ระยะห่าง 40 เซนติเมตร

วันที่เริ่มปลูก	12:12 (ชม.) เปิด-ปิด (ช่องที่ 1)		2:1 (ชม.) เปิด-ปิด (ช่องที่ 2)		1:1/3 (ชม.) เปิด-ปิด (ช่องที่ 3)	
	สูง (ซม.)	กว้าง (ซม.)	สูง (ซม.)	กว้าง (ซม.)	สูง (ซม.)	กว้าง (ซม.)
1-14	1	0.3	1	0.3	1	0.3
21	4	1.7	4	1.7	4	1.8
28	8.4	2.2	8.4	2.2	8.5	2.3
35	15	3.2	15.2	3.2	15.8	3.3

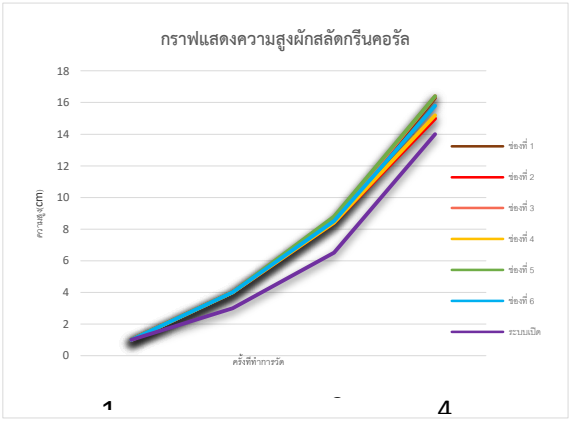
ตารางที่2 บันทึกผลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอรัล ระบบปิดหลอดแอลอีดีสีแดงต่อน้ำเงิน (5:1) ระยะห่าง 30 เซนติเมตร

วันที่เริ่มปลูก	12:12 (ชม.) เปิด-ปิด (ช่องที่ 4)		2:1 (ชม.) เปิด-ปิด (ช่องที่ 5)		1:1/3 (ชม.) เปิด-ปิด (ช่องที่ 6)	
	สูง (ซม.)	กว้าง (ซม.)	สูง (ซม.)	กว้าง (ซม.)	สูง (ซม.)	กว้าง (ซม.)
1-14	1	0.3	1	0.3	1	0.3
21	4	1.8	4	1.9	4	1.9
28	8.5	2.2	8.6	2.3	8.8	2.4
35	16.3	3.3	16.4	3.3	16.4	3.5

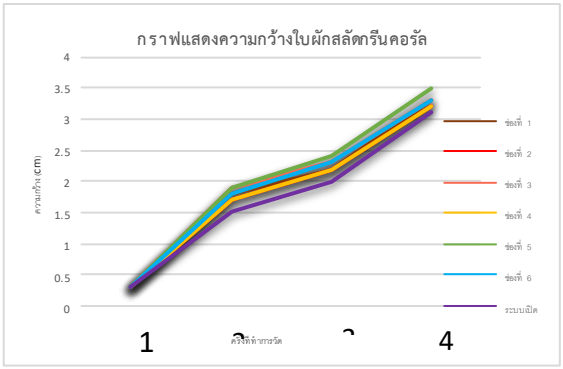
ตารางที่3 บันทึกผลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอรัล ระบบเปิดโดยให้แสงอาทิตย์ตามปกติ

วันที่เริ่มปลูก	ความสูง (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)
1-14	1	0.3
21	3	1.5
28	6.5	2
35	14	3.1

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระบบปิดกับระบบเปิดให้เห็นชัดเจนมากยิ่งขึ้นในกราฟดังรูปที่ 8 และ 9



รูปที่9 การเปรียบเทียบความสูงของผักสลัดในของระบบปิดและเปิด



รูปที่10 การเปรียบเทียบความกว้างของผักสลัดในของระบบปิดและเปิด

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ที่ให้แสงด้วยหลอดแอลอีดี สีแดงต่อน้ำเงิน 5:1 นั้น การเจริญเติบโตของพืชในช่องที่ 5 คือช่วงการให้แสงที่ดีที่สุดคือ เปิด 1 ชั่วโมง ปิด 20 นาที ในระดับความสูง 30 เซนติเมตร ผลการวัดขนาดของผักสลัดกรีนคอรัลมีความสูงและความกว้างมากที่สุดของระบบปิด เพราะช่องนี้มีความเข้มแสงสูงเหมือนกับช่องที่ 1 และช่องที่ 3 แต่มีช่วงเวลาการให้แสงที่ต่อวันมากกว่าช่องที่ 1 และช่องที่ 3 ทำให้พืชมีช่วงเวลาการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น ส่วนช่องที่ 2, 4 และ 6 ระยะห่าง 40 เซนติเมตรทำให้ความเข้มแสงลดลง ส่งผลให้การเจริญเติบโตน้อยกว่า

ระยะห่าง 30 เซนติเมตรเพียงเล็กน้อยและเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของระบบปิดช่องที่ 1-6 กับระบบเปิด สรุปได้ว่าพืชที่ใช้แสงจากหลอด LED ในระบบปิด มีการเจริญเติบโตมากกว่าการให้แสงตามธรรมชาติในระบบเปิดอย่างชัดเจน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ที่ให้แสงด้วยหลอดแอลอีดี โดยใช้อัตราส่วนของหลอด LED สีแดงต่อสีน้ำเงิน 5:1 นั้น ช่วงการให้แสงที่ดีที่สุดคือ เปิด 1 ชั่วโมง ปิด 20 นาที ในระดับความสูง 30 เซนติเมตร พบว่าการเจริญเติบโตของพืชมีขนาดความสูงและความกว้างเพิ่มขึ้นเมื่อมีช่วงเวลาการให้แสงแก่พืชและความเข้มแสงที่มากขึ้น เนื่องจากจะทำให้พืชมีช่วงเวลาการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้นด้วย สรุปได้ว่าพืชที่ใช้แสงจากหลอด LED ในระบบปิดจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าการใช้แสงตามธรรมชาติในระบบเปิดอย่างชัดเจน ดังนั้นหากนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และผู้ประกอบการรายย่อย SMEs จะส่งผลให้มีผลผลิตที่รวดเร็วและมากขึ้นจากเดิม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี ซึ่งผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย โดยเฉพาะผู้ช่วยนักวิจัยทุกท่าน ที่ได้ช่วยในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และการเรียบเรียงรูปเล่มรายงานการวิจัย การจัดทำงานวิจัยคงจะสมบูรณ์และถูกต้องไม่ได้ หากไม่ได้รับการความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทุกท่านประจำหลักสูตรวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม ที่ให้ข้อแนะนำ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่านของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ช่วยเหลือในการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ดนัย บุณยเกียรติ, *การสังเคราะห์แสง*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/ /359311/, เข้าดูเมื่อวันที่ 17/10/2560.

[2] Aafif,H .et.al. (2014). A Review On The Science of Growing Crops Without Soil (Soilless Culture) – A novel Alternative For Growing Crops. IJACS Journal. Vol.,7, 833-842

[3] Ahmad,N .et.al. (2013). Red and Blue LED with Pulse Lighting Control Treatment for Brassica Chinensis in Indoor Farming. IEEE Conference on Open System, December 2-4, Sarawak, Malaysia

[4] Cui,W .et.al. (2012). Optimal of LED Assembled Light Source for Strawberry. Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference. IEEE

[5] Yuanping,L .et.al. (2012). Effect of LED Supplemental Illumination on the Growth of Strawberry Plants. Project of Ningbo Science and Technology. IEEE

ระบบไปรษณีย์ออนไลน์ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

ONLINE POSTAL MANAGEMENT SYSTEM

CASE STUDY: RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN, KHON KAEN CAMPUS

เอกพงษ์ ตั้งตระกูล , จตุพล นามพรมมา , เพิ่มพร ลักขณาวรรณกุล* และ ศุภนุช หงษ์สินี

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: phoemporn@hotmail.com, โทรศัพท์ 043-283700-2 ต่อ 3310

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการจัดการระบบไปรษณีย์ออนไลน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เพื่ออำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการพัสดุภายในมหาวิทยาลัย ได้มีการแก้ไขปัญหาในเรื่องพัสดุสูญหายและไม่สามารถติดตามพัสดุได้ ทางมหาวิทยาลัยมีการจดรับเป็นรูปแบบเอกสารทำให้ไม่สะดวกต่อการติดตามและตรวจสอบ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบไปรษณีย์ออนไลน์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยอาจารย์, นักศึกษา และเจ้าหน้าที่ สามารถค้นหาและติดตามตรวจสอบพัสดุได้ ระบบนี้พัฒนาด้วยภาษา PHP และจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง

คำหลัก: ไปรษณีย์ออนไลน์, เว็บแอปพลิเคชัน, MySQL

Abstract

This research presented an online postal management system case study: Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus to facilitate the postal management within the campus. The problem was that the parcel was lost and could not be tracked. The old system has been documented as a document, making it difficult to track and monitor. Therefore, this research proposed the online postal management system through web application. The teachers, students and staffs could search and track the parcel. This system was developed using PHP scripting language and MySQL as the database management system. The result shows that the system works properly.

Keywords: Online Postal Management, Web Application, MySQL

1.บทนำ

เนื่องจากแผนกประชาสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตตอนแก่น มีจุดบริการรับส่งจดหมายและพัสดุ เพื่อรอนำจำหน่ายให้บุคลากร และนักศึกษาภายในวิทยาเขต แต่เนื่องด้วยจดหมายหรือพัสดุที่เข้ามาในแต่ละวันนั้นมีจำนวนมากและมีหลากหลายประเภท ทั้งการส่งแบบลงทะเบียน, การส่งแบบด่วนพิเศษ ฯลฯ ซึ่งการจัดเก็บนั้นเป็นการวางรวมกันไว้ ทำให้ยากต่อการค้นหา และตรวจสอบสถานะว่าจดหมายหรือพัสดุของผู้รับนั้นว่ามาถึงที่มหาวิทยาลัยฯ (ห้องประชาสัมพันธ์) แล้ว

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจัดทำระบบจัดการไปรษณีย์ออนไลน์ขึ้น ซึ่งระบบนี้จะเปรียบเสมือนฐานข้อมูลที่มีการบันทึก ชื่อผู้รับ, ชื่อผู้มารับ, วันที่, เวลาเข้า-ออก ของ

จดหมายหรือพัสดุ เพื่อให้การบริหารจัดการจดหมายหรือพัสดุภายในมหาวิทยาลัยฯ เป็นระบบมากยิ่งขึ้น สะดวกในการค้นหาและตรวจสอบสถานะ รวมไปถึงสามารถระบุชื่อผู้ที่มารับจดหมายหรือพัสดุนั้น ๆ ไว้เพื่อตรวจสอบในภายหลังได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบจัดการไปรษณีย์ออนไลน์

2.2 เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานระบบในการตรวจสอบว่าจดหมาย/พัสดุ มาถึงมหาวิทยาลัยเรียบร้อยแล้ว

2.3 เพื่อช่วยลดเวลาในการค้นหาและตรวจสอบพัสดุ

3. ขอบเขตของงานวิจัย

3.1 ออกแบบระบบบริหารจัดการไปรษณีย์ออนไลน์ มีการรวบรวมรายละเอียดต่าง ๆ จากผู้ใช้งานระบบเป็น 2 ระดับ ดังนี้ ผู้ดูแลระบบ (Administrator), และนักศึกษา, อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ เป็นผู้ใช้งานทั่วไป (Guest)

3.2 เก็บบันทึกรายละเอียดข้อมูลพัสดุ และข้อมูลอื่นๆ เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในแต่ละส่วน ดังนี้

- จัดเก็บเวลา และวันที่ ที่จดหมาย/พัสดุเข้า - ออกจากระบบ
- ชื่อ-สกุล ผู้รับ / ผู้มารับ
- ประเภทจดหมาย/พัสดุ (ลงทะเบียน, ด่วนพิเศษ)
- หมายเลขติดตามพัสดุ สถานะ (ไม่มีข้อมูล / รับแล้ว / ยังไม่รับ)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

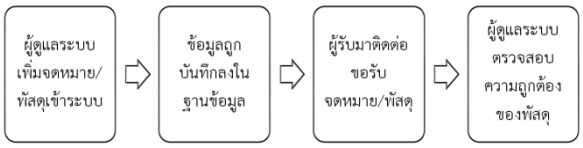
4.1 วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานระบบดังนี้

ภาพรวมของระบบ จะแบ่งประเภทของผู้ใช้ออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ Administrator และ Guest ซึ่งจะมีสิทธิ์ในการเข้าถึงหรือแก้ไขข้อมูลแตกต่างกัน

4.1.1 ผู้ดูแลระบบเป็นผู้มีสิทธิ์สูงสุดในการจัดการระบบ สามารถเพิ่ม/แก้ไข/ลบ ข้อมูลจดหมายหรือพัสดุเข้าระบบได้ สามารถจัดการสิทธิ์ของผู้ใช้ระดับอื่น ๆ ได้

4.1.2 ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถตรวจสอบได้ว่า หมายเลขจดหมายหรือพัสดุนั้น ๆ เข้ามาในระบบหรือไม่ และมีสถานะใดอยู่

4.2 ลำดับการใช้งานระบบ



รูปที่ 1 ลำดับการใช้บริการ

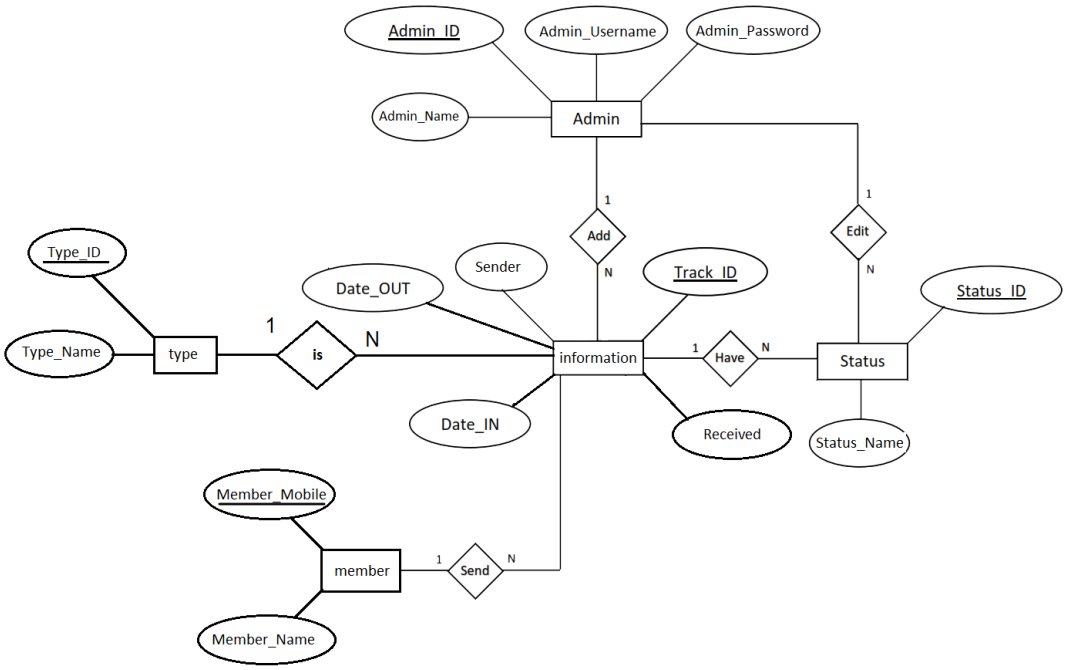
4.2.1 เมื่อบุรุษไปรษณีย์นำจดหมายและพัสดุมาส่ง ผู้ดูแลระบบ เพิ่ม วันที่/เวลา ที่มาถึง, หมายเลขติดตาม (Tracking Number), ชื่อ-นามสกุลของผู้รับ, ประเภท และสถานะเข้าระบบ

4.2.2 ข้อมูลต่างๆ จะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล สำหรับการเรียกข้อมูลมาแสดงผล

4.2.3 ผู้ใช้ระดับทั่วไป สามารถค้นหาข้อมูล หมายเลขติดตาม (Tracking Number) หรือ ชื่อ-นามสกุลของผู้รับ เพื่อตรวจสอบสถานะได้

4.3 ER - Model

การออกแบบระบบบริหารจัดการไปรษณีย์ออนไลน์ ได้มีการออกแบบฐานข้อมูล ดังนี้



รูปที่ 2 การออกแบบฐานข้อมูล (ER-Model)

4.4 พัฒนาระบบบริหารจัดการระบบไปรษณีย์ออนไลน์ตามที่ได้ออกแบบ ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบบไปรษณีย์ออนไลน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยา-เขตขอนแก่น ด้วย PHP [1, 2], MySQL [3] เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความถูกต้องและบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบและนำเสนอเป็นหน้าเว็บแอปพลิเคชันดังต่อไปนี้

4.4.1 การใช้งานส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป

เมื่อเข้าสู่หน้าค้นหาพัสดุแล้ว สามารถใช้ชื่อ-สกุล, เบอร์โทรศัพท์, หมายเลขติดตามพัสดุ อย่างใดอย่างหนึ่ง กรอกลงในช่องค้นหาแล้วกดค้นหาเพื่อดูสถานะพัสดุ



รูปที่ 3 หน้าค้นหาพัสดุ

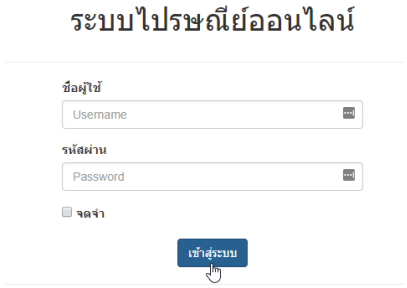
ถ้ามีข้อมูลที่กรอกในฐานข้อมูล จะเข้าสู้หน้าแสดงรายละเอียดพัสดุ



รูปที่ 4 หน้าแสดงรายละเอียดพัสดุ

4.4.2 การใช้งานส่วนของผู้ดูแลระบบ

เข้าสู่ระบบสำหรับผู้ดูแลระบบให้กรอกชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน เพื่อยืนยันตัวตน



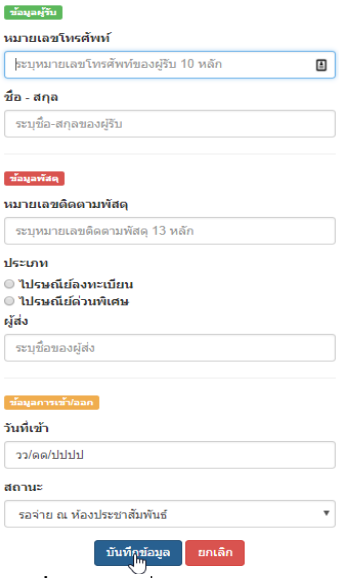
รูปที่ 5 การเข้าสู่ระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ

เมื่อเข้าสู่ระบบแล้ว การเพิ่มรายละเอียดพัสดุสำหรับ admin ให้คลิกที่ เพิ่มรายการใหม่



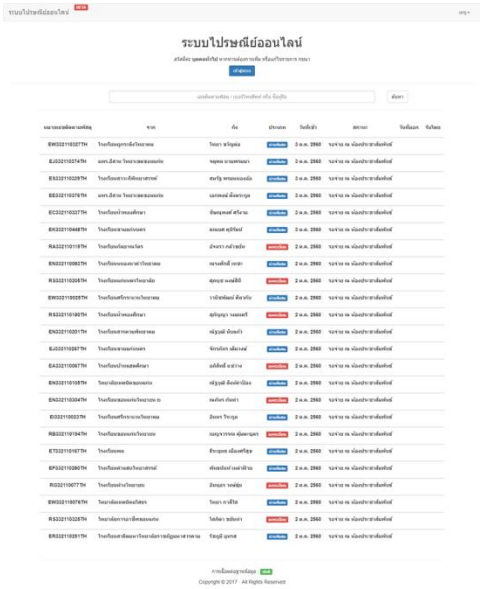
รูปที่ 6 หน้าหลักสำหรับผู้ดูแลระบบ

กรอกรายละเอียดสำหรับพัสดุ เสร็จแล้วให้ทำการกดปุ่ม “บันทึกข้อมูล” เพื่อทำการเพิ่มรายละเอียดพัสดุ



รูปที่ 7 หน้าเพิ่มรายละเอียดพัสดุ

การแสดงรายละเอียดพัสดุทั้งหมดในฐานข้อมูล ให้ admin ค้นหาโดยใช้คำว่า “TH” ในช่องค้นหาระบบจะแสดงข้อมูลพัสดุทั้งหมดออกมา



รูปที่ 8 แสดงรายละเอียดพัสดุทั้งหมด

5. ผลการวิจัย

ระบบบริหารจัดการไปรษณีย์ออนไลน์ เป็นระบบที่ช่วยสนับสนุนในการจัดการพัสดุภายในมหาวิทยาลัย และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามและตรวจสอบพัสดุ ในการประเมินความถูกต้องของระบบ ซึ่งได้มีการวิเคราะห์และออกแบบตามฟังก์ชันการทำงานของผู้ใช้งานระบบตามหัวข้อวิธีการดำเนินการวิจัยข้างต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้ทดสอบด้วยการแยกตามประเภทของผู้ใช้งาน

ผลการทดสอบการใช้งานและความถูกต้องของระบบ แบ่งการทดสอบตามประเภทผู้ใช้งานคือ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งหมายรวมถึง นักศึกษา อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ผู้วิจัยประเมินและทดสอบความผิดพลาดของระบบตามฟังก์ชันการทำงานของระบบ (Test case) พร้อมแบ่งแยกตามประเภทผู้ใช้งาน พบว่าระบบสามารถทำงานถูกต้อง

6.สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการพัฒนาระบบไปรษณีย์ออนไลน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความถูกต้องและบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและวิเคราะห์ระบบตาม

กระบวนการวิธีการดำเนินการวิจัย พบว่า ช่วยให้ผู้ใช้งานในกลุ่มต่าง ๆ สามารถบันทึก เรียกใช้ และเข้าถึงข้อมูลเดียวกันได้ในเวลาเดียวกันหรือต่างเวลากันได้

ในส่วนของการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันให้ง่ายต่อการใช้งาน และยืดหยุ่นต่อผู้ใช้งานระบบ พร้อมทั้งระบบสามารถถูกทดสอบและตรวจสอบว่า ระบบทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชันการทำงานของระบบ

7.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.เพิ่มพร ลักขณาวรรณกุล สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนาในการพัฒนางานวิจัยนี้ และขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

8.เอกสารอ้างอิง

[1] The PHP Group. (2017-2018). PHP. Retrieved May 1, 2018 from http://th1.php.net/

[2] w3schools.com. (2017). PHP 5 Tutorial. Retrieved May 1, 2018 from https://www.w3schools.com/pHP/default.asp

[3] w3schools.com. (2018). SQL Tutorial. Retrieved May 1, 2018 from https://www.w3schools.com/sql/default.asp

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก

Development of chili paste dried shredded catfish.

นฤมล เปียซื่อ[1], นันท์ยง เฟื้องขจรฟุ้ง[2], ศศิธร มีชัยตระกูล[1*], ปัทมา หิรัญโญภาส[1], ธิดารัตน์ แสนพรม[1]

[1]มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 1 ถนนนอู่ทองนอก แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

[2]มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 680 ถนนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

*Corresponding author. E-mail: sa_ya208@hotmail.com, โทรศัพท์ 0-4274-3682, 0-8334-9177-7, โทรสาร. 0-4274-3682

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตำรับและกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการคัดเลือกตำรับมาตรฐานการทำน้ำพริกจากปลาดุก 3 ตำรับ ได้แก่ น้ำพริกกุ้งแห้ง น้ำพริกสวรรค์ และน้ำพริกตาแดง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด เนื้อสัมผัส (ความละเอียด) และความชอบโดยรวม พบว่าน้ำพริกกุ้งแห้ง มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการศึกษา การพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุกมากที่สุด จากนั้นศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุก โดยทดลองรูปแบบของการนำเนื้อปลาดุกมาใช้ 3 รูปแบบคือ เนื้อปลาดุกฟู เนื้อปลาดุกย่าง และเนื้อปลาดุกหยอง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด เนื้อสัมผัส (ความละเอียด) และความชอบโดยรวม พบว่าเนื้อปลาดุกหยอง มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุกมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกมีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 38.04, 13.44 และ 23.04 ตามลำดับ ได้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกมีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.61 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม (ค่า a_w น้อยกว่า 0.7) และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก พบว่ามีความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 8.98, 25.96, 29.23, 3.52, 5.19 และ 32.31 ตามลำดับ เมื่อคำนวณต้นทุนการเฉพาะวัตถุดิบการทำน้ำพริกจากปลาดุก พบว่าจะได้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก 295.20 กรัม คิดเป็นเงิน 62.40 บาท หรือ 211.38 บาทต่อกิโลกรัม

คำหลัก: น้ำพริก, ปลาดุก, เนื้อปลาดุกฟู, เนื้อปลาดุกย่าง, เนื้อปลาดุกหยอง

Abstract

The research objective of to study the production process of chili paste catfish to be consumer acceptance. Selection of standard recipes of making chili paste catfish 3 types such as Nam-prik goong hang (Dried shrimp chili paste), Nam-prik Sa-wan (Dried chilli condiments) and Nam-prik Ta-Dang (Red hot chili paste). The sensory evaluation of chili paste in appearance, color, odor, spicy taste, texture (resolution) and overall found that dried shrimp chili paste it's suitable for use to development of chili paste catfish. Subsequently, the standard recipes of chili paste catfish development was experimented with catfish fillet forms used 3 different: catfish fillet, grilled catfish and dried shredded catfish. Evaluate sensory qualities of chili paste in appearance, color, odor, spicy taste, texture (resolution) and

overall found that dried shredded catfish are suitable to be used in developing treatments pastes. The chili paste catfish with L *, a * and b * were 38.04, 13.44 and 23.04 respectively products from chili paste catfish has dark brown and water activity (A_w) was 0.61 this is well below the threshold of the manufacturing industry (A_w value less than 0.7). The chemical compositions of chili paste catfish showed that the moisture, fat, protein, ash, fiber and carbohydrate, which are equal to 8.98, 25.96, 29.23, 3.52, 5.19 and 32.31 respectively. Total food cost the raw material for chili paste catfish products found to be 295.20 grams of catfish total 62.40 baht or 211.38 baht per kilogram

Keywords: chili paste, catfish, catfish fillet, grilled catfish, dried shredded catfish

1. บทนำ

เนื่องจากสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป คนเราอยู่ในสภาวะที่เร่งรีบ จึงส่งผลให้พฤติกรรมบริโภคอาหารของคนเปลี่ยนแปลงไป โดยมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่พร้อมจะบริโภคได้และประหยัดเวลาในการเตรียมหรือประกอบอาหาร ดังนั้นผู้บริโภคจึงมีแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปมากขึ้น จนทำให้มีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความแปลกใหม่ มีคุณค่าทางโภชนาการ และสะดวกในการบริโภค ยิ่งถ้าเป็นการนำวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับท้องถิ่น เป็นการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ผลิตได้อีกทางหนึ่ง

ปัจจุบันเนื้อปลาเป็นอาหารที่ผู้บริโภคผู้รักสุขภาพนิยมรับประทานกันมากขึ้น เนื่องจากเนื้อปลาเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีโปรตีนสูง ไขมันต่ำ ไขมันปลาช่วยลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด โปรตีนในปลาเป็นโปรตีนคุณภาพสูง และเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย [1] โดยปลาน้ำจืด 100 กรัมมีคุณค่าทางโภชนาการ คือ ให้พลังงาน 95 กิโลแคลอรี่ ไขมัน 0.8 กรัม คาร์โบไฮเดรต เล็กน้อย โปรตีน 18.0 กรัม แคลเซียม 0.05 กรัม และเหล็ก 0.001 กรัม [2] เนื้อปลาอาจนำปรุงเป็นอาหารคาวได้หลายชนิด เช่น แกงคั่ว แกงส้ม ต้มส้ม ต้มโคล้ง ต้มยำ นึ่ง ทอด ย่าง ผัดฉ่า ฉู่ฉี่ นอกจากนี้การแปรรูปอาหารที่มีความหลากหลายก็เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค จึงได้มีผู้นำเนื้อปลามาดัดแปลงเป็น “ปลาหยอง” เลียนแบบผลิตภัณฑ์หมูหยอง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลาสดที่รับประทานได้ ทำให้สุก ผ่านกรรมวิธีทำให้กล้ามเนื้อแยกออกเป็นเส้น แล้วให้แห้ง มีลักษณะเป็นฝอย และฟู [3], เป็นอาหารที่อยู่คู่กับวิถีชีวิตและโต๊ะอาหารไทยมายาวนาน เนื่องจากมีรสชาติที่ถูกปากคนไทย อุดมด้วยเครื่องปรุงและส่วนประกอบที่ให้กลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ จึงทำให้น้ำพริกเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีการผลิตเพื่อจำหน่ายเป็นจำนวนมากในทั่วทุกภูมิภาคของประเทศจากการรวบรวมข้อมูลจากตำรับอาหารของพระวิมาดาเธอกรมพระสุทธาสินีนาฏ ปิยมหาราชปดิวรัดา พบว่าอาหารประเภทเครื่องจิ้ม หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “น้ำพริก” จัดเป็นอาหารประจำชาติไทยมานับตั้งแต่อดีตที่สะท้อนให้เห็นถึงเอกลักษณ์ประจำชาติ ทั้งนี้เพราะศิลปะการปรุงอาหารนับเป็นวัฒนธรรมอย่างหนึ่งที่มีส่วนสะท้อนออกถึงชีวิความเป็นอยู่และรสนิยมของชนในชาติได้เป็นอย่างนี้ เนื่องจากเป็นอาหารครบทุกรส ดัดแปลงได้หลายรูปแบบ ทั้งยังรับประทานร่วมกับผักสดซึ่งมีอยู่อย่างสมบูรณ์ทุกฤดูกาล [4]

โดยจากอุทกภัยในประเทศไทยที่ผ่านมา ทำให้เกิดความเสียหายกับประชาชน หลายพื้นที่ได้รับความเดือดร้อนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ทางการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งผลิตอาหารส่งผลให้การกระจาย

อาหารมีปัญหา เกิดภาวการณ์ขาดอาหาร ทางมูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่งพา(ภาฯ)ยามยากสภากาชาดไทยได้ให้ความช่วยเหลือขั้นพื้นฐานโดยการมอบสิ่งอุปโภคบริโภคเพื่อบรรเทาทุกข์ให้กับประชาชน และในการดำเนินการในระยะฟื้นฟูเพื่อให้เกิดการพึ่งพาตนเอง ทางมูลนิธิฯ ได้มีโครงการชุมชนเข้มแข็งผลิตอาหารรับประทานได้ 45 วัน ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยให้ความรู้เกี่ยวกับเศรษฐกิจพอเพียง และส่งเสริมให้มีการผลิตอาหารประเภทโปรตีน ส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ และปลูกพืชผักสวนครัว ดังนั้นทางมูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่งพา (ภาฯ) ยามยาก จึงได้ขอความร่วมมือกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ไปบริการวิชาการในการให้ความรู้ด้านการประกอบและการแปรรูปอาหาร

ในการนี้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญจากการไปบริการวิชาการให้ความรู้กับประชาชนในพื้นที่ที่ประสบอุทกภัยโดยการนำปลาดุกจากพื้นที่ประสบอุทกภัยที่ตำบลบ้านหลุม อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ซึ่งเป็นปลาที่เกษตรกรในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมบ่อยครั้งและได้รับการส่งเสริมจากมูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่งพา (ภาฯ) ยามยากให้ปลูกพืชและเลี้ยงปลาดุกตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง นอกจากนั้นยังเป็นที่นิยมบริโภคกัน มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก เพื่อศึกษาตำรับและกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางในการนำผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นมาเพิ่มมูลค่าเป็นช่องทางการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ผลิต และเป็นแนวทางการสร้างอาชีพสร้างรายได้แก่ประชาชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 ศึกษาการคัดเลือกตำรับมาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก

2.2 ศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุก

2.3 ศึกษาต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาการคัดเลือกตำรับมาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก

การศึกษาตำรับการผลิตน้ำพริกจากปลาดุกที่เหมาะสมจากตำรับมาตรฐาน 3 แหล่งที่มี ทดสอบโดยวิธีทดสอบการยอมรับ (Acceptance test) โดยใช้สเกลวัดระดับความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic scale) ประเมินลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม [5] ใช้ผู้ทดสอบ 50 คนวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูล (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2 ศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุก

ศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุก โดยทดลองรูปแบบของการนำเนื้อปลาดุกมาใช้ 3 รูปแบบคือ เนื้อปลาดุกฟู ปลาดุกย่าง และปลาดุกหยอง ในการพัฒนาทำน้ำพริก จากนั้นทำการประเมินคุณภาพดังต่อไปนี้

3.2.1 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทดสอบโดยวิธีทดสอบการยอมรับ (Acceptance test) โดยใช้สเกลวัดระดับความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic scale) ประเมินลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม [5] ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูล (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2.2 การประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมี โดยนำน้ำพริกจากปลาดุกที่ได้รับการยอมรับจากข้อ 2.1 มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้ คุณภาพทางกายภาพด้านสี และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และองค์ประกอบทางเคมี วางแผนการทดลองแบบ **Completely Randomized Design (CRD)** วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูล (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2.3 ศึกษาต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก นำผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากข้อ 3.2.2 มาคำนวณต้นทุนการผลิต [6]

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาการคัดเลือกตำรับพื้นฐานการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก

จากการศึกษาการคัดเลือกตำรับพื้นฐานการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก 3 ตำรับ ได้แก่ น้ำพริกกุ้งแห้ง น้ำพริกสวรรค์ และน้ำพริกตาแดง นำตัวอย่างไปทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด เนื้อสัมผัส (ความละเอียด) และความชอบโดยรวม จากผลการทดพบว่าคะแนนความชอบด้าน ความเผ็ด และ เนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนคะแนนความชอบในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นและความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลักษณะปรากฏและกลิ่นของน้ำพริก ในตำรับที่ 1 อยู่ในช่วงคะแนนชอบปานกลาง ซึ่งแตกต่างจากตำรับที่ 2 และ 3 อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย เนื่องจากลักษณะของน้ำพริกในตำรับที่ 1 มีลักษณะที่ร่วนกว่าไม่จับตัวกันเป็นก้อนมากเกินไป และมีกลิ่นหอมของกุ้งแห้งและหอมเจียว ส่วนคะแนนความชอบในด้าน สี และรสชาตินั้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในระดับชอบปลานกลาง เนื่องจากน้ำพริกในตำรับที่ 1 และตำรับที่ 2 มีสีส้มแดงเนื่องจากใช้พริกขี้หนูเป็นส่วนประกอบแตกต่างจากตำรับที่ 3 ที่ใช้พริกชี้ฟ้า ซึ่งส่งผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำพริกด้วย โดยค่าคะแนนที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 1) โดยตำรับที่ 1 คือ น้ำพริกกุ้งแห้ง จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุก

ตารางที่ 1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของจากการคัดเลือกตำรับพื้นฐานการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก 3 ตำรับ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับคะแนนความชอบ		
	ตำรับที่ 1 (น้ำพริกกุ้งแห้ง)	ตำรับที่ 2 (น้ำพริกสวรรค์)	ตำรับที่ 3 (น้ำพริกตาแดง)
ลักษณะปรากฏ	7.28^{a} ± 1.18	6.84^{b} ± 1.42	6.74^{b} ± 1.10
สี	7.36^{a} ± 1.30	7.02^{a} ± 1.33	6.62^{b} ± 1.32
กลิ่น	7.50^{a} ± 1.30	6.78^{b} ± 1.58	6.54^{b} ± 1.44
รสชาติ	6.86^{a} ± 1.50	6.70^{a} ± 1.79	6.20^{b} ± 1.78
ความเผ็ด^{ns}	6.78 ± 1.58	6.38 ± 1.84	6.50 ± 1.80
เนื้อสัมผัส (ความละเอียด)^{ns}	6.82 ± 1.34	6.70 ± 1.49	6.76 ± 1.55
ความชอบโดยรวม	7.46^{a} ± 1.31	7.00^{b} ± 1.41	6.70^{b} ±1.57

หมายเหตุ [a,b] ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 ผลศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุก

4.2.1 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากการศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุก โดยทดลองรูปแบบของการนำเนื้อปลาดุกมาใช้ 3 รูปแบบ คือ เนื้อปลาดุกฟู เนื้อปลาดุกย่าง และเนื้อปลาดุกหยอง นำตัวอย่างไปทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด เนื้อสัมผัส (ความละเอียด) และความชอบโดยรวม จากผลการทดลองพบว่าการคัดเลือกน้ำพริกตำหรับมาตรฐาน ทั้ง 3 ตำรับ คะแนนความชอบด้านความเผ็ด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความละเอียด) ความชอบโดยรวม ค่าคะแนนที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 2) โดยค่าคะแนนของน้ำพริกปลาดุกฟูและปลาดุกย่างอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ส่วนค่าคะแนนของน้ำพริกปลาดุกหยองอยู่ในช่วงชอบปานกลาง เนื่องจากลักษณะของน้ำพริกจากปลาดุกหยองมีลักษณะแห้งและร่วนไม่จับตัวเป็นก้อน ให้ส่วนผสมสามารถซึมเข้าสู่เนื้อปลาได้ทั่วถึง และมีสีน้ำตาลอ่อน แตกต่างจากปลาดุกย่างมีลักษณะจับกันเป็นก้อน ไม่ร่วน ทำให้เครื่องปรุงกระจายตัวไม่ทั่วถึง และมีสีน้ำตาลคล้ำ จากผลการทดสอบ ปลาดุกหยองจึงมีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นตำรับน้ำพริกจากปลาดุกต่อไป

ตารางที่ 2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของจากการคัดเลือกตำรับพื้นฐานการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก 3 ตำรับ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับคะแนนความชอบ		
	น้ำพริกปลาดุกฟู	น้ำพริกปลาดุกย่าง	น้ำพริกปลาดุกหยอง
ลักษณะปรากฏ	7.32[a] ± 1.23	6.64[b] ± 1.58	7.44[a] ± 1.24
สี	7.64[a] ± 0.94	6.94[b] ± 1.50	7.44[ab] ±1.40
กลิ่น	7.54[ab] ± 1.26	7.04[b] ± 1.48	7.60[a] ± 1.27
รสชาติ	7.02[ab] ± 1.34	6.64[b] ± 1.90	7.46[a] ± 1.54
ความเผ็ด[ns]	6.80 ± 1.73	6.56 ± 1.91	7.24 ± 1.23
เนื้อสัมผัส (ความละเอียด)	6.82[b] ± 1.53	6.86[b] ± 1.64	7.48[a] ± 1.40
ความชอบโดยรวม	7.33[b] ± 1.03	6.97[b] ± 1.36	7.79[a] ± 0.96

หมายเหตุ [a,b] ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.2 การประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมี

การประเมินคุณภาพทางกายภาพของน้ำพริกปลาดุกหยอง พบว่าน้ำพริกปลาดุกหยองมีค่าความสว่าง (L*) มีค่าระดับกลาง ค่า a* มีค่าเป็นบวก จึงมีสีออกแดง และค่า b* มีค่าเป็นบวก จึงมีสีออกเหลืองเข้ม นั่นคือ ปลาดุกหยองมีสีเหลืองออกแดง และไม่คล้ำ ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.61 เมื่อเทียบกับมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปลาหยอง ปลาเกล็ด และปลาแห้ง [3] ซึ่งมีค่า a_w เท่ากับ 0.70 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพด้านสี และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของน้ำพริกปลาดุกหยอง

คุณภาพทางกายภาพ	ปริมาณ
ค่าสี (L*)	38.04
(a*)	13.44
(b*)	23.04
ค่า a_w	0.61

หมายเหตุ ค่าความสว่าง L* ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีค่าความสว่างมากขึ้น

ค่า a* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีแดง และค่า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีเขียว

ค่า b* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีเหลือง และค่า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีน้ำเงิน

จากตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกปลาดุกหยอง พบว่ามีความชื้นร้อยละ 8.98 ไขมันร้อยละ 25.96 โปรตีนร้อยละ 29.23 เถ้าร้อยละ 3.52 เส้นใยหยาบร้อยละ 5.19 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 32.31

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกปลาดุกหยอง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	8.98
ไขมัน	25.96
โปรตีน	29.23
เถ้า	3.52
เส้นใยหยาบ	5.19
คาร์โบไฮเดรต	32.31

หมายเหตุ แสดงค่าวิเคราะห์โดยศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 ศึกษาต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก

นำผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากข้อ 4.2.1 มาคำนวณต้นทุนการผลิต แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตน้ำพริกจากปลาดุก

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท) : หน่วย (กรัม)	ราคา (บาท)
น้ำมันพืช	400	60 : 1000	24.00
ปลาดุกหยอง	150	205 : 1000	30.75
พริกขี้หนูแห้ง	20	64 : 1000	1.28
หอมแดง	50	31.50 : 1000	1.58
เจียว			
กระเทียมไทย	50	60 : 1000	3.00
กลีบเล็ก			
เปลือกบาง			
เจียว			
น้ำตาลปี๊บ	30	30 : 1000	0.90
น้ำปลา	16	21 : 700*	0.48
น้ำ	12.5	33 : 1000	0.41
มะขามเปียก			
รวม			62.40

หมายเหตุ * หมายถึง หน่วยเป็นมิลลิลิตร

จากตารางที่ 5 ผลการคำนวณต้นทุนการเฉพาะวัตถุดิบการทำน้ำพริกจากปลาดุก โดยการทดลองได้ใช้ปลาดุกสด 880 กรัม ได้เนื้อปลาดุกหยอง 150 กรัม คิดเป็นเนื้อปลาดุกหยอง 205 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อนำมาผ่านกรรมวิธีการผลิต และผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ได้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก 295.20 กรัม คิดเป็นเงิน 62.40 บาท หรือคิดเป็นเงิน 211.38 บาทต่อกิโลกรัม โดยราคาต้นทุนการผลิตที่ได้สามารถมีค่าลดลง ถ้าปริมาณการผลิตน้ำพริกสูงขึ้น

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลจากการคัดเลือกตำรับพื้นฐานการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก 3 ตำรับ ได้แก่ น้ำพริกกุ้งแห้ง น้ำพริกสวรรค์ และน้ำพริกตาแดง พบว่าน้ำพริกกุ้งแห้ง มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการศึกษาการพัฒนาตำรับน้ำพริกจากปลาดุกมากที่สุด และรูปแบบเนื้อปลาที่มีความเหมาะสมในการทำน้ำพริกคือเนื้อปลาดุกหยอง ซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.61 แสดงว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกมีคุณภาพด้านปริมาณน้ำอิสระอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดเมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม (ค่า a_w น้อยกว่า 0.7) และผลการคำนวณต้นทุนการเฉพาะวัตถุดิบการทำน้ำพริกจากปลาดุก พบว่าจะได้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุก 295.20 กรัม คิดเป็นเงิน 62.40 บาท หรือ 211.38 บาทต่อกิโลกรัม

6. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และควรศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตาสาหกรรม เช่น จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาดุกสำเร็จได้ เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูลข้อเสนอแนะ คำปรึกษา แนะนำ ขอขอบพระคุณมูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่งพา (ภาฯ) ยามยาก คณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาทุกท่านมา ณ ที่นี้

8.เอกสารอ้างอิง

[1] พณิชา จีวะพงษ์ (2542). *ปลากินแล้วอายุยืน.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์น้ำฝน

[2] กองโภชนาการ (2530). *ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม.* นนทบุรี. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

[3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2550). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปลาหยอง ปลาเกล็ดและปลาแห้ง. กรุงเทพฯ: บริษัท พับลิคบิสเนสพริ้นท์ จำกัด

[4] มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (2537). เรื่องเล่าอาหารชาววัง, กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา

[5] เพ็ญขวัญ ชมปรีดา (2549). *เอกสารประกอบการสอนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส*. กรุงเทพ

[6] สุมภา เทิดขวัญชัย (2552). *การพัฒนาสูตรและพัฒนากรรมวิธีการผลิตปลานิลหยอง.* สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์(บัณฑิตศึกษา) คณะเทคโนโลยีสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลพระนคร. กรุงเทพ

การปรับอากาศในห้องพักด้วยน้ำเย็นระบบปิด

Air conditioning in the rest room with the cooled water closing system

เครือฟ้า จันดาวงษ์ นภัสกร โสมณี และ สุรจิตร์ พระเมือง

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

234 ถนนเลย – เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 Email address: krueafa2711@gmail.com, napassakorn.iple@gmail.com, surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองมากที่สุดในการใช้ไฟฟ้าในอาคาร และในบ้านพักอาศัย การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศจึงช่วยประหยัดไฟฟ้าได้มาก ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบปรับอากาศขนาดเล็กที่สร้างจากหม้อน้ำรถยนต์เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อาศัยน้ำเย็นทำหน้าที่ลดอุณหภูมิอากาศในห้อง ใช้พัดลมเป็นตัวระบายความเย็นกระจายภายในห้อง ขนาดความกว้าง 3.5 เมตร ยาว 3.5 เมตร และสูง 3.0 เมตร โดยที่น้ำเย็นมีการไหลภายในระบบปิด ใช้น้ำเย็น 150 ลิตร อุณหภูมิน้ำเย็นเริ่มต้น 18.2 21.5 และ 24.7 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 0.27 ลิตรต่อนาที ใช้พัดลมระบายอากาศเย็นด้วยความเร็วลม 3.5 เมตรต่อวินาที สามารถลดอุณหภูมิอากาศในห้องให้มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมประมาณ 7 – 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 1 – 2 ชั่วโมง เมื่อน้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ระยะเวลาในการปรับอากาศก็จะสั้นลง ซึ่งระยะเวลาในการปรับอากาศกับอุณหภูมิของน้ำเย็นเป็นแบบเชิงเส้น ข้อดีของระบบปรับอากาศขนาดเล็กนี้ คือระบบที่สามารถเปิดใช้งานได้ในพื้นที่ปิด เพราะไม่ทำให้ความชื้นของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศมีค่าสูงขึ้นจึงไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพผู้พักอาศัยและการขึ้นราของห้องพักอาศัย

คำหลัก: การปรับอากาศ, น้ำเย็น, การประหยัดพลังงาน

Abstract

Air conditioning system is high energy consumption device in building and household. Energy saving in the air condition system is good in electrical economy. This study developed a small air conditioning system fabricated from car radiator as the heat exchanger. Cooled water temperatures of 18.2, 21,5 and 24.7 °C at flow rate of 0.27 L/min were used for air conditioner in a room dimensions of 3.5m width 3.5m length and 3.0m height. Cooled water volume of 150 L was used for cooled air ventilating at air speed of 3.5 m/s by fan. The system decreased air temperature about 7 – 10 °C below ambient temperature for 1 – 2 hours. The cooled water in higher temperature, the shorter air conditioned duration was obtained due to its duration correlation to cooled water temperature with linear equation. However, the small air condition system can be used in a closed space without increasing of the moisture ratio, so that having no effect on the healthy life and the mold the healthy and molding

Keywords: Air conditioning, Cooled water Energy economy.

1.บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานภายในอาคาร มีสัดส่วนการใช้พลังงานไปกับระบบปรับอากาศ 20-25% และยังมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ประกอบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นจากภาวะเรือนกระจก ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้ภูมิอากาศมีลักษณะเป็นเขตร้อนชื้น อุณหภูมิเฉลี่ย 30-35 องศาเซลเซียล มีสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าวทั้งปี จึงส่งผลให้มีอัตราการใช้ระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น ระบบปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอัตราการใช้พลังงานสูง มีชั่วโมงการทำงานนาน เครื่องอัดไอของระบบปรับอากาศ จึงต้องทำงานหนัก เครื่องปรับอากาศ ถูกนำมาใช้ในอาคารบ้านเรือนเพื่อนำความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศให้มีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสม หากบ้านพักอาศัย มีความร้อนจากภายนอกแทรกซึมและรั่วไหลเข้ามาในตัวของอาคาร จะส่งผลให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักและใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมากเพื่อดึงความร้อนออก จากการศึกษาการทำความเย็นโดยอาศัยการแผ่รังสีกลางคืนในจังหวัดเลย [1] โดยใช้ตัวรับรังสีแบบแผ่นราบ ขนาด 2.66 ตารางเมตรเพื่อทำความเย็นสำหรับบ้านจำลองขนาดกว้าง 3.5 เมตร ยาว 3.5 เมตร และสูง 3 เมตร พบว่า สามารถผลิตอากาศเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 3 องศาเซลเซียส ส่วนการผลิตน้ำเย็นอาศัยการพาความร้อนและการแผ่รังสีกลางคืน [2] โดยใช้ท่อความร้อนแบบเทอร์โทไซฟอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19.05 มิลลิเมตร จำนวน 48 ท่อ เพื่อผลิตน้ำเย็นปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร สำหรับระบายความร้อนในเวลากลางวันของบ้านจำลองขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง 2.5 เมตร ซึ่งใช้แผงแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเพดาน จำนวน 6 แผง พื้นที่รวม 5.22 ตารางเมตร จากการสร้างแบบจำลองพบว่าสามารถทำนายอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ผลิตได้ให้มีความเหมาะสมกับภาระทางความเย็นของบ้านจำลอง สำหรับประเทศในเขตร้อนชื้นเช่นเดียวกันกับประเทศไทย ได้มีการศึกษาการใช้หลังคาแผ่รังสีเพื่อปรับอากาศในอาคารให้เย็นลงในช่วงบ่ายและค่ำระหว่างเวลา 16.00-20.00 น. พบว่าช่วยลดอุณหภูมิในอาคารได้ต่ำกว่าหลังคาปกติโดยเฉลี่ย 4 องศาเซลเซียส ปาลิตา อุทธบูรณ์ [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของภาระทางความเย็นของบ้านจำลองกับช่วงเวลาของวัน โดยหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) และหลังคา (RTTV) พบว่า ได้เวลาที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังสูงสุด 2,173.58 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ระดับความเข้มแสงอาทิตย์ 695 วัตต์ต่อตารางเมตร ณ เวลา 13.40 น. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาสูงสุด 9,651.96 วัตต์ต่อตารางเมตรที่ระดับความเข้มแสงอาทิตย์ 603 วัตต์ต่อตารางเมตร ณ เวลา 12.30 น. พัดลมไอเย็นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้รับความสนใจ โดยเฉพาะการลดอุณหภูมิในพื้นที่น้อยๆ ซึ่งเป็นระบบที่อาศัยการเปลี่ยนเฟสของน้ำ โดยทำให้มีความชื้นพร้อม ๆ กับการลดอุณหภูมิ และใช้งานเป็นระยะเวลานาน ๆ จะทำให้บริเวณนั้นมีความชื้นสูง ทำให้เกิดเชื้อราได้ ส่งผลต่อระบบหายใจได้ในระยะยาว การใช้พัดลมไอเย็นจึงเหมาะสมกับพื้นที่เปิด

ดังนั้นระบบการทำความเย็นโดยอาศัยน้ำเย็นในระบบปิด จะช่วยการลดอุณหภูมิแต่ไม่ทำให้ความชื้นเพิ่มในบริเวณปรับอากาศ อาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อน จึงเป็นการประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าใช้งานในบ้านเรือนหรือห้องพักที่ปิดมิดชิดได้ไม่ส่งผลต่อสุขภาพ ภายใต้สภาวะภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย

2.วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการปรับอากาศแบบระบายอากาศโดยอาศัยน้ำเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนในระบบปิด
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการทำความเย็น กับอุณหภูมิของน้ำเย็น

3.การถ่ายเทความร้อนในอาคาร

โดยทั่วไปอาคารจะร้อนขึ้นในเวลากลางวันและจะเย็นลงในช่วงเวลากลางคืนความร้อนที่ถ่ายเทให้ตัวอาคารในช่วงเวลากลางวัน ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าตัวอาคาร สำหรับการสูญเสียความร้อนของตัวอาคารในช่วงเวลากลางคืน ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการที่อาคารแผ่รังสีความร้อนให้กับท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าตัวอาคารและสูญเสียความร้อนให้กับอาคารภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นผิวอาคารโดยการพาความร้อน การได้รับ ความร้อนในเวลากลางวันและสูญเสียความร้อนในช่วงเวลากลางคืน รวมทั้งผลจากการดูดซับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ของตัวอาคารและการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านหน้าต่าง ซึ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกของอาคาร และความร้อนที่ถ่ายเทเข้าอาคารทั้งหมดในเวลากลางวันจะถูกถ่ายเทออกจากอาคารในเวลากลางคืน

อุณหภูมิภายในอาคาร จะเป็นผลมาจากแหล่งกำเนิดความร้อนจากภายนอก ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และแหล่งความร้อนภายในอาคาร ที่มาจากเครื่องใช้ไฟฟ้า และผู้ที่อาศัยในอาคาร การถ่ายเทความร้อนภายในอาคาร จึงขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยคือ การลดการแผ่รังสีความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร และการเลือกใช้วัสดุสำหรับกรอบอาคารให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำๆ ซึ่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550) ได้กำหนดให้อาคารจะต้องเลือกวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อลดภาระทางความเย็นในการปรับอากาศในอาคาร

1) ระบบปรับอากาศในอาคาร

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแต่ละประเภทจะแตกต่างกันตามลักษณะการออกแบบ การติดตั้งและใช้งาน แต่ทุกระบบโดยส่วนใหญ่จะใช้วัฏจักรการทำความเย็นแบบวงจรอัดไอ โดยมีสารทำความเย็น เช่น R22 หรือ R134a และอื่นๆ เป็นสารที่ทำหน้าที่ดูดและคายความร้อนจากสารตัวกลาง [4] ได้แก่ อากาศหรือน้ำให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ เมื่อสารตัวกลางได้รับความเย็นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นน้ำ) หรืออากาศเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศโดยตรง (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นอากาศ) ส่วนความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไประบายออกที่ชุดระบายความร้อนซึ่งอาจจะเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยน้ำขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้งาน ซึ่งสภาวะสบายในการปรับอากาศ (Comfortable conditions) จะมีอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 60% [5]

2) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ในงานทางวิศวกรรมหลายประเภทต้องอาศัยกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลที่มีอุณหภูมิต่างกัน เช่น การระบายความร้อนของหม้อน้ำในรถยนต์ การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างคอยล์เย็นกับอากาศเพื่อจ่ายอากาศเย็นไปยังห้องปรับอากาศ ฯลฯ เป็นต้น การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของไหลทั้งสองชนิดนี้ล้วนใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ทั้งสิ้น ซึ่งการทำงานอุปกรณ์เหล่านี้รวมทั้งการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ในงานที่เหมาะสมล้วนใช้ทฤษฎีถ่ายเทความร้อน

3) พัดลมระบบไอเย็น

พัดลมระบบไอเย็นอาศัยการออกแบบโดยหลักการพื้นฐานของธรรมชาติ การระเหยของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนแฝงของอากาศ โดยการไหลของน้ำผ่าน Cooling Pad (แผงทำความเย็น) เมื่ออากาศผ่าน Cooling Pad (แผงทำความเย็น) ที่ถูกเลี้ยงด้วยน้ำ ในลักษณะเป็นม่านน้ำ ที่ทำหน้าที่ดูดซับความร้อนจากอากาศภายนอก เพื่อไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำให้

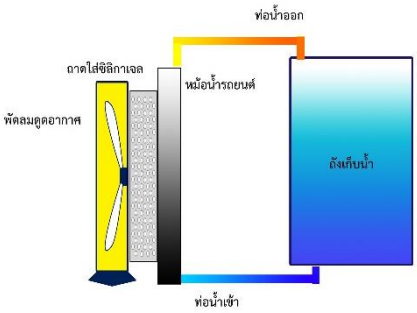
กลายเป็นไอ เรียกว่า "การระเหย" เมื่ออากาศถูกดึงความร้อนก็จะทำให้อุณหภูมิลดลง จะมาก-น้อย ขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิอากาศในขณะนั้น และลมที่ไหลผ่านผิวหน้าของ Cooling Pad มีผลทำให้ลมมีอุณหภูมิลดลง ลมที่เป่าออกมาจึงเป็นลมเย็น ทำให้บริเวณนั้น มีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติเฉลี่ย 5 - 10 องศาเซลเซียส ปัจจุบันพัดลมระบบไอเย็น มีการผลิตจำหน่ายในเชิงพานิชย์หลากหลายขนาดและราคา ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน [6]

4.วิธีการวิจัย

การทดลองปรับอากาศในห้องพักด้วยน้ำเย็นระบบปิด อาศัยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อทำความเย็นสำหรับบ้านพักจำลอง ขนาดกว้าง 3.5 เมตร ยาว 3.5 เมตร และสูง 3 เมตร ซึ่งตั้งอยู่ที่ดาดฟ้าศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย (ภาพที่ 1) ใช้ถังน้ำเย็นขนาด 0.15 ลูกบาศก์เมตร (150 ลิตร) ต่อเข้ากับหม้อน้ำรถยนต์ขนาดกว้าง 66 เซนติเมตร ยาว 54 เซนติเมตร หนา 15 เซนติเมตรที่ดัดแปลงเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ใช้ระบบการไหลของน้ำเย็นเป็นแบบพาบังคับด้วยปั๊มน้ำขนาดเล็ก ที่มีอัตราการไหล 270 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ต่อเข้ากับท่อน้ำขาเข้า ใช้พัดลมที่ตั้งอยู่ด้านหลังของแผงหม้อน้ำ (ภาพที่ 1 ข และ ค) ทำหน้าที่ระบายความเย็นจากหม้อน้ำรถยนต์ ด้วยอัตราเร็วลม 3.5 เมตรต่อวินาที เมื่อน้ำเย็นผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเสมือนเป็นแผงทำความเย็น อากาศเย็นจะถูกส่งไปปรับอากาศภายในบ้านพักจำลอง



(ก)



(ข)



(ค)

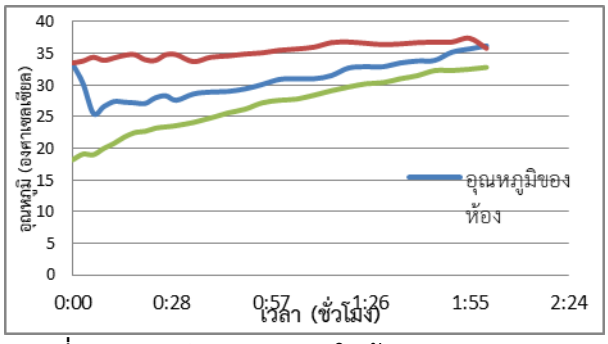
รูปที่ 1 (ก)บ้านจำลองที่ใช้ในการวิจัย (ข)ไดอะแกรมของระบบปรับอากาศ และ (ค)ภายในห้องพักที่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากหม้อน้ำรถยนต์

ในการทดลองจะทำการวัดอุณหภูมิของน้ำขาเข้าน้ำขาออก จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้อง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม ด้วยเครื่องมือวัดความชื้น Testo 625 เครื่องมือวัด Digital Anemometer สำหรับวัดค่าความเร็วลม เครื่องมือวัด Infrared Thermometer สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำขาเข้า และอุณหภูมิน้ำขาออก การเก็บข้อมูล ได้ทำการทดลองระหว่างวันที่ 7 - 20

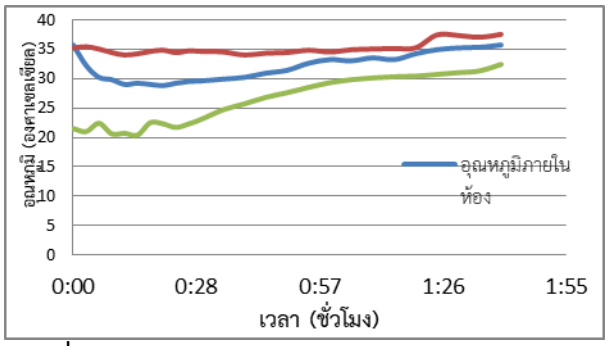
พฤษภาคม 2561 โดยทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 18.2°C, 21.5°C และ 24.7°C ตามลำดับ บันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที วัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของตัวบ้านบริเวณหน้าพัดลม

5.ผลการวิจัย

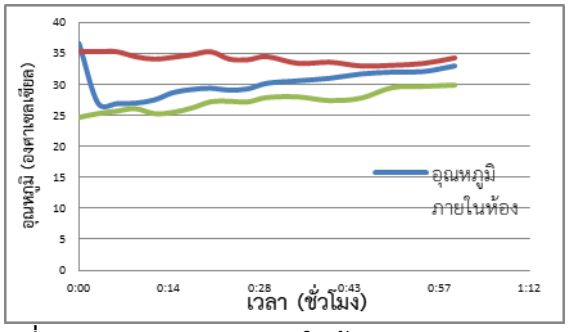
จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม อุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิห้อง ที่อัตราการไหลของน้ำ 0.27 ลิตรต่อนาที ในสภาพท้องฟ้าต่างๆ กัน ตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ได้ผลดังภาพที่ 2 – 4



รูปที่ 2 ผลการวัดอุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิน้ำขาเข้าเริ่มต้นที่ 18.2 องศาเซลเซียส



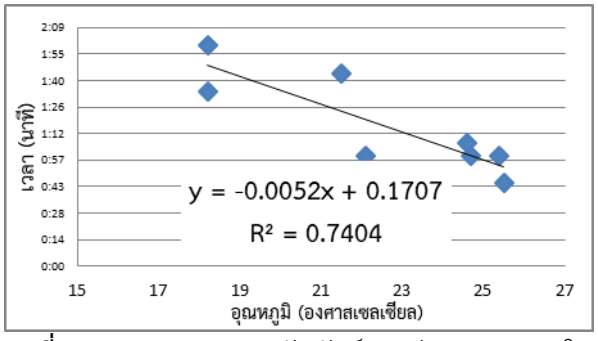
รูปที่ 3 ผลการวัดอุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิน้ำขาเข้าเริ่มต้นที่ 21.5 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 ผลการวัดอุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิน้ำขาเข้าเริ่มต้นที่ 24.7 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 2 - 4 จะเห็นว่า ตอนเริ่มต้นอุณหภูมิของห้องจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ความร้อนในห้องจะถูกถ่ายเทให้กับน้ำ ทำให้อุณหภูมิของน้ำขาเข้า ค่อยๆเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ซึ่งอุณหภูมิในห้องจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของน้ำเย็น จากการใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 18.2 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 33.5 องศาเซลเซียส สามารถทำให้ห้องเย็นนาน 2 ชั่วโมง น้ำเย็นอุณหภูมิ 21.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 35.2 องศาเซลเซียส ทำให้ห้องเย็นนาน 1 ชั่วโมง 40 นาที และอุณหภูมิ 24.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 35.3 องศาเซลเซียส ทำให้ห้องเย็นนาน 1 ชั่วโมง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมมีค่าระหว่าง 55.8% - 57.6% มีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องช่วงเริ่มต้นจะมีค่าประมาณ 54.6% และเมื่อเดินระบบให้น้ำเย็นไหลเข้าภายใน ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องจะเพิ่มสูงขึ้นมีค่าประมาณ 58.5% โดยมีความเร็วลมของพัดลมไอเย็น 3.5 เมตรต่อวินาที

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำเย็นเริ่มต้นกับระยะเวลาของการปรับอากาศ จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำเย็นยิ่งต่ำ จะทำให้ระยะเวลาในการปรับอากาศได้นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยมีความสัมพันธ์เป็นสมการเชิงส้น



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการปรับอากาศ กับน้ำอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำเย็นขาเข้า

6.สรุปผลการวิจัย

ระบบปรับอากาศขนาดเล็กที่สร้างจากหม้อน้ำรถยนต์เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อาศัยน้ำเย็นทำหน้าที่ลดอุณหภูมิอากาศในห้อง ใช้พัดลมเป็นตัวระบายความเย็นกระจายภายในห้อง โดยที่น้ำเย็นมีการไหลภายในระบบปิด จึงไม่เพิ่มความชื้นในพื้นที่ปรับอากาศ การใช้น้ำเย็น 150 ลิตร ที่อัตราการไหล 0.27 ลิตรต่อนาทีอุณหภูมิเริ่มต้น 18.2 องศาเซลเซียส ช่วยปรับอากาศได้นานที่สุด เมื่อน้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ระยะเวลาในการปรับอากาศก็จะสั้นลง ซึ่งระยะเวลาในการปรับอากาศจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของน้ำเย็น ระบบปรับอากาศขนาดเล็กสามารถลดอุณหภูมิอากาศในห้องได้ระหว่าง 7 – 10 องศาเซลเซียส แต่ข้อดีของระบบปรับอากาศขนาดเล็กนี้ คือระบบที่สามารถเปิดใช้งานได้ในพื้นที่ปิด เพราะไม่ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศมีค่าสูงขึ้น จึงไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพผู้พักอาศัยและการเกิดราในห้องพักอาศัย

7.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในการทำโครงงานวิจัยนักศึกษา ประจำปีการศึกษา 2560 และขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ ที่เอื้ออำนวยสถานที่และเครื่องมือวัดในการวิจัย

8.เอกสารอ้างอิง

[1] Surajitr Pramuang Treeamorn Prommajak and Jindapron Phonruksa (2008). The Nocturnal Radiative Cooling under the weather conditions of Loei Province, ***IIRE Journal,*** vol. 2 January 2008.

[2] Nammont Chotivisarut anf Tanongkiat Kiatsiriroat (2007). Modeling of cool water production by thermal convective and radiative กองศาเซลเซียสturnal cooling. Proceedings of the 1st Energy Environment and Material Conference, August 31, 2007, Bangkok. p. 1 - 7.

[3] ปาลิตา อุทธบูรณ์ (2556). ภาระทางความเย็น. โครงการวิจัยนักศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[4] นิติพงษ์ รอดชีวิตและคณะ (2554). ชุดฝึกแสดงการทำงานของเครื่องปรับอากาศรถยนต์ R-134a. โครงการวิจัยนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเครื่องกล สาขางานเทคนิคยานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค)

[5] เออร์เกรย์เลดี. (2560). สภาวะสบายในบ้านจากธรรมชาติรอบตัว. สืบค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2560. จาก https://decor.mthai.com/ other/35670.html (เข้าดูเมื่อ 2 มิถุนายน 2561)

[6] วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี. (ม.ป.ป.). การถ่ายเทความร้อน. สืบค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2560. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/การถ่ายเทความร้อน (เข้าดูเมื่อ 2 มิถุนายน 2561)

การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในอาคารจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟม

The design of the product to use for the interior wall decoration from waste material foam box.

ณัฏวรัตน์ ขจัดภัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000

*ผู้ติดต่อ: E-mail: nutwarat@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 081-5487958 เบอร์โทรสาร 044-255451

บทคัดย่อ

การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในอาคารจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัย (1) เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์วัสดุสำหรับงานตกแต่งผนังภายใน จากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมและ scrap เมลามีนจากโรงงานอุตสาหกรรม (2) เพื่อทดสอบความสามารถในการลดความร้อนผนังจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมและ scrap เมลามีนจากโรงงานอุตสาหกรรมการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาคุณสมบัติของกล่องโฟมและscrap เมลามีนนำมาทดลองขึ้นรูป เพื่อผลิตเป็นวัสดุสำหรับตกแต่งผนัง โดยผู้วิจัยได้กำหนดสูตรไว้ทั้งหมด 9 สูตร เพื่อเปรียบเทียบหาสูตรที่เหมาะสมสำหรับนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับงานตกแต่งผนังและทดสอบความสามารถในการลดความร้อน โดยได้กำหนดให้ส่วนผสมต้นแบบมีขนาด 100x100x15 มิลลิเมตร จากการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม สรุปผลการวิจัยที่ได้ คือ จากการออกแบบผลิตภัณฑ์วัสดุสำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟม พบว่า สูตรที่ 7 - สูตรที่ 9 สามารถที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งผนังภายใน ค่าการทดสอบความสามารถในการลดความร้อน ผลต่างระหว่างการวัดค่าอุณหภูมิด้านบนของวัสดุและด้านล่างของวัสดุทดสอบ พบว่าสูตรผสมแบบที่ 1 ให้ผลต่างของอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 36.8 °C และสูตรผสมแบบที่ 9 ให้ผลต่างของอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 20.30 °C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความสามารถในการกันความร้อนผ่านวัสดุทดสอบมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อใช้ปริมาณกล่องบรรจุภัณฑ์จากโฟม 50 % ปูนปอร์ตแลนด์ขาวประเภทที่ 1, 45 % และเมลามีน 5 % ซึ่งช่วยลดปริมาณขยะจากกล่องโฟมที่เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมนำกลับมาใช้งานได้ในรูปแบบใหม่โดยไม่สูญเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะ เมื่อเทียบคุณสมบัติ ในการกันความร้อนกับยิปซัมบอร์ด พบว่าทุกสูตรสามารถลดความร้อนได้ดีกว่ายิปซัมบอร์ดโดยเฉพาะสูตรผสมแบบที่ 1 มีค่าการกันความร้อนได้ดีกว่ายิปซัมบอร์ด (ผลต่างของอุณหภูมิ 24.12 องศาเซลเซียส) หรือกันความร้อนได้ดีกว่ายิบซัมบอร์ด 49.58

คำหลัก: การออกแบบ, ตกแต่งผนัง, วัสดุเหลือใช้, กล่องโฟม

Abstract

Product design for interior wall decoration from waste materials. Foam Box Type Researchers have defined research objectives (1) to design materials for interior wall decoration from waste materials such as foam box and scrap. Melamine from the industrial plant (2) to test the ability to

reduce the heat from the waste materials, boxes, foam and scrap. Melamine from this industry researcher studied the properties of foam boxes and scrap. Melamine is tested. To produce a decorative material for the wall. The researcher has formulated a total of 9 formulas to compare suitable formulas for the production of wall finishing products and to test the ability to reduce heat. The prototype was designed to be 100x100x15 mm. from the design of the product to be used for interior wall decoration from waste materials. Foam Box Type The result of the study is that the design of interior wall materials from foam waste is found that Formula 7 - Formula 9 can be used to produce interior wall decoration products. Test values for the ability to reduce heat. Difference between measuring the temperature of the top of the material and the bottom of the test material. It was found that Mix 1 gave the highest temperature difference of 36.8 °C and 9th formulation gave the lowest temperature difference of 20.30 °C which showed that the heat dissipation capacity of the material. The test is most effective. With the use of 50% foam packaging, 45% Portland Cement 1, 45% melamine and 5% melamine, which reduced the amount of waste from recycled foam boxes. No waste in waste management costs. Melamine production Compare properties. In the heat with gypsum boards. All formulas were better than gypsum boards, especially the first formulation had better heat resistance than gypsum boards (Temperature difference 24.12 °C) or heat better than the gypsum boards. 49.58%

Keywords: design, wall, material, waste, foam box

1. บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากปริมาณขยะประเภทกล่องโฟมที่ใช้บรรจุอาหารนับวันแต่จะมีมากขึ้น แม้ทางทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องต่างออกมารณรงค์งดใช้ภาชนะซึ่งส่งผลกระทบที่เป็นลบทั้งทางตรงและทางอ้อมเฉลี่ยแล้วคนไทยสร้างขยะได้มากถึง 4 ล้านตันต่อปี จากการสำรวจในช่วงปี 2552-2556 พบว่ามีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ความสามารถในการจัดเก็บขยะกลับมีไม่ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จึงไม่สามารถกำจัดให้หมดไปในระยะเวลาอันสั้นปัญหาที่ตามมาคือมีปริมาณขยะตกค้างเป็นจำนวนมากที่รอการกำจัด โดยการกองรอไว้บนพื้นที่ไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม

กล่องโฟม (Foam Plastic) เป็นหนึ่งในวัสดุหลายประเภทที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันและมีแนวโน้มในการใช้งานที่มากขึ้นโดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหาร ซึ่งยากต่อการย่อยสลายทางชีวภาพ ดินและน้ำถูกปนเปื้อนเนื่องจากกล่องโฟม พลาสติกถูกฝังกลบ สารเคมีที่ถูกดูดซึมในดินโดยรอบๆและพลังงานจะถูกทำลายในการผลิตกล่องโฟม พลาสติกเหล่านี้ทำ ให้เกิด ภาวะโลกร้อนเป็น ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสารพิษที่ถูกปล่อยออกมาจากบริษัทที่ผลิต กล่องโฟม ขวดน้ำพลาสติกในการนำกล่องโฟมมารีไซเคิลจะช่วยลดภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อนุรักษ์พลังงานการ ใช้น้ำ ประหยัดพื้นที่ฝังกลบ ซึ่งทำให้หลายองค์กรได้ตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากนโยบายและยุทธศาสตร์ของชาติ ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2560-2564) ยุทธศาสตร์ที่ 3 การเสริมสร้างความ

มั่นคงด้านพลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศ ด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เมื่อปัญหาขยะจากกล่องโฟม ขวดพลาสติกเป็นเรื่องยากในการแก้ไขให้หมดไปในระยะเวลาอันสั้นจึงเกิดเป็นจุดกำเนิดผลิตภัณฑ์ รักษ์โลกที่หลายชุมชนได้นำ เศษพลาสติกมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ โดยนำแนวคิด Upcyling คือการสร้างมูลค่าให้กับเศษ วัสดุ นำมา Reuse โดยการนำเอาของที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่หรือเป็นการใช้งานในรูปแบบใหม่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ ยังคงเห็นโครงสร้างเดิมของวัสดุนั้นได้ แต่บางชิ้นงานอาจจำขยะชิ้นนั้นไม่ได้เลย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการ Reuse ส่วนการ Recycle คือการนำเอาของที่ใช้แล้วมาผ่านการแปรสภาพอาจใช้การหล่อ การบด การอัด การหลอม เพื่อให้เป็น วัสดุใหม่ และนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง วัสดุนี้อาจเป็นผลิตภัณฑ์เดิม หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ได้ การ Recycle จะต้องมีการใช้พลังงานเพิ่ม หากไม่มีการจัดการที่ดีอาจสร้างปัญหาแก่สภาพแวดล้อมได้เช่นกัน เนื่องจากโฟมเป็นขยะที่คงทนและสามารถทนต่อแรงอัดได้สูงจึงใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานกว่า 100 ปี ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลพิษหากต้องทำลายโฟมด้วยการเผาต้องอยู่ภายใต้การควบคุมที่ถูกต้อง ดังนั้นการกำจัดขยะโฟมในเบื้องต้นคือการฝังกลบที่ทำให้สิ้นเปลืองทั้งงบประมาณและพื้นที่

ผศ.ดร.สิงห์ อินทรชูโต (2559:ออนไลน์) ได้กล่าวในงาน TIFF 2016 ว่าปัญหาขยะล้นโลก และวัสดุเหลือทิ้งล้นโรงงาน เราทุกคน ต้องลงมือปฏิบัติผู้ประกอบการต้องเพิ่มการบริหารการจัดการของเสียด้วยกระบวนการใหม่ๆ อย่างกระบวนการอัพไซเคิล การเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้การสร้างคุณค่าจากของเสีย และการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่สามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ โดยการนำมาผลิตเป็นวัสดุสำหรับตกแต่งผนังปัจจุบันงานตกแต่งภายในได้เข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้นเพราะเป็นสิ่งที่ช่วยเสริมสร้างบรรยากาศภายในให้ดูสวยงามโดยเฉพาะผนังที่ทำหน้าที่เป็นส่วนแบ่งของพื้นที่ภายในให้เป็นสัดส่วนนอกเหนือ จากเป็นตัวกำหนดพื้นที่แล้วยังมีคุณประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น การป้องกันความร้อนที่ต้องแก้ไขภายในที่พักอาศัย อีกทั้งปัจจุบันผู้บริโภคเปลี่ยนทัศนคติยอมรับในเรื่องของการใช้วัสดุทดแทนให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมหรือกรีนแอ็กชั่นมากขึ้น และจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจสังคมฉบับที่ 11 ที่มีความสอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมของกล่องโฟมเหลือใช้สำหรับใช้เป็นวัสดุตกแต่งผนัง ที่ว่าด้วยชุมชนทั้งตนเองสามารถบรรเทาปัญหาเศรษฐกิจสังคมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระดับ ท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่วมกันเพื่อค้นหาทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับชุมชน มีการรวบรวมข้อมูล ค้นคว้า หาความรู้นำมาวิเคราะห์อย่างมีส่วนร่วมบนฐานทรัพยากรของท้องถิ่นชุมชนภายใต้กระบวนการการพัฒนาที่มีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ สร้างการเรียนรู้เชื่อมโยงกับภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ความรู้ภายในชุมชนเกิดเป็นความรู้ใหม่ที่คำนึงถึงวงจร ความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่มีรูปแบบและวิธีทางวัฒนธรรมเข้ามาเกี่ยวข้อง เกิดการพึ่งตนเองในระบบชุมชนจัดการด้านการตลาดเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต และลดต้นทุนเป็นระบบธุรกิจชุมชนควบคู่กับการนำเทคโนโลยีและความรู้มาแปรรูป

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับการจัดการขยะที่ไม่ถูกทิ้งไปอย่างสูญเปล่าแต่ได้นำมาเปลี่ยนเป็นสิ่งใหม่ที่สร้างประโยชน์ในรูปแบบใหม่อีกครั้ง ซึ่งสอดคล้องตามแนวทางแผนบูรณาการข้อมูล สารสนเทศภายใต้ยุทธศาสตร์กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2559-2564 ตามพันธกิจและยุทธศาสตร์ ที่ 3 รักษาและฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างมีส่วนร่วม โดยมุ่งพัฒนาประเทศให้เข้มแข็ง โดยใช้ภูมิปัญญาความคิดสร้างสรรค์ให้ความสำคัญกับการปรับโครงสร้างการค้าและการลงทุนให้

สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ภายในประเทศและต่างประเทศ และการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในสังคมและสร้างภูมิคุ้มกันในมิติต่างๆ โดยนำความรู้ที่ได้มาใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการและเกื้อกูลกัน เติบโตได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อทดสอบความสามารถในการลดความร้อนผนังจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมและ Scrap เมลามีนจากโรงงานอุตสาหกรรม

2. เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์วัสดุสำหรับงานตกแต่งผนังภายใน จากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมและ Scrap เมลามีนจากโรงงานอุตสาหกรรม

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาคุณสมบัติของกล่องโฟมและ Scrap เมลามีนนำมาทดลองขึ้นรูป เพื่อผลิตเป็นวัสดุสำหรับตกแต่งผนัง โดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยที่ศึกษาดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาคุณสมบัติของกล่องโฟมและ Scrap เมลามีน

2. ทำการทดลองโดยหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุทั้ง 2 ชนิดเพื่อผลิตต้นแบบวัสดุสำหรับงานตกแต่งผนังภายใน

3. ทดสอบความสามารถในการลดความร้อนของผนังจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมและ Scrap เมลามีนจากโรงงานอุตสาหกรรม

4. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิต

5. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุสำหรับงานตกแต่งผนัง

4. กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม โดยใช้กรอบทฤษฎี ดังต่อไปนี้

4.1 สไตล์การออกแบบมาจากความใหม่ (Modern) ปัจจุบันหลักการดังกล่าว ได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปโดยที่การออกแบบเน้นการจำกัดรูปแบบตามผลิตภัณฑ์ เฉพาะส่วนใช้สอยยังคงอยู่ แต่ประโยชน์ใช้สอยไม่ใช่หลักที่สำคัญที่สุดของการออกแบบอีกต่อไป โดยมีหลัก 2 ประการ

1) การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่โดยให้ความสำคัญกับเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นหลัก มิใช่ประโยชน์ใช้สอยอย่างแต่ก่อน

2) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใหม่ไม่เหมือนผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาด มีความแปลก ความแตกต่างและดีกว่า (นิรัช สุดสังข์. 2543 : 77)

4.2 กรอบแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการนำหลัก 4R มาใช้ คือ

1) การลด (Reduce)

2) การใช้ซ้ำ (Reuse)

3) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)

4) การซ่อมบำรุง (Repair)

4.3 กรอบแนวความคิดทางด้านการศึกษาคุณสมบัติเศษวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟม ศึกษาจากของจริง (Research Derived from Original Data) แบ่งออกเป็น 4 ขั้น คือ

1) กำหนดปัญหา

2) การเตรียมการ

3) การสำรวจภาคสนาม

4) การจัดระเบียบ การวิเคราะห์และตีความ (สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ 2550 หน้า 46)

4.4 กรอบแนวความคิดการทดสอบเกณฑ์ตามหลักกายภาพ โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิในส่วนของ

อุณหภูมิ ด้านบนและอุณหภูมิด้านล่างของแผ่นทดสอบ วัดค่าทุก 1 นาทีจากนั้นนำมาหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ทำการตรวจวัดอุณหภูมิเครื่องมือ Data logger Temperature รุ่น 2638 A ที่มีการติดตั้งหัววัดมาพร้อมในสายวัดอุณหภูมิ

5. ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมและ Scrap เมลามีนเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทดลองวัสดุประเภทเดียวกันในขั้นต่อไป

2. ได้ผลิตต้นแบบวัสดุตกแต่งประเภทผนังจากวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมและ Scrap เมลามีน

3. ส่งเสริมผลิตภัณฑ์งานตกแต่งและการประหยัดพลังงานขยายผลเชิงพาณิชย์

4. สามารถลดพลังงานภายในอาคารและลดการทำลายสิ่งแวดล้อม

5. ยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

6. คำนิยามศัพท์เฉพาะ

โฟมเหลือใช้ หมายถึง วัสดุที่เหลือใช้จากประโยชน์ใช้สอยเดิมและสร้างคุณค่าด้วยประโยชน์ใช้สอยใหม่

งานตกแต่ง หมายถึง การนำเอาวัสดุที่ออกแบบมาตกแต่งเพื่อเสริมสร้างบรรยากาศภายในสถานที่นั้นให้สวยงาม

กล่องโฟม หมายถึง กล่องบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหารประเภทเร่งด่วนและเป็นวัสดุที่ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายหลายร้อยปี

Scrap เมลามีน คือ ผงละเอียดคล้ายฝุ่นแป้งได้จากขั้นตอนจากการขัดผลิตภัณฑ์ประเภทเมลามีน

7. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัย การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ ส่วนผสมที่ 1 คือการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟมมาทำการย่อยให้เป็นเส้นก่อนนำไปบดละเอียดส่วนผสมที่ 2 คือ Scrap จากเมลามีน ส่วนวัสดุประสานคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่



รูปที่ 1 กล่องโฟมที่นำมาแปรสภาพโดยแปรสภาพเป็นเส้นก่อนนำไปบดย่อย

2. ทำการทดลองหาส่วนผสม โดยการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุทั้ง 2 ชนิดและวัสดุประสานเพื่อผลิตต้นแบบวัสดุสำหรับตกแต่งผนังภายใน



รูปที่ 2 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุ 2 ชนิดและวัสดุประสานโดยนำมาช่างด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล

3. ทำการผลิตตามรูปทรงจริงและการทดสอบการกันความร้อนโดยการทำกล่องทดลองขนาด 200x200x300 มม. และขนาด 200x200x200 มม. โดยเจาะรูตรงกลางสำหรับวางแผ่นทดสอบ ขนาดความหนาของกล่อง 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 3 นำส่วนผสมที่ได้เทลงในพิมพ์ ขนาด 100x100x15 มิลลิเมตร



รูปที่ 4 แสดงการถอดผลิตภัณฑ์ออกจากพิมพ์หลังบ่มเป็นเวลา 7 วัน

4. สรุปผลการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม



รูปที่ 5 เครื่องวัดการถ่ายเทความร้อน (Data logger Temperature ยี่ห้อ Fluke รุ่น 2638 A)

8. ผลการวิจัย

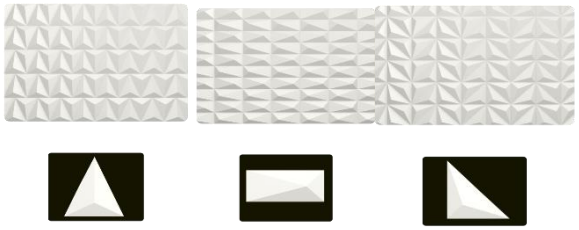
การวิจัย การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์ และขั้นตอนของแผนงานที่วางไว้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ ส่วนผสมที่ 1 คือ การนำวัสดุเหลือใช้ประเภทกล่องโฟม ส่วนผสมที่ 2 คือ scrap จากเมลามีน ส่วนวัสดุประสานคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 ทำการทดลองหาส่วนผสม โดยการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุทั้ง 2 ชนิดและวัสดุประสานเพื่อทดสอบความสามารถในการลดร้อน โดยนำส่วนผสมของโฟมและ Scrap ของเมลามีนในอัตราส่วนที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 3 ทำการผลิตตามรูปทรงจริงและทำการทดสอบความสามารถในการกันความร้อนโดยการทำกล่องทดลองขนาด 200 x200 x 300 มิลลิเมตร และขนาด 200 x 200 x 200 มิลลิเมตร

ขั้นตอนที่ 4 สรุปผลการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม



รูปที่ 6 ตัวอย่างลักษณะของผนังภายในที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม



รูปที่ 7 บรรยากาศภายในห้องรับแขกเมื่อตกแต่งผนังด้วยวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการลดความร้อนในแต่ละสูตรและยิปซัมบอร์ด

Temp(C)		FORMULA 1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gypsum
1	Top	33.67	34.11	32.43	35.98	32.08	34.61	35.26	34.12	34.43	**42.48**
	Bottom	29.35	31.45	30.67	32.40	31.52	31.91	33.22	33.62	34.04	**31.84**
2	Top	55.45	63.47	44.14	54.87	51.08	51.62	54.79	49.37	49.41	**51.32**
	Bottom	29.47	31.56	30.72	32.44	31.53	31.91	33.20	33.62	34.00	**32.47**
3	Top	63.24	73.48	47.54	60.42	56.77	54.34	58.09	54.48	53.23	**55.79**
	Bottom	30.02	32.04	30.93	32.61	31.66	31.97	33.22	33.88	34.25	**33.68**
4	Top	65.78	77.31	48.87	63.14	60.20	56.19	60.82	58.09	53.98	**58.82**
	Bottom	30.60	32.56	31.23	32.94	31.97	32.16	33.40	34.46	34.75	**34.99**
5	Top	67.94	78.94	61.03	64.17	61.65	57.83	62.18	60.16	54.99	**60.07**
	Bottom	31.11	32.99	31.53	33.32	32.39	32.48	33.74	35.17	35.34	**36.30**
6	Top	68.93	80.18	62.51	65.02	61.33	58.44	62.56	62.34	56.00	**61.76**
	Bottom	31.54	33.38	31.82	33.69	32.85	32.88	34.19	35.97	35.97	**37.37**
7	Top	71.37	82.54	63.05	66.27	63.10	60.66	64.68	64.67	56.70	**63.81**
	Bottom	31.92	33.72	32.11	34.05	33.32	33.33	34.70	36.80	36.60	**38.41**
8	Top	73.05	85.48	64.42	66.64	64.35	61.23	65.40	65.41	57.61	**64.48**
	Bottom	32.29	34.04	32.38	34.39	33.77	33.80	35.26	37.63	37.23	**39.44**
9	Top	73.84	86.44	64.42	67.40	65.75	62.33	66.75	66.68	58.56	**66.35**
	Bottom	32.65	34.37	32.65	34.71	34.23	34.28	35.84	38.43	37.83	**40.43**
10	Top	75.63	34.37	65.81	68.66	66.60	62.17	67.76	68.06	58.90	**68.25**
	Bottom	33.01	34.68	32.91	35.01	34.65	34.77	36.44	39.21	38.44	**41.29**
11	Top	76.59	88.86	66.00	68.81	67.93	62.73	68.53	69.05	59.74	**68.58**
	Bottom	33.38	35.00	33.17	35.31	35.06	35.25	37.02	39.96	39.03	**42.12**
12	Top	76.96	89.76	67.89	69.19	67.16	63.97	70.24	69.89	60.41	**70.07**
	Bottom	33.75	35.31	33.43	35.59	35.44	35.71	37.59	40.68	39.62	**42.91**
13	Top	76.42	91.20	68.55	69.07	67.94	64.57	69.36	70.74	61.39	**70.13**
	Bottom	34.13	35.63	33.67	35.86	35.82	36.16	38.14	41.37	40.20	**43.65**
14	Top	77.07	91.75	69.66	69.43	69.50	65.40	71.33	71.94	61.36	**71.25**
	Bottom	34.49	35.94	33.91	36.11	36.17	36.59	38.67	42.01	40.75	**44.32**
15	Top	78.61	92.56	70.38	70.96	69.78	65.91	72.64	72.44	62.39	**72.92**
	Bottom	34.84	36.26	34.14	36.37	36.50	36.99	39.18	42.63	41.29	**45.00**
	Average Top	68.97	61.95	61.79	64.00	61.68	61.21	67.93	62.47	58.10	63.07
	Average Bottom	32.17	34.49	32.47	34.32	33.79	34.33	36.70	37.70	37.79	38.95
	Temp Diff	**36.80**	**27.46**	**29.31**	**29.68**	**27.89**	**26.87**	**31.22**	**24.77**	**20.30**	**24.12**

จากตารางที่ 1 สูตรที่ 1 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยด้านบนอยู่ที่ 33.67 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 29.35 ℃ ในระยะเวลา 1นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยด้านบนอยู่ที่ 78.61 ℃ และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยด้านล่างอยู่ที่ 34.84 ℃ ค่าเฉลี่ยอยู่สูงสุดอยู่ที่ 68.97 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 32.17 ℃

สูตรที่ 2 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 34.11 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 31.45 ℃ ในระยะเวลา 1นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 63.56℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 36.26 ℃ ค่าเฉลี่ยอยู่สูงสุดอยู่ที่ 61.95 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 34.49 ℃

สูตรที่ 3 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 34.02 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 31.37 ℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 52.19 ℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 35.45℃ ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 48.06 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 33.39 ℃

สูตรที่ 4 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 35.98℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 32.40 ℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 70.96 ℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 36.37℃ ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 64.00 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 34.32℃

สูตรที่ 5 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 32.08 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 31.52 ℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 69.78 ℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 36.50℃ ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 61.68 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 33.79℃

สูตรที่ 6 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 34.61 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 31.91 ℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 65.91℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 36.99 ℃ ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 61.21 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 34.33℃

สูตรที่ 7 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 35.26 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 33.21 ℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 72.64℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 39.18 ℃ ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 67.93 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 36.70 ℃

สูตรที่ 8 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 34.12 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 33.62 ℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 72.44℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 42.63 ℃

ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 62.47 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 37.70 ℃

สูตรที่ 9 ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 34.43 ℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 34.04 ℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 62.39℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 41.29 ℃ ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 58.10 ℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 37.79℃

ยิปซัมบอร์ด ค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 42.48℃ อุณหภูมิด้านใต้อยู่ที่ 31.84℃ ในระยะเวลา 1 นาที และเมื่อใช้ระยะเวลา 15 นาที จะพบว่าค่าอุณหภูมิด้านบนอยู่ที่ 72.92℃ และค่าอุณหภูมิด้านล่างอยู่ที่ 44.99℃ ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 63.07℃ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 38.95℃

ผลจากการศึกษาพบว่า กล่องโฟมที่แปรสภาพแล้วนำมาผสมกับ Scrap เมลามีนวัสดุประสานในสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 สูตรที่ 5 สูตรที่ 6 เนื้อวัสดุหลักและวัสดุรองไม่สามารถยึดเกาะกับวัสดุประสานได้ดี เนื่องจากสมบัติทางกายภาพของกล่องโฟมที่มีฟองอากาศหรือรูพรุนเล็กๆ สูตรที่ 7 สูตรที่ 8 และสูตรที่ 9 เนื้อวัสดุมีการเกาะประสานได้ดีมีความแข็งแรงสามารถนำมาพัฒนาและผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับงานตกแต่งผนังได้ ในส่วนของการทดสอบความสามารถในการลดความร้อนเมื่อนำอุณหภูมิมาเปรียบเทียบกับวัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาดคือแผ่นยิบซั่มบอร์ดพบว่าทุกสูตรมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนได้ดีกว่าแผ่นยิบซั่มบอร์ด ที่สอดคล้องกับวัตุประสงค์ทั้ง 2 ข้อที่ตั้งไว้

9. อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับงานตกแต่งผนังภายในจากวัสดุเหลือใช้ ประเภทกล่องโฟม ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลในเรื่องของวัสดุและวิธีการแปรสภาพเพื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับตกแต่งผนัง และการนำมาทดสอบความสามารถในการลดความร้อน

จากการศึกษาในงานวิจัยการศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมของกล่องโฟมเหลือใช้สำหรับใช้เป็นวัสดุตกแต่งผนัง ที่ทำให้มีการเรียนรู้และเข้าใจในกระบวนการผลิต อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการนำโฟมเหลือใช้ไปศึกษาเพื่อทดสอบงานวิจัยในด้านอื่น ประโยชน์ที่ได้รับมีความเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัยคือกรอบแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการนำหลัก 4R มาใช้ และกรอบแนวคิดการทดสอบเกณฑ์ตามหลักกายภาพ

จากการศึกษาการนำกล่องโฟมมาแปรสภาพเพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ในการตกแต่งผนังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนัญชัย และคณะ, 2549 อ้างใน กิติพันธ์ บุญโตสิตระกูล และคณะ (153 : 94) ได้สรุปผลการวิจัยไว้ว่า การผสมเศษโฟมจากบรรจุภัณฑ์เหลือทิ้งลงในแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปอัตราส่วนต่างๆ มีผลต่อสภาพการนำความร้อนหรือค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลงจากผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่ไม่มีส่วนผสมของเศษโฟม โดยมีค่าลดลงจากผนังคอนกรีตสำเร็จรูปอัตราส่วน F0 เท่ากับ 0.378 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน ให้เหลือต่ำสุดเพียง 0.219 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน ที่อัตราส่วน F100 ซึ่งต่ำกว่าผนังทั่วๆไป ได้แก่ ผนังอิฐมอญแบบก่อครึ่งแผ่นมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.473 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน อิฐมอญเต็ม เท่ากับ 0.473 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน และคอนกรีตบล็อก เท่ากับ 0.519 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 เห็นได้ว่า แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปอัตราส่วน F50 ถึง F100 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพการนำความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน คือมีค่าไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน (สมอ. 2537) ทั้งนี้ เป็นผลมาจากเศษโฟมที่นำมาผสมลงในแผ่นผนังคอนกรีตนั้น เป็นวัสดุพอลิเมอร์ที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

สกนธ์ ศรีวิไลสกุลวงศ์ (2545) ได้พัฒนาระบบผนังโฟมที่มีคุณสมบัติในการลดความร้อนได้ดีโดยใช้ผนังโฟมที่ใส่ฉนวนหนา 2 นิ้วไว้นอกช่องคร่าวและอยู่ด้านนอกอาคารโดยทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ

คุณสมบัติในการลดความร้อนของผนังโฟมได้แก่ การใส่ฉนวนโฟมที่โครงสร้างผนัง ขนาดพื้นที่ของช่องระบายอากาศที่ผนังชั้นนอก และความหนาของฉนวนโฟม พบว่าผนังที่ใส่โฟมนอกช่องคร่าว และอยู่ด้านนอกอาคารจะลดความร้อนได้ดีที่สุด การเจาะช่องระบายอากาศไม่สามารถช่วยลดความร้อนได้อย่างชัดเจนแต่การเพิ่มพื้นที่เจาะช่องอากาศเป็น 100 เปอร์เซนต์ มีผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงต่ำกว่าผนังแบบปิด และการเพิ่มความหนาของโฟมจาก 2 นิ้ว เป็น 4 นิ้ว สามารถลดอุณหภูมิได้มากยิ่งขึ้น

รังสี มหาลา และคณะ (2553) ได้นำโฟมซึ่งเป็นวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกโดยมีส่วผสมคือ หินฝุ่นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม จากนั้นนำโฟม 3 ขนาด คือ 1- 2 มิลลิเมตร, 2- 4 มิลลิเมตร, และ 4- 6 มิลลิเมตร มาเป็นส่วนผสมใน 3 อัตราส่วน ของแต่ละขนาด คือ โฟม:หินฝุ่น: ปูนซีเมนต์ เป็น 0.5:5.5:1.5, 1.0:5.0:1.5 และ 1.5:4.5:1.5 ตามลำดับเมื่อผลิตคอนกรีตบล็อกออกมาแล้วนั้นมีคุณสมบัติเป็นไปตาม มอก.58-2553 และเมื่อนำมาทดสอบค่าการนำความร้อน พบว่าเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปโดยมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม คือ โฟม:หินปูน:ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.5:5.5:1.5 โดยใช้ขนาดของเม็ดโฟม คือ 4-6 มิลลิเมตร

10. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมของกล่องโฟมเหลือใช้สำหรับใช้เป็นวัสดุตกแต่งผนัง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ควรมีการศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. ทดสอบความสามารถในการดูดซับเสียง
2. ทดสอบความคงทนต่อแรงดึงและแรงอัด
3. ทดสอบเรื่องของความคงตัวของรูปทรง

11. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล และคณะ. (2559). การใช้เศษโฟมเหลือทิ้งจากบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตเป็นแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปน้ำหนักเบา. งานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร

[2] กระทรวงพลังงาน. (2547). แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

[3] ชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2548). การป้องกันความร้อนผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูน. ขอนแก่น : สถาปัตยกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[4] นิรัช สุดสังข์. (2543). ออกแบบอุตสาหกรรม. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[5] ไพบูลย์ แจ่มพงษ์และศิวพันธ์ ชูอินทร์. (2560). การจัดการขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] ยุพดี เสตพรรณ. (2544). ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : พิศิษฐ์การพิมพ์.

