

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
Industrial Technology
Lampang Rajabhat University Journal

วารสารกลุ่มที่ 1 ฐานข้อมูล TCI
ค่า Thai-Journal Impact Factors (T-JTF)
ปี 2558 : 0.100

ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม 2560 – มิถุนายน 2560
ISSN 1906-5337

I-TECH JOURNAL LPRU



Industrial Technology
www.i-techjournal.com

**คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก**

เจ้าของ ที่ปรึกษา	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก อธิการบดี รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
บรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนางกิตติกร
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ สมุทธารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธิดิมา คุณยศยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ยิ้มละมัย

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก Peer Review)

ศ.เกียรติคุณ เสริมศักดิ์ นาคบัว	มหาวิทยาลัยศิลปากร	รศ. สุวิษ บุตรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร. ตรึงศ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รศ. आयुวัฒน์ สว่างผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ศ.ดร. ทนงเกียรติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร. จิรพัฒน์ วาณิชวัฒนาโกศล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร. ธนารักษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ผศ.ดร. นิพนธ์ เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ศ.ดร. ปริญญา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ผศ.ดร. นิวัตร พัฒนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ศ.ดร. ผดุงศักดิ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ผศ.ดร. บุญล้ำ สุนทร	มหาวิทยาลัยราชภัฏ
ศ.ดร. อภิรัฐ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น		พระนครศรีอยุธยา
รศ.ดร. กวิน	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร. ศศิธร คนทน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ.ดร. ชิตชัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร. ศักดิ์พล เทียนเสมอ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. ช่างโชติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	ผศ.ดร. สมชาย มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. ดรณี	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	ผศ.ดร. สุธี วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รศ.ดร. ถาวร	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร. อธิพัฒน์ ศศิธรานุวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
รศ.ดร. อธิสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ	ผศ. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. นภดล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ดร. ณัฏฐพร จักรวิเชียร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รศ.ดร. ปรงศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน)	
รศ.ดร. พิระวุฒิ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง		
รศ.ดร. พงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	ศ. จำเนียร นันทิลก	
รศ.ดร. มนต์วี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ	รศ. นันทะ บุตรน้อย	
รศ.ดร. วัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยพะเยา	ผศ.ดร. กิตติศักดิ์ สมุทธารักษ์	
รศ.ดร. วัฒนวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	ผศ.ดร. ชุตินันท์ รักธรรม	
รศ.ดร. วิชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	ผศ.ดร. อนิรุจน์ มะโนธรรม	
รศ.ดร. เอกรัฐ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ. พงษ์สวัสดิ์ อำนางกิตติกร	
รศ. นิลวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก	ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร	
รศ. บุญชัด	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก		
รศ. ยืน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ผศ. ธิติมา คุณยศยิ่ง	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
รศ. วิชัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ผศ. วิเชษฐ ยิ้มละมัย	ฝ่ายออกแบบงานศิลป์
รศ. วิชัย	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร. วศินวีโรดม เนติศักดิ์	ฝ่ายออกแบบงานศิลป์
รศ. สมชาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	ผศ. นราธิป วงษ์ปัน	ฝ่ายวารสารออนไลน์
รศ. สมพงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	Mr. James Fairhead	ฝ่ายตรวจสอบภาษาอังกฤษ
รศ. สายัณห์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	นาง วรัญญา ดวงแก้ว	ฝ่ายธุรการและการเงิน
รศ. สุมาลี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ	นางสาว กมลชนก ถาแก้ว	ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ

วัตถุประสงค์ : เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์

บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์

กำหนดออกวารสาร : ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

เว็บไซต์วารสาร : <http://www.journal.litech.lpru.ac.th>

Industrial Technology
www.lpru.ac.in

สารจาก อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

วารสารวิชาการ ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม 2560 – มิถุนายน 2560 ดำเนินการจัดทำด้วยความทุ่มเทและความตั้งใจของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ด้วยการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) (กลุ่มที่ 1) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2558 - 2562 มีค่า Thai-Journal Impact Factors (T-JIF) ปี 2558 : 0.100 แสดงถึงมาตรฐานและคุณภาพของวารสารวิชาการ และเป็นการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิชาการเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศต่อไป อย่างยั่งยืน

ในโอกาสนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ ที่ร่วมกลั่นกรอง และคัดสรรผลงานวิชาการที่มีคุณภาพ รวมทั้งคณะทำงานทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการนี้ จนวารสารได้รับการรับรองคุณภาพในระดับชาติ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จะนำเสนอผลงานวิชาการที่มีคุณภาพและเป็นประโยชน์ต่อวงวิชาการเช่นนี้ต่อไป

ธิดา นกข.

รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ สายธนู
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

สารจาก บรรณาธิการ

การจัดทำวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม 2560 – มิถุนายน 2560 มีบทความจำนวน 10 เรื่อง มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และผลการดำเนินงานของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง ซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) (กลุ่มที่ 1) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2558 - 2562 ค่า Thai-Journal Impact Factors (T-JTF) ปี 2558 : 0.100 ด้วยความตั้งใจและทุ่มเทของคณะทำงาน ในการพัฒนาคุณภาพวารสารวิชาการ ตามมาตรฐานวารสารวิชาการระดับชาติ

จากผลการดำเนินการของวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง ที่เป็นสื่อกลางในการตีพิมพ์ เผยแพร่บทความวิชาการและผลงานวิจัย ของนักวิชาการ คณาจารย์และนักวิจัย ในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จนเป็นที่รู้จักและยอมรับในวงวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้คณะทำงานมีกำลังใจในการพัฒนาคุณภาพวารสารวิชาการให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้นและยั่งยืนต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนาจจิตกร
บรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง

สารบัญ

สารจากอธิการบดี

สารจากบรรณาธิการ

หน้า

ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส โดยวิธี AHP กันต์ธมน สุขกระจ่าง	1
การออกแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ เพื่อรองรับ เขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน จังหวัดเชียงราย เกริก กิตติคุณ, ฤชงค์ มณีชัย, ลิปราง เจริญผล, วิบูลพร วุฒิกุล และรัชนิกร กุศลานนท์	12
อิทธิพลของความเร็วรอบและระยะกวดอัดที่ส่งผลต่อการเชื่อมเสียดทาน ของอะลูมิเนียมหล่อทิ้งของแข็ง SSM 6061 ชัยยุทธ มีงาม และศุภชัย ชัยณรงค์	26
การจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ และสุรัชชัย บุญเจริญ	40
การบำรุงรักษาหีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวม ของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมเหล็กรูปพรรณ ธนะรัตน์ รัตนกุล	50
การวิเคราะห์คาบเวลาของสัญญาณไฟจราจร โดยการจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย นคร ไชยวงศ์ศักดิ์, ประเวศ อนันต์, นิเวศ จินะบุญเรือง, เสกสรรค์ วินยวงศ์กุล, ขวัญเรือน สันณรงค์ ชยากร พุทธกำเนิด, พัชรดา ดินดาน, สุชัยญา สามชัย, และปิยะมาศ เครือวงศ์	63
การพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิกอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตเป็นจ่อกรองน้ำยางพารา ของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ นิวัตร พัฒนะ	75
วิธีการการพยากรณ์ความต้องการปุ๋ยเคมี กรณีศึกษา สหกรณ์การเกษตรชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์ ปิยะกิจ กิจติตุลาภานนท์	89
ผลของตัวแบบที่ส่งผลต่อความสามารถในการชำระหนี้ซื้อ ของสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียน ไพจิตร สุขสมบูรณ์ และนิชา นภาพร จงกะลิกิจ	101

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
พัฒนาระบบการจัดการการดำเนินงานและช่วยในการตัดสินใจในการศึกษาปัจจัย ที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศและการแปรรูป ศัญญาพัฒน์ เสนจันทร์ผไท และญาดา ตาเมืองมูล	111
ภาคผนวก	122
ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการ	123
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินบทความ	131

ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้ง ของร้านขายแก๊ส โดยวิธี AHP

The impact factor of decision to select location of gas retailer By AHP

กันต์ธมน สุขกระจำ^{1*}

^{1*}สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

160 ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

โทรศัพท์ 085-5539705 E-mail : skantamon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส โดยวิธี AHP มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊สโดยการจำลองแบบ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ตัดสินใจเป็นผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส โดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 7 ราย เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลอย่างเต็มที่ในการจำลองแบบ และนำข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก พบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านรายละเอียดของสถานประกอบการ (0.409) ด้านแหล่งวัตถุดิบ (0.340) ด้านแหล่งลูกค้า (0.211) และด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (0.132)

คำสำคัญ : การตัดสินใจ, การเลือกทำเลที่ตั้ง, วิธี AHP

Abstract

The aim of the research was to study the procedures of the decisions to select a gas shop location by gas retailers with the means of AHP. The selection of the gas shop location depended upon the decision making process by management or the local authority with proposed sampling of 7 cases because such groups had fully cooperated to collect data.

The analysis of this study used information from documentation and other factors to form a model for comparing the main factors with secondary factors.

The results of the weight of the main factors indicated that the important weight value of the main factors sorted in descending order were as follows: Details of establishment (0.409) Source of raw materials (0.340) Source of customer (0.211) and facilities (0.132)

Keywords : Decision making, Location, AHP

1. บทนำ

ในปัจจุบันทั่วโลกได้ใช้ก๊าซหุงต้มหรือ ก๊าซแอลพีจี (LPG = Liquefied Petroleum Gas) ในบางประเทศจะเรียกว่า Town Gas เป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด การเผาไหม้ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งนำมาช่วยในการดำรงชีวิตประจำวันมากขึ้น เช่น ใช้ในการประกอบอาหาร ใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง และได้เกิดอุบัติเหตุจากก๊าซหุงต้มอยู่เรื่อย ๆ ส่วนใหญ่จะมีผลกระทบต่อประชากรทั่วไป

การตัดสินใจเลือกที่ทำเลตั้งเป็นประเด็นสำคัญที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการวางแผนเลือกทำเลที่ตั้ง ซึ่งปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งและกระบวนการเลือกทำเลที่ตั้ง ประกอบด้วย หน่วยที่อยู่อาศัย หน่วยธุรกิจ และสถาบันสาธารณะ ซึ่งทั้งสามประเภทนี้การตัดสินใจเลือกที่ตั้งในแนวทางเดียวกัน แต่มีรายละเอียดที่แตกต่างกัน ในการตัดสินใจที่เลือกที่ตั้งของหน่วยที่ตั้งไม่จำเป็นต้องมีเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์เสมอไป ทั้งนี้อาจจะเป็นด้วยเหตุผลทางการเงิน หรือทางสังคมก็ได้ (Edgar M.Hoover, 1975) ปัจจัยสำคัญ ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเลือกทำเลที่ตั้ง แต่ละระดับความรุนแรงจะแตกต่างกันไป ตามความต้องการที่แตกต่างกันของหน่วยที่ตั้งแต่ละประเภท ปกติเมื่อต้องตัดสินใจหน่วยที่ตั้งจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และต้องยอมแลกระหว่างปัจจัยการเลือกที่ตั้งและความปลอดภัยของที่ตั้ง ดังที่คีวต์ม กมลคุณานนท์ (2554) ได้ทำการศึกษาถึงความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างอาคาร ซึ่งให้ความสำคัญของกิจกรรมความปลอดภัย

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด (Best Alternatives) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหารหรือผู้ประกอบการ โดยมีหลักการง่าย ๆ คือ แบ่งโครงสร้างของปัญหาออกเป็นชั้น ๆ ชั้นแรก คือ การกำหนดเป้าหมาย (Goal) แล้วจึงกำหนดเกณฑ์ (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Subcriteria) และทางเลือก (Alternatives) ตามลำดับ (Saaty, 1980) แล้วจึงวิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบ (Trade off) เกณฑ์ในการคัดเลือกทางเลือกทีละคู่ เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจว่าเกณฑ์ไหนสำคัญกว่ากัน และเพื่อจัดลำดับทางเลือกและหาทางเลือกที่ดีที่สุดได้ ในปัจจุบันวิธี AHP เป็นวิธีหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multicriteria Decision Making) ซึ่งมีผู้นิยมใช้กันมาก (Lequna et. al., 1999) เช่น การคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ (กันต์ธมน สุขกระจ่าง, 2558) การเลือกทำเลที่ตั้งอุตสาหกรรมเชิงพฤติกรรม (วัลลภ ทองอ่อน, 2535) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาปรับปรุง ส่งก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับกิจการ และให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันโดยใช้ในการวางแผนในการบริหารจัดการต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส โดยการจำลองแบบ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process, AHP) เข้ามาช่วยในการหาปัจจัย และน้ำหนักของปัจจัยที่ใช้ในการเลือกทำเลที่ตั้ง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการศึกษาจากเอกสารแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

3.1 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านแก๊ส ในพื้นที่จังหวัดสงขลา ทั้งสิ้น 7 ราย

ขอบเขตด้านประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้ประกอบการร้านขายแก๊สในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ราย โดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) (กัลยา วาณิชบัญชา, 2542)

3.2 วิธีการสร้างแบบสอบถาม

1) ทำการศึกษาจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเลือกทำเลที่ตั้ง และการเก็บรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำมาแบ่งกลุ่ม ซึ่งจากบทความวิจัย บทความวิชาการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องนั้น