[7] รังสี มหาลา และคณะ. (2553). การพัฒนาคอนกรีตบล็อกประหยัดพลังงาน. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยสลัยขอนแก่น.

[8] สกนธ์ ศรีวิไลสกุลวงศ์. (2545). การพัฒนาระบบผนังโฟมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบดความร้อน. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[9] สิงห์ อินทรชูโต. (2552). Reuse ศิลปะการคืนชีวิตให้ขยะ. กรุงเทพฯ : พาบุญมา.

[10] อมรสิทธิ์ เทียนชุบ. (2553). การจัดการธนาคารขยะสำหรับชุมชน กรณีศึกษาชุมชนอยู่เจริญบุญมา เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์

มหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

[1 1] Mihail lonescu. Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethanes. iSmithers Rapra Pubilshing, 2005.

[12] Grondzik, Walter T.et al. Mechanical and Electrical Equipment for Building. 11th ed. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons Publisher, 2010.

การผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพจากกลูเตนและกลีเซอรอล

Production of the biodegradable plastic-like material that can be biodegradable from gluten and glycerol

ประสงค์สม ปุณยอุปพัทธ์[1] และ สุกฤตา ปุณยอุปพัทธ์[2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วารินชำราบ อุบลราชธานี 34190

[2] สุกฤตา ปุณยอุปพัทธ์ สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ 145 ม.15 ถ.สุรินทร์-ปราสาท ต.นอกเมือง เมืองสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

prasongsom@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 081-70389459, เบอร์โทรสาร 045-353422

*phira88@gmail.com, เบอร์โทร 086 6880234 เบอร์โทรสาร 044 153064

บทคัดย่อ

ศึกษาวิธีการผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกจากกลูเตนผงที่สกัดจากแป้งสาลีผสมกับกลีเซอรอล และ กลูเตนสดจากแป้งสาลีผสมกับกลีเซอรอล ในอัตราส่วน 80:20, 85:15, 90:10 และ 95:5 โดยน้ำหนัก ทำการขึ้นรูปโดยการเทลงในแม่พิมพ์อลูมิเนียมและนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C และ การขึ้นรูปโดยใช้ compression molding ที่อุณหภูมิ 140 °C ที่เวลา 10 นาที ความดัน 15 เมกกะปาสคาล (Mpa) ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าสามารถผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกจากกลูเตนผงและกลูเตนสดกับกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่างๆ โดยวิธีการขึ้นรูปด้วย compression molding และเมื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ได้ พบว่าวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตจากกลูเตนสดจากแป้งสาลี กับ กลีเซอรอล อัตราส่วน 90:10 มีค่าเปอร์เซ็นต์ elongation มากที่สุดเท่ากับ 420.21% ในขณะวัสดุคล้ายพลาสติกที่มีอัตราส่วนกลูเตนต่อกลีเซอรอล 95:5 . ให้ค่า strength at break มากที่สุดเท่ากับ 3704.08 (N/m^2) นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตขึ้นนี้สามารถขึ้นรูปเป็นสิ่งของเครื่องใช้ได้และถูกย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์โดยการฝังดินภายในระยะเวลา 15 วัน

คำสำคัญ: พลาสติก วัสดุคล้ายพลาสติก กลูเตน แป้งสาลี ย่อยสลาย

Abstract

Study on the production process of plastic-like materials by mixing gluten powder from wheat flour with glycerol and by mixing fresh gluten from wheat flour with glycerol in ratios of 80:20, 85:15, 90:10 and 95:5 (w/w) respectively. The mixtures of gluten and glycerol were molded by casting in aluminum molds and baking at 80 °C and by using a compression molding machine at 140 °C, 15 MPa for 10 minutes. It was found that the plastic like material could be produced from powder and fresh gluten with glycerol (In various ratios) by the compression molding machine. When testing the mechanical properties of these plastic like materials, they were found that the plastic like material made from fresh gluten and glycerol ratio of 90:10 had the highest elongation percentage (420.21%) , while the plastic like material made from fresh gluten and glycerol ratio of 95: 5 glycerol gave the highest of strength at break (3704.08 N/m^2). Moreover, It is also found that these plastic like material

can be can be molded into a using utensil and completely degraded by embedding the soil within a period of 15 days.

Keywords: plastics, plastic-like materials, gluten, wheat flour, degradation

1. บทนำ

พลาสติกเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ที่ได้จากการกระบวนพอลิเมอไรเซชั่นของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจนได้เป็นสายโซ่ยาว โดยพอลิเมอร์แต่ละชนิดจะทำการสังเคราะห์จากวัตถุดิบตั้งต้นที่แตกต่างกันไป ทำให้ได้พอลิเมอร์มีสมบัติที่แตกต่างกันออกไปด้วย จากนั้นนำพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้นั้นมาทำการขึ้นรูปเป็นเม็ดพลาสติกเพื่อใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และเครื่องใช้พลาสติกประเภทต่างๆที่หลากหลาย

เนื่องจากต้นทุนที่มีราคาถูก สามารถขึ้นรูปได้ง่ายและหลากหลาย กอปรกับการมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีของพลาสติกที่ส่งผลให้มีการนำเม็ดพลาสติกมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และเครื่องใช้พลาสติกประเภทในจำนวนมากและหลากหลายชนิดเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานประเภทต่างๆ ทำให้ปัจจุบันนี้สามารถพบผลิตภัณฑ์และเครื่องใช้ต่างๆที่ทำมาจากพลาสติกในทุกสถานที่ทั่วโลกและในทุกประเภทงาน (Jambeck *et.al*, 2015).

เนื่องจากผลิตภัณฑ์และเครื่องใช้พลาสติกมีราคาถูก และบางประเภทเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้งจึงส่งให้เกิดพฤติกรรมการทิ้งผลิตภัณฑ์และเครื่องใช้พลาสติกจำนวนมากสู่ธรรมชาติและกลายเป็นขยะพลาสติกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับขยะประเภทอื่น จากพลาสติกจะมีคุณสมบัติที่ทนต่อสารเคมีไม่ดูดความชื้น ทนต่อแสงแดด และ ทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วพลาสติกจะต้องใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 400 ปี ดังนั้นเมื่อเปรียบกับอัตราการผลิต ระยะเวลาการใช้งาน กับอัตราการย่อยสลายของพลาสติกที่ไม่สมดุลกันนั้น จึงส่งผลให้เกิดปัญหาที่รุนแรงกับสิ่งแวดล้อม (Punyauppa-path and Pattanapipitpaisal 2017)

การผลิตพลาสติกที่ย่อยสลายในธรรมชาตินั้นเป็นแนวทางหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อลดการเกิดการสะสมและการแพร่กระจายของขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อมซึ่งวิธีการผลิตพลาสติกประเภทนี้สามารถแบ่งออกตามกระบวนการย่อยสลายออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกันได้แก่

- พลาสติกที่ย่อยสลายได้โดยกระบวนการออกซิเดชั่นหรือเรียกว่า Oxo-degradable plastics
- พลาสติกที่ย่อยสลายโดยรังสียูวี (UV radiation) หรือที่เรียกว่า Photodegadable plastics
- พลาสติกที่ย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพหรือที่เรียกว่า Biodagradable plastics

สำหรับพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพภาพยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อยตามวัตถุดิบและกระบวนการผลิตได้แก่

- พลาสติกที่ย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพที่ผลิตจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ ตัวอย่างเช่น พอลิแลคติคแอซิด (Polylactic acid: PLA) และ พอลิคาโปรแลกโทน (Polycaprolactone: PLC) เป็นต้น
- พลาสติกที่ย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพที่ผลิตจากพืชและจากจุลินทรีย์ ตัวอย่างเช่น พอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต (Polyhydroxybutyrate: PHB) พอลิไฮดรอกซีบิวทีเรต-โค-ไฮดรอกซีวารีเลต (Poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate: PHBV) รวมไปถึงพลาสติกที่ผลิตจากวัสดุจากธรรมชาติ เช่น แป้งในรูปของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplic starch) หรือ โปรตีนพืช (plant protein) เป็นต้น

- พลาสติกที่ย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพที่ผลิตจากกระบวนการผสมระหว่างพอลิเมอร์สังเคราะห์กับพอลิเมอร์ธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น การผสมแป้งกับพอลิเอทิลีน (Polyethylene starch blend) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามพลาสติกที่กล่าวมานั้นมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปเช่น กลุ่มที่ผลิตจากพอลิเมอร์สังเคราะห์และที่ผลิตจากพืชและจากจุลินทรีย์นั้นสามารถย่อยสลายได้ดีแต่จะมีราคาแพง และมีคุณสมบัติเชิงกลที่ไม่ค่อยดีในขณะที่เกิดจากกระบวนการผสมระหว่างพอลิเมอร์สังเคราะห์กับพอลิเมอร์ธรรมชาตินั้นมีราคาที่ถูก แต่จะมีคุณสมบัติเชิงกลและความสามารถในการย่อยสลายที่ลดลงตามปริมาณพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ใช้ผสม (Tanetrungroj and Prachayawarakorn, 2015, Punyauppa-path and Pattanapipitpaisal 2017)

ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันนี้งานวิจัยเกี่ยวกับพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีทางธรรมชาติที่ผลิตจากพืชเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับความสนใจมากเนื่องจากสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบที่มีในธรรมชาติ มีราคาถูก มีปริมาณมาก และ เป็นวัตถุดิบที่ใช้แล้วสามารถผลิตขึ้นมาทดแทนได้ โดยกลุ่มที่ได้รับความสนใจมากคือ แป้งและโปรตีนจากแป้ง (กลูเตน: gluten) ซึ่งจะพัฒนาเป็นพลาสติกชีวภาพผสม (bio-composite-plastic)

ในการผลิตพลาสติกชีวภาพผสมจากแป้งผสมนั้นนิยมใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์โดยเฉพาะกลุ่มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช ที่สามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้ 100% แต่มีจุดด้อยคือจะคุณสมบัติเชิงกลจะลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาเนื่องจากการสูญเสียพลาสติไซเซอร์และกระบวนการ retrogradation ของแป้ง (Punyauppa-path and Pattanapipitpaisal 2017)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงทำให้มีความสนใจในการใช้โปรตีนแป้งโดยเฉพาะกลูเตนเพื่อผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพผสมเนื่องจากกลูเตนมีความยืดหยุ่นที่ดีและไม่เกิดกระบวนการ retrogradation โดยกระบวนการผลิตจะใช้ร่วมกับการใช้พลาสติไซเซอร์โดยเฉพาะกลีเซอรอล โดยมีจุดมุ่งหมายให้พลาสติกที่ได้มีความแข็งแรง มีความยืดหยุ่น และสามารถขึ้นรูปได้ดี ดังรายงานวิจัยที่สามารถพบทั้งในประเทศ และต่างประเทศเช่น

Rhim *et.al* (1999) ศึกษาและพัฒนาฟิล์มจากโปรตีนถั่วและโพรพริลีนไกลคอลอัลจิเนต พบว่าฟิล์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นแต่ความสามารถในการยืดตัว การละลายน้ำ และการซึมผ่านของไอน้ำลดลงตามปริมาณของโพรพริลีนไกลคอลอัลจิเนต

แก้วตา (2556) ทำการทบทวนเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตพลาสติกที่สามารถย่อยสลายจาก กลูเตน กลูเตนดัดแปร รวมไปถึงผลของพลาสติไซซอร์และสารเติมแต่งประเภทต่างๆที่ใช้ในกระบวนการผลิต

Sun, *et.al* (2008) ที่ศึกษาคุณสมบัติของพลาสติกย่อยสลายได้ที่ทำจากกลูเตน ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ ทำการขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 25-125 °C พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่า tensile strength และ Young's modulus และ Relaxation time

Song and Zhenga (2008) ปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล (Young's modulus, tensile strength elongation at break) และ moisture absorption ของพลาสติกที่ผลิตจากกลูเตนและกลีเซอรอลที่ขึ้นรูปด้วย compression molding ที่อุณหภูมิ 120 °C

Nafchi, *et.al* (2014) ที่ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการผลิต ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางพัฒนาในอนาคตของพลาสติกที่สามารถย่อยสลายที่ผลิตจากแป้งร่วมกับพลาสติไซเซอร์ หรือที่เรียกว่าเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช

ในงานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการผลิตพลาสติกที่ย่อยสลายได้จากกลูเตนแป้งสาลีซึ่งจัดเป็นพลาสติกสามารถย่อยสลายได้ที่อยู่ในกลุ่มที่ผลิตจากพืช และได้

ศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติก การดูดซับน้ำ และศึกษาความสามารถในการย่อยสลายโดยการฝังดิน

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตพลาสติกที่ย่อยสลายได้จากกลูเตนผงและกลูเตนสดที่สกัดได้จากแป้งสาลีโดยใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ที่สภาวะอุณหภูมิและเวลาที่ต่างๆกัน

3. วิธีวิจัย

3.1 การสกัดและการหาปริมาณกลูเตนจากแป้งสาลี (รสิตา 2550)

ชั่งแป้ง 1000 กรัม เติมน้ำ 750 มิลลิลิตร นวดจนเกิดโด ใช้ผ้าขาวบางชุบผ้าหมาดๆ ห่อโดทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วจึงนำโดที่ได้ไปล้างผ่านน้ำไหลจนกระทั่งแป้งหมดจากก้อนโด สังเกตจากน้ำที่ล้างโดจะใสหรือทดสอบน้ำล้างโดด้วยสารละลายไอโอดีนถ้าเป็นสีน้ำเงินแสดงว่ามีแป้งเหลืออยู่) จะได้กลูเตนสดที่มีลักษณะเหนียว สามารถดึงยืดได้ และเมื่อนำกลูเตนสดไปหั่นให้มีขนาดเล็กๆ ก่อนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมงแล้วจึงบดให้ละเอียดเพื่อทำเป็นกลูเตนผงต่อไป

ปริมาณกลูเตนจากแป้งสาลีคำนวณได้จากสูตร

น้ำหนักกลูเตน (%) = (น้ำหนักกลูเตนหลังอบ/น้ำหนักแป้งเริ่มต้น) X 100

3.2 การผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกจากกลูเตนผงและกลูเตนสดโดยใช้แม่พิมพ์อลูมิเนียม

ชั่งกลูเตนและกลีเซอรอล ในอัตราส่วนต่างๆก่อนบดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ครกหินอีกและบดซ้ำด้วยเครื่องบดละเอียด จากนั้นเทส่วนผสมที่ได้ลงในแบบพิมพ์อะลูมิเนียมที่ทาด้วย paraffin ก่อนนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนแกะออกจากแบบพิมพ์ ตรวจสอบลักษณะของชิ้นวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้และบันทึกผล

3.3 การผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกจากกลูเตนผงและกลูเตนสดโดยใช้ compression molding

ชั่งกลูเตนผงและกลีเซอรอล ในอัตราส่วนต่างๆ แล้วผสมกันให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นวัสดุคล้ายพลาสติกโดยใช้ compression molding ของบริษัท Qingdao Yadong Rubber Machinery รุ่น Gingdao No. 3 Rubber Machinery Factory ที่ความดัน 15 MPa อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำตรวจสอบลักษณะของชิ้นวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้และบันทึกผล

3.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นพลาสติก (ตามมาตรฐานสากล ASTM D 882: Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting)

3.4.1) การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

นำชิ้นตัวอย่างวัสดุคล้ายพลาสติกที่เตรียมได้จากข้อ 3.3 มาตัดให้มีขนาดความกว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 80 มิลลิเมตร วัดขนาดของชิ้นตัวอย่างโดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์วัดขนาดความกว้างและความยาว ที่ตำแหน่งต่างกัน 3 ตำแหน่ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ใช้ชิ้นตัวอย่างทดสอบอย่างละ 5 ชิ้น

3.4.2) การทดสอบการทนแรงดึง (Tensile strength N/m^2) ของพลาสติก

นำชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1 มายึดเข้ากับ Grip ของเครื่องทดสอบโดยใช้ Load cell ขนาด 500 นิวตัน ทดสอบโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ของบริษัท LLOYD Instrument รุ่น LR5K s/n D56703 ดึงชิ้นตัวอย่างด้วยอัตราเร็ว 60 มิลลิเมตร/นาที จนชิ้นตัวอย่างขาด โดยทำตัวอย่างละ 5 ชิ้น แล้วบันทึกผล

3.4.3) การทดสอบความสามารถในการยืด (% Elongatiion) ของพลาสติก

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.2 แล้วคำนวณหาค่า % Elongation at break ของการยืด ณ จุดขาด เทียบกับความยาวเริ่มต้น ดังนี้

$L = \{(L - L_0) X\ 100\} / L_0$

เมื่อ L คือ ความยาว ณ จุดขาด

L_0 คือ ความยาวเริ่มต้น

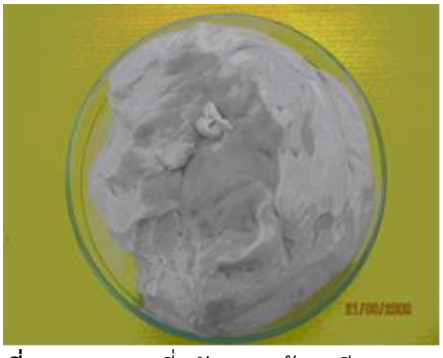
3.5 การทดสอบความสามารถในการถูกย่อยสลายของวัสดุคล้ายพลาสติกชีวภาพโดยการฝังดิน

ทำการทดลองในเรือนเพาะชำภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยทำการขึ้นรูปนำตัวอย่างกลูเตนต่อกลีเซอรอลที่ผ่านการทดสอบจากข้อ 3.3 ด้วย compression molding และ แม่พิมพ์สำหรับการทำจานรองแก้ว ก่อนนำไปฝังดินที่ใช้ในการปลูกพืช (ดินลำดวน) ที่บรรจุในกระถางขนาด 20 นิ้ว โดยฝังชิ้นตัวอย่างให้ลึกจากผิวดิน 1 ฟุต เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยการดูจากลักษณะภายนอกและบันทึกผล

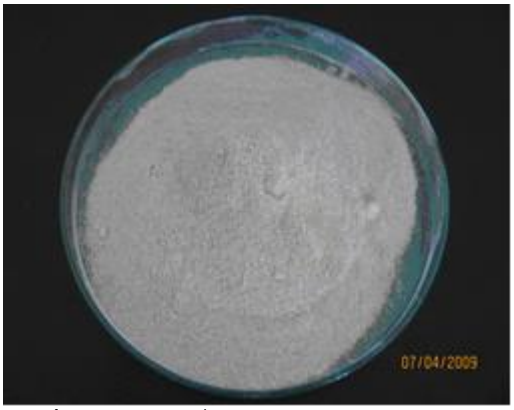
4 ผลการทดลอง

4.1 การสกัดและการหาปริมาณกลูเตนจากแป้งสาลี

สามารถสกัดกลูเตนจากแป้งสาลีเอนกประสงค์ ยี่ห้อผักกาดแดง บริษัท แหลมทอง ได้ปริมาณกลูเตนประมาณ 9.5-10.4% โดยกลูเตนสดที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน นุ่มและเหนียวสามารถจับยึดเป็นเส้นได้ นำมาอบแห้งและบดจนละเอียดจะได้กลูเตนผงมีสีน้ำตาลอ่อนดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 กลูเตนสดที่สกัดจากแป้งสาลีอเนกประสงค์



รูปที่ 2 กลูเตนผงที่ได้จากแป้งสาลีอเนกประสงค์

4.2 การผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกจากกลูเตนผงและกลูเตนสดโดยใช้แม่พิมพ์อลูมิเนียม

อัตราส่วนของกลูเตนและกลีเซอรอลเพื่อใช้ผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของกลูเตนและกลีเซอรอล

สูตร	อัตราส่วน (กรัม)	
	กลูเตน	กลีเซอรอล
1	95	5
2	90	10
3	85	15
4	80	20

จากการทดลองพบว่ากลูเตนผงและกลีเซอรอลสามารถผลิตชิ้นวัสดุคล้ายพลาสติกโดยแม่พิมพ์อลูมิเนียม โดยให้ชิ้นงานสีน้ำตาล (ดังแสดงในภาพที่ 3) ในขณะที่กลูเตนสดกลูเตนและกลีเซอรอลไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้เนื่องจากมีความเหนียว จับตัวกันเป็นก้อนจึงไม่สามารถให้ชิ้นงานที่มีรูปทรงที่แน่นอน และทำให้ผิวของชิ้นงานมีลักษณะเป็นคลื่น อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบชิ้นงานที่ผลิตจากกลูเตนผงและกลีเซอรอลแล้วพบว่าทุกชิ้นงานที่ได้นั้นมีการจับกันของกลูเตนเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ทั่วทั้งชิ้นพลาสติกแสดงว่ากลีเซอรอลและความร้อนที่ใช้

นั้นไม่สามารถประสานผงกลูเตนให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous)

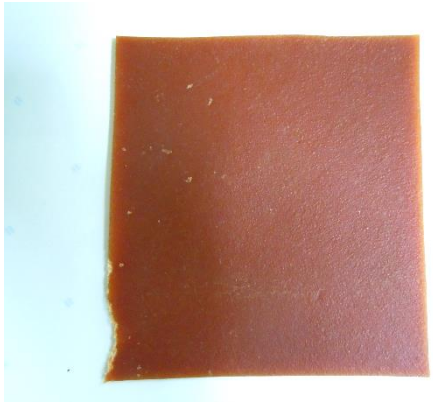


รูปที่ 3: ชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้จากกลูเตนผงและกลีเซอรอล (80:20)

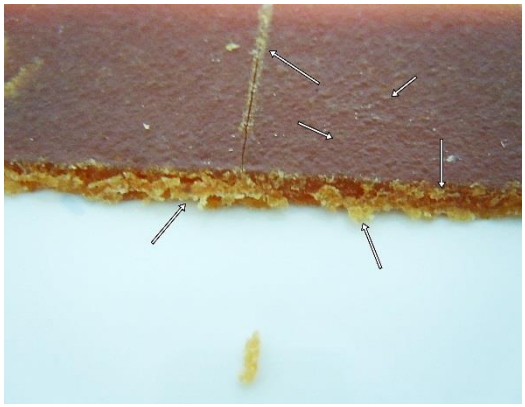
4.3 การผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกจากกลูเตนผงและกลูเตนสดโดยใช้ compression molding

นำส่วนผสมของกลูเตนและกลีเซอรอลในข้อ 4.2 ไปขึ้นรูปพลาสติกโดยใช้ compression molding ที่ความดัน 15 MPa อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 10 นาที พบว่าทั้งผงกลูเตนผงกับกลีเซอรอล และ กลูเตนสดกับกลีเซอรอลในทุกอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นวัสดุคล้ายพลาสติกได้ แต่เมื่อทำการตรวจสอบพบว่าแผ่นวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้นั้นมีความแตกต่างกันออกไปโดยที่แผ่นชิ้นงานที่ได้จากส่วนผสมของกลูเตนผงกับกลีเซอรอลได้นั้นมีสีน้ำตาลเข้ม ทึบผิวหน้าที่เรียบ และ มีความหนาสม่ำเสมอกัน (ดังแสดงในรูปที่ **4**)

เมื่อทดสอบด้วยการบิดและดึงพบว่าแผ่นชิ้นงานในทุกสูตรสามารถบิดตัว โค้งงอได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแผ่นชิ้นงานที่ได้นั้นสามารถฉีกขาดได้ง่าย และเมื่อตรวจสอบดูพบว่าผงกลูเตนยังไม่มีการประสานเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถเห็นการจับตัวเป็นก้อนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ในเนื้อของชิ้นงาน (ดังแสดงในรูปที่ **5**)

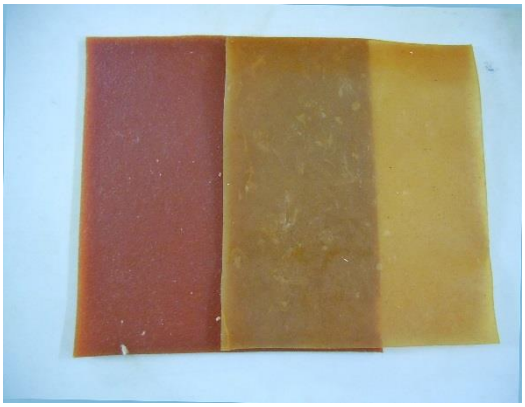


รูปที่ 4: ชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้จากกลูเตนผงและกลีเซอรอล (80:20) ที่ขึ้นรูปโดยใช้ compression molding



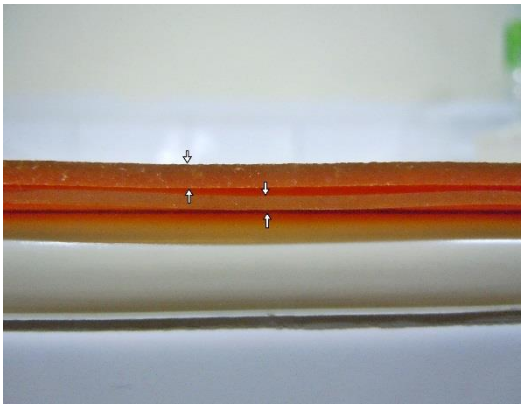
รูปที่ 5: การจับตัวของกลูเตนในเนื้อของชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้จากกลูเตนผงและกลีเซอรอล (80:20)

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรอล ความร้อน และ แรงกดจาก compression molding นั้นไม่สามารถละลายและประสานให้กลูเตนผงกลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ ขณะที่ส่วนผสมของกลูเตนสดและกลีเซอรอลทุกอัตราส่วนนั้นสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นวัสดุคล้ายพลาสติกได้เช่นเดียวกัน โดยแผ่นชิ้นงานที่ได้นั้นมีสีน้ำตาลอ่อน ใส ผิวหน้าเรียบ และ มีความหนาสม่ำเสมอกัน และบางกว่าแผ่นชิ้นงานที่ได้ทำจากกลูเตนผง (ดังแสดงในรูปที่ 6 และ รูปที่ 7)



รูปที่ 6: ชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้จากกลูเตนผง (แผ่นสีน้ำตาลเข้ม) และกลูเตนสด (แผ่นสีเหลือง) ที่ผสมกับกลีเซอรอลแล้วนำไปขึ้นรูปด้วย compression molding

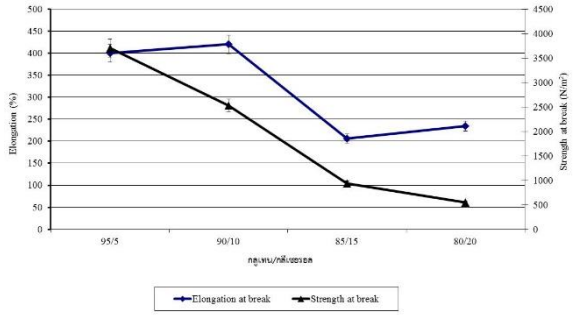
เมื่อทดสอบด้วยการบิดและดึง เมื่อพบว่าแผ่นชิ้นงานที่ได้จากกลูเตนสดในทุกสูตรมีคุณสมบัติคล้ายแผ่นพลาสติกคือสามารถบิดตัว โค้งงอ สามารถยืดตัวได้ดี และสามารถคืนตัวได้หลังการบิดหรือพับโดยไม่ฉีกขาดได้ง่าย เหมือนกับแผ่นชิ้นงานที่ได้จากผงกลูเตน และเมื่อตรวจสอบดูพบว่าไม่มีการจับตัวเป็นเม็ดขนาดเล็กเหมือนกับในชิ้นงานที่ผลิตจากกลูเตนผง



รูปที่ 7: เปรียบเทียบความหนาของแผ่นชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้จากกลูเตนผง (แผ่นด้านบน) และกลูเตนสด (แผ่นด้านล่าง) ที่ผสมกับกลีเซอรอลแล้วนำไปขึ้นรูปด้วย compression molding

4.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นวัสดุคล้ายพลาสติก (ตามมาตรฐานสากล ASTM D 882)

เนื่องจากวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้จากผงกลูเตนกับกลีเซอรอลนั้นถึงแม้จะขึ้นรูปเป็นแผ่นพลาสติกได้ แต่มีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมคือ มีการจับตัวเป็นก้อนขนาดเล็กของกลูเตนภายในเนื้อของชิ้นงาน และฉีกขาดได้ง่าย จึงไม่เหมาะกับการนำมาใช้ขึ้นรูปเป็นภาชนะหรือเครื่องใช้ต่างๆ เพราะอาจทำให้เกิดปัญหาระหว่างการใช้งาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้เฉพาะวัสดุคล้ายพลาสติกที่ทำจากกลูเตนสดกับกลีเซอรอล ในการทดลองขั้นต่อไปโดยโดยใช้วัสดุคล้ายพลาสติกที่มี กลูเตน: กลีเซอรอล ในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ 95:5, 90:10, 85:15 และ 80:20 % โดยน้ำหนัก ทำการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 140 °C เวลา 10 นาที แล้วจึงนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกตามมาตรฐานสากล ASTM D 882: ซึ่งผลการทดลองดังรูปที่ 8



รูปที่ 8: คุณสมบัติเชิงกลชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกของชิ้นวัสดุคล้ายพลาสติกในแต่ละสูตร

ผลการทดลองพบว่าคุณสมบัติเชิงกลในเทอมของความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อมีแรงกระทำ (Young modulus : E) ของวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตจากกลูเตนสดกับกลีเซอรอลนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของกลีเซอรอล โดยเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้พลาสติกชีวภาพสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรง

กระทำได้ดีขึ้น โดยชิ้นงานที่ผลิตจากอัตราส่วนของ กลูเตน : กลีเซอรอลที่ 95: 5 ให้ค่ามอดูลัสของการยืดหยุ่นสูงที่สุดเท่ากับ 9.25 ในขณะที่ชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตจาก กลูเตน:กลีเซอรอลอัตราส่วนที่ 80:20 ให้ค่ามอดูลัสของการยืดหยุ่นต่ำที่สุดเท่ากับ 2.35 ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่มีค่า Young modulus มากที่สุด (กลูเตน : กลีเซอรอลที่ 95: 5) มาทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานเพื่อทำการทดสอบในขั้นตอนถัดไป

4.5 การทดสอบความสามารถในการถูกย่อยสลายของวัสดุคล้ายพลาสติกชีวภาพโดยการฝังดิน

ทำการขึ้นรูปกลูเตนสด:กลีเซอรอลที่มีอัตราส่วน 95:5 เป็นชิ้นงานจานรองแก้ว (ดังแสดงในรูปที่ 9) แล้วนำไปฝังดินที่ใช้ในการลึก 1 ฟุต เป็นเวลา 15 วัน แล้วจึงนำมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9: ชิ้นงานที่ทำจากกลูเตนสด:กลีเซอรอลอัตราส่วน 95:5 ขึ้นรูปด้วย compression molding และ แม่พิมพ์สำหรับการทำจานรองแก้ว



รูปที่ 10: การเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานจานรองแก้ว หลังจากทำการฝังดินเป็นเวลา 15 วัน

ผลการทดสอบความสามารถในการถูกย่อยสลายเมื่อตรวจสอบชิ้นงานโดยการดูจากลักษณะภายนอก พบว่าชิ้นงานจานรองแก้วมีการเปลี่ยนสี พบการบวม การบิดงอ การเสียรูปทรง การแตกหักเป็นชิ้นและถูกย่อยสลายในธรรมชาติภายในเวลา 15 วัน

5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองใช้กลูเตนสดในการผลิตวัสดุคล้ายพลาสติกชีวภาพนี้เป็นการทดลองที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆที่ผลิตและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆของวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตจากกลูเตนผงผสมกับพลาสติไซเซอร์ และ ทำการขึ้นรูปด้วยความร้อน ดังเช่นตัวอย่างงานวิจัย Redl, *et.al*, (2000) Domenek, *et.al*, (2004) และ Song and Zheng (2008) เป็นต้น นอกจากนั้นยังแตกต่างจากงานวิจัยที่ทำการละลายกลูเตนผงในสารละลายกรด ด่าง หรือ แอลกอฮอล์ก่อนแล้วทำการขึ้นรูปดังงานวิจัยของ Cherian, *et.al* (1995) และ Sun, *et.al* (2008)

ทั้งนี้เนื่องมาจากผลที่ได้จากการทดลองนี้พบว่าวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตจากกลูเตนในสภาพแห้ง (ผงกลูเตน) และ กลีเซอรอล ที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์อะลูมิเนียมและขึ้นรูปด้วย compression molding นั้นมีคุณสมบัติทางเชิงกลที่ไม่ดี ซึ่งเป็นผลมาจากกลูเตนนั้นประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายในแอลกอฮอล์ และ สารละลายกรดหรือด่างอ่อน ดังนั้นกลีเซอรอล ความร้อน และ แรงอัดจาก compression molding ไม่สามารถละลายกลูเตนผงและผสานให้เป็นเนื้อเดียวกันได้ทำให้พบการจับตัวเป็นก้อนกระจายอยู่ในเนื้อของชิ้นงาน ส่งผลให้มีคุณสมบัติเชิงกลที่ไม่ดีโดยมีความยืดหยุ่นน้อย และ ฉีกขาดได้ง่าย

แต่เมื่อใช้กลูเตนสดในการผลิตพลาสติกชีวภาพเพื่อแก้ปัญหาการจับตัวกัน การไม่ละลาย และ การไม่ผสานตัวกันของผงกลูเตน จึงพบว่าชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตได้ในทุกสูตรนั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกัน มี

ความบาง มีความยืดหยุ่น และมีความสามารถในการคืนตัวที่ดีกว่าชิ้นงานที่ผลิตจากผงกลูเตนและกลีเซอรอล

เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นพลาสติกที่ผลิตจากกลูเตนสดและกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่างๆ ตามมาตรฐานสากล ASTM D 882 พบว่าคุณสมบัติเชิงกลในเทอมของความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อมีแรงกระทำหรือ Young modulus (E) ของวัสดุคล้ายพลาสติกที่ได้นั้นเพิ่มขึ้นตามปริมาณของกลีเซออรอล นั่นคือปริมาณของกลีเซอรอลส่งผลให้วัสดุคล้ายพลาสติกชีวภาพมีความยืดหยุ่น มีความสามารถในการคืนตัว และการเปลี่ยนรูปตามแรงกระทำได้ดีขึ้น โดยชิ้นงานที่ผลิตจากอัตราส่วนของ กลูเตน : กลีเซอรอลที่ 95: 5 ให้ค่ามอดูลัสของการยืดหยุ่น สูงที่สุดเท่ากับ 9.25 ในขณะที่ชิ้นงานวัสดุคล้ายพลาสติกที่ผลิตจาก กลูเตน:กลีเซอรอล อัตราส่วนที่ 80:20 ให้ค่ามอดูลัสของการยืดหยุ่นต่ำที่สุดเท่ากับ 2.35

เมื่อทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปเป็นเครื่องใช้ของโดยเครื่อง compression molding ร่วมกับแม่พิมพ์จานรองแก้วน้ำ พบว่าวัสดุคล้ายพลาสติกนั้นสามารถขึ้นรูปเป็นเครื่องใช้ได้และเมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการย่อยสลายโดยการฝังดินพบจานรองแก้วที่ทำจากวัสดุคล้ายพลาสติก บวม บิดงอ เสียรูปทรง แตกหัก และถูกย่อยสลายในธรรมชาติภายในเวลา 15 วัน

6 เอกสารอ้างอิง

[1] แก้วตา แก้วตาทิพย์ (2556) พลาสติกชีวภาพจากกลูเตนข้าวสาลี, วารสารวิทยาศาสตร์ มข., .41(2), เม.ย.-มิ.ย. 2556, หน้า 309-319

[2] รสิตา โอสถานนท (2550) ปฏิบัติการเทคโนโลยีของธัญชาติ กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีอหาร มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[3] ASTM D882. (1983) Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, Annual Book of ASTM Standard

[4] Cherian, G., Gennadios, A., Weller, C. and Chinachoti, P. (1995) Thermomechanical behavior of wheat gluten films: effect of sucrose, glycerin, and sorbitol, Cereal Chemistry 72(1): 1-6

[5] Domenek, S., Feuilloley, P. Gratraud, J., Morel, MH., Guilbert, S. (2014) Biodegradability of wheat gluten based bioplastics, Chemosphere, 54: 551–559

[6] Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R. and Law, KL. (2015) Plastic waste inputs from land into the ocean. Science; 347(6223): 768-771.

[7] Nafchi, A.M., Moradpour, M., Saeidi, M. and Alias, A.K.,(2014) Thermoplastic starches: Properties, challenges, and prospects, Starch/Starke 13, 65, 61–72

[8] Punyauppa-path, P. and Pattanapipitpaisal, P. (2017) Biodegradable plastics: A review, AEE-T Journal of Environmental Education, 8(18): 51-59

[9] Redl, A., Morel, M., Bonicel, J., Vergnes, B., Guilbert, S., (1999). Extrusion of wheat gluten plasticized by glycerol: influence of process conditions on flow behavior, rheological properties and molecular size distribution. Cereal Chemistry, 76: 361–370.

[10] Rhim, J.W., Wu., Y., Weller, C.L. and Schnepf, M. (1999) Physical characteristics of a composite film of soy protein isolate and

propyleneglycol alginate, Journal of Food science. 64(1) :149-152.

[11] Song, Y. and Zheng, Q. (2008) Improved tensile strength of glycerol-plasticized gluten bioplastic containing hydrophobic liquids. Bioresource Technology, 99(16):7665-71.

[12] Sun, S., Song, Y., and Zhenga, Q., (2008). Thermo-molded wheat gluten plastics plasticized with glycerol: Effect of molding temperature, Food Hydrocolloids, 22, 6:1006-1013.

[13] Tanetrungroj, Y and Prachayawarakor, J. (2015) Effect of starch types on properties of biodegradable polymer based on thermoplastic starch process by injection molding technique. Songklanakarin, Journal of Science Education and Technology; 37 (2): 193-199

ระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

PNRU Navigation System Using AR Technology on Android

กีรดิษ สายพัทลุง[1,*], ธงชัย ทองอยู่[1] และ รุ่งเรือง มุศิริ[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10220

[2]สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10220

*ผู้ติดต่อ: E-mail: keeradit@pnru.ac.th, 02-544-8456

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้แสดงถึงระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถตอบสนองการค้นหาสถานที่ หน่วยงาน คณะ สาขาวิชา ของมหาวิทยาลัยได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ โดยอาศัยหลักการของการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS) ประกอบกับเทคโนโลยีภาพเสมือน AR ในการแสดงผลเส้นทางจำลอง พร้อมทั้งสามารถคำนวณแคลอรี่ที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดหมายปลายทางที่ต้องการ ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับนักศึกษาใหม่ บุคลากรใหม่ และผู้มาติดต่อราชการกับทางมหาวิทยาลัยได้อย่างดี โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบนำทาง มีความพอใจเฉลี่ยที่ 4.19 จากผู้ใช้งาน 300 คน

คำหลัก: ระบบนำทาง, เทคโนโลยี AR, ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Abstract

This article shows the navigation system in Phranakhon Rajabhat University with Augmented Reality technology on the android operating system. It was a system that can accurately track the location, department, and major of the university was accurately. Guided by the principle of positioning satellite (GPS) technology, combined with Augmented Reality technology to the simulation route display and system can calculate the calories that use to move from the beginning go to the desired destination. This is convenient for new students, new staff and those who come to the university. The results of the user satisfaction evaluation on the navigation system. The average score was 4.19 from 300 users.

Keywords: Navigation, AR Technology, Android

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน จะเห็นได้จากปริมาณผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีมากถึง 83 ล้านเลขหมาย จาก 3 เครือข่ายหลักของประเทศ ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบสมาร์ทโฟนที่ 79.3% [1] ซึ่งสมาร์ทโฟนจะมีระบบปฏิบัติการที่

หลากหลาย การใช้งานก็จะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน ทั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบปฏิบัติการ IOS ระบบปฏิบัติการ Windows ซึ่งทำให้สมาร์ทโฟนได้เข้ามาบทบาทในการใช้ชีวิตประจำวันอย่างมาก โดยเฉพาะในวัยรุ่น และกลุ่มวัยทำงาน เมื่อพิจารณากลุ่มวัยรุ่นซึ่งเป็นกลุ่มหลักที่ใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟน ซึ่งเวลาส่วนใหญ่ของวัยนี้คือ ภายในรั้วสถานศึกษา ดังนั้นสถานศึกษาจึงถือได้ว่าเป็นสถานที่สำคัญ และจำเป็นมากสำหรับคนกลุ่มนี้ นอกเหนือจากนั้นสถานศึกษายังเป็นศูนย์กลางการติดต่ออีกหลายอย่าง ดังนั้นสถานศึกษาจึงเป็นที่ ที่ผู้คนหลากหลายกลุ่ม เข้ามาใช้บริการภายในรั้วสถานศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เป็นมหาวิทยาลัยอันดับต้น ๆ ของมหาวิทยาลัยในกลุ่มราชภัฏ โดยที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครมีเนื้อที่ และจำนวนอาคารสถานที่ ค่อนข้างมาก บวกกับปริมาณคณาจารย์ พนักงาน ลูกจ้าง นักศึกษา และผู้มาติดต่อจำนวนมาก จึงทำให้การเดินทาง การค้นหาอาคาร สถานที่ติดต่อ ห้องเรียน จึงเป็นเรื่องยาก สำหรับผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับเส้นทางและสถานที่ภายในมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักศึกษาใหม่ พนักงานใหม่ หรือผู้ติดต่อจากภายนอก จากการสำรวจนักศึกษานักศึกษาใหม่ส่วนใหญ่มีปัญหาอย่างมากในการหาสถานที่ต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัย ทั้งห้องเรียน ห้องประชุม และสถานที่อื่น ๆ ซึ่งต้องอาศัยการถามทาง เนื่องจากป้ายบอกตำแหน่งต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย เสียหาย ไม่สามารถมองเห็นตำแหน่งได้ชัดเจน ดังรูปที่ 1

ระบบการนำทางบนสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ซึ่งได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำทางบนถนน ที่สามารถตรวจสอบเส้นทาง การจราจร ส่วนใหญ่ดำเนินการบน Google Map แต่การพัฒนาระบบนำทางดังกล่าวนั้นมีข้อจำกัดคือการนำทางภายในองค์กร อีกทั้งยังไม่สามารถแสดงรายละเอียดของสถานที่ อาคารได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR (Augmented Reality) โดยนำเสนอการนำทางแบบออกเป็น 2 โหมด คือการนำทางในรูปแบบของ AR ซึ่งเป็นโหมดการนำทางหลักและการนำทางในรูปแบบของ Google Map ในการนำทางแบบ AR ผู้มาติดต่อส่องกล้องไปตามสถานที่ต่าง ๆ เมื่อพบสถานที่ที่ต้องการ กดเลือกสถานที่นั้นและเดินไปตามเส้นทางที่ระบบสร้างขึ้น และมีการแจ้งเตือนเมื่อเดินออกนอกเส้นทาง ในส่วนการนำทางรูปแบบของ Google Map ผู้มาติดต่อเลือกสถานที่ที่ต้องการจากรายการในระบบ ระบบจะทำการวาดเส้นทางจากจุดปัจจุบันของผู้มาติดต่อไปยังจุดปลายทาง และแสดงรายละเอียดของสถานที่นั้น ๆ นอกเหนือจากการนำทาง ผู้วิจัยจะเพิ่มการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงสถานที่ที่ต้องการ อีกทั้งยังแสดงค่าอุณหภูมิ จากที่กล่าวมาในข้างต้นระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR จะช่วยลดปัญหาการหาสถานที่ ลดเวลาการเดินทาง อันเป็นการความสะดวกสบายให้นักศึกษา บุคลากรของมหาวิทยาลัย และผู้มาติดต่อราชการ



รูปที่ 1 แผนผังบริเวณสถาบันราชภัฏพระนคร



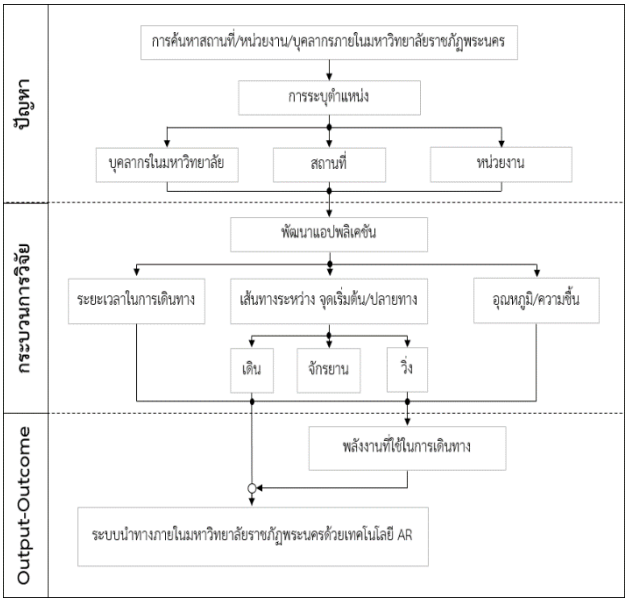
รูปที่ 2 ภาพจำลองการใช้งานเทคโนโลยี AR

2. ความเป็นจริงเสริมหรือความเป็นจริงแต่งเติม (Augmented Reality)

ความเป็นจริงเสริมหรือความเป็นจริงแต่งเติม (Augmented Reality) หรือ เรียกย่อว่า AR [2-5] เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานระหว่างความเป็นจริง และโลกเสมือนที่สร้างขึ้นมาผสานเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นการสร้างข้อมูลอีกข้อมูลหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบบนโลกเสมือน (virtual world) เช่น ภาพกราฟิก วิดีโอ รูปทรงสามมิติ และข้อความ ตัวอักษร ให้ผนวกซ้อนทับกับภาพในโลกจริงที่ปรากฏบนกล้อง เทคโนโลยี AR แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบที่ใช้ภาพสัญลักษณ์และแบบที่ใช้ระบบพิกัดในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างข้อมูลบนโลกเสมือนจริง ซึ่งในทางเทคนิคแล้วภาพสัญลักษณ์ที่ใช้ จะนิยมเรียกว่า “Marker” หรืออาจจะเรียกว่า AR Code ก็ได้ โดยใช้กล้องเว็บแคมในการรับภาพ เมื่อซอฟต์แวร์ที่เราใช้งานอยู่ประมวลผลรูปภาพเจอสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ก็จะแสดงข้อมูลภาพสามมิติที่ถูกระบุไว้ในโปรแกรมให้เห็น เราสามารถที่จะหมุนดูภาพที่ปรากฏได้ทุกทิศทางหรือเรียกว่าหมุนได้ 360 องศา ดังรูปที่ 2

3. การออกแบบระบบ

จากปัญหาการติดต่อ สื่อสารภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ในเรื่องการค้นหา ระบุตำแหน่ง การเดินทางภายในมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะการค้นหาสถานที่ต่าง ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแอพพลิเคชันสำหรับการค้นหา นำทางด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) และมีการเพิ่มความสามารถของแอพพลิเคชันด้านสุขภาพ เข้าไปอีกด้วย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กรอบแนวคิดการพัฒนาแอพพลิเคชัน

3.1 การเก็บตำแหน่งสถานที่ในมหาวิทยาลัย

การเก็บตำแหน่งอาคาร สถานที่ คณะ สาขาวิชา ตำแหน่ง GPS ซึ่งมหาวิทยาลัยมีหน่วยงาน สถานที่มากกว่า 100 จุด ซึ่งการดำเนินการเก็บตำแหน่งต้องใช้ความละเอียดในการเก็บ เนื่องจากตำแหน่งต่าง ๆ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการระบุ เส้นทาง การค้นหา ที่ถูกต้อง ซึ่งตัวอย่างการเก็บตำแหน่งภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการเก็บตำแหน่งภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ลำดับ	คณะ	อาคาร	ชั้น	ตำแหน่ง GPS	
				lat	long
1	วิทยาลัยการฝึกหัดครู	24	1	13.876863	100.591973
2	คณะวิทยาการจัดการ	15	15	13.876047	100.590223
3	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	27	2	13.878756	100.589182
4	คณะมนุษยศาสร์และสังคมศาสตร์	23	1	13.87858	100.589928
5	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	21	1	13.875138	100.590379
6	วิทยาลัยนานาชาติ	20	2	13.876326	100.589311

3.2 การออกแบบแอพพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การออกแบบแอพพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อสร้างระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR ซึ่งจะเป็นการนำทางโดยอาศัยเทคโนโลยี AR แต่เพื่อความสะดวกและความคุ้นเคยของการใช้งาน ผู้พัฒนาจึงได้สร้างทางเลือกบน google map ที่ทุกคนคุ้นเคยควบคุมไปด้วย อีกทั้งมีการเพิ่มความสามารถของแอพพลิเคชันด้วยการประมวลผลด้านสุขภาพ คือการคำนวณแคลอรี่ที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ไปยังปลายทางที่ต้องการ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าแรกของแอพพลิเคชัน

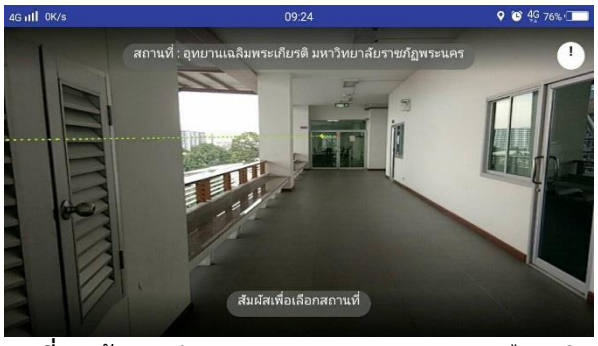
จากหน้าแรกของแอพพลิเคชัน เมื่อเลือกเข้าสู่ PNRU AR MAP แอพพลิเคชันจะเริ่มการทำงานโดยจะเข้าสู่หน้าต่างค้นหาอาคาร สถานที่ คณะ สาขาวิชา ที่ต้องการ โดยสามารถพิมพ์สถานที่ที่ต้องการ แล้วกดค้นหาได้ทันที หรือเลื่อนเลือกสถานที่ที่ต้องการได้เช่นเดียวกัน ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าต่างค้นหาสถานที่ PNRU AR MAP

4. ผลการทดสอบการใช้งานของระบบ

จากการออกแบบในข้างต้น เมื่อเริ่มใช้งานโดยการเข้าสู่หน้าต่าง PNRU AR MAP แล้วทำงานค้นหาสถานที่ที่ต้องการ แอพพลิเคชันจะสร้างเส้นทางจำลอง เพื่อเป็นเส้นทางให้ผู้ค้นหาเคลื่อนที่ไปตามทางดังกล่าว เป็นแบบภาพเสมือนจริง โดยแสงเป็นเส้นทางจำลองเส้นประสีเหลืองเพื่อไปยังสถานที่ที่ต้องการ ดังรูปที่ 6 เมื่อเดินทางมาถึงจุดหมาย แอพพลิเคชันก็จะแสดงชื่อสถานที่ดังกล่าว ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 เส้นทางจำลองของการแสดงภาพแบบเสมือนจริง



รูปที่ 7 การแสดงสถานที่ด้วยเทคโนโลยี AR

อีกทั้งเมื่อเดินทางไปถึงจุดหมายแล้วนั้น ผู้ใช้งานแอพพลิเคชัน สามารถกดเลือก PNRU KCAL เพื่อตรวจสอบการเผาผลาญแคลอรี่ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ได้อีกด้วย ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 หน้าต่างการคำนวณการเผาผลาญแคลอรี่

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิเคชัน PNRU AR MAP โดยการทดสอบจากกลุ่มนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จำนวน 300 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาที่ยังไม่รู้เส้นทาง สถานที่หน่วยงาน ของมหาวิทยาลัยเลย ซึ่งผลการทดลองใช้ และผลประเมินในส่วนการออกแบบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจ

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน
1	การใช้งานง่าย	4.09
2	การแสดงผลชัดเจน ไม่สับสน	4.11
3	เดินทางไปยังที่หมายได้เร็วขึ้น	4.34
4	แสดงตำแหน่งที่ต้องการได้ถูกต้อง	4.10
5	แสดงเส้นทางได้ถูกต้อง	3.98
6	คำนวณแคลอรี่ได้อย่างถูกต้อง	4.32
7	ภาพรวมการทำงานของแอพพลิเคชัน	4.41
เฉลี่ย		**4.19**

5. สรุป

บทความนี้ได้แสดงถึงระบบนำทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครด้วยเทคโนโลยี AR บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถตอบสนองการค้นหาสถานที่ หน่วยงาน คณะ สาขาวิชา และสร้างเส้นนำทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับนักศึกษาใหม่ บุคลากรใหม่ และผู้มาติดต่อราชการกับทางมหาวิทยาลัยได้อย่างดี โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบนำทาง มีความพอใจเฉลี่ยที่ 4.19 จากผู้ใช้งาน 300 คน ซึ่งหัวข้อที่มีความพึงพอใจมากที่สุดคือหัวข้อเดินทางไปยังที่หมายได้เร็วขึ้น ความพึงพอใจอยู่ที่ 4.34 จะเห็นได้ว่าระบบนำทางสามารถอำนวยความสะดวกในการเดินทางในมหาวิทยาลัยได้รวดเร็วยิ่งขึ้น อีกทั้งเทคโนโลยี AR ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างสื่อการเรียนการสอนที่ให้นักเรียน นักศึกษาได้เห็นภาพเสมือนจริงของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ต้องได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากกองทุนวิจัยครั้งที่ 7/250 สถานบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และนักศึกษา พนังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2558). สำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2558. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

[2] ทัศนุพันธุ์ บุษราคำ. (2556). ระบบนำทาง ในมหาวิทยาลัยขอนแก่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[3] สุพรรณพงศ์ วงษ์ศรีเพ็ง และคณะ. (2555). การประยุกต์ใช้เทคนิคความจริงเสริมเพื่อใช้ในการสอนเรื่องพยัญชนะภาษาไทย. The Eleventh National Conference on Computing and Information Technology 2012.

[4] ประหยัด จิระวรพงศ์. (2553). เทคโนโลยีผสานความจริงเสมือน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2553.

[5] ภัทราวรรณ นามกอง. (2554). การจำลองตัวแบบภาพเสมือนสำหรับการจำลองเห็ดรา. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

การพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันเกมตอบคำถามออนไลน์เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน

DEVELOPMENT OF WEB APPLICATION FOR ONLINE QUIZ GAME TO INSTRUCTION MEDIA

กอบชัย แตกช่อ, อาทิตย์ พั่วทอง และ พิสิฐ พรพงศ์เตชวาณิช*

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์วิทยาเขตวังไกลกังวล ถนนเพชรเกษม ตำบลหนองแก อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77110

kwangz.za@gmail.com,0855601213, [2]apartwin66@gmail.com,0865589585, [3,*]Phisit.kha@rmutr.ac.th,0822401560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมตอบคำถามออนไลน์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตน์โกสินทร์ ซึ่งจะใช้ในการเรียนการสอนอีกทางหนึ่งที่จะได้วัดความรู้และความเข้าใจของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนวิชานั่น ๆ โดยพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเข้าใช้งานได้ทุกเครื่องทุกที่ที่ทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โน้ตบุ๊กและโทรศัพท์มือถือ เพื่อเอื้อต่อความสะดวกของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอน โดยใช้ภาษา HTML JavaScrip CSS และโปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6 ในการพัฒนาเป็นหลักรวมไปถึงโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL และ phpMyAdmin ในการพัฒนาระบบ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลของอาจารย์และนักศึกษา สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตน์โกสินทร์

ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบประเมินโดย อาจารย์จำนวน 5 ท่าน ผู้ดูแลระบบ จำนวน 1 ท่าน มีคะแนนเฉลี่ยของระบบโดยรวม 4.64 ซึ่งจัดอยู่ใจระดับความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของระบบมากที่สุด ซึ่งด้านที่มีคะแนนประเมินมากที่สุดได้แก่ ด้านความสามารถของระบบ ด้านความถูกต้องของระบบ ตามลำดับ ในส่วนของผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบมีคะแนนเฉลี่ยของระบบโดยรวม 4.56 ซึ่งจัดอยู่ใจระดับความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของระบบมากที่สุดซึ่งด้านที่มีคะแนนประเมินมากที่สุดได้แก่ ด้านความสามารถของระบบ ด้านความถูกต้องของระบบ ตามลำดับ

คำหลัก: สื่อการเรียนการสอน, เว็บแอปพลิเคชันเกม, ออนไลน์

Abstract

The purposes of this research were to develop the web application for online quiz game. Information technology Rajamangala University of Technology Rattanakosin. As a learning and teaching tool to measure the knowledge test before and after. Researcher developed web application that can be used to all device connected to the Internet, as well as Desktop Computers, Laptop, Mobile Phones. It's facilitate facilitate for students and instructors. Using HTML JavaScrip CSS language and Adobe Dreamweaver CS6 in the development process, including the database manager MySQL and phpMyAdmin in the development of the system. To enhance the efficiency of information

management of teachers and students. Information Technology Rajamangala University of Technology Rattanakosin.

The evaluation of 5 teachers satisfaction on the efficiency of the evaluation system, 1 administrator has an overall average of 4.64, which is the highest level of satisfaction, the most evaluated were: System Capabilities and an accuracy of the system. In this satisfaction of user has an overall average of 4.56 which is the highest level of satisfaction for performance. The most evaluated were: System Capabilities, the accuracy of the system, respectively.

Keywords: Instruction media, Web application online

1.บทนำ

ความรู้นั้นไม่จำเป็นจะต้องหาได้แค่ในตำราหรือหนังสือเรียนเท่านั้น การที่ต้องมานั่งจำหนังสือหรืออ่านหนังสือเพียงอย่างเดียวเป็นเรื่องที่น่าเบื่อสำหรับเยาวชนในสมัยใหม่ แต่เยาวชนสมัยนี้ชอบสื่อ Social media และเกม เป็นต้น ซึ่งเด็กสมัยนี้ติดสื่อต่าง ๆ เหล่านี้เป็นชีวิตจิตใจการที่จะนำความรู้ไปใส่ไว้ในสื่อ Social media และเกมนั้นถือเป็นการช่วยให้เด็กไทยได้ซึมซับความรู้ที่ใส่ไว้ในเกมนั้นไปไม่รู้ตัวทำให้ได้รับทั้งความสนุกสนานจากการเล่นเกม และยังได้รับความรู้ที่ใส่ไว้ในเกมอีกด้วยทำให้เกิดประโยชน์แก่เยาวชนไทย ปัจจุบันมนุษย์ทุกคนล้วนแล้วแต่ใช้งานคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งดูได้จากสถิติเมื่อปี 2560 ที่ผ่านมาพบว่ามีผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต 57 ล้านคน จากประชากรในประเทศไทยทั้งหมด 69.11 ล้านคนและมีผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือสูงถึง 93.61 ล้านเลขหมาย มากกว่าจำนวนประชากรทั้งประเทศ [1] ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นสาขาวิชาที่ต้องใช้งานอินเทอร์เน็ตเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่ตั้งใจเรียน สมาธิหลุดได้ง่าย ในเวลาเรียนเพราะมั่วแต่เล่นคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน ส่งผลให้เรียนไม่รู้เรื่องในเนื้อหาบทเรียนในรายวิชาต่าง ๆ ในสาขาวิชาฯทำให้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบเว็บเกมตอบคำถามออนไลน์ เพื่อให้นักศึกษา สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ พัฒนาขึ้นให้อยู่ในรูปแบบเกมตอบคำถามเพื่อให้นักศึกษาในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศได้รับความรู้จากการเล่นเกมนี้ทำให้มีการแข่งขันของนักศึกษาว่าใครตอบคำถามในแต่ละวิชาได้มากกว่ากันทำให้เป็นเรื่องที่ดีต่อนักศึกษา ทั้งความรู้และความสนุกสนานจากการแข่งขั้นกับเพื่อน ๆ ที่เล่นเกมตอบคำถามนี้ด้วยกัน และยังช่วยกระตุ้นให้นักศึกษาตั้งใจเรียนมากยิ่งขึ้น หวังว่าเกมตอบคำถามนี้จะมีประโยชน์ต่อนักศึกษาในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Web Application เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่สามารถเข้าถึงด้วยเว็บบราวเซอร์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต อีกทั้งเว็บแอปพลิเคชันเป็นที่นิยมเนื่องจากความสามารถในการอัปเดท และดูแล โดยไม่ต้องแจกจ่าย และติดตั้งซอฟต์แวร์บนเครื่องผู้ใช้ ตัวอย่างเว็บแอปพลิเคชันได้แก่ เว็บเมล การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ การประมูลออนไลน์ กระดานสนทนา บล็อก วิกิ เป็นต้น ซึ่งการทำงานของ Web Application นั้นโปรแกรมส่วนหนึ่งจะวางตัวอยู่บน Rendering Engine ซึ่งตัว Rendering Engine จะทำหน้าที่หลัก ๆ คือนำเอาชุดคำสั่งหรือรูปแบบโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล นำมาแสดงผลบนพื้นที่ส่วนหนึ่งในจอภาพ โปรแกรมส่วนที่วางตัวอยู่บน Rendering Engine จะทำหน้าที่หลัก ๆ คือการเปลี่ยนแปลงแก้ไขสิ่งที่แสดงผล จัดการตรวจสอบข้อมูลที่รับเข้ามาเบื้องต้น และการประมวลบางส่วนแต่ส่วนการทำงานหลัก ๆ จะ

วางตัวอยู่บนเซอร์เวอร์ในลักษณะ Web Application [2]

ระบบฐานข้อมูล (Database System) หมายถึง การรวมตัวกันของฐานข้อมูลตั้งแต่ 2 ฐานข้อมูลเป็นต้นไป ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และทำให้การบำรุงรักษาตัวโปรแกรมง่ายมากขึ้น โดยผ่านระบบการจัดการฐานข้อมูล หรือ เรียกย่อ ๆ ว่า DBMS (Database Management System) ซึ่งทำหน้าช่วยให้ผู้ใช้ เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวก และมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจจะเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล หรือการคิวรีข้อมูลในฐานข้อมูล ที่รองรับระบบฐานข้อมูลที่มีสถาปัตยกรรมเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) ซึ่งจะมีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง 2 มิติ ประกอบด้วยแถว (Rows) และคอลัมน์ (Column) โดยแต่ละตารางจะมีความสัมพันธ์กันผ่านคีย์ หลัก (Primary Key) และคีย์นอก (Foreign Key) สาเหตุที่ใช้สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เนื่องจากมีการบริหารจัดการข้อมูลที่ง่าย และมีซอฟต์แวร์ในการจัดการฐานข้อมูลรองรับเป็นจำนวนมาก โดยผู้ศึกษาได้เลือกใช้ phpMyAdmin ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล เชิงสัมพันธ์ใช้ในการบริหารและความคุม MySQL ผ่านทาง Web Browser (GUI) [3]

Dreamweaver คือการสร้างเว็บเพจเสมือนจริงของค่าย Adobe ซึ่งช่วยให้ผู้ที่ต้องการสร้างเว็บเพจได้ต้องเขียนภาษา HTML หรือโค้ดโปรแกรมหรือศัพท์เทคนิคเรียกว่า “WYSIWYG” โปรแกรม Dreamweaver มีฟังก์ชันที่ทำให้ผู้ใช้สามารถจัดวางข้อความ รูปภาพ ตาราง ฟอร์ม วีดีโอ รวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในเว็บเพจได้อย่างสวยงามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยไม่ต้องใช้ภาษาสคริปต์ที่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนก่อน Dreamweaver มีทั้งในระบบปฏิบัติการแมคอินทอช และไมโครซอฟท์วินโดวส์ Dreamweaver ยังสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบยูนิกส์ ผ่านโปรแกรมจำลองอย่าง WINE ได้เวอร์ชันล่าสุดของโปรแกรมตัวนี้คือ Adobe Dreamweaver CS6 [4]

AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) คือเทคนิคการพัฒนาเว็บ ที่จะสร้างโปรแกรมบนเว็บ (web application) ที่ตอบสนองกับผู้ใช้ได้อย่างเต็มที่ ความตั้งใจก็คือ ทำให้หน้าเว็บนั้นตอบสนองได้เฉพาะจุด และแลกเปลี่ยนข้อมูลกับฐานข้อมูล (Server) ในเบื้องหลังเท่านั้น ดังนั้น ทุกๆครั้งที่มีการกระทำ (Action) ใด ๆ ของผู้ใช้หน้าเว็บนั้น ๆ ไม่จำเป็นจะต้องโหลดหน้าใหม่ทั้งหน้าทุก ๆ ครั้ง ซึ่งหมายความว่าเว็บจะตอบสนองมากขึ้น ทำงานได้เร็วขึ้น กว้างขวางมากขึ้น และเข้าใกล้โปรแกรมปกติ (ที่ต้อง install ก่อนใช้) มากขึ้นด้วยเทคนิค

AJAX เป็นการผสมผสานกันของ

- XHTML (หรือ HTML), CSS สำหรับตกแต่ง และจัดระเบียบข้อมูลในส่วนแสดงผล
- DOM และ JavaScript หรือ Jscript ซึ่งเป็น client-side scripting language เอาไว้แสดงผลแบบไดนามิก และจัดการตอบสนองกับการแสดงผล
- XMLHttpRequest เป็น object ที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลกับ webserver แบบไม่ต่อเนื่องกัน (Asynchronous) ในบางสถานการณ์ object ประเภท IFrame จะถูกใช้แทนการใช้ XMLHttpRequest
- XML ที่จะใช้เป็นสื่อกลางในการรับข้อมูลมาจาก Server (จริง ๆ แล้วจะใช้แบบไหนก็ได้ เช่น HTML,Text, JSON หรือแม้กระทั่ง EBML) [5]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปภา ภิรมย์นาค [6] ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชา LSC303/LSM211 การจัดการขนส่ง สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ และโซ่อุปทานของคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยศรีปทุมพบว่านักศึกษามี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อย เนื่องจากในรายวิชาดังกล่าวจะมีทั้งทฤษฎีการคำนวณค่าระวางค่าขนส่งทั้งทางเรือและทางอากาศอีกทั้งยังมีเอกสารต่าง ๆ ที่เป็นภาษาอังกฤษเป็นจำนวนมากทำให้นักศึกษาไม่สามารถจดจำรายละเอียดได้ทั้งหมด และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนในฐานะผู้วิจัยเป็นอาจารย์ผู้สอนในรายวิชานี้ จึงมีความสนใจที่จะศึกษาในเรื่องการใช้สื่อการสอนเชิงมัลติมีเดียเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารายวิชาความพึงพอใจในการใช้สื่อการสอนเชิงมัลติมีเดีย เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารายวิชา LSC303/LSM211 การจัดการขนส่งในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยในระดับมาก ($\bar{x}$ =4.28) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านที่มากที่สุดคือ ด้านการเรียนการสอนโดยรวมนักศึกษามีความพึงพอใจในการเรียนการสอนกิจกรรมกระบวนการเรียนรู้ในรายวิชานี้ ($\bar{x}$=4.65) ซึ่งถือว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากนักศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสนใจในกิจกรรม มากกว่าการเรียนการสอนในรูปแบบเดิม

จันทวรรณ พรทิพย์จริยา และคณะ [7] เว็บไซต์สื่อการเรียนการสอนออนไลน์วิชาโปรแกรมเว็บเบื้องต้น PHPเพื่อเป็นสื่อการสอนให้แก่ บุคคล หรือ User ที่เข้ามาใช้งานในเว็บไซต์ได้ความรู้เกี่ยวกับวิชาโปรแกรมเว็บเบื้องต้น PHP ของระดับ ชั้น ปวช.3 มีเนื้อหาที่ครบตามบทเรียนและฝึกการเขียนเว็บ และพัฒนาเว็บไซต์ของคณะผู้จัดทำอีกด้วย จุดมุ่งหมาย คือ การนำเว็บไซต์ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นขอบเขตการศึกษา และมีการออกแบบ Logo และ Banner ขึ้นมา ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำ โครงการนี้คือได้จัดทำเว็บไซต์ ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับวิชาโปรแกรมเว็บเบื้องต้น PHP ชั้น ปวช. 3 เพื่อให้ง่ายแก่การศึกษาและได้มีประสบการณ์ในการพัฒนาเว็บไซต์มี ทักษะและรวมถึงการออกแบบของเว็บไซต์

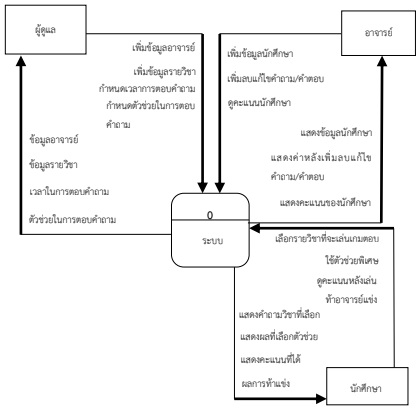
สาธิต คงคา [8] การศึกษาการกระบวนการพัฒนาระบบ e-Learning แบบ Interactive สำหรับวิชาคณิตศาสตร์ของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษากระบวนการและหา แนวทางการพัฒนาระบบ e-Learning แบบ Interactive ในระบบต้นแบบ เพื่อวางรากฐานในการพัฒนาระบบ e-Learning ในเนื้อหาสวนอื่นเพิ่มเติมหรือต่อยอด ให้มีประสิทธิภาพและ ประสิทธิผลที่ดีขึ้น โดยจะสามารถทำให้ผู้พัฒนาหรือผู้ที่กำลังจะพัฒนาระบบได้ใช้ต้นแบบหรือใช้เป็นแนวทางอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาหรือการปรับปรุงกระบวนการพัฒนาระบบ e-Learning ให้ดีขึ้นต่อไป ทั้งนี้เมื่อทราบกระบวนการพัฒนาและมีแนวทางที่ชัดแลวจะสามารถ ทำให้ลดระยะเวลาและทรัพยากรในการพัฒนาระบบได้อย่างมากทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียน การสอนของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มี ประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งยังทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนได้ง่ายขึ้น มีความสนุกสนานในการเรียนและสามารถศึกษาได้ด้วยตัวเอง สำหรับผู้สอนก็จะสามารถพัฒนา หรือปรับปรุงวิธีการเรียนการสอนได้ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยแบ่งภาระ ทำให้ผู้สอนมีเวลาศึกษาค้นคว้า วิจัย หาความรู้ใหม่ ๆ มานำเสนอได้มากขึ้น

วีระ ไทยพานิช [9] การเรียนการสอนบนเว็บ (web-based instruction) เป็นการบูรณาการกันระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบันกับ กระบวนการออกแบบการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และการแก้ปัญหาเรื่องข้อจำกัดทางด้าน สถานที่และเวลา โดยการสอนบนเว็บจะประยุกต์ใช้คุณสมบัติและทรัพยากรของเวิลด์ไวด์เว็บ ในการจัดการ สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งการเรียนการสอนที่จัดขึ้นผ่านเว็บนี้อาจเป็นบางส่วนหรือ ทั้งหมดของกระบวนการสอน การเรียนการสอนบนเว็บเป็นการ

เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนทุกสถานที่ ทุกเวลา เป็นการส่งเสริมให้เกิด ความเสมอภาคกันทางการศึกษาและส่งเสริมแนวคิดในเรื่องของการเรียนรู้ตลอดชีวิต เป็นการเรียนรู้ที่กระตือรือร้นและ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู ผลของการวิจัยการเรียนการสอนบนเว็บปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนสูงกว่าหรือไม่แตกต่างกับการสอนแบบปกติผู้เรียนมีความพึงพอใจและทัศนคติที่ดีต่อการเรียนการสอนบนเว็บ ซึ่งจะเป็นนวัตกรรมการเรียน การสอนในอนาคตต่อไป

3.วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

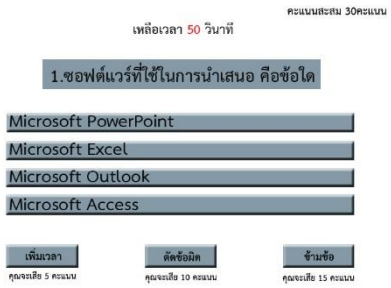


รูปที่ 1 คอนเท็กไดอะแกรมของระบบ

จากรูปที่ 1 แสดงการทำงานของคอนเท็กไดอะแกรมของระบบแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- ผู้ดูและระบบ หน้าที่หลัก ๆ คือเพิ่มลบแก้ไขข้อมูลของอาจารย์ผู้สอนในแต่ละรายวิชาและเพิ่มลบแก้ไขข้อมูลตัวช่วยพิเศษ
- อาจารย์ หน้าที่หลัก ๆ คือที่เพิ่มลบแก้ไขข้อมูลของนักศึกษาที่เรียนในรายวิชาของวิชานั้น ๆ และเพิ่มลบแก้ไขข้อมูลคำถามคำตอบของรายวิชาต่างๆ
- นักศึกษา-หน้าหลัก ๆ เล่นเกมตอบคำถามตามรายวิชาที่ได้ลงเรียนไว้และสามารถท้าแข่งตอบคำถามกับอาจารย์ผู้สอนได้ถ้าแข่งชนะจะได้รับคะแนนเพิ่มเป็นสองเท่า

3.2 การพัฒนาและออกแบบระบบ



รูปที่ 2 หน้าจอแสดงเกมตอบคำถาม

จากรูปที่ 2 กติกาการเล่นเกมตอบคำถามมี ดังนี้ ตอบคำถามให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดและสามารถใช้ตัวช่วยพิเศษได้ เช่น เพิ่มเวลา,ตัดข้อผิด,และข้ามข้อ แต่ต้องแลกกับคะแนนเก็บสะสมที่มี เมื่อเล่นครบตามที่กำหนด จะมีฟังก์ชั่นท้าแข่งกับอาจารย์



รูปที่ 3 หน้าจอแสดงอันดับคะแนนสูงสุด-ต่ำสุดของนักศึกษา

4.ผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของระบบและด้านผู้ใช้งานระบบ ซึ่งแบบทดสอบได้ใช้แบบสอบถามที่ผ่านการประเมิน IOC จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 คน ก่อนนำมาทดสอบ โดยสามารถสรุปผลการประเมิน ดังนี้

การประเมินความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของระบบโดย อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

จำนวน 5 ท่านและผู้ดูแลระบบ 1 ท่าน ผู้ดูแลระบบคือเจ้าหน้าที่ที่ดูแลระบบเว็บไซต์ของคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตน์โกสินทร์วิทยาเขตวังไกลกังวลได้ทำการประเมิน 4 ด้าน ซึ่งผลการประเมินเรียงจากมากไปน้อยดังนี้ ด้านความสามารถของระบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.83 ด้านความถูกต้องของระบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.75 ด้านความต้องการของผู้ใช้ มีคะแนนเฉลี่ย 4.62 และ ด้านการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.35 ซึ่งภาพรวมการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.64 อยู่ในระดับมากที่สุด ดังตารางที่ 1

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบได้ให้นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 50 คน ประเมิน 4 ด้าน ซึ่งผลการประเมินเรียงจากมากไปน้อยดังนี้ ด้านความสามารถของระบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.86 ด้านความถูกต้องของระบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.77 ด้านความต้องการของผู้ใช้ มีคะแนนเฉลี่ย 4.37 และ ด้านการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.25 ซึ่งภาพรวมการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.56 อยู่ในระดับมากที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ	
	$\bar{x}$	ความหมาย
1.ด้านความต้องการของผู้ใช้	4.62	มากที่สุด
2.ด้านความสามารถของระบบ	4.83	มากที่สุด
3.ด้านการออกแบบ	4.35	มาก
4.ด้านความถูกต้องของระบบ	4.75	มากที่สุด
ภาพรวม	4.64	มากที่สุด

ตารางที่ 2 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

รายการประเมิน	ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ	
	$\bar{x}$	ความหมาย
1.ด้านความต้องการของผู้ใช้	4.37	มาก
2.ด้านความสามารถของระบบ	4.86	มากที่สุด
3.ด้านการออกแบบ	4.25	มาก
4.ด้านความถูกต้องของระบบ	4.77	มากที่สุด
ภาพรวม	4.56	มากที่สุด

5.อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมตอบคำถามออนไลน์ สรุปได้ว่า การพัฒนาระบบสามารถทำงาน ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ มีฟังก์ชันการทำงานและให้สารสนเทศตามที่ผู้ใช้ต้องการ คือ สามารถทำให้อาจารย์ผู้สอนเพิ่มคำถามเข้าไปในเกมได้ ผู้เรียนสามารถตอบคำถามที่อาจารย์ผู้สอนสร้างไว้ได้และสามารถเช็คผลคะแนนหลังเล่นเกมเสร็จ จากนั้นสามารถนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อได้ และจากการ ประเมินประสิทธิภาพของระบบ ผู้ใช้มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับ มากที่สุด

งานวิจัยในอนาคตควรทำการเปรียบเทียบในการมีระบบเว็บแอปพลิเคชันเกมตอบคำถามออนไลน์เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนกับรูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติโดยไม่มีแอปพลิเคชันเกมมาช่วยในการเรียนการสอนว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอบขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชมงคลรัตนโกสินทร์วิทยาเขตวังไกลกังวล ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ ในการพัฒนาระบบตลอดการปฏิบัติงาน ในการพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันเกมตอบคำถามออนไลน์เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน

7.เอกสารอ้างอิง

[1] Insight .สถิติผู้ใช้ดิจิทัลทั่วโลก“ไทย”. [เข้าถึงวันที่ 11 สิงหาคม 2561]. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.brandbuffet.in.th/2018/02/global-and-thailand-digital-report-2018/

[2] Wynnsoft. Web Application. [เข้าถึงเมื่อ 7 มีนาคม 2561]. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : https://www.wynnsoft-solution.com/web-application

[3] พัชรา. ระบบฐานข้อมูล. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2561] [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : https://phatcharasite.wordpress.com/ระบบฐานข้อมูล

[4] สารานุกรม IT. Dreamweaver คืออะไร [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2561]. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2233-dreamweaver-คืออะไร.html

[5] GotoKnow. AJAX. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2561] [อินเทอร์เน็ต]. เข้าถึงได้จาก: https://www.gotoknow.org/posts/94180

[6] ปภา ภิรมย์นาค. (2555). การใช้สื่อการสอนเชิงมัลติมีเดีย เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารายวิชา LSC303/LSM211 การจัดการส่ง สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพมหานคร.

[7] จันทวรรณ พรทิพย์จริยา, กนกพร ทองนาลิณร์ และณัฐธิดา โม้อุ่น. (2559). โครงการสื่อการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมเว็บเบื้องต้น (PHP). วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พณิชยการ, กรุงเทพมหานคร.

[8] สาธิต คงคา. (2551). การศึกษากระบวนการพัฒนาระบบ e-learning แบบ interactive สำหรับคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพมหานคร.

[9] วีระ ไทยพานิช. (2551). การเรียนการสอนบนเว็บ (web-based instruction). มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร.

การศึกษาแบบจำลองช่องสัญญาณของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อจัดการดินถล่ม

Study on Channel Models of Wireless Sensor Networks for Landslide Management

ณัฐกานต์ ชุติมารังสรรค์* และ พงษ์พิสิฐ วุฒิดิษฐโชติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เลขที่ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10800
*ผู้ติดต่อ: nattakarn.b@acc.msu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network) ในการจัดการดินถล่ม โดยทำการทดสอบการส่งสัญญาณการสื่อสารด้วยความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน 802.15.4 ในการทดสอบได้ทำการทดสอบด้วยอุปกรณ์การส่งสัญญาณและอุปกรณ์การรับสัญญาณในเงื่อนไขติดพื้นดิน ในพื้นที่สภาพแวดล้อมตามแนวภูเขาติดถนนที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในประเทศไทยเพื่อหาค่าสูญเสียเส้นทางตามระยะทางที่เปลี่ยนแปลงไป ผลการทดสอบการส่งสัญญาณทำให้ได้แบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมตามแนวภูเขาที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม

คำหลัก: แบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสาร, เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย, การสูญเสียเส้นทาง, ดินถล่ม

Abstract

This paper presents the development of channel models for wireless sensor networks in landslide management systems. The measurement was carried out with short-range transmission/reception at 2.4 GHz corresponding to IEEE 802.15.4 wireless sensor networks. The measurement setup was tested into main cases is the transmitting and receiving antennas installed on the ground. Measurements of path loss in areas of landslide occurrence in Thailand were set up. The measurement results are shown in this paper and used to develop channel models suitable for operation of short-range wireless sensor networks of landslide management systems.

Keywords: channel models, wireless sensor network, wsn, path loss, landslide

1. บทนำ

ภัยพิบัติธรรมชาติต่างๆ เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว สึนามิ และดินถล่ม เป็นต้นเหตุของความเสียหายต่อทั้งร่างกาย ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม เช่นห้วยน้ำแก้วทางภาคใต้ของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่มีความไวต่อการเกิดดินถล่ม [1] เหตุการณ์การเกิดดินถล่มในประเทศไทยที่มีความรุนแรงและมีความเสียหายอย่างมาก เช่น การเกิดดินถล่มที่บ้านกะทูนเหนือ อ.พิปูน จ. นครศรีธรรมราช หรือที่ตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นต้น[2] การเกิดดินถล่มก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อพื้นที่การทำเกษตรกรรมและโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ในประเทศ บ่อยครั้งที่ดินถล่มเกิด

จากแผ่นดินไหวและฝนตกหนัก หลายประเทศพยายามพัฒนาระบบการทำนายและตรวจสอบการเกิดดินถล่มเพื่อป้องกันและเตือนภัยให้แก่ประชนชนในประเทศ

ในการตรวจสอบและทำนายการเกิดดินถล่มจำเป็นต้องรู้ข้อมูลในพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบ เช่น ปริมาณฝนตก ความชื้น และการสั่นสะเทือนของดิน เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เซ็นเซอร์เฉพาะในการตรวจวัดได้ [3] เช่นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity Sensor) เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (Dielectric Soil Sensor) เซ็นเซอร์ตรวจวัดความดัน (Pressure Sensor) และเซ็นเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือน (Geophone Sensor) เป็นต้น [4]

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network หรือ WSN) เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ได้รับความนิยมที่ใช้ในการรับข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์และส่งต่อกันเป็นเครือข่ายเพื่อเข้ามาวิเคราะห์ในส่วนกลาง เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ ระบบการสื่อสาร Zigbee ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เนื่องจากมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูง เมื่อเกิดภัยพิบัติดินถล่มข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์จำเป็นต้องส่งต่อไปยังส่วนกลางเพื่อให้ส่วนกลางวิเคราะห์และแจ้งเตือนไปยังผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ที่เกิดดินถล่ม ระบบการสื่อสารจึงต้องการความน่าเชื่อถือและสามารถแจ้งเตือนประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยและผู้ขับขี่ยานพาหนะได้ทันท่วงที และเป็นความท้าทายอย่างยิ่งเมื่อเกิดภัยพิบัติดินถล่ม โดยเฉพาะการส่งข้อมูลในสภาพแวดล้อมของการเกิดภัยพิบัติตามแนวภูเขา การสร้างแบบจำลองที่อธิบายความซับซ้อนในสภาพแวดล้อมของการเกิดภัยพิบัติด้วยแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสาร รวมถึงการออกแบบระบบการสื่อสารของเครือข่ายให้รองรับการส่งข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ผ่านระบบเครือข่ายการเซ็นเซอร์ไร้สายในขณะที่เกิดภัยพิบัติให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ในเวลาจริง (Real-time) ได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนทั้งภูมิประเทศและลักษณะการเคลื่อนที่ของเซ็นเซอร์ได้จึงมีความจำเป็น

มีงานวิจัยจำนวนมากนำเสนอการใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในงานด้านต่างๆรวมถึงงานการตรวจสอบและกู้ภัยพิบัติ [5-7] งานวิจัย [5-6] ได้นำเสนอการใช้เครือข่ายการเซ็นเซอร์ไร้สายร่วมกับ Unmanned Aerial Vehicle (UAV) สำหรับจัดการการเกิดภัยพิบัติ งานวิจัย [7] นำเสนอเครือข่ายการเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อจัดการความเสี่ยงและตรวจสอบการเกิดดินถล่มในประเทศอิตาลี และวิเคราะห์แจ้งเตือนข้อมูล แต่งานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาผลของช่องสัญญาณที่ใกล้เคียงสภาพแวดล้อมจริง งานวิจัย [8] ได้อธิบายว่าการออกแบบช่องสัญญาณแบบ Unit Disk Model เป็นการทำเข้าใจคลาดเคลื่อนเนื่องจากพฤติกรรมธรรมชาติ จึงได้พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการเชื่อมต่อที่เป็นไปได้ของเครือข่ายการเซ็นเซอร์ไร้สายแต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการทดสอบตามสภาพแวดล้อมจริง

จากการศึกษางานวิจัยหลายงานวิจัยพบว่ายังขาดงานวิจัยที่ศึกษาแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารสำหรับจัดการการเกิดดินถล่มผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่สภาพแวดล้อมตามแนวภูเขาที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม ยังไม่มีการศึกษาตามแนวสภาพจริงของการสื่อสาร โดยทั่วไปแล้วปัญหาดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นได้จริง ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการสื่อสารลดน้อยลง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในสภาพแวดล้อมตามแนวภูเขาที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม บทความวิจัยนี้ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ บทนำ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัยและอภิปรายผล และสรุปผลการวิจัย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสาร (Channel Model)

Free space path loss model เป็นแบบจำลองสำหรับการสื่อสารที่สัญญาณไม่มีการสะท้อนกับพื้นผิวโลกก่อนเดินทางไปถึงเครื่องรับสัญญาณ ซึ่งเป็นลักษณะการส่งในอุดมคติ เสมือนกับว่าการสื่อสารเกิดขึ้นในช่องว่างอิสระที่ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆระหว่าง เราจึงเรียกแบบจำลองการสูญเสียแบบนี้ว่า แบบจำลองการสูญเสียในช่องว่างอิสระ (Free Space Path Loss Model) ดังแสดงสมการการสูญเสียเป็น [9]

$$L_{free}(dB) = -27.56 + 20\log_{10}(f) + 20\log_{10}(d) \quad (1)$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณ มีหน่วยเป็นเมตร

f คือ คลื่นความถี่ มีหน่วยเป็น MHz

แบบจำลอง Lognormal Shadowing Model แบบจำลองนี้คำนวณการสูญเสียเนื่องจากตัวกีดขวาง (Obstacle) แต่ละตัวระหว่างตัวส่งและตัวรับ จะจำลองการกระจายตัวของการสูญเสียด้วยฟังก์ชันความหนาแน่นที่เป็นไปได้แบบ ดังแสดงสมการการสูญเสียเป็น [10]

$$L_{Lognormal\,shadowing}(dB) = L_0 - 10n\log_{10}\frac{d}{d_0} + N \quad (2)$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณ มีหน่วยเป็นเมตร

d_0 คือ ระยะอ้างอิง

L_0 คือ ค่าการสูญเสียที่ตำแหน่งที่อ้างอิงเริ่มต้นที่ระยะ d_0

n คือ ตัวประกอบการสูญเสียของเส้นทาง (Path-loss exponent)

N เป็นตัวแปรสุ่มแบบเกาส์เซียน ค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และค่าความเบี่ยงเบนเป็น σ^2

Weissberger Path Loss Model เป็นแบบจำลองที่มาจากสมการ Exponential เหมาะสมกับการใช้งานในภูมิประเทศที่ถูกบังด้วยความหนาแน่นของต้นไม้ ความแห้ง ต้นไม้ที่พบในสภาพอากาศหนาวเย็น คลื่นความถี่ 230 MHz ถึง 95 GHz ดังแสดงสมการการสูญเสียเป็น [11]

$$L_{weissberger}(dB) = \begin{cases} 0.45\times f^{0.284}d & 0m \le d < 14m \\ 1.33\times f^{0.284}d^{0.588} & 14m < d \le 400m \end{cases} \quad (3)$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณ มีหน่วยเป็นเมตร

f คือ คลื่นความถี่ มีหน่วยเป็น GHz

COST 235 model เป็นแบบจำลองที่นำเสนอด้วยสภาพแวดล้อมที่เป็นต้นไม้ขนาดเล็กโดยนำเสนอต้นไม้ทั้งที่มีใบและไม่มีใบ ที่ระยะทางน้อยกว่า 200 เมตร ที่คลื่นความถี่ 200 MHz ถึง 95 GHz ดังแสดงสมการการสูญเสียเป็น [12]

$$L_{COST235}(dB) = \begin{cases} 15.6\times f^{-0.009}d^{0.26} & in\ leaf \\ 26.6\times f^{-0.2}d^{0.5} & out\ of\ leaf \end{cases} \quad (4)$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณ มีหน่วยเป็นเมตร

f คือ คลื่นความถี่ มีหน่วยเป็น MHz

LITU-R Model (Lateral ITU-R Model) ถูกพัฒนาขึ้นจากการวัดด้วยคลื่นความถี่ VHF (Very High Frequency) ถูกนำเสนอกรณีที่เครื่องส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณอยู่ใกล้ต้นไม้เพื่อให้การส่งสัญญาณส่วนใหญ่ส่งผ่านต้นไม้ที่มีใบ ที่คลื่นความถี่ 200 MHz และ 700 MHz ดังแสดงสมการการสูญเสียเป็น [13]

$$L_{LITU-R}(dB) = 0.48 f^{0.43} d^{0.13} \quad (5)$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณ มีหน่วยเป็นเมตร

f คือ คลื่นความถี่ มีหน่วยเป็น MHz

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบการส่งสัญญาณการสื่อสารในสภาพแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในเขตแนวภูเขาติดถนน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา การทดสอบการส่งสัญญาณได้ทำการกำหนดระยะห่างของตัวส่งสัญญาณอุปกรณ์ Signal Generator และตัวรับสัญญาณอุปกรณ์ Spectrum Analyzer ส่งสัญญาณที่คลื่นความถี่ 2.4 GHz ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ด้วยระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตั้งแต่ระยะ 0.50 เมตร ถึง 50 เมตร เพิ่มขึ้นทุกๆ 0.50 เมตร ทำการทดสอบด้วยเงื่อนไข การกำหนดความสูงของอุปกรณ์ส่งสัญญาณและอุปกรณ์รับสัญญาณด้วยความสูงติดพื้นดินและทำการวัดค่า Path Loss ด้วยการส่งสัญญาณการสื่อสารในทุกๆระยะห่างเป็นจำนวน 30 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 10 วินาที ผลทดสอบการวัดค่า Path Loss จะแสดงด้วยค่าเฉลี่ย Path Loss จากการวัด 30 ครั้ง



(ก)

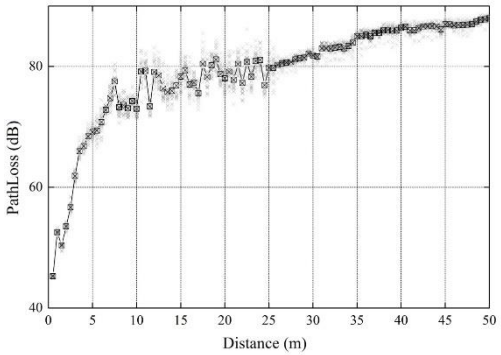


(ข)

รูปที่ 1 ทดสอบการส่งสัญญาณการสื่อสารด้วยการกำหนดระยะห่างของตัวส่งและตัวรับ

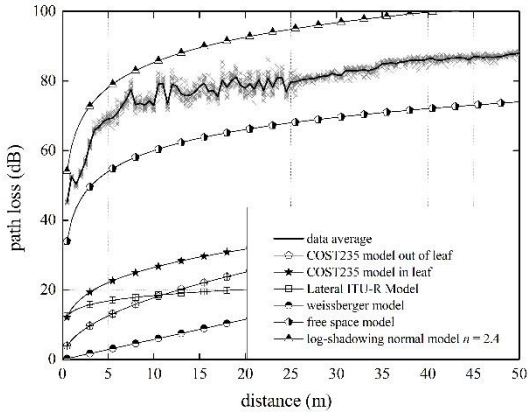
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากผลทดสอบการวัดค่า Path Loss และคำนวณค่า Path Loss เฉลี่ย พบว่าค่า Path Loss เฉลี่ยในช่วงระยะทางสั้น ในช่วง 0.5 – 10 เมตร ค่า Path Loss มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยความชัน ดังแสดงในรูปที่ 2 และในช่วงระยะทาง 8 – 25 เมตร ค่า Path Loss เฉลี่ยมีการแกว่งของกราฟ เนื่องจากสภาพแวดล้อมภูมิอากาศที่ทำการทดสอบมีความแปรปรวน และในช่วงระยะทางไกลประมาณ 26-50 เมตร ค่า Path Loss เฉลี่ย มีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ค่า Path Loss จากการทดสอบ ด้วยการกำหนดความสูงของตัวส่งและตัวรับด้วยความสูงติดพื้นดิน

หลังจากนั้นจะนำค่า Path Loss ที่ได้จากการทดสอบมาเปรียบเทียบกับค่า Path Loss จากการคำนวณจากสมการช่องสัญญาณการสื่อสารที่มีอยู่ (Channel Model) เพื่อดูแนวโน้มของแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารที่จะพัฒนา ผลการเปรียบเทียบค่า Path Loss แสดงในรูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลอง Log-Normal Shadowing Model เป็นสมการที่ Fit Curve ที่ดีสุด และแบบจำลอง Free Space Model ให้ค่า Path Loss ที่มีความเหมาะสมสำหรับค่า Path Loss เฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลองจากค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนที่กำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error :RMSE) พบว่า แบบจำลอง Log-Normal Shadowing ให้ค่า RMSE ที่ต่ำที่สุดและ Free Space Model ให้ค่า RMSE ใกล้เคียงกับ แบบจำลอง Log-Normal Shadowing



รูปที่ 3 ค่า Path Loss จากการทดสอบ ด้วยการกำหนดความสูงของตัวส่งและตัวรับด้วยความสูงติดพื้นดิน เปรียบเทียบกับแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารอื่นๆ

ผลการพัฒนาแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารที่ได้จากการวัด Path loss ด้วยการกำหนดความสูงของตัวส่งและตัวรับในระยะติดพื้นดิน การประมาณหาการสูญเสียตามระยะทาง (Path loss) ของสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยงการเกิดดินถล่มนั้น จะใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อทำแบบจำลองการสูญเสียเส้นทาง แบบ Empirical Model โดยใช้แบบจำลองของ Free Space Model เข้าร่วม โดยการกำหนดสมการแบบง่ายที่การสูญเสีย (ในหน่วย dB) ตามระยะทางแปรผันตามระยะทางที่มีเลขชี้กำลัง n เป็น

$$L_{empirical} = L_0 + 10n\log(d) + SD \quad (6)$$

เมื่อ n = ค่า Path Loss Exponent เป็นเลขชี้กำลังที่แสดงลำดับชี้กำลังของระยะทางที่แปรผันกับค่าการสูญเสียระยะทาง

d = ระยะทาง

$L_{empirical}$ = ค่า Path Loss ระยะทางที่ d

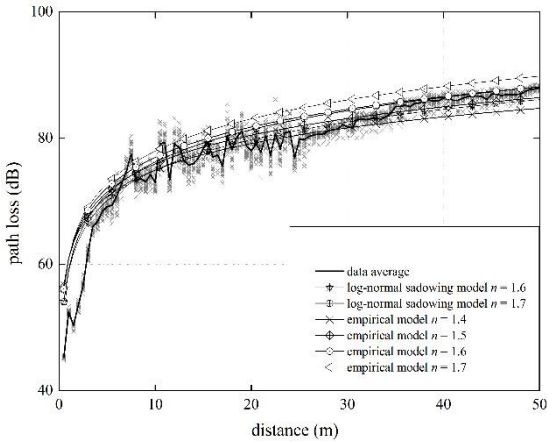
SD =ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลจากการทดสอบ

L_0 = ค่าการสูญเสียที่ตำแหน่งที่อ้างอิงเริ่มต้นที่ระยะ d_0 คือ d_0 อ้างอิงที่ระยะ 1 เมตร

จากรูปที่ 2 แสดงค่าการสูญเสียระยะทางที่ได้จากการวัดตามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้ว กราฟแสดงการสูญเสียตามเส้นทางในระยะการทดสอบต่างๆ ตั้งแต่ 0.50-50 เมตร จะเห็นได้ว่าที่ระยะที่น้อยที่สุดคือ d = 1 เมตร มีค่าการสูญเสียเท่ากับ 52.53 dB ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถทดสอบหาค่าสูญเสียระยะทางที่ตำแหน่ง d = 0 เมตร ได้ เราจึงเลือกค่าการสูญเสียระยะทางที่ตำแหน่ง d =1 เมตร เป็นระยะเริ่มต้นแทน กล่าวคือ $L_0 \approx$ 52.53 dB

ค่า Path Loss Exponent ในที่นี้ได้ทำการปรับค่า n เพื่อหาค่าที่ใกล้เคียงกับผลวัดมากที่สุด ค่า SD เท่ากับ 8.42 ด้วยการกำหนดความสูงของตัวส่งและตัวรับด้วยความสูงติดพื้นดินในระยะตั้งแต่ 0.50-50 เมตร ดังนั้น จากสมการ (6) เมื่อนำมาคำนวณค่า Path Loss ในแต่ละตำแหน่ง ตั้งแต่ระยะ 0.50-50 เมตร โดยทำการปรับค่า n เพื่อหาค่าที่ใกล้เคียงกับผลวัดมากที่สุด และ

กำหนด SD เท่ากับ 8.42 และ L_0 เท่ากับ 52.53 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ค่า Path Loss จากการทดสอบ ด้วยการกำหนดความสูงของตัวส่งและตัวรับด้วยความสูงติดพื้นดิน เปรียบเทียบกับช่องสัญญาณการสื่อสารที่ถูกพัฒนาขึ้น (Proposed Model) และแบบจำลอง Lognormal Shadowing Model

จากรูปที่ 4 ค่า Path Loss จากการทดสอบ ด้วยการกำหนดความสูงของตัวส่งและตัวรับด้วยความสูงติดพื้นดินเปรียบเทียบกับช่องสัญญาณการสื่อสารที่ถูกพัฒนาขึ้น (Proposed model) และแบบจำลอง Lognormal Shadowing Model ที่ระยะทางตั้งแต่ 0.50-50 เมตร โดยทำการปรับค่า n เพื่อหาค่าที่ใกล้เคียงกับผลวัดมากที่สุด และกำหนด SD เท่ากับ 8.42 และ L_0 เท่ากับ 52.53 พบว่า แบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารที่ถูกพัฒนาขึ้นดังสมการ (6) ให้ผลการคำนวณที่ค่า n = 1.5 ได้ใกล้เคียงค่า Path Loss จากการทดสอบมากที่สุด และเมื่อนำมาหาประสิทธิภาพของแบบจำลองจากค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนที่กำลังสองเฉลี่ย พบว่า แบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารที่ถูกพัฒนาขึ้นดังสมการ (6) ด้วยการกำหนด Path Loss Exponent (n) = 1.5 ให้ค่า RMSE ที่ต่ำที่สุด นั่นคือ เท่ากับ 3.07 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารที่ถูกพัฒนาขึ้นดังสมการ (6) ด้วยการกำหนดค่า n เท่ากับ 1.5 และค่า SD เท่ากับ 8.42 ให้ค่า Path Loss จากการคำนวณที่ใกล้เคียงกับการทดสอบมากที่สุด

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแบบจำลองช่องสัญญาณการสื่อสารสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในสภาพแวดล้อมตามแนวภูเขาที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม แบบจำลองได้ถูกพัฒนามาจากการทดสอบการส่งสัญญาณด้วยความถี่ 2.4 GHz ที่สอดคล้องมาตรฐาน 802.15.4 ของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในการสื่อสารได้ทำการทดสอบด้วยอุปกรณ์การส่งสัญญาณและอุปกรณ์การรับสัญญาณในเงื่อนไขติดพื้นดินในระยะทาง 50 เมตร การสูญเสียในเส้นทางกับระยะทางแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ถูกพัฒนาเหมาะสมสำหรับการทำงานของระบบการจัดการดินถล่มโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Thamarak Khampeerpat (2016). *Probabilistic Event Coverage in Hybrid Wireless Sensor Networks*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering (Computer Engineering), Graduate School, Kasetsart University

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (2555) http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/tsunami-and-earthquake/item/132 เข้าดูเมื่อวันที่ 10/07/2560

[3] Uchimura, T., Towhata, I., Anh, T. T. L., Fukuda, J., Bautista, C. J., Wang, L. and Onda, Y. (2010). Simple monitoring method for precaution of landslides watching tilting and water contents on slopes surface. Landslides, 7(3), 351-357.