2) นำประเด็นที่ได้มากำหนดโครงสร้างของปัจจัย โดยนำมาแบ่งเป็นปัจจัยหลัก และปัจจัยรองตามรูปแบบของวิธีการเชิงลำดับชั้น

3) นำโครงร่างแบบสอบถามที่ได้สอบถามกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาค่าน้ำหนักของปัจจัยและเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองแต่ละคู่ เพื่อเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบโดยวิธี AHP ผู้วิจัยได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักแต่ละคู่

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองแต่ละคู่

3.3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ลำดับชั้นในการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) มีขั้นตอนพอสรุปได้ดังนี้

1) กำหนดปัญหาและแยกองค์ประกอบของปัญหา ทำการแบ่งองค์ประกอบของปัญหา ทั้งส่วนที่เป็นนามธรรมและรูปธรรม

2) สร้างแผนภูมิลำดับชั้น หลังจากแยกย่อยองค์ประกอบของปัญหาทั้งหมดแล้ว จึงจัดระบบใหม่ให้องค์ประกอบเหล่านั้นอยู่ในรูปของแผนภูมิลำดับชั้น ซึ่งลักษณะของแผนภูมิ จะแสดงถึงความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงกันของปัจจัยต่าง ๆ กับตัวอย่าง

3) การวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญ ขั้นตอนในการหาลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ คือ วินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ เป็นคู่ ๆ ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ เครื่องมือที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบในลักษณะเป็นคู่ ๆ

โดยในการวินิจฉัยเปรียบเทียบทีละคู่ นั้น ผู้วิจัยทำการวินิจฉัยจะต้องทราบว่าปัจจัย ที่ทำการพิจารณานั้นมีความสำคัญต่อการส่งผลมีอิทธิพลหรือมีประโยชน์มากกว่าปัจจัยอื่นที่ถูกนำมา เปรียบเทียบในระดับใด ซึ่งในการเปรียบเทียบผู้ทำการตัดสินใจจะต้องแสดงการวินิจฉัยหรือต้องแสดง ความคิดเห็นให้ออกมาในรูปของคำพูดง่าย ๆ เช่น มากกว่า น้อยกว่า มากที่สุด ก่อนแล้ว จึงใช้ค่า

ตัวเลขแทนการวินิจฉัย โดยมีมาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ช่วยเสนอแนะแนวทางการวินิจฉัยดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตราส่วนมูลฐาน AHP 1-9

ดุลยพินิจ (Verbal Judgments)	มาตราส่วนที่ใช้เปรียบเทียบ
มีความสำคัญเท่ากัน (Equal Importance)	1
มีความสำคัญกว่า (Moderate Importance)	3
มีความสำคัญมากกว่า (Strong Importance)	5
มีความสำคัญมากกว่ามาก (Very Strongly Importance)	7
มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง (Extreme Importance)	9
ค่ากลางระหว่างระดับความเข้มข้นของอิทธิพลตามที่กล่าวมาข้างต้น	2, 4, 6, 8

ที่มา: Saaty, 1996

จากนั้นจึงดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญ ดังนี้

ขั้นที่ 1 เปรียบเทียบลำดับความสำคัญทีละคู่ แล้วนำค่าที่ได้ใส่ในตารางเมตริกซ์ A

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่า Normalized Matrix ของเมตริกซ์ A ในแต่ละแถวโดยที่ค่า ปกติที่ได้นี้จะแทนค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในแต่ละลำดับขั้นนั้น ๆ การหาค่าปกติหาได้จากค่าเฉลี่ยของความสำคัญในแต่ละแถว

ขั้นที่ 3 การหาลำดับความสำคัญในลำดับขั้นถัดมา ทำได้โดยการทำย้อนกลับไปในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 จากนั้นนำค่าเกณฑ์การตัดสินใจที่คำนวณได้จากลำดับขั้นที่อยู่สูงกว่า 1 ขึ้นมาเป็นตัวคูณค่า Normalized ของลำดับขั้นที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณก็จะได้ค่าลำดับความสำคัญในลำดับขั้นรองลงมาตามเกณฑ์ของปัจจัยนั้น ๆ ทำเช่นนั้นจนครบ

4) คำนวณหาอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency) เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลของการเปรียบเทียบคู่ที่มีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่

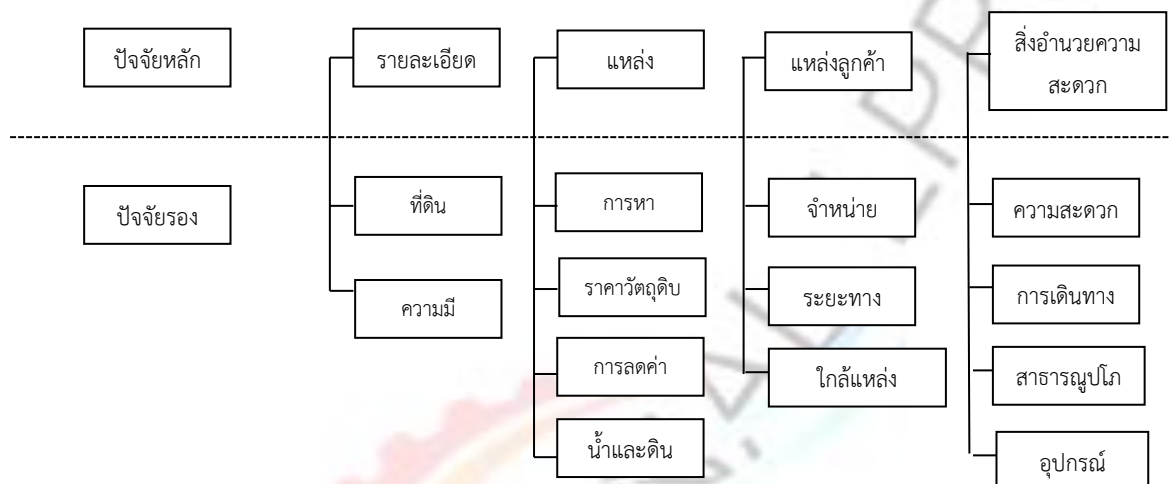
การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างในการหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยและนำค่าน้ำหนักที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและนำใส่ลงในเมตริกซ์แล้วทำการเปรียบเทียบทีละคู่ ๆ จะได้ลำดับความสำคัญของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. นำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น (ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักแต่ละคู่) โดยให้ผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการคัดเลือกผู้ให้บริหารขนส่ง ทำการให้ข้อมูลเพื่อจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบทีละคู่ในแต่ละปัจจัย

2. นำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น (ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองแต่ละคู่) โดยให้ผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจการเลือกทำเลที่ตั้งทำการให้ข้อมูลเพื่อจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบทีละคู่ในแต่ละปัจจัย

3. นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าน้ำหนักซึ่งได้จากแบบสอบถาม ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ย และนำค่าน้ำหนักที่ได้มาใส่ในตารางเมตริกซ์ และนำการเปรียบเทียบทีละคู่ตามเกณฑ์ของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้โครงสร้างการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น AHP สำหรับการวิเคราะห์ในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้ง

ในการพิจารณากระบวนการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งและผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสารบทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งและการเก็บรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำมาแบ่งกลุ่ม และจากบทความวิจัย บทความวิชาการและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้มีผู้วิจัยหลายท่านทำการศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดเกณฑ์ปัจจัยหลักและปัจจัยรองดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างการวิเคราะห์การคัดเลือกทำเลที่ตั้งของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบสอบถามโดยทำการศึกษาจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเลือกทำเลที่ตั้ง ได้ปัจจัยหลักและปัจจัยรอง ดังนี้ รายละเอียดของสถานประกอบการ (ราคาที่ดิน ความมีชื่อเสียงของพื้นที่) ด้านแหล่งวัตถุดิบ (การจัดหาวัตถุดิบ ราคาวัตถุดิบ การลดค่าขนส่งของวัตถุดิบ ทรัพยากรน้ำและดิน) ด้านแหล่งลูกค้า (การจำหน่ายสินค้า ระยะทางของค่าขนส่งสินค้า สถานที่ใกล้แหล่งผู้บริโภค) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (ความสะดวกในการขนส่ง การเดินทาง ระบบสาธารณูปโภค อุปกรณ์/เครื่องมือ) ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลในการเลือกทำเลที่ตั้งของกลุ่มอื่น ๆ นั้น พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้ง จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ สุดาพิทย์ ต้นดินกุลชัย และศักดา หงส์ทอง (2457) ให้ความสำคัญกับด้านแหล่งวัตถุดิบ (การจัดหาวัตถุดิบ, ราคาวัตถุดิบ, การลดค่าขนส่งของวัตถุดิบ และทรัพยากรน้ำและดิน) และวัลลภ ทองอ่อน (2535) ทำการศึกษาเรื่องทำเลที่ตั้งอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้ง คือ ปัจจัยด้านแหล่งวัตถุดิบ ความมีชื่อเสียงของพื้นที่ และค่าขนส่ง ตามลำดับ

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกผู้ให้บริการขนส่งของปัจจัยหลัก ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้ตอบแบบสอบถามจะเป็นผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ จะแสดงในรูปของค่า Normalized เมตริกซ์ A ซึ่งได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักแต่ละปัจจัย ดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยหลักในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

ปัจจัยหลักด้าน	Normalized เมตริกซ์ A				น้ำหนัก	ลำดับ
รายละเอียดทั่วไป	0.507	0.690	0.296	0.287	0.445	1
แหล่งวัตถุดิบ	0.163	0.221	0.553	0.667	0.401	2
แหล่งลูกค้า	0.199	0.046	0.116	0.436	0.199	3
สิ่งอำนวยความสะดวก	0.131	0.043	0.034	0.128	0.084	4

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก ในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ด้านรายละเอียดทั่วไปของบริษัท (0.445) ด้านแหล่งวัตถุดิบ (0.401) ด้านแหล่งลูกค้า (0.199) และด้านอำนวยความสะดวก (0.084)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยรองด้านรายละเอียดทั่วไปในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

ด้านรายละเอียดทั่วไป	Normalized เมตริกซ์ A		น้ำหนัก	ลำดับ
ราคาที่ดิน	0.750	0.750	0.750	1
ความมีชื่อเสียงของพื้นที่	0.250	0.250	0.250	2

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านรายละเอียดทั่วไป ในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส ได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านราคาที่ดิน (0.750) และด้านความมีชื่อเสียงของพื้นที่ (0.250)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยรองด้านแหล่งวัตถุดิบในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

ด้านแหล่งวัตถุดิบ	Normalized เมตริกซ์ A				น้ำหนัก	ลำดับ
การจัดหาวัตถุดิบ	0.545	0.600	0.512	0.487	0.536	1
ราคาวัตถุดิบ	0.182	0.200	0.244	0.256	0.221	2
การลดค่าขนส่งของวัตถุดิบ	0.130	0.100	0.122	0.128	0.120	4
ทรัพยากรน้ำและดิน	0.143	0.100	0.122	0.128	0.123	3

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านแหล่งวัตถุดิบ ในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส ได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการจัดหาวัตถุดิบ (0.536) ด้านราคาวัตถุดิบ (0.221) ด้านทรัพยากรน้ำและดิน (0.123) และการลดค่าขนส่งของวัตถุดิบ (0.120)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยรองด้านแหล่งลูกค้าในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

ด้านแหล่งลูกค้า	Normalized เมตริกซ์ A			น้ำหนัก	ลำดับ
การจำหน่ายสินค้า	0.393	0.444	0.318	0.385	1
ระยะทางของค่าขนส่งสินค้า	0.327	0.370	0.455	0.384	2
สถานที่ใกล้แหล่งผู้บริโภค	0.280	0.185	0.227	0.231	3

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านแหล่งลูกค้าในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส ได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการจำหน่ายสินค้า (0.385) ด้านระยะทางของค่าขนส่งสินค้า (0.384) และสถานที่ใกล้แหล่งผู้บริโภค (0.231)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยรองด้านสิ่งแวดล้อมความสะดวก ในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

สิ่งแวดล้อมความสะดวก	Normalized เมตริกซ์ A				น้ำหนัก	ลำดับ
ความสะดวกในการขนส่ง	0.505	0.686	0.347	0.320	0.465	1
การเดินทาง	0.149	0.202	0.452	0.360	0.291	2
ระบบสาธารณูปโภค	0.220	0.067	0.151	0.240	0.169	3
อุปกรณ์/เครื่องมือ	0.126	0.045	0.050	0.080	0.075	4

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านแรงงานสัมพันธ์ ในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส ได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ด้านความสะดวกในการขนส่ง (0.465) ด้านการเดินทาง (0.291) ด้านระบบสาธารณูปโภค (0.169) และอุปกรณ์/เครื่องมือ (0.075)

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์การสอดคล้องในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านแก๊ส ของปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบความสอดคล้องของปัจจัยหลักในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

ตรวจสอบความถูกต้อง		ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนความสัมพันธ
AW (Average Weight)	สัดส่วนความสัมพันธ	
2.530	5.681	4.553*
1.929	4.813	
0.744	3.731	
0.335	3.985	
2.530	5.681	
1.929	4.813	
C.I.	0.184	
C.I./R.I. (C.R.)	0.205	

จากตารางที่ 7 แสดงค่าผลการตรวจสอบค่าความสอดคล้อง ค่า C.R. มีค่า 0.205 แสดงว่าค่าความสอดคล้องมีค่ามากกว่า 0.1 ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงมีความสอดคล้องกันน้อย

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบความสอดคล้องของปัจจัยรองในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส

ปัจจัยรอง	C.I.	C.I./R.I. (C.R.)
ด้านรายละเอียดทั่วไป	0.000	0.000
ด้านแหล่งวัตถุดิบ	0.007	0.008
ด้านแหล่งลูกค้า	0.016	0.028
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก	0.104	0.115

จากตารางที่ 8 แสดงค่าผลการตรวจสอบค่าความสอดคล้อง ด้านรายละเอียดทั่วไปด้านแหล่งวัตถุดิบและด้านแหล่งลูกค้า พบว่า ค่าความสอดคล้องมีค่าน้อยกว่า 0.1 เป็นอย่างมาก ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงมีความสอดคล้องกันสูง ส่วนด้านสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า ค่าความสอดคล้องมีค่ามากกว่า 0.1 ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีความสอดคล้องกันน้อย

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส โดยวิธี AHP มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊สโดยวิธีการจำลองแบบ กลุ่มผู้ตัดสินใจเป็นผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส โดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบสอบถามโดยทำการศึกษาจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง และทำการเก็บรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้กับร้านขายแก๊ส

หลังจากทำการศึกษาและรวบรวมความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองจากเอกสาร บทความ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเกี่ยวกับการการเลือกทำเลที่ตั้ง และนำประเด็นต่าง ๆ สอบถามกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณา และวิเคราะห์ถึงปัจจัยและประเด็นต่าง ๆ เพื่อนำมาคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง หลังจากนั้นนำประเด็นที่ได้มากำหนดโครงสร้างของปัจจัย โดยนำมาแบ่งเป็นปัจจัยหลักและปัจจัยรองตามรูปแบบของวิธีการเชิงลำดับชั้นโดยแบ่งโครงสร้างปัจจัยหลักทั้งหมด ทั้งหมด 4 กลุ่ม ประกอบไปด้วยปัจจัยรองอีก 13 กลุ่ม และสามารถสรุปค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และค่าความสอดคล้องในตารางที่ 9

1. ด้านรายละเอียดของสถานประกอบการ
 - 1) ราคาที่ดิน
 - 2) ความมีชื่อเสียงของพื้นที่
2. ด้านแหล่งวัตถุดิบ
 - 1) การจัดหาวัตถุดิบ
 - 2) ราคาวัตถุดิบ
 - 3) การลดค่าขนส่งของวัตถุดิบ
 - 4) ทรัพยากรน้ำและดิน

3. ด้านแหล่งลูกค้า
 - 1) การจำหน่ายสินค้า
 - 2) ระยะเวลาของค่าขนส่งสินค้า
 - 3) สถานที่ใกล้แหล่งผู้บริโภค
4. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก
 - 1) ความสะดวกในการขนส่ง
 - 2) การเดินทาง
 - 3) ระบบสาธารณูปโภค
 - 4) อุปกรณ์/เครื่องมือ

ตารางที่ 9 ผลการแสดงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก ปัจจัยรองและค่าความสอดคล้อง

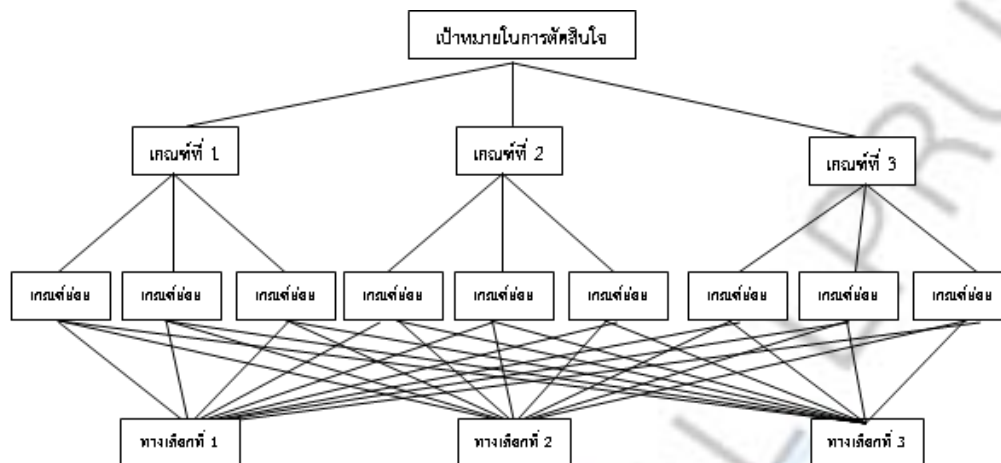
ปัจจัยหลัก	น้ำหนัก	C.R.	ปัจจัยรอง	น้ำหนัก	C.R.
รายละเอียดทั่วไป	0.445	0.205	ราคาที่ดิน	0.750	0.000
แหล่งวัตถุดิบ	0.401		ความมีชื่อเสียงของพื้นที่	0.250	
			การจัดหาวัตถุดิบ	0.536	0.008
			ราคาวัตถุดิบ	0.221	
			การลดค่าขนส่งของวัตถุดิบ	0.120	
			ทรัพยากรน้ำและดิน	0.123	
แหล่งลูกค้า	0.199		การจำหน่ายสินค้า	0.385	0.028
			ระยะเวลาของค่าขนส่งสินค้า	0.384	
			สถานที่ใกล้แหล่งผู้บริโภค	0.231	
สิ่งอำนวยความสะดวก	0.084		ความสะดวกในการขนส่ง	0.465	0.115
			การเดินทาง	0.291	
			ระบบสาธารณูปโภค	0.169	
			อุปกรณ์/เครื่องมือ	0.075	

จากตารางที่ 9 พบว่า 1) ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยด้านรายละเอียดทั่วไป 2) ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองที่มีค่ามากที่สุด คือ ด้านราคาที่ดิน 3) ค่าความสอดคล้องด้านรายละเอียดทั่วไป ด้านแหล่งวัตถุดิบ ด้านแหล่งลูกค้า มีค่าน้อยกว่า 0.1 แสดงว่ามีความสอดคล้องกันเป็นอย่างมาก ส่วนด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ลูกค้า มีค่ามากกว่า 0.1 แสดงว่ามีความสอดคล้องกันน้อย

6. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการพิจารณาปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกทำเลที่ตั้งด้วยเทคนิคลำดับชั้น จะต้องกำหนดปัจจัยให้ครอบคลุมในการตัดสินใจ ดังนั้นการสร้างแผนภูมิลำดับชั้น โดยการกำหนดเป้าหมายและแบ่งปัจจัยออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยมีการกำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยรอง เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา

ความซ้ำซ้อนในการตอบแบบสอบถาม รวมไปถึงความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่เกินความเป็นจริง
ดังภาพ



7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แบบจำลองที่ได้ทำการหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย และนำค่าน้ำหนักที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และนำค่าน้ำหนักที่ได้ใส่ลงในเมตริกซ์แล้วทำการเปรียบเทียบทีละคู่ จะได้ลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยผู้ประกอบการร้านขายแก๊ส ให้ค่าน้ำหนักตัดสินใจในกระบวนการเลือกทำเลที่ตั้ง และสามารถนำค่าน้ำหนักปัจจัยที่ได้ประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นได้ต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- กันต์ธมน สุขกระจำง. (2558). การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นของระบบตัดสินใจ ในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ : บริษัทกรณีศึกษา. วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2558, หน้า 1-11.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2542). การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- วัลลภ ทองอ่อน. (2535). การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งอุตสาหกรรมเชิงพฤติกรรม : กรณีศึกษาโรงงาน อุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาภูมิศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิวัตม์ กมลคุณานนท์. (2554). การศึกษาการประยุกต์ใช้กิจกรรมความปลอดภัยในโครงการก่อสร้าง อาคารขนาดกลางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 เมษายน 2554 - กันยายน 2554, หน้า 17-31.

สุดาทิพย์ ตันตินิกุลชัย และศักดิ์ดา หงส์ทอง. (2547). **ธุรกิจการค้าและบริการเลือกทำเลที่ตั้งอย่างไรไปสู่ความสำเร็จ**. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล.

Edgar M.Hoover. (1975). **An introduction to regional economics**. 2d ed. New York : Knopf.

Laguna, E. H., Sanchez-Toribio, M. I., Diaz, L. R. and A. Leon. (1999). Multiple Criteria Decision Making (MCDM), applied to the Modernization Plan of the Traditional Irrigation of Mula, Spain. **ICID Journal** 48 (3) : 47-58.

Saaty, T.L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process**, New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.

การออกแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ เพื่อรองรับเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน จังหวัดเชียงราย

The Townscape Design of Chiang Saen Historic Town for Border Economic Zone in Chiang Rai Province

เกริก กิตติคุณ^{1*}, ฤชชงค์ มณีขัติย์², สิปราง เจริญผล³, วิบูลพร วุฒิกุล⁴ และรัชนิกร กุศลานนท์⁵

^{1*,2,3,4,5} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ที่ 9 ถนนพหลโยธิน ตำบลบ้านดู่
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 โทรศัพท์ 053-776015 โทรสาร 053-776015 E-mail : krurk147@hotmail.com

บทคัดย่อ

เมืองเก่าเชียงใหม่ เป็นเมืองสำคัญทางประวัติศาสตร์ของอารยธรรมล้านนา ที่ปรากฏร่องรอยโบราณสถานที่สำคัญถึง 76 วัด ในเขตกำแพงเมืองเก่า แม้ว่าเมืองเชียงใหม่ควรส่งเสริมการอนุรักษ์ แต่จากนโยบายของภาครัฐในการจัดตั้งเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนในพื้นที่อำเภอเชียงแสน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการขยายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกระทบต่อชุมชนเมืองเก่า รวมทั้งการรุกรานแนวเขตโบราณสถาน และสภาพภูมิทัศน์ทางวัฒนธรรมของเมือง การดำเนินงานวิจัยโดยใช้การสัมภาษณ์ความต้องการรูปแบบภูมิทัศน์ของเมืองเชียงใหม่ และการสนทนากลุ่มในประเด็นที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของภูมิทัศน์เมือง จากตัวแทนภาคประชาชน หน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน เพื่อสร้างรูปแบบการออกแบบภูมิทัศน์เมือง โดยใช้แนวคิดพิพิธภัณฑน์มีชีวิต คือ ส่งเสริมการพัฒนาเมืองเชียงใหม่ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมของชุมชนเมืองเก่า ให้เหมาะสมกับบริบทเอกลักษณ์ของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่

คำสำคัญ : การออกแบบภูมิทัศน์เมือง, เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่

Abstract

The ancient town of Chiang Saen is an important historical site in Chiang Rai province and the origin of The Lanna Kingdom with over 76 well-maintained archeological sites housed inside the ancient city wall. However, recent government policy promoting the area as a special border economic zone has resulted in the town becoming over-populated. Consequently, this has led to unauthorized land usage and trespassing upon historical sites. In addition to illegal land usage, modern buildings have also become visual pollution for its cultural landscape causing a devalued image and indistinctiveness to the Chiang Saen historic town. This study aimed to look into the problems and needs of the Chiang Saen townscape expressed by its inhabitants. Individual and group interviews concerning the potentiality of Chiang Saen townscape were conducted among the representatives from people, business and government sectors in order to create a townscape design. An inliving museum concept for the development of the Chiang Saen townscape would utilize parallel development with

conservation to maintain the identity and the context of the Chiang Saen historic town.