[4] Chen, D., Liu, Z., Wang, L., Dou, M., Chen, J. and Li, H. (2013). Natural disaster monitoring with wireless sensor networks: a case study of data-intensive applications upon low-cost scalable systems. Mobile Networks and Applications, 18(5), 651-663.

[5] Erman A. T., van Hoesel L., Havinga P. and Wu J. (2008). Enabling mobility in heterogeneous wireless sensor networks cooperating with UAVs for mission-critical management. IEEE Wireless Communications, 15(6), 38-46.

[6] Ueyama J., Freitas H., Faiçal B. S., Geraldo Filho P. R., Fini P., Pessin G., ... and Villas L. A. (2014). Exploiting the use of unmanned aerial vehicles to provide resilience in wireless sensor networks. IEEECommunications Magazine, 52(12), 81-87.

[7] Giorgetti A., Lucchi M., Tavelli E., Chiani M. and Dardari D. (2014). Design and deployment of a wireless sensor network for landslide risk management. In Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2014 IEEE 10th International Conference on (pp. 292-297). IEEE.

[8] Rajagopalan R. and Varshney P. K. (2009). Connectivity analysis of wireless sensor networks with regular topologies in the presence of channel fading. IEEE Transactions on wireless communications, 8(7).

[9] Parsons J. D. (2000). *The mobile radio propagation channel*. Wiley.

[10]Rappaport,T.S.(1996). *Wireless communications: principles and practice* (Vol.2). NewJersey: prentice hall PTR.

[11] Kamarudin, L. M., Ahmad, R. B., Ong, B. L., Zakaria, A. and dzi, D. (2010, December). Modeling and simulation of near-earth wireless sensor networks for agriculture based application using OMNeT++. 2010 International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE), (pp. 131-136).

[12] COST235. (1996). Radio propagation effects on next-generation fixed service terrestrial telecommunication system. Final Report.

[13] Meng, Y. S., Lee, Y. H., & Ng, B. C. (2009). Empirical near ground path loss modeling in a forest at VHF and UHF bands. IEEE transactions on antennas and propagation, 57(5), 1461-1468.

ความหลากหลายของพรรณไม้ในสวนสมรมในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย : กรณีศึกษาชุมชนบ้านเขาวัง ตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

Plant diversity in Traditional Orchard, Southern Thailand: A case study at Ban Khao Wang community, Hintok sub-district, Ronpiboon district, Nakhon Si Thammarat province

ภานุวัฒน์ บุญเรืองขาว[1,*] และ เชิดศักดิ์ เกื้อรักษ์[2]

[1] สาขาการจัดการทรัพยากรการเกษตรอย่างยั่งยืน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณวิทยาเขตพัทลุง

[2] คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชนมหาวิทยาลัยทักษิณวิทยาเขตพัทลุง

*ผู้ติดต่อ: bpanuwut@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณไม้และประโยชน์ที่ได้รับจากสวนสมรม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสนับสนุนให้เกิดเป็นเกษตรทางเลือกที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในชุมชนบ้านเขาวัง โดยศึกษาในพื้นที่สวนสมรม 2 ประเภทคือ 1) สวน 25 ปี 2) สวน 60 ปี วางแปลงตัวอย่างขนาด 40 x 40 เมตร ภายในมีแปลงย่อยขนาด 10x10, 4x4 และ 1x1 เมตร คำนวณดัชนีความหลากหลาย (Species Diversity : H') ด้วยวิธีของแชนนอนวีเนอร์ (Shannon - Wiener Index) ศึกษาการใช้ประโยชน์โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ผลการศึกษาพบว่า สวน 25 ปี ค่า H' ของไม้ยืนต้น ไม้หนุ่ม และไม้พื้นล่างเท่ากับ 1.79, 0 และ 3.06 ตามลำดับ มีการใช้ประโยชน์ 2 รูปแบบคือ อาหาร (8 ชนิด) และสร้างรายได้ (10 ชนิด) สวน 60 ปี มีค่า H' เท่ากับ 2.84, 0.33 และ 3.09 ตามลำดับ มีการใช้ประโยชน์ 4 รูปแบบคือ อาหาร (17 ชนิด) สร้างรายได้ (11 ชนิด) ไม้ใช้สอย (16 ชนิด) และสมุนไพร (4 ชนิด) สวนสมรมสามารถใช้ประโยชน์ได้จากหลายส่วนของพรรณไม้เช่น เหง้า ใบ ผล หน่อ ยอด ลำต้น และเนื้อไม้ ทั้งยังใช้ประโยชน์ได้ตลอดปีโดยเฉพาะเป็นอาหาร สวนสมรมจึงเป็นระบบเกษตรที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศค่อนข้างน้อยเพราะใช้ประโยชน์จากพรรณไม้ได้หลากหลาย ทั้งยังเปรียบเสมือนธนาคารพันธุกรรมพืชที่สร้างความมั่นคงทางด้านอาหารและสามารถสร้างรายได้ให้กับครัวเรือนมากกว่า 100,000 บาท/ไร่/ปี

คำหลัก: สวนสมรม วนเกษตร ความหลากหลายทางชีวภาพ ชุมชนบ้านเขาวัง

Abstract

This study aims to investigate the plant species diversity and the benefit of traditional orchard as well as to use the finding data for supporting an alternative agriculture that enhance the biodiversity and revenue to agriculture at Khao Wang community. The 25-year-old and 60-year-old of traditional orchards were used in this study. A 40 X 40 m sample plot was laid out in each traditional orchard. Then, sample parts were square with dimensions of 10 × 10 m, 4 × 4 m and 1 × 1 m for measuring the plant diversity. Shannon - Wiener index (H') was applied to study plant species diversity. In-depth interview also performed to study the utilization of plant under the agroforestry. Results showed H' of tree, sapling, and undergrowths were 1.79, 0 and 3.06, respectively with only two

types of the utilization including food source (8 species) and income source (10 species) from the 25-year-old of traditional orchard. On the other hand, the H' of tree, sapling, and undergrowths were 2.84, 0.33 and 3.09, respectively from the 60-year-old of traditional orchard. Besides, there were 4 types of the utilization including food (17 species), income (11 species), utility wood (16 species), and herbal (4 species) sources from 60-year-old of traditional orchard. Many part of the plant species can be used such as tuber, leave, fruit, shoot, apical bud, stem, and wood. Nevertheless, the utilization of plant under these agroforestry can be used throughout the year especially for food. Hence, the traditional orchard became an agricultural system that has a minor impact from climate change because several plant species provided various benefit for harvesting. Thus, the traditional orchard similar to plant germplasm bank that maintain the food security as well as revenue source to household more than 100,000 baths/rai/year.

Keywords: Traditional orchard, Agroforestry, Biodiversity, Khao Wang community

1. บทนำ

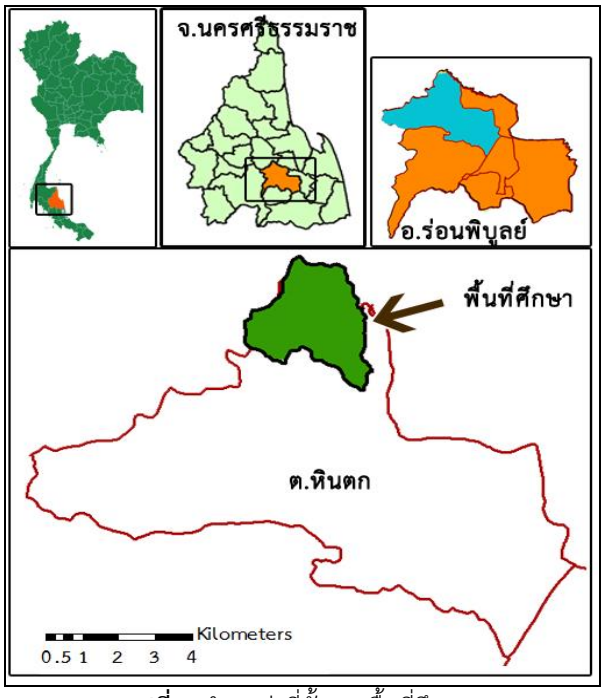
สวนสมรมเป็นภูมิปัญญาการทำเกษตรของประชาชนชาวภาคใต้ของประเทศไทยมาอย่างยาวนาน บรรพบุรุษได้ลอกเลียนแบบการใช้ประโยชน์จากป่าซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัย 4 ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต มาสรรสร้างพื้นที่ของตนเองให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เพื่อไม่ต้องเดินทางเข้าไปในป่าอยู่เป็นประจำ การมีพรรณไม้ไว้ใช้ประโยชน์บริเวณใกล้บ้านทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากป่าดังกล่าวตอนไหนก็ได้ สวนสมรม เป็นภาษาถิ่นที่ใช้ในสังคมภาคใต้ คำว่า “สมรม” มีความหมายโดยทั่วไปว่า “รวม” หรือ “ผสมปนกัน” ดังนั้นคำว่า “สวนสมรม” จึงมีความหมายว่า เป็นสวนที่มีหลายสิ่งหลายอย่างปนอยู่ในพื้นที่เดียวกัน นอกจากนั้นด้วยความแตกต่างกันของสภาพสังคมส่งผลให้มีการเรียกชื่อสวนสมรมที่ต่างกันออกไปตามท้องถิ่นต่างๆ ด้วย เช่น “สวนพ่อเฒ่า” “วนโบราณ” “สวนสำพรำ” “สวนสมพรม” “สวนสมลม” ส่วนทางภาคใต้ตอนล่างบริเวณจังหวัดปัตตานีเรียกสวนนี้ว่า “สวนดูซง”[1] ปัจจุบันพื้นที่สวนสมรมในพื้นที่ภาคใต้ลดน้อยลงอย่างมากเนื่องจากกระแสของพืชเชิงเดี่ยวเข้ามาแทรกแซงโดยเฉพาะยางพาราและปาล์มน้ำมัน รวมถึงไม้ผลบางชนิดที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบันซึ่งพื้นที่ปลูกมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นตามมาด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะพืชเชิงเดี่ยวเหล่านี้ให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างแน่นอนและมีตลาดคอยรองรับอย่างชัดเจน ทั้งยังได้รับการสนับสนุนจากนโยบายของรัฐในการผลักดันให้เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศด้วย ปัจจัยดังกล่าวจึงทำให้เกษตรกรให้ความสำคัญกับสวนสมรมน้อยลง ส่งผลให้มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ไปปลูกพืชเชิงเดี่ยวมากขึ้น ซึ่งหากปล่อยให้สภาวการณ์นี้เกิดขึ้นต่อไปเรื่อยๆ จะทำให้สวนสมรมซึ่งเป็นระบบการเกษตรแห่งภูมิปัญญาที่สั่งสมไว้ซึ่งคุณประโยชน์ทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมหายไปจากโลกใบนี้ได้

การศึกษาเรื่องนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณไม้และประโยชน์ที่ได้รับจากสวนสมรม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปช่วยสนับสนุนให้เป็นเกษตรทางเลือกที่ช่วยสร้างความหลากหลายทางชีวภาพและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในชุมชนต่อไป

2. วิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

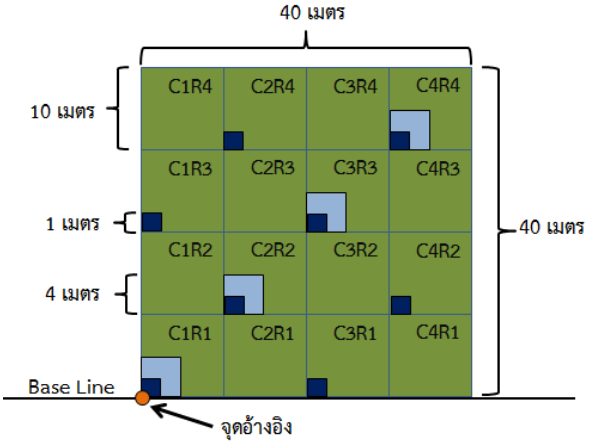
สวนสมรมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่หมู่ที่ 12 ตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ดังรูปที่ 1 โดยศึกษาสวนสมรม 2 ประเภทคือ 1) สวนสมรมอายุไม่เกิน 25 ปี (สวน 25 ปี) โดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนรอบการผลิตของพืชเชิงเดี่ยว ที่มักจะเกิดขึ้นทุก 25 ปี เช่น ยางพารา [2] เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก และ 2) สวนสมรมอายุเกิน 60 ปี (สวน 60 ปี) โดยใช้เกณฑ์เดียวกับระยะเวลาในการฟื้นฟูพื้นที่ที่ไม่ถูกรบกวนจนกลายสภาพใกล้เคียงกับสภาพป่าธรรมชาติประมาณ 60 ปี เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก [3]



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

2.2 การวางแปลงตัวอย่างและเก็บข้อมูลพรรณไม้

วางแปลงตัวอย่างขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 1 แปลงในพื้นที่สวนสมรมทั้ง 2 ซึ่งภายในแปลงขนาดดังกล่าวจะแบ่งเป็นแปลงตัวอย่างย่อยและเก็บข้อมูลดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การวางแปลงตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

- คือแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร สำหรับเก็บตัวอย่างไม้ยืนต้น (Trees) คือไม้ที่มีขนาดเส้นรอบวงของลำต้นที่ระดับความสูง 1.30 เมตร(Girth at Breast Height: GBH) ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป
- คือแปลงย่อยขนาด 4 x 4 เมตร สำหรับเก็บตัวอย่างไม้หนุ่ม (Sapling) คือไม้ที่มีขนาด GBH น้อยกว่า 15 เซนติเมตร แต่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร
- คือแปลงย่อยขนาด 1 x 1 เมตร สำหรับเก็บตัวอย่างกล้าไม้และไม้พื้นล่าง (Seedling and undergrowths) คือพันธุ์พืชที่มีความสูงต่ำกว่า 1.30 เมตร รวมถึง ไม้เถา (climbers) เฟิร์น (fern) พืชล้มลุก (herb) และหญ้า (grass)

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การหาดัชนีความสำคัญ (Important Value Index : IVI)

โดยทั่วไป IVI จะมีตั้งแต่ 0 - 300 ซึ่งชนิดพรรณที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงแสดงว่าเป็นชนิดพันธุ์เด่นและมีความสำคัญในพื้นที่สวนสมรม โดยมีสูตรการคำนวณตามแนวทางของ Whittaker (1970) [4] ดังสมการที่ 1

$$IVI = R_D + R_F + R_{DO} \quad \text{.....(1)}$$

โดยที่ IVI = ดัชนีความสำคัญของชนิดพันธุ์

$$R_D = \frac{\text{ความหนาแน่นของชนิดพันธุ์นั้นๆ}}{\text{ผลรวมของความหนาแน่นของทุกชนิดพัน}} \times 100$$

$$R_F = \frac{\text{ความถี่ของพืชชนิดนั้นๆ}}{\text{ผลรวมค่าความถี่ของพันธุ์ไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

$$R_{Do} = \frac{\text{ความเด่นของชนิดพันธุ์นั้นๆ}}{\text{ผลรวมความเด่นของทุกชนิดพันธุ์}} \times 100$$

การหาดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Species Diversity)

การศึกษาความหลากหลายของพรรณไม้ใช้วิธีการศึกษาของแชนนอนวีเนอร์ (Shannon - Wiener Index : H') [5] ซึ่งโดยหลักการแล้วค่า H' จะสูงขึ้นเมื่อจำนวนชนิดเพิ่มขึ้นและความสม่ำเสมอในการกระจายของจำนวนต้นในแต่ละชนิดก็สามารถทำให้ค่า H' มีค่าได้สูงสุดด้วย ส่วนค่า H' มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อมีพรรณไม้เพียงชนิดเดียว ทั้งนี้ในทางปฏิบัติพบว่าค่า H' มีค่าได้ไม่เกิน 5 [6] โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังสมการที่ 2

$$H' = \sum_{i=1}^{s}(Pi \ln Pi) \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ H' = ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์

Pi = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นไม้ชนิด i ต่อจำนวนต้นไม้ทั้งหมด

S = จำนวนชนิดที่พบในสังคม

การใช้ประโยชน์จากพรรณไม้

การใช้ประโยชน์ของพรรณไม้ในสวนสมรมทำการศึกษาด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก(In-depth Interview) กับเกษตรกรเจ้าของสวนทั้ง 2 พื้นที่

3. ผลการทดลอง

3.1 สภาพพื้นที่

สวน 25 ปี มีพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ สภาพพื้นที่มีความลาดชันประมาณ 48 % โดยก่อนหน้านี้พื้นที่ได้มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยวคือยางพารามาก่อน ต่อมาในปี 2538 เจ้าของสวนได้โค่นล้มไม้ยางพาราออกแล้วเริ่มปลูกพรรณไม้ต่างๆลงไป เช่น มะนาว สะตอ เนียง ลองกอง มังคุด หมาก สับปะรด กระวาน เขลียง ผักหวานช้างและกล้วย เป็นต้น โดยมีการจัดการอยู่เป็นระยะ เช่น การตัดหญ้า ตกแต่งกิ่ง และใส่ปุ๋ย เป็นต้น โดยจะจัดการประมาณ 6 ครั้งต่อปี สภาพภายในสวนจึงยังค่อนข้างโปร่งเนื่องจากพรรณไม้ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ประกอบกับมีการจัดการอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการจัดการสวนเฉลี่ย 1,033.33 บาท/ไร่/ปี (ตารางที่ 1)

ขณะที่สวน 60 ปี มีพื้นที่ประมาณ 10 ไร่ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบอยู่กลางหุบเขา พรรณไม้ในสวนเป็นพรรณไม้ที่มีอยู่เดิมทั้งหมดไม่ได้มีการปลูกเพิ่ม ต้นไม้มีขนาดใหญ่ปะปนกันไปทั้งไม้ผลและไม้ป่า เช่น ทุเรียนพื้นเมือง มังคุด ลางสาด เงาะ จำปาดะ ประ ทุ้งฟ้า จำปาทอง ไผ่เต่าร้าง ผักหวานช้าง บอนส้ม บอนเต่า บุก และ เนระพูสีไทย เป็นต้น สภาพของสวนจึงค่อนข้างรกทึบเพราะมีพรรณไม้ขึ้นอย่างหนาแน่น เจ้าของจะมีการจัดการสวนบ้างเฉพาะในช่วงเข้าเก็บเกี่ยวผลผลิตเท่านั้น โดยใช้วิธีการตัดฟันเฉพาะบริเวณที่จะใช้พื้นที่เท่านั้นซึ่งส่วนใหญ่จะกระทำเพียง 2 ครั้งต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการจัดการสวนเฉลี่ย 50 บาท/ไร่/ปี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การจัดการพื้นที่สวนสมรมทั้ง 2 ประเภท

การดูแลสวน	สวน 25 ปี			สวน 60 ปี		
	วิธีการดูแลรักษา	จำนวน (ครั้ง/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	วิธีการดูแลรักษา	จำนวน (ครั้ง/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
กำจัดวัชพืช	ตัดด้วยเครื่องตัดหญ้า ใช้แรงงานในครัวเรือน	3	500	ตัดด้วยเครื่องตัดหญ้า ใช้แรงงานจากกิจกรรมของกลุ่มแชร์แรง	1	500
ตัดแต่งกิ่ง	มีด พร้า กรรไกรตัดกิ่ง ใช้แรงงานในครัวเรือน	1	ไม่มี	มีด พร้า กรรไกรตัดกิ่ง ใช้แรงงานในครัวเรือน	1	ไม่มี
ใส่ปุ๋ย	ใช้แรงงานในครัวเรือน	2	2,600	ไม่มี		ไม่มี
รวม		6	3,100		2	500

3.2 ดัชนีความสำคัญของพรรณไม้

ไม้ยืนต้น

สวน 25 ปีพบพรรณไม้จำนวน 97 ต้น/ไร่ จำแนกได้เป็น 6 วงศ์ (family) 7 สกุล (genus) และ 8 ชนิด (species) โดยพรรณไม้ที่พบมากที่สุดคือลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) จำนวน 25 ต้น/ไร่ รองลงมาคือ มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) และหมาก (*Areca catechu* L.) จำนวน 20 และ 18 ต้น/ไร่ ตามลำดับ วงศ์พืชที่มีชนิดพรรณไม้มากที่สุดคือ วงศ์ถั่ว (Leguminosae) และวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) วงศ์ละ 2 ชนิด โดยพรรณไม้ที่มีค่า IVI สูงที่สุดคือ เนียง (*Archidendron jiringa* (Jack) I. C. Nielsen) มีค่า 62.33 ขณะที่ในสวน 60 ปี พบพรรณไม้จำนวน 111 ต้น/ไร่ จำแนกได้ 14 วงศ์ 23 สกุล และ 25 ชนิด โดยชนิดที่พบมากที่สุดคือ ลางสาด (*Lansium parasiticum* (Osbeck) K. C. Sahni & Bennet) จำนวน 24 ต้น/ไร่ รองลงมาคือ ทุเรียนพื้นเมือง (*Durio zibethinus* L.) และ มังคุด (*G. mangostana*) จำนวน 15 และ 13 ต้น/ไร่ ตามลำดับ วงศ์พืชที่มีชนิดพรรณไม้มากที่สุดคือ วงศ์ถั่ว และวงศ์ยางพารา (Euphorbiaceae) โดยพบวงศ์ละ 4 ชนิดและพรรณไม้ที่มีค่า IVI สูงที่สุดคือ ลางสาด มีค่า 48.71 (ตารางที่ 2)

ไม้หนุ่ม

ในสวน 25 ปีพบจำนวน 1 ต้นเท่านั้น จึงไม่สามารถหาค่า IVI ได้ (เฉลี่ย 25 ต้น/ไร่) ซึ่งพรรณไม้ที่พบคือ เนียง อยู่ในวงศ์ถั่ว ขณะที่สวน 60 ปี พบจำนวน 7 ต้น (175 ต้น/ไร่) จำแนกได้ 4 วงศ์ 6 สกุล และ 7 ชนิด โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ขนุน (Moraceae) จำนวน 3 ชนิด ประกอบด้วย จำปาดะ (*Artocarpus integer* (Thunb.) Merr.) กะออก (*Artocarpus elasticus* Reinw. ex Blume) และมะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida* L. f.) สำหรับพรรณไม้ที่มีค่า IVI สูงที่สุดคือ มะเม่าควาย (*Antidesma velutinosum* Blume) มีค่า 63.23 (ตารางที่ 2)

กล้าไม้ และไม้พื้นล่าง

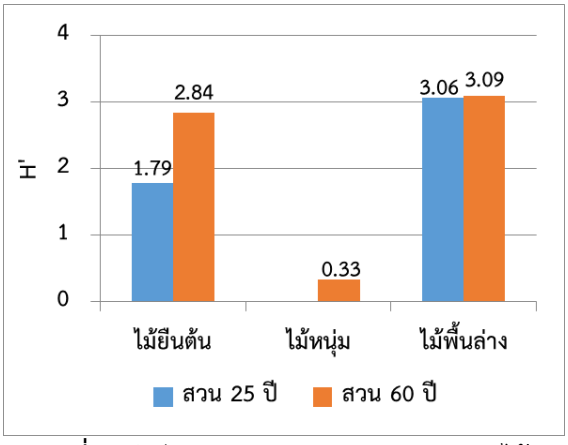
สวน 25 ปี พบพรรณไม้ทั้งหมด 779 ต้น (ประมาณ 155,800 ต้น/ไร่) สามารถจำแนกได้มีทั้งหมด 525 ต้น จัดอยู่ใน 15 วงศ์ 16 สกุล และ 18 ชนิด และยังไม่สามารถจำแนกได้(unknown) 16 ตัวอย่าง สำหรับพรรณไม้ที่พบมากที่สุดคือ พรรณไม้ในสกุลบานไม่รู้โรย (*Gomphrena* sp.) จำนวน 116 ต้น รองลงมาคือ พรรณไม้ในสกุลหญ้ามาเลย์ (*Axonopus* sp.) และ ในสกุลน้ำนมราชสีห์ (*Berreria* sp.) จำนวน 68 และ 59 ต้นตามลำดับ และพรรณไม้ที่มีค่า IVI สูงที่สุด *Gomphrena* sp. มีค่า 22.44 ส่วนในสวน 60 ปี พบทั้งหมด 706 ต้น (141,200 ต้น/ไร่) จำแนกได้จำนวน 472 ต้น จัดอยู่ใน 24 วงศ์ 27 สกุล และ 30 ชนิด ไม่สามารถจำแนกได้ 19 ตัวอย่าง สำหรับพืชที่พบมากที่สุดคือมะเดื่อดิน (*Ficus* sp.) จำนวน 123 ต้น รองลงมาคือ พลูป่า (*Piper macropiper* Pennant) และพืชสกุลโคลงเคลง (*Clidemia* sp.) จำนวน 96 และ57 ต้น ตามลำดับ พรรณไม้ที่มีค่า IVI สูงที่สุด คือ มะเดื่อดิน มีค่า 24.09 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) ของพรรณไม้ 3 ลำดับแรกในสวมสมรมทั้ง 2 ประเภท

ประเภทสวนสมรม	ไม้ยืนต้น		ไม้หนุ่ม		ไม้พื้นล่าง	
	พรรณไม้	IVI	พรรณไม้	IVI	พรรณไม้	IVI
สวน 25 ปี	เนียง	62.33	เนียง	-	สกุลบานไม่รู้โรย	22.44
	ลองกอง	58.11	-	-	กระสัง	12.64
	มังคุด	50.45	-	-	สกุลหญ้ามาเลย์	12.5
สวน 60 ปี	ลางสาด	48.71	มะเม่าควาย	63.23	มะเดื่อดิน	24.09
	มังคุด	46.75	กะออก	57.13	พลูป่า	20.26
	ทุเรียนพื้นเมือง	45.9	พลับพลาเขา	39.5	สกุลโคลงเคลง	13.63

3.3 ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (H')

จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสวนสมรมทั้ง 2 ประเภทพบว่าสวน 60 ปี มีความหลากหลายของพรรณไม้ทั้ง 3 ประเภทพรรณไม้สูงกว่าสวน 25 ปี โดยพบว่าดัชนีความหลากหลายของพรรณไม้ยืนต้น ไม้หนุ่ม และกล้าไม้และไม้พื้นล่างมีค่า 2.84, 0.33 และ 3.09 ตามลำดับ ขณะที่ สวน 25 ปี มีค่า 1.79, 0 และ 3.06 ตามลำดับ (รูปที่ 3)



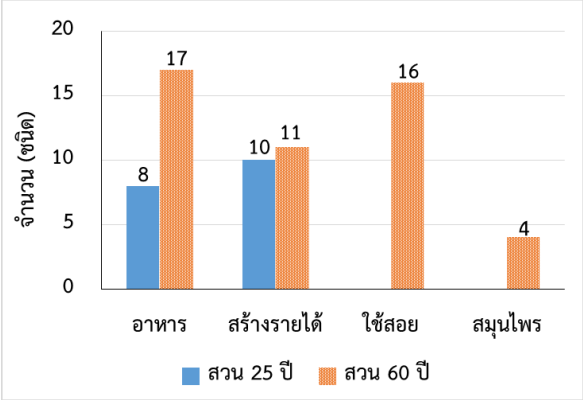
รูปที่ 3 ดัชนีความหลากหลายของชนิดพรรณไม้ในสวนสมรมทั้ง 2 ประเภท

3.4 การใช้ประโยชน์และผลตอบแทน

สวนสมรมเป็นระบบเกษตรที่เน้นการปลูกสร้างพรรณไม้ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ทั้งในรูปแบบของการใช้ประโยชน์ ส่วนต่างๆของพรรณไม้ที่นำมาใช้ประโยชน์ ตลอดจนถึงช่วงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวด้วย

สำหรับสวน 25 ปี พบว่ามีการนำพรรณไม้ไปใช้ประโยชน์ใน 2 รูปแบบเท่านั้น คือพืชอาหาร 8 ชนิด เช่น เนียง มังคุด ลองกอง สะตอ และสำหรับสร้างรายได้ให้กับครอบครัว 10 ชนิด เช่น มังคุด ลองกอง สะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.) หมาก (*Areca catechu* L.) สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เป็นต้น (รูปที่ 4) ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับมาจากส่วนของผล10 ชนิด และส่วนของหน่อ 1 ชนิด คือกระวาน (*Amomum uliginosum* J. Koenig) (ตารางที่ 3) ในขณะที่ช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวมีทั้งที่เก็บเกี่ยวได้เป็นรายสัปดาห์ เช่น กระวาน เก็บเกี่ยว 2 ครั้ง/ปี เช่น เนียง สะตอ หมาก เก็บเกี่ยว 1-2 ครั้งต่อปี เช่น มังคุด ลองกอง และ 1 ครั้ง/ปี เช่น จำปูนิง (*Baccaurea minor* Hook. f.) และในปัจจุบันยังพบอีกว่าสวน 25 ปี สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเฉลี่ย 16,760 บาท/ไร่/ปี (ตารางที่ 4)

สำหรับสวน 60 ปีนั้น การใช้ประโยชน์จากพรรณไม้มีความหลากหลายมากว่า โดยพบว่าสามารถใช้ประโยชน์ได้ 4 รูปแบบคือพืชอาหาร 17 ชนิด เช่น ทุเรียนพื้นเมือง ลางสาด ประ(Elateriospermum tapos Blume) เต่าร้าง(Caryota mitis Lour.) บอนส้ม (Homalomena rostrata Griff.) ผักหวานช้างโขลง (Claoxylon longifolium (Blume) Endl. ex Hassk.) เป็นต้น ไม้ใช้สอย 16 ชนิด เช่น ขนุนป่า (*Artocarpus rigidus* Blume) สะเดาเทียม (*Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs) มะกล่ำตาไก่ (*Adenanthera microsperma* Teijsm. & Binn.) มันหมู (*Strombosia javanica* Blume.) สมุนไพร 4 ชนิด เช่น เนระพูสีไทย (*Tacca chantrieri* Ander.) ว่านสากเหล็ก (*Molineria latifolia* (Dryand. ex W. T. Aiton) Herb. ex Kurz var. *latifolia*) พลูป่า (*Piper macropiper* Pennant) เอื้องหมายนา (*Cheilocostus speciosus* (J. Koenig) C. D. Specht) และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร 11 ชนิด เช่น มังคุด ทุเรียนพื้นเมือง ลางสาด เป็นต้น (รูปที่ 4) โดยประโยชน์ที่ได้รับจากพรรณไม้มาจากส่วนของ ผล 13 ชนิด เหง้า 2 ชนิด เช่น เนระพูสีไทย ว่านสากเหล็ก จากยอดอ่อน 1 ชนิด เช่น เต่าร้าง จากใบ 5 ชนิด เช่น ผักหวานช้างโขลง ผักหวานบ้าน (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) จากลำต้น 2 ชนิด เช่น เอื้องหมายนา และจากเนื้อไม้ 17 ชนิด เช่น ขนุนป่า สะเดาเทียม มะกล่ำตาไก่ เป็นต้น (ตารางที่ 3) ขณะที่ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมีทั้งรายสัปดาห์ เช่น ผักหวานช้างโขลงและผักหวานบ้าน 2 ครั้ง/ปี เช่น เนียง สะตอและหมาก 1-2 ครั้ง/ปี เช่น มังคุด ทุเรียนบ้าน จำปาดะ และเงาะ 1 ครั้ง/ปี เช่น ประ และตลอดปี เช่น บอนส้ม บอนเต่า สมุนไพรและไม้ใช้สอยต่างๆ แต่ปัจจุบันสวน 60 ปีสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเฉลี่ย 6,000 บาท/ไร่/ปี เท่านั้น (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากเจ้าของสวนมีการนำผลผลิตจากพรรณไม้บางชนิดเท่านั้นเพื่อไปสร้างรายได้โดยเฉพาะทุเรียนพันธุ์พื้นเมือง มังคุด และลางสาด แต่ยังมีพรรณไม้อีกหลายชนิดที่ยังสร้างรายได้ได้ เช่น ละมุด เงาะ ประ ผักหวานช้างโขลง เป็นต้น



รูปที่ 4 ลักษณะการใช้ประโยชน์จากพรรณสวนสมรมทั้ง 2 ประเภท

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของพรรณไม้

ส่วนที่ใช้ประโยชน์	จำนวนชนิด		รวม
	สวน 25 ปี	สวน 60 ปี	
เมล็ด		1	1
ผล	10	13	23
หน่อ	1		1
เหง้า		2	2
ยอด		1	1
ใบ		5	5
ลำต้น		2	2
เนื้อไม้		17	17

ตารางที่ 4 ช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและรายได้จากสวนสมรมทั้ง 2 ประเภท

ประเภทสวนสมรม	ช่วงการเก็บเกี่ยว(ชนิด)					รายได้ปัจจุบัน (บาท/ไร่/ปี)
	สัปดาห์	2 ครั้ง/ปี	1-2 ครั้ง/ปี	1 ครั้ง/ปี	ตลอดปี	
สวน 25 ปี	1	4	3	2	0	16,760
สวน 60 ปี	2	3	4	1	25	6,000

4. สรุปและวิจารณ์ผล

4.1 ความหลากหลายของพรรณไม้

จากการศึกษาพบว่าสวน 25 ปี มีจำนวนพรรณไม้ทั้งหมด 16 วงศ์ 23 สกุล และ 26 ชนิด (จำแนกไม่ได้ 16 ตัวอย่าง) ซึ่งมีความหลากหลายของพรรณไม้น้อยกว่าสวน 60 ปี ทั้งในไม้ยืนต้น ไม้หนุ่ม และไม้พื้นล่าง รวมถึงรูปแบบการใช้ประโยชน์ซึ่งพบเพียงการนำมาเป็นอาหารและสำหรับสร้างรายได้เท่านั้น (รูปที่ 3 และ 4) ทั้งนี้เพราะในการปรับเปลี่ยนพื้นที่สวน 25 ปีเพื่อมาทำเป็นสวนสมรมนั้นในช่วงแรกๆ เจ้าของสวนจะเน้นการปลูกพืชโตเร็วและให้ผลผลิตเร็วเป็นหลักเพื่อสามารถใช้ประโยชน์ให้ได้เร็วที่สุด เช่น เนียง และสะตอ โดยจะให้ผลผลิตเมื่ออายุประมาณ 4-5 ปี ควบคู่ไปกับการปลูกไม้ผลบางชนิดที่ให้ผลผลิตในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน เช่น มังคุด ลองกอง ซึ่งจะให้ผลผลิตช่วงอายุประมาณ 6-7 ปี (ระยะเดียวกันกับการเปิดกรีดยางพารา) นอกจากนั้นด้วยเป็นสวนที่มีการจัดการมากกว่าทำให้บางครั้งพรรณไม้ที่เจ้าของสวนไม่ได้เอามาใช้ประโยชน์โดนกำจัดออกไปจากพื้นที่ด้วยโดยเฉพาะพรรณไม้หนุ่มซึ่งจะเห็นว่าไม่พบความหลากหลายของพรรณไม้กลุ่มนี้ อย่างไรก็ตามด้วยการจัดการสวนในปัจจุบันไม่ใช่เป็นการจัดการแบบทำลายล้าง เพราะเจ้าของสวนไม่มีการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช แต่ใช้วิธีตัดด้วยเครื่องตัดหญ้า ทำให้โอกาสที่พืชจะเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่จากเมล็ด ต้นอ่อน หรือแตกยอดจากต้นตอเหลืออยู่ยังมีสูง ซึ่งเป็นไปตามที่ L. Chamorro *et al*. (2016) [7] กล่าวว่าการจัดการพื้นที่โดยไม่ใช้สารเคมีจะทำให้จำนวนชนิดของพืชพื้นล่างเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะพืชที่เหมาะสำหรับเป็นอาหารสัตว์ ซึ่ง

จะเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่า และพืชพันธุ์หายาก (Rare Species) จะเพิ่มขึ้น 4 เท่าด้วย นอกจากนั้นด้วยเป็นสวนที่ไม่มีการเปลี่ยนรอบการผลิตทำให้เมื่อสวนมีอายุมากขึ้นจนพรรณไม้ที่มีอยู่ให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ เจ้าของสวนก็ยังสามารถนำพรรณไม้อื่นๆ มาปลูกเพิ่มเพื่อใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบขึ้น พรรณไม้ก็จะมีความหลากหลายเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของซอลีฮะห์ ดอเลาะ (2549) [8] ที่กล่าวว่าความหลากหลายทางชีวภาพในสวนไม้ผลเชิงผสมขึ้นอยู่กับเจ้าของสวนเป็นหลัก โดยเฉพาะในสวนสมรมสร้างใหม่เพราะเป็นสวนที่ต้องมีการปลูกสร้างพรรณพืชใหม่ลงไป โดยเจ้าของสวนเท่านั้นที่เป็นผู้คัดเลือกชนิดพรรณเพื่อให้ได้รับประโยชน์หรือผลตอบแทนจากพืชที่ปลูกสูงหรือคุ้มค่าที่สุด

ในขณะที่สวน 60 ปี มีจำนวนพรรณไม้ทั้งหมด 36 วงศ์ 51 สกุล 59 ชนิด (จำแนกไม่ได้ 18 ตัวอย่าง) มีความหลากหลายของพรรณไม้สูงกว่าสวน 25 ปี เนื่องจากชนิดพรรณไม้ทั้งหมดมีอยู่เดิมในพื้นที่แล้ว บางต้นไม่ทราบอายุที่แท้จริง เช่น ทุเรียนพื้นเมือง มังคุด ประ เป็นต้น ในขณะที่อีกหลายชนิดได้เติบโตขึ้นมาเองตามธรรมชาติ และพรรณไม้ส่วนใหญ่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมดในหลากหลายรูปแบบ เช่น เป็นอาหาร ไม้ใช้สอย สมุนไพร และนำไปจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้ให้กับครอบครัว เป็นต้น นอกจากนี้สวน 60 ปี เป็นสวนที่มีการจัดการพื้นที่น้อย ทำให้พรรณไม้ในพื้นที่ถูกรบกวนน้อยจึงสามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้อย่างอิสระ ทั้งจากลูกไม้ที่ร่วงหล่นหรือการนำพาเข้ามาโดยปัจจัยทางธรรมชาติเช่น สภาพภูมิประเทศ ลม น้ำ สัตว์ป่า รวมถึงมนุษย์ด้วย เป็นต้น จากปัจจัยดังกล่าวทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณไม้ในสวน 60 ปีมีค่าค่อนข้างสูงกว่าสวน 25 ปี แต่อย่างไรก็ตามก็ยังน้อยกว่าป่าธรรมชาติโดยเฉพาะในพรรณไม้หนุ่ม ซึ่งจากการศึกษาของศูนย์นวัตกรรมอุทยานแห่งชาติและพื้นที่คุ้มครอง (สุราษฎร์ธานี) (2556) [9] ในพื้นที่ป่าดิบชื้นอุทยานแห่งชาติเขาปู่ – เขาย่า พบว่าดัชนีความหลากหลายของไม้ยืนต้น ไม้หนุ่มและไม้พื้นล่างมีค่าสูงกว่าสวนสมรมทั้งสองโดยมีค่า 4.91, 4.89 และ 3.75 ตามลำดับ ขณะที่สวน 60 ปี มีค่า 2.84, 0.33 และ 3.09 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ทั้งนี้เนื่องจากสวนสมรมเป็นสวนที่มีการจัดการอยู่บ้างทำให้พรรณไม้ในพื้นที่ถูกรบกวน บางชนิดอาจถูกกำจัดออกไปโดยเฉพาะไม้หนุ่มเพราะอาจกีดขวางการเข้าไปขนย้ายผลผลิตหรือสร้างความลำบากในการจัดการสวน ทำให้ความหลากหลายของพรรณไม้บางชนิดหายไป ขณะที่พรรณไม้ในพื้นที่ป่าสามารถเติบโตได้อย่างอิสระและไม่ถูกรบกวน รวมทั้งมีผลผลิตจากหมู่ไม้มากกว่าโดยเฉพาะจากผลและเมล็ดของต้นไม้ใหญ่ ซึ่งจะทำให้เกิดการกระจายของชนิดพันธุ์เกิดขึ้นได้สูงกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่วนเกษตรจากการศึกษาของ กมลวรรณ เรือนก้อน และฐิติมา บุญมา (2557) [10] พบว่าในไม้พื้นล่างมีค่าความหลากหลายที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 3 ขณะที่ไม้หนุ่มในสวนวนเกษตรจะมีค่าความหลากหลายที่มากกว่า คือ 1.9 (ตารางที่ 5) ทั้งนี้เพราะในสวน 60 ปี เจ้าของสวนได้มีการจัดการพื้นที่เพียงไม่นานก่อนการลงเก็บข้อมูลทำให้ข้อมูลที่ได้พบพรรณไม้หนุ่มที่ค่อนข้างน้อย

ตารางที่ 5 ความหลากหลายทางชีวภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ

ประเภทพรรณไม้	H'		
	ไม้ยืนต้น	ไม้หนุ่ม	ไม้พื้นล่าง
1) สวน 25 ปี	1.79	0	3.06
2) สวน 60 ปี	2.84	0.33	3.09
3) ป่าดิบชื้นอุทยานแห่งชาติเขาปู่ – เขาย่า [7]	4.907	4.887	3.746
4) สวนวนเกษตร [8]		1.9	3.0

4.2 ประโยชน์และผลตอบแทน

สวนสมรมเป็นรูปแบบหนึ่งของวนเกษตรหรือเกษตรผสมผสานที่มีความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณไม้ค่อนข้างมาก โดยพบว่าในสวน 25 ปี และสวน 60 ปี มีพรรณไม้สำหรับใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ 10 และ 32 ชนิด ตามลำดับ มีรูปแบบการใช้ประโยชน์คือ เป็นแหล่งอาหาร ไม้ใช้สอย พืชสมุนไพร และสร้างรายได้ ทั้งนี้ยังพบว่าสวนสมรมทั้ง 2 ประเภทสามารถให้ประโยชน์แก่เจ้าของสวนได้ตลอดปีด้วย โดยพบว่าสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจากสวนได้ต่อเนื่องทั้ง 1 ครั้ง/สัปดาห์ 2 ครั้ง/ปี 1 ครั้ง/ปี และบางชนิดเก็บเกี่ยวได้ตลอดปี เช่น พืชผัก สมุนไพร และไม้ใช้สอยต่างๆ ทั้งนี้ดังที่กล่าวไปแล้วว่าพรรณไม้ในสวนสมรมส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ที่เจ้าของสวนตั้งใจให้มีประสิทธิภาพในการสร้างประโยชน์ให้กับครอบครัวได้สูงที่สุด เป็นสวนที่เปรียบเสมือนธนาคารซึ่งสะสมปัจจัย 4 เอาไว้โดยเจ้าของสวนสามารถฝากหรือถอนเอาไปใช้ประโยชน์ได้ตลอดเวลา ทั้งนี้สอดคล้องกับเหตุการณ์ในปัจจุบันเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (climate change) ซึ่งบางครั้งฝนตกหนักจนต้นไม้ไม่สามารถออกดอกจนให้ผลผลิตได้ หรือในบางปีแล้งจัดจนทำให้ความชุ่มชื้นภายในพื้นที่เกษตรหายไปซึ่งอาจทำให้พรรณไม้เหี่ยวเฉาและตายได้ แต่จากพื้นที่ศึกษาพบว่าเจ้าของสวนยังไม่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ดังกล่าว โดยจากการเก็บข้อมูลพบว่ายังสามารถการเก็บเกี่ยวประโยชน์สวนสมรมได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้เป็นเพราะในสวนสมรมมีพรรณไม้หลากหลายชนิดที่มีประโยชน์หลากหลายรูปแบบและให้ผลผลิตในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ในช่วงที่ไม้ผลไม่มีผลผลิตก็ยังมีไม้พื้นล่างที่เป็นพืชผักคอยแตกยอดแทงหน่อขึ้นมาให้นำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็นต้น ดังนั้นจากสถานการณ์ที่กล่าวมาสวนสมรมจึงถือได้ว่าเป็นระบบการเกษตรที่ต่อสู้กับความแปรปรวนของสภาพอากาศได้เป็นอย่างดี ช่วยสร้างความมั่นคงในชีวิตของเจ้าของสวนโดยเฉพาะความมั่นคงทางด้านอาหาร และยังเป็นระบบเกษตรที่สามารถช่วยบรรเทาสภาวะโลกร้อนผ่านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกมากักเก็บไว้ในมวลชีวภาพของพรรณไม้และในดินได้อีกด้วย

ในส่วนของผลตอบแทนหรือรายได้จากการศึกษาพบว่าสวน 25 ปี มีค่าตอบแทน 16,760 บาท/ไร่/ปี ซึ่งมากกว่าสวน 60 ปี ที่มีเพียง 6,000 บาท/ไร่/ปี เท่านั้น (ตารางที่ 6) สาเหตุเป็นเพราะสวน 60 ปี เจ้าของสวนได้นำผลผลิตจากพรรณไม้บางชนิดเท่านั้นมาขายเพื่อสร้างเป็นรายได้ เช่น ทุเรียน มังคุด ลางสาด เป็นต้น แต่ยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้นำออกมาสร้างให้เกิดเป็นมูลค่า เช่น จำปาดะ มะปริง มะปราง ประ ละมุด เงาะ และหน่อไม้ เป็นต้น ทำให้เกิดมีค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อนำค่าเสียโอกาสมาคำนวณเพิ่มโดย

การนำพรรณไม้ที่ไม่ได้มีการสร้างมูลค่าของสวนสมรมทั้ง 2 ประเภทมาประเมินเป็นมูลค่าทางตลาด (Market Value) โดยในไม้ผลคำนวณจากผลผลิตของหมู่ไม้โดยใช้ราคาในชุมชน ไม้หนุ่มและไม้พื้นล่างคำนวณจากราคากล้าไม้ในชุมชน และคำนวณราคาปริมาตรไม้จากสถิติราคาการนำเข้าไม้ซุงของกรมป่าไม้ในปี 2559 พบว่าสามารถสร้างรายได้ให้กับเจ้าของสวน 60 ปีได้ถึง 130,280.17 บาท/ไร่/ปี ขณะที่สวน 25 ปี ที่มีมูลค่า 103,992.94 บาท/ไร่/ปี (ตารางที่ 6) ซึ่งสูงกว่าผลตอบแทนจากพืชเชิงเดี่ยวในจังหวัดนครศรีธรรมราช คือยางพาราและปาล์มน้ำมันซึ่งมีมูลค่า 13,673.45 และ 11,270.9 บาท/ไร่/ปี ตามลำดับ [11] ทั้งนี้ยังพบว่ามูลค่าดังกล่าวของสวนสมรมทั้ง 2 ประเภทสูงกว่ารายได้เฉลี่ย/คน/ปี ของประชากรในจังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งมีรายได้ เท่ากับ 91,648 บาท เท่านั้น (สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการ, 2561) [12]

ตารางที่ 6 มูลค่าจากสวนสมรมทั้ง 2 ประเภท

ประเภทสวนสมรม	มูลค่าทางเศรษฐกิจ(บาท/ไร่/ปี)		
	รายได้ปัจจุบัน	ค่าเสียโอกาส	มูลค่ารวม
สวน 25 ปี	16,760	87,232.94	103,992.94
สวน 60 ปี	6,000	124,280.17	130,280.17

จากการศึกษาครั้งนี้จึงแสดงให้เห็นว่าสวนสมรมเป็นรูปแบบการเกษตรที่สามารถสร้างความหลากหลายให้เกิดขึ้นได้ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและการนำไปใช้ประโยชน์ของมนุษย์ สอดคล้องกับการศึกษาของ MarioTorralba *et al.* (2016) [13] ที่พบว่าระบบวนเกษตรสามารถเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและนิเวศบริการ (ecosystem service) ซึ่งเป็นรูปแบบความสัมพันธ์กันระหว่างการเกษตรและป่าไม้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายยะโกบ หมัดตะหลี เจ้าของสวน 25 ปี และนายสมศักดิ์ ศิริศักดิ์ เจ้าของสวน 60 ปี ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณพี่น้องชาวเขาวังที่คอยให้ความช่วยเหลือทั้งเรื่องที่พักอาหารและการรับ-ส่ง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อร่ามรัตน์ ด้วงชนะ. (2544). ภูมิปัญญาชาวบ้านภาคใต้: ศึกษากรณีสวนสมรม. สุราษฎร์ธานี : สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

[2] สมบูรณ์ พฤกษานุศักดิ์. (2555). สถานการณ์ไม้ยางพาราของไทย. วารสารยางพารา. 33 (3), 8-10

[3] สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ, (2558). การฟื้นฟูระบบนิเวศต้นน้ำ. กรุงเทพฯ : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.dnp.go.th/watershed/rehab.htm เข้าดูเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2558

[4] Whittaker, R. H. (1970). Communities and Ecosystems. Macmillan co., Collier-Macmillan Ltd., London.

[5] Shannon, C.E. and W. Weaver. (1949). The Mathematical Theory of Communication. Urbana. Illinois Press University.

[6] ชัยยงค์ บัวบาน, รุจิรา ศาสนา, ชไมพร เกตุโฉม, วิไลวรรณ ทุมมาสุทธิ์, สุชน ถาวระ, นันทรัตน์ ไชยลังกา, ณรงค์ศักดิ์ เบียดกลาง, อิทธิพล ประสงค์ทรัพย์, อดุลย์ ไชยนา, วรรณเดช เปรมปรี และสายทอง สีบุญ. (2557). โครงการจัดทำแปลงถาวรในอุทยานแห่งชาติ ป่าดิบเขา – อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่, งานวิจัยและบทความศูนย์นวัตกรรมอุทยานแห่งชาติและพื้นที่คุ้มครอง จังหวัดนครราชสีมา. 9 (32) 2557, 188 หน้า

[7] L.Chamorro, R.M.Masalles and F.XSans. (2016). Arable weed decline in Northeast Spain: Does

organic farming recover functional biodiversity?. Agriculture, Ecosystems and Environment. vol. 223, March 2016, pp. 1–9.

[8] ซอลีฮะห์ ดอเลาะ. (2546). ความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชในสวนไม้ผลเชิงผสมและเชิงเดี่ยว ในพื้นที่ตำบลทรายขาว อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[9] ศูนย์นวัตกรรมอุทยานแห่งชาติและพื้นที่คุ้มครอง (สุราษฎร์ธานี). (2556). โครงการจัดทาแปลงตัวอย่างถาวรในอุทยานแห่งชาติป่าดิบชื้นอุทยานแห่งชาติเขาปู่ – เขาย่า. รายงานการวิจัยอุทยานแห่งชาติ, 12 (29) 2558, 101 หน้า

[10] กมลวรรณ เรือนก้อน และ ฐิติมา บุญมา. (2557). ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์และการใช้ประโยชน์ของพืชพื้นล่างและไม้หนุ่ม ในสวนวนเกษตรบ้านหล่ายโพธิ์ อำเภอบางระกา จังหวัดพิษณุโลก, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[11] สำนักงานเศรษฐกิจกรเกษตร. (2561). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2561. กรุงเทพฯ.[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/yearbook60.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/05/2561.

[12] สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการ. (2561). แผนพัฒนาจังหวัด (พ.ศ. 2561 - 2564) (ฉบับทบทวน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562). จังหวัดนครศรีธรรมราช, หน้า 5

[13] Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P.J., Moreno, G., and Plieningera, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol.230, June 2016, pp. 150–161.

ระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์

Preventive and Alarm System for Children Trapped in parked Car

สมชาย เปรียงพรม*, วิโชค พรหมดวง และธีรวัช บุณยโสภณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ประชาราษฎร์สาย 1 วงศ์สว่าง บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*ผู้ติดต่อ: scm4_0091@hotmail.com, 0869769912, เบอร์โทรสาร 02-555-2194

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการลดปัญหาของการหลงลืมเด็กนักเรียนและบุตรหลานในรถยนต์ของคนขับรถหรือผู้ปกครองจนทำให้เกิดการเสียชีวิต การออกแบบระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วย Passive Infrared Sensor : PIR ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้มีความเข้มข้นที่อยู่ในระดับความปลอดภัยด้วย MQ135 และสามารถส่งข้อความ SMS แจ้งเตือนเจ้าของรถยนต์หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องด้วยซิมการ์ดรุ่น Sim800 (GSM Module Sim800) รวมถึงสั่งให้กระจกรถยนต์ลดลงอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้ออกซิเจนถ่ายเทภายในรถยนต์ จากผลการทดลองพบว่าระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์สามารถทำงานได้จริงคือตรวจจับการเคลื่อนไหวเมื่อมีบุคคลหลงเหลืออยู่ภายในรถยนต์ และแจ้งเตือนเมื่อพบว่าการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินกว่าระดับความปลอดภัยที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดความเสี่ยงของการเสียชีวิตได้ตามวัตถุประสงค์

คำหลัก: การแจ้งเตือนและการป้องกันเด็กติดในรถยนต์, การตรวจจับการเคลื่อนไหว, การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Abstract

This reserch was made with the objective to design and construct the preventive and alarm system for children trapped in parked car, the guideline to reduce the problem of forgetting the pupil or children in the car of the driver or of the parents until there was the casualty. The design of this prevention package enabled it to be controlled by Microcontroller Arduino Mega 2560, detected of the movement with Passive Infrared Sensor (PIR), measured of CO_2 amount to have intensity in the safety level with MQ135. It could send SMS to warn the car owner or the related persons with GSM Module Sim 800 and ordered the car glass windows to be opened, to let O_2 to circulate inside the car. From the experiments, it was found that the preventive and alarm system for children trapped in parked car could actually work – it could detect the movement when there was a living left inside the car and give a warning when the detection of CO_2 amount exceeded the safety and was hazardous. It could be used as the guideline in reducing the risk of death as the objectives.

Keywords: Preventive and Alarm Childs Lock in Car System, Motion sensor, Gas senssor

1. บทนำ

เหตุการณ์การหลงลืมเด็กไว้ภายในรถยนต์เกิดขึ้นและมีให้เห็นมาอย่างต่อเนื่อง ในช่วง 5 ปี (พ.ศ. 2555 - 2559) มีเหตุการณ์ที่เด็กถูกลืมทิ้งไว้ในรถ13 เหตุการณ์ เสียชีวิต 6 รายและช่วยไว้ได้ทัน 7 ราย มีอายุ 3 - 4 ปี โดยถูกลืมทิ้งไว้ในรถรับ - ส่งนักเรียนและรถยนต์ส่วนบุคคลและพบว่าเด็กที่เสียชีวิต นอนหลับอยู่บนรถขณะรถกำลังไปส่งที่โรงเรียน ส่วนเด็กที่ช่วยไว้ได้ทัน ทั้งหมดผู้ปกครองตั้งใจทิ้งเด็กไว้ในรถเอง เพราะคิดว่าลงไปทำธุระไม่นาน (โดยติดเครื่องยนต์และเปิดแอร์ทิ้งไว้) หลายหน่วยงานได้ป้องกันปัญหา เช่น กองบัญชาการตำรวจนครบาล (บช.น.) 4 ได้จัดทำสติกเกอร์แจกให้ผู้ขับรถรับจ้างสาธารณะรับส่งนักเรียนผู้ปกครอง เพื่อเตือนให้ระมัดระวังทั่วทั้งกรุงเทพมหานคร ประเด็นที่น่าห่วงใยคือ ปัญหาเด็กถูกลืมในรถโดยเด็กที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองหรือขอความช่วยเหลือ จากบุคคลอื่นๆ ได้ [1]

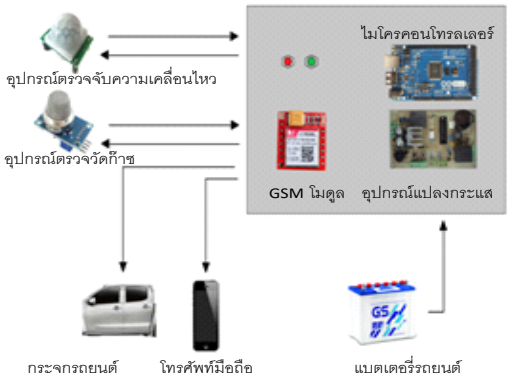
จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับการป้องกันการเกิดเหตุเด็กติดในรถ จากการศึกษาของนักศึกษาวิทยาเทคนิคลำปางได้ออกแบบและสร้างเครื่องป้องกันเด็กติดในรถ [2] เครื่องมือจะทำหน้าที่แจ้งเตือนทันทีเมื่อมีเด็กติดค้างอยู่ในรถหรือมีความเคลื่อนไหวในรถหลังดับเครื่องยนต์ โดยสัญญาณไซเรนจะดังผ่านลำโพงที่ติดอยู่กับตัวรถ จากนั้นประตูจะเปิดอัตโนมัติ พร้อมทั้งส่งข้อความเอสเอ็มเอสไปที่โทรศัพท์ได้มากถึง 5 หมายเลขที่ลงทะเบียนไว้ที่ตัวเครื่อง และแจ้งพิกัดตำแหน่งที่รถจอดอยู่ด้วย GPS อีกวิธีหนึ่งที่สามารถป้องกันการเหตุกรณีเด็กติดอยู่ในรถคือเครื่องควบคุมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรถยนต์ ซึ่งเป็นผลงานของนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม ทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อพบว่ามีผู้ติดอยู่ภายในตัวรถ หลังตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 1,000 ppm เป็นค่าระดับที่ส่งผลให้เด็กที่ติดอยู่ในรถรู้สึกอึดอัด โดยจะส่งเสียงพูดแจ้งเตือนว่า “มีสิ่งมีชีวิตอยู่ภายในรถ” หากแจ้งเตือน 3 ครั้งแล้วยังไม่มีการเปิดรถ พัดลมจะทำงานและกระจกรถจะเลื่อนลงอัตโนมัติ เพื่อให้เด็กที่ติดอยู่ในรถมีอากาศหายใจ [3]

จากปัญหาดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการออกแบบระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ขึ้น เพื่อให้ระบบมีความหลากหลายของการทำงานมากขึ้น โดยการนำเซนเซอร์การตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor) และเซนเซอร์การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาทำงานร่วมกัน ประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถส่งข้อความเอสเอ็มเอส (Short Message Service) ไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ปกครอง หรือเจ้าของรถยนต์ ด้วยอุปกรณ์ซิมการ์ดรุ่น Sim800 (GSM Sim800) พร้อมกับควบคุมให้กระจกรถยนต์เลื่อนลงอัตโนมัติ เพื่อให้ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการถ่ายเทจนเป็นค่าอากาศปกติ

2. เครื่องมือและวิธีวิจัย

ในการออกแบบและจัดทำระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามกรอบแนวคิดของงานที่ได้กำหนดไว้ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากงานวิจัย วารสารวิชาการ เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและจัดทำระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

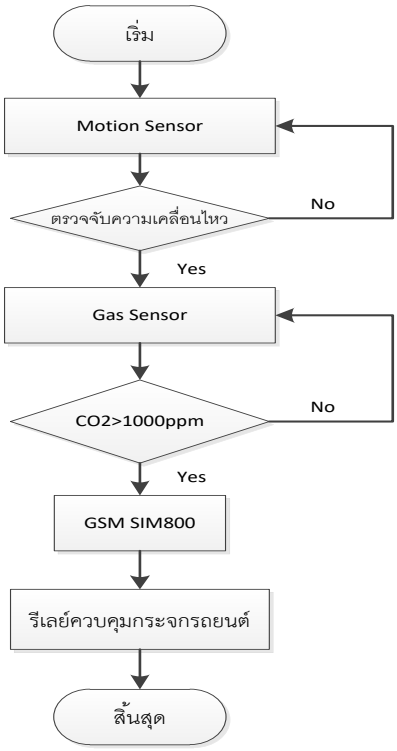
จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องคณะผู้จัดทำได้มีแนวคิดสำหรับการออกแบบ คือ ต้องการให้อุปกรณ์แจ้งเตือนและอุปกรณ์ป้องกันการเกิดเหตุกรณีเด็กติดในรถยนต์ให้สามารถทำงานร่วมกันได้โดยมีฟังชั่นการทำงานที่ครอบคลุมเงื่อนไขการแจ้งเตือนพร้อมทั้งเงื่อนไขของการป้องกันการเกิดเหตุร้ายแรงที่จะตามมาได้มากที่สุด ดังรายละเอียดอุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์

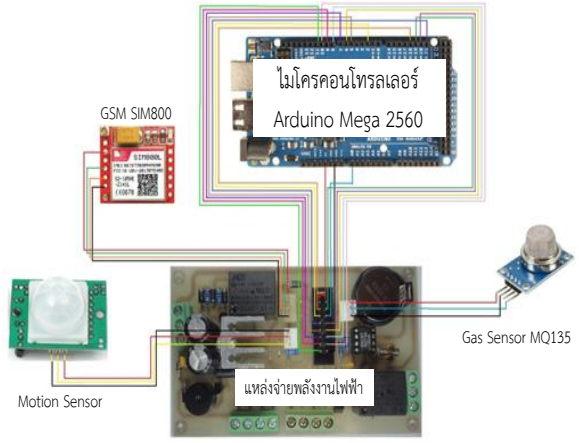
จากรูปที่ 1 ผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว อุปกรณ์ตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ชุดประมวลผลไมโครคอนโทรเลอร์ พร้อมทั้งออกแบบให้ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้โดยส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือและสั่งเปิดอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของกระจกรถยนต์ให้เปิดออกแบบอัตโนมัติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [4] [7]

การออกแบบดังกล่าวข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้สรุปสังเคราะห์แนวคิดออกมาในรูปของหลักการทำงานดังรูปที่ 2 โดยหลักการทำงานของระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์จะทำงานแบบอัตโนมัติหลังจากดับเครื่องยนต์ ชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวจะเริ่มทำงานและเมื่อพบความเคลื่อนไหวอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเริ่มทำงานพร้อมกับตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หากเกินค่าที่กำหนดระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเบอร์โทรผู้ที่ลงทะเบียนไว้ พร้อมทั้งสั่งให้กระจกรถยนต์ลดลงแบบอัตโนมัติ

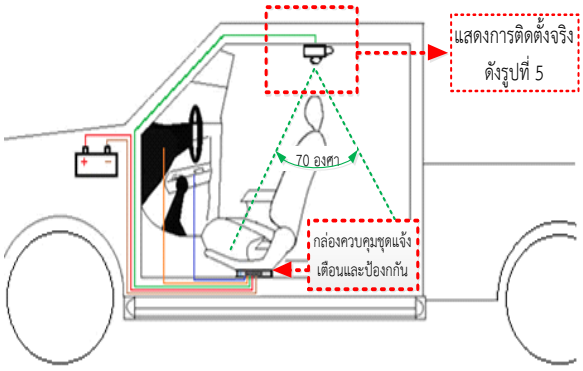


รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์

ระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ส่วนคือ (1) อุปกรณ์ประมวลผลหรือควบคุมระบบการทำงาน คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560) (2) อุปกรณ์ตรวจจับความผิดปกติภายในรถยนต์ ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor) ชนิด Passive Infrared Sensor (PIR) และเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซ (MQ 135) และ (3) อุปกรณ์ส่งสัญญานแจ้งเตือนเอสเอ็มเอสและอุปกรณ์ควบคุมการสั่งการเปิดกระจกรถยนต์ ประกอบด้วยซิมการ์ดรุ่น Sim800 (GSM Sim 800) และสวิตช์รีเรย์ ดังแสดงการเชื่อมต่อวงจรการทำงานทั้งหมดในรูปที่ 3 จากนั้นประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดในรถยนต์ตัวอย่างที่นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ทดลองดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

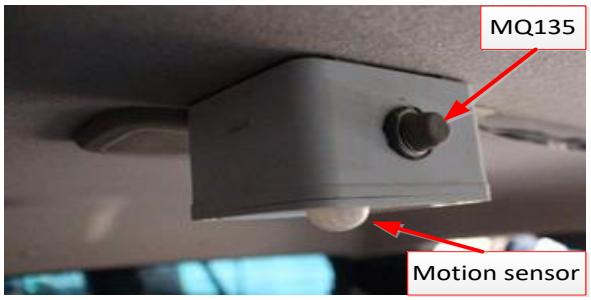


รูปที่ 3 วงจรการต่อระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์



รูปที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ตัวอย่าง

จากรูปที่ 4 แสดงตำแหน่งการติดตั้งระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ตัวอย่าง (รถยนต์กระบะ สมาร์ทแคป) โดยส่วนที่ 1 อุปกรณ์ประมวลผลหรือควบคุมระบบการทำงานติดตั้งในตำแหน่งใต้ที่นั่งคนขับ ส่วนที่ 2 อุปกรณ์ตรวจจับความผิดปกติภายในรถยนต์ติดตั้งบริเวณเหนือศรีษะใกล้กับหลอดไฟส่องสว่างภายในรถยนต์โดยอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวติดตั้งในลักษณะคว่ำหัวลงมีมุมตรวจจับกว้าง 70 องศาและอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ติดตั้งอยู่ในกล่องเดียวกันดังรูปที่ 5 ซึ่งตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และนำค่ามาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 1000 ppm) และส่วนที่ 3 อุปกรณ์ส่งสัญญานแจ้งเตือนเอสเอ็มเอสและอุปกรณ์ควบคุมการสั่งการเปิดกระจกรถยนต์ติดตั้งในกล่องควบคุมพร้อมกับต่อสายสัญญานควบคุมไปยังอุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดกระจกรถยนต์ (รีเลย์ควบคุมการเปิดกระจกรถยต์)



รูปที่ 5 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและตรวจวัดปริมาณก๊าซของระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ตัวอย่าง

3. ผลการวิจัย

จากการทดลองระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์โดยแบ่งผลการทดลองออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือการตรวจสอบสภาวะของการเกิดเหตุและส่วนที่ 2 คือส่วนของการสั่งงานอุปกรณ์เพื่อป้องกันเหตุ ส่วนแรกเป็นการทดลองการวัดความเคลื่อนไหวและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในรถยนต์ในจำนวนที่ทดลองทั้งหมด 25 ครั้ง ผลปรากฏว่าอุปกรณ์วัดความเคลื่อนไหวสามารถทำงานได้โดยไม่พบข้อผิดพลาดใดๆ คือสามารถรับค่าและส่งสัญญานไปยังอุปกรณ์ประมวลผลได้ตามที่ต้องการ ส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซสามารถวัดค่าปริมาณก๊าซให้อยู่ในช่วงที่ปลอดภัยดังตารางที่ 3 และส่งสัญญานไปยังอุปกรณ์ประมวลผลได้ตามวัตถุประสงค์ และส่วนที่ 2 คือการทดลองอุปกรณ์สั่งงาน ประกอบด้วยอุปกรณ์ส่งข้อความเอสเอ็มเอสและควบคุมการเปิดกระจกผลปรากฏว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ทุกประการ ซึ่งระบบการตรวจจับความเคลื่อนไหว ระบบการ

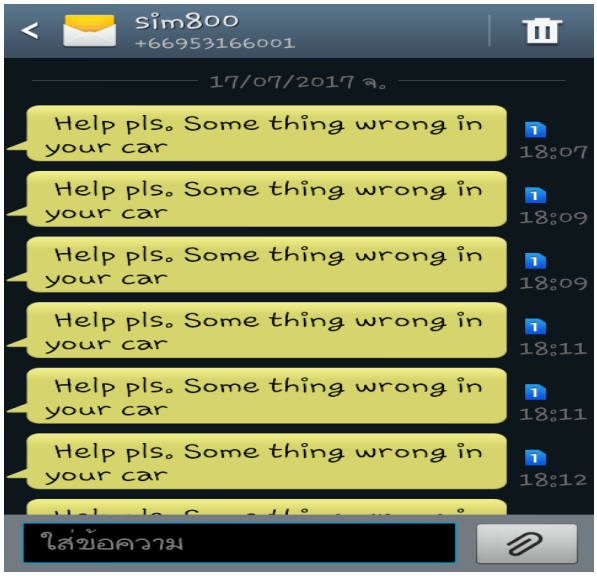
ตรวจวัดปริมาณก๊าซ ระบบการส่งข้อความเอสเอ็มเอส และระบบการทำงานของกระจกไม่เกิดข้อผิดพลาดเลย จึงทำให้ระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ทำงานตามได้วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลอง

ครั้งที่	ผลการวัดค่า		สถานะการทำงาน	
	สถานะการทำงาน PIR	MQ135 (ppm)	SMS	กระจก
1	✓	1,094.84	✓	✓
2	✓	1,138.20	✓	✓
3	✓	1,246.60	✓	✓
4	✓	1,181.56	✓	✓
5	✓	1,322.48	✓	✓
6	✓	1,149.04	✓	✓
7	✓	1,105.68	✓	✓
8	✓	1,264.60	✓	✓
9	✓	1,105.68	✓	✓
10	✓	1,116.52	✓	✓
11	✓	1,116.52	✓	✓
12	✓	1,094.84	✓	✓
13	✓	1,149.04	✓	✓
14	✓	1,344.16	✓	✓
15	✓	1,268.28	✓	✓
16	✓	1,170.72	✓	✓
17	✓	1,181.56	✓	✓
18	✓	1,094.84	✓	✓
19	✓	1,159.88	✓	✓
20	✓	1,214.08	✓	✓
21	✓	1,300.80	✓	✓
22	✓	1,127.36	✓	✓
23	✓	1,127.36	✓	✓
24	✓	1,333.32	✓	✓
25	✓	1,192.40	✓	✓

หมายเหตุ ✓ คือสภาวะการทำงานปกติ

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองจำนวน 25 ครั้งการวัดค่าความเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ตรวจวัดความเคลื่อนไหว (Passive Infrared Sensor : PIR) ทำงานเป็นปกติ การตรวจวัดค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินกว่าค่าที่กำหนดโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,184.01 PPM การส่งข้อความไปยังโทรศัพท์และควบคุมกระจกรถยนต์ให้ลดลงอัตโนมัติเมื่อตรวจพบปริมาณก๊าซเกินค่าที่กำหนดทุกครั้ง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ที่ทำการออกแบบสามารถแจ้งเตือนและป้องกันการเกิดเหตุการณ์การหลงลืมเด็กติดในรถยนต์ได้ตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 6 ตัวอย่างข้อความที่ได้รับจากระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการเกิดเหตุเด็กติดในรถยนต์ด้วยการสร้างสถานการณ์การเคลื่อนไหว การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การส่งข้อความ และการสั่งเปิดกระจกรถยนต์ทั้งหมดรวม 25 ครั้ง ระบบสามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินกว่าค่าที่กำหนดเฉลี่ยอยู่ที่ 1,184.01 PPM การส่งข้อความคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และการสั่งเปิดกระจกคิดเป็น 100

เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถสรุปได้ว่าการออกแบบระบบแจ้งเตือนและป้องกันเด็กติดในรถยนต์ดังที่แสดงข้างต้นเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันเหตุการณ์เด็กติดภายในรถยนต์ โดยการนำเทคโนโลยีของอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบประมวลผลคือไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมถึงระบบสื่อสารและอุปกรณ์พื้นฐานภายในรถยนต์ได้เป็นอย่างดี เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนา การป้องกันและลดความเสี่ยงของการเสียชีวิตกรณีการหลงลืมเด็กไว้ในรถยนต์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [3] [4] [7]

5. เอกสารอ้างอิง

[1] กองวิชาการ สำนักงานปลัด*กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์* (2559). ลืมเด็กในรถอันตรายถึงชีวิต, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.m-society.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 16/05/2559.

[2] *สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)* กระทรวงศึกษาธิการ ประเทศไทย (2559). ราชวินิต ติดเครื่องไฮเทคกันลืมเด็กซ้ำ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.moe.go.th เข้าดูเมื่อวันที่ 16/05/2559.

[3] Vittoria A. Parnian N. B. Ermanno B. and Massimiliano A. (2014). Next-Generation Technologies for Preventing Accidental Death of Children Trapped in Parked Vehicles, (IEEE IRI 2014), San Francisco, California, USA, August 13-15, 2014.

[4] เกศศักดิ์ดา ศรีโคตรและวรางคณา เหนือคูเมือง (2560). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ตัวตรวจจับทางอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับระบบแจ้งเตือนเด็กติดค้างในรถยนต์, วารสารวิจัยมหาวิทยลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2560, หน้าที่ 34-39.

[5] มุหัมมัด มั่นศรัทธา และคณะ (2559). ระบบเปิดปิดไฟอัตโนมัติภายในห้องน้ำโดยใช้โครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ESP8266/ Node MCU, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2560, หน้าที่ 73-82.

[6] ภารดี ช่วยบำรุงและชัญฐิศา ประพันธ์พจน์ (2558). ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในระบบขนส่งมวลชนทางบกในเขตกรุงเทพมหานคร, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปีที่ 23 ฉบับที่ 6 (ฉบับพิเศษ) หน้าที่ 898-913.

[7] Susila M. Soundarya R. Vennilavu S. and Karthik B. (2015). A CHILD-LEFT-BEHIND WARNING SYSTEM IN VEHICLES, International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science, Volume No. 03, Issue No. 03, March 2015. Pp. 106-114.

ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา

Information System for Managing, Searching and Retrieving Dormitory Information around University of Phayao

ยืนยง กันทะเนตร *, ภูมินทร์ นาวิโรจน์, พุทธชาด สัตยาศัย

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

*Email: yeunyong.ka@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยพะเยามีนิสิตเข้ามาศึกษาเล่าเรียนเป็นจำนวนมาก ความต้องการในการสืบค้นหอพักตามความต้องการเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและใช้เวลานาน เนื่องจากหน้ามหาวิทยาลัยมีหอพักอยู่หลากหลายแห่ง บางหอพักอยู่ในบริเวณที่ห่างไกล ไม่สามารถเข้าถึงได้ง่าย เพื่อเป็นการแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้จัดทำระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีรูปแบบที่ใช้งานง่าย ทำให้การสืบค้น และค้นคืนทำได้สะดวกรวดเร็ว ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกหอพัก การศึกษาเริ่มจากเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลหอพักบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา ข้อมูลชนิดของหอพัก และรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มหอพักหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา ศึกษาค้นคว้าจากเว็บไซต์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุด้วย Unified Modeling Language และออกแบบ User Interface จากนั้นพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา HTML CSS JavaScript และ PHP ในการพัฒนาระบบสารสนเทศ ใช้ Xampp เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์จำลอง MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล จากนั้นทำการประเมินระบบกับกลุ่มประชากร ผู้ที่ต้องการสืบค้น และค้นคืนหอพักบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 50 คน ผลจากการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้ โดยภาพรวมของด้านการออกแบบ ค่าเฉลี่ย 4.34 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดีมาก และด้านประสิทธิภาพการทำงาน ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.34 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดี

คำหลัก: ระบบสารสนเทศ, ระบบนำทาง, สืบค้น, ค้นคืน

Abstract

For several years, University of Phayao has been accepting abundant of students. Consequently, the necessity of dormitory search engine is getting higher each year. Finding the right dorm that meets a person's need can be inconvenient and time consuming. There are numerous student dormitories around University of Phayao. Some are distant or hard to find. Therefore, a system for managing, searching and retrieving dormitory information is significant to solve the problem; a dormitory searching website with user-friendly interface to help speeding up the process. Our research started with dormitory data collection. Secondly, we studied other related researches online. Collected data was object-oriented analyzed and designed by using Unified Modeling Language. Then, we designed the website's User Interface and developed the system by using HTML, CSS, JavaScript and PHP.

Xampp was used as a mock-up server with database managed by MySQL. System evaluation was done by 50 participants from target population. Overall satisfaction survey results indicated that users' satisfaction with our website design was on the average of 4.34, considered as very satisfied, and the average of website efficiency was 4.34, considered as satisfied.