Keywords : Townscape design, Chiang Saen historic town

1. บทนำ

นโยบายจากภาครัฐที่ส่งเสริมให้จังหวัดเชียงราย ให้เป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจการค้าชายแดน และการท่องเที่ยวที่เชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้านในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Greater Mekong Sub regional) หรือ GMS และความร่วมมือของกลุ่มประเทศในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ทำให้ จังหวัดเชียงรายมีศักยภาพด้านที่ตั้งของการเป็นประตูที่จะเปิดไปสู่การค้าชายแดน และเป็นศูนย์กลาง ธุรกิจและการค้าของภูมิภาคอินโดจีน ในพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษ บริเวณอำเภอเชียงแสน จังหวัด เชียงราย (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคเหนือ. 2556, 47-50) ประกอบกับองค์การบริหาร การพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์การมหาชน) ได้ประเมินพื้นที่ท่องเที่ยว และศึกษาความเป็นไปได้ในการประกาศพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ของเมืองเก่าเชียง แสนและพื้นที่เชื่อมโยงในจังหวัดเชียงราย ได้สรุปผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้น พื้นที่เมือง เชียงแสนมีศักยภาพสูงในทุกๆด้านที่จะประกาศเป็นพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์การ บริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. 2558, 9-10) เมืองเก่าเชียงแสน เป็นเมือง สำคัญทางประวัติศาสตร์ของจังหวัดเชียงราย และเป็นต้นกำเนิดแหล่งอารยธรรมในภูมิภาคด้วยมีวัด และองค์เจดีย์ที่เก่าแก่ที่สำคัญของอาณาจักรล้านนา รวมทั้งความสำคัญของผังเมืองเชียงแสน ที่ปรากฏร่องรอยโบราณสถานตามแนวกำแพงเมืองเก่า คูน้ำคันดินล้อมรอบผังเมือง ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม ด้านไม่เท่า มีกำแพง 3 ด้าน ยกเว้นทางด้านทิศตะวันออกซึ่งติดกับแม่น้ำโขง มีวัดที่สำคัญถึง 76 วัด ในเขตเมืองเก่า ซึ่งเป็นมรดกทางสถาปัตยกรรมที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์สถาปัตยกรรมของเมือง จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ของเมืองเชียงแสน การสร้างเมืองเริ่มในราวพุทธศักราช 1300 เพื่อสร้างเมืองขึ้นริมฝั่งแม่น้ำโขงตั้งเป็นแคว้นโยนก ชื่อโยนกเชียงแสน ตามข้อมูลทางประวัติศาสตร์ ปรากฏตำนานที่สามารถอธิบายเรื่องราวของเมืองเชียงแสน คือ ตำนานสุวรรณโคมคำ ตำนานสิงหน วัติกุมาร และตำนานเมืองหิรัญนครเงินยาง กล่าวถึงการสร้างบ้านแปงเมืองของพญามังราย จนถึงสมัยพม่าปกครองเมืองเชียงแสน ในปีพุทธศักราช 2101 และการแบ่งเขตแดนปกครองของเมือง เชียงแสน เข้าในมณฑลพายัพของไทย (สรสวดี อ่องสกุล. 2529, 47- 54) การเปลี่ยนแปลงของเมือง ประวัติศาสตร์เชียงแสนที่เกิดจากนโยบายของภาครัฐในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา การพัฒนาเมืองเชียงแสน เพื่อมุ่งสู่การตั้งเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน ทำให้เกิดผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของจำนวน ประชากร และการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไร้ทิศทางของเมืองเชียงแสนที่มีการรุกล้ำแนว เขตโบราณสถาน อันเป็นผลให้เมืองขาดเอกลักษณ์และลดคุณค่าของเมืองประวัติศาสตร์เชียงแสน และส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์ทางวัฒนธรรมของเมืองประวัติศาสตร์ล้านนา นอกจากนี้ กระบวนการร่างผังเมืองรวมเชียงแสน อยู่ในขั้นตอนการแก้ไขและรับฟังความคิดเห็นของประชาชน ในพื้นที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่ยังไม่สามารถประกาศบังคับใช้ ทำให้ทิศทางการวางผังเมือง รวมเชียงแสน เพื่อควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขาดการบังคับใช้เป็นกฎหมายเพื่อบริหารจัดการเมือง ในอนาคต ทำให้เกิดข้อขัดแย้งในกรอบการพัฒนาเมือง ระหว่างกลุ่มธุรกิจนายทุนกับกลุ่มการอนุรักษ์

เมืองเก่าเชียงใหม่ จนทำให้ผังเมืองรวมเชียงใหม่ต้องล่าช้าและเกิดข้อคัดค้านที่ไม่ได้ใช้กระบวนการของการมีส่วนร่วมกับทุกภาคส่วน ทำให้การขยายตัวของเมืองที่ส่งผลกระทบต่อมลพิษของสภาพภูมิทัศน์เมือง และไม่มีแนวทางการพัฒนาและการอนุรักษ์เมืองให้คงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ทางสถาปัตยกรรม

จากประเด็นดังกล่าว แนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมของเมืองเชียงใหม่ให้คงอยู่อย่างยั่งยืน โดยใช้การออกแบบภูมิทัศน์เมืองที่สร้างอัตลักษณ์ในเชิงท่องเที่ยวให้ผู้คนเข้าไปเยี่ยมชมการอนุรักษ์เมืองที่ผ่านมุมมองของการท่องเที่ยว เพื่อบริหารจัดการมรดกทางสถาปัตยกรรมและอนุรักษ์วัฒนธรรมของผู้คนในเมือง โดยการสร้างรูปแบบเมืองให้มีชีวิตชีวา เหมือนเป็นพิพิธภัณฑ์มีชีวิต (Living Museum) จึงเป็นแนวคิดที่จะพัฒนาควบคู่ไปกับชุมชนในพื้นที่ที่เมืองเชียงใหม่สามารถขับเคลื่อน เมืองเชียงใหม่ ในการออกแบบภูมิทัศน์เมืองเพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมที่มีอยู่ ผสานกับรูปแบบวิถีชีวิตของชุมชนเชียงใหม่ ให้ถูกถ่ายทอดเป็นเรื่องราวเหมือนฉากเหตุการณ์ต่าง ๆ ทางประวัติศาสตร์ในเมืองเชียงใหม่ จากการจัดตั้งเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนในพื้นที่อำเภอเชียงแสน การอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่โดยหน่วยงานท้องถิ่น คือ เทศบาลตำบลเวียงเชียงแสน กำหนดนโยบายและแนวเขตพื้นที่สำหรับการวางแผนภูมิทัศน์ของชุมชนเมืองเก่า ที่เหมาะสมกับเอกลักษณ์ของเมืองเชียงใหม่ และสร้างทัศนียภาพภูมิทัศน์เมืองก่อนและหลังที่ให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตของชุมชนตามบริบทของเมืองเชียงใหม่ ซึ่งจะทำให้เมืองเชียงใหม่ไม่ได้เป็นเพียงเมืองเก่าทางโบราณสถาน แต่ยังคงไว้เอกลักษณ์ในการเป็นเมืองสำคัญทางประวัติศาสตร์ของอารยธรรมล้านนา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมของชุมชนเมืองเชียงใหม่ และสำรวจสภาพภูมิทัศน์ของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่

2.2 เพื่อศึกษาความต้องการรูปแบบภูมิทัศน์เมือง โดยชุมชนมีส่วนร่วมต่อการพัฒนาและการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมของเมืองเชียงใหม่

2.3 เพื่อออกแบบสภาพภูมิทัศน์เมืองที่สอดคล้องกับเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ เพื่อรองรับเขตเศรษฐกิจพิเศษ อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัย ประกอบด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

3.1 แบบสำรวจพื้นที่ภาคสนาม (Site Survey) โดยลงพื้นที่สำรวจสภาพสถาปัตยกรรมและการใช้ประโยชน์ที่ดินของชุมชน ในเขตเทศบาลตำบลเวียงเชียงแสน

3.2 แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In- Depth Interview) ด้านปัญหา และความต้องการในการพัฒนาสภาพแวดล้อมของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ โดยสัมภาษณ์ตัวแทนชุมชนในเขตเทศบาลตำบลเวียงเชียงแสน

3.3 การสนทนากลุ่ม (Focus Group) เพื่อพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการออกแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ ตามเอกลักษณ์ของเมืองล้านนา จากตัวแทนภาคประชาชน ตัวแทนจากหน่วยงานภาครัฐ และตัวแทนภาคเอกชน

3.4 การประเมินรูปแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ โดยการใช้การตรวจสอบรูปแบบกับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของงานออกแบบภูมิทัศน์เมือง จากผู้เชี่ยวชาญด้านสถาปัตยกรรมและผังเมือง

ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ดังนี้

1. กลุ่มผู้ให้ข้อมูล การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน และตัวแทนกลุ่มผู้ให้ข้อมูลของทั้ง 6 ชุมชน คือ ชุมชนเจดีย์หลวง ชุมชนทัพพาน ชุมชนริมโขง ชุมชนนางช้าง ชุมชนล้านทอง และชุมชนผ้าขาวปาน จำนวนชุมชนละ 5 คน รวม 30 คน ในการสัมภาษณ์ถึงสภาพปัญหาและความต้องการ ด้านการพัฒนาสภาพแวดล้อมของชุมชนเมืองเชียงใหม่

2. กลุ่มผู้ให้ข้อมูลการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ในประเด็นเกี่ยวกับองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการออกแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ จากตัวแทนจาก 3 ภาคส่วน ๆ ละ 3 คน คือ ตัวแทนในภาคประชาชน ตัวแทนจากหน่วยงานภาครัฐ และตัวแทนภาคเอกชน รวมจำนวนทั้งสิ้น 9 คน ประกอบด้วย ดังนี้

1) ตัวแทนในภาคประชาชน คือ กลุ่มรักษ์เมืองเชียงใหม่ กลุ่มวัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่ และกลุ่มเยาวชนเมืองเชียงใหม่ รวม 3 คน

2) ตัวแทนจากหน่วยงานภาครัฐ คือ ตัวแทนจากเทศบาลเวียงเชียงใหม่ ตัวแทนจากอำเภอเมืองเชียงใหม่ และตัวแทนจากหน่วยศิลปากรที่ 8 รวม 3 คน

3) ตัวแทนภาคเอกชน คือ จากสถานประกอบการเอกชนในเมืองเชียงใหม่ คือ ผู้ประกอบการท่องเที่ยวโรงแรม ผู้ประกอบการขนส่งสินค้าทางเรือ ผู้ประกอบการร้านค้าในตลาดสดเทศบาล รวม 3 คน

3. กลุ่มผู้ให้ข้อมูลการประเมินรูปแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ โดยการใช้การตรวจสอบรูปแบบกับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของงานออกแบบภูมิทัศน์เมืองจากผู้เชี่ยวชาญด้านสถาปัตยกรรมและผังเมือง จำนวน 3 ท่าน คือ ผู้เชี่ยวชาญจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้เชี่ยวชาญจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และผู้เชี่ยวชาญจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูล ตามขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากการวิเคราะห์เนื้อหาเอกสาร (Content Analysis) โดยการอ่านและวิเคราะห์เนื้อหาเอกสาร ตามประเด็นที่ได้กำหนดไว้ในงานวิจัย

2. สภาพพื้นที่ตามการสำรวจภาคสนาม โดยการวิเคราะห์ลักษณะสภาพแวดล้อมของเมืองจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในสภาพปัจจุบัน ตำแหน่งที่ตั้ง ขนาด และสภาพของอาคารประเภทต่าง ๆ และพื้นที่สาธารณประโยชน์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ประมวลผล โดยใช้โปรแกรมในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems : GIS) ในแผนผังแสดงขอบเขตพื้นที่การออกแบบสร้างสรรค์ภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่

3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์เชิงลึก และการสนทนากลุ่ม โดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากการบันทึก (Content Analysis) เพื่อสร้างรูปแบบการออกแบบสภาพภูมิสถาปัตยกรรมตามเอกลักษณ์ของเมืองวัฒนธรรมเชียงใหม่ เช่น การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมในพื้นที่เส้นทาง

การท่องเที่ยวของพิพิธภัณฑ์มีชีวิต การออกแบบทางสัญจรและทางเท้า การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ริมทาง การออกแบบป้ายบอกทางและป้ายอธิบายสถานที่ในเขตเมืองเชียงใหม่ ที่เป็นเอกลักษณ์ของเมือง เชียงแสน โดยทำทัศนียภาพจำลองการออกแบบสภาพภูมิทัศน์เมือง ที่สอดคล้องและเหมาะสมกับเมือง ประวัติศาสตร์เชียงใหม่

4. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการประเมินรูปแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ โดยใช้การตรวจสอบรูปแบบกับผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดแนวทางและตัวอย่างงานทัศนียภาพการออกแบบ สภาพภูมิทัศน์เมือง ตามแนวคิดพิพิธภัณฑ์มีชีวิต ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาเมืองเชียงใหม่ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับบริบทเอกลักษณ์ของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตด้านเวลาตามเนื้อหาของงานวิจัย จากการศึกษาสภาพภูมิทัศน์เมือง ของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ ตั้งแต่อดีต จนถึงปัจจุบัน และงานวิจัยจากการออกแบบสภาพ ภูมิทัศน์เมือง ตามแนวคิดพิพิธภัณฑ์มีชีวิต ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนสิงหาคม ในปี พ.ศ. 2558 เพื่อสรุปผลการศึกษาให้หน่วยงานท้องถิ่น คือ เทศบาลเวียงเชียงแสน ได้ดำเนินงานตามแผน ยุทธศาสตร์ของการพัฒนาในระยะ 3 ปี (ปีพ.ศ. 2559 – 2561)

4. ผลการวิจัย

การศึกษาภูมิทัศน์ของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ จากสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ พบว่า สภาพแวดล้อมของเมือง เชียงแสนประกอบด้วย ภูมิทัศน์วัฒนธรรมทางโบราณสถานและทางธรรมชาติบริเวณริมแม่น้ำโขง ซึ่งเป็นต้นกำเนิดแหล่งอารยธรรมล้านนาในภูมิภาค ด้วยมีวัดและองค์เจดีย์ที่เก่าแก่จำนวนมากที่สำคัญ ในเขตพื้นที่ฝั่งเมืองเชียงแสน ประกอบด้วย แนวกำแพงเมืองเก่า น้ำคันดินล้อมรอบและประตูเมือง ที่ปรากฏร่องรอยโบราณสถานค่อนข้างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นมรดกทางสถาปัตยกรรมที่ทรงคุณค่า แก่การอนุรักษ์ จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) ทั้ง 6 ชุมชน คือ ชุมชนเจดีย์หลวง ชุมชนทัพพาน ชุมชนริมโขง ชุมชนนางเซ้ง ชุมชนล้านทอง และชุมชนผ้าขาวบ้าน พบว่า สภาพปัญหาที่ ส่งผลต่อวิถีชีวิตชุมชน คือ ปัญหาด้านเศรษฐกิจ และปัญหาการรุกล้ำพื้นที่โบราณสถานชุมชน ส่วนการ แก้ไขปัญหา ควรผสมผสานระหว่างวิถีชีวิตในปัจจุบันที่ส่งเสริมการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์โบราณสถาน เน้นให้มีพื้นที่สีเขียวเป็นองค์ประกอบในพื้นที่ต่าง ๆ ของเมือง เชียงแสน เช่น พื้นที่โดยรอบโบราณสถาน พื้นที่ริมทางเท้า พื้นที่กิจกรรมและลานพักผ่อนริมแม่น้ำโขง สิ่งสำคัญที่คนในท้องถิ่นต้องการในงานภูมิทัศน์เมือง เพื่อสร้างความเป็นระเบียบและสวยงาม โดยการ จัดการภูมิทัศน์ให้เป็นไปอย่างเหมาะสมกับอัตลักษณ์เมือง องค์ประกอบการอนุรักษ์ฟื้นฟูวัฒนธรรม และสถาปัตยกรรมของเมืองให้คงเอกลักษณ์ของเมือง ควรดำเนินการออกแบบวางผัง และข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ประเภทการอนุรักษ์และพื้นที่ส่งเสริมการพัฒนาและกำหนดแนวเขตกันชน (Buffer Zone) ที่ชัดเจนระหว่างเขตการใช้ประโยชน์แต่ละประเภท และสร้างแนวทางการบริหาร และการจัดการเมืองเพื่อการอนุรักษ์ และพัฒนาเมืองให้เกิดความร่วมมือกันอย่างจริงจังของหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนไม่มีระบบการประสานงานและสื่อสารข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสร้างมาตรการในการควบคุมและการจัดการกับสภาพแวดล้อม และภูมิทัศน์และมาตรการในการ

ควบคุมรูปแบบของอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เช่น รูปทรงอาคาร ขนาดอาคาร ความสูง ความหนาแน่นของอาคาร วัสดุก่อสร้างและสีภายนอกอาคาร เป็นต้น

การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมในพื้นที่ เพื่อกำหนดแนวทางและตัวอย่างงานทัศนียภาพ การออกแบบสภาพภูมิทัศน์เมือง ให้เกิดความร่วมมือกับประชาชนในท้องถิ่น หน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน โดยการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ตามองค์ประกอบการออกแบบสภาพภูมิสถาปัตยกรรม ในการเลือกพื้นที่ต้นแบบที่สำคัญทางภูมิทัศน์เมืองเชียงใหม่ จากลักษณะโครงสร้างเมือง และลักษณะพื้นที่กิจกรรมที่เกิดขึ้น สามารถแบ่งพื้นที่ในการนำเสนอทัศนียภาพของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ ตามขอบเขตพื้นที่ ดังนี้

1. พื้นที่ถนนกลางเมือง

บริเวณถนนสายหลายเข้าเมืองเชียงใหม่ มีโบราณสถานที่สำคัญคือ วัดเจดีย์หลวง ซึ่งเป็นวัดสำคัญในสมัยเชียงใหม่ และยังมีโบราณสถานที่ตั้งอยู่ริมถนนจำนวนมาก พื้นที่ถนนกลางเมืองเป็นถนนสายหลักนำไปสู่แม่น้ำโขงและเป็นที่ตั้งโบราณสถานสำคัญของเมืองเชียงใหม่ ต้องมีการปรับปรุงภูมิทัศน์อย่างเร่งด่วน เนื่องจากมีปัญหาทั้งในเรื่องการรुक้าเขตของที่อยู่อาศัย รูปแบบของสถาปัตยกรรมที่หลากหลายของบ้านเรือน อาคารพาณิชย์ หรืออาคารราชการ ปัญหาเรื่องป้ายต่าง ๆ สายไฟ ทางเดินเท้า รวมไปถึงที่จอดรถรกร้างประจำทาง เป็นต้น

2. พื้นที่ริมกำแพงเมือง และคลองคูเมือง

กำแพงเมืองเชียงใหม่ เป็นโบราณสถานที่สำคัญ ยังมีสภาพเกือบสมบูรณ์ เนื่องจากได้รับการบูรณะจากกรมศิลปากร กำแพงเมืองนี้ ตั้งอยู่ล้อมรอบเมืองเชียงใหม่ด้านในทั้งหมด พื้นที่ริมกำแพงเมือง และคลองคูเมือง แม้ว่าบริเวณกำแพงเมืองเชียงใหม่ ที่ได้มีการปรับปรุงภูมิทัศน์บ้างแล้ว แต่ภูมิทัศน์ยังขาดการความสัมพันธ์กันระหว่างชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบกำแพงเมือง ขาดพื้นที่กิจกรรมที่ส่งเสริมให้คนในท้องถิ่นและนักท่องเที่ยวเข้ามาใช้ ซึ่งทำให้พื้นที่บริเวณนี้ไม่มีคนเข้ามาใช้งานทั้งช่วงกลางวันและกลางคืน

3. พื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำโขง

การออกแบบภูมิทัศน์ในพื้นที่ริมแม่น้ำโขง ยังขาดภูมิทัศน์ที่สวยงามและพื้นที่ลานกิจกรรมของคนในท้องถิ่นและนักท่องเที่ยว ที่จะช่วยส่งเสริมให้พื้นที่ริมโขงเป็นจุดสนใจ ในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวตามธรรมชาติพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำโขง ปัจจุบันพบว่ามีเฉพาะพื้นที่ชายของ พื้นที่เช่าเรือ ท่าเรือ และลานกิจกรรมโล่งสำหรับถ่ายรูป ซึ่งยังขาดภูมิทัศน์ที่สวยงามและพื้นที่ลานกิจกรรมของคนในท้องถิ่นและนักท่องเที่ยว ที่จะช่วยส่งเสริมให้พื้นที่ริมโขงเป็นจุดสนใจในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวตามธรรมชาติ โดยปรับปรุงภูมิทัศน์และสร้างทางสัญจรทางเดินริมแม่น้ำ เพื่อใช้พักผ่อนและการออกกำลังกายบริเวณริมแม่น้ำโขง และส่งเสริมให้ผู้คนเข้ามาใช้พื้นที่ได้ตลอดเวลา

แนวทางการควบคุมทางด้านภูมิสถาปัตยกรรม แนวทางการควบคุมทางด้านภูมิสถาปัตยกรรม เพื่อเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมทัศนียภาพที่เป็นเอกลักษณ์ของเมืองเชียงใหม่เอาไว้ตลอดจนเพื่อเป็นการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา ทางด้านภูมิทัศน์ซึ่งประกอบด้วยมาตรการต่าง ได้ดังนี้

1. การควบคุมแนวเส้นขอบฟ้าของเมือง การควบคุมแนวเส้นขอบฟ้าของเมืองและความสูงของอาคารรอบเขตโบราณสถานของเมืองเชียงใหม่ ในรูปทรงและขนาดของอาคาร ตลอดจนความสูงของอาคารที่แตกต่างกันทั้งในเขตกำแพงเมืองเชียงใหม่ และพื้นที่โดยรอบ ทำให้ความสง่างามและคุณค่า

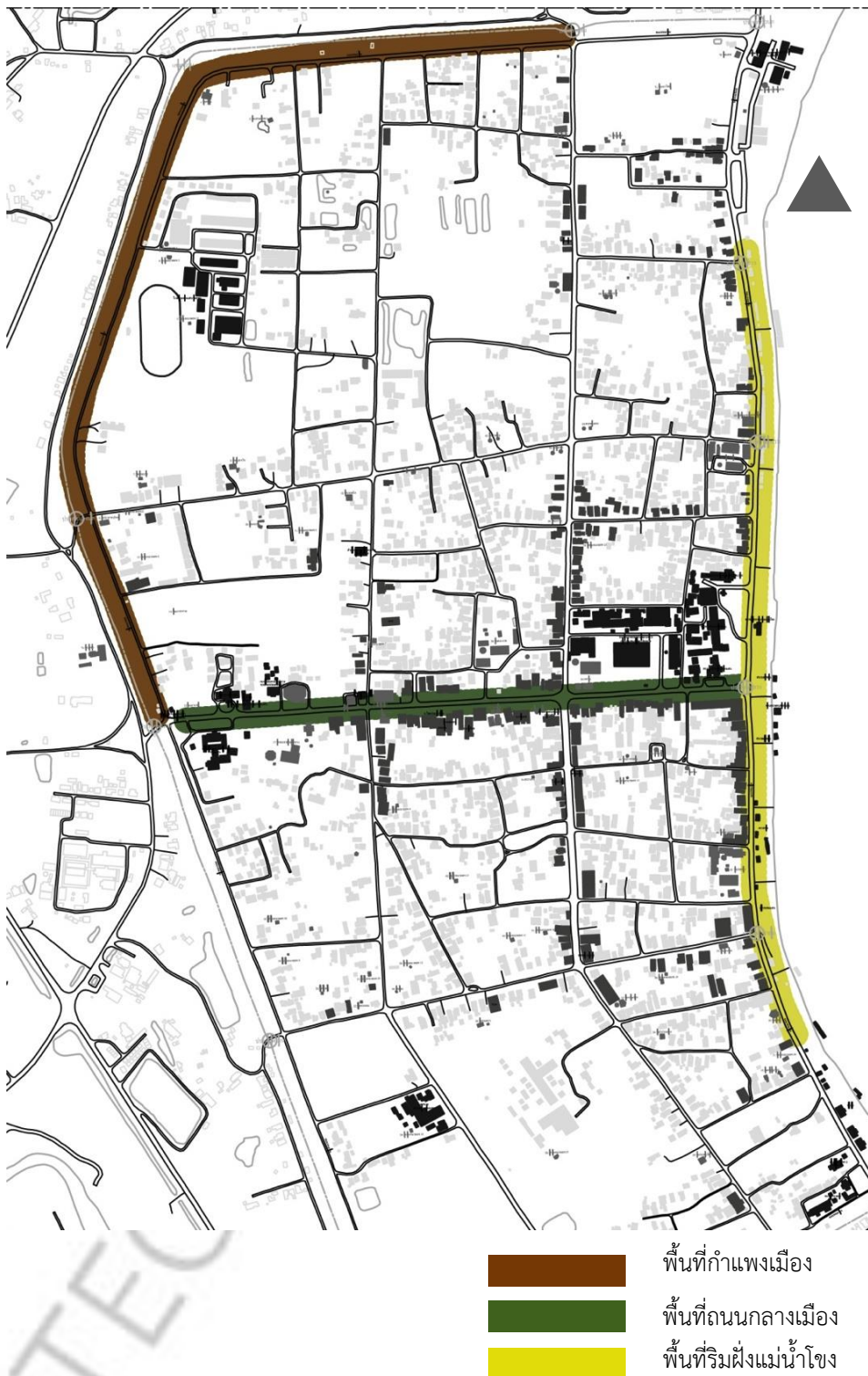
ของโบราณสถานลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมดูแลแนวเส้นของฟ้าของเมือง และความสูงของอาคารรอบเขตโบราณสถานเพื่อจะเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม และบรรยากาศของความเป็นเมืองประวัติศาสตร์ไว้ได้ รวมทั้งสามารถที่จะรักษาสภาพทางภูมิทัศน์ของโบราณสถาน และศาสนสถานที่มีความสำคัญได้อย่างเหมาะสม

2. การควบคุมระยะถอยร่น การกำหนดที่ว่างระหว่างโบราณสถานและชุมชน และการควบคุมระยะถอยร่นของอาคารจากองค์ประกอบหลักของเมืองโบราณ เพื่อจะเน้นให้เห็นถึงความแตกต่าง และการรับรู้ของขอบเขต ตลอดจนป้องกันการถูกล้ำเข้ามาในเขตโบราณสถาน โดยกำหนดให้มีการกำหนดระยะถอยร่นของ คืออาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่โดยรอบเขตโบราณสถาน และทั้งสองฟากของกำแพงเมืองและคูเมืองเชียงแสนตลอดแนว กำหนดให้เว้นระยะถอยร่นจากแนวเขตโบราณสถาน และแนวกำแพงเมือง และคูเมือง ในระยะไม่น้อยกว่า 6 เมตร และบริเวณแนวถนนโดยรอบแนวกำแพงเมืองและคูเมืองเชียงแสน กำหนดให้เว้นระยะจากเขตทางเท้าเข้าไปไม่น้อยกว่า 2 เมตร ส่วนอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่สร้างขึ้นตลอดแนวฝั่งของแม่น้ำโขง เพื่อให้เกิดแนวพื้นที่ว่างริมน้ำตลอดแนวซึ่งจะช่วยสร้างความสวยงามน่าอยู่ให้แก่เมือง ระยะถอยร่นในเขตอนุรักษ์ในแนวเขตโบราณสถานใช้เกณฑ์ระยะห่างจากที่พักอาศัย และห่างจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม โดยการกำหนดที่ว่างระหว่างโบราณสถานและการใช้ประโยชน์ที่ดินในชุมชน เป็นแนวทางการควบคุมระยะถอยร่นของอาคารจากองค์ประกอบหลักของเมืองโบราณ เพื่อจะเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างและการรับรู้ของขอบเขต ตลอดจนเป็นการป้องกันการถูกล้ำเข้ามาในเขตโบราณสถานที่สำคัญได้