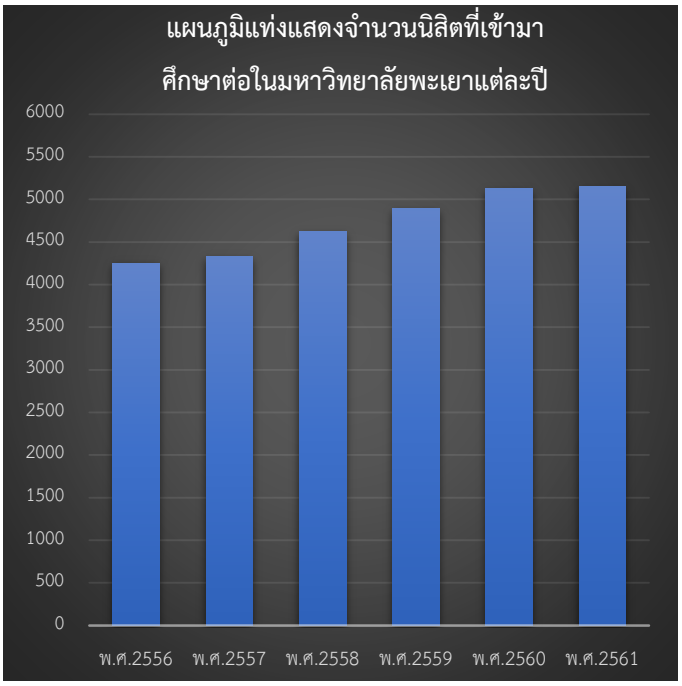
Keywords: Information System, Navigation System, Searching, Retrieve

1.บทนำ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยพะเยามีนิสิตเข้ามาศึกษาเล่าเรียนเป็นจำนวนมาก[4] ทำให้จำนวนหอพักภายในมหาวิทยาลัยไม่เพียงพอต่อความต้องการของนิสิต บางรายมีความต้องการย้ายมาอยู่หอพักที่อยู่ภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งการหาหอพักตามความต้องการเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและใช้เวลานาน เนื่องจากบริเวณมหาวิทยาลัยมีหอพักอยู่หลากหลายแห่ง บางหอพักอยู่ในบริเวณที่ลึกซับซ้อนในการเข้าไปดูหอพักนั้น ก่อให้เกิดความยุ่งยากไม่สะดวกและล่าช้า

แหล่งข้อมูลที่เกี่ยวกับหอพัก เช่น ค่าเช่าต่อเดือน ลักษณะทางกายภาพ อุปกรณ์หรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีให้ ค่าน้ำ ค่าไฟ รวมไปถึงทำแลที่ตั้ง ล้วนแล้วแต่เป็นข้อมูลที่จำเป็น ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ อำนวยความสะดวกในเรื่องการหาหอพัก การประหยัดเวลาการหาหอพัก หรือบอกทิศทางการไปหอพักเพื่อง่ายต่อการเดินทางของนิสิตนักศึกษาที่ต้องการไปหอพักที่ตนเองสนใจ

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา เป็นรูปแบบที่ใช้งานได้ง่ายทำให้การหาหอพักทำได้สะดวกรวดเร็วลดความลำบากและเพิ่มทางเลือกให้กับนิสิตนักศึกษาของมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ยังเป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด



(อ้างอิง: ระบบบริการการศึกษา www.reg.up.ac.th)

กราฟที่ 1 จำนวนนิสิตนักศึกษาที่เข้ามาศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยพะเยาในแต่ละปีการศึกษา

2. วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีวิธีการศึกษาและขั้นตอนการพัฒนา 6 ขั้นตอน [5] ดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลหอพักบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา ข้อมูลชนิดของหอพัก และรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มหอพักหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา ศึกษาค้นคว้าจากเว็บไซต์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. วิเคราะห์และกำหนดขอบเขตของระบบ จากข้อมูลที่ได้รวบรวม คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตของงานวิจัย เชิงวัตถุด้วย Unified Modeling Language

3. การออกระบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบให้มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) แบ่งเป็นส่วนๆ ได้แก่ ส่วนค้นหาหอพัก ส่วนเลือกรายละเอียดของหอพัก ส่วนบริการข้อมูลหอพัก ส่วนแผนที่ของหอพัก ส่วนการเข้าระบบของผู้ดูแลหอพัก และส่วนการแก้ไขข้อมูลหอพัก

4. การพัฒนาระบบ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ใช้ภาษา HTML, CSS, JavaScript และ PHP ร่วมกับ bootstrap ในการพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (User Interface)

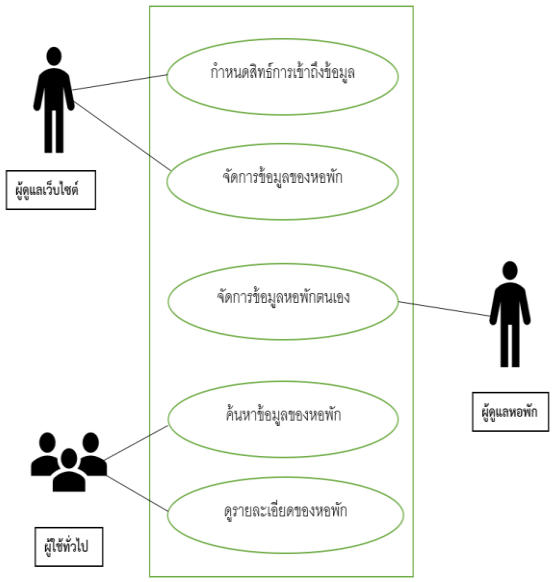
5. การทดสอบระบบ หลังจากผ่านขั้นตอนการพัฒนาระบบ คณะผู้วิจัยต้องทำการทดสอบในส่วนต่างๆ ของระบบเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ ตรงกับขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ หากเกิดข้อผิดพลาดของข้อมูลหรือการแสดงผลในส่วนใด คณะผู้วิจัยต้องทำการแก้ไขเพื่อให้ระบบพร้อมและสามารถทำงานได้

6. ประเมินผลระบบ ในการประเมินผลระบบจากผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา

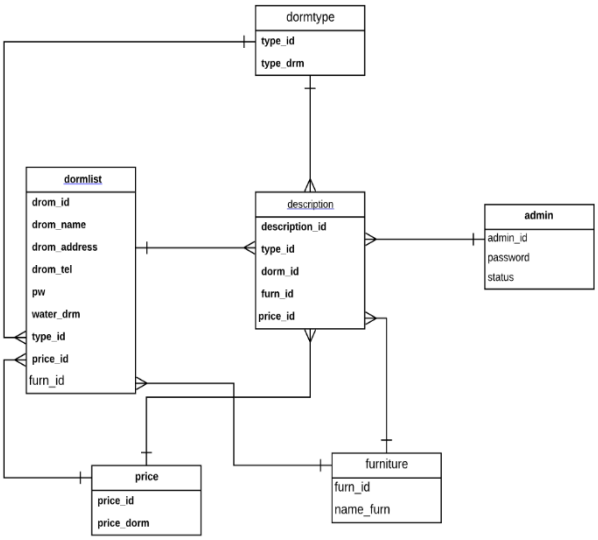
3. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาคณะผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตของระบบ ส่วนของการออกแบบและพัฒนาระบบ ส่วนการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ส่วนของการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตของระบบ ได้แก่ Use Case diagram และ Class diagram

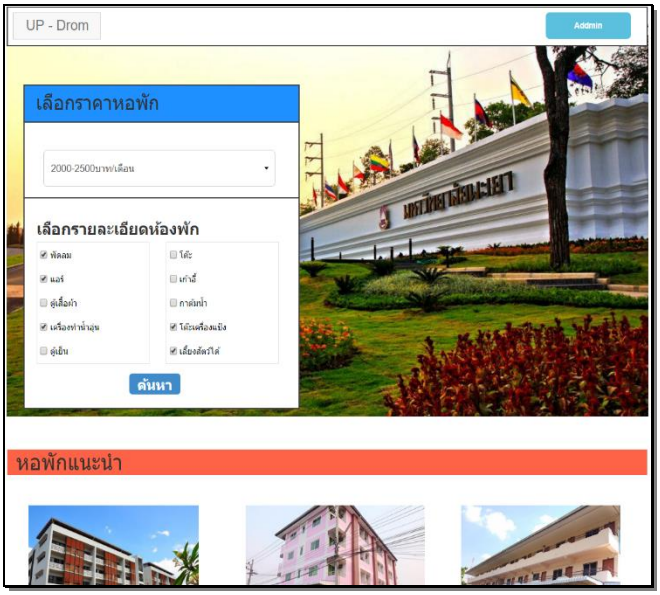


รูปที่ 1 Use Case diagram



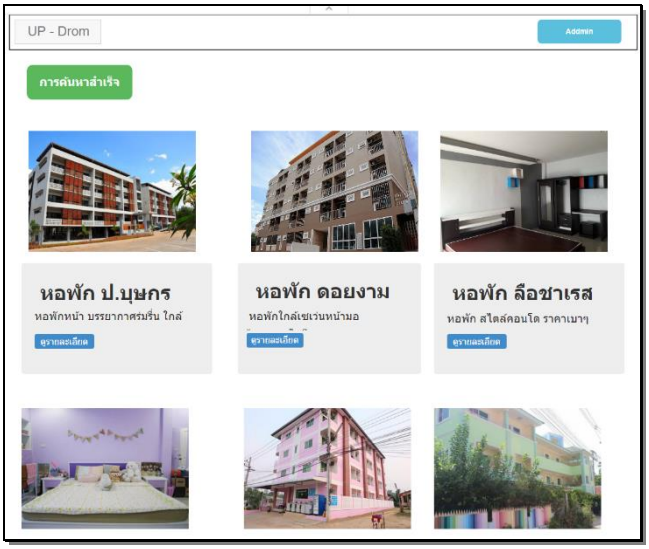
รูปที่ 2 Class diagram

2. ส่วนของการออกแบบและพัฒนาระบบ



รูปที่ 3 หน้าค้นหาหอพัก

จากรูปที่ 3 ผู้ใช้ใส่ข้อมูลหอพักตามที่ผู้ใช้ต้องการ เพื่อนำข้อมูลส่วนนี้ค้นหาหอพักตามที่ต้องการ



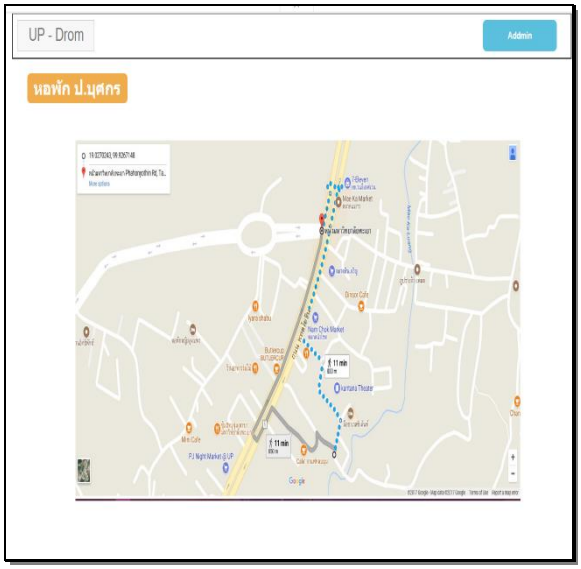
รูปที่ 4 หน้าแสดงหอพักที่ค้นหา

จากรูปที่ 4 ระบบจะทำการแสดงรายชื่อหอพักที่ต้องกับความต้องการของผู้ใช้



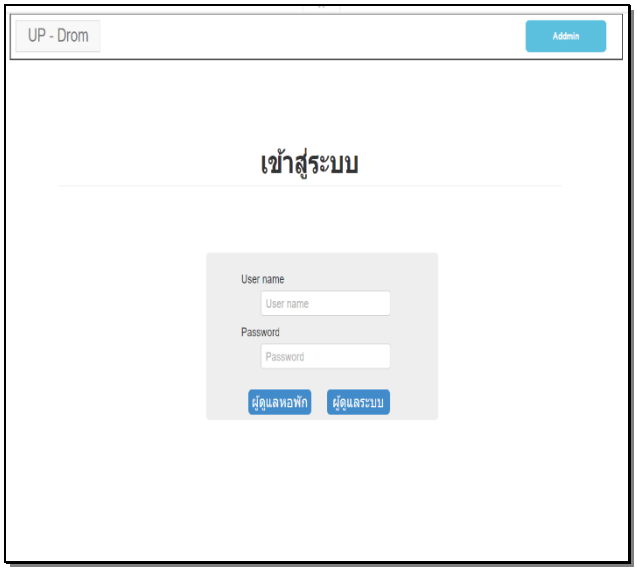
รูปที่ 5 หน้าแสดงรายละเอียดหอพัก

จากรูปที่ 5 เป็นหน้าแสดงรายละเอียดหอพัก หลังจากที่ผู้ใช้ได้ทำการค้นหาหอพัก



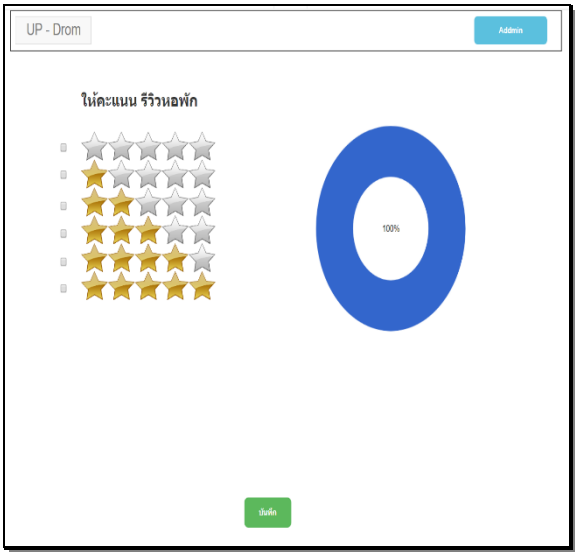
รูปที่ 6 หน้าแผนที่นำทางไปหอพักที่ต้องการ

จากรูปที่ 6 หน้าแสดงแผนที่นำทางไปหาหอพักที่ผู้ใช้ต้องการจะเข้าพักอาศัย



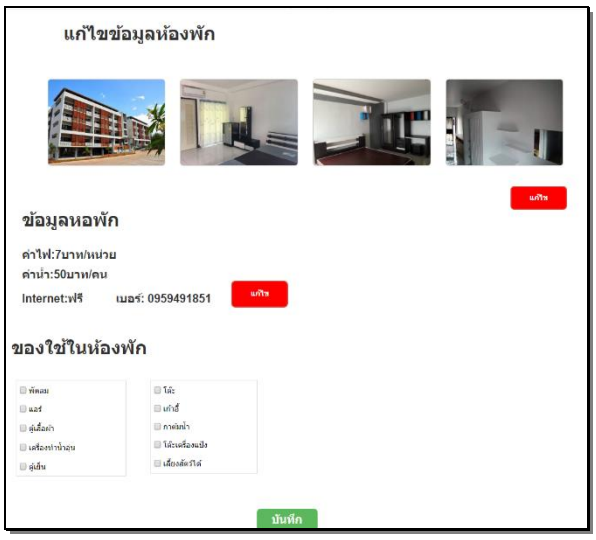
รูปที่ 8 หน้าเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลหอพัก

จากรูปที่ 8 หน้าเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลหอพักและผู้ดูแลระบบของเว็บไซต์



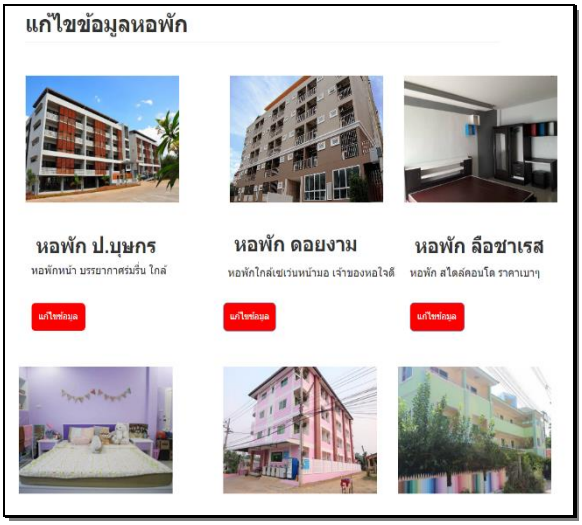
รูปที่ 7 หน้าให้คะแนนความพึงพอใจต่อหอพัก

จากรูปที่ 7 หน้าให้คะแนนความพึงพอใจของหอพักเพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้ที่ต้องการจะตัดสินใจเช่าหอพัก



รูปที่ 9 หน้าแก้ไขข้อมูลหอพักของผู้ดูแลหอพัก

จากรูปที่ 9 หน้าแก้ไขข้อมูลของผู้ดูแลหอซึ่งจะสามารถแก้ไขข้อมูลได้เฉพาะหอพักของตนเองเท่านั้น



รูปที่ 10 หน้าแก้ไขข้อมูลหอพักของผู้ดูแลระบบ

จากรูปที่ 10 หน้าแก้ไขหอพักของผู้ดูแลระบบซึ่งจะสามารถแก้ไขข้อมูลได้ทุกหอพักที่มีอยู่ในระบบ

3. ส่วนการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา จากการประเมินมี 2 ด้าน ทั้งหมดจำนวน 7 ข้อ ในแต่ละข้อเป็นประมาณค่า 5 ระดับ[1][2] ให้ผู้ใช้งานเลือกประเมิน แต่ละข้อมีคะแนนดังต่อไปนี้

มากที่สุด เท่ากับ 5 คะแนน หมายถึง ผู้ประเมินเห็นด้วยกับข้อความนั้นมากที่สุดมาก เท่ากับ 4 คะแนน หมายถึง ผู้ประเมินเห็นด้วยกับข้อความนั้นมาก

ปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน หมายถึง ผู้ประเมินเห็นด้วยกับข้อความนั้นปานกลาง

น้อย เท่ากับ 2 คะแนน หมายถึง ผู้ประเมินเห็นด้วยกับข้อความนั้นน้อย

น้อยที่สุด เท่ากับ 1 คะแนน หมายถึง ผู้ประเมินเห็นด้วยกับข้อความนั้นน้อยที่สุด

4. สถิติที่นำมาใช้ในการประเมิน

โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ คือ ใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) [3] นำแบบการประเมินการยอมรับดังตารางดังต่อไปนี้

5. กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากร คือ ผู้ที่ต้องการหาหอพักบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 50 คน

ประเด็นการสำรวจ	ระดับความพึงพอใจ 5	4	3	2	1	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
ด้านการออกแบบ								
1. ออกแบบเข้าใจง่าย	30	16	4	0	0	4.52	0.65	ดีมาก
2. ขนาดตัวอักษร	31	19	0	0	0	4.62	0.49	ดีมาก
3. ความน่าสนใจ	14	22	14	0	0	4.10	0.76	ดี
4. ความคิดสร้างสรรค์	18	19	13	0	0	4.12	0.79	ดี
5. ความชัดเจน	27	18	5	0	0	4.41	0.67	ดีมาก
รวม						4.34	0.29	ดีมาก

ตารางที่ 1 ผลการประเมินด้านการออกแบบ

ประเด็นการสำรวจ	ระดับความพึงพอใจ					$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	5	4	3	2	1			
ด้านประสิทภาพการทำงาน								
6. การทำงานของเว็บไซต์ถูกต้อง	35	15	0	0	0	4.70	0.46	ดี
7. การทำงานของเว็บไซต์แสดงผลชัดเจน	16	34	0	0	0	4.34	0.48	ดีมาก
รวม						4.34	0.29	ดีมาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพการทำงาน

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบเมื่อแยกแต่ละหัวข้อ พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจ หัวข้อออกแบบเข้าใจง่ายมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.65 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดี หัวข้อขนาดตัวอักษรมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.49 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดี หัวข้อความน่าสนใจมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.76 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดีมาก หัวข้อความคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.79 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดีมาก หัวข้อความชัดเจนมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.67 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดีมาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพการทำงานเมื่อแยกตามแต่ละหัวข้อ พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจ หัวข้อการทำงานของเว็บไซต์รวดเร็วถูกต้อง มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.46 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดี หัวข้อการทำงานของเว็บไซต์แสดงผลออกทางหน้าจอชัดเจนมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.48 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดีมาก

5. วิจารณาและสรุปผล

จากการศึกษาค้นคว้าออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ สืบค้นและค้นคืนข้อมูลหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา พบว่าการดำเนินงานเริ่มจากรวบรวมข้อมูลจากหอพักบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา จากนั้นเริ่มสร้างระบบเกี่ยวกับฐานข้อมูล มีการเพิ่มข้อมูลหอพัก เพิ่มข้อมูลชนิดหอพัก เฟอร์นิเจอร์ในหอพัก ส่วนระบบจะประกอบไปด้วย การล็อคอินของผู้ดูแลหอพักเพื่อทำการมาแก้ไขข้อมูลหอพักของตนเอง การค้นหาหอพักตามความต้องการของผู้ใช้ แสดงข้อมูลของหอพักที่ทำการค้นหา แสดงแผนที่นำทางไปหอพักที่ต้องการ การออกแบบเน้นการออกแบบเรียบๆ เพื่อให้ผู้ใช้บริการเว็บไซต์เข้าใจและใช้งานง่าย ผลจากการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้ เมื่อดูโดยภาพรวมของด้านการออกแบบ ค่าเฉลี่ย 4.51 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดีมาก และด้านประสิทธิภาพการทำงานได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.36 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจที่ดี

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คณาจารย์ ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการทำโครงงานวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำพร้อมกับการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง จนโครงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ดูแลหอพักที่ให้ข้อมูลและความรู้เรื่องหอพัก เพื่อให้โครงงานวิจัยสำเร็จลุล่วง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กฤชสุวัชร์ ประโยชน์พิบูลผล (2554). *รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศ เพื่อการ*

ประชาสัมพันธ์บนเครือข่ายมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, หน้าที่ 6 – 41.

[2] นารีรัตน์ โสติถิมานนท์ (2556). *รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางพัฒนาเว็บไซต์ในการประชาสัมพันธ์*, หน้าที่ 12 – 91.

[3] วีรกานต์ ศรีกิจเกษมวัฒน์ (2556). *รายงานการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกเช่าหอพักอาศัยบริเวณใกล้มหาวิทยาลัยคริสเตียน*, หน้า 3 – 9

[4] ศักดิ์ชัย ศรีมากรณ์ (2555). การพัฒนาระบบสารสนเทศบนแผนที่ออนไลน์ของหอพักเครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal, ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม 2555 – ธันวาคม 2555 หน้า 29-37

[5] สมพล สุขเจริญพงษ และกสมล ชนะสุข (2558). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลของจังหวัดนครปฐม, วารสารวิทยาการจัดการสมัยใหม่, ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม–มิถุนายน 2558, หน้า 94 – 108

การประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากภาพถ่าย

Estimation of Native Chicken Weight using Neural Network Technique from Images

ศิวกร แก้วรัตน์[1,2,*], และคมยุทธ ไชยวงษ์[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถ.เลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

[2] สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถ.เลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

*ผู้ติดต่อ: E-mail, aj.siwakorn@yahoo.com, 089-7131270

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบน้ำหนักไก่พื้นเมืองค่าจริงกับค่าจากการใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมโดยศึกษาการประมาณค่าน้ำหนักไก่ด้วยกระบวนการประมวลผลภาพของไก่ แล้วแยกชิ้นส่วนภาพออกเป็น 2 ส่วนคือ ภาพส่วนคอและภาพส่วนลำตัว เพื่อให้ได้สัดส่วนหรือขนาดแล้วใช้เทคนิคการประมาณค่าน้ำหนักไก่สำหรับการเรียนรู้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม เปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนักไก่จริงด้วยเครื่องชั่ง เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรเลี้ยงไก่พื้นเมืองระยะต่างๆ ทราบปริมาณน้ำหนักไก่เปรียบเทียบกับอายุไก่เพื่อเป็นข้อมูลการให้อาหารหรือการผสมอาหารสำหรับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง โดยใช้ข้อมูลของสัดส่วนไก่ จำนวน 200 ตัว หาความถูกต้องของข้อมูล ดังนี้ ส่วนของการเรียนรู้ของข้อมูล (Training) มีความถูกต้องอยู่ที่ 85.92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของข้อมูลทดสอบ (Test) มีความถูกต้องอยู่ที่ 85.75 เปอร์เซ็นต์ และส่วนข้อมูลจริงสำหรับทดสอบ (Validation) มีความถูกต้องอยู่ที่ 85.38 เปอร์เซ็นต์ โดยรวมมีความถูกต้องของข้อมูลอยู่ที่ 85.98 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: น้ำหนักไก่, เทคนิคการประมาณค่า, การเรียนรู้เครื่องจักร, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

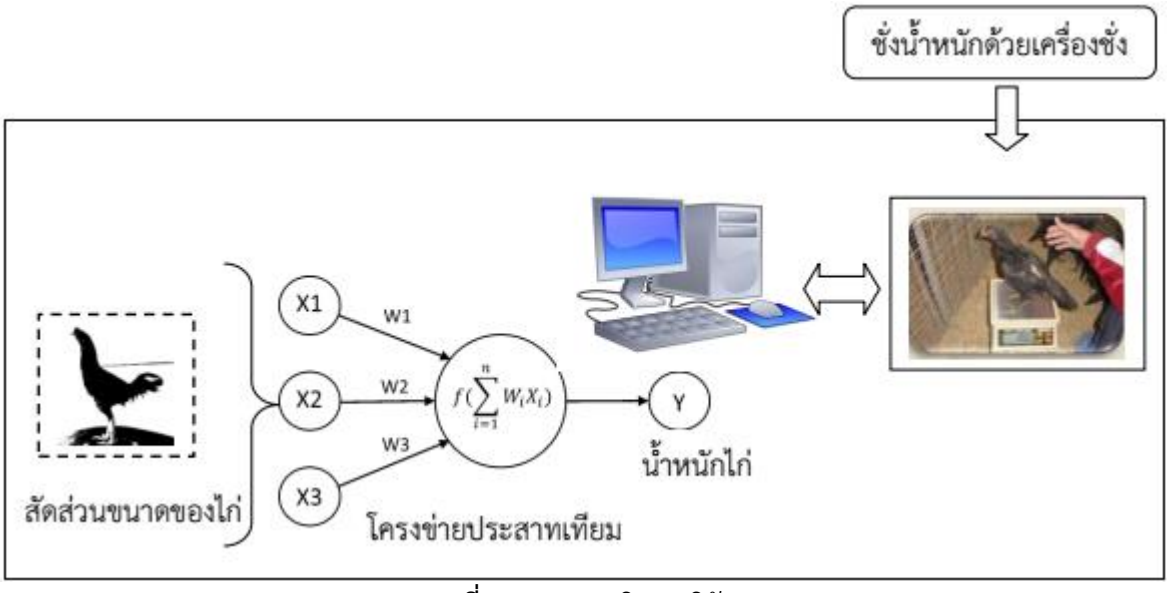
This research compares the actual and the estimated native chicken weight. The estimation uses a neural network technique. A study of chicken weight estimation proceeds by image processing. Then split the image into two parts: neck and body images. This image was converting to the proportion of chickens. Using the technique estimates chicken weight to compare the actual chicken weigh. To facilitate native chicken farmers known native chicken weight to compare chicken age for feeding or mixing foods. The data of 200 chickens were analyzed by using the following data. The training was 85.92 percent. The test was valid at 85.75 percent and the validation was valid. Overall, the accuracy of the data was 85.98 percent.

Keywords: chicken weight, estimated technique, machine learning, neural network.

1. บทนำ

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลี้ยงไก่พื้นเมืองนั้น ต้องมีการจัดการด้านการเลี้ยงดู อาหารหรือการผสมอาหาร โดยจะมีการสุ่มตัวอย่างไก่จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์เพื่อหาค่าน้ำหนักและทำการบันทึกข้อมูล แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐานระหว่างน้ำหนักและอายุไก่ เพื่อดูการเจริญพันธ์และเป็นข้อมูลการให้อาหารหรือการผสมสูตรอาหารของไก่ในแต่ละช่วงอายุ [1] ซึ่งการหาค่าน้ำหนักตัวของสัตว์เลี้ยงทำได้หลายวิธี เช่น วิธีแรกไม่เสียค่าใช้จ่ายเลย คือ การประมาณน้ำหนักจากสายตาที่มองเห็นและจากประสบการณ์ของผู้เลี้ยง วิธีนี้มีความคลาดเคลื่อนสูง วิธีที่สองใช้ความรู้คณิตศาสตร์ช่วยหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของสัตว์เลี้ยงกับน้ำหนักที่ชั่งจริงด้วยเครื่องชั่ง เช่น น้ำหนัก = -711.06 + 6.31 x (ความยาวรอบอกของม้า) วิธีที่สามพัฒนาจากสมการคำนวณน้ำหนักเป็นสายวัดน้ำหนัก ใช้วัดรอบอกหรือลำตัวของสัตว์เลี้ยงแล้วอ่านค่าจากตารางเทียบออกมาเป็นน้ำหนัก วิธีนี้ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่เพราะสายวัดน้ำหนักถูกออกแบบมากลาง ๆ ไม่เจาะจงสายพันธุ์ เพศ หรือวิธีการเลี้ยงดู และวิธีที่สี่จะแม่นยำที่สุดคือใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่ได้มาตรฐาน แต่อาจจะยุ่งยากในการจับสัตว์ขึ้นตราชั่ง [2]

จากวิธีต่าง ๆ ในการหาค่าน้ำหนักของสัตว์เลี้ยง ผู้วิจัยจึงสนใจการหาค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลี้ยงไก่พื้นเมือง เนื่องจากไก่มีจำนวนมากเกิดความยุ่งยากในการใช้สายวัดน้ำหนักหรือการจับไก่ขึ้นเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากภาพถ่ายและเปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนักไก่จริงด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่ได้มาตรฐาน



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

2. กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าน้ำหนักของสัตว์เลี้ยง ได้แก่ วิธีการชั่งน้ำหนัก การวัดความกว้างอก และรอบอกไก่ [3], การประมาณค่าน้ำหนักสุกรจากภาพถ่าย [4], และ An approach based on digital image analysis to estimate the live weights of pigs in farm environments [5] เป็นการศึกษาเกี่ยวกับระบบประมาณค่าน้ำหนักสุกรในฟาร์ม ด้วยวิธีการประมวลผลภาพ และ อัลกอริทึม VQTAM (vector-quantized

temporal associative memory) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ boundary detection, feature extraction และ pattern recognition หลังจากนั้นทำการปรับปรุงด้วยวิธี AR (autoregressive model) และ วิธี LLE (locally linear embedding) ผลการวิจัยพบว่า วิธีการประมวลผลภาพ และอัลกอริทึม VQTAM พร้อมกับวิธี LLE มีความเที่ยงตรงสูงมีความผิดพลาดประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังกล่าวผู้วิจัยจึงเสนอกรอบแนวคิดการวิจัย การประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากภาพถ่ายเปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนักไก่จริงด้วยเครื่องชั่ง ดังแสดงตามรูปที่ 1

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

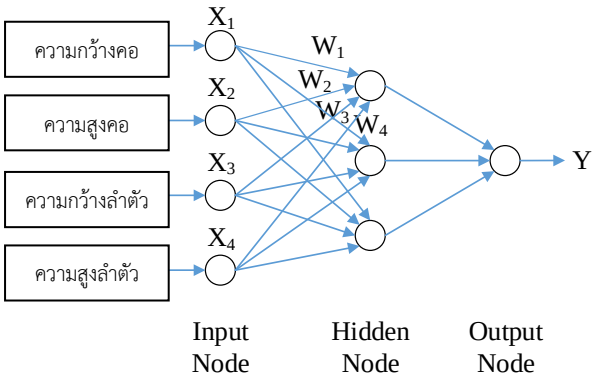
ศึกษาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ด้านการจัดการการเลี้ยงดูและการชั่งน้ำหนักไก่ และการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เพื่อการเรียนรู้จำในการประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองจากภาพถ่าย



รูปที่ 2 การเตรียมภาพถ่ายไก่

กลุ่มเป้าหมายเป็นเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในพื้นที่จังหวัดเลย ใช้ไก่พื้นเมืองจำนวน 200 ตัว ทำการเก็บข้อมูลไก่พื้นเมือง โดยทำการชั่งน้ำหนักไก่พื้นเมืองแต่ละตัวด้วยตราชั่งที่ได้มาตรฐานเพื่อทราบน้ำหนักจริงและถ่ายภาพด้านข้างของไก่ ซึ่งการถ่ายภาพจะทำการติดตั้งกล้องที่ระยะห่างจากฉากด้านหลัง 150 เซนติเมตร ที่มีจุดอ้างอิงในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง 4 จุด จากนั้นนำภาพถ่ายของไก่พื้นเมืองมาหาสัดส่วนด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ตามที่แสดงในรูปที่ 2 นำภาพที่ได้มาทำการปรับภาพให้เป็นภาพขาวดำและกำหนดเกณฑ์ (Threshold) และทำการครอบตัดภาพแยกชิ้นส่วนภาพออกเป็น 2 ส่วน คือภาพส่วนหัวหรือคอ และภาพส่วนลำตัว จากนั้นทำการหาสัดส่วนจากจำนวนของจุด (pixel) ในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งนำมาเปรียบเทียบค่ากับจุดอ้างอิงที่เป็นขนาดจริงเพื่อให้ได้สัดส่วนขนาดความกว้างและความยาวของคอและลำตัวไก่พื้นเมือง

เมื่อได้สัดส่วนของไก่พื้นเมืองจากภาพถ่ายของแต่ละตัวจะถูกนำไปเป็นชุดของข้อมูล (Data set) เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งจะประกอบด้วย ส่วนที่เป็นอินพุตคือ ความกว้างของคอ (X_1) ความสูงของคอ (X_2) ความกว้างของลำตัว (X_3) ความสูงของลำตัว (X_4) และส่วนที่เป็นเอาต์พุตคือ น้ำหนัก (Y) ส่วนโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ข้อมูลเพื่อการประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองจะมีอินพุตจำนวน 4 โหนด คือสัดส่วนของไก่ โหนดซ่อนจำนวน 3 โหนด และเอาต์พุตโหนดจำนวน 1 โหนด คือค่าน้ำหนักไก่ ดังแสดงตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการเรียนรู้เพื่อการประมาณค่าน้ำหนัก

จากรูปที่ 3 จะได้สมการดังนี้

$$Y = f\sum_{i=1}^{n}(x_i w_i) \qquad (1)$$

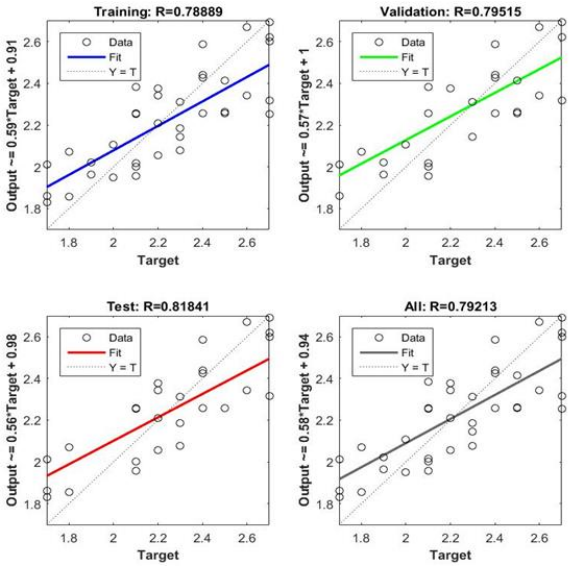
จากนั้นใช้โปรแกรมแมตแล็บ (MATLAB) และเรียกใช้เครื่องมือสำหรับการเรียนรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นที่ใช้ลักษณะการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation) โดยการกำหนดจำนวนของชั้นซ่อน (Hidden layer) จำนวน 3 โหนด มาจาก $N_h = (N_i + N_o)/2$ โดยที่ N_i เป็นจำนวนของโหนดอินพุต N_o เป็นจำนวนของโหนดเอาต์พุต กำหนดค่า learning rate เท่ากับ 0.3 และค่า momentum เท่ากับ 0.2 ฟังก์ชันทรานเฟอร์กำหนดเป็นฟังก์ชันของ sigmoid ทำการแบ่งชุดของข้อมูล (Data set) ออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของการเรียนรู้ (Training) 70% ส่วนของการทดสอบ (Test) 15% และส่วนของการตรวจสอบ (Validation) 15% จากนั้นทำการประมวลผลการเรียนรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมด้วยชุดข้อมูลที่ได้จัดเตรียมไว้แสดงเป็นตัวอย่างตามตารางที่ 1 ซึ่งเป็นตัวอย่างของชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ของข้อมูลทั้งหมด จำนวน 200 ชุดข้อมูล

ตารางที่ 1 ตัวอย่างของสัดส่วนของไก่และน้ำหนักที่ชั่งจริงของไก่ จำนวน 10 ชุดข้อมูล

ลำดับ	ส่วนคอ (cm)		ส่วนลำตัว (cm)		น้ำหนัก (Kg)
	กว้าง (X_1)	สูง (X_2)	กว้าง (X_3)	สูง (X_4)	
1	7.48	12.76	19.47	17.93	2.4
2	7.81	14.08	19.91	16.06	2.6
3	6.49	14.41	15.62	14.63	2.1
4	6.16	12.43	17.16	12.87	1.7
5	3.96	15.18	17.82	13.20	2.1
6	3.96	17.05	17.93	13.75	2.3
7	6.05	14.30	16.83	12.65	2.1
8	5.94	16.06	16.06	13.97	2
9	5.06	15.51	17.38	14.74	2.2
10	6.16	14.41	17.38	12.54	1.9

4. ผลการวิจัย

ผลการทดลองข้อมูลจำนวน 200 ชุดข้อมูลโดยจะทำการแบ่งข้อมูลจาก 100 เปอร์เซ็นต์ เป็น ส่วนของการเรียนรู้ของข้อมูล (Training) 70 เปอร์เซ็นต์ คือ 140 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลทดสอบ (Test) 15 เปอร์เซ็นต์ คือ 30 ชุดข้อมูล และข้อมูลจริงสำหรับทดสอบ (Validation) 15 เปอร์เซ็นต์ คือ 30 ชุดข้อมูล



รูปที่ 4 การเรียนรู้ของข้อมูลจากชุดข้อมูลของสัดส่วนไก่

จากรูปที่ 4 แสดงผลลัพธ์จากการประมวลผลการเรียนรู้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าส่วนการเรียนรู้มีความถูกต้องของ R เท่ากับ 0.789 ส่วนของการทดสอบมีความถูกต้องของ R เท่ากับ 0.795 และส่วนของการตรวจสอบมีความถูกต้องของ R เท่ากับ 0.818 และภาพรวมความถูกต้องของ R เท่ากับ 0.792

ตารางที่ 2 ข้อมูลของตารางการเรียนรู้จำนวน 10 ครั้ง

Train ครั้งที่	Training (%)	Validation (%)	Test (%)	All (%)
1	78.88	79.51	81.84	79.21
2	84.77	77.76	68.35	82.07
3	84.49	88.85	85.13	85.08
4	90.53	91.58	94.71	91.47
5	88.01	88.96	88.10	88.17
6	82.88	73.34	82.30	81.77

Train ครั้งที่	Training (%)	Validation (%)	Test (%)	All (%)
7	81.18	76.29	81.28	80.84
8	91.65	91.44	91.02	91.49
9	87.92	92.46	91.33	89.32
10	88.89	93.62	93.46	90.37
ค่าเฉลี่ย	**85.92**	**85.38**	**85.75**	**85.98**

ทำการใช้ข้อมูลทำการทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งตามตารางที่ 2 เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการเรียนรู้ของข้อมูลจากโครงข่ายประสาทเทียม ได้ผลข้อมูลตามตารางที่ 2 ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องของข้อมูลในภาพรวม 85.98 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักไก่จริงกับการประมาณค่าน้ำหนักด้วยการเรียนรู้จากสัดส่วนไก่

ลำดับ	ค่าจริง (Kg)	ค่าประมาณการ (Kg)	ความคาดเคลื่อน %
1	2.5	2.454	1.84
2	2.2	2.406	9.36
3	2.4	2.273	5.29
4	2.1	2.399	14.24
5	2.4	2.455	2.29
6	2.2	2.455	11.59
7	1.8	2.016	12.00
8	1.7	1.738	2.24
9	2.3	2.241	2.57
10	2.7	2.391	11.44

หลังจากใช้ชุดข้อมูลเรียนรู้จำการประมาณค่าน้ำหนักด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเรียบร้อยแล้ว ทดลองป้อนข้อมูลเข้าโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการเรียนรู้เพื่อการประมาณค่าน้ำหนัก ดังตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างการนำข้อมูลจำนวน 10 ชุด ที่ยังไม่ทราบค่าน้ำหนัก ป้อนเข้าโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการเรียนรู้เพื่อการประมาณค่าน้ำหนักและเปรียบเทียบกับค่าจากการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง ซึ่งผลที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าน้ำหนักที่เกิดขึ้น

5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณค่าน้ำหนักไก่พื้นเมืองด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากภาพถ่ายและเปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนักไก่จริงด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่ได้มาตรฐาน กระบวนการประมวลผลภาพไก่ก่อนนำเข้าสู่การเรียนรู้จำโดยนำภาพถ่ายที่ได้มาทำการปรับภาพให้เป็นภาพขาวดำและกำหนดเกณฑ์ จากนั้นทำการครอบตัดภาพแยกชิ้นส่วนภาพออกเป็น 2 ส่วน คือภาพคอ และลำตัวไก่ และทำการหาสัดส่วนจากจำนวนของจุด (pixel) ทั้งแนวแกนนอนและแกนตั้ง นำมาเปรียบเทียบค่ากับจุดอ้างอิง จะได้สัดส่วนขนาดความกว้างและความยาวของคอและลำตัวไก่ โดยใช้ข้อมูลของสัดส่วนไก่จำนวน 200 ตัว แล้วนำเข้าสู่การเรียนรู้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม เปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนักไก่จริงด้วยเครื่องชั่ง และหาความถูกต้องของข้อมูลพบว่าส่วนของการเรียนรู้ของข้อมูล (Training) มีความถูกต้องอยู่ที่ 85.92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของข้อมูลทดสอบ (Test) มีความถูกต้องอยู่ที่ 85.75 เปอร์เซ็นต์ และส่วนข้อมูลจริงสำหรับทดสอบ (Validation) มีความถูกต้องอยู่ที่ 85.38 เปอร์เซ็นต์ โดยรวมมีความถูกต้องของข้อมูลอยู่ที่ 85.98 เปอร์เซ็นต์

การนำไปใช้ประโยชน์ 1) เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรเลี้ยงไก่ทราบค่าน้ำหนักของไก่สำหรับการจัดการด้านการเลี้ยงดู ด้านอาหารหรือการผสมอาหาร 2) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาภาคการเกษตรสำหรับชุมชน และท้องถิ่น 3) เป็นแนวทางพัฒนาสร้างเป็นเครื่องต้นแบบการชั่งน้ำหนักไก่พื้นเมืองด้วยการถ่ายภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยและการนำเสนอผลงาน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2546). คู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมือง, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมเกษตรสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

[2] โกสินทร์ ทองศรี และคณะ (2556). การประมาณน้ำหนักตัวจากสัดส่วนของร่างกายในม้าเพศผู้ตอนพันธุ์โทโรเบรดในภาคกลางของประเทศไทย, สัตวแพทย์มหานครสาร, 8(1) หน้า 21-28.

[3] ศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง), เอกสารเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการฉบับที่ 9, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] Yan Yang, Guanghui Teng. (2007). Estimating Pig Weight From 2D Images, Computer and Computing Technologies In Agriculture, Volume II pp. 1471-1474.

[5]Apirachai Wongsriworaphon, Banchar Arnonkijpanich, Supachai Pathumnakul. (2015).
An approach based on digital image analysis to estimate the live weights of pigs in farm environments, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 115, July 2015, Pages 26-33.

การจำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Sexual Dimorphism in Northeast Thai Skulls

นัฏฐพล สุรโชติมงคล[1,*], รัชดาภรณ์ เบญจวัฒนานนท์[1], นวพร เตชาทวีวรรณ[2] และ Nancy Tayles[3]

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ 123 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40002

[2] คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ 123 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40002

[3] Department of Anatomy, University of Otago, New Zealand

*ผู้ติดต่อ: Nuttapon.S@kkumail.com, 084-606-7228

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อจำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะและขากรรไกรล่างของคนไทยที่มีภูมิลำเนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสร้างสมการการทำนายเพศจากการวัดกะโหลกศีรษะและขากรรไกรล่าง โดยทำการศึกษาทางด้านมานุษยวิทยาจากกะโหลกศีรษะ จำนวน 238 กะโหลกศีรษะ (เพศชาย 111 กะโหลก และเพศหญิง 127 กะโหลก) ด้วยการวัดกะโหลกศีรษะ 25 ตัวแปร และกระดูกขากรรไกรล่าง 5 ตัวแปร ผลจากการศึกษาพบว่ากะโหลกศีรษะเพศชายมีขนาดใหญ่กว่ากะโหลกศีรษะเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p < 0.05$) ยกเว้นค่าตัวแปรความสูงของเบ้าตา และมุมของกระดูกขากรรไกรล่างในเพศหญิงที่มีขนาดใหญ่กว่าเพศชาย จากการสร้างสมการการทำนายเพศแบบวิธีขั้นตอนพบว่า สมการที่ใช้ 11 ค่าตัวแปรร่วมกัน มีความแม่นยำในการจำแนกเพศ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ประกอบด้วย ความยาวกะโหลกศีรษะส่วนที่หุ้มสมอง ความยาวของ basion-nasospinale ในแนวแกน ความสูงของกะโหลกส่วนที่หุ้มสมอง ความกว้างระหว่างกระดูกโหนกแก้ม ความสูงของโพรงจมูก ความกว้างของขอบตา ความสูงของขอบตาในแนวตั้งฉากกับความกว้างของขอบตา ความกว้างของ foramen magnum ความยาวของกระดูกกกหูข้างขวา ความกว้างที่แคบที่สุดของแขนงขากรรไกร และมุมของกระดูกขากรรไกร มีความแม่นยำในการทำนายเพศ 89.20 % (เพศชาย 84.70% และเพศหญิง 93.70% ตามลำดับ) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการทำนายเพศจากกะโหลกศีรษะของคนไทยที่มีภูมิลำเนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้

คำหลัก: กะโหลกศีรษะ, การจำแนกเพศ, นิติวิทยาศาสตร์, การวัดกะโหลกศีรษะ, การวิเคราะห์การทำนาย

Abstract

The purposes of this research were to evaluate sexual dimorphism in the cranium and mandible of northeastern Thai and to develop a discriminant function to determine sex from craniometric measurements. To conduct the analysis, the anthropological measurement data of 238 northeastern Thai skulls (Female 127 skulls and Male 111 skulls) were recorded. Twenty-five and five standard cranial and mandibular measurements were examined respectively. The results revealed that the male skulls are significantly larger than female in all measurements ($p < 0.05$), except for orbital height and mandibular angle. An equation for sex determination using 11 measurements including maximum cranial length, basion nasospinale length, basion bregma height, bizygomatic breadth, nasal height,

biorbital breadth, orbital height, foramen magnum breadth, right mastoid length, minimum ramus breadth and mandibular angle was derived from stepwise discriminant analysis. This equation showed 89.20% accuracy (84.70% in male and 93.70% in female) and provided a practical tool for sex determination from northeastern Thai skulls.

Keywords: Skull, Sexual dimorphism, Forensic science, Craniometrics, Discriminant analysis.

1. บทนำ

การจำแนกเพศจากโครงกระดูกเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลเป็นวิธีการที่มีความสำคัญอย่างมากในทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ทราบเกี่ยวกับบุคคลที่เสียชีวิต ปัจจุบันมีการศึกษาการจำแนกเพศจากชิ้นส่วนกระดูกหลายชิ้น ได้แก่ การจำแนกเพศจากกระดูกฝ่ามือ [1] กระดูกอก [2] กระดูกต้นแขน [3] กระดูกต้นขา กระดูกเชิงกราน [4] และกะโหลกศีรษะ การจำแนกเพศจากกระดูกนิยมศึกษาในกระดูกเชิงกรานและกะโหลกศีรษะตามลำดับ ซึ่งการศึกษาในกะโหลกศีรษะมีความแม่นยำถึง 90% [5] กะโหลกศีรษะมนุษย์เป็นกระดูกที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนประกอบด้วยกระดูก 22 ชิ้น เชื่อมต่อกัน ทำให้สามารถจำแนกกะโหลกศีรษะได้จากชิ้นกระดูก [6] ในการศึกษาจากกะโหลกศีรษะนอกจากจะทำให้ทราบเพศแล้ว ยังทำให้ทราบถึงอายุโดยประมาณและเชื้อชาติของบุคคลนั้นๆ ด้วย การวัดกะโหลกศีรษะเป็นการวัดตำแหน่งสำคัญต่างๆ ตามหลักกายวิภาคศาสตร์เพื่อยืนยันตัวบุคคล และเป็นสาขาที่มีความสำคัญอย่างมากในทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้จำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและนำไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกเพศของกะโหลกศีรษะนิรนามด้วยสมการทำนายเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การจำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะนั้น สามารถศึกษาได้ 2 วิธี คือ morphological traits หรือ cranioscopy เป็นวิธีการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของกะโหลกศีรษะด้วยการสังเกต และ morphometry หรือ craniometry เป็นวิธีการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของกะโหลกศีรษะด้วยการวัดด้วยตำแหน่งจุดอ้างอิง [7]

ประเทศไทยมีการศึกษาการวัดกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคเหนือ [8] ภาคกลาง [9] และภาคตะวันออกเฉียงเหนือหลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษากะโหลกศีรษะของคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยวิธีการวัดกะโหลกศีรษะด้วยตำแหน่ง 30 ตำแหน่งมาตรฐานในทางมานุษยวิทยา โดยใช้วิธีการวัดมาตรฐานจากการศึกษาทางด้านมานุษยวิทยาของ Buiksta and Ubelaker ในปี 1994 [10] ซึ่งยังไม่มีรายงานการศึกษามาก่อน ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เพื่อจำแนกเพศจากกระดูกกะโหลกศีรษะและกระดูกขากรรไกรล่างของคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทำการสร้างสมการการจำแนกเพศจากการวัดกระดูกกะโหลกศีรษะและกระดูกขากรรไกรล่าง และหาตัวแปรที่เหมาะสมที่นำมาใช้ทำนายเพศ

1.2 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษากะโหลกของคนไทยที่มีภูมิลำเนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป เป็นกะโหลกศีรษะและขากรรไกรล่างที่สมบูรณ์ ไม่แตกหัก ไม่มีรอยโรค และไม่มีร่องรอยการผ่าตัด หรือเปิดกะโหลกศีรษะในตำแหน่งที่จะทำการศึกษา โดยทำการวัดตำแหน่ง 30 ตำแหน่ง จำนวน 238 กะโหลก ด้วยวิธีการวัดตำแหน่งอ้างอิงมาตรฐานบนกะโหลกศีรษะ โดยเป็นกะโหลกศีรษะของผู้บริจาคร่างกายที่เก็บรวบรวมใน Human Skeleton Research Centre (HSRC) ภาควิชา

กายวิภาคศาสตร์ คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถจำแนกเพศกระดูกนิรนามได้จากการวัดกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียว

1.3.2 สามารถนำสมการที่ได้ไปใช้ในการทำนายเพศจากกะโหลกศีรษะนิรนามได้

1.3.3 นำไปประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ การสืบสวนสอบสวน และใช้เป็นหลักฐานในการประกอบคดี

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ใบอนุญาตการทำวิจัยในมนุษย์ในมนุษย์หมายเลขสำคัญโครงการ HE 601315 และทำการคำนวณจำนวนสุ่มตัวอย่างจากสูตรการคำนวณตัวอย่างที่ไม่ทราบจำนวนประชากร [11]

$$n = \frac{{Z_\alpha}^2 \times \sigma^2}{d^2}$$

โดยที่

Z_α = ค่าและตำแหน่งพื้นที่ใต้โค้ง (one tailed โดยกำหนดความเชื่อมั่น 99%=2.576)

σ^2 = ค่าความแปรปรวน จะได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานยกกำลังสอง

d = precision of estimation หรือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อกำหนดค่า Z_α = 2.575829 ที่ความเชื่อมั่น 99% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 จากผลงานการศึกษาการแยกเพศจากกะโหลกศีรษะของคนไทยในภาคเหนือ [8] ซึ่งมีวิธีการและมีความใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้มากที่สุด ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (d) 0.14 จะได้ขนาดตัวอย่างกลุ่มการศึกษาที่เหมาะต่อการศึกษาครั้งนี้ คือ 156.5293605 หรือ 157 ตัวอย่างในแต่ละเพศ

จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 314 กะโหลกศีรษะ เป็นเพศชาย 157 กะโหลกศีรษะ และเพศหญิง 157 กะโหลกศีรษะ โดยมีอายุเฉลี่ยจำแนกตามเพศชาย 64 ปี (28 - 89 ปี) และเพศหญิง 64 ปี (24 - 92 ปี) ของผู้บริจาคร่างกายที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป และมีภูมิลำเนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากคลังกระดูก ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยกะโหลกศีรษะและขากรรไกรต้องมีลักษณะครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่แตกหัก ไม่มีรอยโรคและไม่มีร่องรอยการผ่าตัดจากการรักษาหรือมีความเสียหายในตำแหน่งที่จะศึกษา ทำการวัดระยะจากตำแหน่งของกะโหลกศีรษะจำนวน 30 ค่าตัวแปร โดยนำกะโหลกที่ต้องการวัดมาวางบนห่วงยางพลาสติก เพื่อไม่ให้ชิ้นส่วนบริเวณฐานกะโหลกศีรษะหัก หรือสัมผัสกับพื้นโต๊ะโดยตรง ใช้อุปกรณ์ Spreading caliper สำหรับการวัดระยะระหว่างตำแหน่งที่ต้องอ้อมส่วนของกะโหลกศีรษะ Sliding caliper ใช้ในการวัดตำแหน่งระหว่างจุด 2 จุดบนกะโหลกศีรษะเป็นระยะทางตรงและใช้ Goniometer เพื่อวัดมุมของขากรรไกรล่าง รวมทั้งหมด 30 ค่าตัวแปร (รูปที่ 1) โดยวัดค่าเป็นหน่วย มิลลิเมตร

2.1 คำนิยามค่าตัวแปรในการศึกษากะโหลกศีรษะ

1. Maximum cranial length (g-op) เป็นการวัดความยาวกะโหลกศีรษะส่วนที่หุ้มสมอง โดยวัดด้วย spreading caliper จาก glabella (g) ถึง opisthocranion (op)

2. Maximum cranial breadth (eu-eu) เป็นการวัดความกว้างสูงสุดของกะโหลกศีรษะ ซึ่งตั้งฉากกับระนาบของกะโหลกศีรษะ โดยการวัดตำแหน่งดังกล่าวต้องไม่อยู่ในร่องของเส้นขมับและวัดด้วย spreading caliper

3. Frontal chord (n-b) เป็นการวัดความสูงของกระดูกหน้าผากในแนวแกน โดยวัดระยะทางตรงจาก

ตำแหน่ง nasion (n) ถึง bregma (b) ในแนวกลางของกะโหลกศีรษะและวัดด้วย spreading caliper

4. Parietal chord (b-l) เป็นการวัดความยาวของกระดูกกระหม่อมในแนวแกน โดยวัดระยะทางตรงจากตำแหน่ง bregma (b) ถึง lambda (l) ในแนวกลางของกะโหลกศีรษะและวัดด้วย spreading caliper

5. Occipital chord (l-o) เป็นการวัดความยาวของกระดูกท้ายทอย โดยวัดระยะทางตรงจากตำแหน่ง lambda (l) ถึง opisthion (o) ในแนวกลางของกะโหลกศีรษะ วัดด้วย spreading caliper

6. Basion-nasospinale length (ba-ns) เป็นการวัดระยะทางตรงจากตำแหน่ง basion (ba) ถึง nasospinale (ns) วัดด้วย spreading caliper

7. Cranial base length (ba-n) เป็นการวัดความยาวส่วนฐานของกะโหลกศีรษะ โดยวัดระยะทางตรงจากจุด nasion (n) ถึง basion (ba) วัดด้วย spreading caliper

8. Basion-bregma height (ba-b) เป็นการวัดระยะทางตรงจากจุดที่ต่ำที่สุดของ ขอบรูกะโหลกศีรษะส่วนหน้า (basion: ba) ถึงจุด bregma (b) วัดด้วย spreading caliper

9. Bizygomatic breadth (zy-zy) เป็นการวัดความกว้างระหว่างกระดูกโหนกแก้ม โดยวัดระยะทางตรงระหว่างตำแหน่งที่กว้างที่สุดของโค้งบนกระดูกโหนกแก้มทั้งสองข้าง วัดด้วย spreading caliper

10. Minimum frontal breadth (ft-ft) เป็นการวัดความกว้างที่แคบที่สุดของกระดูกหน้าผาก โดยวัดระยะทางตรงที่สั้นที่สุดระหว่าง frontotemporale (ft) ทั้งสองข้างด้วย spreading caliper

11. Upper facial breadth (fmt-fmt) เป็นการวัดระยะทางตรงระหว่างจุดสองจุดที่ร่อง frontomalar (fmt) วัดด้วย spreading caliper

12. Maximum frontal breadth (MFB) เป็นการวัดความกว้างสูงสุดของกระดูกหน้าผาก โดยวัดเส้นตรงระหว่างจุดที่ขอบกระดูกหน้าผากจรดกับกระดูกกระหม่อมทั้งสองข้างด้วย spreading caliper

13. Nasal height (n-ns) เป็นการวัดความสูงของโพรงจมูก โดยวัดระยะทางตรงระหว่างจุดบนสุดของกระดูกจมูก (nasion: n) ถึงขอบรูจมูกด้านล่าง (nasospinale: ns) ด้วย sliding caliper

14. Nasal breadth (al-al) วัดความกว้างสูงสุดของช่องจมูก (al-al) วัดด้วย sliding caliper

15. Minimum breadth of nasal bone (MNB) เป็นการวัดระยะทางระหว่างส่วนที่โค้งที่สุดของกระดูกจมูกทั้งสองข้างของกะโหลกศีรษะ วัดด้วย sliding caliper

16. Interorbital breadth (d-d) เป็นการวัดระยะทางตรงระหว่างตำแหน่งที่ dacryon (d) ทางซ้ายและขวา วัดด้วย sliding caliper

17. Orbital breadth (d-ec) เป็นการวัดความกว้างของเบ้าตา โดยวัดระยะทางตรงระหว่าง dacryon (d) และ ectoconchion (ec) วัดด้วย sliding caliper

18. Orbital height (OBH) เป็นการวัดความสูงของเบ้าตา โดยวัดระยะทางตรงระหว่างตำแหน่งขอบตาด้านล่างถึงขอบตาด้านบน โดยต้องตั้งฉากกับแนว d-ec วัดด้วย sliding caliper

19. Biorbital breadth (ec-ec) เป็นการวัดความกว้างระหว่างขอบตาทั้งสองข้าง โดยวัดระยะทางตรงระหว่างตำแหน่ง ectoconchion (ec) ของด้านซ้ายและด้านขวา วัดด้วย sliding caliper

20. Biauricular breadth (au-au) เป็นการวัดความกว้างของระยะห่างระหว่างส่วนฐานของกระดูกโหนกแก้ม (au) วัดด้วย spreading caliper

21. Biasterionic breadth (ast-ast) เป็นการวัดระยะทางตรงระหว่างซ้ายและขวาของจุด asterionic ที่

เชื่อมกับร่อยของต่อ lambdoid และร่อยต่อของ temporoparietal sutures ทั้งสองข้าง วัดด้วย spreading caliper

22. Foramen magnum length (ba-o) เป็นการวัดความยาวของรู foramen magnum โดยวัดระยะทางตรงจากตำแหน่ง basion (ba) ถึง opisthion (o) วัดด้วย sliding caliper

23. Foramen magnum breadth (FOB) เป็นการวัดความกว้างของรู foramen magnum โดยวัดระยะทางระหว่างขอบด้านข้างของ foramen magnum ในจุดที่โค้งมากที่สุด วัดด้วย sliding caliper

24 Right mastoid length (RML) เป็นการวัดความยาวของกระดูกกกหูทางข้างขวา โดยวัดเป็นเส้นตั้งฉากจากเส้นใต้ขอบตามาที่บริเวณขอบรูหูด้านบน (Frankfort) จนถึงส่วนปลายของ กระดูกกกหูข้างขวา วัดด้วย sliding caliper

25. Left mastoid length (LML) เป็นการวัดความยาวของกระดูกกกหูทางข้างซ้าย โดยวัดเป็นเส้นตั้งฉากจากเส้นใต้ขอบตามาที่บริเวณขอบรูหูด้านบน (Frankfort) จนถึงส่วนปลายของ กระดูกกกหูข้างซ้าย วัดด้วย sliding caliper

26. Bicondylar breadth (cdl-cdl) เป็นการวัดความกว้างของปุ่มกระดูกขากรรไกรล่าง โดยวัดระยะทางตรงระหว่างตำแหน่ง Condylion laterale (cdl) ของขากรรไกรล่าง วัดด้วย sliding caliper

27. Bigonial breadth (go-go) เป็นการวัดความกว้างระหว่างมุมของกระดูกขากรรไกรล่าง โดยวัดระยะทางตรงระหว่างตำแหน่ง Gonion (go) ของขากรรไกรล่างทั้งสองข้าง วัดด้วย sliding caliper

28. Height of mandibular ramus (go-cdl) เป็นการวัดความสูงของกระดูกขากรรไกรล่าง โดยวัดระยะทางตรงจากมุมของขากกรไกรล่างที่ตำแหน่ง Gonion (go) ถึงส่วนปลายด้านข้างของ Condylion laterale (cdl) วัดด้วย sliding caliper

29. Breadth of mandibular ramus (MRB) เป็นการวัดระยะทางตรงระหว่างจุดด้านหน้าของ ramus และด้านหลังที่โค้งที่สุดใกล้กับตำแหน่ง Gonion (go) วัดด้วย sliding caliper

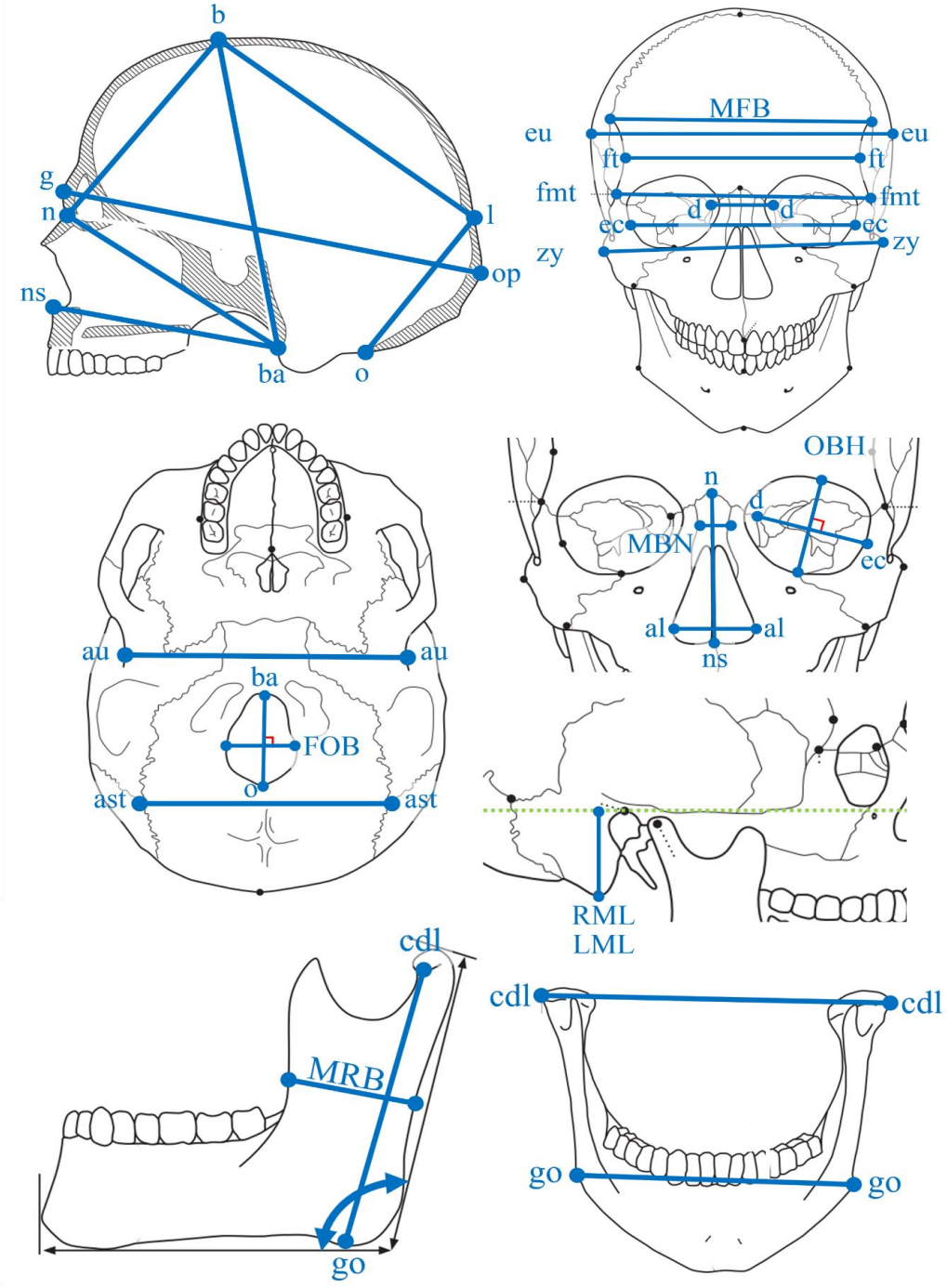
30. Mandibular angle เป็นการวัดมุมของขากรรไกรล่าง โดยให้ Gnathion (gn) และ Gonion (go) อยู่ในแนวระนาบเดียวกันวัดมุมไปที่ตำแหน่ง Condylion laterale (cdl) ของขากรรไกรล่าง ด้วย goniometer

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.1. การทดสอบข้อมูล

จากการ วัด 30 ตัวแปร จำนวน 314 ตามการคำนวนตัวอย่างแบบไม่ทราบจำนวนประชากร เพื่อหาตัวแทน ประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จึงต้องปรับให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือโดยปรับให้เป็นการแจกแจงแบบปกติ โดยตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test (K-S test) ของการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติ (Test of Normality พบว่า พบว่าข้อมูลมีค่า Outlier ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากหรือต่ำมากจากค่ากลาง จำนวนมาก ในค่าตัวแปร ความสูงของโพรงจมูก (n-ns) ความกว้างของโพรงจมูก (al-al) ความกว้างของขอบตา (d-ec) ความกว้างระหว่างขอบตาด้านนอก (ec-ec) ความสูงของขอบตาในแนวตั้งฉากกับความกว้างของขอบตา (OBH) ความยาวของ Foramen magnum (ba-o) ความกว้างของ Foramen magnum (FOB) ความยาวของกระดูกกกหูข้างขวา (RML) ความยาวของกระดูกกกหูข้างซ้าย (LML) ความกว้างระหว่างปุ่มกระดูกขากรรไกร (cdl-cdl) ความกว้างระหว่างมุมของขากรรไกร (go-go) ความสูงของขากรรไกร (go-cdl) และความกว้างที่แคบที่สุดของแขนงขากรรไกร (MRB)

ทำให้เกิดการแจกแจงไม่เป็นปกติ โดยพิจารณาค่า Outlier ด้วย Boxplot และ กราฟแผนภูมิต้นไม้ (Stem and leaf plot) ของแต่ละตัวแปรอิสระ จึงจำเป็นต้องตัดข้อมูลตัวอย่างกะโหลกศีรษะที่มีค่า Outlier ออกไป 24.20% เพื่อให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติเท่ากันทั้งหมด ได้ผลสรุปข้อมูลการวัดตำแหน่งของกะโหลกศีรษะที่มีการแจกแจงแบบปกติเป็นจำนวน 238 กะโหลกศีรษะ โดยเป็นกะโหลกศีรษะของเพศชาย 111 กะโหลก และเป็นกะโหลกศีรษะของเพศหญิง 127 กะโหลก ดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งค่าตัวแปรที่ใช้ในการวัดกะโหลกศีรษะและขากรรไกรล่าง

ตารางที่ 1 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล 238 กะโหลกศีรษะ

Tests of Normality							
	Kolmogorov-Smirnov[a]				Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.		Statistic	df	Sig.
g.op	.068	314	.001	MBN	.052	314	.038
n.b	.105	314	.000	d.d	.053	314	.033
b.l	.058	314	.014	d.ec	.044	314	.200*
l.o	.068	314	.001	ec.ec	.046	314	.200*
ba.ns	.070	314	.001	al.al	.045	314	.200*
ba.n	.068	314	.001	OBH	.040	314	.200*
ba.b	.066	314	.002	ba.o	.043	314	.200*
ft.ft	.056	314	.018	FOB	.020	314	.200*
fmt.fmt	.066	314	.002	RML	.033	314	.200*
MFB	.074	314	.000	LML	.027	314	.200*
ast.ast	.103	314	.000	cdl.cdl	.024	314	.200*
au.au	.064	314	.003	go.go	.043	314	.200*
zy.zy	.063	314	.004	go.cdl	.035	314	.200*
eu.eu	.060	314	.008	MRB	.046	314	.200*
n.ns	.039	314	.200*	Angle	.073	314	.000

2.1.2. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา

วิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติ (Test of Normality) ของกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test (K-S test) โปรแกรม SPSS version 20

เนื่องจากข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลตัวแทนค่าเฉลี่ยและค่าแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง และทดสอบความแตกต่างระหว่างเพศด้วยสถิติ Independent T-test เพื่อหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 2)

2.1.3. การวิเคราะห์สมการการทำนายของข้อมูลตัวอย่าง

ในการหาสมการการทำนายเพศด้วยสถิติวิธี Discriminant function analysis เพื่อวิเคราะห์ค่าตัวแปรบนกะโหลกศีรษะ ข้อมูลตัวแปรต้องมีการแจกแจงแบบปกติของตัวแปรอิสระหลายตัวแปรมีเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรอิสระมีความเท่าเทียมกัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของเพียร์สันมีค่าไม่เป็น 0 และตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์ร่วมพหุเชิงเส้น

3. ผลการวิจัย

จากการศึกษาการจำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 238 กะโหลกศีรษะ เป็นเพศชาย 111 กะโหลกศีรษะ และเพศหญิง 127 กะโหลกศีรษะ ที่มีการแจกแจงแบบปกติ มาวิเคราะห์ด้วยสถิติ independent sample t-test พบว่า

ตารางที่ 2 สถิติเชิงพรรณนาของกะโหลกศีรษะเพศชายและเพศหญิง

No.	Measurement	Male		Female		Mean Difference (M-F)	p-value
		Mean	SD	Mean	SD		
1.	g-op	173.19	6.77	166.13	5.81	7.06	.000
2.	n-b	111.32	4.74	106.69	4.49	4.63	.000
3.	b-l	107.38	5.81	103.17	5.83	4.21	.000
4.	l-o	96.61	5.40	95.28	5.21	1.33	.055
5.	ba-ns	91.46	4.59	87.32	3.88	4.14	.000
6.	ba-n	98.91	4.25	94.24	3.64	4.67	.000
7.	ba-b	137.46	4.86	131.80	4.19	5.66	.000
8.	ft-ft	94.83	4.66	91.94	4.36	2.89	.000
9.	fmt-fmt	116.32	6.47	111.90	5.65	4.42	.000
10.	MFB	106.37	3.87	103.22	3.59	3.15	.000
11.	ast-ast	107.22	3.82	105.36	3.72	1.86	.000
12.	au-au	125.62	4.66	121.50	4.17	4.12	.000
13.	zy-zy	133.96	5.04	128.18	4.32	5.78	.000
14.	eu-eu	142.50	5.31	138.69	4.97	3.81	.000
15.	n-ns	51.82	2.91	48.31	2.45	3.51	.000
16.	MBN	8.23	1.84	8.23	1.97	0.00	.998
17.	d-d	21.91	2.34	21.32	2.28	0.59	.048
18.	d-ec	39.85	1.67	38.81	1.57	1.04	.000
19.	ec-ec	98.38	3.38	96.20	3.35	2.18	.000
20.	al-al	27.34	1.67	26.95	1.61	0.39	.067
21.	OBH	33.36	1.97	33.44	1.52	-0.08	.741
22.	ba-o	37.32	2.25	35.52	1.95	1.80	.000
23.	FOB	29.73	2.13	28.53	1.69	1.20	.000
24.	RML	29.07	3.29	25.50	3.09	3.57	.000
25.	LML	28.56	3.32	25.40	2.96	3.16	.000
26.	cdl-cdl	122.52	5.02	118.11	5.36	4.41	.000
27.	go-go	100.56	5.51	95.22	5.01	5.34	.000
28.	go-cdl	59.67	5.48	54.89	4.38	4.78	.000
29.	MRB	33.65	2.59	32.57	2.51	1.08	.001
30.	Angle	120.48	7.23	122.31	6.48	-1.83	.041

ค่าตัวแปรความสูงของขอบตาในแนวตั้งฉากกับความกว้างของขอบตา (OBH) ของเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยมากกว่าเพศชาย 0.08 มม. อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.741 และมุมของกระดูกขากรรไกรของเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยมากกว่าเพศชาย 1.83 มม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.041 ตามลำดับ

จากการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างกะโหลกศีรษะเพศชายและหญิง (ตารางที่ 1) พบว่า มี 4 ค่าตัวแปรที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value > 0.05) ได้แก่ ค่าตัวแปรความยาวของกระดูกท้ายกะโหลกในแนวแกน (l-o) ความกว้างที่แคบที่สุดของกระดูกจมูก (MNB) ความกว้างของโพรงจมูก (al-al) และความสูงของขอบตาในแนวตั้งฉากกับความกว้างของขอบตา (OBH) และค่าตัวแปรที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ Independent sample T-test จะนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสมการการทำนายเพศ 26 ค่าตัวแปร

เพื่อหาสมการทำนายเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงนำค่าตัวแปรจากการวัดกะโหลกศีรษะ 26 ค่าตัวแปร ที่มีความแตกต่างระหว่างเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) มาคำนวณสมการการทำนายเพศแบบวิธีตรง (Direct discriminant analysis) ได้ผลดังตารางที่ 3

เมื่อนำข้อมูลดิบมาคำนวณร่วมกับค่า unstandardized coefficients ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลจากการสร้างสมการการทำนายแบบวิธีตรง (Direct Method) ซึ่งจะแสดงค่าตัวแปรทั้ง 26 ตัวแปร (ตารางที่ 3) ทำให้ได้สมการการทำนายจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้

Discriminant score=(0.045xG-Op)(-0.005xN-B)+(0.022xB-L)+(0.103xBa-Ns)+(-0.014xBa-N)+(0.039xBa-B)+(-0.024xFt-Ft)+(0.040xFmt-Fmt)+(-0.034xMFB)+(0.006xAst-Ast)+(-0.021xAu-Au)+(0.084x Zy-Zy)+(0.007xEu-Eu) + (0.133xN-Ns) + (0.090xD-D)+(0.039xD-Ec)+(-0.142xEc-Ec)+(0.056xBa-O)+(0.099xFOB)+(0.094xMl.R)+(0.005xMl.L)+(0.008xCdl-Cdl)+(0.041xGo-Go)+(0.033xGo-Cdl)+(-0.166xMRB)+(-0.038xAngle)+(-32.404)

เมื่อได้ค่าจากสมการการทำนายแบบวิธีตรง (Direct discriminant analysis) จึงนำมาพิจารณากับค่าตัดแบ่งกลุ่ม (Sectioning point) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการกำหนดเพศจากกะโหลกศีรษะ โดยค่าตัดแบ่งกลุ่มจากสมการการจำแนกกลุ่มแบบวิธีตรง สามารถคำนวณหาได้จากค่ากึ่งกลางระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักกลางของแต่ละกลุ่ม (Centroid) โดยนำ Centroid ของเพศชายและเพศหญิงมารวมกันแล้วหารด้วย 2 จึงได้ค่าตัดแบ่งกลุ่ม เท่ากับ 0.0865 (ตารางที่ 3) หากค่าการทำนาย (Discriminant score) ที่คำนวณออกมาได้ มีค่ามากกว่า 0.0865 และใกล้เคียง 1.378 จะมีแนวโน้มเป็นกะโหลกศีรษะเพศชาย (Centroid = 1.378) และหากค่าการทำนายที่คำนวณออกมา มีค่าน้อยกว่า 0.0865 และมีค่าใกล้เคียง -1.205 จะมีแนวโน้มเป็นกะโหลกศีรษะเพศหญิงของผู้ที่มีภูมิลำเนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากตารางที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการจำแนกเพศจากสมการการทำนาย ด้วยมาตรวัด 26 ตำแหน่ง โดยมีความแม่นยำในการทำนายเพศหญิง 93.7% และมีความแม่นยำในการทำนายเพศชาย 89.2% โดยมีค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการทำนายที่ 91.45%

ตารางที่ 4 แสดงความแม่นยำในการทำนายกลุ่มแบบวิธีตรง

Group	Total	Female	Male	Average accuracy
original	238	119/127 (93.7%)	99/111 (89.2%)	91.45%

ตารางที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลจากการวิเคราะห์สมการการทำนายกลุ่มแบบวิธีตรง

Function and measurements	Unstandardized coefficients	Standardized coefficients	Structure matrix	Centroids	Sectioning point
G-Op	0.045	0.272	0.450	F = -1.205	0.0865
N-B	-0.005	-0.022	0.390	M = 1.378	-
B-L	0.022	0.127	0.280	-	-
Ba-Ns	0.103	0.437	0.380	-	-
Ba-N	-0.014	-0.053	0.460	-	-
Ba-B	0.039	0.177	0.485	-	-
Ft-Ft	-0.024	-0.110	0.248	-	-
Fmt-Fmt	0.040	0.241	0.283	-	-
MFB	-0.034	-0.127	0.327	-	-
Ast-Ast	0.006	0.024	0.191	-	-
Au-Au	-0.021	-0.091	0.362	-	-
Zy-Zy	0.084	0.392	0.480	-	-
Eu-Eu	0.007	0.038	0.288	-	-
N-Ns	0.133	0.355	0.508	-	-
D-D	0.090	0.208	0.100	-	-
D-Ec	0.039	0.063	0.248	-	-
Ec-Ec	-0.142	-0.477	0.250	-	-
Ba-O	0.056	0.117	0.333	-	-
FOB	0.099	0.189	0.244	-	-
RML	0.094	0.301	0.433	-	-
LML	0.005	0.016	0.390	-	-
Cdl-Cdl	0.008	0.041	0.328	-	-
Go-Go	0.041	0.217	0.394	-	-
Go-Cdl	0.033	0.162	0.376	-	-
MRB	-0.166	-0.422	0.164	-	-
Angle	-0.038	-0.262	-0.103	-	-
(Constant)	-32.404	-	-	-	-

นำค่าตัวแปรจากการวัดกะโหลกศีรษะ 26 ค่าตัวแปร ที่มีความแตกต่างระหว่างเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มาคำนวณสมการการทำนายเพศแบบวิธีขั้นตอน (Stepwise discriminant analysis) ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลจากการวิเคราะห์สมการการทำนายกลุ่มแบบวิธีขั้นตอน

Function and measurements	Unstandardized coefficients	Standardized coefficients	Structure matrix	Centroids	Sectioning point
G-Op	0.060	0.364	0.463	F = -1.170	0.0845
Ba.Ns	0.072	0.306	0.392	M = 1.339	-
Ba.B	0.065	0.294	0.499	-	-
Zy-Zy	0.094	0. 437	0.494	-	-
N-Ns	0.184	0.493	0.523	-	-
Ec-Ec	-0.092	-0.310	0.257	-	-
OBH	-0.169	-0.297	-0.017	-	-
FOB	0.152	0.290	0.252	-	-
RML	0.090	0.287	0.446	-	-
MRB	-0.158	-0.403	0.169	-	-
Angle	-0.046	-0.312	-0.106	-	-
(Constant)	-28.316	-	-	-	-

เมื่อนำข้อมูลดิบมาคำนวณร่วมกับค่า Unstandardized coefficients ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลจากการสร้างสมการการทำนายแบบวิธีขั้นตอน (Stepwise Method) ซึ่งจะแสดงค่าตัวแปรที่ดีที่สุดจากคัดเลือกด้วยสถิติ Stepwise discriminant analysis จึงมีค่าตัวแปรลดลงจาก 26 ตัวแปร เหลือ 11 ตัวแปร ที่ดีที่สุด มาคำนวณหาสมการการทำนายเพศเชิงเส้นแบบวิธีขั้นตอน (ตารางที่ 4) ทำให้ได้สมการการทำนายจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้

Discriminant score = (0.060xG-Op) + (0.072xBa-Ns) + (0.065xBa-B) + (0.094xZy-Zy) + (0.184xN-Ns) + (-0.092xEc-Ec) + (-0.169xOBH) + (0.152xFOB) + (0.090xMl_R) + (-0.158xMRB) + (-0.046xAngle) + (-28.316)

เมื่อได้ค่าจากสมการการทำนายแบบวิธีขั้นตอน (Stepwise discriminant analysis) จึงนำมาพิจารณากับค่าตัดแบ่งกลุ่ม (Sectioning point) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการกำหนดเพศจากกะโหลกศีรษะ โดยค่าตัดแบ่งกลุ่มจากสมการการจำแนกกลุ่มแบบวิธีขั้นตอน สามารถคำนวณหาได้จากค่ากึ่งกลางระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักกลางของแต่ละกลุ่ม (Centroid) โดยนำ Centroid ของเพศชายและเพศหญิงมารวมกันแล้วหารด้วย 2 จึงได้ค่าตัดแบ่งกลุ่ม เท่ากับ 0.0845 (ตารางที่ 4) หากค่าที่คำนวณออกมาได้ มีค่ามากกว่า 0.0845 และใกล้เคียง 1.339 จะ

มีแนวโน้มเป็นกะโหลกศีรษะเพศชาย และหากค่าที่คำนวณออกมาได้ มีค่าน้อยกว่า 0.0845 และมีค่าใกล้เคียง -1.170 จะมีแนวโน้มเป็นกะโหลกศีรษะเพศหญิงของผู้ที่มีภูมิลำเนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการจำแนกเพศจากสมการการทำนาย ด้วยมาตรวัด 11 ค่าตัวแปร โดยมีความแม่นยำในการทำนายเพศหญิง 93.7% และมีความแม่นยำในการทำนายเพศชาย 84.7% โดยมีค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการทำนายที่ 89.20%

ตารางที่ 6 แสดงความแม่นยำในการทำนายกลุ่มแบบวิธีขั้นตอน

Group	Total	Female	Male	Average accuracy
original	238	119/127 (93.7%)	94/111 (84.7%)	89.20%

4. สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ค่าตัวแปรที่เหมาะสมต่อการจำแนกเพศจากการวิเคราะห์ด้วยสมการการทำนายแบบขั้นตอน 11 ค่าตัวแปร ดังนี้ g-op, ba-ns, ba-b, zy-zy, n-ns, ec-ec, OBH, FOB, RML, MRB และ Angle สามารถใช้จำแนกเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้

ค่าตัวแปรความสูงของเบ้าตา (OBH) และมุมของกระดูกขากรรไกรล่างในเพศหญิงที่มีขนาดใหญ่กว่าเพศชาย ต่างจากการศึกษาของ Mahakkanukrauh (2015) [8] และการศึกษาของ Sangvichien (2007) [9] ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศชายและเพศหญิงที่ค่าตัวแปรความสูงของเบ้าตา และมุมของกระดูกขากรรไกรล่าง และอาจเป็นค่าตัวแปรที่สามารถระบุเพศของคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้

ในส่วนของการคำนวณสมการการทำนายเพศจากกะโหลกศีรษะคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าสมการการทำนายแบบวิธีตรงมีความแม่นยำมากกว่าสมการการทำนายแบบวิธีขั้นตอน ที่ 91.45% และ 89.20% ตามลำดับ แตกต่างจากการศึกษาของ ของ Mahakkanukrauh (2015) [8] ที่มีความแม่นยำของสมการการทำนายแบบวิธีตรง 91.40% และวิธีขั้นตอน 91.70% ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้จะสำเร็จไม่ได้เลยหากขาดอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ดร.รัชดาภรณ์ เบญจวัฒนานนท์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.นวพร เตชาทวีวรรณ และ Assoc.Prof.Dr. Nancy Tayles ที่คอยแนะนำและให้คำปรึกษาแก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 ที่ได้เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้ร่วมเป็นส่วนหนึ่งของงานประชุมวิชาการในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Khanpetch, P., Prasitwattanseree. S., Case, DT and Mahakkanukrauh, P. (2012). Determination of sex from the metacarpals in a Thai population, *Forensic Science International,* vol. 217(1-3), April 2011, pp. 229.e1-8.

[2] Bongiovanni R. and Spradley M.K. (2012). Estimating sex of the human skeleton based on metrics of the sternum. *Forensic Science International,* vol. 219, January 2011, pp. 290.e1 -290.e7.

[3] Vance V.L., Steyn M. and L'Abbe E.N. (2011). Nonmetric Sex Determination from the Distaland Posterior Humerus in Black and White South Africans. *Journal of Forensic Sciences,* vol. 56, May 2011, pp. 710-714.

[4] Walker P.L. (2005). Greater Sciatic Notch Morphology: Sex, Age, and Population Differences. *American journal of physical anthropogy,* vol. (127), February 2005, pp. 385–391.

[5] Meindl R. S., et. al. (1985). Accuracy anddirection of error in the sexing of the skeleton: implications for paleodemography. American journal of physical anthropology, vol. 68, August 1983, pp. 79-85.

[6] Netter F.H. (2014). Atlas of human anatomy. 6th ed. Philadelphia, Elsevier's Health Science. Pannsylvania, United States.

[7] ยอดชาย บุญประกอบ. (2536). การศึกษาทางมานุษยวิทยากายภาพของกะโหลกคนไทยที่รวบรวมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[8] Mahakkanukrauh, P., Sinthubua, A., Prasit-wattanaseree, S., Ruengdit, S., Singsuwan, P., Praneatpolgrang, S. et al. (2015). Craniometric study for sex determination in a Thai population. Anatomy & Cell Biology, vol. 48(4), February 2015, pp. 275-283.

[9] Sangvichien S., et al. (2007). Sex Determination in Thai Skulls by Using Craniometry: Multiple Logistic Regression Analysis. Siriraj Med J, vol. 59(5), August 2007, pp. 216-221.

[10] Buikstra, J.E. and Ubelaker, D.H. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains. Arkansas archeological survey. Fayetteville.

[11] ชนากานต์ บุญนุช, และคณะ. (2554). ขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเชิงปริมาณ. เอกสารชุมชนนักปฏิบัติ. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร: โรงพยาบาลศิริราช.

การเพาะเห็ดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Cultivation of Mushrooms from Agricultural Wastes

วราภรณ์ แก้วคอน[1]*, นิคม นาคสุพรรณ[2], รุ่งรัศมี อินต๊ะวิกุล[1], ชนกการต์ สารแก้ว[1] และ รัตน์ดาวรรณ ปิงสุแสง[1]

[1] โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ถนนพหลโยธิน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

[2] สาขาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

*ผู้ติดต่อ: Kn_waraporn@yahoo.com, 0 8178 5818 4

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดเชียงราย มีการจัดการโดยการนำไปใช้ประโยชน์ซ้ำ เช่น การทำปุ๋ยหมัก การทำดินผสมเพาะปลูก หรือการทำลายโดยการเผา ซึ่งการทำลายเศษวัสดุเหลือใช้โดยการเผาเป็นการสร้างปัญหามลภาวะทางอากาศ และสุขภาพ ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้แก่เกษตรกรจึงเป็นแนวทางการสร้างรายได้แก่ชุมชนและพัฒนาท้องถิ่น งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นวัสดุทางเลือกหรืออาหารเสริมสำหรับการเพาะเห็ดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ทำการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดในถุงเพาะเห็ดที่บรรจุอาหารผสมขี้เลื่อย, ขี้เลื่อยผสมเปลือกมันสำปะหลัง และขี้เลื่อยผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ร้อยละ 1.0, 2.5, 5.0 และ 10.0 ตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเติมเปลือกมันสำปะหลังและเปลือกกล้วยน้ำว้าอัตราส่วนร้อยละ 1.0, 2.5, 5.0 และ 10.0 ในอาหารผสมเพาะเห็ด สามารถสนับสนุนการเจริญของเส้นใยเห็ด กระตุ้นการพัฒนาโครงสร้างดอกเห็ด เร่งการเจริญของดอกเห็ด ลักษณะดอกเห็ด และเพิ่มผลผลิตเห็ด อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียว จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าสารอาหารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาใช้สำหรับการเพาะเห็ด โดยปราศจากการใช้สารเคมี

คำหลัก: วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, เปลือกมันสำปะหลัง, เปลือกกล้วยน้ำว้า, เห็ด

Abstract

Agricultural wastes disposal in Chiang Rai province were managed by re-cycling into organic fertilizer, cultivation soil or incineration. The incineration of agricultural wastes produced both directly and indirectly many problems related to environmental pollution and health, especially air pollution. Therefore, the agricultural wastes in local area can be used as a substrate for mushroom cultivation and farming. The aim of this research was to cultivate economic mushroom using agricultural wastes as the alternative mushroom substrate or mushroom substrate supplements. Mycelia of mushrooms were cultured by sawdust, mixture between sawdust with cassava pulp and mixture between sawdust with banana peel in different ratio, respectively. The results showed that the substrate mixture with 1%, 2.5%, 5% and 10% of cassava pulp and banana peel significantly promoted the growth of mycelium, fruiting body, structure, and product yield. The results concluded that agricultural wastes can be used as the alternative supplements for cultivation without using chemical substances.

Keywords: Agricultural wastes, Cassava pulp, Banana peel, Mushroom

1. บทนำ

ในปัจจุบันคนไทยเริ่มรู้จักหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น ทั้งในด้านการออกกำลังกายและการรับประทานอาหารเพื่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพ ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ โดยเฉพาะอาหารกลุ่มมังสวิรัติ อาหารเจและอาหารชีวจิต ที่มีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลายถึงประโยชน์ในแง่การรักษาโรค และเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย ทำให้การบริโภคเห็ดจึงได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องเห็ดมีสารอาหารในกลุ่มโปรตีนสูงเกือบเทียบเท่าเนื้อสัตว์และมีรสชาดที่ดี สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย นอกจากนี้เห็ดยังมีราคาไม่แพง เพาะง่ายและใช้เวลาสั้น เห็ดที่ได้รับความนิยมในท้องตลาดมีหลายชนิด เช่น เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดนางรม เห็ดหอม และเห็ดเป๋าฮื้อ เป็นต้น

เห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่น (Abalone mushroom) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pleurotus ostreatus* (FR.) Guel มีลักษณะคล้ายเห็ดนางรม หมวกเห็ดมีสีครีมถึงสีเทาเข้ม ผิวดอกแห้ง ขอบหมวกม้วนงอลงเล็กน้อย ครีบใต้ดอกหมวกสีขาวถึงสีครีม บริเวณส่วนกลางดอกนุ่ม เล็กน้อย ดอกขนาดค่อนข้างใหญ่ ก้านดอกอวบและมีขนาดใหญ่ มักออกดอกได้ดีในฤดูหนาว เห็ดเป๋าฮื้อมีหลายสายพันธุ์ ซึ่งสายพันธุ์ที่นิยมมี 4 สายพันธุ์ ได้แก่ เห็ดเป๋าฮื้อดำ ที่ผิวดอกสีน้ำตาลแก่จนถึงดำ นิยมนำมาทำเห็ดกระป๋อง ส่วนเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่น เห็ดเป๋าฮื้อสีเหลือง และเห็ดเป๋าฮื้ออินเดีย นิยมบริโภคแบบสด สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้นานเป็นสัปดาห์ ต้นทุนในการเพาะค่อนข้างสูงจึงทำให้เห็ดมีราคาค่อนข้างสูงเช่นกัน เห็ดนางฟ้าภูฐาน (Oyster mushroom) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing จัดอยู่ในวงศ์เดียวกับเห็ดนางรมและเห็ดเป๋าฮื้อ นำเข้ามาจากประเทศภูฐาน มีหลายสายพันธุ์ เป็นเห็ดเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นเห็ดที่เพาะง่าย อายุในการพักเชื้อสั้น ลักษณะของดอกเห็ดสีขาวหมวกดอกเนื้อแน่นสีนวล ถึงสีน้ำตาลอ่อน ก้านดอกสีขาว มีครีบอยู่ชิดกันมากกว่าเห็ดเป๋าฮื้อ สามารถให้ผลผลิตได้ทุกฤดู

ในปัจจุบันการเพาะเห็ดโดยทั่วไป รวมถึงเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่นและเห็ดนางฟ้าภูฐาน มักจะใช้วัสดุพื้นฐาน(ขี้เลื่อยไม้ยางพารา) เป็นวัสดุหลักในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด และใส่อาหารเสริมที่เห็ดต้องการเพิ่มเติม เช่น ปุนขาว ยิบซัม ภูไมท์ แต่เนื่องจากในปัจจุบันขี้เลื่อยไม้ยางพารามีราคาที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตก้อนเห็ดให้มีราคาค่อนข้างสูงมากขึ้น เป็นผลให้ราคาจำหน่ายของเห็ดสูงตามไปด้วย ผู้วิจัยมีแนวคิดเพื่อจัดการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นในจังหวัดเชียงราย ได้แก่ เปลือกมันสำปะหลัง และเปลือกกล้วยน้ำว้า เพื่อนำมาศึกษาและพัฒนาเป็นอาหารเสริมในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด ผนวกกับในเปลือกมันสำปะหลังและเปลือกกล้วยน้ำว้า มีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเห็ด(โปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ซึ่งอาจจะเป็นสารอาหารในการช่วยส่งเสริมการเจริญของเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่นและเห็ดนางฟ้าภูฐานได้ นอกจากนี้ยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นแทนการนำเปลือกมันสำปะหลังหรือเปลือกกล้วยน้ำว้าไปทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินประสิทธิภาพและอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้เปลือกมันสำปะหลังและเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นอาหารเสริมสำหรับการเพาะเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่นและเห็ดนางฟ้าภูฐาน โดยประเมินจากจำนวนดอกเห็ด น้ำหนักดอกเห็ด

3. วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมวัสดุเพาะเห็ด

สูตรอาหารหรับการเพาะเห็ดประกอบด้วย ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เปลือกกล้วยน้ำว้าแห้งบดละเอียด เปลือกมันสำปะหลังแห้งบอดละเอียด การทดลองแบ่งกลุ่มทดลองออกได้ดังต่อไปนี้ ขี้เลื่อย (กลุ่มควบคุม), ขี้เลื่อย+1%, ขี้เลื่อย+2.5%, ขี้เลื่อย+5.0%, ขี้เลื่อย+10.0% ของเปลือกกล้วย หรือเปลือกมันสำปะหลัง ตามลำดับ ทุกสูตรเพาะเลี้ยงทำการผสมโดยเครื่องผสมจนวัสดุเพาะเลี้ยงผสมเข้ากัน เพิ่มความชื้นของวัสดุเพาะเลี้ยงด้วยน้ำกลั่นและปรับให้ได้ความชื้นร้อยละ 70 จากนั้นทำการบรรจุวัสดุผสมน้ำหนัก 800 กรัม ในถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 6.5X12.5 นิ้ว อัดให้แน่นโดยเครื่องอัดก้อนเห็ด ปิดปากถุงด้วยจุกคอขวดพร้อมสำลี จากนั้นทำการนึ่งก้อนเห็ดด้วยระบบความร้อนชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซียลเซียส นาน 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการการถ่ายเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่น (หัวเชื้อมาตรฐานเห็ดจากศูนย์เห็ด ไบโอเทค) โดยเทคนิคปราศจากเชื้อ ลงในถุงเพาะเห็ด น้ำหนักเชื้อเห็ด 10 กรัมต่อก้อน (30-40 เมล็ดข้าวฟ่าง)

3.2 การบ่มเส้นใยเห็ด

ก้อนเห็ดที่ได้รับการถ่ายเชื้อแล้วถูกนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 30-45 วัน เพื่อบันทึกผลการเจริญของเส้นใน และลักษณะณะการเจริญของเส้นใย

3.3 การเก็บผลผลิต

ก้อนเห็ดที่เส้นใยมีการเจริญเต็มก้อนเห็ดแล้ว (100% colonization) ทำการเปิดปากถุงเห็ดโดยขั้นตอนปราศจากเชื้อ และนำก้อนเห็ดไปวางที่ห้องเปิดดอกเห็ดที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อย 70-80 เพื่อทำการบันทึกผลผลิตและน้ำหนักดอกเห็ดของแต่ละการทดลอง โดยจำนวนก้อนเห็ดของแต่ละกลุ่มการทดลองเป็นจำนวน 80 ก้อน

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเมื่อนำมาเป็นวัสดุสำหรับการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่น พบว่าทั้งเปลือกกล้วยและเปลือกมันสำปะหลังสามารถส่งเสริม สนับสนุนการเจริญของเส้นใยเห็ด การพัฒนาเส้นใยเห็ด ดอกเห็ด และผลผลิตของเห็ดได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าในสูตรอาหารที่ผสมเปลือกกล้วยร้อยละ 10 และอาหารที่ผสมเปลือกมันสำปะหลังร้อยละ 5 พบว่าน้ำหนักผลิตผลิตเห็ด ขนาดดอกเห็ด และจำนวนดอกเห็ด มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานในอาหารเพาะเลี้ยงที่ผสมเปลือกกล้วยร้อยละ 10 มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึงสามเท่า (ควบคุม =28.12 กรัมต่อก้อน, เปลือกกล้วย 10% = 89.15 กรัมต่อก้อน) และผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐานเมื่อผสมเปลือกมันสำปะหลังร้อยละ 5 ให้ผลผลิตการเก็บเกี่ยวสูงเป็นสามเท่าเช่นกัน (ดังตารางที่ 1) แต่ในสูตรที่มีการเพิ่มเปลือกมันสำปะหลังร้อยละ 10 ผลผลิตและคุณภาพของเห็ดนางฟ้าภูฐานเริ่มให้ค่าที่ต่ำลงมา เนื่องมาจากปริมาณสารอาหาร หรือเศษเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิด เช่นจากเปลือกมันสำปะหลัง (แป้ง) ที่ให้นั้นมากเกินไป ทำให้ส่งผลกระทบต่อการเจริญ [1,2] จากการทดลองครั้งนี้ยังพบว่า ทั้งเปลือกกล้วยและเปลือกมันสำปะหลังยังส่งผลต่อการเจริญ คุณภาพ และผลผลิตของเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่น กล่าวคือ ผลผลิตการเก็บเกี่ยวเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่นในสูตรอาหารผสมที่เหมาะสมมีค่าน้ำหนักเห็ดมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ ในแง่เชิงคุณภาพลักษณะดอกเห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่นในกลุ่มที่เพิ่มเปลือกกล้วย หรือ เปลือกมันสำปะหลัง ลักษณะดอกหนา มีน้ำหนักต่อดอกสูง มากกว่ากลุ่มควบคุม การเลือกใช้วัสดุในท้องถิ่นที่แตกต่างและหลากหลาย ส่งผลต่อคุณภาพของเห็ดแต่ละชนิดที่ต่างกันออกไป การเลือกใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า และเปลือกมันสำปะหลังในการวิจัยครั้งนี้

เพื่อแก้ปัญหาระบบท้องถิ่น เพิ่มทางเลือกสำหรับการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุ ตลอดจนเพิ่มมูลค่า และสร้างรายได้แก่ชุมชน [3,4]

การผลิตเห็ดแบบปลอดการใช้สารเคมีเป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญและตระหนัก ปัญหาการใช้สารเคมีในกลุ่มเกษตรกรควรอาศัยการทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาในระยะยาว

ตารางที่ 1 ผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐานและเป๋าฮื้อญี่ปุ่นของแต่ละสูตรอาหารเพาะเห็ด ระยะเวลาเก็บผลผลิตนาน 30 วัน

เห็ดนางฟ้าภูฐาน				
สูตรวัสดุเพาะเห็ด		**จำนวนดอกเห็ดเฉลี่ย** (ดอก/ก้อน)	**น้ำหนักดอกเห็ดเฉลี่ย** (กรัม/ดอก)	**น้ำหนักผลผลิตเห็ด** (กรัม/ก้อน)
เปลือกกล้วย	ควบคุม	2.40^{a}	11.71±1.79^{a}	28.12^{a}
	1.0%	2.32^{a}	12.23±5.52^{a}	29.95^{a}
	2.5%	2.53^{a}	14.76±9.63^{a}	39.33^{b}
	5.0%	3.65^{b}	14.32±9.95^{b}	62.27^{c}
	10.0%	**4.16^{c}**	**15.88±8.84^{b}**	**89.15^{d}**
เปลือกมันสำปะหลัง	ควบคุม	2.40^{a}	11.71±1.79^{a}	28.12^{a}
	1.0%	2.85^{a}	13.52±1.82^{b}	38.23^{b}
	2.5%	4.25^{c}	15.26±2.13^{c}	39.33^{b}
	5.0%	**5.36^{d}**	**17.13±5.75^{d}**	**90.87^{d}**
	10.0%	3.78^{b}	15.28±5.44^{c}	75.85^{cd}
เห็ดเป๋าฮื้อญี่ปุ่น				
สูตรวัสดุเพาะเห็ด		**จำนวนดอกเห็ดเฉลี่ย** (ดอก/ก้อน)	**น้ำหนักดอกเห็ดเฉลี่ย** (กรัม/ดอก)	**น้ำหนักเห็ดทั้งหมด** (กรัม/ก้อน)
เปลือกกล้วย	ควบคุม	2.10^{a}	21.71±11.09^{a}	108.11^{a}
	1.0%	2.22^{a}	23.23±12.02^{a}	118.92^{b}
	2.5%	2.19^{a}	34.76±19.61^{a}	152.43^{c}
	5.0%	4.62^{b}	44.32±9.98^{b}	165.28^{c}
	10.0%	4.76^{c}	45.88±12.81^{b}	**175.16^{c}**
เปลือกมันสำปะหลัง	ควบคุม	2.10^{a}	21.71±11.09^{a}	108.11^{a}
	1.0%	2.95^{a}	25.55±9.82^{a}	138.22^{b}
	2.5%	4.89^{c}	38.28±2.19^{c}	185.31^{c}
	5.0%	5.63^{d}	49.93±5.77^{d}	205.17^{d}
	10.0%	4.28^{c}	45.27±12.94^{b}	179.25^{c}

จำนวนก้อนเห็ดของแต่ละกลุ่มการทดลอง = 80 ค่าทางสถิติถูกวิเคราะห์โดย ANOVA LSD ที่ $p<0.05$ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (^{a}), โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาโดย ANOVA อักษรตัวยกที่ต่างกัน $^{(a\text{-}d)}$ หมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$, กรณีที่อักษรตัวยกเหมือนกันหมายถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p>0.05$

5. สรุป

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาประยุกต์สำหรับการการพัฒนาเป็นอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดได้เป็นอย่างดี ทั้งเปลือกกล้วยน้ำว้า และเปลือกมันสำปะหลังสามารถส่งเสริม สนับสนุน การเจริญของเห็ด และเพิ่มผลผลิตการเก็บเกี่ยวได้สูงกว่ากลุ่มควบคุม แนวทางการจัดการนี้สามารถนำไปต่อยอดการวิจัย ตลอดจนส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรผู้ผลิตเห็ดได้นำไปใช้ ซึ่งยังสามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพเห็ด ผลผลิตมีความปลอดภัย ไม่มีการใช้สารเคมี และยังสนับสนุนการทำการเกษตรแบบปลอดภัยและมีความยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนโดยโครงการวิจัยเพื่อบูรณาการสู่การเรียนการสอน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Ha Thi Hoa, Chun-Li and Chong Ho Wang (2015) The Effects of Different Substrates on the Growth, Yield, and Nutritional Composition of Two Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycolobilogy*, Vol.43(4), pp.423-434.

[2] Obodai M, Cleland-Okine J and Vowotor KA (2003) Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. Vol.30, pp.146–149.

[3] Tesfaw A, Tadesse A and Kiros G. (2015) Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*. Vol.3, pp.15–20.

[4] Rizki M and Tamai Y. (2011) Effects of different nitrogen rich substrates and their combination to the yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) World. *Journal of Microbiology and Biotechnology. Vol*. 27, pp.1695–1702.

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวฮางงอก

A study of suitable factors for Hang rice drying

ศิริพร จรรยา[1,*], และอาจารี แสงเสถียร[2]

[1] คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ 13 ม.14 ตำบลสงเปลือย อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ 46230

[2] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ 62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

*ผู้ติดต่อ: siriporn.janya@gmail.com, 086-2375529

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวฮางงอกซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิตประกอบไปด้วยการแช่ การบ่ม การนึ่ง การทำแห้ง และการสี ในการอบแห้งได้เลือกใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกเนื่องจากระบบนี้ข้าวฮางงอกจะไม่ได้รับรังสีจากแสงอาทิตย์โดยตรงทำให้มีสีสวยไม่คล้ำ แต่อาจส่งผลทำให้เมล็ดข้าวสารแตกหักเมื่ออบแห้งในระบบเป็นเวลานาน เพื่อลดการแตกหักของเมล็ดข้าวสารจึงได้ศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งที่เวลา 240 300 360 420 และ 480 นาที จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมอยู่ที่ 240 นาที ซึ่งค่าเฉลี่ยการแตกหักเท่ากับ 2.85%

คำหลัก: ข้าวฮาง, อบแห้ง, แตกหัก

Abstract

The aim of this research is to study the suitable factors for Hang rice drying which is a part of production process. The process consists of soaking, incubation, streaming, drying and milling. A solar greenhouse (SGH) dryer was used for drying process. SGH protected the Hang rice from the heat of direct solar radiation which causes darkening of color. However, the long drying time affects rice cracking. Therefore, the drying time at 240, 300, 360, 420 and 480 minutes was studied. Experimental results showed that the suitable drying time was 240 minutes which resulted the mean of broken Hang rice is 2.85%.