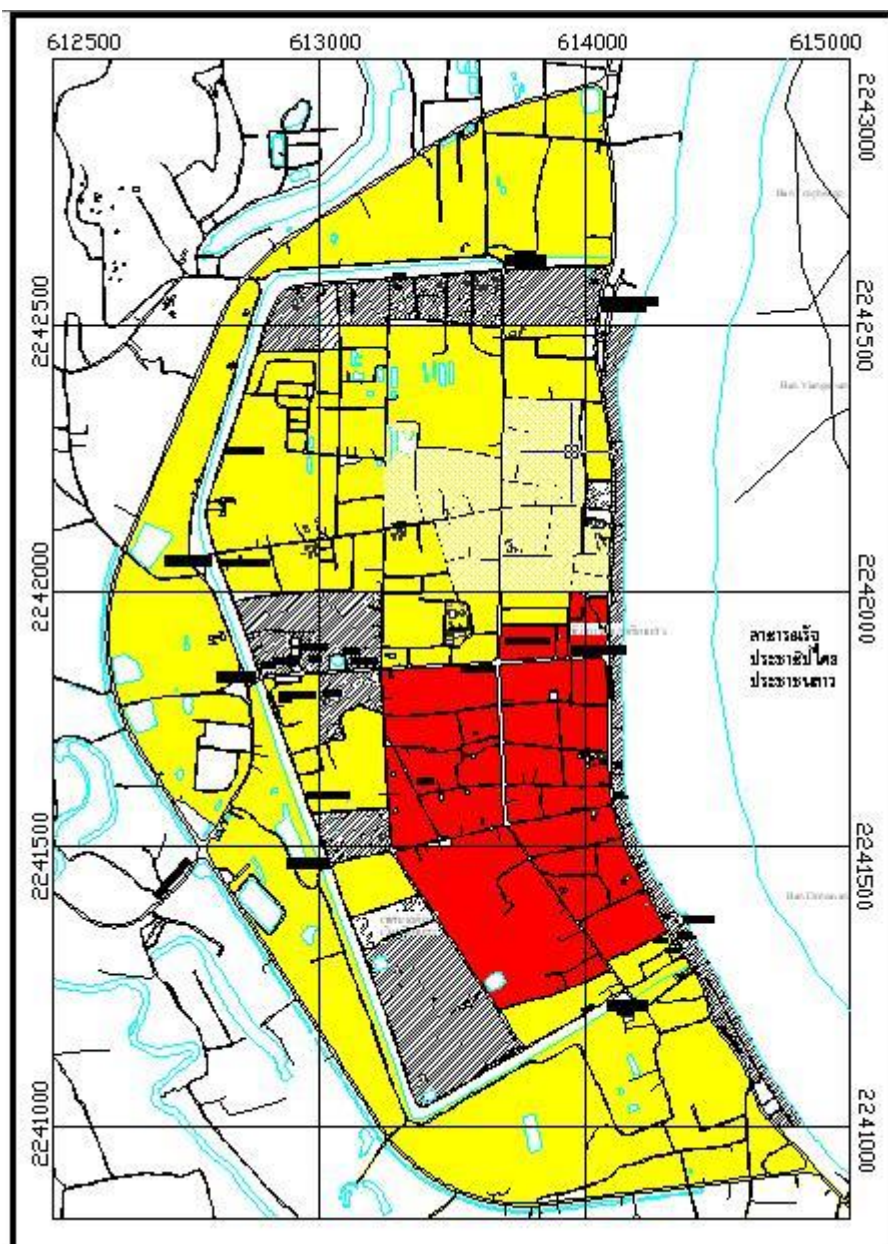
การออกแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงแสน ในการกำหนดรูปแบบสถาปัตยกรรมแบบล้านนาประยุกต์ โดยเน้นการออกแบบให้มีเอกลักษณ์พื้นถิ่น และจัดให้มีจุดชมวิวยุคใหม่ริมแม่น้ำโขง ให้มองเห็นภาพตามธรรมชาติที่สวยงามของฝั่งแม่น้ำโขง เพื่อเปิดมุมมองให้มองเห็นได้ในอาคารบ้านเรือนในฝั่งประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ในลักษณะบ้านเรือนพื้นถิ่นเชียงแสน โดยให้เทศบาลตำบลเวียงเชียงแสนเป็นผู้รับผิดชอบ ในส่วนของการออกข้อบัญญัติท้องถิ่นเพื่อกำหนดรูปแบบลักษณะอาคารที่จะขออนุญาตปลูกสร้างในเขตเมืองเก่าเชียงแสน ตามรูปแบบที่กำหนด และวัสดุก่อสร้างและสีที่ใช้ในข้อกำหนด ที่เจ้าของอาคารควรรับการพิจารณาตรวจสอบ และให้คำแนะนำก่อนการก่อสร้างในเขตเมือง รูปแบบการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ริมทาง และรูปแบบสถาปัตยกรรมของอาคารบ้านพักอาศัยและอาคารพาณิชย์ ของฝ่ายกองช่าง เทศบาลตำบลเวียงเชียงแสน ควรได้รับการปรึกษาในการปรับปรุงภูมิทัศน์ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านการจัดภูมิทัศน์เมืองให้มีรูปแบบที่เหมาะสมและคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในกลุ่มของประชาชน หรือชุมชนโดยรอบเมืองโบราณ ให้เกิดการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนในการอนุรักษ์โบราณสถาน ที่สามารถปฏิบัติตามแผนของการพัฒนาพื้นที่ เพื่อการออกแบบภูมิทัศน์เมือง ตามเอกลักษณ์ของเมืองประวัติศาสตร์เชียงแสน การออกแบบและสร้างสรรค์ภูมิสถาปัตยกรรมในพื้นที่ริมแม่น้ำโขง โดยปรับปรุงภูมิทัศน์และสร้างทางสัญจรทางเดินริมแม่น้ำ เพื่อใช้พักผ่อนและการออกกำลังกายบริเวณริมแม่น้ำโขง และส่งเสริมให้ผู้คนเข้ามาใช้พื้นที่ได้ตลอดเวลา การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ริมทาง (Street Furniture) และรูปแบบสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมของอาคารบ้านพักอาศัยและอาคารพาณิชย์ในเขตพื้นที่เมืองเชียงแสน ในส่วนการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ริมทาง เช่น ศาลาที่พักผ่อนประจำทาง และที่นั่งพักผ่อน รวมทั้งป้ายบอกทางต่าง ๆ โดยออกแบบให้สัมพันธ์ และกลมกลืนกับการออกแบบทางเท้าริมถนน

สาธารณะทุกเส้นทางที่เชื่อมต่อกันในระหว่างชุมชนโดยใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือวัสดุธรรมชาติ เช่น อิฐ หิน เป็นต้น การปลูกไม้ยืนต้นริมทางเท้าสาธารณะ โดยเน้นให้มีพื้นที่จอดรถจักรยานสำหรับให้เช่าและเส้นทางจักรยานรอบกำแพงเมืองเก่า การใช้วัสดุวัสดุพื้นถิ่นในการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม และการใช้วัสดุตกแต่งพื้นผิวลวดลายให้สีที่กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมของเมืองเก่าเชียงใหม่

แนวทางการออกแบบภูมิทัศน์เมืองเชียงใหม่ ตามแนวคิดของพิพิธภัณฑ์มีชีวิต (Living Museum) โดยใช้การอนุรักษ์อย่างชาญฉลาด ตามข้อตกลงที่เกิดจากการมีส่วนร่วมของชุมชนในการนำเสนอรูปแบบภูมิทัศน์เมืองให้ประชาชนได้เลือกและตัดสินใจ เพื่อให้พื้นที่ที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ของเมือง และมีความชัดเจนในแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนามากขึ้น การควบคุมจัดการพื้นที่โดยใช้ข้อบังคับประกอบการวางผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการกำหนดเขตพื้นที่เพื่อควบคุมพื้นที่เมือง โดยเป็นองค์ประกอบที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการแสดงให้เห็นถึงคุณค่าของอัตลักษณ์พื้นถิ่นแก่ผู้คน การท่องเที่ยวที่เป็นมิตร การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวที่เชื่อมโยงวิถีชีวิตของผู้คนในเมืองเพื่อชื่นชม ศึกษาเรียนรู้ และเพลิดเพลินไปกับทัศนียภาพที่ปรากฏ โดยเน้นการท่องเที่ยวแบบไม่เร่งรีบในการส่งเสริมแหล่งท่องเที่ยวเกี่ยวกับวิถีชีวิตของผู้คนในเมือง และกำหนดพื้นที่สัจจกรในเมืองที่เชื่อมโยงระหว่างแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ดำเนินการปรับปรุงและเพิ่มความร่มรื่นทางธรรมชาติด้วยพืชพรรณต้นไม้ใหญ่ เป็นหลัก และการสร้างสรรค์สภาพแวดล้อม การพัฒนาสภาพแวดล้อมของเมืองที่มีความเหมาะสมและความสัมพันธ์ต่อบริบทของเมือง เพื่อส่งเสริมการสร้างการพัฒนาความยั่งยืนเพื่อเน้นคุณภาพชีวิต ความน่าอยู่มีชีวิตชีวา ของการเป็นพิพิธภัณฑ์มีชีวิต ทั้งนี้การออกแบบภูมิทัศน์และบริหารจัดการพื้นที่ของประวัติศาสตร์เมืองเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญต่อชุมชน ที่เป็นแรงผลักดันให้ชุมชนมีส่วนร่วม โดยใช้การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ที่ส่งเสริมเศรษฐกิจ ที่มาจากรายได้จากการท่องเที่ยวในเขตเมือง และพื้นที่ประวัติศาสตร์โบราณสถาน โดยการออกแบบภูมิทัศน์เมืองเชียงใหม่ บริเวณพื้นที่โบราณสถานและบริเวณที่เกี่ยวข้อง ให้พิจารณาความเหมาะสมด้านทัศนียภาพและมลพิษที่เกิดขึ้นและการเชื่อมต่อกับอาคารและสถานที่สำคัญ



ภาพที่ 1 พื้นที่การออกแบบภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เชียงแสน ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อรองรับเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน



สัญลักษณ์



ความสูงอาคารใกล้เคียง โบราณสถานและริมฝั่งแม่น้ำโขง ไม่เกิน 5 เมตร



ความสูงอาคาร ไม่เกิน 10 เมตร



ความสูงอาคาร ไม่เกิน 15 เมตร



นอกแนวเขตการควบคุมความสูงอาคาร

ภาพที่ 2 การควบคุมแนวเส้นขอบฟ้าของเมือง และการควบคุมระยะถอยร่น จากแนวเขตโบราณสถาน และกำหนดความสูงของอาคารในเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนเมืองเชียงแสน



ภาพที่ 3 ทศนียภาพตัวอย่างภูมิทัศน์เมืองเชียงใหม่ ในพื้นที่ชุมชนเมืองเก่า และพื้นที่ริมแม่น้ำโขง
ส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงภูมิทัศน์วัฒนธรรม เพื่อรองรับเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน



ภาพที่ 4 แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม และการกำหนดรูปแบบอาคารที่จะขออนุญาต
ปลูกสร้าง เพื่อควบคุมการใช้วัสดุและโทนสี ตามข้อกำหนดของเทศบัญญัติท้องถิ่น

5. สรุปผลการวิจัย

การออกแบบภูมิทัศน์เมือง เพื่อรองรับเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนของเมืองประวัติศาสตร์ เชียงแสน ในการกำหนดพื้นที่รองรับการพัฒนาในตำแหน่งที่เหมาะสมและจำกัดการขยายตัวของชุมชน โดยรอบโบราณสถาน โดยการสร้างรูปแบบเมืองให้มีชีวิตชีวา เหมือนเป็น พิพิธภัณฑ์มีชีวิต (Living Museum) ให้ถูกถ่ายทอดเป็นเรื่องราวเหมือนฉากเหตุการณ์ต่าง ๆ ทางประวัติศาสตร์ในเมืองเชียงแสน เพื่อกำหนดเขตพื้นที่ของการออกแบบภูมิทัศน์เมือง ตามรูปแบบการพัฒนาเชิงอนุรักษ์แยกพื้นที่ระหว่างชุมชนเก่าและชุมชนพัฒนาใหม่ สงวนรักษาพื้นที่สีเขียวตามธรรมชาติที่เน้นการอนุรักษ์เมืองเก่า สอดคล้องกับการพัฒนาเมืองเชียงแสน ตามนโยบายของภาครัฐ ในการจัดตั้งเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน (องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน, 2558) และการใช้ทฤษฎีเมืองกระชับ (Compact City) หรือเมืองอัดแน่นของ Mike Jenks and Rod Burgess (1996) โดยพยายามที่จะทำให้พื้นที่เมืองอยู่ในขอบเขตที่จำกัด เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน และควรส่งเสริมมาตรการทางกฎหมายที่บังคับใช้เพื่อควบคุมภูมิทัศน์เมือง ที่เป็นกลไกของรัฐเพื่ออนุรักษ์และพัฒนาสภาพภูมิทัศน์เมืองเชียงแสน ในการออกข้อบัญญัติท้องถิ่น ที่กำหนดรูปแบบและประเภทของอาคารไว้เป็นการเฉพาะ นอกเหนือจากบทบัญญัติในกฎหมายอาคารที่ใช้บังคับทั่วไป และยังใช้ข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาพื้นที่ เช่น การจัดรูปที่ดินเพื่อพัฒนาพื้นที่ พ.ศ. 2547 เพื่อรักษาบรรยากาศของความเป็นย่านเมืองเก่าให้คงอยู่