Keywords: Hang rice, Drying, Broken

1. บทนำ

ข้าวฮางงอกเป็นข้าวสารที่แปรรูปจากข้าวเปียกตามภูมิปัญญาชาวอีสาน ในอดีตแต่ละครอบครัวมีสมาชิกในครัวเรือนจำนวนมากทำให้มีข้าวไม่เพียงพอสำหรับบริโภคภายในครัวเรือนจึงได้นำข้าวที่ยังไม่ถึงระยะเก็บเกี่ยวมาแปรรูปซึ่งขั้นตอนการผลิตข้าวฮางงอกประกอบไปด้วยขั้นตอนการให้ความชื้นแก่เมล็ดข้าวเปลือกเพื่อกระตุ้นการงอก คือ การนำข้าวเปลือกมาผ่านการแช่น้ำและบ่ม ขั้นตอนการนึ่งเพื่อทำให้ข้าวสุก ขั้นตอนการทำแห้งโดยวิธีการผึ่งลมหรือตากแดดตามธรรมชาติจนแห้ง และขั้นตอนการสีหรือการกะเทาะเอาเปลือก (แกลบ) ออกโดยใช้โรงสีขนาดเล็กสำหรับสีข้าวกล้อง ข้าวฮางงอกมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากการนำข้าวเปียกมาแช่และบ่มให้เกิดการงอกเป็นการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีทำให้เมล็ดข้าวมีสารอาหารเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำแทรกเข้าไปในเมล็ดข้าวจะกระตุ้นให้เกิดเอนไซน์ภายในเมล็ดและเมล็ดข้าวก็จะเริ่มงอกสารอาหารที่ถูกเก็บไว้จะถูกย่อยกลายเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งสารเหล่านี้มีลักษณะเป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) จะช่วยในการดูดซึมอาหารของมนุษย์ [1] และผลจากการนำข้าวเปียกมาแช่และบ่มให้เกิดการงอกยังทำให้ปริมาณสารกาบา (γ - aminobytyric acid, GABA) เพิ่มขึ้น 15 เท่าของสารกาบาที่พบในข้าวกล้อง กาบาเป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการดีคาร์บอกซี (decarboxy) ของกรดกลูตามิกซึ่งมีประโยชน์มากมาย เช่น ช่วยป้องกันโรคความจำเสื่อม ช่วยลดความดันเลือด ควบคุมน้ำตาลในเลือด [2]

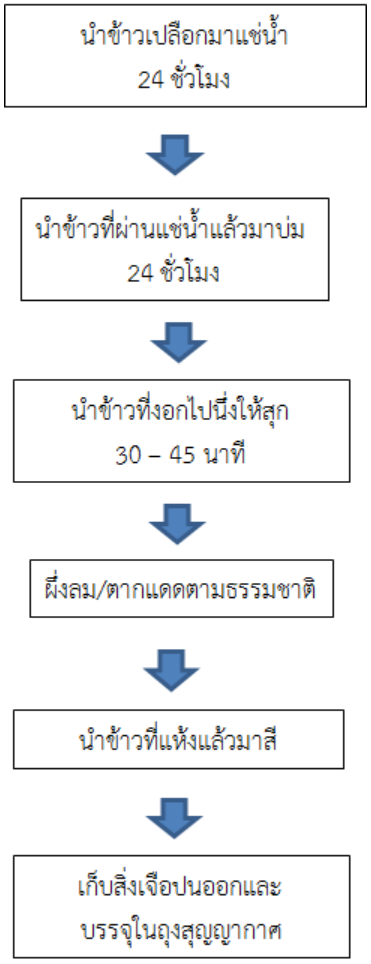
การตากแดดตามธรรมชาติรังสีจากแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบวัสดุบางส่วนจะถูกสะท้อนออกไปภายนอกและบางส่วนจะถูกวัสดุดูดกลืนและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งทำให้ความชื้นในวัสดุระเหยออกมาสู่อากาศแวดล้อม โดยความร้อนที่เกิดขึ้นบางส่วนจะสูญเสียไปโดยการพาความร้อนตามธรรมชาติ (natural convection) การพาความร้อนโดยลม และการแผ่รังสีสู่ท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อม การทำให้วัสดุแห้งโดยการตากแดดตามธรรมชาติเป็นการใช้พลังงานรังสีจากแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำเพราะมีการสูญเสียความร้อนมาก นอกจากนี้วัสดุมักได้รับความเสียหายจากแมลงและสัตว์ต่างๆ ตลอดจนการเปียกฝนระหว่างการตากแห้ง ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบอบแห้งโดยใช้พลังงานจากรังสีจากแสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อช่วยแก้ไขปัญหา [3] การอบแห้งด้วยรังสีจากแสงอาทิตย์ที่มีใช้กันอยู่ในประเทศไทยสามารถไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยการถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุด้วยวิธีการพาด้วยอากาศ (convection) หรือการแผ่รังสี (radiation) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุให้ความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกมา ซึ่งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกก็เป็นระบบที่ใช้อบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์เมื่อรังสีจากแสงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้าไปภายในระบบจะทำให้เกิดการเรือนกระจก (greenhouse effect) ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกกักอยู่ภายในอุณหภูมิจึงสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุซึ่งจะช่วยให้ความชื้นในวัสดุระเหยออกมา ภายในระบบมีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (solar cell) และมีช่องให้อากาศเข้าทดแทนอากาศชื้นที่ถูกดูดออก การอบแห้งวัสดุ เมล็ดธัญพืช ผลไม้ ผัก เครื่องเทศ สมุนไพร ฯลฯ โดยใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกพบว่ามีคุณภาพดีกว่าเมื่อเทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถลดความเสียหายจากแมลงและสัตว์ต่างๆ และไม่เปียกฝนระหว่างการอบแห้ง [5-7] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวฮางงอกโดยใช้ระบบอบแห้ง

พลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกเพื่อลดความเสี่ยงในกระบวนการผลิต

2. ขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมข้าวฮางงอกและพารามิเตอร์สำหรับอบแห้งโดยใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวหอมมะลิ 105 ที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 3 เดือนขึ้นไป จำนวน 10 กิโลกรัมต่อการทดลอง 1 ครั้ง พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการอบแห้งข้าวฮางงอกประกอบไปด้วย อุณหภูมิ และระยะเวลา ซึ่งอุณหภูมิภายในระบบอบแห้งมีอิทธิผลต่อการอบแห้งมากที่สุด [8]

2.1 ขั้นตอนการผลิตข้าวฮางงอก



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตข้าวฮางงอก

2.2 ขั้นตอนการอบแห้งข้าวฮางงอก

1) นำข้าวฮางงอกที่นึ่งสุกแล้วมาอบแห้งในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกตามเงื่อนไขที่กำหนด คือ อบแห้งเป็นระยะเวลา 240 300 360 420 และ 480 นาที (ข้าวฮางงอกเริ่มแห้งที่ 240 นาที)

2) บันทึกข้อมูลค่าอุณหภูมิ และเวลาแต่ละเงื่อนไข

3) ประเมินคุณภาพของข้าวฮางงอกหลังจากอบแห้งแล้วนำไปสีด้วยเครื่องสีข้าวกล้อง เมล็ดข้าวต้องไม่แตกหักซึ่งในการทดลองตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวฮางงอกด้วย เพื่อให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวฮางงอก โดยทำการสุมเก็บตัวอย่างข้าวฮางงอกที่สีแล้วทั้งหมดตามเงื่อนไขการอบแห้งที่กำหนด มาคัดแยกข้าวแตกหักและนำน้ำหนักของข้าวที่แตกหักมาหาเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

$$percent = \frac{part}{whole} \times 100$$

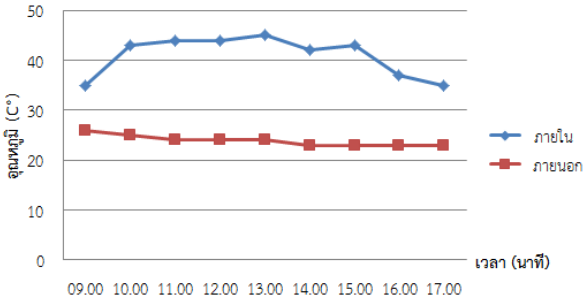
3. ผลและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ผลการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกระบบอบแห้ง

ตารางที่ 1 ผลการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกระบบอบแห้ง

อุณหภูมิ $^{\circ}C$	*ภายในระบบ*	*ภายนอกระบบ*
สูงสุด	45	26
ต่ำสุด	35	23
ค่าเฉลี่ย	40	24.5

ผลการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก พบว่าภายในระบบอบแห้งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกระบบอบแห้ง และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบอบแห้งมีค่าเท่ากับ $40^{\circ}C$

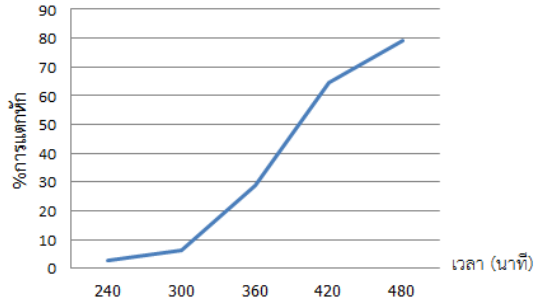


รูปที่ 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกระบบอบแห้ง

จากรูปที่ 2 แสดงผลความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เวลา 09.00 – 17.00 น. พบว่าในช่วงเวลาเดียวกันอุณหภูมิภายในจะมีสูงกว่าภายนอกระบบอบแห้ง จึงทำให้ข้าวฮางงอกที่อบแห้งภายในแห้งเร็วกว่าภายนอกระบบอบแห้ง

3.2 ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหัก

ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหักตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหักตามเงื่อนไขที่กำหนด

จากรูปที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวฮางงอกที่ระยะเวลา 240 300 360 420 และ 480 นาที มีเปอร์เซ็นต์การแตกหัก 2.85%, 6.48%, 28.82%, 64.45% และ78.99% ตามลำดับ พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมอยู่ที่ 240 นาที ซึ่งค่าเฉลี่ยการแตกหักเท่ากับ 2.85% และหากใช้ระยะเวลาการอบแห้งนานขึ้นเรื่อย ๆ เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวฮางงอกก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ถูกกักอยู่ภายในระบบทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ข้าวฮางงอกแห้งจนมีผลต่อโครงสร้างของเมล็ดข้าว เมื่อนำไปสีด้วยเครื่องสีข้าวกล้องจึงทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก

4. สรุปผลการทดลอง

จากงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองอบแห้งข้าวฮางงอกโดยใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวฮางงอกขั้นตอนการทำแห้ง ซึ่งได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกระบบอบแห้งเพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิพบว่าในช่วงเวลาเดียวกันอุณหภูมิภายในจะมีสูงกว่าภายนอกระบบอบแห้งค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบอบแห้งมีค่าเท่ากับ 40 $^{\circ}C$ จึงทำให้ข้าวฮางงอกที่อบแห้งภายในแห้งเร็วกว่าภายนอกระบบอบแห้ง และจากการคำนวณเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวฮางงอก พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งอยู่ที่ 240 นาที ค่าเฉลี่ยการแตกหักเท่ากับ 2.85% จะเห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมีระยะเวลาไม่นานและเปอร์เซ็นต์การแตกหักค่อนข้างน้อย ซึ่งสามารถช่วยลดความเสี่ยงในกระบวนการผลิตได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2560 ให้สำเร็จได้ และขอขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนข้าวงอกฮางกล้องบ้านจาน หมู่ 1 ต.โนนนาจาน อ.นาคู จ.กาฬสินธุ์ ที่ให้การช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองครั้งนี้เป็นอย่างสูง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] รังสรรค์ ไชนเชษฐ์ (2559). การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการสีข้าวฮาง, วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., ปีที่ 9 ฉบับที่ 2, กรกฎาคม-ธันวาคม 2559, หน้า 1 – 9.

[2] อรัญญา พรหมกูล, พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์ และ เกรียงไกร พัทยากร (2557). ผลของการนึ่งต่อสารกาบาและสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของข้าวฮางงอกสีดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 45 ฉบับที่ 2 (พิเศษ), พฤษภาคม-สิงหาคม 2557, หน้า 469 – 472.

[3] เสริม จันทร์ฉาย (2560). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์, นครปฐม: ตำราประกอบการสอน

[4] จารุวัฒน์ เจริญจิต. (2012). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์และแนวทางการพัฒนา, KKU Res. J, 17(1), หน้า 110 – 124.

[5] Om Prakash and Anil Kumar (2014). Solar Greenhouse Drying : A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 29(2014), 905 – 910.

[6] Zaineb Azaizia. et al. (2017). Investigation of a new solar greenhouse drying system for peppers, *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 42(2017), 8818 – 8826.

[7] Ilhem Hamdi. Et al. (2018). Experimental study and numerical for drying grapes under solar greenhouse, *Renewable Energy*, vol. 127(2018), 936 – 946.

[8] นพพร พัชรประกิติ, พงศธร จันทร์แก้ว และวัชรพงษ์ มโหรี (2559). กระบวนการนึ่งและอบแห้งข้าวฮางงอกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับคลื่นอินฟราเรด, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1, มกราคม-มิถุนายน 2559, หน้า 43 – 50.

การวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารสกัดใบชะมวงด้วยวิธี TLC densitometry

Qualitative and Quantitative Analysis of *Garcinia cowa* Roxb. Leaves Extract by TLC Densitometry

ธนวัฒน์ ทองจีน* อัศวชัย ช่วยพรหม ประถม ทองศรีรักษ์ แสงตะวัน ศรีโบราณ
ศักดิ์วิชัย อ่อนทอง และ ณุฉัตรา จันทร์สุวานิชย์

สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ตลาดขวัญ เมืองนนทบุรี 11000
*Thanawat.t@dmsc.mail.go.th, 0618983695, 025899866

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยปฏิกิริยาการเกิดสีและด้วยวิธี TLC ของสารสกัดด้วยเอทานอลจากใบชะมวง ศึกษาหาปริมาณสาร orientin ในสารสกัดใบชะมวงด้วยวิธี TLC densitometry ผลการศึกษาการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยปฏิกริยาการเกิดสี พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลของใบชะมวงมีสารกลุ่ม steroids, terpenoids, flavonoids, phenolic compounds และ tannins เป็นสารองค์ประกอบ การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยวิธี TLC พบว่าส่วนผสมของตัวทำละลายที่ทำให้เกิดการแยกสารได้ดีที่สุดคือ ethyl acetate : formic acid : glacial acetic acid : distilled water ในอัตราส่วน (100:11:11:27) ตรวจสอบภายหลังพ่นน้ำยา NP/PEG ภายใต้แสง UV 366 nm พบการเรืองแสงสีเหลืองที่ Rf เฉลี่ย 0.65 ซึ่งตรงกับสารมาตรฐาน orientin ผลการวิเคราะห์ปริมาณ พบว่าสารสกัดใบชะมวงมีปริมาณสาร orientin เท่ากับ 17.07 % w/w ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์สนับสนุนในการควบคุมคุณภาพทางเคมีของใบชะมวงในอนาคตได้ต่อไป

คำหลัก: ชะมวง, การควบคุมคุณภาพ, TLC densitometry

Abstract

This research investigated the chemical identity by coloreaction and TLC of ethanol extracts from *Garcinia cowa* Roxb leaves. Then, the orientin content was investigated in *G. Cowa* extracts by TLC densitometry. It was found that the ethanol extract of the leaves of *G. cowa* contains steroids, terpenoids, flavonoids, phenolic compounds and tannins. The TLC solvent system was found that the best solvent mixture was ethyl acetate: formic acid: glacial acetic acid: distilled water (100: 11: 11: 27). After spraying with an NP/PEG solution under 366 nm UV light, yellow fluorescence at Rf was found to be 0.65, which corresponded to orientin standard. TLC densitometry was found to be 17.07 % w/w. The results of this research may be applied to quality control of *G. cowa* in the future.

Keywords: Garcinia cowa, Quality control, TLC densitometry.

1.บทนำ

ชะมวง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia cowa* Roxb. ex DC. จัดอยู่ในวงศ์ Clusiaceae [1] มีชื่อเรียกอื่นเช่น กะมวง มวงส้ม หมากโมก เป็นต้น จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูงประมาณ 10 m ใบเป็นใบเดี่ยว ขอบใบเรียบ ใบหนายาว สีเขียวอ่อนถึงสีเขียวอมม่วงแดง ใบออกเป็นคู่ตรงข้ามกัน มี กลิ่นหอม ดอกมีขนาดเล็กประมาณ 10-15 mm กลีบดอกแข็งมีสีนวล กลิ่นหอม ผลมีลักษณะทรงกลม มีเนื้อสีเหลือง รสฝาด ผลสุกมีสีเหลืองส้ม ใบอ่อนและยอดอ่อนของชะมวงมีรสเปรี้ยว มีสรรพคุณพื้นบ้าน ช่วยระบายท้อง แก้ไข้ กัดฟอกเสมหะ แก้ธาตุพิการและนิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร [2]

จากรายงานการศึกษาพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าสารสกัดของใบชะมวงมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจหลายชนิด ได้แก่ ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ [3-6] ต้านการอักเสบ และต้านอนุมูลอิสระ [4] ฤทธิ์ลดไขมันในหลอดทดลอง [7-8] และฤทธิ์ฆ่าเซลล์มะเร็ง [9] เป็นต้น ตัวอย่างรายงานการวิจัย เช่น รายงานการแยกสาร organic acids จากสารสกัดด้วยน้ำของใบชะมวง พบว่าสาร organic acids ที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ (-)-hydroxycitric acid โดยมีปริมาณเท่ากับ 1.7 % [10] รายงานผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ลดไขมันของใบชะมวง พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอล มีฤทธิ์ลดไขมันในหลอดทดลองโดยสามารถยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลเข้าสู่เซลล์ Caco-2 ได้ร้อยละ 14.6 สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG CoA reductase ได้ร้อยละ 97.06 และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ pancreatic lipase โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 196.60 µg/mL และพบสารองค์ประกอบทางเคมีคือสาร vitexin, Orientin และ beta-sitosterol [7] การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและการแยกสารองค์ประกอบทางเคมีของใบชะมวง พบสาร chamuangone ซึ่งแยกได้จากสารสกัดเอทิลอะซีเตตของใบชะมวง มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่ดี โดยสามารถต้านเชื้อ *S. pyogenes* มีค่า MIC เท่ากับ 7.8 µg/mL ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. viridans* และ *H. pylori* มีค่า MIC เท่ากับ 15.6 µg/mL และต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*, *B. subtilis* และ *Enterococcus sp.* โดยมีค่า MIC เท่ากับ 31.2 µg/mL [5] การศึกษาฤทธิ์ฆ่าเซลล์มะเร็งและการแยกสารออกฤทธิ์จากใบชะมวง พบว่าสามารถแยกสารบริสุทธิ์จากสารสกัดด้วยอะซีโทนจากใบชะมวงได้สารใหม่ในกลุ่ม xanthones 2 ตัว คือ cowaxanthones G และ cowaxanthones H นอกจากนี้ยังได้สนับสนุนว่าสารจากใบชะมวงที่แยกได้สามารถใช้เป็นสารในการต้านมะเร็งได้ [9] การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบชะมวง ต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ ROS production, MAPK/ERK pathway และไมโตคอนเดรีย ในเซลล์ neuronal-like neuroblastoma และเซลล์ primary fibroblast ภายใต้สภาวะที่ถูกกดดัน พบว่าสารสกัดหยาบจากใบชะมวงสามารถลดการตายของเซลล์สมอง และแสดงลักษณะ neuroprotective ได้อย่างมีนัยยะสำคัญ และสามารถแยกสารสำคัญจากใบชะมวงได้ คือ อนุพันธ์ของสาร Cowanin [11]

ประเทศไทยมีการนำใบชะมวงมาบริโภคเป็นอาหารประจำวันอย่างแพร่หลาย และจากข้อมูลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์แสดงถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของใบชะมวงที่น่าสนใจหลายชนิด มีศักยภาพสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ยารักษาโรค ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ ทำให้ข้อมูลในการควบคุมคุณภาพทางเคมีเป็นสิ่งจำเป็น แต่ปัจจุบันข้อมูลดังกล่าวยังมีอยู่น้อยมาก จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการศึกษาการวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารสกัดใบชะมวงด้วยวิธี TLC densitometry เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของใบชะมวงและผลิตภัณฑ์จากใบชะมวงได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตรวจเอกลักษณ์ทางเคมีของสารสกัดใบชะมวงด้วยปฏิกิริยาการเกิดสี

2. เพื่อศึกษาการตรวจเอกลักษณ์ทางเคมีของสารสกัดใบชะมวงด้วยวิธี TLC

3. เพื่อศึกษาหาปริมาณสารสำคัญของสารสกัดใบชะมวง ด้วยวิธี TLC densitometry

3. วิธีการดำเนินการวิจัยเครื่องมือ

ชุดเครื่อง TLC denitometer ประกอบด้วย เครื่องพ่นสารตัวอย่าง (Automatic TLC Sampler 4) เครื่องถ่ายภาพโครมาโตกราฟ (TLC Digital camera รุ่น Reprostar 3) และ เครื่องตรวจอ่านแผ่น TLC (TLC Scanner 3) ยี่ห้อ CAMAG ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์

1. ช้อนตักสาร
2. ขวดแก้วก้นกลม (round bottom flask)
3. ขวดรูปชมพู่พร้อมฝาปิด (erlenmeyer flask with glass cover)
4. กระดาษกรอง
5. หลอดทดลอง
6. ปิเปต
7. Chromatographies tank 20 x 10 cm
8. ขวดบรรจุน้ำยาพ่นสาร
9. ขวดแก้ววัดปริมาตร (volumetric flask)

3.2 สารมาตรฐานและสารเคมี

1. Diphenylboric acid-2-aminoethyl ester (AR grade) ของบริษัท Merck
2. Polyethylene Glycol 4000 (AR grade) ของบริษัท Merck
3. Ethyl acetate (AR grade) ของบริษัท Merck
4. Formic acid (AR grade) ของบริษัท Merck
5. น้ำกลั่น (distilled water)
6. Absolute ethanol (AR grade) ของบริษัท Merck
7. Glacial acetic acid (AR grade) ของบริษัท Merck
8. Hexane (AR grade) ของบริษัท Merck
9. Chloroform (AR grade) ของบริษัท Merck
10. Sulfuric acid (AR grade) ของบริษัท Merck
11. Hydrochloric acid (AR grade) ของบริษัท Merck
12. Magnesium ribbon
13. Ferric chloride (AR grade) ของบริษัท Merck
14. TLC Silica gel 60 F_{254} Glass plates 20 x 10 cm ของบริษัท Merck
15. สารมาตรฐาน Vitexin (Chromadex, primary P, lot no. 00022850-615)
16. สารมาตรฐาน Orientin (Chromadex, purity ≥ 95%, lot no. 00015380-404)

4. การเตรียมสารตัวอย่าง/สารเคมี

4.1 การเตรียมตัวอย่างสารสกัดใบชะมวง

ใบชะมวง (*Garcinia cowa* Roxb.) เก็บจากอำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี ในช่วงเดือนธันวาคม 2560 และตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ตามหลักพฤษศาสตร์โดยนักพฤกษศาสตร์ห้องปฏิบัติการพิพิธภัณฑ์พืช สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เปรียบเทียบกับตัวอย่างพรรณไม้แห้งหมายเลขอ้างอิง DMSC 5215 จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และอบให้แห้งด้วยเตาอบร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 45°C นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดเป็นผงผ่านแร่งเบอร์ 180 เก็บผงสมุนไพรที่ได้ในขวดแก้วสีชามีฝาปิดสนิท

สกัดผงสมุนไพรใบชะมวง จำนวน 100 g ด้วยเอทานอล โดยวิธี soxhlet extraction แล้วนำสารสกัดที่ได้ไประเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45 °C ได้สารสกัด จำนวน 20.60 g

4.2 วัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase)

ศึกษาอัตราส่วนส่วนผสมของตัวทำละลายที่ทำให้เกิดการแยกสารได้ดี และเหมาะสมในการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยวิธี TLC โดยศึกษาตัวทำละลาย เช่น hexane, ethyl acetate, chloroform, formic acid, glacial acetic acid และ distilled water เป็นต้น

4.3 การเตรียมสารเทียบ

4.3.1 ละลายสารมาตรฐาน vitexin 1 mg ใน absolute ethanol AR grade 1 mL

4.3.2 ละลายสารมาตรฐาน orientin 1 mg ใน absolute ethanol AR grade 1 mL

4.4 การเตรียมน้ำยาพ่น

4.4.1 สารละลาย NP-PEG มีวิธีเตรียมดังต่อไปนี้

- สารละลาย NP เตรียมโดยละลาย diphenylboric acid-2-aminoethyl ester จำนวน 1 g ในเมทานอล จำนวน 100 mL

- สารละลาย PEG เตรียมโดยละลาย Polyethylene Glycol 4000 จำนวน 5 g ในเอทานอล จำนวน 100 mL

5. การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยปฏิกิริยาการเกิดสี

5.1 Liebermann-Burchard's test (ตรวจสอบสารกลุ่ม Steroids และ Terpenoids)

ชั่งสารสกัดใบชะมวง 0.1 g ใส่ในหลอดทดลอง นำไปละลายด้วยอะซีติกแอนไฮไดรด์ จำนวน 2 mL แล้วค่อยๆเติมกรดกำมะถันเข้มข้น (Sulfuric acid) 1 mL สังเกตสีที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อและสารละลายชั้นบน ผลบวก คือ เกิดวงแหวนสีน้ำตาลแดงที่รอยต่อระหว่างชั้นสารละลาย โดยในกรณีที่สารละลายชั้นบนมีสีเขียว แสดงว่ามีสารกลุ่ม Terpenoids เป็นองค์ประกอบ และในกรณีที่สารละลายชั้นบนมีสีแดง แสดงว่ามีสารกลุ่ม Steroids เป็นองค์ประกอบ

5.2 Shinoda's test หรือ Cyanidin test (ตรวจสอบสารกลุ่ม Flavonoids)

ชั่งสารสกัดใบชะมวง 0.1 g ใส่ในหลอดทดลอง นำไปละลายด้วยเอทานอล จำนวน 1-2 mL เติมแผ่นแมกนีเซียม 2-3 ชิ้น และกรดเกลือ (Hydrochloric acid) จำนวน 1 mL นำไปอุ่นในอ่างอังไอน้ำ 5-10 นาที สังเกตสีที่เกิดขึ้นผลบวก คือ สารละลายจะมีสีแดง แสดงว่ามีสารกลุ่ม Flavonoids เป็นองค์ประกอบ

5.3 Ferric chloride test (ตรวจสอบสารกลุ่ม Phenolic compounds และ Tannins)

ชั่งสารสกัดใบชะมวง 0.1 g ใส่ในหลอดทดลอง นำไปละลายด้วยเอทานอล จำนวน 2 mL เติมสารละลาย ferric chloride 2-3 หยด สังเกตสีและตะกอนที่เกิดขึ้น ผลบวก คือ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินหรือสีเขียวปนดำ แสดงว่ามีสารกลุ่ม Phenolic compounds เป็นองค์ประกอบ

5.4 Froth test (ตรวจสอบสารกลุ่ม Saponins)

ชั่งสารสกัดใบชะมวง 0.3 g ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 10 mL แล้วเขย่าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 30 วินาที สังเกตฟองที่เกิดขึ้นผลบวก คือ เกิดฟองที่คงทนนานกว่า 15 นาที แสดงว่ามีสารกลุ่ม Saponins เป็นองค์ประกอบ

6. การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยวิธี TLC

6.1 การเตรียมตัวอย่างสารสกัดใบชะมวง

ชั่งสารสกัดใบชะมวง หนัก 0.2050 g ละลายสารสกัดด้วยเอทานอล จำนวน 5 mL จะได้สารสกัดใบชะมวงที่มีความเข้มข้น 0.0410 g/mL

6.2 การตรวจสอบ

นำสารสกัดใบชะมวง และสารเทียบ (สารละลายมาตรฐาน Vitexin และ Orientin) มาพ่นบนแผ่น TLC ให้เป็นแถบ (band) ขนาด 6x 0.45 mm นำแผ่น TLC ดังกล่าวมาจุ่มลงในแทงค์ (tank) ซึ่งอิ่มตัวด้วยวัฏภาคเคลื่อนที่ รอจนวัฏภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่เป็นระยะทาง 8 cm จึงนำแผ่น TLC ออก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้แห้ง แล้วจึงนำมาตรวจสอบด้วยเครื่องถ่ายภาพโครมาโตกราฟภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 254 nm และ 366 nm จากนั้นนำไปทำให้ร้อนบนเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงเหลืออุณหภูมิประมาณ 50 °C นำมาพ่นด้วยสารละลาย NP แล้วพ่นทับด้วยสารละลาย PEG ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วนำไปตรวจสอบภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 366 nm อีกครั้ง

7. การศึกษาหาปริมาณ orientin ในสารสกัดใบชะมวง ด้วยวิธี TLC densitometry

7.1 การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างสารสกัดใบชะมวง 200 mg (น้ำหนักอย่างแน่นอน) ละลายและปรับปริมาตรด้วยเอทานอลจนครบ 100 mL จะได้สารละลายตัวอย่างสารสกัดใบชะมวงเข้มข้น 2,000 µg/mL

7.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน orientin

ชั่งสารมาตรฐาน orientin 10 mg (น้ำหนักอย่างแน่นอน) ละลายและปรับปริมาตรด้วยเมทานอลในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL จะได้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 400 µg/mL

7.3 เครื่องมือวิเคราะห์

ชุดเครื่อง TLC denitometer ประกอบด้วยเครื่องพ่นสารตัวอย่าง (Automatic TLC Sampler 4) เครื่องถ่ายภาพโครมาโตกราฟ (TLC Digital camera รุ่น Reprostar 3) และ เครื่องตรวจอ่านแผ่น TLC (TLC Scanner 3) ยี่ห้อ CAMAG ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

7.4 การวิเคราะห์

นำสารละลายมาตรฐาน orientin จำนวน 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 µL ตามลำดับ และตัวอย่างสารสกัดใบชะมวง จำนวน 2 µL มาพ่นบนแผ่น TLC ให้เป็นแถบ (band) ขนาด 6x 0.45 mm นำแผ่น TLC ดังกล่าวมาจุ่มลงในแทงค์ (tank) ซึ่งอิ่มตัวด้วยวัฏภาคเคลื่อนที่ รอจนวัฏภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่เป็นระยะทาง 8 cm จึงนำแผ่น TLC ออก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้แห้ง แล้วจึงนำมาอ่านแผ่นด้วยเครื่องตรวจอ่านแผ่น TLC นำค่าพื้นที่ใต้โค้ง (area under curve, AUC) ที่ได้มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้โค้ง กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานจะได้โค้งมาตรฐาน (standard curve) จากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสารสกัดใบชะมวง ด้วยวิธีการเดียวกัน

8. ผลการวิจัย

8.1 ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยปฏิกิริยาการเกิดสี และวิธี TLC

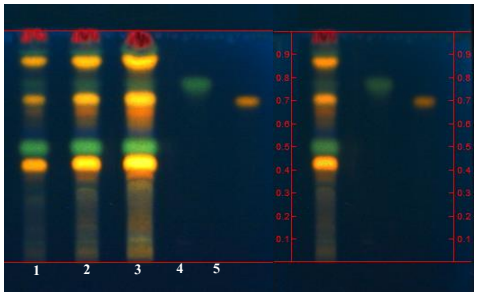
ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยปฏิกริยาการเกิดสีของสารสกัดใบชะมวง พบว่าให้ผลบวกกับ Liebermann-Burchard's test โดยเกิดวงแหวนสีน้ำตาลปนแดงระหว่างรอยต่อของชั้นสารละลาย และสารละลายชั้นบนมีสีเขียวเข้ม ให้ผลบวกกับ Shinoda's test โดยสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงปนชมพู และให้ผลบวกกับ Ferric chloride test โดยสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวปนดำ แต่ให้ผลลบจากการตรวจสอบสารกลุ่ม Saponins ด้วยวิธี Froth test โดยพบว่าฟองที่เกิดขึ้นหลังจากเขย่าเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-2 นาที ฟองจะหายไป แสดงดังตารางที่ 1

เมื่อตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของตัวอย่างสารสกัดใบชะมวงด้วยวิธี TLC พบว่าส่วนผสมของตัวทำละลายที่ทำให้เกิดการแยกสารได้ดีที่สุดคือ ส่วนผสมของตัวทำละลาย ethyl acetate : formic acid : glacial acetic acid : distilled water ในอัตราส่วน

(100:11:11:27) หลังจากพ่นน้ำยา NP/PEG ตรวจสอบภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 366 nm พบการเรืองแสงสีเหลืองของสารละลายมาตรฐาน orientin และการเรืองแสงสีเขียวของสารละลายมาตรฐาน vitexin ที่แถบสาร Rf เฉลี่ย 0.65 และ 0.71 ตามลำดับ สารสกัดใบชะมวงพบแถบสารเรืองแสงสีเหลือง ที่ Rf เฉลี่ย 0.65 ซึ่งตรงกับสารเปรียบเทียบ orientin แสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดด้วยเอทานอลจากใบชะมวง

วิธีทดสอบ	ผลการทดสอบสารสกัดใบชะมวง
Liebermann-Burchard's test (ตรวจสอบกลุ่มสาร Steroids และ Terpenoids)	 แสดงผลบวก
Shinoda's test (ตรวจสอบกลุ่มสาร Flavonoids)	 แสดงผลบวก
Ferric chloride test (ตรวจสอบกลุ่มสาร phenolic compounds และ tannins)	 แสดงผลบวก
Froth test (ตรวจสอบกลุ่มสาร Saponins)	แสดงผลลบ



ภาพที่ 1 ทีแอลซีโครมาโทแกรมของสารสกัดเอทานอลจากใบชะมวงเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน orientin และ vitexin

หมายเลข 1, 2, 3 คือ สารสกัดใบชะมวง

หมายเลข 4 คือ สารละลายมาตรฐาน vitexin

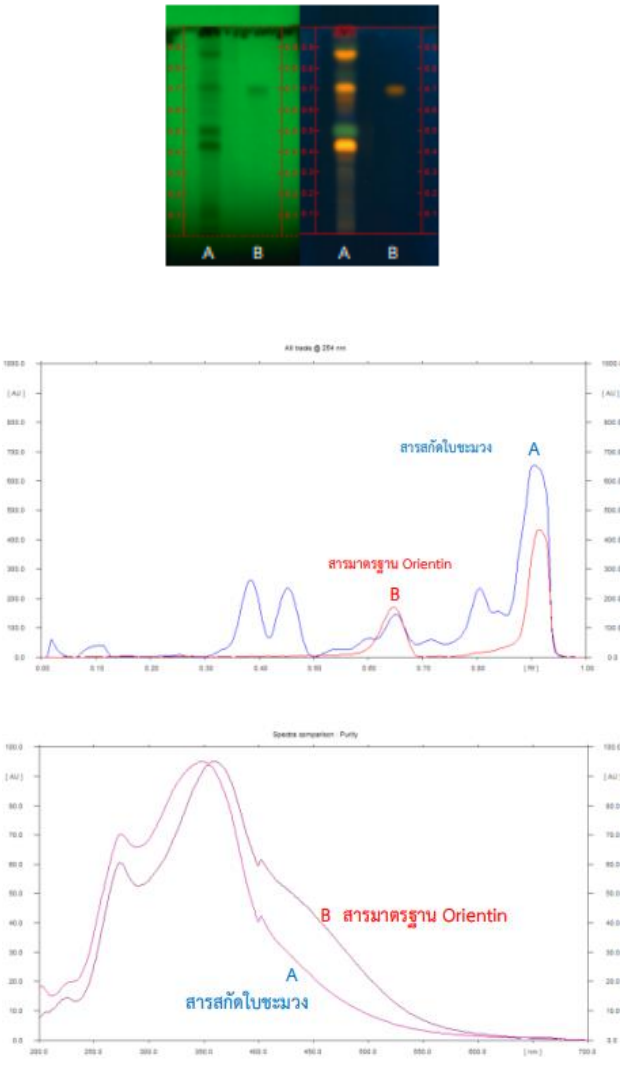
หมายเลข 5 คือ สารละลายมาตรฐาน orientin

ตรวจสอบ หลังพ่นน้ำยา NP/PEG ภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 366 nm

8.2 ผลการศึกษาหาปริมาณ orientin ในสารสกัดใบชะมวง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ orientin ในสารสกัดใบชะมวง ด้วยวิธี TLC densitometry บนแผ่น TLC Silica gel 60 F_{254} เป็นวัฏภาคคงที่ และระบบ ethyl acetate : formic acid : glacial acetic acid : distilled water ในอัตราส่วน (100:11:11:27) ตรวจสอบสารภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 nm พบว่า Peak ของสารสกัดใบชะมวง ซ้อนทับกันกับ Peak ของสารมาตรฐาน orientin ที่ Rf เฉลี่ย 0.65 และเมื่อใช้วิธีการตรวจวัด UV spectrum ของ Peak ที่ซ้อนทับกันนั้น พบว่าสารทั้งสองมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นเดียวกันดังนั้นจากผลการศึกษาด้วย วิธี TLC densitometry จึงสรุปได้ว่าสารสกัดใบชะมวง มีสาร orientin เป็นองค์ประกอบ (แสดงดังภาพที่ 2) และจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้โค้งกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน orientin พบว่าสารสกัดใบชะมวงมีปริมาณสาร orientin คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 17.07 w/w โดยมีช่วงการวิเคราะห์ และ

ความเป็นเส้นตรง (Linearity and working rang) ในช่วง 0.4- 2.4 µg/spot มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.9997 ขีดจำกัดของการตรวจพบ (LOD) และขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) เท่ากับ 0.15 และ 0.47 µg/spot ตามลำดับ



ภาพที่ 2 เดนซิโทแกรม และ spectrum ที่ตรวจวัดได้จากทีแอลซีโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน orientin เทียบกับสารละลายตัวอย่างสารสกัดใบชะมวง

9. อภิปรายผล

ผลการศึกษานี้พบว่าเมื่อตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยปฏิกิริยาการเกิดสี สารสกัดด้วยเอทานอลจากใบชะมวงมีสารกลุ่ม steroids, terpenoids, flavonoids, phenolic compounds และ tannins เป็นสารองค์ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ของ ดวงเพ็ญและคณะ ที่รายงานว่าสารสกัดด้วย hexane จากใบชะมวงมีสารกลุ่ม pentacyclic triterpenoids และ steroids เป็นองค์ประกอบ [3] และจากผลการศึกษาต่อมาของ ดวงเพ็ญและคณะ ที่รายงานว่าสารสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนจากใบชะมวงมีสาร vitexin orientin และ β-sitosterol เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ ซึ่งพบสาร orientin เป็นองค์ประกอบในสารสกัดด้วยเอทานอลจากใบชะมวง โดยการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาหาปริมาณสาร orientin ในสารสกัดด้วยเอทานอลจากใบชะมวงเพิ่มเติมจากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ ดวงเพ็ญและคณะ โดยได้ตรวจสอบเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณ orientin ในสารสกัดด้วยเอทานอลจากใบชะมวง ด้วยวิธี TLC densitometry พบว่าสารสกัดใบชะมวงมีสาร orientin เป็นองค์ประกอบ โดยมีปริมาณคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 17.07 แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ตรวจไม่พบสาร vitexin อาจเนื่องมาจากการเตรียมสารสกัดใบชะมวงที่ใช้ในการศึกษาทั้งสองมีแหล่งสมุนไพรที่แตกต่างกัน หรืออาจเนื่องมาจากการใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างชนิดกัน [7] รายงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้รายงานศักยภาพของสารสกัดเอทานอลจากใบชะมวง พบว่าสามารถลดการตายของเซลล์สมอง และแสดงลักษณะ neuroprotective ได้อย่างมีนัยยะสำคัญ โดยสามารถกระตุ้น anti-apoptotic protein ในการยับยั้งการตายของเซลล์เฉพาะในเซลล์สมองทั้งในสภาวะปกติ และสภาวะการทำลายเซลล์ของสาร oxidant ได้ ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของใบชะมวงที่น่าสนใจนำมาพัฒนาเป็น

ผลิตภัณฑ์สุขภาพต่อไป [11] โดยสามารถนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ ทั้งวิธีการตรวจสอบเอกลักษณ์และการวิเคราะห์ปริมาณ orientin ในสารสกัดด้วยเอทานอลของใบชะมวงด้วยวิธี TLC densitometry ซึ่งวิธีนี้มีขีดจำกัดของการตรวจพบ (LOD) และขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ในระดับ µg/spot จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์สนับสนุนในการควบคุมคุณภาพทางเคมีของใบชะมวงในอนาคตได้ โดยมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์และไม่มีความยุ่งยากในการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์

5. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยปฏิกิริยาการเกิดสี และวิธี TLC densitometry ของสารสกัดใบชะมวงที่สกัดด้วยตัวทำละลายอื่นๆเพิ่มเติม เช่น hexane dichloromethane acetone เป็นต้น รวมทั้งทำการศึกษาหาองค์ประกอบและปริมาณในสารสกัดใบชะมวงนั้นๆและเพิ่มจำนวนตัวอย่างใบชะมวงจากแหล่งต่างๆเพิ่มเติม เพื่อให้การศึกษาครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยสมุนไพรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยเพื่อแยกสารสำคัญจากสมุนไพรทุกท่าน ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] เต็ม สมิตินันทน์. (2544). ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย,ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการกรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. หน้า 71.

[2] นันทวรรณ บุณยะประภัศร และอรนุช โชคชัยเจริญพร (2539). สมุนไพร ไม้พื้นบ้าน (1). กรุงเทพฯ. บริษัทประชาชน จำกัด. หน้า 761.

[3] ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก, ปัทมาวดี เสตะกัณณะ, สุนิสา กำพลชัยเดช, กัลยา อนุลักขณาปกรณ์ และ ประไพ วงศ์สินคงมั่น (2552). องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากใบชะมวง, วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 7(2), พฤษภาคม - สิงหาคม 2552, หน้า 135.

[4] Chatchawin Petchlert, Athitaya Insee and Somphit Saedkhunthod. (October 2011). In vitro digestive effect on antioxidant activity of extracts from Garcinia cowa Roxb. ex DC. Leaves,ConferencePaper,URL: http://www.researchgate.net/publication/265728912, on 22/06/2018.

[5] Apirak. Sakunpak, Pharkphoom Panichayupakaranant. (2012).Antibacterial activity of Thai edible plants against gastrointestinal pathogenic bacteria and isolation of a new broad spectrum antibacterial polyisoprenylatedbenzophenone,chamuangone, Food Chemistry, vol. 130, pp. 826–831.

[6] Teerayut Sriyatep. (2016). Chemical constituents and biological activities from Garcinia cowa and Garcinia propinqua. This dissertation is a partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in applied chemistry Mae Fah Luang University.

[7] ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก, สมจิตร์ เนียมสกุล, นันทีทิพ ลิ้มเพียรชอบ, กรกนก อิงคนินันท์ และ ประไพ วงศ์สินคงมั่น (2553). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ลดไขมันของใบชะมวง, วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 8(2-3), พฤษภาคม - ธันวาคม 2553, หน้า158.

[8] สมจิตร์ เนียมสกุล, ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก, นันทีทิพ ลิ้มเพียรชอบ, กรกนก อิงคนินันท์ และ ประไพ วงศ์สินคงมั่น (2553). ผลของสารสกัดสมุนไพรต่อเอนไซม์ pancreatic lipase และ HMG-CoA reductase, วารสารการแพทย์

แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 8(2-3), พฤษภาคม - ธันวาคม 2553, หน้า 166-167.

[9] Zhengxiang Xia, Hong Zhang, Danqing Xu, Yuanzhi Lao, Wenwei Fu, Hongsheng Tan, Peng Cao, Ling Yang and Hongxi Xu. (2015). Xanthones from the leaves of Garcinia cowa Induce cell cycle arrest, apoptosis, and autophagy in cancer cells, Molecules. Vol. 20, June 2015, pp. 11387-11399.

[10] Bhabani S. Jena, Guddadarangavvanahally K. Jayaprakasha, and Kunnumpurath K. Sakariah (2002). Organic acids from leaves, fruits, and rinds of Garcinia cowa, J. Agric. Food Chem, vol. 50, 2002, pp. 3431.

[11] ชัชวาล สิงหะพล และคณะ (2560). รายงานโครงการฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดจากผลฟักข้าว และใบชะมวง ต่อ การเปลี่ยน แปลงของระดับ ROS production, MAPK/ERK pathway และไมโตคอนเดรีย ใน เซลล์ neuronal-like neuroblastoma และเซลล์ primary fibroblast ภายใต้สภาวะที่ถูกกดดันด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

การสังเคราะห์ทองแดงขนาดอนุภาคนาโนโดยใช้สารสกัดหยาบจากพืชเป็นสารรีดิวซ์เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง

Cu nanoparticles synthesis using plant crude extract as reducing agent for photo-catalytic activity

วาที พันธุวัฒน์, วชิร ยอดทอง, ธนากร คำภิระ, และ ทนงศักดิ์ สัสดีแพง*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบล พิชัย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52100

*ทนงศักดิ์ สัสดีแพง: nai.rmutl@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 054-342547, เบอร์โทรสาร 054-342549

บทคัดย่อ

การสังเคราะห์ทองแดงขนาดนาโน โดยวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงสำหรับการกำจัดสีย้อมเคมีเป็นที่นิยมในปัจจุบันเนื่องจากสะดวก ปลอดภัย และสามารถนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่หรือกำจัดได้ง่ายหลังการใช้งาน ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารตั้งต้น และใช้พืชซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถรีดิวซ์คอปเปอร์ซัลเฟต เพื่อให้เกิดทองแดงขนาดอนุภาคนาโน ซึ่งได้แก่ พืชคนทา เปล้าใหญ่ ย่านาง และพ่อค้าตีเมีย ซึ่งเป็นพืชที่พบได้ทั่วไปในท้องถิ่น จากการตรวจวัดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH พบว่า สารสกัดน้ำจากพืชคนทามีค่า IC_{50} ดีที่สุด 0.38±0.01 μg GAE/mg DW ในขณะที่ ย่านาง เปล้าใหญ่ และพ่อค้าตีเมีย มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.8±0.26 , 9.94±1.07,และ 15.57±1.36 μg GAE/mg DW ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลของการตรวจวัดโดยวิธี ABTS ที่พบว่าคนทามีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (ร้อยละ 90.01±0.74) นอกจากนี้ ยังพบว่า คนทามีพลังในการรีดิวซ์ Cu^{2+} ได้ดีที่สุดอีกด้วย ซึ่งสารนี้ไม่ใช่กลุ่มสารประกอบฟีนอลิคหรือฟลาโวนอยด์ เมื่อนำสารสกัดพืชมาใช้สังเคราะห์ทองแดงขนาดนาโนแล้วนำไปตรวจหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดโดยวิธีสเปกโตรสโกปี พบว่า λ_{max} มีค่าเท่ากับ 340 nm โดยคนทาสามารถทำให้เกิดทองแดงขนาดนาโน (KT-CuNPs) ได้สูงสุด และพบว่า KT-CuNPs ความเข้มข้น 8.33 mM สามารถฟอกสีเมทิลีนบลูได้ถึงร้อยละ 50 ในเวลา 4 ชั่วโมง ดังนั้นสรุปได้ว่า คนทามีประสิทธิภาพสูงสุดในการสร้างทองแดงขนาดนาโน และสามารถเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงในการกำจัดเมทิลีนบลูได้จริงซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานำไปใช้กำจัดสารย้อมอื่นๆ ที่ในห้องปฏิบัติการด้วย

คำหลัก: ทองแดงขนาดอนุภาคนาโน, วัสดุชีวภาพ, สารต้านอนุมูลอิสระ, เมทิลีนบลู

Abstract

Green synthesis copper nanoparticles for photo-catalytic activity are newly developed technology to dispose of dyeing chemical agent according to their convenient, safety, and leading to degradable or renewable post-products. Copper was employed as starter for copper nanoparticles (CuNPs) production and Khontha (*Harrisonia perforata* (Blanco) Merr.), Phor-Kha-Tee-Mea, (*Selaginella argentea* Spring.), Plao-Yai (*Croton oblongifolius* Roxb.), and Yah-Naang (*Tiliacora triandra* Diels.) were also used as reducer. DPPH value of these water extracts indicated that *H. perforata*

processed highest antioxidant activity following *T. triandra*, *C. oblongifolius*, and S. *argentea,* respectively with IC50 of 0.38±0.01, 4.8±0.26, 9.94±1.07 และ 15.57±1.36 μg GAE/mg DW, respectively. The data were positively related to ABTS assay which indicated that Khontha had highest %inhibition of anti-oxidant activity (90.01±0.74). Reducing power assay using metal ion (Cu^{2+}) of Khontha was also positively related to antioxidant activity. Interestingly, the water-soluble antioxidant was not due to total polyphenol content or flavonoids. Nanoparticles synthesis using Khontha (KT-CuNPs) revealed λ_{max} at 340 nm measured by using UV-Vis spectroscopy. Photo-catalytic activity was evaluated by degrading methylene blue dye at the half maximal decolorizing concentration of 8.33 mM in 4 hours. Therefore, it can be concluded that Khontha processed highest potential in CuNPs production. KT-CuNPs revealed great photo-catalytic activity for methylene blue degradation and had high potential to be developed for degrading the other dye chemicals for laboratory scale.

Keywords: Copper nanoparticles, biological materials, antioxidants, methylene blue

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ทองแดงขนาดอนุภาคนาโน(copper nanoparticles; CuNPs) นิยมถูกผลิตขึ้นโดยใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อนำมาใช้ผสมในสารเคลือบผิวพลาสติกและเส้นใย สำหรับฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ใช้ในการเชื่อมอุปกรณ์ในวงจรรวมเพื่อให้ไฟฟ้าผ่านได้ และใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมันหล่อลื่น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าอนุภาคทองแดงขนาดนาโนมีสมบัติดูดซับไอโซโทปกัมมันตรังสีของธาตุซีเซียมได้ด้วย และที่สำคัญคือการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของสารเร่งปฏิกิริยาเคมี[1] อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตด้วยเคมีมักไม่ปลอดภัย มีความซับซ้อน และไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น นักวิจัยจึงหันมานิยมสังเคราะห์ CuNPs โดยใช้พืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น อโวคาโด[1] ทับทิม[9] โดยนำพืชดังกล่าวมารีดิวซ์อะตอมของ Cu^{2+} จนได้เป็น CuNPs

คนทาเป็นพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Harrisonia perforata* (Blanco) Merr. จัดอยู่ในวงศ์ส้ม Rutaceae [3] คนพื้นเมืองลำปางเรียกว่า ขี้ตำตา เป็นพรรณไม้พุ่มแกมเถาสูงประมาณ 1-6 เมตร มีหนามแหลมและสั้นตลอดทั้งลำต้นและตามกิ่งก้าน มักพบขึ้นทั่วไปในป่าตามธรรมชาติ ทนความแห้งแล้งได้ดี พบมากทางภาคเหนือ

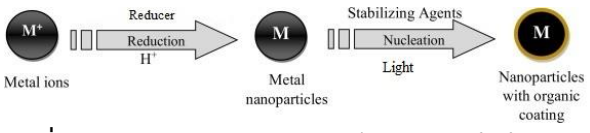
พ่อค้าตีเมียเป็นพืชที่ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Selaginella argentea* Spring. เป็นพืชวงศ์ Selaginellaceae [4] คนพื้นเมืองลำปางเรียกว่า ผักกับแก้ มีเหง้าเลื้อยอยู่ใต้ดิน มีเกล็ดปกคลุม ก้านใบตั้งตรง ใบละเอียดคล้ายใบเฟิน มีรากค้ำจุนอยู่ใกล้โคนต้น

เปล้าใหญ่เป็นพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Croton oblongifolius* Roxb. จัดอยู่ในวงศ์ยางพารา Euphorbiaceae [5] มีชื่อทางภาคเหนือว่า เปล้าหลวง โดยพบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทยยกเว้นภาคใต้ ย่านางเป็นพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tiliacora triandra* Diels. จัดอยู่ในวงศ์บอระเพ็ด Menispermaceae [6] ทางภาคเหนือเรียกว่า จ้อยนาง เป็นพืชในตระกูลไม้เลื้อยที่มีใบเดี่ยว

เมทิลีนบลูเป็นสารอินทรีย์ที่มีการนำไปใช้ประโยชน์หลาย ๆ ด้าน เช่น ใช้ย้อมผ้า เป็นยารักษาโรคในมนุษย์ และยารักษาโรคในปลา เป็นต้น[7] ซึ่งหลังจากผ่านการนำไปใช้ประโยชน์แล้ว เมทิลีนบลูที่เหลือ

จำเป็นต้องถูกกำจัดทิ้งโดยวิธีที่ถูกต้องเพื่อลดความเป็นพิษ เช่น ทำให้เกิดอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น (increase heart rate) ดีซ่าน (jaundice) อัมพาต (paralysis) เซลล์ตาย(necrosis) เป็นต้น[8] โดยทั่วไปผู้ที่นำสีนี้ไปย้อมผ้ามักแอบนำไปทิ้งในที่รกร้าง แหล่งน้ำ หรือที่ไกลชุมชน ซึ่งเป็นการเพิ่มสารพิษลงสู่ธรรมชาติ และในห้องปฏิบัติการขนาดเล็กส่วนใหญ่มักนิยมทิ้งสีดังกล่าวลงสู่ท่อระบายน้ำ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาวิธีกำจัดและลดความเป็นพิษของเมทิลีนบลูที่ดีกว่า ในปัจจุบัน นักวิจัยบางท่านใช้วิธีรีดิวซ์เมทิลีนบลูด้วยสารเคมีที่ตำแหน่งอะตอม N ที่เชื่อมสองวงแหวนเข้าด้วยกันทำให้เกิดเป็น leucomethylene blue หรือใช้วิธีโฟโตเฟนตันซึ่งทำให้ได้สารละลายใสไม่มีสี แต่อย่างไรก็ตาม leucomethylene blue สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วยออกซิเจนในอากาศกลับเป็นเมทิลีนบลู (ซึ่งมีสีน้ำเงิน) ได้ใหม่อีกครั้ง

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาผลของการใช้ทองแดงขนาดอนุภาคนาโนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยใช้สารสกัดพืชด้วยน้ำเป็นตัวรีดิวซ์เพื่อกำจัดเมทิลีนบลูด้วยวิธีรีดักชั่นตามด้วยนิวคลีเอชั่น[9] ซึ่งมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกว่าวิธีใช้สารเคมี ดังปฏิกิริยาในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงหลักการสังเคราะห์อนุภาคนาโนโดยวิธีรีดักชั่นและการทำให้เกิดนิวคลีเอชั่นของMB บนผิวของอนุภาคนาโน

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ในรูปของผงแห้ง และไม่มีการปนเปื้อนสารเคมีเหมือนวิธีเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงแบบอื่น อีกทั้งกระบวนการผลิตมีต้นทุนต่ำ เนื่องจากใช้วัตถุดิบและเครื่องมือเท่าที่มีในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐานทั่วไปเท่านั้น

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เมทิลีนบลู, คอปเปอร์ซัลเฟต, (Ajax Finechem, Australia), น้ำปราศจากไอออน (Milipore, Mili-Q & Elix 10) ใช้ในการเตรียมสารละลายทั้งหมดตลอดการทดลอง

2.2 พืชวัตถุดิบ

ใบพืชที่นำมาศึกษาได้แก่ คนทา(พิกัด 8°20'07.0"N 99°37'01.4"E) พ่อค้าตีเมีย(พิกัด 18°20'10.9"N 99°36'52.3"E) เปล้าใหญ่(พิกัด 18°20'10.9"N 99°36'52.3"E) และย่านาง(พิกัด 18°22'04.7"N 99°35'50.0"E) โดยตัวอย่างทั้งหมดนี้มาจากบริเวณภูเขาหลังมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ตัวอย่างจะถูกนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำก่อนนำไปอบแห้งด้วยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปบดละเอียด จากนั้นร่อนด้วยตะแกรงเพื่อเก็บผงละเอียดนำไว้ใช้ตลอดการทดลอง

2.3 การตรวจวัดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

ตัวอย่างพืชจะถูกนำมาตรวจวัดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ตามวิธีของ Brand-Williams และคณะ [10] ซึ่งสามารถติดตามกิจกรรมได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณร้อยละการยับยั้ง ดังนี้

$$\%\text{inhibition} = [(OD._{max} - OD._{sample})/OD._{max}] \times 100$$

เมื่อ $OD._{max}$ = ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของblank

$OD._{sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

โดยแสดงค่าในรูปแบบ mean±SD ยับยั้งตัวอย่าง จากนั้น คำนวณค่า IC_{50} โดยนำร้อยละการยับยั้งไป plot กราฟเพื่อหาสมการเส้นตรงแล้วแทนค่า y = 50

2.4 การตรวจวัดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS

ตัวอย่างพืชจะถูกนำมาตรวจวัดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS ตามวิธีของ Re และคณะ [11] ซึ่งสามารถติดตามกิจกรรมได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณร้อยละการยับยั้งโดยวิธีดังนี้

$\%inhibition = [(OD._{max} - OD._{sample})/OD._{max}] \times 100$

เมื่อ $OD._{max}$ = ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของblank

$OD._{sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

โดยแสดงค่าในรูปแบบ mean±SD ยับยั้งตัวอย่าง

2.5 การตรวจวัดพลังรีดิวซ์ (reducing power assay)

ตัวอย่างพืชจะถูกนำมาตรวจวัดการรีดิวซ์ตามวิธีของ Oyaizu และคณะ[12] โดยสารpotassium ferricyanide (Fe^{3+})จะถูกรีดิวซ์ให้เกิดเป็นpotassium ferrocyanide (Fe^{2+})ซึ่งทำปฏิกิริยาต่อไปกับferric chloride เกิดเป็นferric ferrous complex ที่สามารถติดตามการเกิดปฏิกิริยาได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (mg gallic acid equivalent/mg plant DW)

2.6 การตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ตัวอย่างพืชจะถูกนำมาตรวจวัดโดยใช้สาร Folin-Ciocalteu Reagent ตามวิธีของ Singleton [13] โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

2.7 การตรวจวัดปริมาณฟลาโวนอยด์

ตัวอย่างพืชจะถูกนำมาตรวจวัดปริมาณฟลาโวนอยด์โดยวิธี aluminium chloride ตามวิธีของ Chang และคณะ[14] ซึ่งสามารถติดตามกิจกรรมได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 415 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานเควอเซติน

2.8 การเตรียมทองแดงขนาดนาโน

ผงพืช 10 มิลลิกรัมจะถูกนำมาต้มในหลอด 1.5 mL microcentrifuge tube ที่มีน้ำกลั่น ปริมาตร 1 mL ณ อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง สารสกัดน้ำที่ได้จะถูกนำมาแยกตะกอนโดยวิธีปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นกรองด้วยฟิลเตอร์ขนาด 0.2 ไมครอน ผสมสารสกัดน้ำที่ได้กับสารละลาย 0.05 โมล่าร์ คอปเปอร์ซัลเฟต ในสัดส่วน (1:1) แล้วนำไปให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง แล้วจึงตรวจสอบด้วยวิธีสเปกโทรสโกปี ช่วงความยาวคลื่น 320-920 นาโนเมตร CuNPs สามารถดูดกลืนแสงที่ 340 นาโนเมตร [1] โดยมีขนาดอนุภาคในช่วง 13.54 – 190.14 นาโนเมตร[15] อย่างไรก็ตาม CuNPs ไม่สามารถแยกออกมาทำให้บริสุทธิ์ได้ด้วยการปั่นล้าง เนื่องจากจะทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นจากการเกาะกันเอง และตัวอย่างพืชไม่มีผลต่อการฟอกสีของ MB ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดปริมาณฟีนอลทั้งหมดและปริมาณ ฟลาโวนอยด์ ช่วยให้ทราบว่ากลุ่มสารออกฤทธิ์เป็น ฟีนอลิคหรือฟลาโวนอยด์หรือไม่ และค่า DPPH กับ FRAP ในการทดลองนี้สามารถใช้เพื่อยืนยันการเกิดปฏิกิริยารีดักชันเท่านั้น หากมีค่าสูงจะสามารถเปลี่ยน Cu^{2+} ให้กลายเป็น Cu^{0} ได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามค่าการต้านอนุมูลอิสระไม่สามารถทำนายการเกิดนิวคลีเอชันได้จึงจำเป็นต้องทดสอบปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกในสารละลายMB ต่อไป

2.9 การทดสอบปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก

การทดสอบปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกในการย่อยสลายเมทิลีนบลูของทองแดงขนาดนาโนจะใช้วิธีของ Nazar และคณะ[9] CuNPs ความเข้มข้นต่างๆ จะถูกนำมาผสมกับสารละลายเมทิลีนบลูเข้มข้น 5 mg/L ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วบ่มในที่มืด 2ชั่วโมง จากนั้น

นำไปวางสัมผัสแสงแดดในช่วง 10.00 – 14.00 น. หลังครบกำหนดเวลา นำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เวลา 10 นาที นำตะกอนที่ได้มาละลายด้วย Dimetylsulphoxide(ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 665 นาโนเมตร แล้วคำนวณร้อยละการฟอกสีดังนี้

$$\% \text{ decolorization} = [(C_i - C_f)/C_i] \times 100$$

เมื่อ C_i = ค่าความเข้มข้นเมทิลีนบลูเริ่มต้นปฏิกิริยา

C_f = ค่าความเข้มข้นเมทีลีนบลูตอนสิ้นสุดปฏิกิริยา

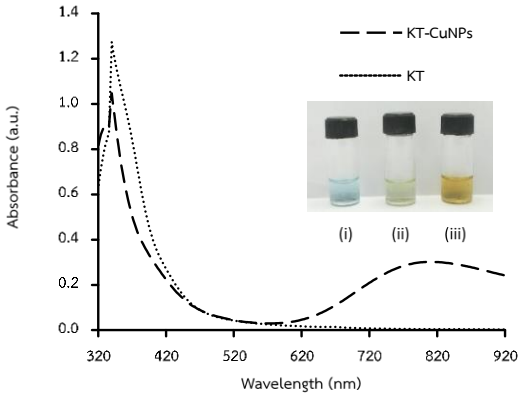
3. ผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS, หาพลังในการรีดิวซ์โดยวิธี RP หาสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฟลาโวนอยด์พบว่ามีปริมาณดังแสดงในตารางที่ 1

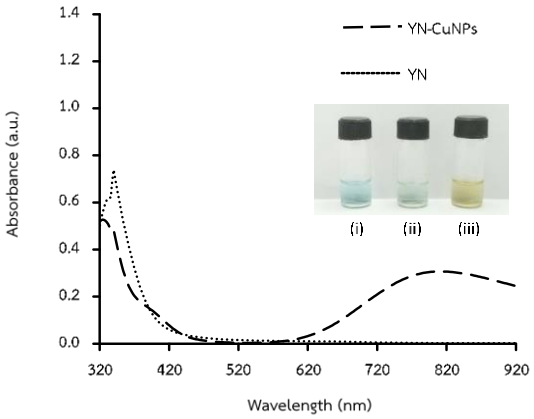
ตารางที่ 1 แสดงค่า IC_{50}, %inhibition และปริมาณสารสำคัญในพืชตัวอย่าง

	DPPH (IC_{50}) µg GAE/mg DW	ABTS (% inhibition)	RP (µg GAE/mg DW)	TPC (µg GAE/mg DW)	Flavonoids (µg QE/mg DW)
คนทา (KT)	0.38 ±0.01	71.93 ±2.70	0.52 ±0.00	0.851 ±0.01	9.30 ±0.09
ย่านาง (YN)	4.80 ±0.26	35.21 ±0.12	0.000 18±0.00	0.713 ±0.01	13.55 ±0.47
เปล้าใหญ่ (PY)	9.94 ±1.07	58.02 ±0.34	0.21 ±0.01	1.736 ±0.04	21.98 ±0.30
พ่อค้าตีเมีย (PM)	15.57 ±1.36	58.27 ±1.33	0 ±0.00	1.32 ±0.03	10.04 ±0.11

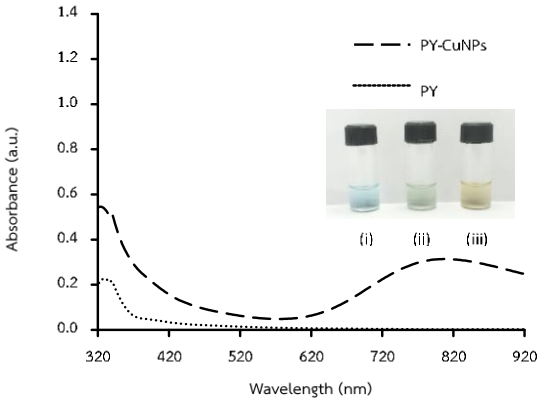
จากผลการวิจัยพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและพลังในการรีดิวซ์ของคนทาไม่น่าจะเป็นผลมาจากสารกลุ่มโพลีฟีนอลซึ่งมีปริมาณน้อยในสารสกัดน้ำคนทา (0.851±0.012 µg GAE/mg DW) ไม่น่าเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ซึ่งมีปริมาณเพียง 9.30±0.09 µg QE/mg DW เท่านั้น และจากการใช้สารสกัดน้ำในการสร้าง CuNPs พบสเปคตราของสารสกัดและคอปเปอร์ขนาดนาโนดังนี้



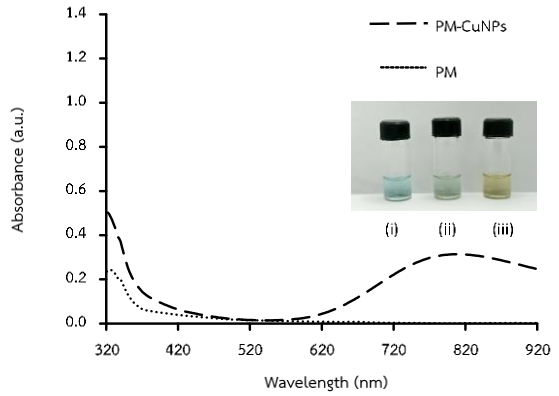
รูปที่ 2 ลักษณะ spectra ของ KT และ KT-CuNPs และสีของสารละลาย (i) $CuSO_4$ (ii) KT-CuNPs และ(iii) KT



รูปที่ 3 ลักษณะ spectra ของ YN และ YN-CuNPs และสีของสารละลาย (i) $CuSO_4$ (ii) YN-CuNPs และ(iii) YN



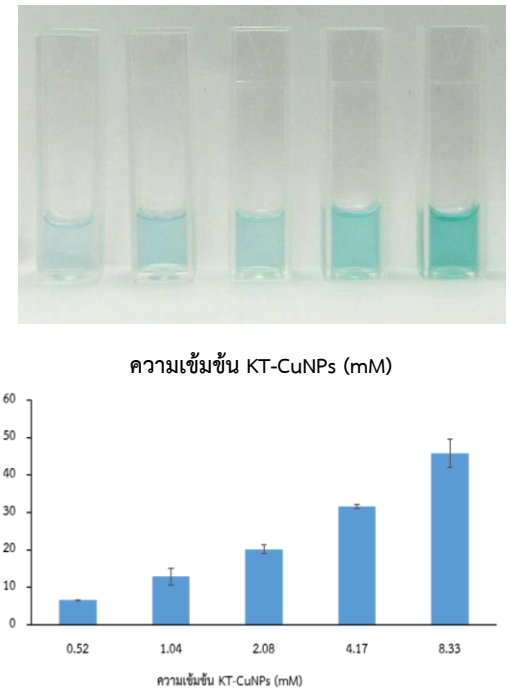
รูปที่ 4 ลักษณะ spectra ของ PY และ PY-CuNPs และสีของสารละลาย (i) $CuSO_4$ (ii) PY-CuNPs และ(iii) PY



รูปที่ 5 ลักษณะ spectra ของ PM และ PM-CuNPs และสีของสารละลาย (i) $CuSO_4$ (ii) PM-CuNPs และ(iii) PM

จากรูปที่ 2-5 พบว่า สารสกัดน้ำคนทามีสามารถในการรีดิวซ์ Cu^{2+} ให้เกิดเป็น CuNPs ได้ดีที่สุดโดยมีค่าการดูดกลืนแสง OD_{340nm} = 1.296 a.u. ในขณะที่สารสกัดน้ำย่านาง เปล้าใหญ่ และพ่อค้าตีเมียมีสามารถในการรีดิวซ์น้อยกว่า (0.756, 0.222,และ 0.209 a.u. ตามลำดับ) ดังนั้น จึงเลือก KT-CuNPs เพื่อนำไปทดสอบ photo-catalytic activity กับ methylene blue (MB)

จากการวิจัยพบว่าเมื่อความเข้มข้นKT-CuNPs เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับร้อยละการฟอกสี MB ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลของ KT-CuNPs ต่อร้อยละการฟอกสี MB

4. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า คนทามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและพลังในการรีดิวซ์สูงสุด เมื่อเทียบกับ ย่านาง เปล้าใหญ่และพ่อค้าตีเมีย โดยฤทธิ์ดังกล่าวไม่ได้เป็นผลจากสารประกอบฟีนอลหรือฟลาโวนอยด์ สันนิฐานได้ว่าอาจเป็นสารประเภทโครโมนที่ละลายน้ำได้[16] และสามารถนำไปใช้สังเคราะห์ทองแดงอนุภาคนาโน (KT-CuNPs) ได้ดีที่สุด โครโมนมีความสัมพันธ์กับการต้านอนุมูลอิสระ [17] ซึ่งพบว่า KT-CuNPs มีประสิทธิภาพในการฟอกสี MB ในเวลา 4 ชั่วโมง[10] โดยสามารถสลาย MB ได้ร้อยละ 50 เมื่อใช้ KT-CuNPs ที่ความเข้มข้น 8.33 mM ผลจากงานวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้องค์ความรู้พื้นฐานสำคัญที่จะนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้กับการสลายสารย้อมอื่นๆที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อลดความเป็นพิษต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณหน่วยวิจัยชีวเคมีทางการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ เกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ลำปาง ที่ได้สนับสนุนสารเคมี อุปกรณ์ และสถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Rajeshkumar, S., Rinitha, G. (2018). Nanostructural characterization of antimicrobial and antioxidant copper nanoparticles synthesized using novel *Persea americana* seeds. *OpenNano 3*, pp. 18-27.

[2] Zheng, Y., Qiao, J., Yuan, J., Shen, J., Wang, A., & Niu, L. (2017). Electrochemical Removal of Radioactive Cesium from Nuclear Waste Using the Dendritic Copper Hexacyanoferrate/Carbon Nanotube Hybrids, *Electrochim. Acta*., 257, pp. 172-180.

[3] Yan, X. H., Di, Y. T., Fang, X., Yang, H. Y., He, H. P., Li, S. L., Lu, Y., Hao, X. J. (2011) Chemical constituents from fruits of *Harrisonia perforate*. Phytochemistry 72, pp. 508–513.

[4] Rowley, J. R. & Morbelli, M. A. (2009) Connective structures between tapetal cells and spores in Lycophyta and pollen grains in angiosperms — A review. Review of Palaeobotany and Palynology. 156, pp. 157–164.

[5] Pudhom, K. & Sommit, D. (2011) Clerodane diterpenoids and a trisubstituted furan from *Croton oblongifolius*. Phytochemistry Letters. 4, pp. 147–150.

[6] Singthong, J., Ningsanond, S., & Cui, S. W. (2009) Extraction and physicochemical characterisation of polysaccharide gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves. Food Chemistry. 114, (4), pp. 1301-1307.

[7] Li C., Huang Y., Lai K., Rasco B.A., Fan Y. (2016). Analysis of trace methylene blue in fish muscle using ultra-sensitive surface-enhanced Raman spectroscopy. *Food Control*. 65: pp. 99–105.

[8] Budnyak, T. M., Aminzadeh, S., Pylypchuk, I. V., Sternik, D., Tertykh, A., Lindström, M. E., & Sevastyanova , O. (2018) Methylene Blue dye sorption by hybrid materials from technical lignins. Journal of Environmental Chemical Engineering. 6, pp. 4997–5007.

[9] Nazar, N., Bibi, I., Iqbal, M., Nouren, S., Jilani, K., Umair, M., & Ata, S. (2018). Cu nanoparticles synthesis using biological molecule of *P. granatum* seeds extract as reducing and capping agent: Growth mechanism and photo-catalytic activity. *Int. J. Bio. Macromol.* 106, pp. 1203-1210.

[10] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28, pp. 25-30.

[11] Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: pp. 1231–1237.

[12] Oyaizu M. (1986) Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine *Jpn. J. Nutr*., 44, pp. 307-315.

[13] Singleton, V. L., Orthafer, R., Lamuela-Raventus, R.M. (1999). Analysis of total phenols and Other oxidation substrates and antioxidant

by mean Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, pp. 152-178.

[14] Chang, C. Yang M.H., Wen H.M. & Chern, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal*. 10: pp. 178-182.

[15] Yadav, L., Tripathi, R.M., Prasad, R., Pudake, R.N., Mittal, J. (2017). Antibacterial Activity of Cu Nanoparticles against *E. coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Nano Biomed Eng*. 9, pp. 9-14.

[16] Wang, M.X., Zhang, M.S., Zhu, Y.L., (1983). Studies on the chemical constituents of a Chinese folk medicine Niu-Jin-Guo (*Harrisonia perforata* Blano Merr). *Acta pharmaceutica Sinica*. 18, pp. 113–118.

[17] Kładna, A., Berczynski, P., Piechowska, T., Ertan, R. (2014). Studies on the antioxidant activities of some new chromone compounds. Luminescence. 29(7), pp. 846-853.

[10] Velanganni, S., Pravinraj. S., Immanuel, P., & Thiruneelakandan, R. (2018). Nanostructure CdS/ZnO heterojunction configuration for photocatalytic degradation of Methylene blue. *Physica B: Condensed Matter* 534, pp. 56-62

ระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต
: กรณีศึกษา กองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร

User internet management system
: A case study at Computer System Control Division Strategy and Evaluation Department Bangkok Metropolitan Administration

สุทธิพงษ์ ตั้งวงศ์งาม[1,*], บุญช่วย ศรีธรรมศักดิ์[2]

[1]เลขที่ 499/332 ถนนหทัยราษฎร์ แขวงสามวาตะวันตก เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

*suttipong03@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 02 203 2751, เบอร์โทรสาร 02 203 2751

บทคัดย่อ

การศึกษาอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตของกรุงเทพมหานครโดยศึกษากรณีของกองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร ระบบนี้ได้รับการวิเคราะห์และออกแบบโดยใช้หลักการเชิงวัตถุด้วยยูเอ็มแอล ภาษาพีเอชพี และมายเอสคิวแอล ถูกใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมและจัดการฐานข้อมูลตามลำดับ ระบบนี้แบ่งออกเป็นสี่ส่วน ประกอบด้วย ส่วนบริหารจัดการสำหรับผู้ดูแลระบบ ส่วนจัดการลงทะเบียนสำหรับผู้ใช้งาน ส่วนสืบค้นสำหรับผู้ใช้งาน และส่วนออกรายงาน จากการศึกษาพบว่าระบบดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ในการบริหารจัดการผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี สามารถเก็บข้อมูล สืบค้นข้อมูลผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตของกรุงเทพมหานครได้ ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: ระบบบริหารจัดการผู้ใช้งาน, อินเทอร์เน็ต

Abstract

This independent study aimed to develop a management system for an internet user, working at Bangkok Metropolis, studying a case of the Computer System Control Division. The system was designed and analyzed in object-oriented approach using UML technique. PHP and MySQL was used for application development and database management; respectively. The developed system was comprised 4 parts: a system management part, a user registration part, a searching part and a report part. It was shown that the system managing the Bangkok Metropolis internet user could increment the efficiency of the internet user, enable to store and search user information as proposed.

Keywords: internet user, management system

1. บทนำ

กองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผลกรุงเทพมหานคร เป็นหน่วยงานซึ่งทำหน้าที่กำกับดูแลการใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตของกรุงเทพมหานคร รองรับการให้บริการแก่ข้าราชการและลูกจ้าง การเข้าใช้งานในระบบอินเทอร์เน็ตของกรุงเทพมหานครในปัจจุบันถูกกำหนดสิทธิ์อนุญาตให้ใช้งานได้เฉพาะรายบุคคลและชื่อผู้ใช้งานไม่สามารถเข้าใช้งานได้มากกว่า 1 เครื่องในช่วงเวลาเดียวกัน ตลอดจนผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านในการเข้าใช้ระบบ เพื่อทำการพิสูจน์และยืนยันตัวตนก่อนการเข้าใช้งานระบบ การร้องขอซึ่งชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านในระบบอินเทอร์เน็ตจำเป็นต้องจัดทำหนังสือบันทึกข้อความพร้อมทั้งแนบเอกสารหลักฐานต่างๆ เพื่อยืนยันตัวตนของผู้ใช้งาน หลังจากนั้นจะดำเนินการด้านเอกสารโดยผ่านกระบวนการส่งหนังสือตามลำดับชั้นของส่วนราชการและนำส่งเอกสารพร้อมหลักฐานเข้ามาที่กองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์เพื่อรอการตรวจสอบและกำหนดชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ซึ่งวิธีการดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาเป็นอย่างมากในการจัดเก็บเอกสารและยากต่อการสืบค้นข้อมูล

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้ศึกษามีความสนใจที่จะพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตของกรุงเทพมหานคร โดยกองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานครด้วยการนำระบบฐานข้อมูลมาประยุกต์ใช้งานและจัดเก็บข้อมูลคำขอชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน สร้างความเป็นระบบระเบียบมากยิ่งขึ้น รวมทั้งยังช่วยลดขั้นตอนและทรัพยากรต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการ เช่น บุคลากร กระดาษ ระยะเวลาและสถานที่อีกด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อินเทอร์เน็ตกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครได้ให้บริการระบบอินเทอร์เน็ตกับหน่วยงานในสังกัดประกอบไปด้วย 16 สำนัก, 3 สำนักงาน, 50 สำนักงานเขต ครอบคลุมพื้นที่ทั่วกรุงเทพมหานคร มีผู้ใช้งาน 40,000 ราย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยมีสาเหตุหลักเนื่องจากลักษณะงานในปัจจุบันถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ประกอบกับภาครัฐได้ส่งเสริมให้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำงาน ตลอดจนยังช่วงลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน ทำให้มีความรวดเร็วและมีความคล่องตัวในการทำงานมากขึ้น โดยการใช้งานจะต้องตรวจสอบชื่อผู้ใช้และหัสผ่าน หากชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านตรงกันและมีสิทธิ์ใช้งาน จะสามารถเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตได้

2.2 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สภาพสังคมในยุคดิจิทัลหลายๆ องค์กรได้นำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ลดค่าใช้จ่าย ลดขั้นตอนของการทำงาน ลดความซับซ้อนของเอกสารและการจัดเก็บ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน อันนำไปสู่การพัฒนาองค์กรให้สามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างต่อเนื่องและสามารถบริหารจัดการองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการทำงานในยุคปัจจุบันระบบอินเทอร์เน็ตถือเป็นสิ่งสำคัญและนำเข้ามาประยุกต์ใช้ในหลายๆ ด้าน อาทิ การติดต่อสื่อสาร การส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ และเป็นช่องทางในการรับข้อมูลหรือการซื้อขายผ่านหน้าเว็บไซต์ ทำให้ผู้ใช้งานมีความต้องการใช้งานบริการต่างๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตมากขึ้น เช่น การจองโรงแรม การลงทะเบียนเรียนผ่านเว็บไซต์ สร้างความสะดวกและลดความซับซ้อนในการทำรายการ (Richard K. Bemile, Juanita Gborgla, Paul Owusu Mensah, Victoria Boateng, Hayford Ofori Ansa, Eric Gyebi Twum, 2014) ซึ่งผู้ที่จะทำรายการได้ จะต้องทำการตรวจสอบ

สิทธิ์ก่อนเข้าใช้งาน โดยระบบจะต้องสามารถบันทึกและจัดการสิทธิ์การเข้าใช้ระบบได้ เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดขององค์กรและมีการจัดเก็บข้อมูลจราจรคอมพิวเตอร์ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ (สุริยา สมานธารณ์, 2558) ตลอดจนมีการตรวจสอบที่รวดเร็ว มีความแม่นยำและถูกต้อง (ธีรพงศ์ ชัยวิเชียร, 2556) การเข้าใช้งานระบบต้องทำการขอชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านในการเข้าใช้งานระบบในครั้งแรก หากในองค์กรมีระบบที่หลากหลาย ผู้ใช้งานจำเป็นต้องจดจำชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านมากตามไปด้วย หากมีระบบที่ยืนยันตัวตนผู้ใช้ ณ จุดเดียวจะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ แต่การใช้รหัสผ่านเพื่อยืนยันตัวตนเพียงอย่างเดียวยังมีความเสี่ยงอย่างมากอาจเกิดปัญหา เช่น การรั่วไหลของรหัสผ่าน หรือถูกสุ่มเดารหัสผ่าน เนื่องจากรหัสผ่านมีการตั้งรหัสแบบที่เดาได้ง่าย หากมีการยืนยันตัวตนร่วมกับการใช้รหัสผ่านเพียงหนึ่งครั้ง (One Time Password) จะสามารถสร้างความปลอดภัยขึ้นได้มาก (ปรัชญา ไชยเมือง, สมนึก พ่วงพรพิทักษ์ และ วิรัตน์ พงษ์ศิริ, 2555)

การยื่นคำขอชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านโดยอาศัยระบบอินเทอร์เน็ตจะสร้างความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน ประหยัดทรัพยากร ลดเวลาในการทำงานได้อย่างมาก มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ และยังสามารถนำข้อมูลนั้นมาทำการวิเคราะห์ถึงตัวเลขทางสถิติ และจัดทำเป็นรายงานได้ ในการขอชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ผู้ร้องขอจะต้องเข้าไปกรอกรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ที่ถูกกำหนดไว้ และทำการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบเพื่อรอการดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป โดยระบบควรมีช่องทางที่ผู้ร้องขอสามารถตรวจสอบสถานะของตนเอง ติดตามความคืบหน้าผ่านอินเทอร์เฟซออนไลน์ที่ปลอดภัย จะสามารถสร้างความพึงพอใจในการใช้งานได้เป็นอย่างดี (S. R. Bharamagoudar, Geeta R. B. , S. G. Totad, Bagalkot, Karnataka, Andhra Pradesh, Andhra Pradesh, 2013)

ผู้ดูแลระบบสามารถบริหารจัดการข้อมูล ผู้ใช้งานและรหัสผ่าน สามารถปรับปรุงข้อมูล ตรวจสอบสถานะของผู้ใช้งานของระบบ สามารถกำหนดชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน พร้อมส่งชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ให้กับผู้ร้องขอโดยอาศัยบริการส่งข้อความสั้นที่ส่งไปยังโทรศัพท์มือถือ (Short Message Service) ที่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย (ณัฐวุฒิ ศรีอำไพ, 2556) และมีค่าใช้จ่ายต่ำในการส่งข้อความแต่ละครั้ง และเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการประชาสัมพันธ์หรือการแจ้งเตือนต่างๆ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ (Sridevi Jetty, John Paul Anbu K., 2013) และสามารถจัดทำรายงานสรุปผลได้

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 กำหนดปัญหาของระบบงานเดิม

ในระบบงานเดิมการขอชื่อผู้ใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตของกรุงเทพมหานคร บุคลากรจะต้องพิมพ์แบบฟอร์มในการขอใช้งานพร้อมแนบเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบและจัดเก็บเอกสารดังกล่าวไว้เป็นหลักฐาน ซึ่งในการเก็บข้อมูลแบบนี้เป็นปัญหาอย่างมากในเรื่องของการหาพื้นที่ในการจัดเก็บและเมื่อต้องการจะสืบค้นจะสามารถทำได้ยาก อีกทั้งยังไม่สามารถระบุได้ว่าในแต่ละช่วงเวลา มีจำนวนผู้ขอใช้งานเป็นจำนวนเท่าไหร่ และบุคลากรจะไม่ทราบเลยว่าจะได้ชื่อผู้ใช้งานเมื่อใดต้องโทรเข้ามาสอบถามเจ้าหน้าที่อยู่บ่อยครั้ง ทำให้เกิดความไม่สะดวก การสรุปรายงานในแต่ละช่วงเวลาทำได้ยาก เนื่องจากจัดเก็บในรูปแบบเอกสาร ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและไม่สะดวกเป็นอย่างมาก

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถทำการบันทึกรายการ อนุมัติงาน การติดตามงาน สืบค้น และ

การออกรายงาน โดยใช้หลักการจัดการฐานข้อมูล เพื่อแก้ไขปัญหาจากการทำงานในปัจจุบันและทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น

3.2 วิเคราะห์ระบบงานใหม่

จากปัญหาของระบบการทำงานเดิม สามารถนำมาวิเคราะห์ระบบงานใหม่ ซึ่งสามารถกำหนดขอบเขตการทำงานของระบบได้ ดังนี้

ฟังก์ชันความต้องการ (Functional Requirement)

1) ส่วนบริหารจัดการสำหรับผู้ดูแลระบบ ดังนี้

1.1) สามารถทำการเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลคำขอชื่อผู้ใช้งานได้

1.2) สามารถทำการค้นหาข้อมูลการขอรหัสผู้ใช้งานได้

1.3) สามารถทำการส่งข้อมูลให้กับผู้ส่งเอสเอ็มเอส เพื่อจัดส่งชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านให้แก่ผู้ใช้งานได้

1.4) สามารถเรียกดูเอกสารต่างๆ ที่ผู้ใช้งานแนบมาเป็นหลักฐาน รวมถึงสามารถเรียกดูเอกสารคำขอชื่อผู้ใช้งานผ่านระบบได้

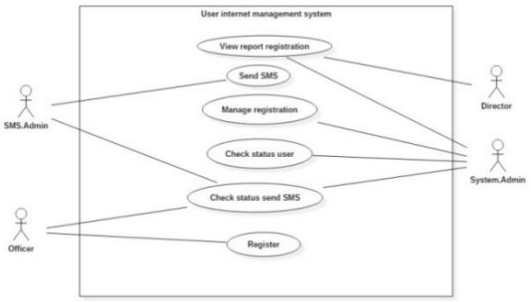
2) ส่วนการจัดการลงทะเบียนสำหรับผู้ใช้งาน สามารถให้บริการยื่นคำขอชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ผ่านเว็บไซต์ได้

3) ส่วนการสืบค้นสำหรับผู้ใช้งาน สามารถตรวจสอบสถานะของการจัดส่งชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านผ่านเว็บไซต์ได้

4) ส่วนการออกรายงาน สามารถออกรายงานเพื่อดูสถิติการขอชื่อผู้ใช้งานและสามารถพิมพ์ออกมาเป็นรายงานได้

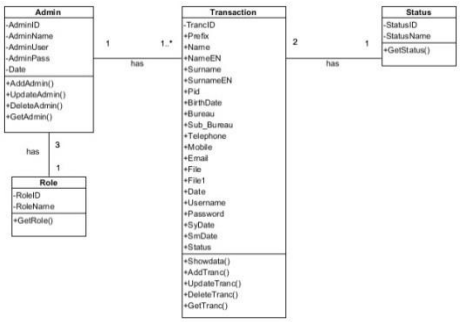
3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล

1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ซึ่งจากการวิเคราะห์ และออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตนั้นมีกระบวนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram)แผนภาพที่ใช้แสดงคลาส และความสัมพันธ์ในแง่ต่างๆ ระหว่างคลาส ดังแสดงในภาพ 2



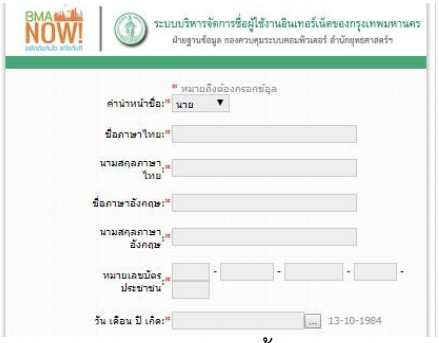
รูปที่ 2 แผนภาพคลาสของระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต

4. ผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานของระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา กองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร ได้ทำการศึกษาระบบงานเดิม รวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของระบบ เพื่อให้ทราบถึงความต้องการที่แท้จริง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนเกิดความสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน โดยสามารถสรุปออกเป็นส่วนๆ ที่สำคัญของการทำงาน ได้ดังต่อไปนี้

4.1 ส่วนของหน้าจอของผู้เข้าใช้งาน

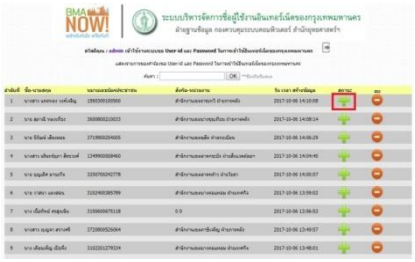
ในส่วนของผู้ใช้งานที่เป็นบุคลากรของกรุงเทพมหานครที่ต้องการขอชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านจะต้องทำการอ่านข้อตกลงในการใช้บริการและทำการยอมรับเงื่อนไขต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการแสดงหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลพื้นฐานและแนบเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผู้ใช้งานต้องกรอกข้อมูลพื้นฐานและแนบเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

4.2 ส่วนของหน้าจอของผู้ดูแลและการจัดการ

ในส่วนของผู้ดูแลระบบหลังจากทำการเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงข้อมูลต่างๆ ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลดังกล่าวได้ ดังแสดงในภาพ 4



รูปที่ 4 หน้าจอรายละเอียดแสดงข้อมูลของผู้ดูแลระบบ

4.3 ส่วนของหน้าจอของผู้ดูแลระบบส่งข้อความสั้น

ส่วนที่ใช้แสดงรายงานการรอส่งข้อความสั้นดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอการรอส่งข้อความสั้น

4.4 ส่วนของหน้าจอของผู้ดูแลระบบเรียกดูรายงาน

ในส่วนของผู้ดูแลระบบเรียกดูรายงานที่ต้องการแสดงหน้าจอการเรียกดูรายงาน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอการเรียกดูรายงาน

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต ได้มีการพัฒนามาจากระบบงานเดิมที่ต้องจัดทำเอกสาร ซึ่งมีความยุ่งยากอย่างมาก ผู้พัฒนาจึงเล็งเห็นความสำคัญและนำปัญหาดังกล่าวมาพัฒนาเป็นระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ โดยระบบนี้ได้สร้างขึ้นให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บซึ่งสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาโดยมีฟังก์ชันการทำงานที่ครอบคลุมในส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ส่วนบริหารจัดการสำหรับผู้ดูแลระบบ

1.1) สามารถทำการเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลคำขอผู้ใช้งานได้

1.2) สามารถทำการค้นหาข้อมูลการขอรหัสผู้ใช้งานได้

1.3) สามารถทำการส่งข้อมูลให้กับผู้ส่งเอสเอ็มเอสเพื่อทำการจัดส่งชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านให้แก่ผู้ใช้งานได้

1.4) สามารถเรียกดูเอกสารต่างๆ ที่ผู้ใช้งานแนบมาเป็นหลักฐาน รวมถึงสามารถเรียกดูเอกสารคำขอชื่อผู้ใช้งานผ่านระบบได้

2) ส่วนการจัดการลงทะเบียนสำหรับผู้ใช้งาน สามารถให้บริการยื่นคำขอชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านทางเว็บไซต์ได้

3) ส่วนการสืบค้นสำหรับผู้ใช้งาน สามารถตรวจสอบสถานะการจัดส่งชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านทางเว็บไซต์ได้

4) ส่วนการออกรายงาน สามารถออกรายงานเพื่อดูสถิติการขอชื่อผู้ใช้งาน และสามารถพิมพ์ออกมาเป็นรายงานได้

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

ผู้พัฒนาได้ทำการพัฒนาจากปัญหาของระบบเดิม โดยดำเนินการรวบรวมปัญหา รวมทั้งศึกษาระบบงานเดิม โดยการสอบถามขั้นตอนของการทำงาน วิเคราะห์ความต้องการของระบบใหม่ และศึกษาในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยต่างๆ เพื่อที่จะพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตให้มีประสิทธิภาพ และสามารถบริหารจัดการองค์กรได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (Richard K. Bemile, Juanita Gborgla, Paul Owusu Mensah, Victoria Boateng, Hayford Ofori Ansa, Eric Gyebi Twum, 2014) ที่ทำการปรับเปลี่ยนจากการจัดเก็บ ข้อมูลในรูปแบบเอกสารเป็นการจัดเก็บในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพิ่มประสิทธิภาพด้านการบริหารจัดการและยังช่วยลดปริมาณของกระดาษ โดยระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตมีการดำเนินการในส่วนของการกำหนดชื่อผู้ใช้งานและจัดเก็บข้อมูลจราจรคอมพิวเตอร์ตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา (นายสุริยา สมานธารณ์, 2558) ระบบได้พัฒนาและนำบริการส่งข้อความสั้นที่ส่งไปยังโทรศัพท์มือถือมาใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ร้องขอและผู้ดูแลระบบ ประกอบกับในปัจจุบันโทรศัพท์มือถือ มีการใช้งานอย่างแพร่หลายและมีค่าใช้จ่ายต่ำในการส่งข้อความแต่ละครั้ง สัญญาณของโทรศัพท์มือถือมีการขยายครอบคลุมทุกพื้นที่สามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลาและมีความปลอดภัยสูงทำให้มั่นใจได้ว่าผู้ใช้งานได้รับชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านที่ถูกต้องและสามารถป้องกันการรั่วไหลของข้อมูลที่สำคัญสู่ภายนอกได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ณัฐวุฒิ ศรีอำไพ, 2556) (Sridevi Jetty, John Paul Anbu K., 2013) ที่ได้นำบริการส่งข้อความสั้นมาประยุกต์ใช้ในการแจ้งเตือนและส่งข้อมูลต่างๆ ให้กับผู้ใช้งาน

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

จากการพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา กองควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร ได้พบปัญหาและอุปสรรคดังนี้

1) การใช้งานอาจตอบสนองไม่ดีนัก เช่น ความเร็วในการค้นหาข้อมูลเนื่องจากฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่

2) สังกัดหน่วยงานของผู้ขอใช้บริการค่อนข้างมีหลากหลาย และระดับย่อยไม่เท่ากันทำให้ยากต่อการพัฒนา

3) การจัดเก็บข้อมูลของระบบงานเดิมเป็นเอกสาร ต้องทำการนำเข้าข้อมูลเป็นจำนวนมากและใช้เวลานาน

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต ในครั้งนี้มุ่งเน้นความสำคัญเกี่ยวกับฟังก์ชันการทำงาน เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด แต่อาจยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1) ควรมีการพัฒนาระบบให้มีการสำรองข้อมูลแบบอัตโนมัติเพื่อป้องกันการสูญหาย

2) ควรเพิ่มรูปแบบการออกรายงานให้มีหลายรูปแบบและสามารถเลือกการแสดงผลได้

โดยจากการทดลองกับผู้ใช้งานจริงสามารถสรุปผลได้ดังนี้



จากแบบสำรวจความพึงพอใจในการใช้งานระบบ พบว่าได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 4.75 ในหัวข้อระบบให้บริการอย่างต่อเนื่อง และคะแนนเฉลี่ย 4.61 ในหัวข้อคำที่ใช้สื่อสารมีความความเหมาะสมชัดเจนตามลำดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.0 ขึ้นไป	ดีมาก
	0 - 3.99	ดี
	2.0 - 2.99	ปานกลาง
	1.0 - 1.99	พอใช้
	น้อยกว่า 0.99	ควรปรับปรุง

พบว่า ระบบได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่า 4.0 ในทุกหัวข้อ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่า ระบบมีประสิทธิภาพในด้านการใช้งานและตอบสนองผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ปรัชญา ไชยเมือง, สมนึก พ่วงพรพิทักษ์ และ วิรัตน์ พงษ์ศิริ, 2555, Single Point Authentication by Multiple Factor Authentication การยืนยันตัวตน ณ จุดเดียวโดยใช้พหุปัจจัย, คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[2] ณัฐวุฒิ ศรีอำไพ, 2556, ระบบตรวจสอบสถานะทางการศึกษาด้วยโทรศัพท์มือถือ SMS กรณีศึกษา: วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ, การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[3] ธีรพงศ์ ชัยวิเชียร, 2556, ระบบตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้งานฐานข้อมูลภายในองค์กร, การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[4] สุริยา สมานธารณ์, 2558, การบริหารจัดการการเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตภายในองค์กร กรณีศึกษา บริษัทซีเอสจีโซลูชั่น จำกัด, การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[5] S.R.Bharamagoudar, Geeta R.B., S.G.Totad, Bagalkot, Karnataka, Andhra Pradesh, Andhra Pradesh, 2013 , Web Based Student Information Management System, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 2, Issue 6, June 2013

[6] Sridevi Jetty, John Paul Anbu K., 2013 ,SMS-based content alert system: a case with Bundelkhand University Library, Jhansi" , New Library World, Vol. 114 Issue: 1/2, pp.20-31, https://doi.org/10.1108/03074801311291938

[7] Richard K. Bemile, Juanita Gborgla, Paul Owusu Mensah, Victoria Boateng, Hayford Ofori Ansa, Eric Gyebi Twum, 2014 , Online Registration System (A Case of Methodist University College Ghana)

ระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง : กรณีศึกษา กองบริการระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร

Information system for vehicle service management : A case study at Computer System Service Division, Strategy and Evaluation Department, Bangkok Metropolitan Administration

อัครนันท์ นารี[1,*], สาธิษฐ์ นากกระแสร์[2]

[1]เลขที่ 189 อาคารธานีนพรัตน์ ชั้น 7 กองบริการระบบคอมพิวเตอร์ ถนนมิตรไมตรี เขตดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[2]โครงการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

[*]E-mail: karatae99@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 08 6964 4419

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางของกองบริการระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร จากปัญหาที่พบในปัจจุบัน ผู้ขออนุญาตใช้รถส่วนกลางไม่สามารถขออนุญาตเมื่อปฏิบัติงานอยู่นอกสถานที่ได้ บ่อยครั้งที่เอกสารเกิดการสูญหายระหว่างการขออนุญาต และปัญหาเรื่องการจัดเก็บเอกสาร การศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบตามระเบียบวิธีการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงวัตถุ โดยใช้ยูเอ็มแอลสำหรับสร้างแบบจำลองระบบสารสนเทศ ระบบนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 8 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนการจัดการข้อมูลบุคลากร ส่วนการจัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบ ส่วนการขอใช้รถส่วนกลาง ส่วนของหัวหน้าฝ่าย/งานรับทราบคำขอ ส่วนของผู้จัดสรรรถส่วนกลาง ส่วนของผู้อำนวยการอนุมัติ ส่วนของการจัดการข้อมูลส่วนตัว และส่วนการเรียกดูรายงาน ผลการดำเนินงานพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานั้น สามารถช่วยแก้ปัญหาการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางในแบบเดิมได้ ทำให้การขออนุญาตใช้รถส่วนกลางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบประเมินผลประสิทธิภาพ พบว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่พึงพอใจระบบงานในระดับมาก

คำหลัก: ระบบขอใช้รถ, การวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ, การแจ้งเตือนแบบผลักดัน

Abstract

The purpose of this independent study was to develop an information system for vehicle service management studying a case at the Computer System Service Division, Strategy and Evaluation Department, Bangkok Metropolitan Administration. Some problems of the current process are that the work is delayed, documents are missing at the office and paper documents takes up a lot of storage space. In this paper, performed in object-oriented analysis and design through Unified Modeling Language (UML). The system consists of eight functions as follows: user management, master data management, requesting vehicle management, header approval management, vehicle and driver allocation, director approval management, profile management and viewing the summary report. The result of this study presents that the developed system is a tool that organization can use to solve

problems of managing the vehicle and efficiently. The system was evaluated by most users. It was found that the system provided high satisfaction.

Keywords: Vehicle Management System, Object-oriented Analysis and Design, Web Push Notifications

1. บทนำ

กองบริการระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร เป็นหน่วยงานภาครัฐแห่งหนึ่ง มีหน้าที่ให้บริการแก้ปัญหาและสนับสนุนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ต่อพ่วง เครือข่ายสื่อสาร โปรแกรมสำเร็จรูปและให้บริการผลิตสื่อนำเสนอในทุกรูปแบบด้วยคอมพิวเตอร์ มีหน่วยงานที่ต้องออกไปให้บริการอยู่เป็นประจำ ประกอบด้วย 16 สำนัก 3 สำนักงาน และ 50 เขต ปัจจุบันการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางของบุคลากรในกองบริการฯ ยังคงใช้วิธีการกรอกแบบฟอร์มลงบนกระดาษ จึงเกิดปัญหาผู้ขออนุญาตใช้รถส่วนกลางไม่สามารถขออนุญาตเมื่อปฏิบัติงานอยู่นอกสถานที่หรือไม่สามารถกลับเข้ามาที่กองบริการฯ เพื่อขออนุญาตได้ทันเมื่อจำเป็นต้องออกให้บริการในวันถัดไป เช่นเดียวกับผู้บังคับบัญชาหากปฏิบัติหน้าที่อยู่ต่างสถานที่กับผู้ขอนุญาตจะไม่สามารถอนุมัติได้ทันเช่นกัน และด้วยการดำเนินงานโดยใช้กระดาษนั้น บางครั้งเอกสารเกิดการสูญหายระหว่างการขออนุญาต ปัจจุบันแก้ปัญหาด้วยการให้ผู้ขอเขียนขออนุญาตย้อนหลังได้เป็นการชั่วคราว ซึ่งไม่ถูกต้องตามระเบียบราชการ และบางครั้งผู้ขออนุญาตหลงลืมการขออนุญาตทำให้การรายงานเลขไมล์ของรถยนต์ไม่ตรงกับการใช้งานที่แท้จริง ส่งผลกระทบต่อการเบิกจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไป

ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ผู้ศึกษาจึงจัดทำระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง กรณีศึกษากองบริการระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร ด้วยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศที่สามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ต ช่วยให้การขออนุญาตใช้รถส่วนกลางมีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระเบียบข้อบังคับว่าด้วยรถราชการ

การใช้รถยนต์ส่วนกลางในส่วนราชการต่างๆ ของภาครัฐ มีระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยรถราชการ พ.ศ. 2523 แก้ไขเพิ่มเติมโดยระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยรถราชการ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2530 (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2535 (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2538 (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2541 และ (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2545 เพื่อใช้เป็นหลักปฏิบัติสำหรับบุคลากรในหน่วยงาน แต่ละส่วนราชการอาจมีข้อบัญญัติและระเบียบต่างๆ เพิ่มเติมที่แตกต่างออกไปตามอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ

โดยกรุงเทพมหานครเป็นหน่วยงานราชการตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบการบริหารส่วนท้องถิ่น ได้มีการออกระเบียบกรุงเทพมหานครว่าด้วยวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับรถราชการเกี่ยวกับรถราชการของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2526 เป็นข้อกำหนดในการปฏิบัติของบุคลากรในหน่วยงาน

2.2. งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

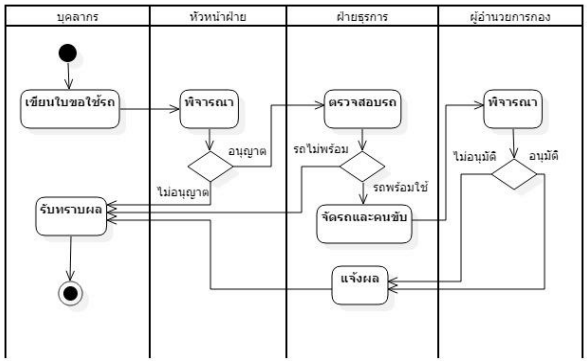
ระบบขออนุญาตใช้รถส่วนกลางเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการบันทึก จัดเก็บ แสดงรายงาน ตลอดจนการพิจารณาอนุมัติ หลายหน่วยงานปริมาณการใช้รถส่วนกลางจะเป็นส่วนหนึ่งของการจัดตั้งงบประมาณ เนื่องจากการเดินทางแต่ละครั้งย่อมมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น เช่น ค่าเชื้อเพลิง อีกทั้งยังมีค่าซ่อมบำรุงรักษารถส่วนกลางของหน่วยงาน ซึ่งเป็นไปตามระเบียบที่แต่ละหน่วยงานได้กำหนดขึ้น หากผู้บริหารต้องการทราบข้อมูล

จำนวนการใช้งานรถส่วนกลางในแต่ละเดือน ระบบสามารถนำเสนอในรูปแบบของรายงานแก่ผู้บริหารเพื่อใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการพิจารณางบประมาณของหน่วยงานได้ (จันธิรา กิติบุตร, 2556) ระบบช่วยอำนวยความสะดวกโดยตรงสำหรับผู้ที่มีความจำเป็นต้องเดินทางออกไปปฏิบัติงานนอกสถานที่โดยที่ผู้ขออนุญาตกับผู้ที่มีหน้าที่อนุมัติอยู่คนละแห่งกัน ซึ่งเดิมต้องแจ้งผลการอนุมัติผ่านทางโทรศัพท์ทำให้เกิดความล่าช้า ไม่สามารถวางแผนเดินทางได้ทันเมื่อได้ทราบผลภายหลังว่าไม่ได้รับการอนุมัติ (ชวนิตย์ สุภาศักดิ์ และประจวบ วานิชชัชวาล, 2558) ระบบสร้างความสะดวกรวดเร็วในการตรวจสอบการใช้งานรถยนต์ส่วนกลางผ่านโปรแกรมประยุกต์เว็บ ป้องกันใบขออนุญาตใช้รถส่วนกลางสูญหายในระหว่างการดำเนินการหรือจัดเก็บ ลดการใช้กระดาษในการพิมพ์ใบขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง และสามารถค้นหาประวัติการใช้งานรถส่วนกลางได้สะดวกมากขึ้น (จีรเศรษฐ์ แพมงคล, 2556) (ศิลปนันท์ อิศรภักดี และรัชลิดา ลิปิกรณ์, 2558) (สุทธิรักษ์ ศรีสวัสดิ์ และรัชลิดา ลิปิกรณ์, 2558) สำหรับการพัฒนาระบบขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง นอกจากความเร็วในการตอบสนองที่ต้องมีประสิทธิภาพการใช้งานแล้ว เทคโนโลยีการแจ้งเตือนแบบทันที (Real-time) เป็นอีกสิ่งสำคัญ ช่วยให้ผู้อนุมัติสามารถรับทราบได้ทันทีหากมีผู้ขออนุญาตผ่านระบบเข้ามาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งโดยแสดงบนหน้าจอเพียงเปิดหน้าเว็บไซต์ของระบบไว้ ทำให้สามารถอนุมัติได้ทันทีที่มีคำขออนุญาตใช้รถส่วนกลางเข้ามา เทคนิคที่นำมาใช้ได้ง่าย คือ เทคนิคการหยั่งสัญญาณ (Polling) ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของจาวาสคริปต์ (JavaScript) และเอกซ์เอ็มแอล (Extensible Markup Language: XML) แบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous) หรือ เอแจ็กซ์ (Asynchronous JavaScript and XML: AJAX) เข้ามาช่วยในการส่งคำสั่งขอข้อมูลการแจ้งเตือนจากเครื่องแม่ข่ายเป็นระยะ เพื่อดึงข้อมูลล่าสุดมาแสดงผล (Hatem Aziz & Mick Ridley, 2017) และการแจ้งเตือนอีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้ได้ดีกับสมาร์ตโฟน ที่นอกจากการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) แบบดั้งเดิมแล้วนั้น คือ การแจ้งเตือนแบบผลักดัน (Push notification) โดยใช้โพรโทคอลเรสต์ฟูลหรือเรสต์ (RESTful หรือ Representational State Transfer: REST) เข้ามาช่วยให้ระบบสามารถส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ตโฟน (Andrea Mojžišová & Marcel Mojžiš, 2012) แต่การพัฒนาเว็บไซต์และโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ตโฟนที่อยู่กันคนละแพลตฟอร์ม (Platform) เพื่อให้ใช้งานระบบได้เป็นอย่างดีทั้งบนคอมพิวเตอร์และบนสมาร์ตโฟนนั้นถือเป็นเรื่องที่ยุ่งยากซ้ำซ้อน ใช้เวลาในการพัฒนายาวนาน เพราะต้องแยกกันพัฒนาตามแต่ละแพลตฟอร์ม ในปี ค.ศ. 2015 วิศวะกรของบริษัทกูเกิล จำกัด (Google Inc.) จึงได้เสนอเทคโนโลยีที่ทำให้การใช้งานเว็บไซต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ ได้แก่ สมาร์ตโฟน แท็บเลต เป็นต้น มีลักษณะการใช้งานที่เหมือนกับการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ คือ เว็บประยุกต์แบบโปรเกรสซีฟว์ (Progressive Web Apps: PWA) โดยใช้ประโยชน์จากความสามารถของเว็บเบราว์เซอร์สมัยใหม่ ทำให้การใช้งานเว็บไซต์ด้วยโปรแกรมประยุกต์เว็บเบราว์เซอร์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ มีความใกล้เคียงกับการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ และหนึ่งในความสามารถที่สำคัญ คือ การทำการแจ้งเตือนแบบผลักดันหรือการส่งการแจ้งเตือนแบบยินยอมให้เว็บไซต์ส่งข้อความแจ้งเตือนมาที่อุปกรณ์แม้ว่าเว็บไซต์นั้นยังไม่ได้แสดงผลขึ้นมา (Web Push Notifications) ได้ (Rahul Surendra Mishra, 2016) ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้เป็นระบบแจ้งเตือนให้กับระบบขอใช้รถส่วนกลางสำหรับการใช้งานผ่านเว็บไซต์บนคอมพิวเตอร์สำนักงานและอุปกรณ์เคลื่อนที่ในกรณีที่ไม่ได้อยู่หน้าจอระบบตลอดเวลา

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาปัญหาการทำงานของระบบงานปัจจุบัน

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบงานปัจจุบันของกองบริการฯ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยบุคลากรยังคงต้องเขียนใบขออนุญาตใช้รถยนต์ส่วนกลางลงในแบบฟอร์มกระดาษ ซึ่งปัญหาที่พบ คือ เอกสารสูญหายระหว่างการขออนุญาต ผู้ขออนุญาตไม่สามารถขออนุญาตได้หากอยู่นอกหน่วยงานของตนเองหรืออยู่ต่างสถานที่กับผู้อนุมัติ ส่งผลในการวางแผนการเดินทาง รวมทั้งไม่มีพื้นที่จัดเก็บแฟ้มเอกสารที่มีจำนวนมากขึ้น



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของระบบงานปัจจุบัน

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงได้ทำการวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขอใช้บริการรถส่วนกลาง เพื่อให้สามารถทำการขออนุมัติ การติดตาม และการสืบค้น โดยใช้หลักการจัดการฐานข้อมูล เพื่อแก้ไขปัญหาการทำงานในปัจจุบันและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

3.2 วิเคราะห์ความต้องการของระบบงานใหม่

ความต้องการหลัก (Functional Requirement) ระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางนั้น สามารถแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1) ส่วนการจัดการข้อมูลบุคลากร

1.1) สามารถเพิ่ม แก้ไขและลบข้อมูลบุคลากรได้

1.2) สามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบได้

2) ส่วนการจัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบ

2.1) สามารถเพิ่ม แก้ไขและลบข้อมูลคำนำหน้าชื่อได้

2.2) สามารถเพิ่ม แก้ไขและลบข้อมูลตำแหน่งงานได้

2.3) สามารถเพิ่ม แก้ไขและลบข้อมูลส่วนราชการได้

2.4) สามารถเพิ่ม แก้ไขและลบข้อมูลรถยนต์ได้

3) ส่วนการขอใช้รถส่วนกลาง

3.1) สามารถทำการสร้าง/ยกเลิกคำขอใช้รถได้

3.2) สามารถตรวจสอบคำขออนุมัติการขอใช้รถได้

3.3) สามารถค้นหารายการขอใช้รถได้

4) ส่วนของหัวหน้าฝ่าย/งานรับทราบคำขอ

4.1) สามารถรับรองคำขอใช้รถในฝ่ายได้

4.2) สามารถปฏิเสธการขอใช้รถในฝ่ายได้

5) ส่วนของผู้จัดสรรรถส่วนกลาง

5.1) สามารถจัดสรรรถและพนักงานขับรถได้

5.2) สามารถปฏิเสธคำขอใช้รถในกองได้

5.3) สามารถบันทึกเลขไมล์ระยะเดินทางได้

6) ส่วนของผู้อำนวยการอนุมัติ

6.1) สามารถอนุมัติคำขอใช้รถของบุคลากรในกองได้

6.2) สามารถปฏิเสธคำขอใช้รถในกองได้

7) ส่วนของการจัดการข้อมูลส่วนตัวบุคลากรสามารถปรับปรุงข้อมูลส่วนตัวได้

8) ส่วนการเรียกดูรายงาน

8.1) สามารถดูรายงานการใช้รถแต่ละคันได้

8.2) สามารถดูรายงานสถิติพนักงานขับรถได้

8.3) สามารถดูใบขออนุญาตใช้รถส่วนกลางได้

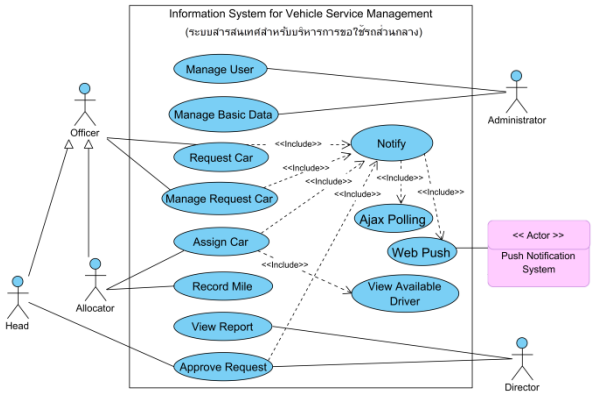
8.4) สามารถดูรายงานบันทึกการใช้รถได้

3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล

1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

แผนภาพยูสเคส จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับระบบสารสนเทศ จากการวิเคราะห์และ

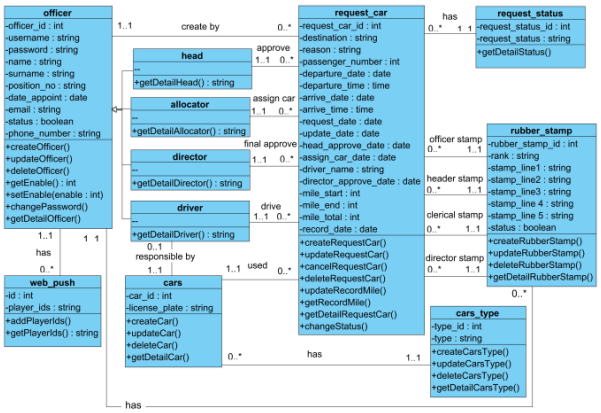
ออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางนั้น มีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพยูสเคสระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขอใช้รถส่วนกลาง

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram)

แผนภาพคลาสของระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางของกองบริการระบบคอมพิวเตอร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร ดังแสดงในรูปที่ 3



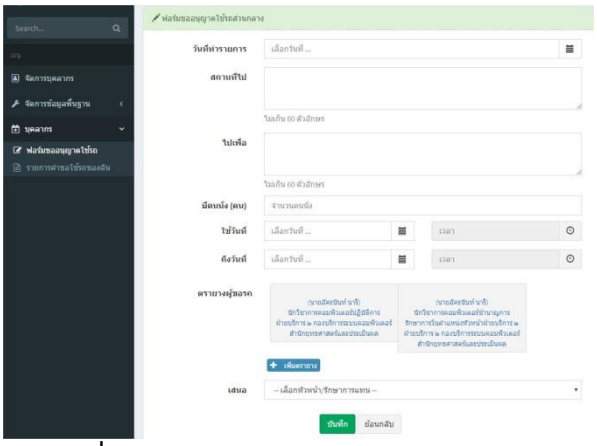
รูปที่ 3 แผนภาพคลาสระบบสารสนเทศสำหรับบริหารบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง

4. ผลการดำเนินงาน

ระบบสามารถตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ในทุกบทบาทหน้าที่ตามที่ได้ศึกษา ซึ่งมีส่วนช่วยสนับสนุนการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถสรุปผลการดำเนินงานในส่วนที่สำคัญได้ ดังนี้

4.1 ส่วนการขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง

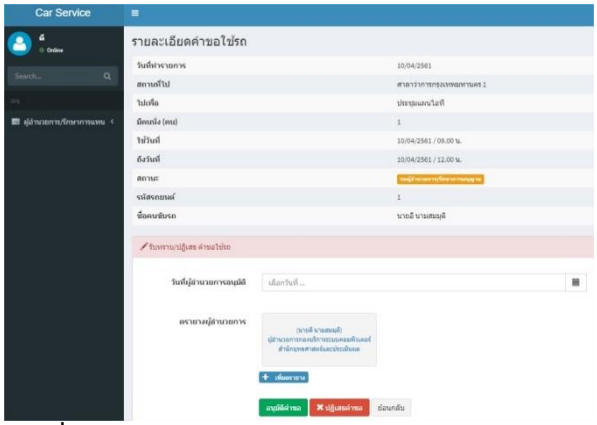
หน้าจอส่วนของฟอร์มขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอฟอร์มขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง

4.2 ส่วนของผู้อำนวยการอนุมัติ

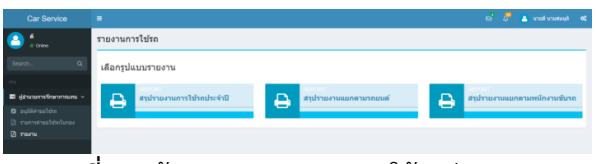
ส่วนของผู้อำนวยการอนุมัติคำขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอรายละเอียดคำขอรอผู้อำนวยการอนุมัติ

4.3 ส่วนการเรียกดูรายงาน

ส่วนที่ใช้แสดงรายงานการขออนุญาตใช้รถส่วนกลางในแต่ละรูปแบบรายงานสำหรับผู้อำนวยการใช้เรียกดูรายงาน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงรายงานการใช้รถส่วนกลาง

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจ

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับบริหารการขออนุญาตใช้รถส่วนกลาง จำนวน 9 คน แสดงผลการประเมินของผู้ใช้งานได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านต่างๆ โดยผู้ใช้งาน

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความพึงพอใจ
1.ด้านการทำงานของระบบ (Functional Test)	3.96	0.70	มาก
2.ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)	4.18	0.55	มาก
3.ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ (Performance Test)	4.33	0.52	มาก

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้วิจัยนำระบบทดลองใช้งานจริงโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลความพึงพอใจอยู่ในระดับดี และเจ้าหน้าที่ผลความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริง มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานด้าน เอกสาร หนังสือราชการ มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นระบบการรับ การส่งเอกสาร มีทะเบียนรับ ทะเบียนส่ง สามารถค้นหาไฟล์เอกสาร ได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับวิธีปฏิบัติงานแบบเก่า และสามารถใช้งานบนโทรศัพท์มือถือ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ช่วยในการทำงานสะดวกรวดเร็ว ใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ จึงเสนอข้อแนะนำในการพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในอนาคต ดังนี้

1) ควรพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีเอกสารส่งเข้ามาในระบบผ่านโทรศัพท์มือถือ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต ได้

2) ควรเพิ่มระบบสำรองข้อมูลและระบบในการเรียกคืนข้อมูล เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเจ้าหน้าที่ในกรณีฉุกเฉิน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ชาครีย์ ศรีวิชัย (2557). ระบบจัดเก็บและค้นหาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์บนสถาปัตยกรรมแบบกลุ่มเมฆโดยใช้กูเกิลแอพสคริปต์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[2] พงศ์กร จันทราช (2557). การพัฒนาระบบรับ-ส่งเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา สำนักงานพระพุทธศาสนาจังหวัดเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์นม, เชียงใหม่.

[3] พรพรรณ โพธิ์ศรีแก้ว (2557). ระบบวิเคราะห์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการประกันคุณภาพการศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

[4] วริทธิ์ธร คำหมาย (2559). การพัฒนาระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัท โรงสีธัญญรุ่งเรืองชัย (ประเทศไทย) จำกัด, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, นครราชสีมา.

[5] ชรินธร แก้งคำ (2558). ระบบบริหารการจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Document Management System), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ.

[6] วราภรณ์ นราประเสริฐวงศ์ และนลินภัสร์ ปรวัฒน์ปรียกร (2556). ระบบช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาการใช้

งานระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

[7] วิระศักดิ์ ดาราสุข (2556). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษา กรมประชาสัมพันธ์ สำนักนายกรัฐมนตรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

[8] สำนักงานหอจดหมายเหตุแห่งชาติ (2459). ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ. 2526 และฉบับที่ 2 พ.ศ. 2548, แหล่งที่มา http://www.nat.go.th/กฎหมาย/ระเบียบ/รายละเอียดระเบียบ/ArticleId/3/-2526-2-2548, เข้าดูเมื่อวันที่ 04/05/2561.

[9] มหาวิทยาลัยมหิดล(2503). ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยงานสารบรรณ, แหล่งที่มา www.sc.mahidol.ac.th/scad/doc/sarabandoc/งานสารบรรณ.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/01/2561.

[10] P.A. Emelia Akashah, R. Syamsul Rizal and Kamaruzaman Jusoff. (2011). Electronic Document Management System, vol. 12, 2011, pp. 55 – 58.

[12] Haider Abdulkadhim, Mahadi Bahari, Aryatibakri and Widah Ismail. (2015). A Research Framework ofElectronic Document Management Systems (EDMS) Implementation Process in Government, vol.81(3), November 2015, pp. 420 – 432.

[13] Randy Connolly and Ricardo Hoar. (2015). Fundamentals of Web Development, Pearson Education Limited, England.

การพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษา ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

Electronic Document System : A Case study of Information Technology Center Department of Highways Ministry of Transport

ศุติศักดิ์ หมู่โยธา[1,*], เอื้อน ปิ่นเงิน[2]

[1] เลขที่ 2/486 อาคารสุขุมวิท ชั้น 3 ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง ถนนพระรามหก แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

[2] ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

*ผู้ติดต่อ: mooyotha@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 08 9995 5327

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้แก่เจ้าหน้าที่ในการรับ การส่ง และการค้นหาเอกสาร ภายนอกสถานที่ทำงาน การศึกษาในครั้งนี้ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามขั้นตอนวิธีพัฒนาระบบสารสนเทศ เชิงวัตถุโดยใช้ยูเอ็มแอล สำหรับสร้างแบบจำลองระบบ แบ่งออกเป็น 6 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน ส่วนเอกสารภายนอก ส่วนเอกสารภายใน ส่วนรับเอกสาร ส่วนค้นหาเอกสาร และส่วนการแสดงผลรายงาน ผลการดำเนินงานพบว่า ระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาของการบริหารจัดการเอกสารแบบเดิม และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความพึงพอใจต่อระบบได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 สำหรับกลุ่มเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการใช้ระบบเท่ากับ 4.04 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 สรุปได้ว่าผลการประเมินความพึงพอใจของทั้งสองกลุ่มอยู่ในระดับดี

คำหลัก: เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ โปรแกรมประยุกต์เว็บ การวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ

Abstract

This paper presents aims to develop a system for electronic document in order to facilitate and enhance the document performance of an officer on sending, receiving and searching durable documents outside the workplace. The study uses object-oriented approach to analyze and design by using UML. The system consists of six functions: user data management, external document management, internal document management, receive document management, search document management and report management. The results show that the developed system can be as a tool

to solve the problems of document management and responds to the needs of users effectively. The system satisfaction was assessed by IT professionals and ITC staff. The satisfaction evaluation results by IT professionals showed an average of 3.98 with a standard deviation of 0.40. For the ITC staff, the average of their satisfaction was 4.04, with a standard deviation of 0.46. In conclusion, the IT professionals and ITC staff were satisfied with the system.

Keywords: Electronic Document System, Web Application, Object-oriented Analysis and Design

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการบริหารจัดการเอกสาร ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง มีการดำเนินการโดยฝ่ายบริหารงานทั่วไป ประกอบด้วยกระบวนการทำงานต่าง ๆ ได้แก่ การรับเอกสาร การส่งเอกสาร การสำเนา/สแกนเอกสาร โดยใช้สมุดทะเบียนรับ-ส่ง เอกสาร ในการควบคุมเอกสาร และยังต้องดำเนินการสำเนาเอกสารในรูปแบบของกระดาษ ทำให้สิ้นเปลืองและเสียเวลาในการดำเนินงานและการค้นหาเอกสาร

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้แนวคิดในการพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เป็นที่มาและความสำคัญ ที่จะมีการศึกษาและวิจัยเพื่อจัดทำระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำมาใช้ในการรับ-ส่งเอกสารและค้นหาเอกสารต่าง ๆ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ (ฉบับที่2) พ.ศ. 2548

กรมทางหลวงได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้าช่วยสนับสนุนการทำงาน เพื่อให้เกิดความรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติราชการ งานสารบรรณ เป็นส่วนสนับสนุน ผลักดัน ในการขับเคลื่อนของกรมทางหลวงทางด้านหนังสือราชการ และเอกสารต่างๆ ที่สำคัญ กรมทางหลวงได้นำระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในงานสารบรรณ โดยยึดระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ. 2548 กำหนดระเบียบเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) ประกาศใช้เมื่อวันที่ 21 มิถุนายน 2548 (ราชกิจจานุเบกษา, 2548) และในเรื่องของระเบียบว่าด้วยการรักษาความปลอดภัยแห่งชาติหรือระเบียบว่าด้วยการรักษาความลับของทางราชการอิเล็กทรอนิกส์ หมายความว่า การประยุกต์ใช้วิธีการทางอิเล็กตรอนไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือวิธีอื่นใดในลักษณะคล้ายกัน และให้ความหมายรวมถึงการประยุกต์ใช้วิธีการทางแสง วิธีการทางแม่เหล็ก หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วิธีต่างๆ

ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ หมายความว่า การรับส่งข่าวสารหรือหนังสือผ่านระบบสื่อสารด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์

ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2548 ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ มีสาระสำคัญจำแนกเป็นหมวดต่างๆดังนี้

หนังสือราชการ คือ เอกสารที่เป็นหลักฐานในราชการ (ระเบียบสำนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณที่แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่2) พ.ศ. 2548) ได้แก่

1) หนังสือที่มีไปมาระหว่างส่วนราชการ

2) หนังสือที่ส่วนราชการมีไปถึงหน่วยงานอื่นใดซึ่งมิใช่ส่วนราชการหรือที่มีไปถึงบุคคลภายนอก

3) หนังสือที่หน่วยงานอื่นใดซึ่งมิใช่ส่วนราชการหรือบุคคลภายนอกมีมาถึงส่วนราชการ

4) เอกสารที่ทางราชการจัดทำขึ้นเพื่อเป็นหลักฐานในราชการ

5) เอกสารที่ทางราชการจัดทำขึ้นตามกฎหมาย ระเบียบ หรือข้อบังคับ

6) ข้อมูลข่าวสารหรือหนังสือที่ได้รับจากระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์

โดยทั่วไปหนังสือราชการ มี 6 ชนิด คือ

1) หนังสือภายนอก คือ หนังสือติดต่อราชการที่เป็นแบบพิธี โดยใช้กระดาษตราครุฑเป็นหนังสือติดต่อระหว่างส่วนราชการ หรือส่วนราชการมีถึงหน่วยราชการอื่นใด ซึ่งมิใช่ส่วนราชการหรือที่มีถึงบุคคลภายนอก

2) หนังสือภายใน คือ หนังสือติดต่อราชการที่เป็นแบบพิธีน้อยกว่าหนังสือภายนอกเป็นหนังสือติดต่อภายในกระทรวง ทบวง กรม หรือจังหวัดเดียวกัน ใช้กระดาษบันทึกข้อความ

3) หนังสือประทับตรา คือ หนังสือที่ใช้ประทับตราแทนการลงชื่อของหัวหน้า ส่วนราชการระดับกรมขึ้นไป โดยให้หัวหน้าส่วนราชการระดับกลาง หรือผู้ที่ได้มอบหมาย จากหัวหน้าส่วนราชการระดับกรมขึ้นไป เป็นผู้รับผิดชอบลงชื่อย่อกำกับตรา หนังสือประทับตราให้ใช้ได้ทั้งระหว่างส่วนราชการกับส่วนราชการ และระหว่างส่วนราชการกับบุคคลภายนอก เฉพาะกรณีที่ไม่ใช่เรื่องสำคัญ

4) หนังสือสั่งการ มี 3 ชนิด คือ

4.1) คำสั่ง คือ บรรดาข้อความที่ผู้บังคับบัญชาสั่งการให้ปฏิบัติโดยชอบด้วยกฎหมาย ใช้กระดาษตราครุฑ

4.2) ระเบียบ คือ บรรดาข้อความที่ผู้มีอำนาจหน้าที่ได้วางไว้ โดยอาศัยอำนาจของกฎหมายหรือไม่ก็ได้ เพื่อถือเป็นหลักปฏิบัติงานเป็นการประจำ

4.3) ข้อบังคับ คือ บรรดาข้อความที่ผู้มีอำนาจหน้าที่กำหนดให้ใช้ โดยอาศัยอำนาจของกฎหมายที่บัญญัติให้กระทำได้ ใช้กระดาษตราครุฑ

5) หนังสือประชาสัมพันธ์

หนังสือประชาสัมพันธ์มี 3 ชนิด ได้แก่ ประกาศ แถลงการณ์ และข่าว

5.1) ประกาศ คือ บรรดาข้อความที่ทางราชการประกาศหรือชี้แจงให้ทราบ หรือแนะแนวทางปฏิบัติ ใช้กระดาษตราครุฑ

5.2) แถลงการณ์ คือ บรรดาข้อความที่ทางราชการแถลงเพื่อทำความเข้าใจในกิจกรรมของทางราชการ หรือเหตุการณ์ หรือกรณีใดๆ ให้ทราบชัดเจนโดยทั่วกัน ใช้กระดาษตราครุฑ

5.3) ข่าว คือ บรรดาข้อความที่ทางราชการเห็นสมควรเผยแพร่ให้ทราบ

6) หนังสือที่เจ้าหน้าที่ทำขึ้นหรือรับไว้เป็นหลักฐานในราชการ คือ หนังสือที่ทางราชการทำขึ้นนอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หรือหนังสือที่หน่วยงานอื่นใดซึ่งมิใช่ส่วนราชการหรือบุคคลภายนอกมีมาถึงส่วนราชการ และส่วนราชการรับไว้เป็นหลักฐานของทางราชการ มี 4 ชนิด ดังนี้

6.1) หนังสือรับรอง คือ หนังสือที่ส่วนราชการออกให้เพื่อรับรองแก่บุคคล นิติบุคคล หรือหน่วยงาน เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดให้ปรากฏแก่บุคคลโดยทั่วไปไม่จำเพาะเจาะจง ใช้กระดาษครุฑ

6.2) รายงานการประชุม คือ การบันทึกความคิดเห็นของผู้มาประชุม ผู้เข้าร่วมประชุม และมติของที่ประชุมไว้เป็นหลักฐาน

6.3) บันทึก คือ ข้อความซึ่งผู้ใต้บังคับบัญชาเสนอต่อผู้บังคับบัญชา หรือผู้บังคับบัญชาสั่งการแก่ผู้ใต้บังคับบัญชา หรือข้อความที่เจ้าหน้าที่หรือหน่วยงานระดับต่ำกว่าส่วนราชการระดับกรม ติดต่อกันในการปฏิบัติราชการ โดยปกติให้ใช้กระดาษบันทึกข้อความ

สรุป “ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์” หมายถึง การรับส่งข้อมูลข่าวสารหรือหนังสือผ่านระบบสื่อสารด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่วน “หนังสือ” หมายถึง หนังสือราชการ ประกอบด้วย หนังสือภายนอก หนังสือภายใน หนังสือประทับตรา หนังสือสั่งการ หนังสือประชาสัมพันธ์หนังสือที่เจ้าหน้าที่ทำขึ้นหรือรับไว้เป็นหลักฐานในราชการ หรือหนังสือที่ได้รับจากระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์

2.2. งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษางาน ตำรา บทความที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการจัดทำระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ จากผลงานศึกษา ตำรา และบทความที่มีความสอดคล้องใกล้เคียงกับแนวความคิด สามารถนำมาเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาการบริหารจัดการระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (ชาครีย์ ศรีวิชัย, 2557) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาระบบจัดเก็บและค้นหาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์บนสถาปัตยกรรมแบบกลุ่มเมฆโดยใช้ กูเกิลแอพสคริปต์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า รองรับการจัดเก็บเอกสารอย่างเป็นระบบ เป็นหมวดหมู่ สามารถทำการค้นหาจากข้อมูลแหล่งเดียวกัน (พงศ์กร จันทราช, 2557) ระบบรับ-ส่งเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ช่วยให้การดำเนินงาน เกี่ยวกับการจัดการเอกสารรูปแบบระบบฐานข้อมูลดิจิทัลและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

การพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (พรพรรณ โพธิ์ศรีแก้ว, 2557) ยังสามารถพัฒนาระบบวิเคราะห์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ วิเคราะห์ชื่อเอกสารและข้อความภายในเอกสารว่าเกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้ใดอย่างอัตโนมัติ (วราภรณ์ นราประเสริฐวงศ์ และ นลินภัสร์ ปรวัฒน์ปรียกร, 2556) ระบบช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาการใช้งานระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ เพื่อรวบรวมปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ สามารถสืบค้นปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาการใช้งานระบบได้จากฐานข้อมูล

นอกจากนี้การพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (P.A. Emelia Akashah, R. Syamsul Rizal and Kamaruzaman Jusoff, 2011) ควรมีกรอบการดำเนินงานระบบ Electronic Document Management Systems (EDMS) เพื่อทำความเข้าใจเพิ่มความรู้ (Haider Abdulkadhim, Mahadi Bahari, Aryatibakri and Widah Ismail, 2015) และทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีส่วนในการพัฒนาระบบภายในองค์กรหรือหน่วยงานราชการ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจในการพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของการพัฒนาได้มีการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วยยูเอ็มแอลโดยใช้ภาษาพีเอชทีเอ็มแอล5 (HTML5) เป็นกรอบการเขียนโปรแกรม(Randy Connolly and Ricardo Hoar, 2015) แบบเปิดผ่านทางจาวาสคริปต์(JavaScript) สำหรับสร้างโปรแกรมประยุกต์เว็บ เพื่อช่วยในการพัฒนาระบบทำงานได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ และในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาปัญหาการทำงานของระบบงานปัจจุบัน

จากการศึกษา ปัจจุบันการส่งเอกสารภายในศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง นั้น เจ้าหน้าที่งานสารบรรณทำการสร้างเอกสาร ลงทะเบียนรับเอกสารภายใน ลงทะเบียนรับเอกสารภายนอก นำเสนอผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง เพื่อพิจารณาจากนั้น จึงทำการสำเนาเอกสารหรือสแกนเอกสาร ดำเนินการส่งเอกสารให้กับกลุ่ม/ฝ่าย ภายในศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ เวียนเพื่อทราบ เพื่อพิจารณาและดำเนินการ เพื่อสั่งการ ตามประเภทของเอกสาร

เมื่อมีการส่งเอกสารให้กับกลุ่ม/ฝ่าย ภายในศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ บุคลากรทำการรับเอกสาร เพื่อทราบ เพื่อพิจารณาและดำเนินการต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ระบบงานใหม่

ฟังก์ชันความต้องการ (Functional Requirements)ระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์นั้น สามารถแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1) สามารถเพิ่มผู้ใช้งาน

2) สามารถแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน

3) สามารถลบข้อมูลผู้ใช้งาน

4) สามารถสร้างเอกสาร

5) สามารถแก้ไขข้อมูลเอกสาร

6) สามารถลบข้อมูลเอกสาร

7) สามารถส่งเอกสาร

8) สามารถรับเอกสาร

9) สามารถส่งคืนเอกสาร

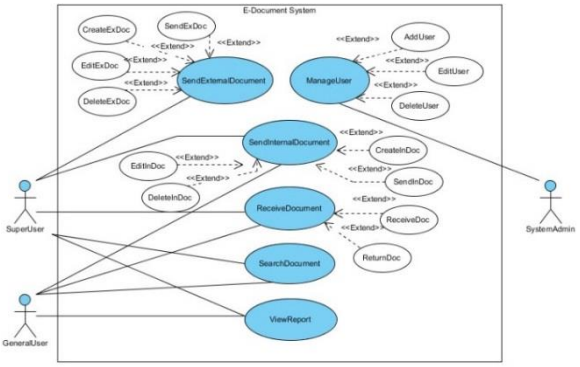
10) สามารถค้นหาเอกสาร ได้จากเลขที่เอกสาร วันที่เอกสาร ชื่อเรื่อง ประเภทเอกสาร

11) สามารถแสดงรายงาน ทะเบียนรับเอกสาร ทะเบียนส่งเอกสาร ได้จากประเภทเอกสาร วันที่เอกสาร

3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล

1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

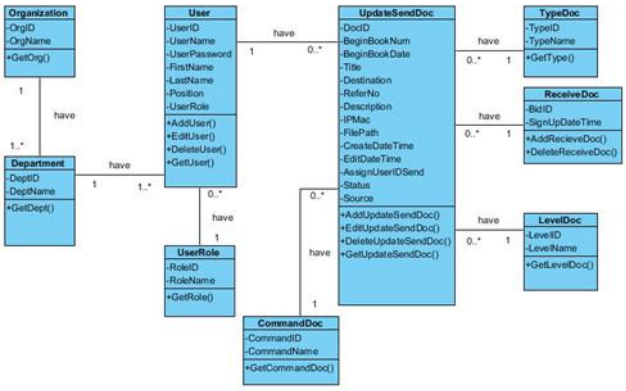
แผนภาพยูสเคส เป็นแผนภาพที่จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับระบบสารสนเทศ ทั้งยังอธิบายกระบานการทำงาน หน้าที่ของแต่ละโมดูล ซึ่งจากการวิเคราะห์ และออกแบบระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีกระบวนการทำงาน แสดงในรูปที่ 1



รูปที่1 แผนภาพยูสเคสของระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram)

แผนภาพความสัมพันธ์ของระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ แสดงในรูปที่ 2



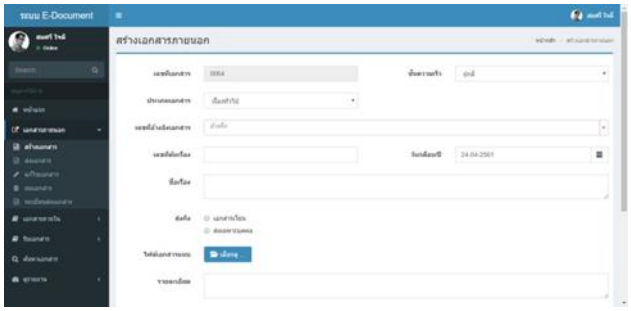
รูปที่ 2 แผนภาพคลาสระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์

4. ผลการดำเนินงาน

หลังจากทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบแล้ว ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบข้างต้นมาพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษาศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง ในลักษณะของโปรแกรมประยุกต์เว็บ (Web Application) ผลดำเนินงานดังนี้

4.1 ส่วนจัดการเอกสาร

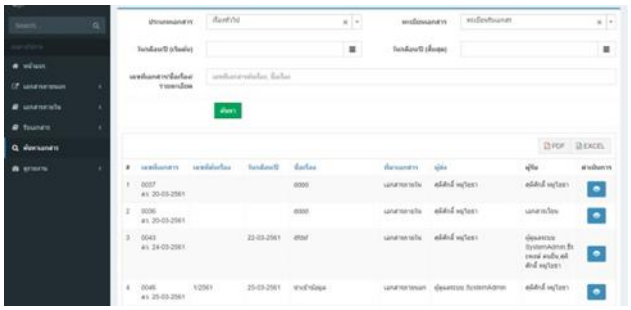
หน้าจอแสดงส่วนการจัดการเอกสาร ประกอบด้วย เมนูสร้างเอกสาร/ ส่งเอกสาร/ แก้ไขเอกสาร/ ลบเอกสาร และทะเบียนส่งเอกสาร การสร้างเอกสารให้คลิกเลือกเมนูย่อย “สร้างเอกสาร” ระบบจะแสดงหน้าจอสร้างเอกสาร แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้าจอสร้างเอกสารภายนอก

4.2 ส่วนการค้นหาเอกสาร

การค้นหาเอกสาร ให้กรอกข้อมูลเงื่อนไขการค้นหาจากนั้น คลิกเลือก “ค้นหา” ระบบจะแสดงรายการเอกสารที่ค้นพบ แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอแสดงการค้นหาเอกสาร

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจ

การประเมินความพึงพอใจแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 10 คน โดยการใช้แบบสอบถามประเมิน 5 ระดับ ซึ่งผลความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี ส่วนความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ในระดับดี แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\overline{X}$	S.D.	ผล
1. ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ	4.17	0.58	ดี
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.13	0.12	ดี
3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.28	0.29	ดี
4. ด้านประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ	3.67	0.43	ดี
5. ด้านความปลอดภัยของระบบ	3.67	0.58	ดี
สรุปความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญ	3.98	0.40	ดี

ตารางที่ 2 ตารางผลการประเมินความพึงพอใจเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสเทศ

หัวข้อประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\overline{X}$	S.D.	ผล
1. ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ	4.03	0.44	ดี
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.24	0.30	ดี
3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.32	0.45	ดี
4. ด้านประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ	3.60	0.46	ดี
5. ด้านความปลอดภัยของระบบ	4.00	0.67	ดี
สรุปผลความพึงพอใจโดยเจ้าหน้าที่	4.04	0.46	ดี

จากตารางที่ 1 และ 2 สามารถสรุปได้ว่าระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้นได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้วิจัยนำระบบทดลองใช้งานจริงโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลความพึงพอใจอยู่ในระดับดี และเจ้าหน้าที่ผลความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริง มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานด้าน เอกสาร หนังสือราชการ มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นระบบการรับ การส่งเอกสาร มีทะเบียนรับ ทะเบียนส่ง สามารถค้นหาไฟล์เอกสาร ได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับวิธีปฏิบัติงานแบบเก่า และสามารถใช้งานบนโทรศัพท์มือถือ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ช่วยในการทำงานสะดวกรวดเร็ว ใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ จึงเสนอข้อแนะนำในการพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในอนาคต ดังนี้

1) ควรพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีเอกสารส่งเข้ามาในระบบผ่านโทรศัพท์มือถือ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต ได้

2) ควรเพิ่มระบบสำรองข้อมูลและระบบในการเรียกคืนข้อมูล เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเจ้าหน้าที่ในกรณีฉุกเฉิน

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น จึงเสนอแนะในการพัฒนาระบบในอนาคต ดังนี้

1) ขยายขอบเขตผู้ใช้งานระบบ ให้สามารถใช้งานได้ในทุกส่วนราชการและสำนักงานเขตของกรุงเทพมหานคร

2) เพิ่มเติมการแจ้งเตือนในรูปแบบอื่นๆ เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้งาน ในการติดตามสถานะคำขอใช้รถส่วนกลาง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ชาครีย์ ศรีวิชัย (2557). ระบบจัดเก็บและค้นหาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์บนสถาปัตยกรรมแบบกลุ่มเมฆโดยใช้กูเกิลแอพสคริปต์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[2] พงศ์กร จันทราช (2557). การพัฒนาระบบรับ-ส่งเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา สำนักงานพระพุทธศาสนาจังหวัดเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์นม, เชียงใหม่.

[3] พรพรรณ โพธิ์ศรีแก้ว (2557). ระบบวิเคราะห์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการประกันคุณภาพการศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

[4] วริทธิ์ธร คำหมาย (2559). การพัฒนาระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัท โรงสีธัญญรุ่งเรืองชัย (ประเทศไทย) จำกัด, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, นครราชสีมา.

[5] ชรินธร แก้งคำ (2558). ระบบบริหารการจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Document Management System), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ.

[6] วราภรณ์ นราประเสริฐวงศ์ และนลินภัสร์ ปรวัฒน์ปรียกร (2556). ระบบช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาการใช้งานระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

[7] วิระศักดิ์ ดาราสุข (2556). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษา กรมประชาสัมพันธ์ สำนักนายกรัฐมนตรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

[8] สำนักงานหอจดหมายเหตุแห่งชาติ (2459). ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ. 2526 และฉบับที่ 2 พ.ศ. 2548, แหล่งที่มา http://www.nat.go.th/กฎหมาย/ระเบียบ/รายละเอียดระเบียบ/ArticleId/3/-2526-2-2548, เข้าดูเมื่อวันที่ 04/05/2561.

[9] มหาวิทยาลัยมหิดล(2503). ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยงานสารบรรณ, แหล่งที่มา www.sc.mahidol.ac.th/scad/doc/sarabandoc/งานสารบรรณ.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/01/2561.

[10] P.A. Emelia Akashah, R. Syamsul Rizal and Kamaruzaman Jusoff. (2011). Electronic Document Management System, vol. 12, 2011, pp. 55 – 58.

[12] Haider Abdulkadhim, Mahadi Bahari, Aryatibakri and Widah Ismail. (2015). A Research Framework of Electronic Document Management Systems (EDMS) Implementation Process in Government, vol.81(3), November 2015, pp. 420 – 432.

[13] Randy Connolly and Ricardo Hoar. (2015). Fundamentals of Web Development, Pearson Education Limited, England.

ระบบสารสนเทศเพื่อการวิเคราะห์สินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยเชิงพื้นที่ : กรณีศึกษาธนาคารอาคารสงเคราะห์

Information System for Spatial Mortgage : A Case Study at Government Housing Bank of Thailand

สุภรัตน์ พรมรุกขชาติ[1,*], สาธิษฐ์ นากกระแสร์[2]

[1]มหาวิทยาลัยรามคำแหง ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

[2]โครงการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

*ผู้ติดต่อ: suparat4747@gmail.com, 0969354997

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพระบบสนับสนุนข้อมูลในการตัดสินใจของผู้บริหาร ให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว มีมุมมองที่หลากหลาย อ่านผลวิเคราะห์ได้ชัดเจนมากกว่ารายงานรูปแบบเดิมที่เป็นตารางข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ และลดระยะเวลาในการพัฒนารายงาน โดยได้นำแนวคิดธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence) และใช้ข้อมูลสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยจากตลาดข้อมูล (Data Mart) ออกแบบโครงสร้างข้อมูลแบบกาแลคซี่ (Constellation Schema) พัฒนาระบบด้วยซอฟต์แวร์ไมโครซอฟท์พาวเวอร์บีไอ (Microsoft Power BI) ที่มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลและจัดทำรายงานได้อย่างรวดเร็ว นำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบรายงานแผนภาพเชิงมิติ (Dashboard) และ แสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่บนแผนที่ (Map) อีกทั้งสามารถแสดงผลรายงานผ่านสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ตได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ทำให้ผู้บริหารได้รับความสะดวกและช่วยการตัดสินใจได้ดีขึ้น

คำหลัก: สินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัย, ระบบธุรกิจอัจฉริยะ, ข้อมูลเชิงพื้นที่, รายงานบนแผนที่

Abstract

This study aimed to develop an information system for spatial mortgage in Business Intelligence system that provide a location-based using mortgage data mart of Government Housing Bank of Thailand as a case study. The study analyzed and designed by using object oriented and constellation schema concept. This system was implemented by Microsoft Power BI. The result show that, the dashboard and map can also present on smart phone that executive comfortable and make decision better.

Keywords: Mortgage , Business Intelligence , Spatial Mortgage

1. บทนำ

ตลาดอสังหาริมทรัพย์ของประเทศไทยได้มีการขยายตัวมากขึ้น จำนวนที่อยู่อาศัยหรือชุมชนที่เกิดขึ้นตามแนวเส้นทางการคมนาคมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย สถาบันการเงินจึงต้องเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการให้สามารถขยายสินเชื่อแก่ลูกค้าในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเพียงพอและรวดเร็ว นโยบายและการบริหารจัดการของผู้บริหารมีความสำคัญในการนำพาองค์กรไปสู่เป้าหมาย ข้อมูลและรายงานที่ใช้สนับสนุนจึงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจของผู้บริหาร นอกจากความถูกต้องแล้วยังต้องรวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์ อ่านผลวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน เพื่อให้ทำการตัดสินใจได้อย่างแม่นยำ การใช้ทฤษฎีและเครื่องมือระบบธุรกิจอัจฉริยะเข้ามาประมวลผลข้อมูลจากฐานข้อมูลสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยและข้อมูลเชิงพื้นที่ สามารถสร้างรายงานแผนภาพเชิงมิติ (dashboard) และรายงานบนแผนที่ (map) ได้ในเวลาอันรวดเร็ว ทั้งยังสามารถเรียกดูรายงานผ่านอุปกรณ์สื่อสารที่ทันสมัย เช่น สมาร์ตโฟน โน๊ตบุ๊ค แท็บเล็ต ซึ่งเป็นการเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการใช้รายงานของผู้บริหารด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence)

ธุรกิจอัจฉริยะ(Business Intelligence) คือ กระบวน การนำข้อมูลหรือสารสนเทศที่มีอยู่มาจัดการและสร้างรูปแบบการนำเสนอให้เกิดประโยชน์ โดยใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสรุปภาพรวมของธุรกิจในหลายมิติ เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์กร เพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานขององค์กร เพิ่มผลกำไร ทำให้เข้าใจพฤติกรรมลูกค้า หรือแม้แต่สามารถคาดการณ์ พยากรณ์ความต้องการของลูกค้าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งจะช่วยให้องค์กรมีการพัฒนาขึ้น เช่น การวิเคราะห์การขยายตัวของที่อยู่อาศัยเพื่อวางแผนให้บริการ หรือการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการหนี้ที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ (NPL) เป็นต้น

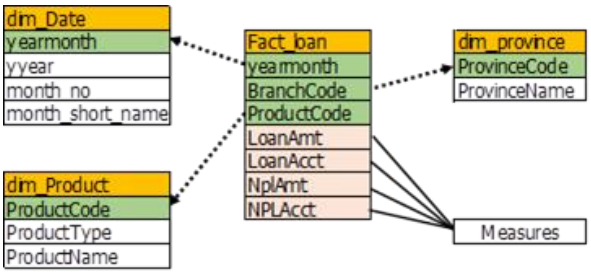
2.2. คลังข้อมูลและตลาดข้อมูล

คลังข้อมูล (Data warehouse) คือ การเก็บรวบรวมสารสนเทศที่ผ่านการประมวลผลแล้ว เป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ที่เก็บข้อมูลได้จำนวนมาก มีการนำเข้าข้อมูลจากหลายแหล่ง (Multiple information source) ตามช่วงเวลา และมีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูล

2.3 การออกแบบโครงสร้างของคลังข้อมูลเชิงมิติ

การออกแบบโครงสร้างในการจัดเก็บข้อมูลของคลังข้อมูลในลักษณะเชิงมิติแบ่งเป็น 3 ประเภท [1]

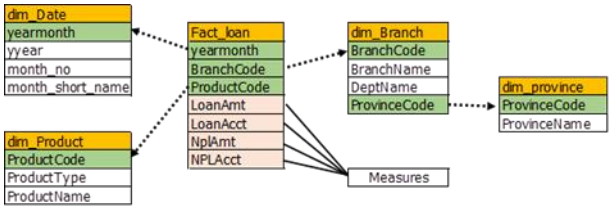
1) โครงสร้างแบบดาว (Star Schema) เป็นโครงสร้างที่มีตารางข้อเท็จจริง (Fact table) อยู่ตรงกลางและล้อมรอบด้วยตารางมิติ (Dimension Table) จุดเด่นคือการค้นหาทำได้ง่ายและเร็ว เนื่องจากมีตารางจำนวนน้อย และผ่านการดีนอร์มอลไลเซชั่น (Denormalization) จึงทำให้ลดขั้นตอนการรวมตาราง (join table) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างแบบดาว (Star Schema)

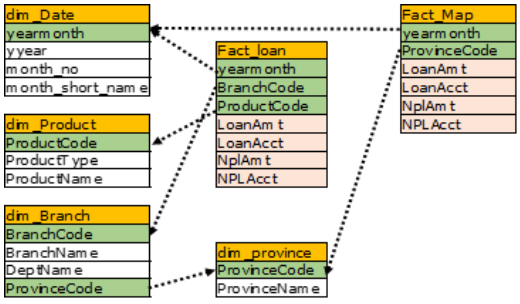
2) โครงสร้างแบบเกล็ดหิมะ (Snowflake Schema) เป็นโครงสร้าง ที่มีตารางข้อเท็จจริง (Fact table) อยู่ตรงกลางเช่นเดียวกับโครงสร้างแบบดาว (Star Schema) แต่ตารางมิติ (Dimension table) จะ

มีการเชื่อมโยงไปยังตารางมิติย่อย (Secondary dimension table) อื่นได้อีกดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างแบบเกล็ดหิมะ

3) โครงสร้างแบบกาแลคซี่ (Constellation Schema) เป็นโครงสร้างที่มีตารางข้อเท็จจริงหลายตารางเชื่อมโยงไปยังตารางมิติเดียวกัน มีรูปแบบเหมือนโครงสร้างรูปดาวเรียงซ้อนกัน มักนิยมใช้เมื่อต้องการมุ่งเน้นในการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละด้านเป็นพิเศษ เพราะตารางข้อเท็จจริงทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อกับตารางมิติ [1] แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างโครงสร้างแบบกาแลคซี่

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Misheck BANDA et al.,[2] กล่าวถึงโลกธุรกิจปัจจุบันมีการแข่งขันสูง การวางแผนและการตัดสินใจของผู้บริหารที่ทันเวลาและแม่นยำ มีผลทำให้ธุรกิจอยู่รอดและแข่งขันได้ การนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อทำการพยากรณ์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ขณะที่ Tong Gang et al., [3] ให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่รวดเร็ว ส่งผลให้เกิดข้อมูลจำนวนมหาศาลจากอุปกรณ์ดิจิตอล เกิดอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ ส่งผลให้ระบบฐานข้อมูลเดิมไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการวิเคราะห์ข้อมูลและการพยากรณ์ทางธุรกิจ ระบบธุรกิจอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพจึงมีบทบาทในการพัฒนาสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร[2] อีกทั้งแนวโน้มความต้องการใช้สมาร์ตโฟนที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดความต้องการใช้งานระบบธุรกิจอัจฉริยะบนสมาร์ตโฟน เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานให้แก่ผู้บริหาร [3] Marketa Horakova et al.,[4] ชี้ให้เห็นว่าแม้ว่าระบบธุรกิจอัจฉริยะจะมีความสำคัญต่อการตัดสินใจของผู้บริหาร แต่องค์กรขนาดเล็กทั้งภาครัฐและเอกชนส่วนใหญ่ ยังไม่มีการนำระบบธุรกิจอัจฉริยะเข้ามาใช้ในองค์กร เนื่องจากระบบมีความซับซ้อนและต้องใช้งบประมาณในการพัฒนาระบบค่อนข้างสูง ดลฤดี ระพิสุวรรณ[1] พบประเด็นปัญหาที่ผู้บริหารมีความต้องการรายงานที่สามารถปรับเปลี่ยนมุมมองในการวิเคราะห์ตามช่วงเวลา ในขณะที่ยุบล ฟองรัตน์ [5] ได้ทำการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับผู้บริหารใช้ในการบริหารงานสินเชื่อสหกรณ์ออมทรัพย์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้บริหารสามารถเรียกดูรายงานผ่านเว็บแอพพลิเคชั่นทำให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น และพิพัฒน์ เกียรติ์กมลรัตน์[6] พัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนงานขายของผู้บริหาร กรณีศึกษากลุ่มธุรกิจค้าปลีกได้ใช้โปรแกรมทาโบล์ว (Tableau) แสดงผลกำไรเปรียบเทียบค่าขนส่งจำแนกยอดขายตามเมืองผ่านการแสดงผลบนแผนที่ประเทศสหรัฐอเมริกา รวมถึงเอกภพ บุญเพ็ง[7] มีงานวิจัยที่บูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่กับระบบธุรกิจอัจฉริยะ โดยนำเสนอข้อมูลจากตลาดข้อมูล (Data Mart) ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลายมิติ และแสดงผลข้อมูลบนแผนที่ได้ การแสดงผลข้อมูลบนแผนที่จะช่วยให้อ่านผลการวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น ทำให้ผู้บริหารมีเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ

จากแนวทางที่ได้ศึกษา จึงเกิดแนวคิดในการนำระบบธุรกิจอัจฉริยะมาใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยเชิงพื้นที่ ที่เป็นรายงานแสดงผลบนแผนที่และรายงานแผนภาพเชิงมิติที่สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์สื่อสารสมาร์ตโฟนได้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ไมโครซอฟท์พาวเวอร์บีไอ (Microsoft Power BI)

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา

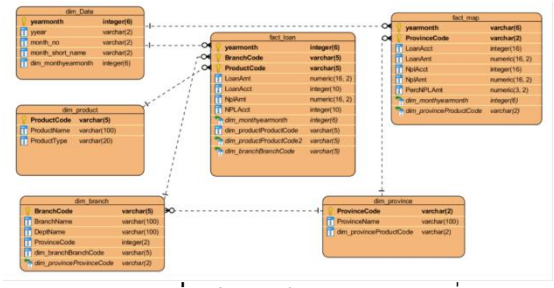
ศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานปัจจุบันที่ผู้บริหารแจ้งความต้องการใช้รายงาน ผู้พัฒนาจะทำการเก็บรวบรวมความต้องการเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการจัดทำข้อมูล และจัดทำรายงานในรูปแบบตารางไขว้ (Cross tab) หรือแฟ้มข้อมูลเอ็กเซลล์ (Excel) แล้วจึงนำไปจัดทำแผนภาพเสนอต่อผู้บริหารส่งผ่านอิเล็กทรอนิกส์เมล์ (e-mail)

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการของระบบงาน

ผู้บริหารมีความต้องการรายงานบัญชีสินเชื่อและหนี้ที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ (NPL) เชิงพื้นที่รูปแบบแผนที่ตามเขตจังหวัด และรายงานแผนภาพเชิงมิติ (Dashboard) เมื่อนำมาวิเคราะห์จะพบว่า การนำระบบธุรกิจอัจฉริยะสามารถตอบความต้องการของผู้บริหารได้ การพัฒนาระบบเริ่มจากการคัดเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การนำเข้าข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลในคลังข้อมูล พัฒนารายงานผ่านซอฟต์แวร์ธุรกิจอัจฉริยะไมโครซอฟท์พาวเวอร์บีไอ (Microsoft Power BI) ที่สามารถแสดงผลผ่านอุปกรณ์สื่อสารสมาร์ตโฟนได้ ด้วยโครงสร้างข้อมูลรูปแบบ ความสัมพันธ์ข้อมูลหลายมิติ (Multidimensional Database)

3.3 ขั้นตอนการออกแบบระบบ

ออกแบบโครงสร้างข้อมูลแบบกาแลคซี่ (Constellation Schema) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างแบบกาแลคซี่ (Constellation Schema)

4. ผลการดำเนินงาน

นำเสนอการออกแบบรายงานสำหรับผู้บริหารในรูปแบบรายงานแผนภาพเชิงมิติ (Dashboard) ที่สามารถปรับเปลี่ยนมุมมองรายงานได้หลายรูปแบบ รายงานแสดงผลเป็นแผนภูมิรูปแบบต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย สามารถรวมแผนภูมิค่าข้อมูลได้ในรายงานเดียว และการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่บนรายงานแผนที่ที่สามารถแสดงผลเป็นรายจังหวัด ทำให้มองเห็นภาพเชิงพื้นที่ได้อย่างชัดเจน ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการบริหารงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ซอฟแวร์ธุรกิจอัจฉริยะไมโครซอฟท์พาวเวอร์บีไอ (Microsoft Power BI) ในการพัฒนารายงาน นำเสนอผลการดำเนินงาน ดังนี้

4.1 การนำเสนอรายงานแผนภาพเชิงมิติ (Dashboard)

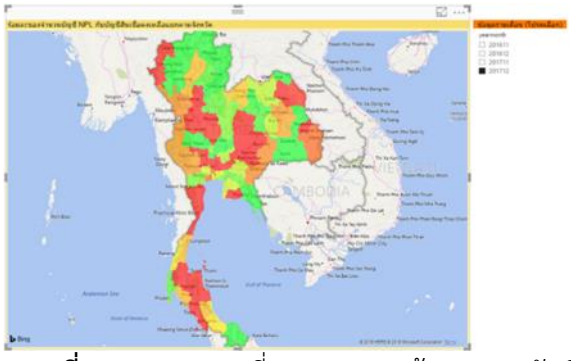
แผนภาพเป็นรูปแบบที่ทำให้สามารถเข้าใจและเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นการนำเสนอรายงานแผนภาพเชิงมิติ (Dashboard) ที่รวมระหว่างแผนภาพรูปแบบต่างๆ ตามมิติข้อมูลและค่าตัวเลขข้อมูล ทำให้มองเห็นภาพรวมและการเปรียบเทียบข้อมูลได้อย่างชัดเจนแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 รายงานแผนภาพเชิงมิติ (Dashboard)

4.2 รายงานข้อมูลบนแผนที่ (map)

รายงานแผนที่ (Filled Map) มีความสามารถในการแสดงเฉดสีตามพื้นที่ ซึ่งทำให้มองภาพเชิงพื้นที่ได้ชัดเจนกว่าแผนภูมิชนิดอื่น แสดงดังรูปที่ 6 เป็นการแสดงร้อยละของบัญชีหนี้ที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ต่อจำนวนสินเชื่อเชิงพื้นที่รายจังหวัดแสดงสีตามอัตราที่กำหนด



รูปที่ 6 รายงานแผนที่ (map) แสดงร้อยละของบัญชีหนี้ที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ต่อจำนวนสินเชื่อเชิงพื้นที่รายจังหวัด

และยังสามารถใช้ข้อมูลเชิงมิติ (Dimension) ที่เชื่อม ต่อกันแสดงสาขาในแต่ละพื้นที่จังหวัด ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 รายงานแผนที่ (map) แสดงสาขาในแต่ละจังหวัด

4.3 รายงานผ่านสมาร์ตโฟน

แสดงรายงานผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้โปรแกรมประยุกต์พาวเวอร์บีไอบนสมาร์ตโฟน ดังรูปที่ 8-9



รูปที่ 8 รายงานผ่านสมาร์ตโฟน



รูปที่ 9 รายงานแผนที่ (map) ผ่านสมาร์ตโฟน

5. สรุปผลการศึกษาและแนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคต

5.1สรุปผลการศึกษาและการดำเนินงาน

เริ่มจากศึกษาความต้องการของผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้อง ศึกษาขั้นตอนการทำงาน ปัญหาและอุปสรรคของระบบเดิมที่ใช้งาน แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวคิดและเทคโนโลยีในการแก้ไขปัญหา โดยได้เลือกแนวคิดธุรกิจอัจฉริยะเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศจัดทำรายงานนำเสนอผู้บริหารและได้ทำการทดสอบและประเมินผลระบบโดยแบ่งกลุ่มผู้ทดลองใช้งานระบบเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) ผู้บริหาร ได้รับความพึงพอใจจากรูปแบบรายงานที่มีมุมมองหลากหลาย อ่านผลวิเคราะห์ได้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายงานข้อมูลเชิงพื้นที่ รูปแบบรายงานตรงตามความต้องการ อีกทั้งได้รับความสะดวกรวดเร็วในการเรียกดูรายงานผ่านสมาร์ตโฟน จึงมีความเห็นให้ใช้เป็นแนวคิดในการพัฒนาระบบรายงานเพื่อผู้บริหารขององค์กรต่อไป

2) ผู้พัฒนาระบบ จากการประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนารายงานในรูปแบบเดียวกันพบว่าใช้เวลาเพียง 1 ใน 3 โดยข้อมูลที่แสดงผลในรายงานมีความถูกต้องตรงกัน ทั้งนี้ เนื่องจากซอฟต์แวร์ไมโครซอฟท์พาวเวอร์บีไอ (Microsoft Power BI) มีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการพัฒนาที่ครอบคลุมทุกขั้นตอนทั้งการจัดการข้อมูล การจัดทำรายงานในมุมมองต่างๆ และการนำเสนอรายงานบนสมาร์ตโฟน

จากผลการประเมินพบว่า ระบบสามารถรองรับการจัดทำรายงานที่ปรับเปลี่ยนมุมมองข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้งาน รายงานแผนภาพเชิงมิติและรายงานแผนที่ได้ การจัดทำรายงานทำได้อย่างรวดเร็วและผู้ใช้งานมีความสะดวกในการใช้งานผ่านสมาร์ตโฟน ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้จากการศึกษาบทความวิจัยของเอกภพ บุญเพ็ง [7] งานวิจัยที่บูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่กับระบบธุรกิจอัจฉริยะ ยังไม่มีการพัฒนาระบบให้สามารถเรียกดูผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งในการพัฒนาระบบสารสนเทศสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยเชิงพื้นที่นี้มีการดำเนินการ จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกแก่ผู้ใช้งานมากขึ้น อีกทั้งการนำรายงานในระบบขึ้นแสดงผลบนสมาร์ตโฟน (publish) สามารถดำเนินการได้ง่าย ทำให้ผู้บริหารได้รับข้อมูลที่รวดเร็วทันต่อการใช้ในการตัดสินใจของผู้บริหาร

5.2 ปัญหา อุปสรรค และข้อจำกัด

5.2.1 การตั้งค่าการเชื่อมต่อระบบคลังข้อมูลระบบธุรกิจอัจฉริยะ กับตลาดข้อมูลสินเชื่อเพื่อที่อยู่อาศัยมีขั้นตอนที่ซับซ้อน ต้องให้ผู้ดูแลระบบ (Database Adminitrator) เป็นผู้ดำเนินการ

5.2.2 ข้อมูลในตลาดข้อมูล เป็นข้อมูลแบบรายการ (Transaction Database) มีจำนวนมากจึงต้องมีการพัฒนาคิวรี่ (query) สำหรับประมวลผลบนตลาดข้อมูลให้พร้อมแสดงในรายงาน ก่อนนำข้อมูลเข้าสู่คลังข้อมูลของระบบธุรกิจอัจฉริยะ

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1) ควรมีการเพิ่มมุมมองหรือมิติข้อมูลในเชิงพื้นที่มากขึ้น

2) ควรเพิ่มข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้มากขึ้น โดยอาจนำแนวคิดการวิเคราะห์คลังข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เข้ามาประยุกต์ให้เกิดมุมมองหรือรูปแบบสารสนเทศใหม่ๆ เช่น การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) การพยากรณ์ (Forecasting) เป็นต้น

3) ควรมีการเชื่อมต่อข้อมูล กับแหล่งข้อมูลภายนอก (External Data Source) เพิ่มเติม เพื่อให้เกิดแนวคิด หรือมุมมองใหม่ที่ครอบคลุมมากขึ้น เช่น การเชื่อมต่อกับข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) หรือการเชื่อมต่อข้อมูลเปิด (Open Data) จากภาครัฐเพื่อการนำเสนอรายงานที่ครอบคลุมรอบด้านยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ดลฤดี ระพิสุวรรณ และศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์(2560). ระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อวางแผนการขายสำหรับอุตสาหกรรมอสังหาริมทรัพย์,มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] Misheck BANDA, Ernest Ketcha. (2017). A Data Management and Analytic Model for Business Intelligence Applications, School of Computing, University of South Africa, Pretoria, South Africa.

[3] Tong Gang, Cui Kai and Song Bei. (2008). The Research & Application of Business Intelligence System in Retail Industry, Qingdao University of Science and Technology, China.

[4] Marketa Horakova and Hana Skalska. (2013). “Business Intelligence and Implementation in a Small Enterprise” Department of Informatics and Quantitative Methods University of Hradec Kralove, Czech Republic.

[5] ยุบล ฟองรัตน์ (2557). การพัฒนาระบบธุรกิจชาญฉลาดเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ สหกรณ์ออมทรัพย์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำกัด, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
[6] พิพัฒน์ เกียรติ์กมลรัตน์ (2560). ระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนงานขายของผู้บริหาร กรณีศึกษากลุ่มธุรกิจค้าปลีก, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
[7] เอกภาพ บุญเพ็ง, อนุสรณ์ เบญจธนรัตน์,สุรางคนา ธรรมลิขิต และพีระศักดิ์ เพียรประสิทธิ์ (2556) การบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่กับธุรกิจอัจฉริยะสถาบันคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยบูรพา.

ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ กรณีศึกษา : บริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง จำกัด

Information System for Loan Management : A Case Study at Pico On nut Leasing Co., Ltd.

ณัฐณี แก้วเขียว[1,*], เอื้อน ปิ่นเงิน[2]

[1]บริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง จำกัด เลขที่ 1161 ถนนอ่อนนุช25 เขตสวนหลวง แขวงสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

*E-mail: bownatthanee@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 099-380-6308, เบอร์โทรสาร 02-332-7005

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ กรณีศึกษา บริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง จำกัด ซึ่งใช้แก้ปัญหาในการจัดเก็บเอกสารต่างๆที่มีอยู่ภายในบริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง และเพิ่มช่องทางสำหรับลูกค้าในการติดต่อขอสินเชื่อ โดยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ด้วยหลักการออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วยภาษายูเอ็มแอล ใช้ภาษาพีเอชพีในการเขียนโปรแกรมและใช้มายเอสคิวแอลในการจัดการฐานข้อมูล จากการศึกษาพบว่า ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ สามารถตอบสนองผู้ใช้งาน จากการดำเนินงานสามารถช่วยจัดการปัญหาเอกสารได้เป็นอย่างดีและผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายมากขึ้นในการขอสินเชื่อผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

คำหลัก: ระบบบริหารจัดการ

Abstract

This paper aims to develop an information system for loan management studying a case of Pico On nut Leasing Co., Ltd., The system solves the problem of document storage within Pico On nut Leasing Co., Ltd. and adds channels for customers to apply loan. UML is used for system analysis and design with object-oriented approaches. PHP and SQL is used for programming development and database management; respectively. The study is found that the development of the information system for loan management can respond to users' requirement. The system operation can help handle document problems and comfort the user for applying the credit through the internet.

Keywords: management system.

1. บทนำ

ผู้ให้บริการสินเชื่อทั่วๆไปบางบริษัทมีปัญหาเกี่ยวกับการให้บริการขอสินเชื่อ เช่นผู้ให้บริการสินเชื่อบางบริษัทสามารถทำการสมัครขอสินเชื่อผ่านช่องทางออนไลน์ได้ แต่เป็นเพียงการกรอกข้อมูลผู้สมัครออนไลน์เท่านั้น และต้องรอเจ้าหน้าที่บริษัททำการติดต่อกลับ อีกปัญหาหนึ่งคือลูกค้าผู้ขอสินเชื่อต้องมารับใบสมัคร ณ ที่ทำการของบริษัท แล้วจึงกรอกข้อมูลลงในใบสมัครเพื่อนำส่งให้แก่เจ้าหน้าที่ของบริษัท โดยข้อมูลลูกค้าผู้ขอสินเชื่อจะอยู่ในใบสมัครขอสินเชื่อซึ่งเป็นกระดาษ ซึ่งปัญหาดังกล่าวมีความเหมือนกับ บริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง จำกัด ที่เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจการให้สินเชื่อรายย่อยระดับจังหวัดภายใต้การกำกับของสำนักงานเศรษฐกิจการคลัง (สคส.) กระทรวงการคลังมีกระบวนการทำงานโดยใช้การบันทึกข้อมูลลงบนกระดาษและจัดเก็บข้อมูลเอกสารต่างๆไว้ในแฟ้มข้อมูล อีกทั้งมีเพียงช่องทางในการติดต่อสื่อสารกับลูกค้าเพียงช่องทางเดียวคือเมื่อลูกค้าสนใจสมัครขอรับสินเชื่อ ต้องมาติดต่อผ่านทางสำนักงานของบริษัทเท่านั้น

ดังนั้นเพื่อเป็นการรองรับกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากการมีจำนวนลูกค้าและเอกสารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลให้มีพื้นที่จัดเก็บเอกสารมากขึ้น ยากต่อการจัดเก็บรักษาและเกิดความล่าช้าในการค้นหาข้อมูล จึงมีแนวคิดนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ ภายในบริษัท พิโกอ่อนนุช ลิสซิ่ง จำกัด โดยพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ ให้สามารถบริหารจัดการข้อมูลเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพสะดวกรวดเร็วง่ายต่อการค้นหาและเพิ่มช่องทางในการติดต่อขอสินเชื่อผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สินเชื่อรายย่อยระดับจังหวัดภายใต้การกำกับ

สินเชื่อรายย่อยระดับจังหวัดภายใต้การกำกับ คือ สินเชื่อรายย่อยระดับจังหวัดโดยมีวงเงินรวมสินเชื่อไม่เกินห้าหมื่นบาทต่อรายและมีระยะเวลาการให้สินเชื่อตามที่ตกลงกันและกำหนดดอกเบี้ย อัตรารวมสูงสุดของดอกเบี้ย ค่าปรับ ค่าบริการ และค่าธรรมเนียมใดๆไม่เกินร้อยละสามสิบหกต่อปี

2.2 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

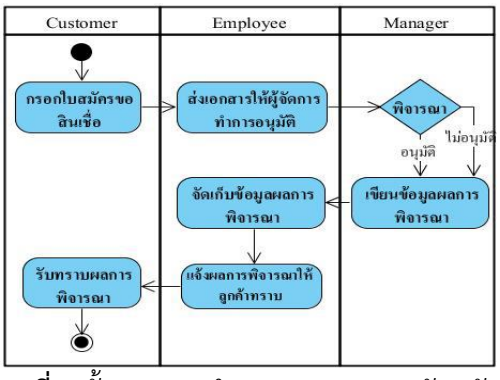
วิธีการสร้างระบบควรให้ความมีความยืดหยุ่นและสามารถปรับปรุงให้ระบบรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านความต้องการทางธุรกิจและสังคม แต่ในเรื่องของระบบให้กู้ยืมเงินของธนาคารนั้นยากที่จะวิเคราะห์และออกแบบระบบ ดังนั้นจึงต้องอาศัยแบบจำลองทางธุรกิจ (Business Modeling) และแผนภาพยูเอ็มแอลมาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ[1] ให้ตรงตามความต้องการและสามารถให้เทคโนโลยีเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานมากขึ้น เช่นเรื่องการขอสินเชื่อผ่านทางออนไลน์ของบริษัทหรือองค์กรได้มีการพัฒนาระบบขอสินเชื่อออนไลน์ โดยทำการจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลทำให้การเก็บข้อมูลเป็นระเบียบง่ายต่อการสืบค้นและสามารถขอสินเชื่อได้ทุกที่ทุกเวลา[2][3][4] โดยความต้องการของระบบนั้นขึ้นอยู่กับมุมมองของผู้ใช้ที่แตกต่างกันไปแต่งานวิจัยนี้นำเสนอมุมมองของผู้ใช้ระบบการกู้ยืมเงินจะต้องมีฟังก์ชั่นดังนี้ ยกตัวอย่างเช่นผู้ใช้สามารถทำการสมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้ระบบ สามารถสร้างรายงานประจำวันหรือรายเดือนเพื่อติดตามกิจกรรมการทำธุรกรรมของตนเองได้ตลอด24ชั่วโมงทำให้การพัฒนาระบบจัดการการเงินส่วนบุคคลเข้ามาช่วยให้การทำงานของทั้งผู้พัฒนาและผู้ใช้ระบบง่ายและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น[5]อีกทั้งผู้วิจัยต้องการแก้ไขปัญหาในการจัดการกับเอกสารของลูกค้าในการขอสินเชื่อจึงได้ศึกษาแนวคิดการ

จัดการเอกสารของระบบจัดการเอกสารภายในองค์กร ระบบสามารถจัดการเอกสารภายในองค์กรได้ เช่น เพิ่มเอกสาร แก้ไขเอกสาร ลบเอกสาร ค้นหาเอกสาร ดาวน์โหลดเอกสาร โดยระบบนี้สามารถลดเวลาในการค้นหาเอกสารและลดขั้นตอนการทำงานของแผนกจัดการเอกสาร[6] ในส่วนของการอนุมัติสินเชื่อนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของระบบอนุมัติทำงานล่วงเวลาแบบออนไลน์ที่ระบบสามารถติดตามและตรวจสอบสถานะการขออนุมัติผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งทำให้เพิ่มความรวดเร็วโดยที่พนักงานไม่จำเป็นต้องนำเอกสารขออนุมัติทำงานล่วงเวลาไปให้หัวหน้าแผนกอนุมัติและส่งเอกสารต่อไปยังฝ่ายบุคคล[7]และการออกรายงานให้กับผู้บริหารนั้นได้ศึกษาแนวคิดของ การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดทำรายงานสุขภาพจากฐานข้อมูลกลางของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาฬสินธุ์ ได้มีการจัดทำรายงานสรุปเกี่ยวกับการปฏิบัติราชการและด้านการให้บริการสุขภาพเพื่อจัดทำรายงานนำเสนอแก่ผู้บริหาร โดยใช้คลังฐานข้อมูลกลางของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาฬสินธุ์มาแสดงบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ[8] ด้วยการนำเสนอข้อมูลต่อผู้บริหาร พบว่าผู้บริหารส่วนใหญ่ดูข้อมูลผ่านทางอุปกรณ์พกพาขนาดเล็กจึงต้องพัฒนาระบบสารสนเทศให้สามารถใช้งานได้จากอุปกรณ์ที่แตกต่างกันไปและรองรับการใช้งานบนทุกขนาดของหน้าจออุปกรณ์[9] สำหรับการทำงานของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บมี 3 ระดับ ได้แก่ระดับส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ เป็นส่วนที่ผู้ใช้ระบบได้เข้ามาใช้งานระบบ เพื่อบริหารจัดการจากนั้นข้อมูลที่ได้ทำการร้องขอจะถูกส่งไปยัง ระดับระบบการจัดการแล้วทำการส่งคำร้องต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับฐานข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับโปรแกรมประยุกต์บนเว็บจากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับฐานข้อมูลจะทำหน้าที่รับคำร้องขอและนำข้อมูลนั้นส่งกลับไปยังระดับระบบการจัดการและระดับส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เพื่อใช้งานระบบต่อไป[10]

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาปัญหาการทำงานของระบบงานปัจจุบัน

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานปัจจุบัน พบว่าการให้บริการลูกค้าสามารถทำได้ช่องทางเดียวคือ ลูกค้าต้องมาขอรับใบสมัครขอสินเชื่อ ณ ที่ทำการบริษัท และทำการกรอกข้อมูลลงในกระดาษ อีกทั้งลูกค้าต้องนำเอกสารต่างๆมาส่งให้กับพนักงานเมื่อได้รับเอกสารส่งไปให้ผู้จัดการพิจารณา แล้วผู้จัดการทำการลงข้อมูลผลการพิจารณาไว้ซึ่งการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของระบบงานปัจจุบัน

3.2 วิเคราะห์ความต้องการของระบบงานใหม่

ความต้องการหลัก (Functional Requirements)ของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อนั้น สามารถแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1) ส่วนของการสมัครสมาชิก สามารถเพิ่มแก้ไขประวัติส่วนตัวได้

2) ส่วนของการคำนวณสินเชื่อ สามารถคำนวณสินเชื่อได้

3) ส่วนของการขอสินเชื่อ สามารถสร้างใบสมัครขอสินเชื่อได้

4) ส่วนของเอกสารประกอบการพิจารณาสินเชื่อ สามารถนำส่งค้นหาและดูข้อมูลเอกสาร

5) ส่วนของการพิจารณาอนุมัติคำขอสินเชื่อ สามารถอนุมัติหรือไม่อนุมัติคำขอสินเชื่อได้

6) ส่วนของการดูผลการพิจารณาคำขอสินเชื่อ สามารถตรวจสอบผลการพิจารณาคำขอสินเชื่อ

7) ส่วนของการทำสัญญาสามารถเขียนสัญญากู้ยืมเงิน สัญญาค้ำประกัน

8) ส่วนของชำระค่างวด สามารถเพิ่มข้อมูลการรับชำระค่างวดได้

9) ส่วนของการดูข้อมูลลูกค้าที่ค้างชำระค่างวด สามารถดูลูกค้าที่ค้างชำระค่างวดเกินกำหนดได้

10) ส่วนของรายงาน สามารถดูรายงานการให้สินเชื่อรายเดือน รายงานแผนอัตราผ่อนและการรับชำระค่างวดได้

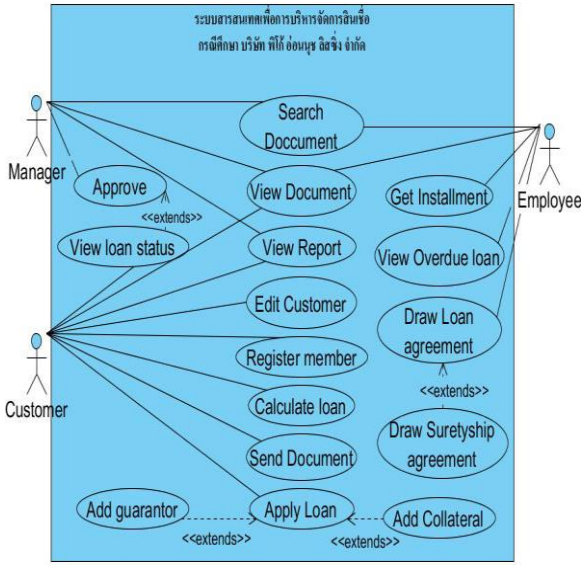
3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล

1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

แผนภาพยูสเคสอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบสารสนเทศ รวมทั้งแสดงถึงความสามารถการทำงานของระบบ

1.1) ผู้ใช้งานระบบได้แก่ ลูกค้าที่มาขอรับบริการสินเชื่อ เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานและผู้จัดการ

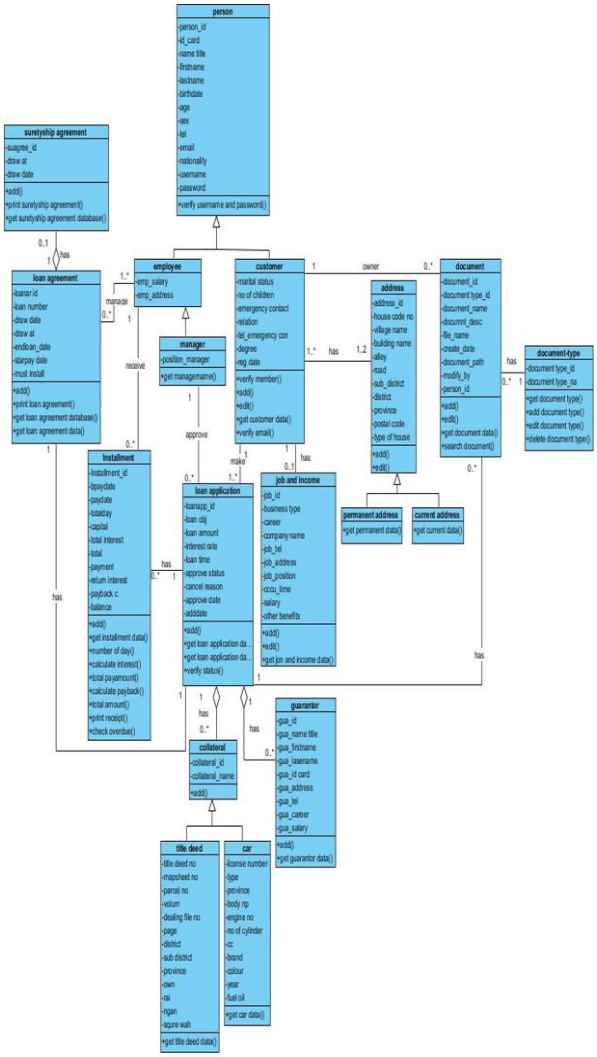
1.2) ความสามารถของระบบได้แก่ ลงทะเบียนสมัครสมาชิก แก้ไขข้อมูลส่วนตัวของลูกค้า คำนวณสินเชื่อ ขอสินเชื่อ ส่งเอกสาร ค้นหาเอกสาร ดูเอกสาร ดูผลการพิจารณาคำขอสินเชื่อ อนุมัติสินเชื่อ เขียนสัญญากู้ยืมเงิน เขียนสัญญาค้ำประกัน รับชำระค่างวด ดูลูกค้าที่ค้างชำระค่างวดเกินกำหนด ดูรายงาน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพยูสเคสของระบบ

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram)

แผนภาพคลาสของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ เป็นแผนภาพที่ใช้แสดงคลาส และความสัมพันธ์ในแง่ต่าง ๆ (Relationship)ระหว่างคลาสเหล่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3

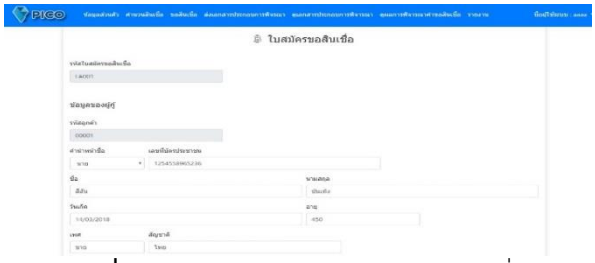


รูปที่ 3 แผนภาพคลาสของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อ

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ส่วนของการขอสินเชื่อ

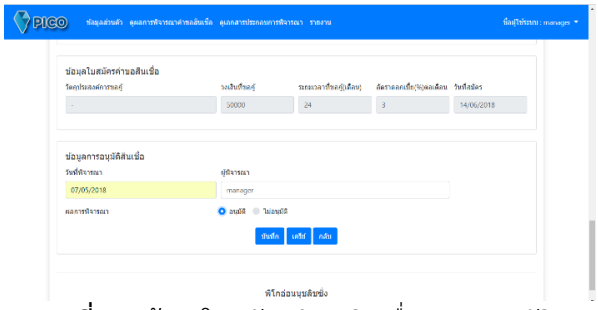
หน้าจอแสดงข้อมูลแบบฟอร์มใบสมัครขอสินเชื่อ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอแบบฟอร์มใบสมัครขอสินเชื่อ

4.2 ส่วนของการพิจารณาอนุมัติคำขอสินเชื่อ

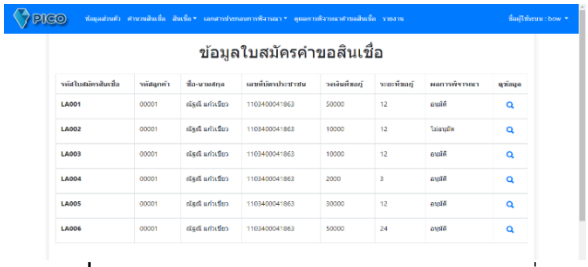
ส่วนของผู้จัดการทำการพิจารณาอนุมัติคำขอสินเชื่อดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอใบสมัครคำขอสินเชื่อรอการอนุมัติ

4.3 ส่วนของการดูผลการพิจารณาคำขอสินเชื่อ

ส่วนของลูกค้าดูผลการพิจารณาคำขอสินเชื่อ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผลการพิจารณาคำขอสินเชื่อ

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

1) ส่วนของการสมัครสมาชิกเป็นส่วนที่ลูกค้าทำสมัครสมาชิกก่อนเข้าใช้ระบบได้ตามความต้องการได้

2) ส่วนการคำนวณสินเชื่อเพื่อประกอบการตัดสินใจในการขอสินเชื่อได้

3) ส่วนของการขอสินเชื่อลูกค้าต้องทำการกรอกข้อมูลใบสมัครขอสินเชื่อได้

4) ส่วนของการนำส่งเอกสารเพื่อให้ผู้จัดการสามารถใช้เอกสารของประกอบการพิจารณาคำขอสินเชื่อได้

5) ส่วนของการพิจารณาคำขอสินเชื่อผู้จัดการสามารถอนุมัติหรือไม่อนุมัติคำขอสินเชื่อได้

6) ส่วนของการตรวจสอบดูสถานะคำขอสินเชื่อลูกค้าสามารถตรวจสอบสถานะคำขอสินเชื่อของตนเองได้

7) ส่วนของการทำสัญญาพนักงานสามารถเขียนสัญญากู้ยืมเงินหรือสัญญาค้ำประกันได้

8) ส่วนของชำระค่างวดพนักงานทำการบันทึกข้อมูลการรับชำระค่างวดของลูกค้าได้

9) ส่วนของการดูข้อมูลลูกค้าที่ค้างชำระค่างวดเกินกำหนดและจัดส่งจดหมายเตือนให้กับลูกค้าได้

10) ส่วนของรายงานผู้จัดการดูรายงานเกี่ยวกับการให้บริการสินเชื่อของบริษัทและลูกค้าดูรายงานการชำระเงินของตนซึ่งสามารถดำเนินงานได้

จากการทดสอบการใช้งานระบบในเรื่องส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้(Graphical User Interface, GUI) ผู้ใช้งานระบบได้ให้คะแนนการใช้งานยากง่ายดังนี้ ผู้ใช้ที่เป็นลูกค้าจำนวน3คนได้ให้คะแนนความยากง่ายระดับปานกลาง เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน2คนและผู้จัดการ1คนให้คะแนนการใช้งานในระดับง่าย

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดทำระบบขอสินเชื่อออนไลน์สอดคล้องกับงานวิจัยของ[2]นายหยุหพและของ[4]Nirmala, Swathi, Vishrutha, Chaitanya, Kavana ได้จัดทำระบบสารสนเทศขอสินเชื่อผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ผู้ใช้สามารถขอสินเชื่อได้ทุกที่ทุกเวลา แต่ต้องเจอกับปัญหาในการจัดเก็บข้อมูลโดยทำการการจัดการเอกสารที่อยู่ในรูปแบบของกระดาษให้อยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลซึ่งสอดคล้องกับ[3]งานวิจัยของนางสาวปฏิมาภรณ์และทำการปรับเปลี่ยนการจัดเก็บเอกสารเป็นแบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์โดยให้นำส่งเอกสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สอดคล้องกับ[6]งานวิจัยของกาลัญญู และได้เสริมในเรื่องของการอนุมัติคำขอสินเชื่อ โดยผู้บริหารสามารถอนุมัติได้ทันทีไม่จำเป็นต้องรอพนักงานส่งเอกสารสอดคล้องกับ[7]งานวิจัยของนายสามิตและได้พยายามทำสารสนเทศเพื่อให้รองรับสำหหรับผู้บริหารเช่นเดียวกันกับ[8]งานวิจัยของนายทัศน์เทพและ[9] นายเจษฎา สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาพบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์และออกแบบระบบเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการและทำให้องค์กรสามารถทำงานได้อย่างบรรลุเป้าหมายเช่นเดียวกับ[1]งานวิจัยของ ZHANG Li HAN, ZHANG Gang และ [5]งานวิจัยของ Hossain, Akter, Akhter.

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินเชื่อพบปัญหาและอุปสรรคดังนี้

1) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมความต้องการนั้นผู้ใช้งานระบบไม่มีความรู้เกี่ยวกับระบบงานคอมพิวเตอร์

2) ผู้วิจัยไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบัญชีและการคำนวณสินเชื่อจึงต้องใช้ระยะเวลาศึกษา

5.4 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบภายในอนาคตดังนี้

1) เพิ่มในส่วนของการแจ้งเตือนสถานะคำขอสินเชื่อและ แจ้งเตือนเมื่อถึงกำหนดระยะเวลาชำระค่างวด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ZHANG Li., HAN Yong-hua. And ZHANG Gang. (2011). Business Modeling of the Banking Loans System based on UML, paper presented in the International Conference on Computer Science and Network Technology 2011, Harbin, China.

[2] หยุหพล โพธิ์มะฮาด (2556). ระบบขอสินเชื่อออนไลน์ กรณีศึกษาบริษัทมันนี่เวลจำกัด, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

[3] ปฏิมาภรณ์ ฤษดี (2556). ระบบสารสนเทศด้านสินเชื่อและกิจกรรมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตปฏิรูปที่ดิน, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและพัฒนาชนบท

[4] Nirmala Ganiger, M.Swathi, K.Vishrutha, Chai tanya Gorthi and Kavana T.G. (2017). Online Loan Application and Verification for Personal Loan, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET) vol. 6(5), May 2017, pp.9706-9710.

[5] Hossain.Syed Akhter., Akter. Nasrin. and Akhter. Maria. (2013). Software Architecture of Online Personal Finance Management System, International Journal of Computer Science and Electronics Engineering, (IJCSEE) vol. 1(2), 2013, pp. 262-265.

[6] กาลัญญู เกียรติชัยนาม (2556). ระบบจัดการเอกสารภายในองค์กร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์

[7] สามิต สิงห์สุวรรณ (2557). ระบบอนุมัติทำงานล่วงเวลาแบบออนไลน์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

[8] ทัศน์เทพ ดลโสภณ (2557). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดทำรายงานสุขภาพจากฐานข้อมูลกลางของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาฬสินธุ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาศิลปศาสตร์

[9] เจษฎา สุขชาติ.(2559). การพัฒนาเว็บไซต์ที่รองรับการใช้งานบนทุกขนาดของหน้าจออุปกรณ์ สำหรับระบบบริหารยุทธศาสตร์.มหาวิทยาลัยบูรพา, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

[10] ราเชนทร์ นามวงศ์, สุภาวดี หิรัญพงศ์สิน และ ณัฏฐ์ ดิษเจริญ(2560). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อสนับสนุนการจัดการข้อเสนอโครงงานสำหรับการเรียนรู้ด้วยวิจัยเป็นฐาน, วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 18 ธันวาคม 2560 หน้า. 1-6.

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะ : กรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน)

Management Information System for Vehicle Request : A Case Study of European food Public Company Limited

ศิริลักษณ์ อู่ตะเภา[1,*], เอื้อน ปิ่นเงิน[2]

[1]เลขที่ 88 หมู่ 13 ตำบลหนองโพรง อำเภอศรีมหาโพธิ จังหวัดปราจีนบุรี รหัสไปรษณีย์ 25140

[2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

*ผู้ติดต่อ: am_utp@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 08 7022 2849

บทคัดย่อ

การศึกษาอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะให้มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการพัฒนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ โดยเปลี่ยนแปลงการเก็บรวบรวมเอกสารและข้อมูลต่างๆ ให้มาจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบ ง่ายต่อการค้นหาและเรียกใช้งาน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วยภาษายูเอ็มแอล(UML) การพัฒนาระบบจึงเป็นรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์เว็บ และสามารถทำงานผ่านสมาร์ตโฟนได้ จากการศึกษา พบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะ สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้จริง ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการขอใช้ยานพาหนะ ไม่เสียเวลารอคอยผู้อนุมัติ สะดวก สามารถใช้งานได้ทุกที่ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานตามที่ผู้ศึกษาได้คาดหวังไว้

คำหลัก *:* ระบบขอใช้ยานพาหนะ

Abstract

This independent study aims to develop an information system for the management of vehicle request systems. To increase efficiency of service, this study changes the collection of documents and information to store in the form of a database for regularity and easily to find them. This study uses UML language to represent analyze and design an object oriented system. The system is in the form of web application and it can work on a smartphone. From this study, we found that the development of the information system for management of the system to use the vehicle can respond to the user requirements. Moreover, the users have more convenience to request for using the vehicle, can use the system everywhere, and do not wait for a long time. In addition, this study also increase the efficiency of the system as expected.

Keywords: Vehicle Request System

1. บทนำ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต มีอิทธิพลกับบุคคลและองค์กรทั่วไปเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะองค์กรใหญ่ ที่เห็นความสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์หรือระบบสารสนเทศมากขึ้น ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัท เป็นอีกระบบหนึ่งที่ผู้จัดทำมองเห็นว่าจะเป็นประโยชน์กับทางบริษัทในหลายๆด้าน ซึ่งระบบการขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัทนั้น เดิมจะใช้เอกสารในการทำงานเป็นหลัก โดยมีแบบฟอร์มเพื่อเขียนรายละเอียดการขอใช้ยานพาหนะแล้วนำส่งให้หน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่ออนุมัติการขอใช้ยานพาหนะ บางกรณีอาจทำให้เอกสารสูญหาย ไม่คงสภาพระหว่างการนำส่ง

ดังนั้นจึงได้จัดทำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัทขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการให้ แก่หน่วยงานที่จะขอใช้ยานพาหนะ เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระเบียบการขอใช้ยานพาหนะของบริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน)

เพื่อให้การขอใช้ยานพาหนะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จึงเห็นสมควรให้กำหนดวิธีปฏิบัติไว้ดังต่อไปนี้

“ขอใช้ยานพาหนะ” หมายความว่า พนักงานมีความจำเป็นต้องใช้ยานพาหนะไปปฏิบัติงานให้ แก่บริษัทฯ

1. หน่วยงานและหรือพนักงานที่มีความจำเป็นต้องใช้ยานพาหนะ เพื่อให้ปฏิบัติงานให้แก่บริษัทฯ

2. หน่วยงานและหรือพนักงานกรอกรายละเอียดในแบบขอใช้ยานพาหนะ และให้หัวหน้าแผนกและหรือผู้จัดการแผนก ต้นสังกัดลงนามอนุมัติ

3. หัวหน้าแผนกธุรการ ดำเนินการจัดลำดับการใช้ยานพาหนะก่อน หลังโดยพิจารณา

- งานที่สำคัญ และเร่งด่วน
- เส้นทางการเดินทางซึ่งสามารถเดินทางร่วมกันได้
- หากจำเป็นมาก ให้ติดต่อใช้บริการยานพาหนะภายนอก

4. หัวหน้าแผนกธุรการ ดำเนินการจัดลำดับแล้วแจ้งหน่วยงานและหรือพนักงานที่ขอใช้ยานพาหนะทราบ

ทั้งนี้ให้มีผลบังคับใช้นับตั้งแต่วันที่ประกาศเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ *15* มีนาคม *2538*

2.2. งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์ได้เป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นในองค์กร ห้างร้าน รวมทั้งหน่วยงานราชการ เพราะระบบคอมพิวเตอร์ช่วยทำให้งานที่ยุ่งยากซับซ้อนทำได้เร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการทำหนังสือขอใช้ยานพาหนะยังไม่ได้นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งาน โดยยังบันทึกข้อมูลด้วยกระดาษ ทำให้ยุ่งยากในการจัดเก็บ และรักษาข้อมูลอีกทั้งยังสิ้นเปลืองทรัพยากร (นิมิต ตาน้อย เอกภูมิ อิ่มอก และกรรัก พร้อมจะบก 2559) ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบการจองยานพาหนะผ่านทางระบบออนไลน์โดยใช้ เว็บแอพพลิเคชัน เพื่อแก้ปัญหาระบบการจองยานพาหนะแทนการกรอกข้อมูลลงกระดาษ ซึ่งเป็นเหตุผลให้เกิดความไม่สะดวกทั้งผู้จองและเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ และเพื่อความเป็นระบบ และระเบียบของการจองยานพาหนะให้เป็นไปในรูปแบบที่สามารถจัดการได้อย่างง่ายขึ้น (สุภาวดี มากอ้น 2559) โดยได้ออกแบบระบบฐานข้อมูลการจอง เพื่อช่วยลดปัญหาจากการทำงานแบบเก่า และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สะดวก รวดเร็วมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ผู้จองสามารถที่จะทำการจองตามวันเวลาที่ต้องการ โดยไม่ต้องผ่านพนักงาน (ทศวรรษ ลิลาพันธิสิทธิ์ 2556)

การนำเทคโนโลยีเว็บแอพพลิเคชัน มาประยุกต์ใช้ในอินทราเน็ตขององค์กร เพื่อเป็นตัวกลางในการให้บริการแก่ผู้มาใช้บริการ โดยเทคโนโลยีนี้จะสามารถรองรับการทำงานต่างระบบปฏิบัติการ ทำให้ระบบ

สามารถทำงานร่วมกันและแลกเปลี่ยนแบ่งปันข้อมูลต่างๆ ทำให้การจองเป็นไปได้โดยสะดวกรวดเร็ว และให้บริการแก่พนักงานที่มาใช้บริการได้ทั่วถึงตลอดเวลา (พรรณยงค์ เป้าพุคา, 2555) ซึ่งการพัฒนาจะต้องอาศัยเครื่องมือทางโปรแกรมซอฟต์แวร์เป็นตัวช่วยในการออกแบบและสร้างแบบจำลองทางภาษาของระบบ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด (Joao Paulo Pedro Mendes de Sousa Saraiva, 2013)ที่เริ่มตั้งแต่การเก็บข้อมูลจากระบบเดิม ผ่านการศึกษาหรือวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบตรรกะ และลักษณะทางกายภาพ ตลอดจนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับการทำงานของระบบผ่านแผนภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน (Pearson Education, Inc., 2012) และสร้างระบบรวมเพื่อให้ครอบคลุมทุกด้านของระบบการจัดการการบริการแบบอัตโนมัติ และให้ข้อมูลที่ครบถ้วนเกี่ยวกับการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับตารางเวลา และรายละเอียดการเดินรถซึ่งวัตถุประสงค์หลักที่อยู่เบื้องหลังการพัฒนาซอฟต์แวร์นี้คือเพื่อลดความยุ่งยากในระบบการบริการ (Journal of Computer Engineering, Issue 3, 2013)

จากปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้ศึกษาได้ให้ความสนใจและจัดทำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัท กรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน) โดยระบบจะทำงานผ่านเว็บแอพพลิเคชันและโมบาย ซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วยเทคนิคยูเอ็มแอล เพื่อพัฒนาระบบของบริษัทฯ ให้ทันสมัย และสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ประหยัดค่าใช้จ่าย และลดเวลาการรอคอย ซึ่งตรงกับเป้าหมายของบริษัทฯ และทำให้ตอบสนองความต้องการได้มากยิ่งขึ้น

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาขั้นตอนการทำงานจากระบบเดิม

จากการศึกษาระบบงานเดิม ผู้ใช้ต้องกรอกเอกสาร ตามแบบฟอร์มที่กำหนด และนำเอกสารมายื่นเองที่ฝ่ายจัดยานพาหนะ ทำให้เกิดความไม่สะดวก และเนื่องด้วยมีการเก็บข้อมูลด้วยกระดาษ เมื่อมีเอกสารเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดปัญหาในการเก็บรักษาและความเรือนลางของหมึกที่เขียน ทำให้ยากต่อการทำรายงานในทุกๆ เดือน

3.2 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบงานใหม่

ความต้องการหลัก (Functional Requirement)

1) สามารถทำการขอใช้ยานพาหนะผ่านระบบได้

2) สามารถอนุมัติการขอใช้งานยานพาหนะผ่านระบบได้

3) สามารถเรียกดูรายละเอียดและสถานะการร้องขอใช้ยานพาหนะผ่านระบบได้

4) สามารถแสดงรายงานต่างๆและพิมพ์ออกมาได้

5) สิทธิ์การใช้งานทุกคนแบ่งแยกกันอย่างชัดเจน

ความต้องการเสริม(Nonfunctional Requirement)

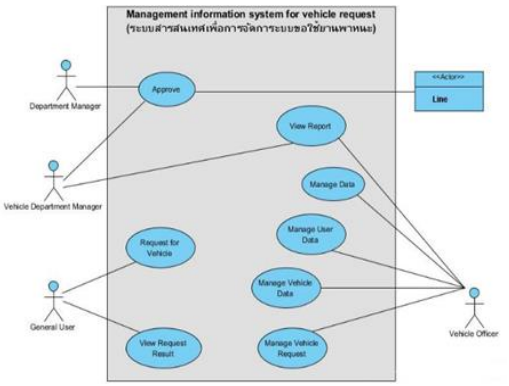
1) สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายการเช่ายานพาหนะจากหน่วยงานภายนอก

2) สามารถจัดเก็บและสืบค้นประวัติของยานพาหนะได้

3) ระบบสามารถรองรับการทำงานบนสมาร์ตโฟน

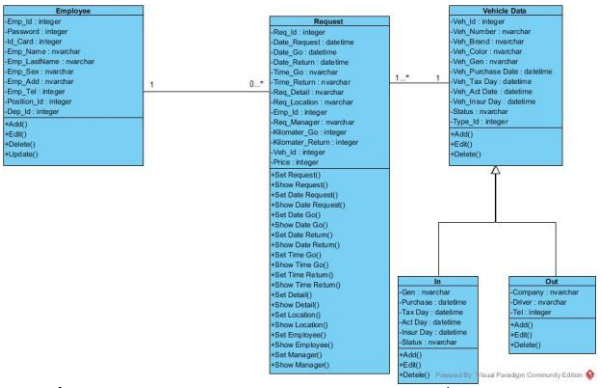
3.3 วิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วยยูเอ็มแอล

การทำงานของระบบการขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน) ซึ่งสามารถแทนความต้องการด้วย use case diagram ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะ

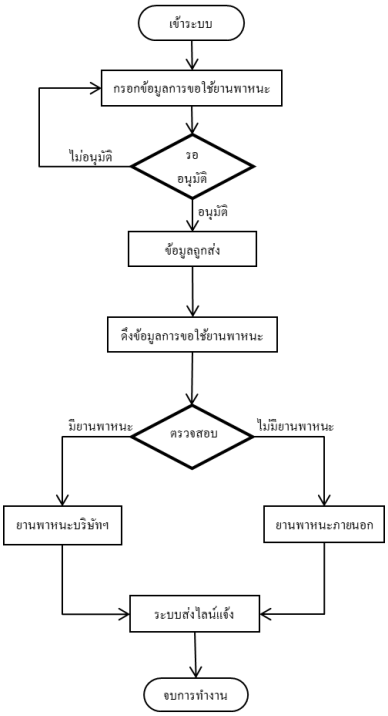
จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบสามารถจัดทำ แผนภาพคลาส ได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพคลาสระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะ

4. ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาและวิเคราะห์การออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัท กรณีศึกษาบริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ดจำกัด(มหาชน) ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน จึงได้ภาพรวมของระบบ ดังรูปที่ 3

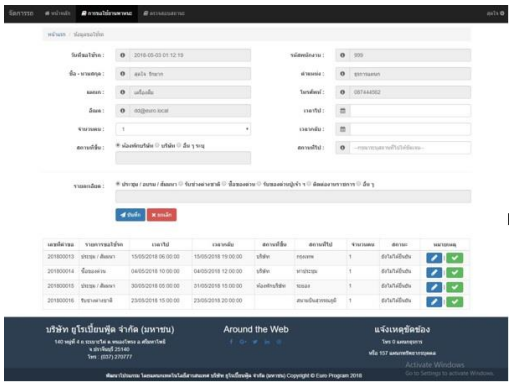


รูปที่ 3 การแสดงการทำงานของระบบ

โดยมีการพัฒนาและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 หน้าจอสำหรับให้บริการผ่านคอมพิวเตอร์

ในส่วนของการกรอกรายละเอียดและการแสดงรายละเอียดในการขอใช้ยานพาหนะ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอการขอใช้ยานพาหนะ

4.2 หน้าจอสำหรับให้บริการผ่านสมาร์ตโฟน

ส่วนของระบบสามารถรองรับการทำงานผ่านสมาร์ตโฟน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอการขอใช้ยานพาหนะ

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาค้นคว้าอิสระการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัทกรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน) จนเสร็จสิ้นแล้วนั้น ผู้ศึกษาได้ผลสรุปในการดำเนินงาน การอภิปรายผลการศึกษา ปัญหาและอุปสรรคตลอดจนข้อเสนอแนะ ที่ได้รับจากการพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นระบบที่ออกแบบเฉพาะในองค์กรการทำงาน จัดทำขึ้นเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้งานระบบ ทั้งทางตรงและทางอ้อม

5.2 อธิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาอิสระ เรื่อง ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบการขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัทกรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด(มหาชน)นั้น เป็นไปตามผลที่ได้ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยพบว่า การพัฒนาระบบการจองยานพาหนะผ่านทางระบบออนไลน์ โดยใช้แอพพลิเคชัน สามารถแก้ปัญหาการกรอกข้อมูลลงกระดาษ และมีความเป็นระบบ ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถจัดการได้อย่างง่ายขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาวดี มากอ้น (2559) ที่ได้จัดทำการพัฒนาระบบจองรถออนไลน์ เพื่อปรับปรุงระบบเดิมที่เป็นการจองโดยใช้แบบฟอร์มผ่านรูปแบบของกระดาษ เพราะระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้ามาช่วยทำให้ระบบงานที่ยุ่งยากซับซ้อนทำได้เร็ว ได้แก่ การจัดการข้อมูลผู้ใช้ การจัดการข้อมูลยานพาหนะ การจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะ และการรายงานผล โดยข้อมูลเหล่านี้จะเก็บลงฐานข้อมูล ทำให้ไม่เปลืองทรัพยากรในการจัดเก็บ โดยช่วยลดปัญหาจากการทำงานแบบเก่า และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เพื่อให้ผู้จองสามารถที่จะทำการจองตามวันเวลาที่ต้องการ โดยไม่ต้องผ่านพนักงาน ซึ่งตรงกับงานวิจัยของนิมิต ตาน้อย เอกภูมิ อิ่มอก กรรัก พร้อมจะบก (2559) และทศวรรษ ลิลาพันธิสิทธิ์ (2556) ที่พัฒนาระบบขอใช้บริการรถตู้ออนไลน์ ในแก้ปัญหาต่างๆโดยสามารถเช็คตารางจากการเดินรถจากหน้าเว็ปได้ทันที โดยระบบมีการนำเว็บแอพพลิเคชัน มาประยุกต์ใช้ในอินทราเน็ตขององค์กร เพื่อเป็นตัวกลางในการให้บริการแก่ผู้มาใช้บริการ โดยเทคโนโลยีนี้จะสามารถรองรับการทำงานต่างระบบปฏิบัติการ ทำให้ระบบสามารถทำงานร่วมกันและแลกเปลี่ยนแบ่งปันข้อมูลต่างๆ ทำให้การจองเป็นไปได้โดยสะดวกรวดเร็ว และให้บริการแก่พนักงานที่มาใช้บริการได้ทั่วถึงตลอดเวลา และตรงกับงานวิจัยของพรรณยงค์ เป้าพุคา (2555) การสร้างระบบรวมเพื่อให้ครอบคลุมทุกด้านของระบบการจัดการการบริการแบบอัตโนมัติ และให้ข้อมูลที่ครบถ้วนเกี่ยวกับการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับตารางเวลา ซึ่งตรงกับบทความของ Journal of Computer Engineering, Issue 3 (2013) ที่มีรายละเอียดการเดินรถ ซึ่งวัตถุประสงค์หลักที่อยู่เบื้องหลังการพัฒนาซอฟต์แวร์นี้ คือเพื่อลดความยุ่งยากในระบบการบริการ และการจัดทำโปรแกรมโมดูล การจัดการด้านการบำรุงรักษายานพาหนะและการคิดต้นทุนราคาค่าใช้จ่าย ซึ่งเหมาะกับการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบการขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัทกรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด(มหาชน)เป็นอย่างยิ่ง

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระและจัดทำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัท กรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน) บางครั้งระบบที่ออกแบบไว้แล้ว เมื่อนำมาใช้งานจริง อาจไม่ตรงกับความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งานระบบ หรือในกรณีที่ต้องปรับปรุงให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อาจจะเกิดปัญหาตามมาภายหลังกับระบบที่ออกแบบไว้ ซึ่งผู้ใช้งานไม่ยอมรับการใช้งานในรูปแบบระบบใหม่ เนื่องจากยังยึดติดอยู่กับระบบเดิม ทำให้การศึกษาระบบนี้เข้าถึงผู้ใช้งานที่แท้จริง

ลำบาก ทำให้ผู้ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาระบบไม่เข้าใจในระบบที่กำลังจะพัฒนาขึ้นไปด้วย จึงทำให้ล่าช้าในการที่จะพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัท กรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน)

5.4 ข้อเสนอแนะ

การจัดทำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบขอใช้ยานพาหนะภายในบริษัท กรณีศึกษา บริษัทยูโรเปี้ยนฟู้ด จำกัด (มหาชน) ควรนำไปพัฒนาและปรับปรุงเพื่อปรับเปลี่ยนให้ใช้ได้กับทุกหน่วยงาน โดยการวางแบบและโครงสร้างของระบบในรูปแบบเป็นกลาง และทำการพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทันกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลง รวมถึงความต้องการใหม่ที่สอดคล้องกับผู้ใช้งานระบบ และสิ่งจำเป็นที่ผู้ใช้งานระบบต้องมีคือควรมีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานคอมพิวเตอร์เบื้องต้น โดยทดลองจากผู้ใช้งานจริงสรุปผลได้ดังนี้



สรุปผลการประเมินความพอใจในการใช้งานระบบ จำนวน 100 คน

จากแบบสำรวจความพึงพอใจการใช้งานระบบพบว่าได้ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.73 ในความเหมาะสมของการออกแบบระบบ และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.58 ในหัวข้อการใช้ภาษาเข้าใจง่าย โดยมีเกณฑ์ การให้คะแนนดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.0 ขึ้นไป	ดีมาก
	3.0 – 3.99	ดี
	2.0 – 2.99	ปานกลาง
	1.0 – 1.99	พอใช้
	0 – 0.99	ควรปรับปรุง

พบว่าระบบมีค่าเฉลี่ย 4.0 ขึ้นในทุกหัวข้อ และสามารถสรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพในการใช้งานและตอบสนองผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุภาวดี มากอ้น และคณะผู้วิจัย, 2559, การพัฒนาระบบจองยานพาหนะออนไลน์ผ่านWeb Application ภายในวิทยาลัยรัตภูมิ, รายงานการวิจัยวิทยาลัยรัตภูมิ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

[2] นิมิต ตาน้อย, เอกภูมิ อิ่มอก และกรรัก พร้อมจะบก, 2559, การพัฒนาระบบจองยานพาหนะออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, ค้นคว้าอิสระครุศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[3] ทศวรรษ ลิลาพันธิสิทธิ์, 2556, ระบบฐานข้อมูลการจองห้องพักกึ๋อตี้ รีสอร์ท, โครงการวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[4] พรรณยงค์ เป้าพุคา, 2555, ระบบจองห้องประชุมออนไลน์ ผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ต กรณีศึกษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, โครงการวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[5] Joao Paulo Pedro Mendes de Sousa Saraiva, 2013, Development of CMS-based Web Applications with a Multi-Language Model-Driven Approach. Information Systems and Computer Engineering, Universidade. Técnica de Lisboa.

[6] Pearson Education, 2012. ATM Case Study, Part 1: Object-Oriented Design with the UML. Upper Saddle River, New Jersey.

[7] IOSR Journal of Computer Engineering, 2013 (IOSR-JCE) e-ISSN: 2278-0661, p- ISSN: 2278-8727 Volume 11, Issue 3, PP 17-21

ระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ : กรณีศึกษา กรมยุทธการทหารบก

Send - Receive Official Document Registration System.

: A Case Study at Directorate of Operations

ฐิติพร เดชสุภะพงษ์[1,*], บุญช่วย ศรีธรรมศักดิ์[2]

[1]บ้านเลขที่ 53/432 ถนนทหาร แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

E-mail : titiporn.dachsupapong@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 08 6997 7634

บทคัดย่อ

การศึกษาอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ การศึกษาในครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวมรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ปัญหา โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่รับ - ส่งประจำกอง และ เสมียน เพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบตามขั้นตอนของระเบียบวิธีพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงวัตถุโดยใช้ยูเอ็มแอล ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล และใช้ภาษาพีเอชพีเป็นเครื่องมือสำหรับจัดการฐานข้อมูลและการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ตามลำดับ จากการศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ได้ทำการทดสอบระบบและใช้แบบประเมิน จำนวน ๒๕ ชุด ในการวัดระดับความพึงพอใจระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ ผลการประเมินพบว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี สามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานทางด้านธุรการได้ดี ส่งผลให้การปฏิบัติงานสะดวก รวดเร็ว และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

คำหลัก: ระบบทะเบียนรับ-ส่ง การจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ โปรแกรมประยุกต์เว็บ การวิเคราะห์ออกแบบระบบเชิงวัตถุ ยูเอ็มแอล พีเอชพี ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

Abstract

This independent study is aimed to improve the electronic government official document, send – receive registration system, by evaluating actual users' satisfaction. In-depth interview is done for gathering the users' feedback. Clerical officers, division messengers, and clerks are selected occupations to be purposive random sampling representing the actual users. Framework analysis of this study is based on object – oriented approach, using unified modelling language (UML), MySQL, and PHP as electronic document management and programming accordingly. After the developed send – receive registration system has been experimented along with 25 users' satisfaction sheets spreading, the result reveals that the developed send – receive registration system is effective and the users' satisfaction is on good level in the aspects of convenience for operations, high speed response, and spontaneously match the users' need.

Keywords: Send - Receive Registration System Electronic document management Web Application Object-oriented Analysis and Design systems UML PHP MySQL

1. บทนำ

กรมยุทธการทหารบก เป็นส่วนบัญชาการฝ่ายเสนาธิการ มีหน้าที่วางแผน อำนวยการ ประสานงาน กำกับการและดำเนินการเกี่ยวกับงานด้านยุทธการในเรื่องการจัดเตรียมกำลัง และการใช้กำลังของกองทัพบก การดำเนินงานประวัติศาสตร์และพิพิธภัณฑ์ทหาร ตลอดจนแนะนำและกำกับดูแลเกี่ยวกับการดำเนินงานด้านยุทธการของหน่วยต่างๆ ของกองทัพบก โดยส่วนงานจะถูกแบ่งออกเป็นสำนัก ทั้งหมด 4 สำนัก ในแต่ละสำนักจะแบ่งออกเป็นกองย่อยๆ ซึ่งในการปฏิบัติภารกิจต่างๆ มีการติดต่อ ประสานการปฏิบัติกับหน่วยเกี่ยวข้อง ทั้งหน่วยงานภายในและหน่วยงานภายนอก รวมถึงส่วนราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้หนังสือราชการในการติดต่อประสานงาน ทำให้มีหนังสือรับเข้าและส่งออกอยู่เสมอ ซึ่งการรับ - ส่งหนังสือราชการ ถูกกำหนดให้มีแบบแผนการปฏิบัติและขั้นตอนต่างๆ อ้างอิงตามระเบียบ ทบ. ว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ.2555 ที่ออกรองรับระเบียบสำนักนายก รัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ.2548 ปัจจุบันทางหน่วยงานใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซลในการบันทึกการลงทะเบียนรับ - ส่งหนังสือ ซึ่งในแต่ละวันมีจำนวนหนังสือรับเข้าและส่งออกเป็นจำนวนมาก ทำให้ข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้การค้นหาข้อมูลหนังสือทำได้ยากและล่าช้า รวมถึงข้อมูลอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย และบางครั้งเอกสารเกิดการเสียหายหรือสูญหายระหว่างการดำเนินการ ทำให้เกิดความล่าช้าไม่สามารถดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้

จากการสำรวจพบว่า ปัจจุบันกรมยุทธการทหารบก มีการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ภายในสำนักงานเพื่อจัดพิมพ์เอกสาร รวมทั้งยังมีเครือข่ายภายในที่สามารถเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน และเพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า จึงสมควรนำระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการอิเล็กทรอนิกส์ เข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยระบบจะถูกออกแบบมาให้มีความใกล้เคียงกับรูปแบบการปฏิบัติงานเดิมของหน่วยงาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งระบบจะช่วยให้การจัดการข้อมูลและการจัดเก็บเอกสารเป็นระบบและเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น สามารถสืบค้นรายการหนังสือได้รวดเร็ว ช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นหรือเอกสารเกิดการสูญหายระหว่างการดำเนินการ รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่อีกด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบกองทัพบก ว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ.2555

หนังสือราชการ คือ เอกสารที่เป็นหลักฐานในราชการ ได้แก่ หนังสือที่มีไปมาระหว่างส่วนราชการ หนังสือที่ส่วนราชการมีไปถึงหน่วยงานอื่นใดซึ่งมิใช่ส่วนราชการ หรือที่มีไปถึงบุคคลภายนอก หนังสือที่หน่วยราชการอื่นใดซึ่งมิใช่ส่วนราชการ หรือที่บุคคล ภายนอกมีมาถึงส่วนราชการ ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทางราชการและทางราชการรับไว้เป็นหลักฐาน เอกสารที่ทางราชการและทางราชการรับไว้เป็นหลักฐานในราชการ เอกสารที่ทางราชการจัดทำขึ้นตามกฎหมาย ระเบียบ หรือข้อบังคับ และข้อมูลข่าวสารหรือหนังสือที่ได้รับจากระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ หนังสือภายนอก หนังสือภายใน หนังสือประทับตรา หนังสือสั่งการ หนังสือประชาสัมพันธ์ และหนังสือที่เจ้าหน้าที่จัดทำขึ้นหรือรับไว้เป็นหลักฐานในราชการ ซึ่งในการรับ - ส่งหนังสือราชการนั้นจะมีการประทับตรารับหนังสือ พร้อมลงรายละเอียด เลขที่รับ - ส่ง วันที่ เวลา รวมถึงการลงทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ อีกด้วย

2.2. งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ ซึ่งบทความที่มีความสอดคล้องและมีความใกล้เคียงกับแนวทางการพัฒนา

สามารถนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ กรมยุทธการทหารบก (ศรัญญา ส่งศรี, 2552) ได้นำระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ในการบริการบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยทักษิณ เกี่ยวกับงานสารบรรณการรับ - ส่งหนังสือ เพื่อให้สามารถรับทราบข้อมูลและเอกสารราชการได้อย่างรวดเร็วถูกต้องมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ควบคู่กับการรับส่งหนังสือแบบเดิม (ศิริรัตน์ ตรงวัฒนาวุฒิ, 2550) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบการจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำมาใช้ในการจัดการการรับ การส่ง การจัดเก็บ และการสืบค้นเอกสารภายในหน่วยงาน รวมถึงช่วยลดปัญหาเอกสารสูญหายง่ายและสิ้นเปลืองทรัพยากรกระดาษ (ผาณิต วงศ์ชารี และ ดร.มาลี กาบมาลา, 2557) ได้นำระบบการจัดการเอกสารเข้ามาช่วยในการจัดการเอกสาร ด้านการผลิต/การจัดทำ การใช้ การจัดเก็บ การค้นคืน และการทำลายเอกสาร เพื่อลดปริมาณการใช้ทรัพยากรและส่งเสริมให้เจ้าหน้าที่ภายในองค์กรสามารถเรียนรู้และปรับตัวในการใช้เทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการจัดเก็บ การสืบค้น และเอกสารสูญหายอีกด้วย ด้านการใช้เอกสารเนื่องจากเอกสารมีหลายประเภท และมีความคาบเกี่ยวกัน ต้องใช้เอกสารร่วมกัน จึงมีการกำหนดสิทธิในการเข้าใช้งานได้เฉพาะสมาชิกเท่านั้น ด้านการจัดเก็บเอกสาร มีการแยกเก็บตามภาระงานที่ต้องดำเนิน โดยให้แต่ละส่วนดำเนินการจัดเก็บเอง เพื่อความสะดวกและคล่องตัวในการบริหารจัดการเอกสารทั้งในรูปแบบกระดาษและเอกสารดิจิทัล (บุรินทร์ รุจจนพันธุ์ และ พระมหาภาณุวัฒน์ ปฏิภาณเมธี, 2558) ได้พัฒนาระบบจัดเก็บเอกสารอิเล็กทรอนิกส์สนับสนุนการประกันคุณภาพการศึกษา โดยใช้ตัวแบบทูน่าในการบูรณาการการพัฒนาระบบสารสนเทศกับการจัดการความรู้ และใช้ระบบตามตัวแบบเอ็ดดี้ เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบจัดเก็บเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (พงศ์กร จันทราช, 2559) พัฒนาระบบรับ - ส่งเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจัดทำในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์เว็บ พัฒนาด้วยภาษาพีเอชพี และจัดเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล ซึ่งระบบจะแบ่งออกเป็น ส่วนการค้นหาเอกสาร ข้อมูลผู้ใช้ระบบ และ เมนูการทำงานหลักของระบบ โดยช่วยจัดการเอกสารให้อยู่ในรูปแบบระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการสืบค้นเอกสาร การติดตาม ตรวจสอบสถานการณ์รับ - ส่งเอกสารได้ทันที และมีประสิทธิภาพ (รองศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช, 2551) ได้นำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดเก็บเอกสาร การค้นหาเอกสาร และการรักษาความปลอดภัยของเอกสารที่สำคัญขององค์กร โดยสถาปัตยกรรมที่ใช้จะเกี่ยวกับการกำหนดโครงสร้างที่แน่นอน การผสมผสาน และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการจัดการเอกสาร เพื่อนำมาช่วยในเรื่องการจัดการเอกสารภายในองค์กรให้มีประสิทธิภาพ (ปณิธาน เมฆกมล, 2551) พัฒนาระบบรับ - ส่งหนังสือราชการแบบมีระบบแจ้งเตือนหนังสือเข้า เพื่อช่วยลดขั้นตอนการประมวล ลดความผิดพลาดในการทำงาน ลดปริมาณเอกสาร และระบบการจัดเก็บเอกสารมีความปลอดภัย (จุฑามาศ ศรีครุฑ, 2556) ได้นำระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยบริหารจัดการเอกสารในเรื่องของการจัดเก็บ การค้นหา การตรวจสอบ การกำหนดสิทธิ์การใช้งานเอกสาร และการกำหนดสิทธิ์การนำเข้าเอกสาร โดยใช้รูปแบบการทำงาน ผ่านการประยุกต์ใช้งานบนวินโดวส์บนระบบอินทราเน็ตในองค์กร

นอกจากนี้ (สุทธิศักดิ์ สลักคำ, 2551) แนวคิดการนำระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในองค์กร โดยระบบการจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ต้องมีการกำหนดแผนและวางแผนกลยุทธ์โดยการวางแผนควรคำนึงถึงประโยชน์อย่างแท้จริง มีความเหมาะสมต่องานและหน่วยงาน และเป็นไปตามระเบียบข้อบังคับในการปฏิบัติงาน

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาปัญหาการทำงานของระบบงานปัจจุบัน

การศึกษาระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ กรณีศึกษา กรมยุทธการทหารบก โดยวิเคราะห์จากการสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ และการปฏิบัติงานด้วยตนเอง ซึ่งกระบวนการลงทะเบียนรับ - ส่งหนังสือนั้น มีการบันทึกข้อมูลการลงทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล ไม่มีการแนบเอกสารประการลงทะเบียน ภายหลังทำการลงทะเบียนหนังสือเรียบร้อย กรณีหนังสือรับเข้าเมื่อลงทะเบียนแล้วเจ้าหน้าที่จะเดินแจกจ่ายไปยังส่วนงานที่เกี่ยวข้องในแต่ละเรื่อง สำหรับหนังสือส่งออกเมื่อส่งทะเบียนหนังสือเรียบร้อย เจ้าหน้าที่จะแจกจ่ายให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวของต่อไป

ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน คือ ในแต่ละวันมีหนังสือที่รับเข้า และส่งออกเป็นจำนวนมาก ทำให้ข้อมูลที่ถูกบันทึกลงในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลเพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การค้นหาข้อมูลหนังสือทำได้ยากและล่าช้า รวมถึงข้อมูลอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย และบางครั้งเอกสารเกิดการเสียหายหรือสูญหายระหว่างการดำเนินการ ทำให้เกิดความล่าช้าไม่สามารถดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการลงทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ เพื่อให้สามารถบันทึกรายการรับ - ส่งหนังสือลงระบบอิเล็กทรอนิกส์แทนการบันทึกลงในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล นำเข้าแฟ้มเอกสาร สืบค้นเอกสาร นำเอกสารกับมาใช้งานใหม่ และการออกรายงาน โดยใช้หลักการจัดการฐานข้อมูล เพื่อแก้ไขปัญหาจากการทำงานในปัจจุบันและทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น

3.2 วิเคราะห์ความต้องการของระบบงานใหม่

ความต้องการหลัก (Functional Requirement) ระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือ เป็นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงานทางด้านเอกสาร เพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพต่อหน่วยงานอย่างสูงสุด นั้น สามารถดำเนินการ ดังนี้

1) ระบบสามารถเพิ่ม/แก้ไข/ลบข้อมูลการรับ - ส่งหนังสือราชการ

2) ระบบสามารถนำเข้าแฟ้มเอกสารในรูปแบบ พีดีเอฟ หรือ ด็อก ได้

3) ระบบสามารถดูรายการหนังสือราชการที่มีการโต้ตอบระหว่างหน่วยเจ้าของเรื่องกับหน่วยที่เกี่ยวข้อง

4) ระบบสามารถออกเลขที่หนังสือได้

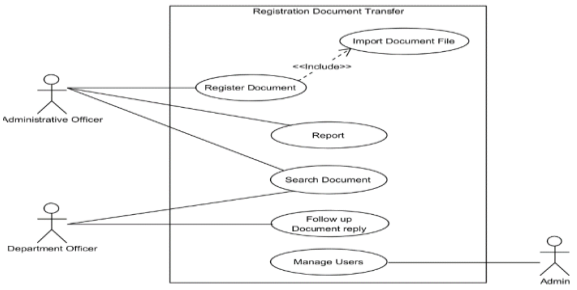
5) ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มสมาชิกและกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลได้

6) พิมพ์รายงานสรุปรายการรับ – ส่งหนังสือราชการได้

3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล

1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

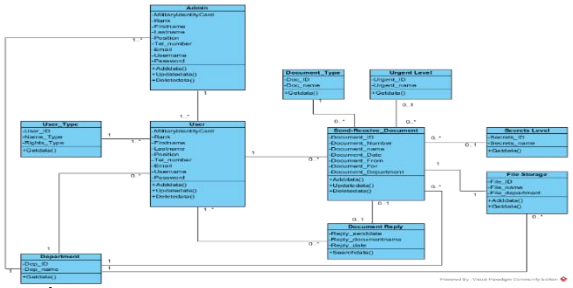
แผนภาพยูสเคส แสดงภาพรวมทั้งหมดของระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวกระทำ (Actor) จำนวน 3 ตัว ได้แก่ เจ้าหน้าที่รับ - ส่งหนังสือราชการส่วนกลาง เจ้าหน้าที่รับ - ส่งหนังสือประจำกอง และ ผู้ดูแลระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสระบบทะเบียนรับ – ส่งหนังสือราชการ

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram)

แผนภาพคลาสของระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการของ กรมยุทธการทหารบก ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพคลาสของ ระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ

4. ผลการดำเนินงาน

จากที่ได้ศึกษาและวิเคราะห์ออกแบบระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ ของกรมยุทธการทหารบก และพัฒนาระบบให้สามารถเข้าใช้งานได้ผ่านทางเว็บไซต์ซึ่งการพัฒนาสามารถตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ มีส่วนช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยในส่วนการออกแบบหน้าจอของระบบถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมานั้นมีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยมีการออกแบบหน้าจอที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบเป็นลำดับ ดังนี้

4.1 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

หน้าจอในการเข้าใช้งานระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

4.2 ส่วนเจ้าหน้าที่ส่วนกลาง

ส่วนการลงทะเบียนรับ-ส่งหนังสือ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอการลงทะเบียนรับ - ส่งหนังสือ

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการดำเนินงาน

การศึกษาอิสระระบบทะเบียนรับ-ส่งหนังสือราชการ กรณีศึกษากรมยุทธการทหารบก ผู้ศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาขึ้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานจริง โดยการรวบรวมความต้องการจากผู้ใช้งานโดยวิธีการสังเกต การปฏิบัติงานด้วยตนเอง การสัมภาษณ์และการค้นคว้าระเบียบกองทัพบกว่าด้วยงานสารบรรณ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของระบบใหม่ที่สามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน ผู้ศึกษาได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำแนวทางที่ได้มาพัฒนาระบบลงทะเบียนรับ-ส่งหนังสือราชการ ของกรมยุทธการทหารบก ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่รับ-ส่งหนังสือ เพื่อให้รับทราบข้อมูลและเอกสารราชการได้อย่างรวดเร็วถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

หลังจากพัฒนาระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ เสร็จสิ้น ได้ติดตั้งระบบให้กับผู้ใช้งานได้ทดลองใช้เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาอิสระ จำนวน ๒๕ คน จากผลการประเมินสรุปได้ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 5

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ

หัวข้อประเมิน	ระดับความพึงพอใจ (ร้อยละ)		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ระบบสารสนเทศเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน	4.3	0.47	มาก
2. รูปแบบและวิธีการนำเสนอข้อมูล	3.95	0.51	มาก
3. ระบบสารสนเทศตรงตามความต้องการ	4.10	0.31	มาก
4. ระบบใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.00	0.00	มาก
5. ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบ	4.00	0.00	มาก
รวม	4.07	0.16	มาก



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการ

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

การออกแบบและพัฒนาระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการของ กรมยุทธการทหารบก เป็นระบบที่ดำเนินการพัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยมิได้มีการพัฒนาระบบงานเก่าที่มีอยู่แล้วเพิ่มเติม มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ โดยสรุปผลการดำเนินงานและผลการประเมินได้ดังนี้

ด้านโครงสร้างและรูปแบบของระบบงาน ได้มีการออกแบบตัวเว็บไซต์ให้ออกมาสวยและสบายตา ไม่รกจนเกินไป และสามารถใช้งานได้ดีสำหรับผู้ใช้งานทุกระดับ

ด้านการใช้งาน สามารถใช้งานได้ดี มีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานเดิม ไม่มีความซับซ้อนหรือยุ่งยาก และสะดวกในการใช้งาน ลดความผิดพลาดในการทำงานจากปัญหาเดิมได้

ด้านประโยชน์ ผู้ใช้งานทุกระดับประหยัดเวลาและลดความล่าช้าในการใช้งาน การทำงานมีประสิทธิภาพ และเป็นระบบมากขึ้น รวมถึงนำรายงานที่ออกมาจากระบบมาใช้เป็นหลักฐานในการปฏิบัติงานตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมา

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาหลักของการสร้างระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการของ กรมยุทธการทหารบกนั้น ต้องพัฒนาไปพร้อมๆ กับการเขียนโปรแกรม ไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ก่อนได้ เนื่องจากยังมองไม่เห็นสิ่งที่จะเกิดขึ้นจริงกับระบบ รวมถึงขาดความชำนาญในการวิเคราะห์ และการใช้โปรแกรมอะโดบี ดรีมวีฟเวอร์ (Adobe Dreamviewer CS6) โดยเฉพาะฐานข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลบางส่วนจำเป็นที่จะต้องมีการจัดเก็บข้อมูลที่ซับซ้อนเพื่อสามารถนำเอาข้อมูลในส่วนนั้นดึงกับมาใช้อีกครั้ง การจัดเก็บข้อมูลต่างๆ จึงต้องจำเป็นจัดลงฐานข้อมูล และการทำงานของระบบจะถูกแบ่งออกเป็นหลายส่วน ในการทำงานแต่ละส่วนจะมีการทำงานคล้ายกัน อาจทำให้สับสนในการทำงานแต่ละส่วน ดังนั้นการทำงานแต่ละส่วนต้องระวังการสับสนในส่วนนั้นๆ

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการของ กรมยุทธการทหารบกนี้ ยังมีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปพัฒนาระบบเพิ่มเติมให้ระบบทะเบียนรับ - ส่งหนังสือราชการของ กรมยุทธการทหารบก มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังนี้

1) ควรมีการแจ้งเตือนในกรณีที่ใกล้ถึงวันที่ต้องดำเนินการตอบกลับหนังสือ

2) ควรมีปฏิทินในการแสดงผล เพื่อง่ายต่อก่อนดู

3) ควรติดตามขั้นตอนการดำเนินการของหนังสือได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กองการสารบรรณ กรมสารบรรณทหารบก. (2555). ระเบียบกองทัพบก ว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ.2555. กรุงเทพฯ

[2] ศรัญญา ส่งศรี. (2552). การใช้งานระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[3] ผาณิต วงศ์ชารี, และ ดร. มาลี กาบมาลา. (2557). การจัดการเอกสารสำนักงานธนารักษ์พื้นที่ขอนแก่น. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[4] บุรินทร์ รุจจนพันธุ์, และ พระมหาภาณุวัฒน์ ปฏิภาณเมธี. (2558). การพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์สนับสนุนงานประกันคุณภาพการศึกษา. ลำปาง : มหาวิทยาลัยเนชั่น, วิทยาลัยสงฆ์นครลำปาง

[5] พงศ์กร จันทราช. (2559). การพัฒนาระบบรับ - ส่งเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษาสำนักงานพระพุทธศาสนาจังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์นม

[6] รองศาสตราจารย์ ดร. วรพจน์ กรีสุระเดช. (2551). การจัดการเอกสารภายในองค์กร. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] ศิริรัตน์ ตรงวัฒนาวุฒิ (2550). การพัฒนาระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[8] ปณิธาน เมฆกมล (2551). การพัฒนาระบบรับ-ส่งหนังสือราชการแบบมีระบบแจ้งเตือนหนังสือเข้าของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. อุดรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[9] สุทธิศักดิ์ สลักคำ. (2551). แนวคิดการนำระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในองค์กร.

[10] จุฑามาศ ศรีครุฑ. (2556). ระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษากลุ่มปฏิบัติการเดินรถ 1 เขตการเดินรถที่ 2 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ : กรณีศึกษากรมทางหลวง

Network Equipment Data Management System : A case study of Department of Highways

พีระพงษ์ อาจสม[*], เอื้อน ปิ่นเงิน

[1]เลขที่ 2/486 อาคารสุขุมวิท ชั้น 2 ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง ถนนพระรามหก แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
*ผู้ติดต่อ: tonmsit10s@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 08 6994 4337

บทคัดย่อ

การศึกษาอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อความรวดเร็วในการค้นหาข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ และลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล โดยดำเนินการตามขั้นตอนของระบบวิธีการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงวัตถุด้วยยูเอ็มแอลโดยใช้ภาษาพีเอชพีเขียนโปรแกรมประยุกต์ในการพัฒนาระบบและใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอลเป็นตัวจัดการฐานข้อมูลจากการศึกษาพบว่าระบบสามารถอำนวยความสะดวกแก่เจ้าหน้าที่ในการค้นหา บันทึก ปรับปรุงข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกรมทางหลวงได้อย่างเป็นระบบตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ได้รับการประเมินความพึงพอใจต่อระบบโดยเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการใช้ระบบเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 สรุปได้ว่าผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

คำหลัก: การจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่าย, การจัดการอุปกรณ์เครือข่าย, อุปกรณ์เครือข่าย

Abstract

The purpose of this independent study was to develop an network equipment data management system. For quick search of computer network equipment data , and reduce duplication of data The study used object-oriented approach to analyze and design the system and modelled the system using UML. Application program was implemented by PHP and database was implemented using MySQL DBMS. The study was found that the system could facilitate the searching, recording, updating of the network equipment of the Department of Highways in a systematic manner as proposed. the ITC staff, The system satisfaction was assessed by network administrators and relevant staff. The average of their satisfaction was 4.41, with a standard deviation of 0.34. In conclusion, the network administrators and relevant staff were satisfied with the system.

Keywords: Network Equipment Data Management, Network Equipment Data, Network Equipment

1. บทนำ

ปัจจุบันกลุ่มบริหารคอมพิวเตอร์และเครือข่าย ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง มีหน้าที่ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกรมทางหลวง ทั้งในหน่วยงานส่วนกลาง และภูมิภาคอีกจำนวน 137 หน่วยงาน ซึ่งมีอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เนตเวิร์กสวิตช์ แอคเซสพอยต์ไร้สาย และไฟร์วอลล์ ติดตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อระบบเครือข่ายเกิดปัญหา เจ้าหน้าที่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ และจัดเตรียมแผนการแก้ไขปัญหาให้รวดเร็วที่สุด ดังนั้นเจ้าหน้าที่ต้องทราบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ของอุปกรณ์ที่คาดว่าน่าจะเกิดปัญหา เช่น หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ ตำแหน่งที่ตั้ง การตั้งค่า และรหัสผ่านของอุปกรณ์ เพื่อเข้าไปตรวจสอบการตั้งค่าและสถานะต่าง ๆ ของอุปกรณ์ได้ เดิมเจ้าหน้าที่มีทั้งการบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ไว้ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลหรือสมุดจดบันทึกส่วนตัว ทำให้การค้นหาข้อมูลอุปกรณ์เป็นไปด้วยความล่าช้า ข้อมูลมีความซ้ำซ้อนไม่สอดคล้องกัน และเมื่อเจ้าหน้าที่แก้ไขปัญหาระบบเครือข่ายจนเป็นปกติแล้ว ไม่มีการบันทึกปัญหาอุปกรณ์และวิธีการแก้ไขไว้เป็นประวัติ เมื่อมีปัญหาลักษณะเดิมเกิดขึ้นมา เจ้าหน้าที่ท่านอื่นที่มาปฏิบัติงานแก้ไขปัญหาอาจต้องเริ่มด้วยการวิเคราะห์ปัญหาใหม่ตั้งแต่ต้น ทั้งยังมีเรื่องการที่เจ้าหน้าที่มีการย้ายสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ การนำอุปกรณ์ต่อขยายเครือข่าย หรือการสำรองทดแทนไว้ในสถานที่ต่าง ๆ อาจทำให้เจ้าหน้าที่ท่านอื่นไม่ได้รับทราบข้อมูลด้วย

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษากรมทางหลวง โดยนำระบบฐานข้อมูลมาช่วยจัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์เครือข่าย และใช้เทคโนโลยีโปรแกรมประยุกต์เว็บเข้ามาช่วยในการนำเข้า และค้นหาข้อมูลอุปกรณ์เครือข่าย ทั้งในเรื่องรายละเอียดข้อมูล สถานที่ติดตั้ง รหัสผ่าน สถานะ ภาพถ่าย การตั้งค่า ประวัติการปัญหาที่เคยเกิดและวิธีการแก้ไขที่ผ่านมา เพื่อช่วยสนับสนุนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์

ในกรณีศึกษานี้ข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ หมายถึง ข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ต้องใช้ปฏิบัติงานแก้ไขปัญหา ปรับปรุง และบำรุงรักษาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกรมทางหลวง ประกอบด้วย

1) ข้อมูลอุปกรณ์ หมายถึง ข้อมูลชื่ออุปกรณ์ ยี่ห้อ รุ่น รายละเอียดคุณลักษณะ หน้าที่การทำงาน ตำแหน่งที่ติดตั้ง แหล่งที่ได้มาของอุปกรณ์ เป็นต้น

2) ข้อมูลการตั้งค่า หมายถึง ข้อมูลการตั้งค่าอุปกรณ์ที่ผู้ดูแลระบบ หรือผู้ติดตั้งอุปกรณ์ ได้ทำการตั้งค่า ปรับปรุง ที่ตัวอุปกรณ์ให้อุปกรณ์ทำงานตามต้องการ

3) ข้อมูลประวัติปัญหาของอุปกรณ์ หมายถึง ข้อมูลที่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบได้ตรวจพบปัญหาของอุปกรณ์ และทำการแก้ไขปัญหาจนสามารถใช้งานได้เป็นปกติแล้ว จึงทำการบันทึกข้อมูลไว้ เพื่อให้เจ้าหน้าผู้ดูแลระบบท่านอื่นได้สามารถรับทราบด้วย หากเกิดปัญหาลักษณะเดิมอีกก็สามารถดูข้อมูลประวัติปัญหาของอุปกรณ์เพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วขึ้นได้

2.2. งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีความสำคัญต่อองค์กรทุกองค์กรเป็นอย่างมาก ทำให้คอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊คสมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์อื่นๆ สามารถสื่อสารข้อมูลและใช้ระบบงานต่างๆขององค์กรร่วมกันได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบเครือข่าย อาจเกิดผลกระทบทำให้ระบบงานต่างๆขององค์กรไม่สามารถให้บริการได้ ทำให้องค์กรเกิดความสูญเสียในหลายด้าน ดังนั้นการแก้ไขปัญหาอุปกรณ์เครือข่ายให้สามารถกลับมาใช้งานได้เร็วที่สุดเพื่อลดผลกระทบต่างๆที่จะเกิด

ขึ้นกับองค์กร ในการปฏิบัติงานแก้ไขปัญหาระบบเครือข่ายนั้น เจ้าหน้าที่ต้องการข้อมูลของอุปกรณ์เครือข่ายที่เกิดปัญหา เพื่อที่จะสามารถรู้ตำแหน่งที่ตั้งและข้อมูลการตั้งค่าของอุปกรณ์เครือข่าย เพื่อจะได้แก้ปัญหาได้ตรงจุดและรวดเร็วที่สุด ที่ผ่านมามีการใช้เทคโนโลยี WMI (Windows Management Instrument) เพื่อเรียกแสดงรายการอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ติดตั้งอยู่ในเครื่อง ผ่านระบบเครือข่าย ทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแล (เอกชัย ภคเลิศพงศ์, 2558) มีการพัฒนาระบบการบริหารจัดการทรัพย์สินในห้องปฏิบัติการที่เกิดปัญหาเกี่ยวกับการจัดการสินทรัพย์ที่มีจำนวนมาก (TANTY OKTAVIA, RICHARD, ALBERT WONGSO, 2015) และการออกแบบอินเตอร์เฟซที่ดีในการติดต่อกับฐานข้อมูล ช่วยในการจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดต้นทุนการบำรุงรักษา มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) และฐานข้อมูล (Database) ที่สะดวกง่ายต่อการใช้งาน (Rosina Surovi Khan, 2010) การพัฒนาระบบ เพื่อการจัดการทรัพย์สินคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง ในรูปแบบเว็บแอพลิแคชั่น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพย์สินคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงในองค์กรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น (พงศธร มงคลไวย,2558) และยังสะดวกในการค้นหา แก้ไข และทำประวัติทรัพย์สินและประวัติการซ่อมแซม หรือขอครุภัณฑ์ใหม่ ตลอดจนช่วยในการวางแผนใช้งานทรัพยากรคอมพิวเตอร์อย่างคุ้มค่า (บุณยฤทธิ์ สุวรรณโสภา, 2558) และควรมีระบบสำรวจครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ที่มีความถูกต้องและรวดเร็ว สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริหารสามารถใช้ข้อมูลจากระบบเพื่อสนับสนุนแผนการดำเนินงานได้ (หรรษา พันธ์พืช, 2557) ทั้งนี้ องค์กรส่วนใหญ่ยังมีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และเครือข่ายบางส่วนที่เป็นลักษณะการเช่าใช้ด้วย จึงควรมีระบบสารสนเทศสำหรับการจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เช่าที่ใกล้หมดสัญญา (สมทูล โพธิวัฒน์, 2558) เพื่อไม่ให้เสียค่าปรับหรือทำให้การดำเนินงานหยุดชะงักระหว่างอุปกรณ์ดำเนินการสัญญาปัจจุบัน

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว จึงมีความสนใจที่จะนำแนวความคิดมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าอิสระ เพื่อจัดทำระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษากรมทางหลวง โดยนำแนวความคิดในส่วนที่เกี่ยวข้องมาปรับปรุงระบบให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริงของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์กรมทางหลวง เพื่อช่วยลดความซ้ำซ้อนของการเก็บข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ และช่วยให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่มีความสะดวกรวดเร็วขึ้น

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาของระบบงานปัจจุบัน

กระบวนการจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของเจ้าหน้าที่กลุ่มบริหารคอมพิวเตอร์และเครือข่าย ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง การจัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายยังถูกจัดเก็บในรูปแบบแฟ้มข้อมูล หรือใช้วิธีจดข้อมูลลงสมุดจดบันทึกส่วนตัว ส่วนการค้นหาข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ เจ้าหน้าที่ต้องมาเปิดแฟ้มข้อมูล หรือสมุดจดบันทึก เพื่อดูข้อมูลของอุปกรณ์ที่เกิดปัญหา เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของ รหัสผ่านของอุปกรณ์ ไอพีแอดแดรสที่สามารถรีโมทเข้าไปตรวจสอบสถานะต่างๆ หรือปรับแต่งการตั้งค่าของอุปกรณ์ ซึ่งการบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ไว้ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลหรือสมุดจดบันทึกส่วนตัว ทำให้การค้นหาข้อมูลอุปกรณ์เป็นไปด้วยความล่าช้า และบางครั้งข้อมูลที่มีอาจไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ทำให้ต้องมีการสอบถามรายละเอียดจากเจ้าหน้าที่ท่านอื่น หากไม่พบข้อมูลหรือข้อมูลไม่ถูกต้อง

3.2 การวิเคราะห์ระบบงานใหม่

ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์กรณีศึกษากรมทางหลวง จะทำการพัฒนาระบบในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์เว็บ(Web Application) และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลเป็นตัวจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อทำให้การค้นหาข้อมูลมีความสะดวกรวดเร็วขึ้น และลดความซ้ำซ้อนในการเก็บข้อมูลอุปกรณ์แบบเดิม โดยผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์และศึกษาแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากระบบงานเดิม สามารถสรุปความความต้องการหลัก (Functional Requirement) ของผู้ใช้ระบบที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

1) สามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้งานได้

2) สามารถจัดการข้อมูลสถานที่ติดตั้งได้

3) สามารถจัดการข้อมูลแหล่งที่มาได้

4) ส่วนการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ได้

5) สามารถค้นหาข้อมูลอุปกรณ์ได้

6) สามารถค้นหาข้อมูลประวัติปัญหาอุปกรณ์ได้

7) สามารถปรับปรุงปรุงข้อมูลอุปกรณ์ได้

8) สามารถจัดการประวัติปัญหาอุปกรณ์

9) สามารถจัดการรายงาน สามารถออกรายงานสรุปจำนวนอุปกรณ์แยกตาม ประเภทอุปกรณ์ สถานที่ติดตั้ง แหล่งที่มาอุปกรณ์ สถานะ ประกัน และประวัติปัญหาของอุปกรณ์ได้

3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล

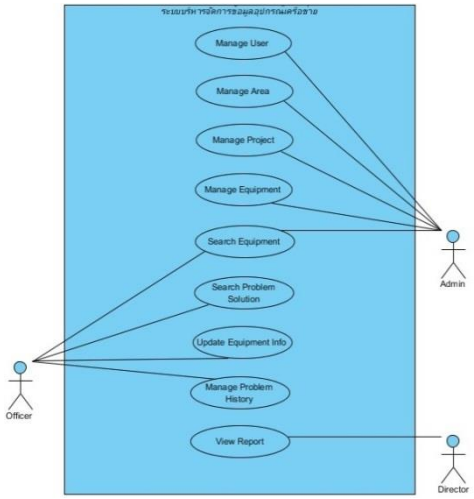
1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

แผนภาพยูสเคส เป็นแผนภาพที่จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ แบ่งผู้ใช้งานเป็น 3 ระดับ คือ

1.1) ผู้ดูแลระบบ (Admin) สามารถจัดการ เพิ่ม ลบแก้ไข ผู้ใช้งานระบบ ข้อมูลอุปกรณ์ สถานที่ติดตั้ง แหล่งที่มาอุปกรณ์ได้

1.2) เจ้าหน้าที่ (Officer) สามารถค้นหาข้อมูลอุปกรณ์ ปรับปรุงข้อมูลอุปกรณ์ บันทึกปัญหาของอุปกรณ์ได้

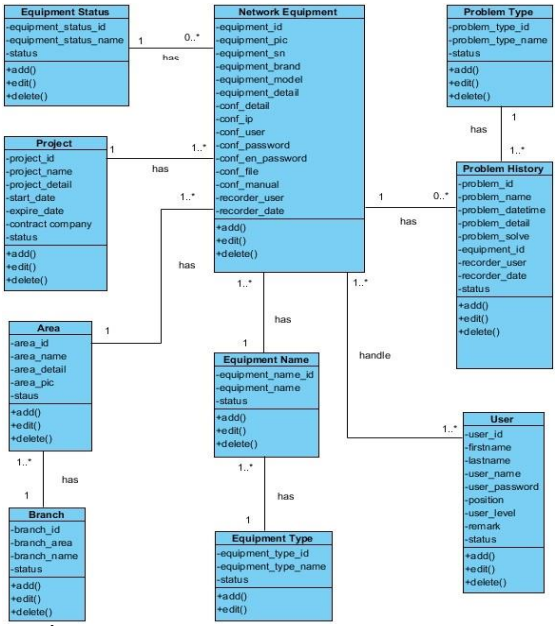
1.3) ผู้บริหาร (Director) สามารถดูรายงานสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram)

แผนภาพความสัมพันธ์ของระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพคลาสของระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์

3.4 การทดสอบและประเมินความพึงพอใจ

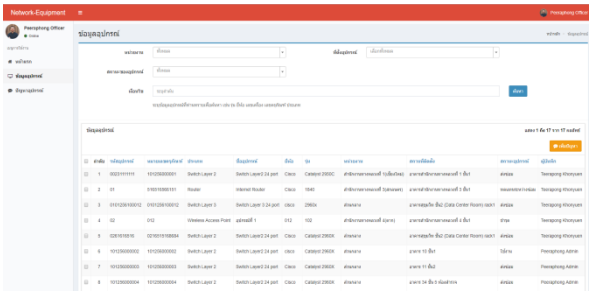
ดำเนินการโดยให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ กรมทางหลวง และผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 7 คน ทดสอบใช้งานระบบ และทำการออกแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจ

4. ผลการดำเนินงาน

จากการที่ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ กรณีศึกษากรมทางหลวง และได้ดำเนินการพัฒนาระบบในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์เว็บ(Web Application) แล้วนั้น มีผลการดำเนินงานประกอบด้วยหน้าจอต่างๆของระบบที่สำคัญดังนี้

4.1 การค้นหาข้อมูลอุปกรณ์

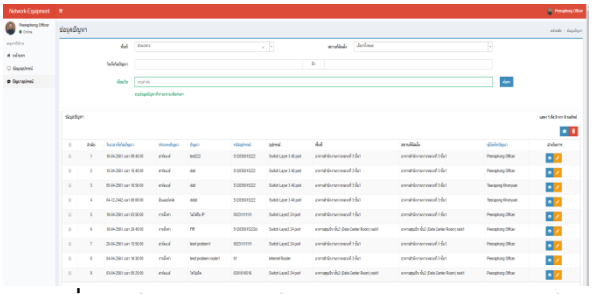
หน้าจอการค้นหาข้อมูลอุปกรณ์เป็นหน้าจอสำหรับเจ้าหน้าที่ ที่ใช้ค้นหาข้อมูลอุปกรณ์ โดยสามารถเลือกเงื่อนไขการค้นหาได้ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้าจอการค้นหาข้อมูลอุปกรณ์

4.2 การค้นหาประวัติปัญหาอุปกรณ์

หน้าจอการค้นหาข้อมูลประวัติปัญหาอุปกรณ์เป็นหน้าจอสำหรับเจ้าหน้าที่ ที่ใช้ค้นหาข้อมูลประวัติปัญหาอุปกรณ์โดยสามารถเลือกเงื่อนไขการค้นหาได้ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอการการค้นหาประวัติปัญหาอุปกรณ์

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โดยเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ กรมทางหลวง และผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 7 คน โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางผลการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

หัวข้อประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	ผล
1. ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ	4.63	0.36	ดีมาก
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.69	0.38	ดีมาก
3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.26	0.51	ดี
4. ด้านประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ	4.32	0.26	ดี
5. ด้านความปลอดภัยของระบบ	4.14	0.18	ดี
สรุปผลความพึงพอใจ	4.41	0.34	ดี

สรุปได้ว่าการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ มีผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษากรมทางหลวงนั้น เป็นไปตามผลที่ได้วิเคราะห์และออกแบบ สามารถอำนวยความสะดวกให้กับเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์เว็บ (Web Application) ได้อย่างรวดเร็วขึ้น ข้อมูลมีความถูกต้องครบถ้วน สามารถเรียกดูประวัติปัญหาอุปกรณ์เครือข่าย ช่วยให้การปฏิบัติงานวิเคราะห์แก้ไขปัญหาระบบเครือข่ายรวดเร็วขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้งานแฟ้มข้อมูลหรือสมุดจดบันทึก จากผลการประเมินความพึงพอใจทั้ง 5 ด้าน จากเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 7 คน โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 สรุปได้ว่ามีผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์กรณีศึกษากรมทางหลวงนั้น ยังมีส่วนที่เห็นควรปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม ดังนี้

1) ปรับปรุงระบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์เครือข่ายในส่วนอื่นๆเพิ่มขึ้น เช่น เครื่องแม่ข่ายที่รับฝากดูแลจากหน่วยงานต่างๆ และการลงทะเบียนอุปกรณ์เครือข่ายที่หน่วยงานต่างๆ ขออนุญาตศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อนำมาติดตั้งเพิ่มเติมเอง

2) ปรับปรุงระบบให้สามารถทำงานร่วมกับระบบงานครุภัณฑ์ของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง

3) ปรับปรุงระบบให้สามารถทำงานร่วมกับระบบรับแจ้งปัญหาคอมพิวเตอร์ของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมทางหลวง

4) เพื่อความสะดวกแก่เจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานนอกสถานที่ควรปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่เหมาะสำหรับการการใช้งานบนสมาร์ทโฟนโดยเฉพาะด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] หรรษา พันธ์พืช. (2557). ระบบตรวจสอบครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์: กรณีศึกษาสำนักนโยบาย และแผนกลาโหม วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[2] บุณยฤทธิ์ สุวรรณโสภา. (2558). ระบบบริหารครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์และเครือข่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 3 ภาคกลาง (นครปฐม), วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[3] พงศธร มงคลไวย. (2558). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการทรัพย์สินคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง: กรณีศึกษา บริษัท โอโอโกเนีย จำกัด, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[4] สมทูล โพธิวัฒน์. (2558). ระบบสารสนเทศสำหรับการจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่หมดสัญญา: กรณีศึกษาบริษัท พีทีที ไอซีที โซลูชั่นส์ จำกัด, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[5] เอกชัย ภคเลิศพงศ์. (2558). ระบบบริหารจัดการอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ Computer Inventory Management System (CIMS), วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

[6] Rosina Surovi Khan. (2010). The Asset and Maintenance Management System (AMMS) Project, Bangladesh: Ahsanullah University of Science and Technology.

[7]Tanty Oktavia, Richard, Albert Wongso. (2015). Asset Management System for Computer Aboratory, Indonesia: Bina Nusantara University.

ระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการลาออนไลน์ : กรณีศึกษาบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด

Management Information System for Online Leave : A case study at ISS Support Services Co., Ltd.

ศรัทธา ไฉนงุ้น [1,*], สาธิษฐ์ นากกระแสร์[2]

[1]เลขที่ 365/1 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุเสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

*my.taland@gmail.com เบอร์โทรศัพท์มือถือ 08 6385 6282

บทคัดย่อ

การศึกษาอิสระนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการลาออนไลน์ของบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด ให้การลาของพนักงานมีความถูกต้อง ทันสมัย สะดวก และรวดเร็ว โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วยภาษายูเอ็มแอล มีการใช้มายเอสคิวแอล และ พีเอชพี เป็นเครื่องมือสำหรับการจัดการฐานข้อมูลและการเขียนโปรแกรม ระบบแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนการจัดการใบลา ส่วนการจัดการตรวจสอบประวัติการลา ส่วนการจัดการการอนุมัติ และส่วนการจัดการผลรายงาน จากการศึกษาพบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการลาออนไลน์ดังกล่าว สามารถอำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติหน้าที่ในงานด้านการลาของบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำหลัก: การลาออนไลน์, โปรแกรมประยุกต์เว็บ, การวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ

Abstract

The purpose of this independent study was to develop an information system for leave of ISS Support Services Company Limited in order to provide modernization system, convenient method and data correction. This study used object-oriented analysis and design approach with UML. PHP and MySQL was used as tools for programming and database management; respectively. This system consists of four functions as follows: leave management, show leave history, approve management and view report. From the study, it was established that such specific developed system could facilitate the personal officer management at the office of policy and planning, ISS Support Services Company Limited in efficiency as specific requirements.

Keywords: Online leave, Web Application, Object-oriented Analysis and Design

1. บทนำ

สภาพสังคมในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตมากขึ้นทุกวัน ซึ่งเราไม่สามารถปฏิเสธความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสมัยใหม่เหล่านี้ได้ เพราะการใช้ชีวิตประจำวันทุกวันนี้มีการแข่งขันกับความเร่งรีบกับเวลา เทคโนโลยีนั้นสามารถเข้ามาช่วยลดปัญหาหรือแก้ปัญหาต่าง ๆได้เป็นอย่างมาก เทคโนโลยีเข้ามาเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารระหว่างกันให้มีความสะดวกสบาย และช่วยลดเวลาการทำงานให้มีความรวดเร็วมากขึ้น จากการดำเนินการในการทำงานของบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด ดำเนินงานด้านการรับเหมาด้านแรงงานนั้น ซึ่งมีการทำงานอยู่ประจำแต่ละหน่วยงาน จากการเติมโตของบริษัททำให้ โดยได้มีการปรับจำนวนพนักงาน ซึ่งส่งผลทำให้จำนวนพนักงานเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ทำให้งานด้านเอกสารต่าง ๆหรือการปฏิบัติงานด้านเอกสารเพิ่มตามจำนวนพนักงาน ทำให้เกิดปัญหาทางด้านการจัดเก็บเอกสาร และปัญหาทางด้านเอกสารในเรื่องการลานั้น พนักงานต้องตรวจประวัติการลา ขอเอกสารจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคลเพื่อทำการยื่นใบลา และให้ผู้จัดการเป็นฝ่ายอนุมัติ ซึ่งการอนุมัตินั้นถ้าผู้จัดการไม่อยู่ระหว่างปฏิบัติงานหรือติดภาระกิจภายนอก ทำให้เกิดความล่าช้าในการอนุมัติการลา และเกิดปัญหาของเอกสารสูญหายระหว่างการดำเนินการ ซึ่งส่งผลกระทบกับการปฏิบัติงานของฝ่ายทรัพยากรบุคคลข้อมูลด้านสวัสดิการ การจ่ายเงินเดือน เบี้ยขยันของพนักงาน นอกจากนี้พนักงานยังต้องมีการเช็คประวัติการลาของตัวเอง เพื่อที่จะทราบถึงวันลาคงเหลือในแต่ละปีว่าเหลือจำนวนเท่าไร เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาการลาประเภทต่าง ๆ ซึ่งต้องติดต่อขอข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคล ซึ่งงานด้านอื่น ๆของเจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคลมีจำนวนมาก ทำให้ในบางกรณี เกิดความล่าช้าหรือไม่สะดวกในการตรวจสอบประวัติการลาให้ จากองค์ประกอบของปัญหาการลาดังกล่าว ในการทำงานของบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด ต้องการนำเทคโนโลยีสารสนเทศด้านเครือข่ายและการสื่อสาร มาช่วยในการจัดเก็บ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความรวดเร็วในการปฏิบัติงานขององค์กร ซึ่งระบบที่ผู้พัฒนาสนใจคือ ระบบการลาออนไลน์ เพื่อลดปัญหาความล่าช้าและความผิดพลาด ของการลางานของพนักงาน ลดปัญหาการใช้กระดาษใบลา การสูญหายของเอกสาร และการตรวจสอบสถานะการลาของพนักงานได้ตลอดเวลา อันเป็นประโยชน์ต่อตัวพนักงาน เจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคลและผู้จัดการในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สิทธิตามกฎหมายแรงงาน

1) เวลาทำงานปกติ ไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวันและไม่เกิน 48 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

2) เวลาพัก ในวันที่มีการทำงานให้นายจ้างจัดให้ลูกจ้าง มีเวลาพักติดต่อกันไม่น้อยกว่าวันละ 1 ชั่วโมง ภายใน 5 ชั่วโมงแรกของการทำงาน นาย จ้างและลูกจ้างจะตกลงกันล่วงหน้าให้มีเวลาพักน้อยกว่าครั้งละ 1 ชั่วโมงก็ได้แต่ต้องไม่น้อยกว่าครั้งละ 20 นาทีและเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

3) วันหยุดประจำสัปดาห์ ต้องไม่น้อยกว่าสัปดาห์ละ 1 วัน โดยมีระยะห่างกันไม่เกิน 6 วัน ลูกจ้างมีสิทธิ์ได้รับค่าจ้างในวันหยุดประจำสัปดาห์ (ยกเว้นลูกจ้างรายวัน รายชั่วโมง หรือตามผลงานโดยคำนวณเป็นหน่วย) นายจ้างและลูกจ้างจะตกลงกันล่วงหน้า กำหนดให้มีวันหยุดประจำสัปดาห์วันใดก็ได้

4) วันหยุดตามประเพณี ต้อง ไม่น้อยกว่าปีละ 13 วัน โดยรวมวันแรงงานแห่งชาติด้วย ถ้าวันหยุด ตามประเพณีตรงกับวันหยุดประจำสัปดาห์ ให้หยุดชดเชยในวันถัดไป และลูกจ้างมีสิทธิ์ได้รับค่าจ้างในวันหยุดตามประเพณี

5) วันหยุดพักผ่อนประจำปี ลูกจ้างซึ่งทำงานติดต่อกันครบ 1 ปี มีสิทธิ์หยุดพักผ่อนประจำปีไม่น้อยกว่าปีละ 6 วันทำงาน

6) การลาป่วย ลูกจ้างลาป่วยได้เท่าที่ป่วยจริง การลาป่วยตั้งแต่ 3 วันทำงานขึ้นไป นายจ้างอาจให้ลูกจ้างแสดงใบรับรองของแพทย์แผนปัจจุบันชั้น หนึ่งหรือของสถานพยาบาลของทางราชการ วันลาเพื่อคลอดบุตรไม่ถือเป็นวันลาป่วย

7) การลากิจ ลูกจ้างมีสิทธิ์ลาเพื่อกิจธุระอันจำเป็นได้ตามข้อบังคับเกี่ยวกับการทำงาน

2.2 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ภายในองค์กรมีงานหลายส่วนที่สำคัญ หนึ่งในนั้นคืองานของฝ่ายทรัพยากรบุคคลหรือการบริหารทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งมีหน้าที่วางแผนการทำงานขององค์กรให้มีประสิทธิ์ภาพสูงสุด ซึ่งมีงานหลายส่วนที่รับผิดชอบจำนวนมากตั้งแต่การสรรหาคัดเลือกพนักงาน การอบรมพนักงาน งานด้านเอกสารและสวัสดิการด้านอื่นๆอีกจำนวนมาก และงานที่รับผิดชอบส่วนหนึ่งที่สำคัญคืองานเกี่ยวกับ การลางานของพนักงานซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับเงินเดือนพนักงาน และสวัสดิการต่างๆที่ได้รับ จากปริมาณงานที่ได้รับของฝ่ายทรัพยากรบุคคลการทำงานแต่ละประเภทต้องมีการประมวลผลอย่างรอบครอบ และหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่อาจจะเกิดความผิดพลาดของมนุษย์ ซึ่งบางครั้งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบให้กับองค์กรและพนักงานโดยตรง [1] ซึ่งในบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด ประสบปัญหาด้านการลางานโดยวิธีการเขียนใบลา ลงในเอกสารขอลางาน ซึ่งต้องไปเช็คประวัติการลาและขอรับเอกสารจากฝ่ายทรัพยากรบุคคลซึ่งในการขออนุมัติการลานั้นต้องรอผู้จัดการเซ็นต์อนุมัติการลางานก่อนทุกครั้ง การลางานจึงจะเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งทำให้เกิดความล้าช้าในการนำส่งเอกสารและข้อผิดพลาดหรือสูญหายจากการนำส่งเอกสาร เมื่อเอกสารส่งถึงฝ่ายทรัพยากรบุคคลแล้ว ฝ่ายทรัพยากรบุคคลยังต้องนำข้อมูลการลาของพนักงานมาบันทึกใส่โปรแกรมเอ็กเซล (Excel) เพื่อเก็บประวัติการลางานของพนักงานทุกครั้ง การจะทำให้การจัดด้านการลางานนั้นมีประสิทธิภาพ ผู้ศึกษาได้ศึกษางานวิจัยต่างๆ เพื่อนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับทางบริษัท [2,3] การลาแบบเดิมนั้นฝ่ายทรัพยากรบุคคลจะใช้วิธีการบันทึกข้อมูลลงไฟล์เอ็กเซลเพื่อนำข้อมูลไปสรุป และจัดทำรายงานสรุป ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ข้อมูลเกิดความซ้ำซ้อน [4] เพื่อที่จะลดปัญหาการจัดการลางานในบริษัท และเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการดำเนินงาน เพิ่มความสะดวกให้แก่พนักงานผู้ที่จะลางานและลดภาระงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคล โดยระบบจะช่วยในการสนับสนุน การตรวจสอบการลางานของพนักงาน และจัดเก็บเอกสารเข้าในระบบ การออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล ช่วยในการออกแบบระบบ [1] การพัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของฝ่ายทรัพยากรบุคคลให้ก้าวทันนวัตกรรมใหม่ๆ [2] ได้แบ่งกลุ่มผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม พนักงาน หัวหน้างาน ผู้ดูแลระบบ ซึ่งการพัฒนาระบบการลาออนไลน์มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาให้เกิดประสิทธิ์ภาพและความพึงพอใจ กับพนักงานผู้ใช้งานระบบ โดยระบบที่สนับสนุนการทำงานของฝ่ายทรัพยากรบุคคล เพื่อให้ฝ่ายทรัพยากรบุคคลสามารถ ตรวจสอบสถานะการลา ประวัติการลา การอนุมัติการลา และผู้จัดการ เพื่อตัดสินใจในการอนุมัติการลา [3] จึงเล็งเห็นว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีเว็บแอฟพลิเคชั่น (Web Application Technology) ซึ่งเป็นการใช้งานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) ด้วยโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ (Web Browser) ซึ่งทำได้ง่ายและใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูล (Database Technology) เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระเบียบเรียบร้อยมากยิ่งขึ้น ด้วยภาษาพีเอชพี (PHP) เอชทีเอ็มแอล (HTML) และจาวาสคริปต์ (JavaScript) การพัฒนาระบบการลาออนไลน์ได้ใช้หลักการทำงานการพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือวัฏจักรการพัฒนาระบบงาน (System Development

Life Cycle) โดยศึกษารวบรวมความต้องการของระบบ วิเคราะห์และออกแบบระบบ ทำการพัฒนาระบบ และทดสอบระบบ

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 วิเคราะห์ระบบปัญหาของระบบงานปัจจุบัน

จากการศึกษาขั้นตอนในการทำงานของการลางานปัจจุบันเกี่ยวกับขั้นตอนการลางาน เมื่อพนักงานประสงค์ที่ต้องการจะลางานพนักงานต้องทำการเดินมาตรวจสอบวันลาคงเหลือกับฝ่ายทรัพยากรบุคคลและพนักงานที่มีความประสงค์ในการลางานจะขอรับเอกสารใบลาเพื่อนำกลับไปเขียนใบลา เมื่อเขียนเสร็จแล้วพนักงานต้องนำใบลาส่งให้กับผู้จัดการแผนกอนุมัติการลา ซึ่งผู้จัดการจะทำการติดต่อกับทางเจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคล เพื่อตรวจสอบและพิจารณาการลาในแต่ละกรณีไป แล้วผู้จัดการจะเก็บรวบรวมใบลาเพื่อนำกลับมาส่งให้ทางเจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคลลงบันทึกประวัติการลา การดำเนินงานเกิดปัญหาความล้าช้าในการร้องขอใบลา การอนุมัติใบลา การตรวจสอบใบลา เป็นการทำงานที่ซ้ำซ้อน

3.2 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบใหม่

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการลาออนไลน์ ผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ปัญหา และทำการศึกษาหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากระบบงานเดิม

1) พนักงาน (Employees) สามารถร้องขอลางานผ่านระบบลาออนไลน์ได้ โดยกำหนดวันที่ต้องการลาผ่านระบบออนไลน์ได้ สามารถแนบเอกสารประกอบการลางานผ่านระบบออนไลน์ได้ สามารถเลือกประเภทการลางานได้ สามารถดูประวัติการลาย้อนหลังได้และสามารถเช็คสถานการณ์ลาของตัวพนักงานเองได้

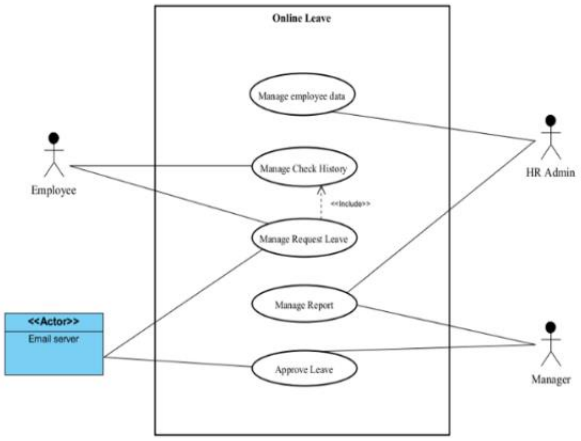
2) ผู้จัดการ (Manager) สามารถอนุมัติ การลาผ่านระบบได้ สามารถยกเลิก การลาผ่านระบบได้ สามารถตรวจดูสถานการณ์ลาของพนักงานได้ สามารถเรียกดูประวัติการลาของพนักงานเป็นรายบุคคลได้ หรือแบ่งตามแผนกได้และสามารถเรียกดูรายงานการลาต่างๆ ได้

3) เจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคล (Haman Resource) สามารถกำหนดสิทธิ สามารถเพิ่ม ประวัติ แก้ไขและลบประวัติส่วนตัวพนักงานในระบบได้ และสามารถเรียกดูประวัติการลาของพนักงานได้

การออกแบบฐานข้อมูลในการทำระบบการลาออนไลน์ในครั้งนี้เน้นการลดความซับซ้อนของฟังก์ชันที่ไม่จำเป็นและฐานข้อมูลที่สามารถนำไปในการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้านอื่นในการขยายงานต่อ

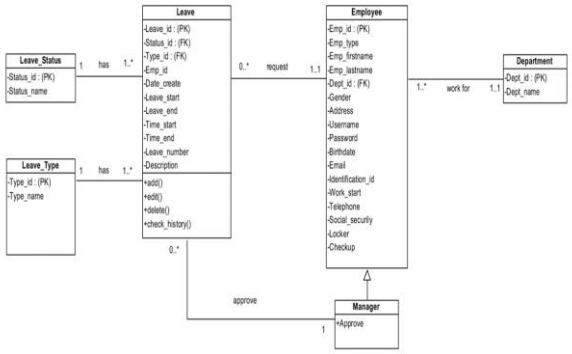
3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ยูเอ็มแอล

1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) จากการศึกษาวิเคราะห์ความต้องการของระบบสามารถจัดทำแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสระบบการลาออนไลน์

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram) แผนภาพคลาสเป็นแผนภาพที่บอกถึงความสัมพันธ์ ของแต่ละกลุ่มของคลาส ซึ่งสามารถแสดงเป็นภาพได้ดังรูปที่ 2

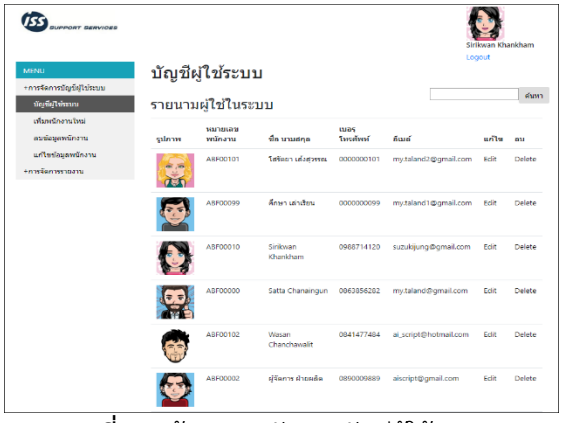


รูปที่ 2 แผนภาพคลาสระบบสารสนเทศสำหรับการลา

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 หน้าจอเจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคล

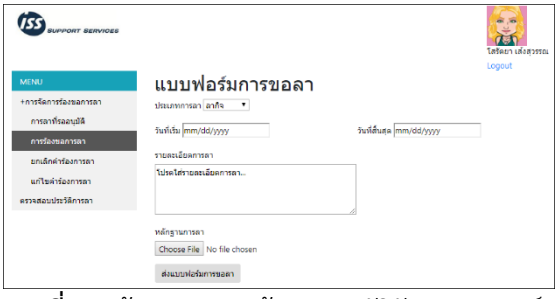
สามารถจัดการข้อมูลต่างๆของพนักงาน สามารถดูรายงานการลา เพิ่มแก้ไข หรือลบข้อมูลพนักงานโดยเลือกปุ่มหรือเมนูจากหน้าจอนี้ และสามารถกำหนดชื่อผู้ใช้งาน กำหนดรหัสผ่าน กำหนดสิทธิ์ ให้ผู้ใช้งานระบบทั้งหมด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้าจอการจัดการบัญชีผู้ใช้ระบบ

4.2 หน้าจอการจัดการร้องขอการลา

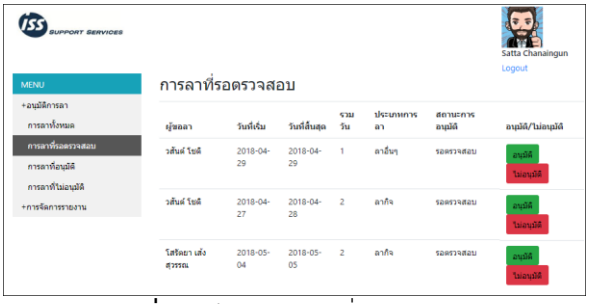
พนักงานสามารถจัดการคำร้องของการลาของพนักงาน โดยกดปุ่มการจัดการร้องขอการลา ระบบจะมีให้เลือกรายการให้เลือก การร้องขอการลา ยกเลิกคำร้องการลา และแก้ไขคำร้องการลา ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าจอการการค้นหาประวัติปัญหาอุปกรณ์

4.3 หน้าจอข้อมูลอนุมัติการลา

ระบบจะแสดงหน้าจอการลาทั้งหมด เลือกการลาที่รอตรวจสอบ ซึ่งในหน้าจอจะแสดงข้อมูลพนักงานที่ร้องขอการลามา เพื่อรออนุมัติการลา ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอการลาที่รอตรวจสอบ

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาอิสระการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการลาออนไลน์ ผลจากการพัฒนาระบบสารสนเทศการลาออนไลน์นั้น ได้ลดปัญหาความผิดพลาดของมนุษย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jesada Kittivaraporn และจากงานวิจัยของ นนิดา สร้อยดอกสน ได้แบ่งกลุ่มผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม พนักงาน หัวหน้างาน ผู้ดูแลระบบ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาระบบการลาออนไลน์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาให้เกิดประสิทธิ์ภาพและความพึงพอใจ กับพนักงานผู้ใช้งานระบบ โดยระบบที่สนับสนุนการทำงานของฝ่ายทรัพยากรบุคคล เพื่อให้ฝ่ายทรัพยากรบุคคลสามารถ ตรวจสอบสถานะการลา ประวัติการลา การอนุมัติการลา และผู้จัดการ เพื่อตัดสินใจในการอนุมัติการลา และได้มีการพัฒนาระบบ

การลาออนไลน์ ด้วยเทคโนโลยีเว็บแอฟพลิเคชั่นซึ่งเป็นการใช้งานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วยโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน และใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูล เพื่อจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น ด้วยภาษาพีเอชพี เอชทีเอ็มแอล และจาวาสคริปต์ ในการพัฒนาระบบการลาออนไลน์ได้ใช้หลักการทำงานการพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือ วัฏจักรการพัฒนาระบบงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนาภรณ์ รอดชีวิต ที่มีการพัฒนาระบบจัดการลางานออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสยาม

การประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพในระบบการลาออนไลน์ จากพนักงานผู้ร่วมประเมินจำนวน 50 คน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 ดีมาก
3.51 – 4.50 ดี
2.51 – 3.50 ปานกลาง
1.51 – 2.50 พอใช้
1.00 – 1.50 ควรปรับปรุง

ตารางที่ 1 การประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพในระบบการลาออนไลน์

คำถาม	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
ด้านการทำงานของระบบและความถูกต้อง		
1.ระบบมีความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ	4.25	ดี
2.ฟังก์ชั่นการใช้งานระบบที่ครอบคลุม	4.21	ดี
3.ความรวดเร็วการตอบสนองของระบบ	4.40	ดี
4.ระบบมีประโยชน์ต่อการใช้งานจริง	4.45	ดี
ผลค่าเฉลี่ย	4.32	ดี
ด้านการออกแบบและหน้าจอ		
1.ความสวยงามและน่าสนใจของหน้าจอระบบ	4.21	ดี
2.รูปแบบการจัดเมนูต่อการใช้งาน	4.35	ดี
3.คำอธิบายและการแจ้งเตือน	4.40	ดี
ผลค่าเฉลี่ย	4.32	ดี

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพในระบบการลาออนไลน์ ด้านการทำงานของระบบและความถูกต้องเท่ากับ 4.32 อยู่ในระดับ ดี และค่าเฉลี่ยด้านการออกแบบและหน้าจอเท่ากับ 4.32 อยู่ในระดับ ดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการลาออนไลน์ กรณีศึกษาบริษัท ไอเอสเอส ซัพพอร์ต เซอร์วิส จำกัด นั้นผู้ศึกษามีความเห็นว่าควรจะมีการพัฒนาระบบต่อไป โดยการเพิ่มการแจ้งเตือนในรูปแบบต่างๆ เช่น โปรแกรมเครือข่ายสังคม การออกรายงานที่มีมิติที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นเพื่อการประเมินผลการทำงานของพนักงาน และการเชื่อมโยงข้อมูลไปยังใบลงเวลาล่วงเวลากับการทำเงินเดือน พัฒนาให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพให้กับระบบการลาออนไลน์ได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1]Jesada Kittivaraporn, Jirat Chokdeeanan, Teerapong Yaophrukchai, Thanwadee T.Sunetnanta. (2014). HRM Portal Humman Resource Management Portal. Mahidol University, Nakonoathom, Thailand

[2] นนิดา สร้อยดอกสน, ณัฐพร สวัสดิ์นาวิน และปิยนุช ขันติศุข. (2557). การพัฒนาระบบลางานออนไลน์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ,115-126
[3] ธนาภรณ์ รอดชีวิต และสุจารี แย้มจินดา. (2560). ระบบจัดการลางานออนไลน์ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสยาม.การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยสยาม
[4] สมสุก นากสุก. (2557) การพัฒนาระบบใบลาอิเล็กทรอนิกส์.คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[5] นัทประดิษฐ์ พลอยวิเศษ. (2555). ระบบลางานออนไลน์.สารนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ระบบสารสนเทศแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

Recommendation Information System of Electrical and Electronics Tools

คมยุทธ ไชยวงษ์ *

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถ.เลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

*E-mail: Khomyuth@gmail.comข

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้ใช้งานหรือสนใจมีความรู้ความสามารถในการใช้เครื่องมือ โดยระบบจะมีการแนะนำเครื่องมือ เริ่มต้นตั้งแต่ชื่อเรียกเป็นภาษาไทย ภาษาอังกฤษ รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์นั้นซึ่งประกอบด้วยรูปภาพ วิดีโอ วิธีการใช้งาน วิธีการดูแลรักษา รวมไปถึงวิธีการซ่อมบำรุง ซึ่งจะมีการแยกเป็นหมวดหมู่ ระบบสามารถทำการค้นหาเครื่องมือ และยังมีส่วนของการบริหารจัดการข้อมูล ภาพ วิดีโอของเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การเพิ่ม การลบ การแก้ไข เป็นต้น

ผลการศึกษาของงานวิจัยโดยการให้ผู้ใช้งานจำนวน 40 คน ประเมินผลการใช้งานของระบบ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ ด้านความต้องการของผู้ใช้ (Requirement) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.34 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 อยู่ในระดับดี ด้านความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.75 อยู่ในระดับดี ด้านประสิทธิภาพของระบบ (Performance) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79 อยู่ในระดับดี ด้านความสวยงามใช้งานง่าย (Usability) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.26 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 อยู่ในระดับดี

คำหลัก: ระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, เครื่องมือ

Abstract

This research aims to design and to develop the recommended system of electric and electronics tools. Users have knowledge and ability to use the tool. The system recommend about tools which shown the name in Thai and English, the details related to the device consist of images, videos, how to use, and maintenance method. This system is classified into categories. The function of this can search and management the data of tools such as add, delete, and update.

The result of evaluated the use of the system from 40 users which consist of requirements has the average at 4.34 and the standard deviation at 0.64, accuracy has the average at 4.31 and the standard deviation at 0.75, performance has the average at 4.33 and the standard deviation at 0.79, and usability has the average at 4.26 and the standard deviation at 0.73. The overall of this system is good.

Keywords: recommended system of electric and electronics tools, tools.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมในประเทศไทยถือว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เช่น อุตสาหรรมทางการเกษตร อุตสาหกรรมเครื่องจักรกร อุตสาหกรรมรถยนต์ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น โดยเฉพาะทางอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปัจจุบันมีความก้าวหน้าอย่างมาก และเครื่องมืออุปกรณ์ถูกผลิตขึ้น เพื่อช่วยสนับสนุนการทำงานในด้านต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน ซึ่งมาจากรากฐานการประกอบชิ้นส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือสำหรับการใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือวัด เครื่องมือประกอบชิ้นส่วน และอื่น ๆ การนำเครื่องมือเหล่านี้ไปใช้งานควรจะมีการศึกษาการใช้งาน การดูแลรักษา เพื่อให้เครื่องมือมีอายุการใช้งานยาวนาน และใช้งานได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของเครื่องมือแต่ละชนิด เครื่องมือบางตัวมีราคาค่อนข้างสูง เมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการใช้งานจะเกิดการสูญเสียอย่างมาก

ด้วยทางสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ เป็นหลักสูตรที่สร้างบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถทางอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปประยุกต์เป็นนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ ให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่นและประเทศชาติให้มีความมั่นคง ซึ่งการเรียนการสอนนั้นจะต้องให้นักศึกษาได้มีทักษะความรู้ทางทฤษฎีและทางปฏิบัติเป็นอย่างดี ดังนั้นการเรียนรู้ที่ให้เกิดทักษะดังกล่าว จึงให้มีการเรียนรู้ได้อยู่ตลอดเวลา ไม่จำเป็นว่านักศึกษาต้องเรียนรู้เฉพาะในห้องเรียน หรือช่วงที่ฝึกปฏิบัติถึงจะได้เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และมีการแนะนำข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบของระบบสารสนเทศ ซึ่งได้มีการนำระบบสารสนเทศไปประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาระบบสารสนเทศสหกิจศึกษา (มนัสนันทน์ บุญปาลวงศ์:2017) ระบบสารสนเทศชุมชน เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (เผด็จ จินดา: 2010) เป็นต้น แต่ยังไม่มีการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และใช้งานของเครื่องมือ

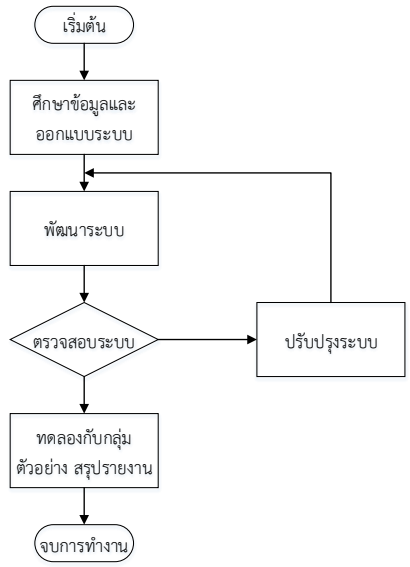
ดังนั้นผู้วิจัยทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำเครื่องมือ โดยรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์นั้นจะประกอบด้วยรูปภาพ วิดีโอ ชื่อเรียก วิธีการใช้งาน วิธีการดูแลรักษา รวมไปถึงวิธีการซ่อมบำรุง โดยจะทำการแยกเป็นหมวดหมู่ การค้นหาทำได้ง่าย และเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านภาษาและให้ได้ฝึกทักษะภาษาอังกฤษจะมีให้เลือกเป็นแบบ 2 ภาษาคือภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และมีส่วนของการบริหารจัดการข้อมูล ภาพ วิดีโอของเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การเพิ่ม การลบ การแก้ไข เป็นต้น จากนั้นทำการประเมินระบบด้วยการให้ผู้เชี่ยวชาญเครื่องมือทางเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ในด้านการใช้งาน ด้านเนื้อหา และด้านประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
2. เพื่อพัฒนาระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3. วิธีการทดลอง

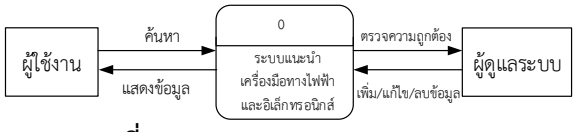
การดำเนินการพัฒนาระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ใช้งานทำงานหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต ซึ่งจะมีการส่งข้อมูลไปประมวลผลยัง Server เมื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผลเสร็จเรียบร้อยจะส่งค่ากลับมาแสดงผลหน้าจอของตัวเครื่อง ผ่านทางเว็บเบราเซอร์และแวบเบราเซอร์ ด้วยโปรแกรมพัฒนาเว็บด้วย HTML, PHP, XML, WML, JavaScript ทำงานร่วมกับฐานข้อมูล MySQL ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบของเว็บไซต์ (Web Site) ทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าไปใช้งานเพื่อในการค้นหาข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง ตามรูปที่ 1



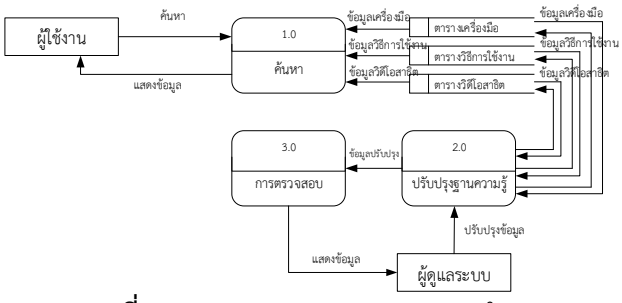
รูปที่ 1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบระบบ

การออกแบบภาพรวมของโปรแกรม สามารถอธิบายตามรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ผู้เกี่ยวข้องกับระบบมีอยู่ 2 ส่วนคือ ผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ ซึ่งหน้าที่ของผู้ใช้งาน คือ ค้นหาข้อมูล เลือกข้อมูลที่ต้องการแสดง จากนั้นระบบจะทำการค้นหาข้อมูลจากผู้ใช้ที่ทำการค้นหา และแสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ และหน้าที่ของผู้ดูแลระบบก็มีหน้าที่ในการปรับปรุงข้อมูล โดยสามารถทำการเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไป หรือทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง หรือลบข้อมูลออกจากระบบเนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวตกรุ่นแล้ว เพื่อให้ข้อมูลในฐานข้อมูลหรือฐานความรู้มีความทันสมัยและเป็นปัจจุบัน



รูปที่ 2 Context-Diagram ของระบบ



รูปที่ 3 DFD Level 1 ของระบบแนะนำ

3.2 การพัฒนาระบบ



รูปที่ 4 หน้าจอการค้นหาเครื่องมือ



รูปที่ 5 แสดงผลการค้นหาข้อมูลเครื่องมือ



รูปที่ 6 แสดงรายละเอียดของข้อมูลเครื่องมือ

4. ผลการทดลอง

กระบวนการประเมินผลความพึงพอใจมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบที่มีต่อระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 1 การประเมินระบบด้านความต้องการของผู้ใช้ (Requirement)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	4.43	0.64	ดี
2. ความสามารถของระบบในการค้นหาข้อมูล	4.05	0.55	ดี
3. ความสามารถของระบบในการแสดงผลข้อมูล	4.35	0.62	ดี
4. ความสามารถของระบบในการรายงานผลข้อมูล	4.55	0.68	ดี
สรุปรายการประเมิน	4.34	0.64	ดี

จากตารางที่ 1 ผลสรุปมีค่าเฉลี่ยโดยรวมในด้านนี้เท่ากับ 4.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 แสดงผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบด้านด้านความต้องการของผู้ใช้ (Requirement) อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 2 การประเมินระบบด้านความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม	4.25	0.63	ดี
2. ความถูกต้องของระบบในการสืบค้นข้อมูล	4.40	0.87	ดี
3. ความถูกต้องของระบบในการแสดงข้อมูล	4.28	0.75	ดี
สรุปรายการประเมิน	4.31	0.75	ดี

จากตารางที่ 2 ผลสรุปมีค่าเฉลี่ยโดยรวมในด้านนี้เท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 แสดงว่าผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบด้านความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy) อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 3 การประเมินระบบด้านความสวยงามและใช้งานง่าย (Usability)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความง่ายในการใช้ระบบงาน	4.25	0.71	ดี
2. ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	3.98	0.53	ดี
3. ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.55	0.75	ดีมาก
4. ความเหมาะสมของการใช้สีโดยภาพรวม	3.38	0.74	ปานกลาง
5. ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษรที่เลือกใช้	4.03	0.70	ดี
6. ความน่าใช้ของระบบในภาพรวม	4.40	0.81	ดี
สรุปรายการประเมิน	4.26	0.73	ดี

จากตารางที่ 3 ผลสรุปมีค่าเฉลี่ยโดยรวมในด้านนี้เท่ากับ 4.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.73 แสดงว่าผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบด้านความสวยงามและใช้งานง่าย (Usability) อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 4 การประเมินระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ (Performance)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม	4.30	0.82	ดี
2. ความเร็วในการค้นหาและนำเสนอข้อมูล	4.05	0.71	ดี
3. ความเร็วในการแสดงผลจาการเชื่อมโยง	4.45	0.71	ดี
4. ความเร็วในการติดต่อกับฐานข้อมูล	4.50	0.85	ดี
สรุปรายการประเมิน	4.33	0.79	ดี

จากตารางที่ 4 ผลสรุปมีค่าเฉลี่ยโดยรวมในด้านนี้เท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.79 แสดงว่าผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ (Performance) อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 5 ภาพรวมของการประเมิน

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านความต้องการของผู้ใช้ (Requirement)	4.34	0.64	ดี
2. ด้านความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy)	4.31	0.75	ดี
3. ด้านประสิทธิภาพของระบบ (Performance)	4.33	0.79	ดี
4. ด้านความสวยงามใช้งานง่าย (Usability)	4.26	0.73	ดี

5. สรุปผลการทดลอง

ระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือและอุปกรณ์โดยมีการนำเสนอด้วยรูปภาพ วิดีโอ ชื่อเรียก วิธีการใช้งาน วิธีการดูแลรักษา รวมไปถึงวิธีการซ่อมบำรุง โดยจะทำการแยกเป็นหมวดหมู่ สามารถที่จะทำการค้นหาเครื่องมือตามต้องการ

จากนั้นทำการทดลองการใช้งานระบบแนะนำเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผลจากที่ได้ทำการทดลองใช้งานแสดงผลลัพธ์ออกมาได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ระบบจำนวน 40 คน ประเมินผลการใช้งานของระบบ 4 ด้านคือ ด้านความต้องการของผู้ใช้ (Requirement) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.34 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 อยู่ในระดับดี ด้านความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.75 อยู่ในระดับดี ด้านประสิทธิภาพของระบบ (Performance) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79 อยู่ในระดับดี ด้านความสวยงามใช้งานง่าย (Usability) ภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.26 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 อยู่ในระดับดี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ให้ทุนวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] งามนิจ อาจอินนทร์ (2550). หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูล, ขอนแก่น: ห้างหุ้นส่วนขอนแก่นการพิมพ์ จำกัด

[2] ศรีไพร ศักดิ์รุ่งพงศากุล (2549). ระบบสารสนเทศและการจัดการความรู้, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[3] บัญชา ปะสีละเตสัง (2550). คู่มือการพัฒนาเว็บด้วย PHP5 และ MySQL5, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[4] เผด็จ จินดา (2553). ระบบสารสนเทศชุมชน เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน, *วารสารสารสนเทศ*, 28(1), หน้า 93-105.

[5] มนัสนันทน บุญปาลวงศ (2560). การพัฒนาระบบสารสนเทศสหกิจศึกษา, *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 7(2), หน้า 96-116.

ฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบจากใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่

Bioactivities of Crude Extracts from Leaves and Stem Bark of Capparis micracantha DC.

อิสระ ขันติแก้ว[1]*, สิงห์โต สกุลเขมฤทัย[1] และนิภาวรรณ พองพรหม[2]

[1] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เลขที่ 85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

*ผู้ติดต่อ: itsara@rmutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 02-5494168, เบอร์โทรสาร 02-5494119

บทคัดย่อ

ได้ทำการสกัดผงแห้งของใบชิงชี่ด้วยเฮกเซน, ไดคลอโรมีเทน และเมทานอล ตามลำดับ โดยส่วนสกัดหยาบเฮก-เซนแสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปากและฤทธิ์ต้านมะเร็งปอดด้วยค่า IC_{50} 24.12 และ 13.66 μg/ml ตามลำดับ ขณะที่ส่วนสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนแสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปากชนิด KB และฤทธิ์ต้านมะเร็งปอดชนิด NCI-H187 ด้วยค่าด้วยค่า IC_{50} 29.41 และ 47.08 μg/ml ตามลำดับ นอกจากนี้ส่วนสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนยังแสดงฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปากด้วย และได้ทำการสกัดผงแห้งของเปลือกลำต้นของชิงชี่ด้วยเฮกเซน, เอทิลอะซีเตต และเมทานอล ตามลำดับ จากการทดสอบมีเพียงส่วนสกัดหยาบเฮกเซนของเปลือกลำต้นมีฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปาก จากการศึกษาครั้งนี้พบกว่าส่วนสกัดหยาบจากใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่ไม่แสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งเต้านมชนิด MCF7

คำหลัก: ชิงชี่, ฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปาก, ฤทธ์ต้านมะเร็งปอด, ฤทธิ์ต้านมะเร็งเต้านม, ฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปาก

Abstract

Air-dired and powdered leaves of *Capparis micracantha* DC. were successively extracted with hexane, dichloromethane, and methanol. The crude hexane extract of the leaves exhibited anti-KB-oral cavity cancer and anti-NCI-H187-small cell lung cancer activities with IC_{50} values of 24.12 and 13.66 μg/ml, respectively. The crude dichloromethane extract exhibited anti-oral cavity cancer and anti-NCI-H187-small cell lung cancer activities with IC_{50} values of 29.41 and 47.08 μg/ml, respectively. In addition, the crude dichloromethane extract exhibited anti-HSV-1 activity too.Air-dried and powdered stem bark of this plant was successively extracted with hexane, ethyl acetate, and methanol. Only the crude hexane extract of the stem bark showed anti-HSV-1 activity.

Keywords: *Capparis micracantha* DC, Anti-KB-oral cavity cancer, Anti- NCI-H187-small cell lung cancer, Anti-MCF7-breast cancer, Anti-HSV-1

1. บทนำ

โรคที่เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของไทยมีหลายโรคที่จำเป็นต้องมีการค้นคว้าและพัฒนายาใหม่อยู่เรื่อย ๆ ตัวอย่างเช่น โรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตอันดับต้น ๆ ของไทยและรวมถึงประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะมีผู้เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นทุกปี การรักษาโรคมะเร็งด้วยยาเป็นวิธีการหนึ่ง ซึ่งจำเป็นที่จะต้องค้นคว้าและพัฒนายาชนิดใหม่เพื่อการรักษาที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และสมุนไพรเป็นแหล่งที่สำคัญสำหรับค้นหาสารที่มีฤทธิ์ทางยา ในปี พ.ศ. 2550 ผู้วิจัยพบว่าส่วนสกัดหยาบเฮกเซน (crude hexane extract) ของใบชิงชี่แสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งปอด [1] ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงฤทธิ์ทางชีวภาพในใบและเปลือกของลำต้นต่อโรคมะเร็งช่องปากและมะเร็งเต้านม และได้ทดสอบฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปากด้วย รวมทั้งได้ทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งปอดอีกครั้ง

ชิงชี่ (**รูปที่ 1**) มีชื่อพื้นเมืองหลายชื่อ เช่น พญาจอมปลวกและหมากหมก และมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Capparis micracantha* DC. [2] ในประเทศไทยพบชิงชี่ได้ทั่วไปในป่าดงดิบ ป่าเบญจพรรณ เขาหินปูนที่แห้งแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าละเมาะ ทุ่งหญ้า หรือภูเขาหินปูนใกล้ทะเล ความสูงระหว่างระดับน้ำทะเลปานกลาง 100-500 เมตร พบทุกภาคในประเทศไทย และยังพบได้ในต่างประเทศบางประเทศ การใช้ประโยชน์ด้านยาสมุนไพรจากส่วนต่าง ๆ ของ ชิงชี่ ได้แก่ ใช้ใบรักษาโรคผิวหนังประดง ไข้พิษฝีกาฬ ไข้สันนิบาต และตะคริว ใช้รากขับลม แก้โรคกระเพาะ เป็นยาบำรุงหลังคลอดบุตร ขับปัสสาวะ แก้ไอเนื่องจากหลอดลมอักเสบ และรักษามะเร็ง ใช้ดอกแก้โรคมะเร็ง ใช้ผลแก้โรคที่เกิดในลำคอ และใช้เนื้อไม้รักษาโรคหลอดลมอักเสบและอาการอักเสบที่เยื่อจมูก ยาชงของเนื้อไม้ใช้รักษาโรคกระเพาะ และอาการวิงเวียนศีรษะ เป็นต้น

มีรายงานการศึกษาพืชสปีชีส์อื่นในสกุล *Capparis* ซึ่งเป็นสกุลเดียวกันกับชิงชี่ โดยในปี พ.ศ. 2552 K. Umehara และคณะ [3] ได้รายงานการพบสาร capparoside A ใน *C. flavicans* และยังพบว่าสาร syringaresinol และ principin ในพืชดังกล่าวมีฤทธิ์ต้านเอสโทรเจน ในปี พ.ศ. 2502 B. Mukerji และ S.K. Gupta [4] ได้รายงานการศึกษาทดลองใช้ยาพื้นเมืองรักษาวัณโรคโดยได้ศึกษาพืชท้องถิ่นหลายชนิดและพบว่า *C. moonii* มีผลในคนไข้ประมาณ 300 คน ในปี พ.ศ. 2540 P. Yadav และคณะ [5] ได้รายงานการใช้ผงของผล *C. decidua* บำบัดโรคเบาหวานซึ่งลด alloxan ในเม็ดเลือดแดง ไตและหัวใจ ในปี พ. ศ. 2495 J.W. Cornforth และ A. Henry [6] ได้รายงานการแยก L-stachydrine จากผลของ *C. tomentosa* ในปี พ. ศ. 2508 A. Kjaer และ W. Wagnieres [7] ได้รายงานการแยก 3-methyl-3-butenylglucosinolate จากส่วนสกัดหยาบเมทานอล (crude methanol extract) ของใบแห้งของ *C. linearis* ในปี พ.ศ. 2511 M. Manzoor-I-Khuda และ N.A. Jeelani [8] ได้รายงานว่าพบสาร capparine, cappariline และ capparinine ในรากของ *C. aphylla* ในปี พ.ศ. 2513 T.R. Juneja และคณะ [9] ได้รายงานว่า ลำต้น เปลือกราก ใบ และดอกของ *C. sepiaria* ประกอบด้วยสารประเภทแอลคาลอยด์ (alkaloids), ไกลโคไซด์ (glycosides), คาร์โบไฮเดรต (carbohydrates), แอนโทไซยานิน (anthocyanins), ฟลาโวนอยด์ (flavonoids), สเตอรอล (sterols), เทอร์ปีน (terpenes) และกรดอะมิโน (amino acids) และในปี พ.ศ. 2518 K.N. Gaind และคณะ [10] ได้รายงานการแยกองค์ประกอบทางเคมีจากรากของ *C. grandis* พบสารประกอบชื่อ 4,5,6,7-tetrahydroxyldecyl isothiocyanate และสารในกลุ่ม glucosinolate

จากการตรวจสอบ ยังไม่ปรากฏรายงานการวิจัยในเชิงลึกถึงองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่ จึงน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งที่ควรทำการศึกษาในเรื่องนี้ โดยเฉพาะฤทธิ์ทางชีวภาพต่อโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ และรวมทั้งโรคอื่น ๆ ในบทความนี้เป็นการรายงานถึงการสกัดและฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบจากใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่ต่อโรคมะเร็งบางชนิดและไวรัสเริมที่ปาก



(ก) (ข)

รูปที่ 1 ลักษณะลำต้น (ก) และใบ (ข) ของชิงชี่

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบจากใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่ต่อโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ รวมถึงต่อเชื้อไวรัสเริมที่ปาก

3. วิธีการทดลอง

3.1 สารเคมีและตัวอย่างพืช

ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดเป็นเกรดทางการค้า (commercial grade) โดยกลั่นก่อนใช้ ใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่เก็บจากจังหวัดขอนแก่น

3.2 การสกัดใบชิงชี่

ผึ่งใบชิงชี่ในที่ร่มให้แห้ง ปั่นบดให้ละเอียดเป็นผง นำไปแช่ในเฮกเซนเป็นเวลา 3 คืนและเขย่าเป็นครั้งคราว แล้วกรอง ระเหยตัวทำละลายออกจากสารละลายที่กรองได้ด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายแบบลดความดัน (rotary evaporator) ได้ส่วนสกัดหยาบเฮกเซน นำกากจากการกรองไปสกัดซ้ำอีกสองครั้ง เก็บส่วนสกัดหยาบเฮกเซนจากทั้งสามครั้งรวมเข้าด้วยกัน นำกากที่เหลือจากการสกัดด้วยเฮกเซนไปสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) ด้วยวิธีเดียวกันกับการสกัดด้วยเฮกเซน ได้ส่วนสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน (crude dichloromethane extract) และนำกากที่เหลือจากการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนไปสกัดด้วยเมทานอลด้วยวิธีเดียวกันกับการสกัดด้วยเฮกเซน และได้ส่วนสกัดหยาบเมทานอลเป็นส่วนสุดท้าย

3.3 การสกัดเปลือกลำต้นของชิงชี่

ทำการสกัดแหมือนกันกับการสกัดใบชิงชี่ แต่ใช้เอทิลอะซีเตตแทนไดคลอโรมีเทน ได้ส่วนสกัดหยาบเฮกเซน, เอทิลอะซีเตต และเมทานอล

3.4 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบ

นำส่วนสกัดหยาบเฮกเซน, ไดคลอโรมีเทน และเมทานอลของใบ และส่วนสกัดหยาบเฮกเซน, เอทิลอะซีเตต และเมทานอลของเปลือกลำต้นของชิงชี่ไปทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพที่ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) ซึ่งการทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปากชนิด KB ฤทธิ์ต้านมะเร็งปอดชนิด NCI-H187 และฤทธิ์ต้านมะเร็งเต้านมชนิด MCF7 ทำโดยวิธี Resazurin microplate assay (REMA) และการทดสอบฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปากได้ทำการทดสอบต่อเชื้อไวรัส Herpes simplex type-1 โดยวิธี Green Fluorescent Protein (GFP)-based assay

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการสกัด

นำใบของชิงชี่มาผึ่งลมให้แห้ง ปั่นบดให้ละเอียดจนเป็นผง น้ำหนัก 5.53 kg จากนั้นสกัดด้วยเฮกเซน และกรอง (3 ครั้ง) นำเอาสารละลายที่กรองได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายแบบลดความดัน ได้ส่วนสกัดหยาบเฮกเซนเป็นของเหลวข้นมีสีน้ำตาลดำ น้ำหนัก 212.20 g (3.34%) ส่วนกากนำไปสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนและกรอง (สกัด 3 ครั้ง) หลังระเหยตัวทำละลายออกได้ส่วนสกัดหยาบเป็นน้ำมันหนืดสีน้ำตาลดำ

น้ำหนัก 131.91 g (2.39%) และนำกากไปสกัดด้วยเมทานอลและกรอง หลังระเหยตัวทำละลายออกได้ส่วนสกัดหยาบเป็นตะกอนหนืดสีดำ น้ำหนัก 565.80 g (10.23%) ตามลำดับ

4.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพดังแสดงใน**ตารางที่ 1** และ **2** พบว่าส่วนสกัดหยาบเฮกเซนของใบแสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปากและฤทธิ์ต้านมะเร็งปอดด้วยค่า IC_{50} 24.12 และ 13.66 μg/ml ตามลำดับ ส่วนสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนของใบแสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปากและฤทธิ์ต้านมะเร็งปอดเช่นกัน โดยมีค่า IC_{50} 29.41 และ 47.08 μg/ml ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนของใบและส่วนสกัดหยาบเฮกเซนของเปลือกลำต้นแสดงฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปากด้วย แต่ไม่มีส่วนสกัดหยาบใดจากใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่ที่แสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งเต้านม

นอกจากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งเต้านมแล้ว จากผลการทดสอบใน**ตารางที่ 1** และ **2** ยังแสดงให้เห็นว่าส่วนสกัดหยาบเมทานอลของใบ ส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซีเตตและส่วนสกัดหยาบเมทานอลของเปลือกลำต้นไม่แสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปาก มะเร็งปอดและไวรัสเริมที่ปาก และส่วนสกัดหยาบเฮกเซนของเปลือกลำต้นไม่แสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปากและมะเร็งปอดด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 1 ฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบจากใบของ *C. micracantha* DC.

Biological activities	Crude extracts of leaves		
	hexane	CH_2Cl_2	MeOH
ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งช่องปาก[a] (IC_{50}, μg/ml)	24.12	29.41	non-cytotoxic
ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด[b] (IC_{50}, μg/ml)	13.16	47.08	non-cytotoxic
ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านมของคน[c]	non-cytotoxic	non-cytotoxic	non-cytotoxic
ฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปาก[d]	inactive	active	inactive

[a]Anti-KB-oral cavity cancer, [b]Anti-NCI-H187, [c]Anti-MCF7-breast cancer, [d]Anti-HSV-1 (Herpes simplex type-1)

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนสกัดหยาบจากเปลือกลำต้นของ *C. micracantha* DC.

Biological activities	Crude extracts of stem bark		
	hexane	EtOAc	MeOH
ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งช่องปาก[a] (IC_{50}, µg/ml)	non-cytotoxic	non-cytotoxic	non-cytotoxic
ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด[b] (IC_{50}, µg/ml)	non-cytotoxic	non-cytotoxic	non-cytotoxic
ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านมของคน[c]	non-cytotoxic	non-cytotoxic	non-cytotoxic
ฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปาก[d]	active	inactive	inactive

[a]Anti-KB-oral cavity cancer, [b]Anti-NCI-H187, [c]Anti-MCF7-breast cancer, [d]Anti-HSV-1 (Herpes simplex type-1)

5. สรุปผลการทดลอง

ส่วนสกัดหยาบของใบและเปลือกลำต้นของชิงชี่แสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งช่องปาก ฤทธิ์ต้านมะเร็งปอดและฤทธิ์ต้านไวรัสเริมที่ปาก แต่ไม่มีส่วนสกัดหยาบใดที่แสดงฤทธิ์ต้านมะเร็งเต้านม อย่างไรก็ตามผลการวิจัยที่ได้มีความน่าสนใจที่ควรจะต้องศึกษาให้ละเอียดเพิ่มเติมต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Khantikaew I. and Sakulkhamaruethai S. (2007). Anti-cancer and anti-tuberculosis activity of the crude extracts from *Capparis micracantha* DC, paper presented in *the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand 2007*, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

[2] ธงชัย เปาอินทร์ และ นิวัตร เปาอินทร์ (2544). ต้นไม้ยาน่ารู้, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: ออฟเซ็ท เพรส

[3] Luecha P., Umehara K., Miyase T. and Nogushi, H. (2009). Antiestrogenic constituents of the Thai medicinal plants *Capparis flavicans* and *Vitex glabrata*. *Journal of Natural Products*, Vol. 72. pp. 1954-1959.

[4] Mukerji B. and Gupta S.K. (1959). Indigenous drugs in experimental tuberculosis, paper presented in *Chemotherapy, Proc. Symposium Lucknow*, Vol. Date 1958. pp. 90-101.

[5] Yadav P., Sarkar S. and Bhatnagar D. (1997). Lipid peroxidation and antioxidant enzymes in erythrocytes and tissues in aged diabetic rats. *Journal of Experimental Biology*, Vol. 35(4). pp. 389-392.

[6] Cornforth J.W. and Henry A.J. (1952). Isolation of L-stachydrine from the fruit of *Capparis tomentosa*. *Journal of the Chemical Society*, pp. 601-603.

[7] Kjaer A. and Wagnieres W. (1965). Isothiocyanates. LIII. 3-Methyl-3-butenylglucsion-late, a new isothiocyanate-producing thioglucoside. *Acta Chemica. Scandinavica*, Vol. 19(8). pp. 1989-1991.

[8] Manzoor-I-Khuda M. and Jeelani N.A. (1968). Chemical constituents of *Capparis aphylla*. II. Isolation of capparine, cappariline, and capparinine. *Pakistan Journal of Scienctifi and Industrial Research*, Vol. 11(3). pp. 250-252.

[9] Juneja T.R., Gaind K.N. and Dhawan C.L. (1970). *Capparis sepiaria*. *Research Bulletin of the Panjab University, Science*, Vol. 21(Pt. 1-2). pp. 23-26.

[10] Gaind K.N., Gandhi K.S., Juneja T.R., Kjaer A. and Nielsen B.J. (1975). 4,5,67-Tetrahydroxydecyl isothiocyanate derived from a glucosinolate in *Capparis grandis*. *Phytochemistry (Elsevier)*, Vol. 14(4-6). pp. 1415-1418.

ความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่เกษตรกรรม ของอำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ

Diversity of Soil Microorganisms in Agricultural Fields of Phrai Bueng District, Si Sa Ket Province

ทัย กาบบัว*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
319 ถนนไทยพันทา ตำบลโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ 33000
*ผู้ติดต่อ: t.kabbua@sskru.ac.th, 085-4597730

บทคัดย่อ

จุลินทรีย์ดินมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชเพราะจุลินทรีย์ดินเป็นตัวช่วยให้เกิดการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรของธาตุต่าง ๆ ในดิน ดังนั้นการศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินจึงใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพดินได้ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่เกษตรกรรมของตำบลปราสาทเยอ อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ โดยแบ่งพื้นที่เป็น 4 แปลง ตามลักษณะการใช้ดิน ได้แก่ แปลงที่ 1 ปลูกข้าวอย่างเดียวและใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก แปลงที่ 2 ปลูกข้าวอย่างเดียวและใช้ปุ๋ยคอกเป็นหลัก แปลงที่ 3 ปลูกข้าวร่วมกับการปลูกมันสำปะหลังและใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก และแปลงที่ 4 ปลูกข้าวร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก ผลการศึกษาพบว่า ค่า pH ของดินในแต่ละแปลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25±0.31, 6.94±0.22, 6.57±0.16 และ 6.16±0.36 ตามลำดับ โดยแปลงที่ 2 มีค่า pH แตกต่างกับแปลงที่ 1 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Heterotrophic bacteria) ในแต่ละแปลงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $7.42\pm3.32 \times 10^6$, $1.78\pm6.37 \times 10^8$, $3.02\pm0.52 \times 10^6$ และ $1.96\pm9.36 \times 10^6$ CFU/g ตามลำดับ โดยปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงที่ 2 มีความแตกต่างจากแปลงอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าปริมาณเชื้อราในแต่ละแปลงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละแปลงเท่ากับ $5.35\pm2.24 \times 10^5$, $5.40\pm1.31 \times 10^5$, $7.83\pm0.93 \times 10^5$ และ $7.86\pm13.25 \times 10^6$ CFU/g ตามลำดับ เมื่อแยกเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเบื้องต้นตามลักษณะโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ สามารถคัดแยกเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ 27 และ 62 ไอโซเลท ตามลำดับ

คำหลัก: จุลินทรีย์ดิน, ปุ๋ยคอก, ถั่วเขียว, ข้าว

Abstract

Soil microorganisms play an important role for plant growth and plant production. They support a biogeochemical cycle in soil. The biodiversity of soil microorganism may be used for indicating soil quality. The objective of this research was to investigate biodiversity of soil microorganisms in agricultural fields of Prasatyer sub-district, Phrai Bueng district, Si Sa Ket province. The rice fields were divided into 4 fields by using soil used; 1) only rice planted and chemical fertilizer used, 2) only rice planted and manure used, 3) rice and cassava planted and chemical fertilizer used, and 4) rice and green bean planted and chemical fertilizer used. The results showed that the means of soil pH were

6.25±0.31, 6.94±0.22, 6.57±0.16, and 6.16±0.36, respectively. The heterotrophic bacteria were obtained 7.42±3.32 x 10^6, 1.78±6.37 x 10^8, 3.02±0.52 x 10^6, and 1.96±9.36 x 10^6 CFU/g, respectively, and fungi were obtained 5.35±2.24 x 10^5, 5.40±1.31 x 10^5, 7.83±0.93 x 10^5 and 7.86±13.25 x 10^6 CFU/g, respectively. The results showed that there was significant difference in heterotrophic bacteria in manure used field, whereas there were no significant differences in fungi ($P<0.05$). The heterotrophic bacteria and fungi were isolated and identified by using colony morphology. There were obtained 27 and 62 isolates of heterotrophic bacteria and fungi, respectively.

Keywords: Soil microorganisms, Manure, Green bean, Rice

1. บทนำ

จุลินทรีย์ดิน (Soil microorganisms) ที่มีประโยชน์ต่อพืช แบ่งออกเป็น 5 ประเภท [1] คือ 1) จุลินทรีย์ที่เพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช 2) จุลินทรีย์ที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช 3) จุลินทรีย์ที่ควบคุมหรือยับยั้งเชื้อก่อโรคพืช 4) จุลินทรีย์ที่ส่งเสริมให้โครงสร้างของดินดีขึ้น 5) จุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้เกิดการสะสมหรือสลายตัวของสารอนินทรีย์ [2] นอกจากนี้จุลินทรีย์ดินยังมีบทบาทในการบ่งชี้คุณภาพของดิน (Soil quality) สุขภาพอนามัยของดิน (Soil health) รวมทั้งระบบนิเวศดิน (Soil ecology) ได้อีกด้วย [3, 4]

ในระบบการเกษตรของไทยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ 4 กลุ่ม คือ 1) การปรับเปลี่ยนพื้นที่การเกษตรมาเป็นพื้นที่เมือง 2) การเปลี่ยนองค์ประกอบและโครงสร้างบางส่วนของพื้นที่การเกษตร 3) การสูญเสียสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร 4) การสูญเสียโดยทั่วไปของความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในหรือระหว่างชนิดของพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ในพื้นที่เกษตร [5] ปัจจุบันการทำการเกษตรมีการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น ทำให้ความหลากหลายของจุลินทรีย์ทั้งชนิดและ ปริมาณเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามไปด้วย [6]

ปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารสำหรับพืชครบถ้วน แต่จะมีปริมาณน้อยและให้ธาตุอาหารแก่พืชช้า อย่างไรก็ตามปุ๋ยอินทรีย์สามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินมีความสามารถอุ้มน้ำ และช่วยในการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินหรือสัตว์เล็ก ๆ ในดินได้ ในขณะที่ปุ๋ยเคมีจะมีธาตุอาหารหลักของพืชอยู่มาก และปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชได้เร็ว แต่ปุ๋ยเคมีจะไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของดิน นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีบางชนิดเป็นเวลานานจะส่งผลให้ดินมีสภาพเป็นกรดอีกด้วย [7]

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่เกษตรกรรมของอำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยและการปลูกพืชเสริมที่แตกต่างกันไป โดยการคัดแยกและจำแนกชนิดเบื้องต้นของแบคทีเรียและเชื้อราในดิน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณและความหลากหลายในเบื้องต้นของจุลินทรีย์ดิน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์คุณภาพของดินและการนำจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ไปใช้ในด้านต่าง ๆ ต่อไป

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่างดินและวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

แบ่งพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 แปลง ๆ ละ 3 ไร่ ดังนี้ แปลงที่ 1 ปลูกข้าวอย่างเดียวและใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก แปลงที่ 2 ปลูกข้าวอย่างเดียวและใช้ปุ๋ยคอกเป็นหลัก แปลงที่ 3 ปลูกข้าวร่วมกับการปลูกมัน

สำปะหลังและใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก และแปลงที่ 4 ปลูกข้าวร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก ซึ่งปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยเชิงผสม (ไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม) การเก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการคัดแยกจุลินทรีย์จะเก็บหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร ใส่ในถุงพลาสติก บันทึกลักษณะของดิน พืชที่ปลูก และวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินบริเวณที่เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องวัดกรดด่าง (AMT-300, JEDTO) นำตัวอย่างดินที่เก็บได้มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดดินให้ละเอียดด้วยโกร่งและร่อนด้วยตะแกรงร่อนดิน

2.2 การเจือจางตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์

นำตัวอย่างดินที่ต้องการวิเคราะห์ 1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย phosphate buffer ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายที่มีความเจือจาง 10^{-1} จากนั้นทำการเจือจางตัวอย่างดินต่อโดยวิธี serial dilution จนได้ระดับความเจือจางถึง 10^{-6} เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียและราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy agar และ Potato Dextrose Agar ตามลำดับ

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

ปิเปตตัวอย่างดินที่ได้จากการเจือจางตัวอย่างปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ปลอดเชื้อ ทำ pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy agar (TSA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกการเจริญเติบโตและตรวจนับปริมาณโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่พบ

2.4 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อรา

ปิเปตตัวอย่างดินที่ได้จากการเจือจาง ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ปลอดเชื้อ ทำ pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บันทึกการเจริญเติบโต และตรวจนับปริมาณโคโลนีของเชื้อราที่พบ

3. ผลการวิจัย

3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตัวอย่างดิน

ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ในแปลงที่ 1 แปลงที่ 2 แปลงที่ 3 และแปลงที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25±0.31 6.94±0.22 6.57±0.16 และ 6.16±0.36 ตามลำดับ

3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Heterotrophic bacteria) จากตัวอย่างดิน ในแปลงที่ 1 แปลงที่ 2 แปลงที่ 3 และแปลงที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $7.42\pm3.32 \times 10^{6}$, $1.78\pm6.37 \times 10^{8}$, $3.02\pm0.52 \times 10^{6}$ และ $1.96\pm9.36 \times 10^{6}$ CFU/g ตามลำดับ และสามารถบันทึกลักษณะโคโลนีของเชื้อได้ทั้งสิ้น 27 ไอโซเลท ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย

ไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี
1	กลมขาวใส Circular Raised Entire
2	กลมขาวขุ่น Punctiform Raised Entire
3	กลมขาวใส Circular Raised Entire
4	กลมขาวใส Circular Raised Entire
5	กลมขาวใส Circular Raised Entire
6	กลมขาวใส Circular Raised Entire
7	กลมเหลือง ด้าน Punctiform Raised Entire
8	กลมขาวออกใส Circular Raised Entire
9	กลมเหลือง ด้าน Punctiform Raised Entire
10	กลมขาวใส Circular Raised Entire
11	กลมขาวใส Circular Raised Entire

ไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี
12	กลมเหลือง ด้าน Punctiform Raised Entire
13	กลมขาวใส Circular Raised Entire
14	กลมขาว ด้าน Circula Raised Entire
15	กลมขาวใส Circular Raised Entire
16	กลมขุ่น วาว Circular Raised Entire
17	กลมขาวใส Circular Raised Entire
18	กลมขาวใส Circular Raised Entire
19	ดอกไม้ Filmentous Raised Filmentous
20	กลมขาวใส Circular Raised Entire
21	กลมขาวขุ่น ด้าน Circular Entire Entire
22	กลมขาวใส Circular Raised Entire
23	กลมขุ่น วาว Circular Raised Entire
24	กลมขาวใส Circular Raised Entire
25	กลมขาวขุ่น ด้าน Circular Entire Entire
26	กลมขาวใส Circular Raised Entire
27	กลมขาวขุ่นด้าน ใหญ่ Circular Raised Entire

3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อรา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อรา จากตัวอย่างดิน ในแปลงที่ 1 แปลงที่ 2 แปลงที่ 3 และแปลงที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $5.35\pm2.24 \times 10^5$, $5.40\pm1.31 \times 10^5$, $7.83\pm0.93 \times 10^5$ และ $7.86\pm13.25 \times 10^6$ CFU/g ตามลำดับ และสามารถบันทึกลักษณะโคโลนีของเชื้อได้ทั้งสิ้น 62 ไอโซเลท ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา

ไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี
1	ราฟูขาว Circular Flat Entire
2	ราเส้นใยฟู Irregular Convex Undulate
3	ราสีดำ Irregular Raised Undulate
4	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform
5	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
6	ราฟูขาว Circular Flat Entire
7	ราสีดำ Irregular Raised Undulate
8	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform
9	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
10	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
11	ราสีเขียว Irregular Umbonate Lobate
12	ราฟูขาว Circular Flat Entire
13	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
14	ราสีเขียว Irregular Umbonate Lobate
15	ราฟูขาว Circular Flat Entire
16	ราเส้นใยฟู Irregular Convex Undulate
17	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform
18	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
19	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
20	ราฟูขาว Circular Flat Entire
21	ราสีดำ Irregular Raised Undulate
22	ราเส้นใยแผ่ Irregular Raised Entire
23	ราฟูขาว Circular Flat Entire

ไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี
24	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
25	ราเส้นใยแผ่ Irregular Raised Entire
26	ราฟูขาว Circular Flat Entire
27	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform
28	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
29	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
30	ราสีเขียว Irregular Umbonate Lobate
31	ราฟูขาว Circular Flat Entire
32	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
33	ราเส้นใยแผ่ Irregular Raised Entire
34	ราสีเทา Irregular Crateriform Curled
35	ราเขียวอ่อน Irregular Umbonate Curled
36	ราฟูขาว Circular Flat Entire
37	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform
38	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
39	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
40	ราเส้นใยแผ่ Irregular Raised Entire
41	ราฟูขาว Circular Flat Entire
42	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
43	ราสีเขียว Irregular Umbonate Lobate
44	ราฟูขาว Circular Flat Entire
45	ราสีดำ Irregular Raised Undulate
46	ราสีเขียว Irregular Umbonate Lobate
47	ราฟูขาว Circular Flat Entire
48	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform

ไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี
49	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
50	ราสีเขียว Irregular Umbonate Lobate
51	ราเส้นใยแผ่ Irregular Raised Entire
52	ราฟูขาว Circular Flat Entire
53	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform
54	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
55	ราสีเขียว Irregular Umbonate Lobate
56	ราฟูขาว Circular Flat Entire
57	ราสีขาวแผ่ Circular Flat Filiform
58	ราขาว มีสีแดงล้อมรอบ Circular Flat Entire
59	ราสปอร์เขียว Irregular Flat Filiform
60	ราเส้นใยฟู Irregular Convex Undulate
61	ราสีดำ Irregular Raised Undulate
62	ราฟูขาว Circular Flat Entire

4. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

สภาพพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเก็บตัวอย่างดินมีค่า pH เฉลี่ย 6.48±0.39 ซึ่งเป็นค่า pH ของดินในระดับที่เหมาะสม (6.0-6.5) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ค่า pH ในแปลงที่ 2 มีความแตกต่างกับแปลงที่ 1 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดย pH ของแปลงที่ 2 มีค่าที่สูงนั้นอาจเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยคอก สอดคล้องกับผลการวิจัยเกี่ยวกับผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่า pH ของดิน พบว่าปุ๋ยเคมีมีผลทำให้ค่า pH ลดลง ในขณะที่ปุ๋ยคอกมีผลให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น [8] และมีรายงานว่าปัสสาวะของสัตว์เท้ากีบสามารถเพิ่มค่า pH

ของดินได้ [9] โดยธาตุหลักในปุ๋ยคอกที่ส่งผลให้ค่า pH สูงขึ้น คือ แคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งออกฤทธิ์คล้ายกับปูนขาว นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงที่ 2 มีมากกว่าแปลงอื่น ๆ แสดงว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้น่าจะเป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ในดินที่มีค่า pH เป็นกรดเล็กน้อย ซึ่งต้องจำแนกชนิดของแบคทีเรียต่อไป

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์จากดินทั้ง 4 แปลง พบว่าแปลงที่ 2 มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดแตกต่างจากแปลงอื่น ๆ โดยแปลงที่ 2 มีการใช้ปุ๋ยคอกซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์อยู่มาก จึงอาจทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุแตกต่างจากแปลงอื่น ๆ ส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดแตกต่างจากแปลงอื่น ๆ ด้วย เพราะอินทรียวัตถุเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย ส่วนปริมาณเชื้อรานั้นพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกแปลง ซึ่งเป็นไปได้ว่าการใช้พื้นที่ทั้ง 4 แปลงนั้น ไม่มีการใช้สารเคมีหรือวัสดุอื่นใดที่ส่งผลต่อการเจริญและปริมาณของเชื้อรา เพราะมีรายงานว่าการใช้เคมีภัณฑ์ทางการเกษตรหรือใช้ยากันราในพื้นที่เกษตรกรรมจะส่งผลให้ปริมาณเชื้อรามีความแตกต่างจากบริเวณที่ไม่มีการใช้สารดังกล่าว [10] สำหรับในแปลงที่ปลูกถั่วเขียวและมันสำปะหลังนั้นพบว่าทั้งค่า pH ของดินและปริมาณจุลินทรีย์ดินทั้ง 2 แปลงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 และขอขอบคุณทุนสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัยในครั้งนี้ จากคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Davison, J. (1988). Plant beneficial bacteria, *Biotechnology*, Vol. 6, March 1988, pp. 282–286.

[2] Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R. and Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review, *Annals of Microbiology*, Vol. 60(4), December 2010, pp. 579–598.

[3] Karlen. D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F. and Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 61(1), October 1995, pp. 4-10.

[4] Nielsen, M. N. and Winding, A. (2002). Microorganisms as indicators of soil health. NERI Technical Report No. 388.

[5] วิสุทธิ ใบไม้ และรังสิมา ตัณฑเลขา. รายงานการวิจัยในโครงการ BRT 2550, ชุดโครงการทองผาภูมิตะวันตก, 456 หน้า.

[6] Breure, A. M. (2004). Soil biodiversity: measurements, indicators, threats and soil functions, I International conference soil and compost eco-biology, León, Spain.

[7] สายชล พรมีอยู่, อัจฉรา จิตตลดากร และ หฤษฎี ภัทรดิลก. ผลของการใช้ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี ต่อการผลิตผักบุ้งจีน. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดกรุงเทพมหานคร

[8] Fan, F., Yang, O., Li, Z., Wei, D., Cui, X. and Liang, Y. (2011). Impacts of organic and inorganic fertilizers on nitrification in a cold climate soil are linked to the bacterial ammonia oxidizer

community. Microbial Ecology, Vol 62, June 2011, pp. 982–990.

[9] Brouwer, J. and Powell, J. M. (1998) . Increasing nutrient use efficiency in West-African agriculture: the impact of micro-topography on nutrient leaching from cattle and sheep manure. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol 71 (1-3), December 1998, pp. 229-239.

[10] โกเมนทร์ บุญเจือ, วัฒนา ศักดิ์ชูวงศ์ และ อำนาจ ภักดีโต. ความหลากหลายทางชีวภาพของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และด้วงผิวดินของระบบนิเวศเกษตร เขตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ระยะที่ 1. การประชุมวิชาการนานาชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการเกษตร ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

การย่อยสลายทางความร้อนของฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ที่เติมสารเติมแต่งโปรออกซิแดนท์

Thermal degraded of linear low density polyethylene film containing pro-oxidant additive

Laksana Changlek*, Tawat Soitong

Materials Science, Faculty of Science, Maejo University, 63 Village No.4,
Nong Han, San Sai, Chiang Mai 50290 Thailand
stawat@gmail.com, *Laksana.cha@gmail.com, 0982584240

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ซึ่งมีส่วนผสมของนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (nanoTiO_2) และโคบอลต์สเตรียเรท (CoSt) ที่ขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่และแบบอัดขึ้นรูป ตัวอย่างที่ได้จะถูกออกซิไดซ์ในเตาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนของฟิล์มวัสดุผสมพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นถูกตรวจสอบและเปรียบเทียบกับฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ด้วยวิธี การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ส่วนประกอบของ LLDPE - TiO_2 และ LLDPE - CoSt - TiO_2 ถูกเตรียมด้วย TiO_2 ร้อยละ 0-1 และ CoSt ร้อยละ 0-0.5 อัตราการย่อยสลายจะถูกเร่งขึ้นเนื่องจากปริมาณ CoSt ที่เพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ FTIR ของฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นและฟิล์มวัสดุผสมความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นแสดงค่าดัชนีคาร์บอนิลที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา

คำหลัก: พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE), สารเติมแต่งโปรออกซิแดนท์, นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (nanoTiO_2), โคบอลต์สเตียเรท, การย่อยสลายทางความร้อน

Abstract

In this research, Thermal degradation Linear low density polyethylene film (LLDPE) containing the combination pro-oxidants titanium (IV) dioxide (nanoTiO_2) with either cobalt (II) stearate (CoSt) composite film was prepared by twin-screw extruder and compression molded. Sample previously oxidized in the aerated oven at 50 °C and 60 °C for 12 day. The thermal degradation behavior of LLDPE composite film was investigated and compared with neat LLDPE by weight loss analysis, Scanning electron microscopy and Fourier transform infrared. Composites of LLDPE – TiO_2 and LLDPE – CoSt – TiO_2 were prepared with 0-1 %wt. of TiO_2 and 0-0.5 %wt. of CoSt. The thermal degradation rate was accelerated as amount of CoSt incorporate was increased. The FTIR result shows the increase in the carbonyl index values with exposure time of pure LLDPE and that containing stearates.

Keywords: Linear low density polyethylene film (LLDPE), Pro-oxidants, titanium (IV) dioxide (nanoTiO_2), cobalt (II) stearate (CoSt), Thermal degradation.

1. บทนำ

ฟิล์มพลาสติก เป็นพลาสติกที่อยู่ในกลุ่ม เทอร์โมพลาสติก พลาสติกที่สำคัญกลุ่มนี้ เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC), พอลิเอทิลีน (PE), พอลิโพรพิลีน (PP), ไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ฟิล์มพลาสติกเป็นพลาสติกทีมีคุณสมบัติที่โดดเด่นคือ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี เหนียว ทนทานต่อแรง พื้นผิวลื่นมันวาว โปร่งแสง มีความยืดหยุ่นดี ทนความร้อนได้ไม่มากฟิล์มพลาสติกในท้องตลาดที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นพลาสติก PE เช่น พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE), LLDPE และ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ของ PE เช่น ถุงพลาสติก ฟิล์มหด ฟิล์มยืด ผ้าใบพลาสติก แผ่นฟิล์มสำหรับการบรรจุหีบห่อ และฟิล์มคลุมดินที่ใช้ในแปลงเกษตร [1] เป็นต้น ฟิล์มพลาสติกจะเป็นพลาสติกที่มีหน้ากว้างและมีลักษณะผิวเรียบ สามารถม้วนพับได้โดยไม่ผิดรูป ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลายของฟิล์มทำให้ได้รับความนิยมในการใช้งานสำหรับการบรรจุเป็นอย่างมาก [2]

พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear low density polyethylene) เป็นพลาสติกพอลิเอทิลีนหนาแน่นต่ำเชิงเส้น คุณสมบัติจะอยู่ระหว่าง LDPE และ HDPE แต่จะนิ่มและเหนียวกว่า ได้รับการแปรรูปเป็นฟิล์มถึง 65% ของพอลิเอทิลีนทั้งหมด มีสมบัติเป็นฉนวนทางไฟฟ้าที่ดีเยี่ยม และเฉื่อยเป็นพิเศษต่อปฏิกิริยาเคมีทั่วไป สามารถทนทานต่อกรดและเบสได้เป็นอย่างดี การนำไปใช้งาน ผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีความใส แข็งแรงปิดผนึกได้ดี จึงเหมาะสำหรับใช้งานทั่วไป เช่น ถุงบรรจุของที่มีน้ำหนักสูง ถุงบรรจุอาหารแช่เย็น ท่อน้ำ เคลือบสายไฟ และของเล่นเด็กพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ [3]

นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (nanoTiO_2) ใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อได้รับแสง และความร้อน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานและเกิดปฏิกิริยาทางเคมี และส่งผลให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคอน และซุปเปอร์ออกไซด์ประจุลบ ซึ่งมีอานุภาพในการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ที่มาเกาะติดอยู่บนพื้นผิว ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ [4]

โคบอลต์สเตียเรท (CoSt) จัดอยู่ในกลุ่มทรานซิชันเมทัล (transition metal) ซึ่งช่วยควบคุมการเผาไหม้ การใช้ประโยชน์ โคบอลต์ที่เหลือใช้ในรูปของสารประกอบ เช่น เป็นตัวช่วยทำให้สีแห้งเร็วขึ้น ใช้เป็นตัวให้สีของสีทาบ้านและเวนิช เนื่องจาก Co เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) สารประกอบของ Co จึงใช้ผสมในปุ๋ยเคมี และ Co60 ซึ่งเป็นไอโซโตปกัมมันตรังสีสังเคราะห์ใช้รักษาโรคมะเร็ง และใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกัมมันตรังสี ส่วนในงานวิจัยนี้โคบอลต์สเตียเรท คือตัวทำปฏิกิริยาระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น กับนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ โคบอลต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางความร้อนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ และเมื่อนำมาผสมกับ นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ที่อัตราส่วนที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้มากขึ้น

จากงานวิจัย [1] ฟิล์ม LLDPE ได้ถูกนำไปใช้ในการผลิตฟิล์มคลุมดินที่ใช้ในแปลงเกษตรที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เกษตรกรได้เลือกใช้ฟิล์มคลุมดินมากกว่าใช้วัสดุจากธรรมชาติเพราะความสะดวกสบาย และส่งผลต่อปริมารขยะที่เพิ่มมากขึ้นเพราะเกษตรกรไม่รู้วิธีกำจัดขยะชนิดนี้ ส่วนมากในประเทศไทยจะให้วิธีการเผาเพื่อกำจัดขยะแต่นั้นก็เป็นวิธีที่ผิด งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโดยการฝังกลบฟิล์ม LLDPE โดยการเติมโคบอลต์สเตียเรทและเหล็กสเตียเรทเป็นสารเติมแต่งโปรออกซิแดนท์

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาสมบัติและกลไกของการย่อยสลายฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ที่เติมสารเติม

แต่งนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ ($nanoTiO_2$) และโคบอลต์สเตียเรท (CoSt) ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายทางความร้อนของฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ

2. การทดลอง

2.1 การเตรียมวัสดุ

นำเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) และสารเติมแต่งโปรออกซิแดนท์ ซึ่งได้แก่ ผงนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ ($nanoTiO_2$) ขนาด 21 นาโนเมตร และ โคบอลต์สเตียเรท 10 เปอร์เซ็นต์ไปบดให้ละเอียด และผสมตามอัตราส่วนดังตารางที่ 1 หลังจากนั้นใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder) ในการผสมเม็ดพลาสติก และนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัด ให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีความหนาประมาณ 60-70 ไมโครเมตร

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของสารเติมแต่งโปรออกซิแดนท์

Sample	LLDPE (%w/w)	$nanoTiO_2$ (%w/w)	CoSt (%w/w)
LLDPE	100	-	-
1%TiO2	99	1	-
1%TiO2+1%CoSt	98	1	1
1%CoSt	99	-	1

นำฟิล์มที่ได้ตัดให้มีขนาด กว้าง 1 ซม. ยาว 8 ซม.และไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน หลังจากนั้นตัวอย่างจะถูกนำไปทดสอบการเสื่อมสภาพของฟิล์มโดยใช้เทคนิคต่อไปนี้

2.2 การศึกษาอัตราการสูญเสียน้ำหนัก

ทำการวิเคราะห์โดยการทำการวัดน้ำหนักของแผ่นฟิล์มในระหว่างการออกซิไดซ์ในเตาอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 18 วัน เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากขึ้น แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจากสมการ 1 แล้วนำไปพลอตกราฟ วีการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหาได้จาก ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นหรือน้ำหนักก่อนการออกซิไดซ์ลบกับน้ำหนักที่แท้จริงหรือน้ำหนักที่ผ่านการออกซิไดซ์ในแต่ละวัน หารด้วยน้ำหนักเริ่มต้นแล้วคูณด้วยหนึ่งร้อย จะได้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ต้องการ

สูตรการคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

%การสูญเสียน้ำหนัก = ((น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักที่แท้จริง) / น้ำหนักเริ่มต้น) × 100 (1)

2.3 การทดสอบสมบัติเชิงกล

ตัดตัวอย่างให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง ASTM D638 (ชิ้นงานรูปทรงดัมเบลล์ Types I) [5] ขนาดความยาวของเกจ (Gauge Length, L0) 40 มม. ใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine; UTM) ยี่ห้อ LLOYD Intruments แรงดึง 50 N และความเร็วในการดึงที่ 40 มม./นาที จนตัวอย่างขาด

2.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC)

นำฟิล์มมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 3-4 มม. จำนวน 2-3 มก. ต่อการทดสอบ 1 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนยี่ห้อ METTLER TOLEDO ใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส จนถึง 200 องศาเซลเซียส และควบคุมอัตราการเพิ่มอุณหภูมิให้คงที่ 10 องศาเซลเซียสต่อนาทีภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน

2.5 วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ตัดแผ่นฟิล์มให้มีขนาดเล็กติดบนวัสดุรองรับแล้วนำไปเคลือบทองเพื่อทำให้พอลิเมอร์เกิดการนำไฟฟ้าโดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 3000 เท่า ใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง

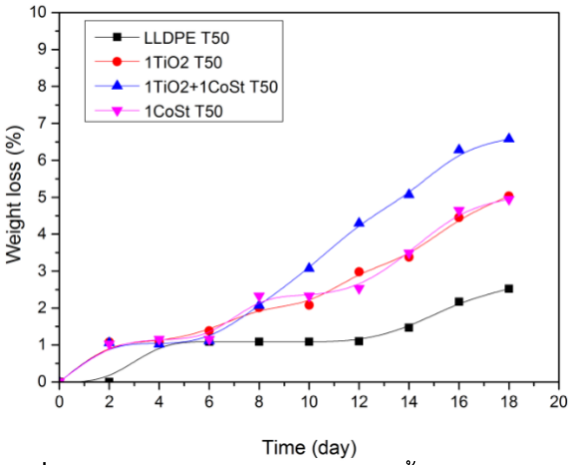
2.6 เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FRIT)

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบโครงสร้างของสาร โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น 4000-400 cm^{-1} [6] การวิเคราะห์โครงสร้างสารจะอาศัยการดูดกลืนที่ช่วง 4000-1500 cm^{-1} จะเป็นช่วงที่บ่งบอกถึงหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุล เช่น คาร์บอนิล แอลกอฮอล์ แอลเคน เป็นต้น

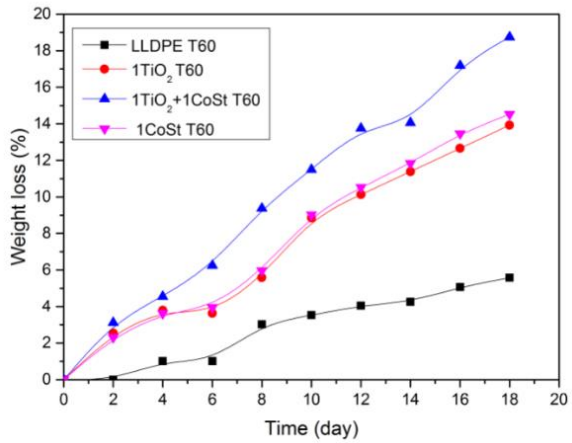
3. ผล และ การอภิปรายผล

3.1 การวิเคราะห์น้ำหนักที่หายไป

จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 เป็นการสูญเสียน้ำหนักของฟิล์ม LLDPE, 1%TiO_2, 1%TiO_2+1%CoSt และ 1%CoSt ที่อุณหภูมิที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส กราฟทั้งสองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ 1%TiO_2+1%CoSt มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่มากที่สุด 1%TiO_2 และ 1%CoSt มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน ส่วน LLDPE มีการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยที่สุด เป็นเพราะว่า ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยานั้นจะส่งผลให้แผ่นฟิล์มเกิดการสูญเสียน้ำหนักตามอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้น และที่ อุณหภูมิที่ 60 อัตราการสูญเสียน้ำหนักจะมากกว่า ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเพราะว่าความร้อนที่สูงขึ้น CoSt จะเกิดปฏิริยาการกับฟิล์มได้ดีขึ้นจุงทำให้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสเกิดการสลายตัวได้เร็วกว่า และเป็นอุณหภูมิที่สนใจ และยังเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของบ่อฝังกลบขยะที่ใช้ฟิล์ม LLDPE จากรายงาน [7] จึงทำให้ฟิล์ม LLDPE สามารถย่อยสลายตัวได้เมื่อนำไปฝังกลบ

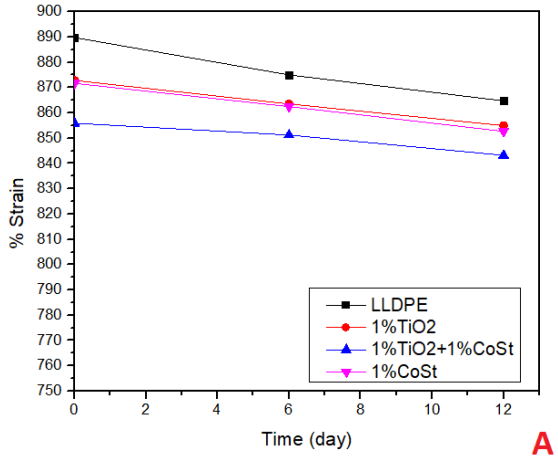


รูปที่ 1 กราฟแสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของฟิล์ม LLDPE, 1%TiO_2, 1%TiO_2+1%CoSt และ 1%CoSt ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียล

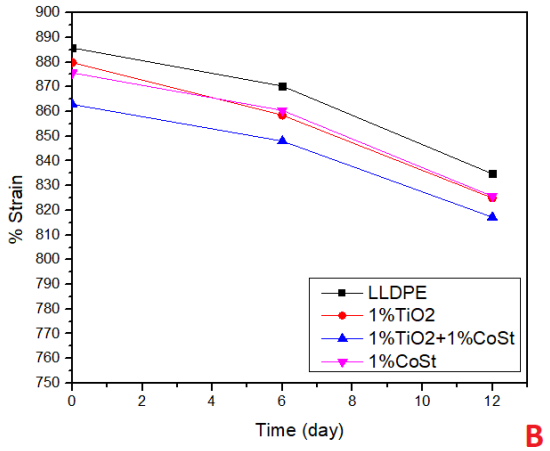


รูปที่ 2 กราฟแสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของ ฟิล์ม LLDPE, 1%TiO_2, 1%TiO_2+1%CoSt และ 1%CoSt ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียล

3.2 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล



A

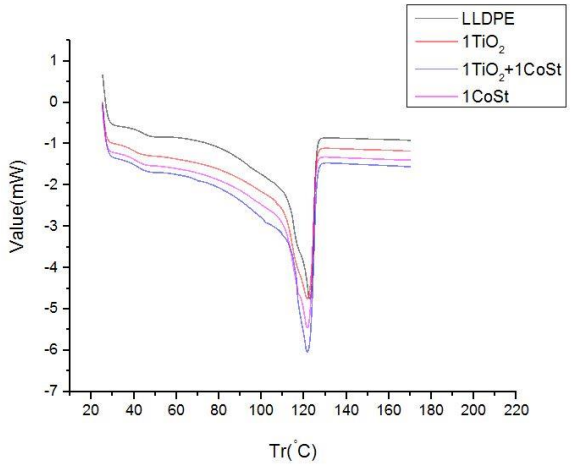


B

รูปที่ 3 กราฟแสดงอัตราการยืดตัวของฟิล์ม LLDPE, 1%TiO_2, 1%TiO_2+1%CoSt และ 1%CoSt, (3A) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียล, (3B) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียล

จากรูปที่ 3A และ 3B ฟิล์ม LLDPE มีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่มากที่สุด ฟิล์มที่เติม 1%TiO_2 และ 1%CoSt มีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่กราฟที่ผ่านการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสของฟิล์ม 1%TiO_2 มีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่มากกว่า ฟิล์ม 1%CoSt เพราะว่า TiO_2 จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของฟิล์มได้ดีเมื่อได้รับทั้งแสงและความร้อน ส่วน CoSt จะเร่งปฏิกิริยาได้ดีเมื่อได้รับความร้อนเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น CoSt จึงทำปฏิกิริยาได้ดีกว่า TiO_2 และฟิล์มที่เติม1%TiO_2+1%CoSt มีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่น้อยที่สุดเพราะว่าใช้ทั้ง TiO_2 และ CoSt ปริมาณความเข้มข้นจึงมากกว่า และยิ่งส่งผลที่ชัดเจนกว่า จากการสูญเสียน้ำหนักในข้อ 3.1 แผ่นฟิล์มมีน้ำหนักที่ลดลงในแต่ละวันสามารถบอกได้เป็นอันดับแรกว่าโครงสร้างของชิ้นงานเกิดการแตกหักจึงเป็นความสัมพันธ์โดยตรงกับสมบัติเชิงกล จากรายงาน [7] ที่บอกว่าสายโซ่ที่สั้นลงบ่งบอกถึงความเสียหายของชิ้นงาน ทำให้ค่า %Strain มีค่าที่ลดลง

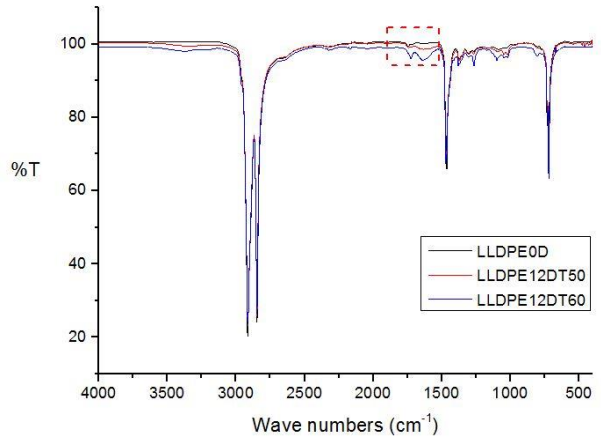
3.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC)



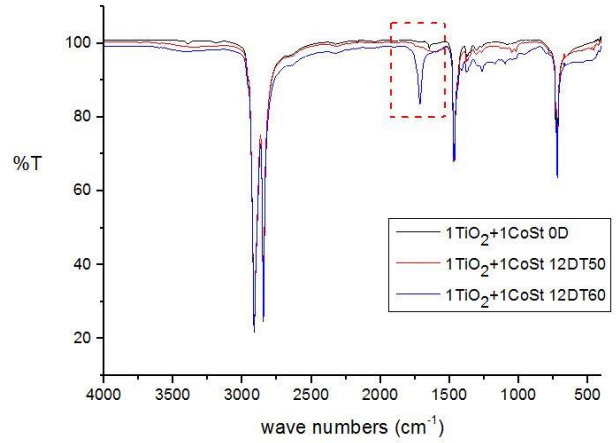
รูปที่ 4 กราฟการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC)

จากรูปที่ 4 ฟิล์ม LLDPE มีจุดหลอมเหลวที่น้อยที่สุด และฟิล์ม 1%TiO_2+1%CoSt มีจุดหลอมเหลวที่มากที่สุด การวิเคราะห์ความความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนของชิ้นตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับอุณหภูมิ จากรายงาน [8] การทดสอบ DSC พบว่าค่า Tm มีค่าเท่ากับ 120 แสดงว่าการเติม TiO_2 และ CoSt ไม่ส่งผลต่อโครงสร้างของพอลิเมอร์

3.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (FTIR)



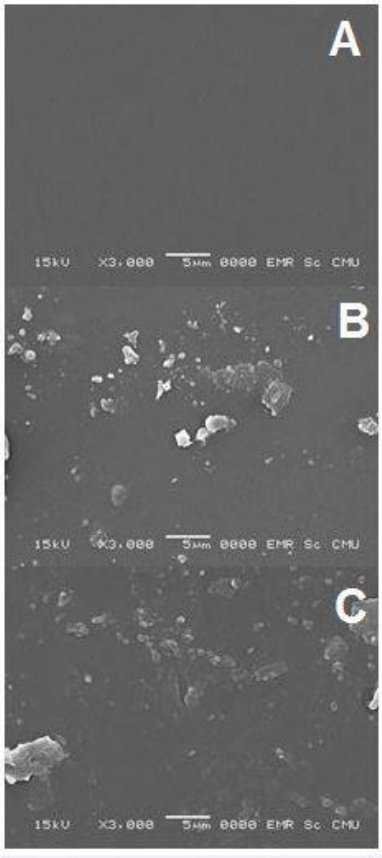
รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์ม LLDPE ในช่วง 4000-400 cm^{-1}



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์ม 1%TiO_2+1%CoSt ในช่วง 4000-400 cm-1

จากการวิเคราะห์เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี สามารถบอกการเกิดหมู่คาร์บอนิลของฟิล์ม LLDPE ได้ จากรายงาน [7] หมู่คาร์บอนิลจะบ่งบอกถึงการย่อยสลายของฟิล์ม จากรูปที่ 5 และ 6 ฟิล์ม 1%TiO_2+1%CoSt มีดัชนีคาร์บอนิลที่สูงที่สุด และในการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ ที่ 60 องศาเซลเซียส จะเกิดดัชนีคาร์บอนิลที่สูงกว่า เป็นเพราะว่า TiO_2 เป็นตัวกระตุ้นให้ตัวอย่างได้รับความร้อนทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะภายในสายโซ่และเกิดการหลุดของหมู่คาร์บอนิล ระดับของคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นตัวบ่งชี้ของการย่อยสลายของพอลิเมอมร์ ถ้าปริมาณคาร์บอนไดซ์ออกไซด์มากก็จะเกิดการย่อยสลายได้ไวขึ้น

3.5 ผลการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



รูปที่ 7 ลักษณะพื้นผิวของ (7A) LLDPE 0 day, (7B) LLDPE 12 day, (7C) 1%TiO_2+1%CoSt

จากรูป 6A พื้นผิวของฟิล์ม LLDPE ที่ 0 วันพื้นผิวเรียบยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง รูป 6B ของฟิล์ม LLDPE ที่ 12 วัน เริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหน้าของฟิล์ม เริ่มขรุขระไม่เรียบเนียน และ รูป 6C พื้นผิวของฟิล์ม 1%TiO_2+1%CoSt ที่ 12 วัน ผิวหน้าของฟิล์มขรุขระและแห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนขึ้น จากรายงาน [9] พื้นผิวที่เริ่มขรุขระบ่งบอกถึงการย่อยสลายของฟิล์ม

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลของการทดลองที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสจะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ได้ดีกว่า ที่ 50 องศาเซลเซียสและเมื่อเติมสารเติมแต่ง1%TiO_2+1%CoSt เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายได้ดีกว่า 1%TiO_2 และ 1%CoSt และ LLDPE โดยยืนยันจากผลของ FTIR SEM และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่าต้องใช้ 1%TiO_2+1%CoSt และใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เพราะว่าที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่สนใจและเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของบ่อฝังกลบขยะในการย่อยสลายทางชีวภาพจากงานวิจัย [7] จึงทำให้ฟิล์ม LLDPE สามารถย่อยสลายตัวได้เมื่อนำไปฝังกลบ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] C. Abrusci, J.L. Pablos, T. Corrales, J. López-Marín, I. Marín, F. Catalina Biodegradation of photo-degraded mulching films based on polyethylenes and stearates of calcium and iron as pro-oxidant additives, International Biodeterioration & Biodegradation 65 (2011) 451-459

[2] สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://synergysupply.co.th/docs/.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/07/2561.

[3] กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ประเภทและคุณสมบัติของพลาสติก [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2557_62_196-p35-37.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/07/2561.

[4] สยามเคมี. เคมีอุตสาหกรรม, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.siamchemi.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 19/07/2561

[5] ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เครื่องทดสอบเชิงกล, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mic.eng.ku.ac.th/, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/07/2561.

[6] ข้อมูลศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์. เครื่องมือวิเคราะห์ทดสอบทางสเปกโตรสโคป, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://web2.mfu.ac.th/, เข้าดูเมื่อวันที่ 19/07/2561

[7] L. Husarova, M. Machovsky, P. Gerych, J. Houser, M. Koutny, Polymer Degradation and Stability, 95 (2010) 1794-1799.

[8] S. Fontanella, S. Bonhomme, M. Koutny, L. Husarova, J. Brusson, J. Courdavault, S. Pitteri, G. Samuel, G. Pichon, J. Lemaire, A. Delort, Comparison of the biodegradability of various polyethylene films containing pro-oxidant additives, Polymer Degradation and Stability 95 (2010) 1011-1021.

[9] I. Kyrikou, D. Briassoulis, M. Hiskakis, E. Babou, Analysis of photo-chemical degradation behaviour of polyethylene mulching film with pro-oxidants, Polymer Degradation and Stability 96 (2011) 2237-2252.

ระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านระบบเครือข่าย

Electrical control in laboratory room via networks system

กิตติทัต ธรรมแสง, ณัฐพล พานดอกไม้ และ จักรพนธ์ อบมา*

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
*ผู้ติดต่อ: Jagraphon.ob@rmuti.ac.th , 043-283700-2 ต่อ 3330

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบควบคุมระบบไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านระบบเครือข่าย เพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการใช้งาน พร้อมทั้งเช็คสถานะ การทำงานของอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานภายในห้องปฏิบัติการ และเพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ เพื่อควบคุมการใช้งานห้องปฏิบัติการและบันทึกค่าการเข้าใช้งานพร้อมทั้งระบุตัวตนของผู้ใช้งาน โดยใช้บอร์ด NodeMCU V2 ในการควบคุม การพัฒนาด้วยภาษา C++ และใช้หลักการประมวลผลหาค่าและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไปยังส่วนของเซิร์ฟเวอร์ คือ Raspberry Pi 3 โดยทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์และประมวลผลข้อมูลที่ได้รับ แสดงผลไปยังเว็บบราวเซอร์ และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ในการทดสอบแบ่งการทดลองได้ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกจะเป็นการควบคุมระบบไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านเว็บบราวเซอร์ โดยเว็บบราวเซอร์จะทำการควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ เปิด-ปิดประตู จำนวน 10 ครั้งพร้อมทั้งแสดงสถานะผ่านเว็บบราวเซอร์และในส่วนที่สองจะเป็นการควบคุมระบบไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านแอปพลิเคชั่นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จะทำการควบคุมระบบไฟฟ้าโดยการเปิด-ปิดหลอดไฟ เปิด-ปิดประตู จำนวน 10 ครั้งพร้อมทั้งแสดงสถานะผ่านแอปพลิเคชั่นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

คำหลัก: ระบบควบคุมระบบไฟฟ้า, ระบบเครือข่าย ,เว็บบราวเซอร์ , ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Abstract

This paper is present design and implement Electrical control in laboratory room via networks system to ease the use and to check the working status of the device to reduce the problem of forgetting to turn off the device when stopped or check the status after use. On Electrical control to control of the laboratory and log the access value and identity of the user. The NodeMCU board is control its development in C ++, and it uses processing and transmitting data over a wireless network to the server , Raspberry Pi 3. That saves and processes data received thereby rendering it to a web browser and the Android operating system.

For the test of laboratory controllers through a web browser and Android operating system, I divided the experiment into two parts, the first part is to control the laboratory through a web browser. The web browser will control the on - off light, 10 open and close doors and status via web browser. In the second part, it controls the lab through the Android operating system application. The

Android operating system will control the on and off light, 10 open and close doors and status via Android operating system application.

Keywords: Electrical Control , Network System , Web browser , Android operating

1. บทนำ

ปัจจุบันในการดำเนินชีวิตประจำวันเป็นไปด้วยความเร่งรีบ เพื่อตอบสนองต่อการใช้ชีวิตประจำวันประกอบกับเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ และอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะระบบอินเตอร์เน็ตเครือข่ายไร้สาย มีการขยายตัวในการใช้งานอย่างแพร่หลาย ทำให้สอดคล้องกับเทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) ที่สามารถทำงานด้วยการสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับเศรษฐกิจที่มีค่าครองชีพสูงขึ้นตามลำดับ รัฐบาลจึงมีมาตรการให้หน่วยราชการ หน่วยงานรัฐบาลและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง รวมถึงสภาวะโลกร้อนที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ทำให้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ประชากรต้องมีส่วนรวมในการช่วยกันประหยัดพลังงาน โดนเทคโนโลยี Internet of things [1] สามารถนำอุปกรณ์ต่างๆ เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คณะผู้วิจัยบางคณะได้ออกแบบระบบการทำงานให้เชื่อมต่อแบบไร้สายผ่านบลูทูล [2] และเทคโนโลยีไร้สายโดยใช้โมดูล Zigbee เข้ามาประยุกต์ใช้งาน [3] แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องระยะทางการเชื่อมต่อ ต่อมาได้พัฒนาเป็นการเชื่อมต่อโดยใช้ระบบอินเตอร์เน็ทเข้ามาเชื่อมต่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [4-5] แต่ในงานวิจัยที่กล่าวไม่ยังไม่มีระบบที่สามารถเพิ่มอุปกรณ์โดยใช้ Software เชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ทันที

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างระบบควบคุมระบบไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านเครือข่าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพภายในการใช้ห้องปฏิบัติการ และยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมไปถึงการควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องปฏิบัติการ การตรวจสอบสถานะการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ สามารถสั่งการทำงาน และควบคุมจากอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หรือบนหน้าเว็บบราวเซอร์ โดยใช้เซิร์ฟเวอร์เป็นสื่อกลางในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับผู้ใช้งาน หรืออุปกรณ์กับอุปกรณ์เข้าด้วยกัน

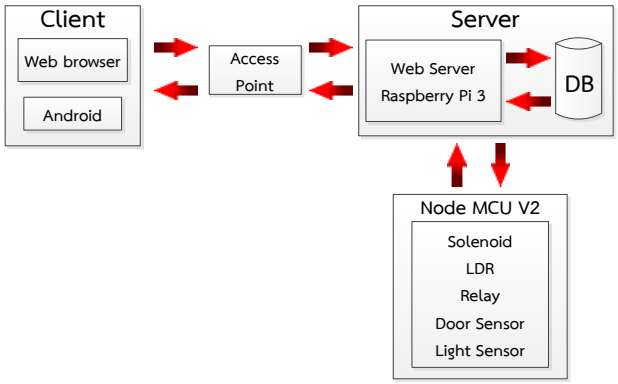
2. การออกแบบระบบและโครงสร้างการทำงาน

การออกแบบระบบและโครงสร้างการทำงานอุปกรณ์ NodeMCU V2 ที่ใช้ในการควบคุมห้องปฏิบัติการโดยทำการรับ-ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไปยัง Raspberry Pi 3 ด้วยการใช้งาน Socket โดยกำหนดที่อยู่ของเซิร์ฟเวอร์และพอร์ตเพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถเชื่อมต่อเข้ามายังเซิร์ฟเวอร์และให้เซิร์ฟเวอร์เป็นตัวกลางการบริหารจัดการคำสั่งต่างๆ ที่ได้มีการส่งข้อมูลเชื่อมต่อมายังเซิร์ฟเวอร์แล้วทำการประมวลผล และส่งกลับไปยังอุปกรณ์ เซิร์ฟเวอร์ทำการประมวลผลตามเงื่อนไขแล้วส่งข้อมูลให้อุปกรณ์อื่น ยกเว้นอุปกรณ์ที่ทำการส่งข้อมูลเข้ามาโดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังนี้

2.1 การออกแบบระบบ

การทำงานของระบบ เมื่อทำการเปิดหน้าเว็บบราวเซอร์ หรือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบจะทำการดึงข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์จากฐานข้อมูล เมื่อมีการสั่งการควบคุมอุปกรณ์ผ่านเว็บบราวเซอร์ และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ระบบจะทำการส่งข้อมูลการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้

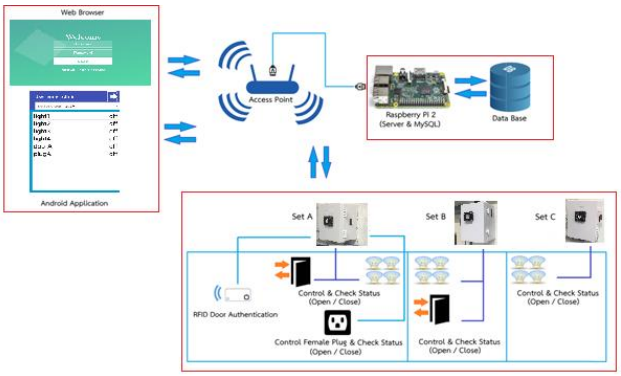
เซิร์ฟเวอร์ทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล และส่งข้อมูลที่ได้รับไปยังอุปกรณ์ที่ทำการควบคุมดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

2.2. โครงสร้างการทำงานของระบบ

ระบบแสดงการควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไปยัง Raspberry Pi โดยภาพรวมของระบบจะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะเป็นส่วนของการสั่งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์พร้อมทั้งแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ โดยหน้าเว็บบราวเซอร์หรือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จะทำการดึงข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ ณ เวลานั้นๆ เพื่อใช้ในการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์พร้อมทั้งสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนของเซิร์ฟเวอร์และเป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างส่วนของการสั่งการ และส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ โดยใช้ Raspberry Pi ในการทำเป็นเซิร์ฟเวอร์ เมื่อมีข้อมูลจากส่วนสั่งการควบคุมอุปกรณ์ เซิร์ฟเวอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการสั่งการลงฐานข้อมูล และส่งข้อมูลที่ได้รับต่อไปยังส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ และแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ โดยใช้ NodeMCU ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ และแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ เมื่ออุปกรณ์มีการเปลี่ยนแปลง NodeMCU จะทำการส่งค่าสถานะการเปลี่ยนแปลงของอุปกรณ์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้เซิร์ฟเวอร์ทำการประมวลผล และบันทึกข้อมูลที่ได้รับลงฐานข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2

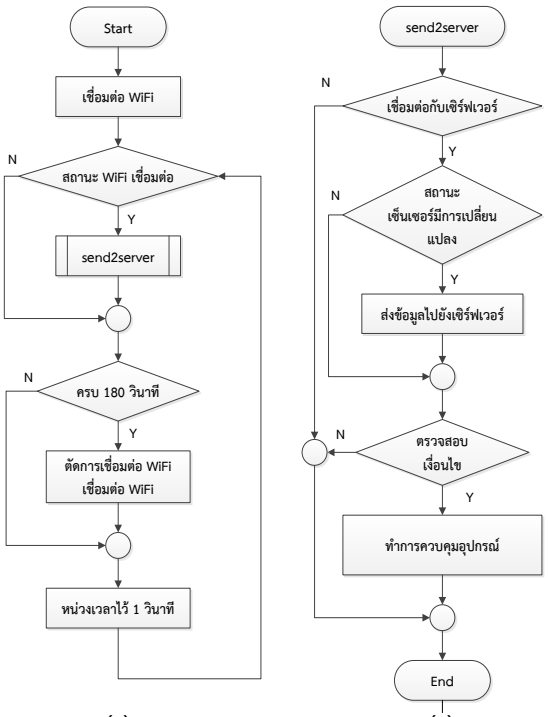


รูปที่ 2 ภาพรวมโครงสร้างการทำงานของระบบ

แผนผังแสดงการทำงานของการควบคุมอุปกรณ์ดังรูปที่ 3 (ก) เมื่อทำการเชื่อมต่อ WIFI จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าอุปกรณ์มีการเชื่อมต่อกับ WIFI หรือไม่ หากมีการเชื่อมต่อจะเรียกการใช้งานของฟังก์ชันการใช้งานในส่วนของ send 2 server จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบว่ามีการหน่วงเวลาครบ 180 วินาทีหรือไม่ เมื่อครบเวลาที่กำหนดระบบจะทำการตัดการเชื่อมต่อของ WIFI และทำการเชื่อมต่อใหม่ จากนั้นระบบจะทำการหน่วงเวลาไว้ 1 วินาที เพื่อเช็คสถานการณ์เชื่อมต่อของ WIFI อีกครั้ง

ต่อมา เป็นการทำงานในส่วนของฟังก์ชัน send2server โดยระบบจะทำการเชื่อมต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ หากมีการเชื่อมต่อสำเร็จ ระบบจะทำการตรวจสอบสถานะของเซ็นเซอร์ หากสถานะของเซ็นเซอร์ไม่ตรงกับค่าตัวแปรที่เก็บข้อมูลของเซ็นเซอร์ไว้ก่อนหน้า ระบบจะส่งข้อมูลเซ็นเซอร์ที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงไปยังเซิร์ฟเวอร์ดังรูปที่ 3 (ข) การตรวจสอบเงื่อนไข จะเป็นการรอรับคำสั่งจากเซิร์ฟเวอร์ เมื่อมีข้อมูลที่ได้รับมาจากเซิร์ฟเวอร์ ระบบจะทำการเก็บข้อมูลลงในตัวแปร เพื่อใช้

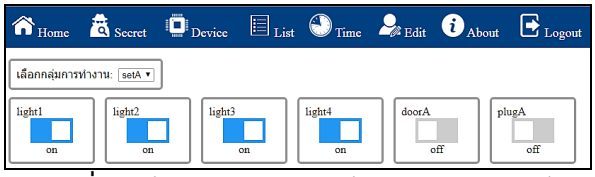
ในการตรวจสอบเงื่อนไขในการสั่งงาน เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3 แผนผังแสดงการทำงานของการควบคุมอุปกรณ์

3. ผลการทดสอบระบบ

ในการทดสอบระบบควบคุมห้องปฏิบัติการ และแสดงสถานะการทำงานผ่านเว็บบราวเซอร์มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบว่าการควบคุมห้องปฏิบัติการ และแสดงสถานะการทำงานผ่านเว็บบราวเซอร์ ดังรูปที่ 4 สามารถทำตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ในการทดลองผู้จัดทำได้ทำการทดลอง เปิด-ปิดหลอดไฟ, เปิด-ปิดประตู, เปิด-ปิดปลั๊กไฟ, สถานะหลอดไฟ, สถานะประตู, สถานะปลั๊กไฟ พร้อมเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงสรุปผลได้ว่าในการทดลองได้ผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ตามตารางที่ 1



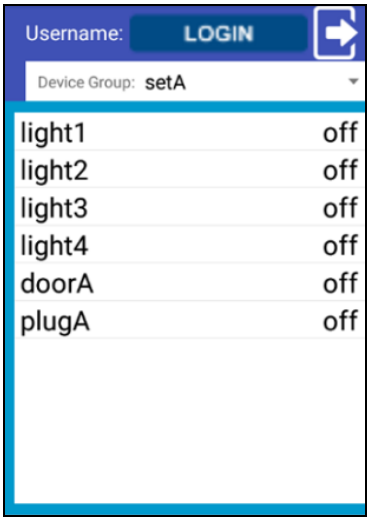
รูปที่ 4 หน้าแสดงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ผ่านเว็บบราวเซอร์

ตารางที่ 1 สรุปผลทดลองการควบคุมห้องปฏิบัติการผ่านเว็บบราวเซอร์

รายการที่ทดสอบ	ระบบตรวจสอบสถานะ	ควบคุมระบบ	สรุปผล (ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง)
light1	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 1 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 1 ได้	ถูกต้อง
light2	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 2 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 2 ได้	ถูกต้อง
light3	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 3 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 3 ได้	ถูกต้อง
light4	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 4 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 4 ได้	ถูกต้อง
light5	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 5 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 5 ได้	ถูกต้อง

รายการที่ทดสอบ	ระบบตรวจสอบสถานะ	ควบคุมระบบ	สรุปผล (ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง)
light6	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 6 ได้	สามารถควมคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 6 ได้	ถูกต้อง
light7	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 7 ได้	สามารถควมคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 7 ได้	ถูกต้อง
light8	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 8 ได้	สามารถควมคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 8 ได้	ถูกต้อง
doorA	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดประตูได้	สามารถควมคุมการเปิด-ปิดประตูได้	ถูกต้อง
doorB	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดประตูได้	สามารถควมคุมการเปิด-ปิดประตูได้	ถูกต้อง
plugA	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดปลั๊กไฟได้	สามารถควมคุมการเปิด-ปิดปลั๊กไฟได้	ถูกต้อง

ต่อมาได้ทำการทดสอบการควบคุมห้องปฏิบัติการและแสดงสถานะการทำงานผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบว่าการควบคุมห้องปฏิบัติการ และแสดงสถานะการทำงานผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังรูปที่ 5 สามารถทำตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ในการทดลองผู้จัดทำได้ทำการทดลอง เปิด-ปิดหลอดไฟ, เปิด-ปิดประตู, เปิด-ปิดปลั๊กไฟ, สถานะหลอดไฟ, สถานะประตู, สถานะปลั๊กไฟ พร้อมเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงสรุปผลได้ว่าในการทดลองได้ผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ตามตารางที่ 2



รูปที่ 4 หน้าแสดงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ตารางที่ 2 สรุปผลทดลองการควบคุมห้องปฏิบัติการระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

รายการที่ทดสอบ	ระบบตรวจสอบสถานะ	ควบคุมระบบ	สรุปผล (ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง)
light1	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 1 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 1 ได้	ถูกต้อง
light2	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 2 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 2 ได้	ถูกต้อง
light3	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 3 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 3 ได้	ถูกต้อง
light4	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 4 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 4 ได้	ถูกต้อง
light5	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 5 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 5 ได้	ถูกต้อง
light6	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 6 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 6 ได้	ถูกต้อง
light7	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 7 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 7 ได้	ถูกต้อง
light8	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 8 ได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟหลอดที่ 8 ได้	ถูกต้อง
doorA	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดประตูได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูได้	ถูกต้อง
doorB	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดประตูได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูได้	ถูกต้อง

รายการที่ทดสอบ	ระบบตรวจสอบสถานะ	ควบคุมระบบ	สรุปผล (ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง)
plugA	สามารถตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิดปลั๊กไฟได้	สามารถควบคุมการเปิด-ปิดปลั๊กไฟได้	ถูกต้อง

4. สรุปผลและอภิปราย

จากการศึกษาและออกแบบชุดควบคุมระบบไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านระบบเครือข่าย ผู้จัดทำพบว่าเมื่อมีการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติแต่ละครั้งจะมีการ เปิด-ปิดหลอดไฟ เปิด-ปิดประตูหรือต้องการเช็คว่าหลอดไฟประตูมีการเปิด-ปิดอยู่หรือไม่ ไม่จำเป็นต้องเข้าไปเช็คในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบชุดควบคุมระบบไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการผ่านระบบเครือข่าย ที่สามารถเพิ่มอุปกรณ์การทำงานผ่าน Software เช็คสถานะ และควบคุมห้องปฏิบัติการผ่านแอปพลิเคชั่นบนเว็บบราวเซอร์ควบคุมผ่านแอปพลิเคชั่นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้นำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลที่คาดว่าจะได้รับ พบว่าผลการควบคุมอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการสามารถใช้งานได้มีความถูกต้องตามเป้าหมาย คิดเป็นร้อยละ 100 แต่ยังมีการหน่วงเวลาอยู่ในบางช่วงเนื่องจากความหนาแน่นของระบบเครือข่าย

ปัญหาและอุปสรรคเนื่องจากบอร์ด NodeMCU V2 ขาใช้งานน้อยทำให้ไม่พอต่ออุปกรณ์การใช้งานห้องปฏิบัติการมีการออกแบบมาก่อนแล้วจึงทำให้ยากต่อการวางอุปกรณ์ บอร์ด Raspberry Pi 3 มีหน่วยความจำที่จำกัด จึงทำให้เก็บข้อมูลจากฐานข้อมูลได้จำกัด และอาจไม่เพียงพอต่อการใช้งาน และท้ายสุดโหลดที่ใช้มีการดึงกระแสไฟฟ้ามาก เมื่อ NodeMCU V2 สั่งให้อุปกรณ์ทำงานจึงเกิดการกระชากไฟฟ้าทำให้ NodeMCU V2 เริ่มทำงานใหม่ทุกครั้งที่มีการสั่งการทำงาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วิวัฒน์ มีสุวรรณ (2560). อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา Internet of Things on Education. *วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม*, ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 (8). pp.83-92.

[2] ปรีชา สมสอน , โสวัตร์ บุญยศ และประสิทธิ์ นครราช (2011). การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านบลูทูธด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่. *The 5th UBU Conference Proceeding* , มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี , 4-5 August 2011, pp. 164-173.

[3] สรกฤช สิริปรีดากุล, และพิมลลักษณ์ จิรกุลกนก. (2551). การพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าโดยใช้ ZigBee. ปริญญานิพนธ์ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[4] นัฐพงษ์ ว่องไว , จำรัส กลิ่นหนู , ณรงค์ศักดิ์ ศรีสมและวรพล นุเสน (2016). การพัฒนาแอปพลิเคชั่นควบคุมการทำงานของระบบบ้านอัจฉริยะ. *Proceeding of 2016 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC 2016)* , Chiang Mai Orchid Hotel, Chiangmai, Thailand , 4 - 17 December 2016, pp. 599-604.

[5] มุหัมมัด มั่นศรัทธา, มูฆอฟฟัล มูดอ , อับดุลเลาะ สะนอยานยา และ ซุลกีฟลี กะเด็ง (2560). ระบบเปิดปิดไฟอัตโนมัติภายในห้องน้ำโดยใช้โครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ESP8266/Node MCU. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, Vol. 9(2). pp.73-82.

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 หมู่ 6 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
โทรศัพท์ (043) 338 869 I โทรสาร (043) 338 870
http://apps.eng.rmuti.ac.th/estacon2018/index.php