แนวทางการสร้างภูมิทัศน์เมืองเชียงแสน ทางเทศบาลตำบลเวียงเชียงแสน ควรประสานขอความร่วมมือกับกลุ่มหน่วยงานของรัฐและภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาอุตสาหกรรมท่องเที่ยวจังหวัดเชียงราย, สำนักงานท่องเที่ยวจังหวัดเชียงราย, สำนักศิลปากรที่ 8 เชียงใหม่ สำนักงานเจ้าท่าเชียงราย สำนักงานธนารักษ์จังหวัดเชียงราย ร่วมกับผู้นำชุมชนในท้องถิ่น ให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องร่วมกัน เพื่อการพัฒนาพื้นที่โบราณสถานและพื้นที่ริมแม่น้ำโขง รวมทั้งการของบประมาณสนับสนุนความเป็นไปได้ของโครงการจากองค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์การมหาชน) จากการประกาศพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ของเมืองเก่าเชียงแสน และพื้นที่เชื่อมโยงในจังหวัดเชียงราย ตามมติคณะรัฐมนตรีให้เป็นพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน โดยใช้งานวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการการพัฒนาเมืองประวัติศาสตร์เชียงแสน ในการออกแบบสภาพภูมิทัศน์เมือง เพื่อส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับบริบทของเมืองเชียงแสน ตามกรอบงบประมาณของการประกาศเป็นพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ร่วมกับดำเนินงานตามแผนยุทธศาสตร์ของการพัฒนาในระยะ 3 ปี (ปีพ.ศ. 2559 – 2561) เพื่อของบประมาณประจำปีของเทศบาลตำบลเวียงเชียงแสน

6. เอกสารอ้างอิง

- ธรนิณ เหล่ารุ่งโรจน์. (2546). ศักยภาพของอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย กับ การค้าชายแดน ในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง : มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- ปุ่น เทียงบุญธรรม. (2552). โครงการการออกแบบเบื้องต้นและการศึกษาความเป็นไปได้สำหรับ พิพิธภัณฑ์มีชีวิตของเมืองแม่ฮ่องสอน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- สร้อยสวัสดิ์ อ่องสกุล. (2529). ประวัติศาสตร์ล้านนา. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุรพล ดำริห์กุล. (2545). **อาณาจักรล้านนา**. กรุงเทพฯ : เมืองโบราณ.

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคเหนือ. (2556). **แผนยุทธศาสตร์ของจังหวัดในกลุ่มภาคเหนือตอนบน เพื่อการเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน**. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. (2558). **การประเมินพื้นที่ท่องเที่ยวและศึกษาความเป็นไปได้พื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่และพื้นที่เชื่อมโยงในจังหวัดเชียงราย**. การประชุมรับฟังความคิดเห็นจากประชาชน เทศบาลตำบลเวียงเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย.

Gordon Cullen. (1961). **The Concise townscape**. New York: Van Nostrand Reinhold.

Kevin Lynch. (1960). **The image of the city**. Cambridge: The MIT Press.

Mike Jenks and Rod Burgess. (1996). **Compact City**. London: E & FN Spon Press.

อิทธิพลของความเร็วรอบและระยะกอดอัดที่ส่งผลต่อการเชื่อมเสียดทาน ของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061

The Influence of Rotation Speed and Burn-off Length Affecting Friction Welding of SSM 6061 Aluminum Alloy

ชัยยุทธ มิงาม^{1*} และศุภชัย ชัยณรงค์²

^{1*, 2}โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ.เมือง จ.สงขลา 90000

โทรศัพท์ 074-260200 โทรสาร 074-324221 Email : Chaiyoot.me@skru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง เกรด SSM 6061 ด้วยกระบวนการเชื่อมเสียดทาน จากการทดลองพบว่าอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็งสามารถยึดติดได้ดีในทุกการทดลอง ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ 126.88 MPa ซึ่งมาจากตัวแปรที่ความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที และระยะกอดอัดที่ 3 มิลลิเมตร เวลาในการกอดแช่ 15 วินาที และบริเวณรอยเชื่อมมีค่าความแข็งสูงสุดเฉลี่ย อยู่ที่ 55.05 HV ความแข็งของชิ้นงานหลังการเชื่อมในทุกการทดลองไม่แตกต่างกันมาก บริเวณเนื้อเชื่อม และบริเวณที่ได้รับผลกระทบของความร้อนมีโครงสร้างจุลภาคที่เปลี่ยนไปจากโครงสร้างเดิมของวัสดุ เนื่องจากเกิดจากความร้อนและแรงกอดอัดในขณะเชื่อมเสียดทาน ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลง โครงสร้างบริเวณเนื้อเชื่อมเกิดการแตกหักแบบเปราะของธาตุผสม ส่งผลให้มีขนาดที่เล็กและกระจายตัวทั่วบริเวณเนื้อเชื่อม

คำสำคัญ : การเชื่อมเสียดทาน, อะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061, ความเร็วรอบ

Abstract

The objective of this research was to study the effects of rotation speeds and burn-off length of the mechanical and microstructural properties of SSM 6061 aluminum alloy by friction welding. In all the experiments, it was found that the samples can adhere well together. The maximum average tensile strength was 126.88 MPa which was obtained with a rotational speed of 1310 rpm, burn-off length of 3 mm and a 15 minute holding time. In the welded areas, the maximum hardness was 55.05 HV with similar values found in all the experiments. Moreover, in welded and thermal mechanical affected zones, changes of the microstructure due to heat input and friction force during the friction welding process were observed, welding of the material was brittle throughout the welded area.

Keywords : Friction welding, SSM 6061 Aluminum Alloy, Rotation Speed

1. บทนำ

ปัจจุบันกรรมวิธีการเชื่อม (Welding) ถูกพัฒนาเทคนิคในการเชื่อมอย่างต่อเนื่องเพื่อสามารถเชื่อมชิ้นงานให้ได้ชิ้นงานเชื่อมที่มีคุณภาพ (Welding Quality) โดยการเชื่อมในสถานะของแข็ง (Solid State Welding) เป็นอีกเทคนิคที่ถูกนำมาใช้เชื่อมวัสดุในปัจจุบัน สำหรับการเชื่อมในสถานะของแข็งเป็นการเชื่อมที่ชิ้นงานหลอมละลายติดกันที่อุณหภูมิในขณะเชื่อมต่ำกว่าจุดหลอมเหลว (Melting point) ของวัสดุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโลหะวิทยา (Metallurgical Changes) ที่น้อยมาก ซึ่งปัจจุบันจึงมีการเชื่อมในสถานะของแข็งมาใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น การเชื่อมเสียดทานแบบบวน (Friction Stir Welding: FSW) (Trimble D.O, 2015) การเชื่อมเสียดทานแบบจุด (Friction Stir Spot Welding: FSSW) (Yang X.W, 2015) การเชื่อมเสียดทาน (Friction Welding) (Shailesh Singh K, 2014) การเชื่อมโดยการแพร่ (Diffusion Bonding) (Lee C.S, 1999) และกรรมวิธีการเชื่อมอื่น ๆ การเชื่อมเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการผลิตรถไฟ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องบิน เพราะการเชื่อมในสถานะของแข็งมีข้อเด่นในการเชื่อม ได้แก่ ลดความเค้นตกค้างจากการเชื่อม (Residual Stress) ลดการบิดงอของชิ้นงานเชื่อม (Distortion) ลดการแตกร้าวของรอยเชื่อม (Welding Crack) ลดปัญหาการเกิดโพรงอากาศ (Porosity) ในเนื้อเชื่อม ลดการเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในระหว่างการเชื่อม (CO_2 Reduce) (Uday M. B, 2011) ส่งผลให้ชิ้นงานหลังการเชื่อมในสถานะของแข็งมีสมบัติทางกลที่ดี สำหรับการเชื่อมเสียดทานก็เป็นอีกกรรมวิธีที่เชื่อมในสถานะของแข็ง โดยอาศัยการเสียดทานระหว่างผิวหน้าสัมผัสของชิ้นงานร่วมกับการออกแรงกดจนทำให้ผิวหน้าของชิ้นงานเกิดความร้อนทั้งสองชิ้น เนื้อวัสดุบริเวณรอยต่อจะเกิดการอ่อนตัว และออกแรงกดอีกครั้งเพื่อให้ชิ้นงานทั้งสองชิ้นยึดติดกัน การเชื่อมเสียดทานมีตัวแปรหลักในการเชื่อม คือ ความเร็วหมุน (Spindle Speed) เวลาในการกดแช่ (Holding Time) และแรงกด (Pressure) หรือระยะยกตัด (Burn-off Length) และมีตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ ความขรุขระผิวสัมผัส การทำความสะอาดชิ้นงาน เป็นต้น (Moarrefzadeh. A, 2012) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อโครงสร้างจุลภาค และสมบัติทางกลของชิ้นงานหลังการเชื่อมเสียดทาน

จากข้อมูลและเหตุผลดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยจะศึกษาการเชื่อมเสียดทานอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 ที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีการหล่อกิ่งของแข็งแบบ GISS (Gas Induce Semi-Solid) (J. Wannasin, 2008) การเชื่อมเสียดทานจะกำหนดตัวแปรของการเชื่อมเสียดทาน ได้แก่ ความเร็วหมุน เวลาในการกดแช่ และระยะยกตัด ตามลำดับ โดยจะประยุกต์ใช้เครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ (Computer Numerical Control : CNC) สำหรับเป็นเครื่องเชื่อมซึ่งจะทำให้มีความแม่นยำในการเชื่อมเสียดทาน หลังจากการเชื่อมเสียดทานชิ้นงานถูกนำไปทดสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาคในบริเวณเนื้อเชื่อม (Weld Zone : WZ) บริเวณที่ได้รับอิทธิพลทางความร้อน (Thermal Mechanical Affect Zone : TMAZ) และบริเวณเนื้อโลหะเดิม (Base Metal: BM) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical Microscopy : OM) และกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) และทดสอบค่าความแข็งแรงดึง (Tensile Strength Test) ทดสอบค่าความแข็ง (Hardness Test) และวิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลองในลำดับต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาตัวแปรในการเชื่อมเสียดทาน ได้แก่ ความเร็วหมุน และระยะกดอัด ที่ส่งผลต่อการยึดติดของชิ้นงานเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061

2.2 เพื่อศึกษาผลของค่าความแข็งแรงดึง ค่าความแข็ง หลังจากการเชื่อมเสียดทานของชิ้นงานและโครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาคในเนื้อเชื่อม บริเวณที่ได้รับอิทธิพลทางความร้อนเปรียบเทียบกับบริเวณเนื้อโลหะเดิมของรอยเชื่อม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยนี้ใช้อะลูมิเนียมหล่อผสม SSM 6061 มีส่วนผสมทางเคมีหลัก คือ แมกนีเซียม และซิลิกอน ดังแสดงในตารางที่ 1 ธาตุที่ผสมในอะลูมิเนียมเกรดนี้ทำให้มีความแข็งแรงสูง เหนียวทนต่อการกัดกร่อนและมีสมบัติทางกลที่ดี สำหรับอะลูมิเนียมเกรดนี้ผ่านการขึ้นรูปในสถานะกิ่งของแข็ง ด้วยกรรมวิธีแบบ GISS ซึ่งเป็นการปรับปรุงโครงสร้างของวัสดุให้เป็นก้อนกลม (Globular Structures) นำไปสู่สมบัติทางกลที่ดีของชิ้นงาน

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมหล่อผสม SSM 6061 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

สังกะสี	แมกนีเซียม	ทองแดง	เหล็ก	ซิลิกอน	แมงกานีส	โครเมียม	ไททาเนียม	อะลูมิเนียม
6.08	2.50	1.93	0.46	0.40	0.03	0.19	0.02	88.39

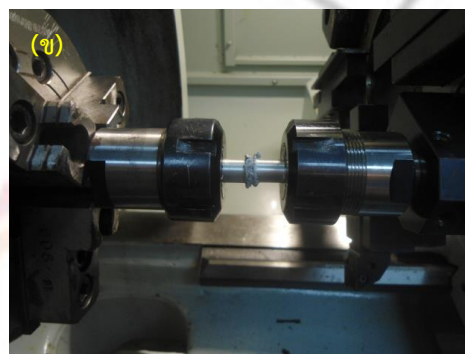
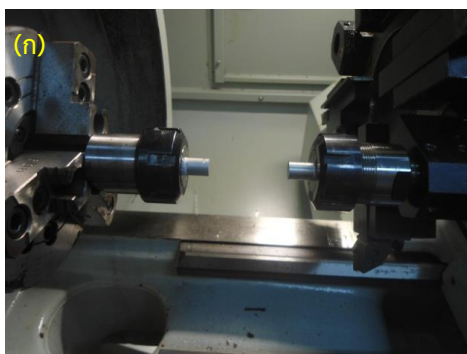
3.2 การเตรียมชิ้นงานเชื่อม

สำหรับขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงานเพื่อเชื่อมจะตัดชิ้นงานเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $20 \times 100 \times 25$ มิลลิเมตร (ความกว้าง x ความยาว x ความหนา) ด้วยเครื่องเลื่อยสายพาน การเลื่อยใช้น้ำหล่อเย็นช่วยระบายความร้อนของชิ้นงาน หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ตัดเรียบร้อยแล้วไปกลึงปอกผิวด้วยความเร็วรอบที่ 800 รอบต่อนาที อัตราการป้อนลึก 2 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วในการเดิน 10 เมตรต่อนาที เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีผิวเรียบทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ชิ้นงานที่ได้จากการกลึงนำไปเตรียมผิวหน้ารอยเชื่อม โดยขัดด้วยกระดาษทรายหยาบ เบอร์ 180 กรिट เพื่อกำจัดฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3 film) ที่ผิวของชิ้นงานก่อนการเชื่อมเสียดทาน

3.3 การเชื่อมเสียดทานชิ้นงาน

ชิ้นงานอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 ที่เชื่อมเสียดทานจะถูกจับยึดบนเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ ซึ่งประยุกต์ใช้เป็นเครื่องเชื่อมเสียดทาน โดยการควบคุมความเร็วหมุน ความเร็วเดิน และระยะกดลึก ซึ่งตัวแปรในการเชื่อมเสียดทานอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับการควบคุมจากเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติจะนำไปสู่การเชื่อมที่แม่นยำและถูกต้องยิ่งขึ้น ลำดับขั้นตอนการเชื่อมเสียดทาน เริ่มจากการนำชิ้นงานทั้งสองชิ้นจับเข้ากับหัวจับของเครื่องกลึง (Arber) และชุดจับยึดอีกด้านของชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) ชิ้นงานถูกเชื่อม

แบบต่อชน (Butt Joint) ในการเชื่อมชิ้นงานด้านหนึ่งไม่เกิดการหมุนและชิ้นงานอีกด้านเกิดการหมุน ทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) จากนั้นให้ผิวหน้าของชิ้นงานทั้งสองขึ้นเกิดการสัมผัสกันจนเกิดการเสียดทานระหว่างผิวชิ้นงานทั้งสองขึ้น นำไปสู่การเกิดความร้อนในขณะเชื่อมเสียดทาน ความร้อนระหว่างผิวสัมผัสของชิ้นงานทั้งสองขึ้นจะส่งผลให้บริเวณที่ได้รับความร้อนเกิดการอ่อนตัวจากการเสียดทาน เนื่องจากการหมุนเพียงด้านเดียวของชิ้นงานส่งผลให้เกิดความร้อน (Heat Input) ระหว่างการเชื่อมเสียดทาน เมื่อเกิดการอ่อนตัวของวัสดุก็ให้แรงกดดันชิ้นงานทั้งสองขึ้นให้ยึดติดกัน ในขณะที่ชิ้นงานกำลังหมุน ส่งผลให้ชิ้นงานหลังจากการเชื่อมยึดติดกัน ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) จากนั้นหยุดการควบคุมของเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ รอให้ชิ้นงานเชื่อมเย็นตัวก็จะเสร็จขั้นตอนของการเชื่อมเสียดทาน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061

3.4 การเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติทางกลและโลหะวิทยา

ชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมเสียดทานบางส่วนไปหล่อเรือนกรอบ ด้วยวิธีการหล่อเรซิน และใช้น้ำยาแรงประสานทำให้เรซินแข็งตัวครอบชิ้นงาน โดยจะใช้ท่อพีวีซีเป็นเข้าแบบในการหล่อชิ้นงาน เพื่อนำไปทดสอบความแข็งและตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค การทดสอบความแข็งจะทดสอบแบบวิกเกอร์ส ใช้แรงกดที่ 10 กิโลกรัมแรง เวลาในการกดแช่ 10 วินาที การวัดความแข็งแต่ละจุดจะวัด 9 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของความแข็งที่ได้จากการวัดชิ้นงาน เครื่องวัดความแข็งในการทดลองใช้ยี่ห้อ Zwick/Roell รุ่น ZHU สำหรับการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ชิ้นงานที่ผ่านการหล่อเรือนกรอบจะถูกนำไปกลึงให้ออกครึ่งหนึ่งของชิ้นงาน และนำไปกัดด้วยกรด Keller (Keller's Solution) โดยจะศึกษาบริเวณเนื้อเชื่อม บริเวณที่ได้รับอิทธิพลทางความร้อน และบริเวณเนื้อโลหะเดิมของวัสดุ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาค การตรวจสอบในระดับจุลภาคจะใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ยี่ห้อ Reich และการตรวจสอบระดับอนุภาคใช้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ FEI-Quanta 400 และชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมเสียดทานบางส่วนถูกนำไปทดสอบแรงดึง เพื่อหาค่าความแข็งแรงดึง การทดสอบแรงดึงจะใช้เครื่อง ยี่ห้อ Testomatic รุ่น 50N ดึงชิ้นงานในสภาวะอุณหภูมิห้อง จะเตรียมชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐานทดสอบแรงดึง ASTM A370 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ตัวแปรในการทดลองเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061

ตัวแปรในการทดลอง		
ความเร็วในการหมุน (รอบต่อนาที)	ระยะกดลึก (มิลลิเมตร)	เวลาการกดแช่ (วินาที)
950	2.5	15
	3.0	
	3.5	
1070	2.5	
	3.0	
	3.5	
1190	2.5	
	3.0	
	3.5	
1310	2.5	
	3.0	
	3.5	

สำหรับการเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 จะสนใจความเร็วหมุนในการเชื่อม ระยะกดลึก และเวลาในการกดแช่ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ทำให้สมบัติทางกลมีค่าสูงขึ้น เพราะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค จนนำไปสู่การยึดติดของชิ้นงานหลังการเชื่อม และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงดึงและค่าความแข็ง

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

การเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 ได้ศึกษาการตัวแปรเบื้องต้นเพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมพบว่าช่วงความเร็วต่ำกว่า 950 รอบต่อนาที ชิ้นงานไม่ยึดติด และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบหมุนสูงเกิน 1310 รอบต่อนาที พบว่าชิ้นงานไม่ยึดติดเช่นกัน คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดความเร็วในการเชื่อมที่ 950 1070 1190 และ 1310 รอบต่อนาที และระยะกดอัด 2.5 3.0 และ 3.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้สำหรับการทดลอง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานหลังเชื่อมเสียดทาน

ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานหลังการเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 พบว่าทุกการทดลองชิ้นงานสามารถเชื่อมยึดติดกันได้ดี ซึ่งมีผลไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2 ชิ้นงานไม่เกิดจุดบกพร่อง (Defect) หรือชิ้นงานไม่เกิดการโก่งงอ (Buckling) ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากความเร็วรอบในการหมุนและระยะการกดที่เหมาะสม ทำให้เกิดความร้อนในการเชื่อม ส่งผลให้เนื้อวัสดุอ่อนตัว (Softening) ได้ดี (Khalid Rafi. H, 2010) จนนำไปสู่การยึดติดของชิ้นงานหลังการเชื่อม อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าบริเวณรอยต่อเกิดครีป (Flash) ของชิ้นงานเนื่องจากเนื้อวัสดุบางส่วนที่เกิดการอ่อนตัวบริเวณเนื้อเชื่อมถูกผลักออกด้วยแรงกด (Friction Force) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะกดอัด 2.5 มิลลิเมตร กับระยะกดอัด 3.5 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นชัดเจนว่าที่ระยะกดอัดที่สูงกว่ามีแนวโน้มที่ชิ้นงานหลังการเชื่อมเสียดทานเกิดครีปที่มากกว่า เพราะระยะก

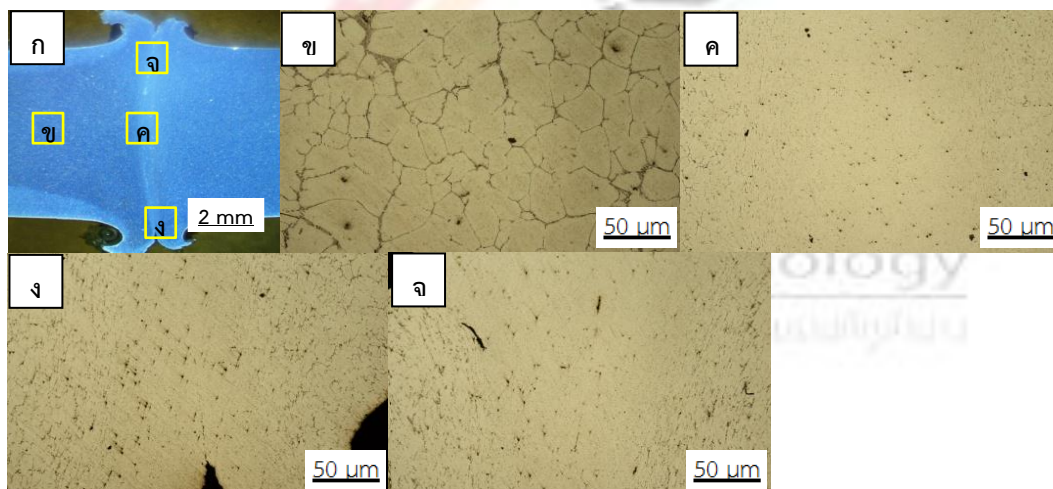
อัตราที่สูงทำให้ถูกผลักรอกมากกว่าระยะกอดที่น้อย อย่างไรก็ตามความเร็วรอบในการหมุนที่สูงก็สร้างความร้อนที่สูงด้วย ทำให้เนื้อวัสดุอ่อนตัวได้ง่าย ส่งผลให้เกิดครีบกาวที่มากเกินไป ตัวอย่างเช่น ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที มีครีบน้อยกว่าความเร็วรอบที่ 1310 รอบต่อนาที อย่างชัดเจน แต่การเกิดครีบกาวมากเกินไปหลังการเชื่อมเสียดทานก็ไม่ส่งผลดีต่อชิ้นงาน เนื่องจากทำให้สูญเสียเนื้อวัสดุบริเวณเนื้อเชื่อม (Su. J, 2003) จากการทดลองเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 เป็นที่น่าสังเกตว่า ความเร็วรอบที่สูงขึ้นไม่ส่งผลต่อการเสียรูป (Deformation) ของชิ้นงานหลังการเชื่อม เนื่องจากความร้อนที่ได้จากการหมุนในระหว่างการเชื่อมจะเกิดบริเวณเนื้อเชื่อม ซึ่งเป็นการเกิดความร้อนเฉพาะบริเวณ จึงไม่ทำให้บริเวณอื่น ๆ เกิดการเสียรูปตามไปด้วย

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะกอด (มิลลิเมตร)		
	2.5	3	3.5
950			
1070			
1190			
1310			

ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 ที่ต่อแบบชนหลังเชื่อมเสียดทาน

4.2 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานหลังเชื่อมเสียดทาน

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้อเชื่อมด้วยกล้องจุลทรรศน์ แสดงในภาพที่ 3 ผลของโครงสร้างจุลภาคในทุกการทดลองมีผลการทดลองที่คล้าย ๆ กัน คณะผู้วิจัยจึงนำเสนอผลของโครงสร้างจุลภาคที่ความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที และระยะกดอัด 3 มิลลิเมตร เพียงการทดลองเดียว เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวมีสมบัติทางกลดีที่สุด ภาพที่ 3 (ก) แสดงตำแหน่งการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าบริเวณเนื้อเชื่อมมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างมากที่สุด โดยเฟสอะลูมิเนียมเมตริกซ์ (α Phase) ที่มีโครงสร้างเดิมแบบเกรนก่อนกลม ดังแสดงในภาพที่ 3 (ข) ไม่ได้รับพฤติกรรมของแรงและความร้อน จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาค ทำให้โครงสร้างมีเกรนก่อนกลมเหมือนเดิม แต่บริเวณเนื้อเชื่อมถูกแรงหมุนทำลายเฟสยูเทคติกจนละเอียดส่งผลให้เฟสยูเทคติก (Mg_2Si Phase) ที่แตกหักจนมีขนาดที่เล็กลง ดังแสดงในภาพที่ 3 (ค) เฟสยูเทคติกที่มีขนาดเล็กทำให้ความแข็ง และค่าความแข็งแรงดึงของชิ้นงานดี นอกจากนั้นพบว่าบริเวณที่ได้รับอิทธิพลทางความร้อนเกิดการไหลตัวของเกรนก่อนกลม ทิศทางการไหลของเกรนตามแนวยาวขนาดกับทิศทางของการหมุน ดังแสดงในภาพที่ 3 (ง และ จ) และบริเวณที่ความร้อนในการเชื่อมและแรงจากการกดอัดจากการเชื่อมส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างอย่างชัดเจน (Su. J, 2003) แต่การเชื่อมที่มาจากตัวแปรที่ไม่เหมาะสมอาจนำไปสู่ความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงานได้

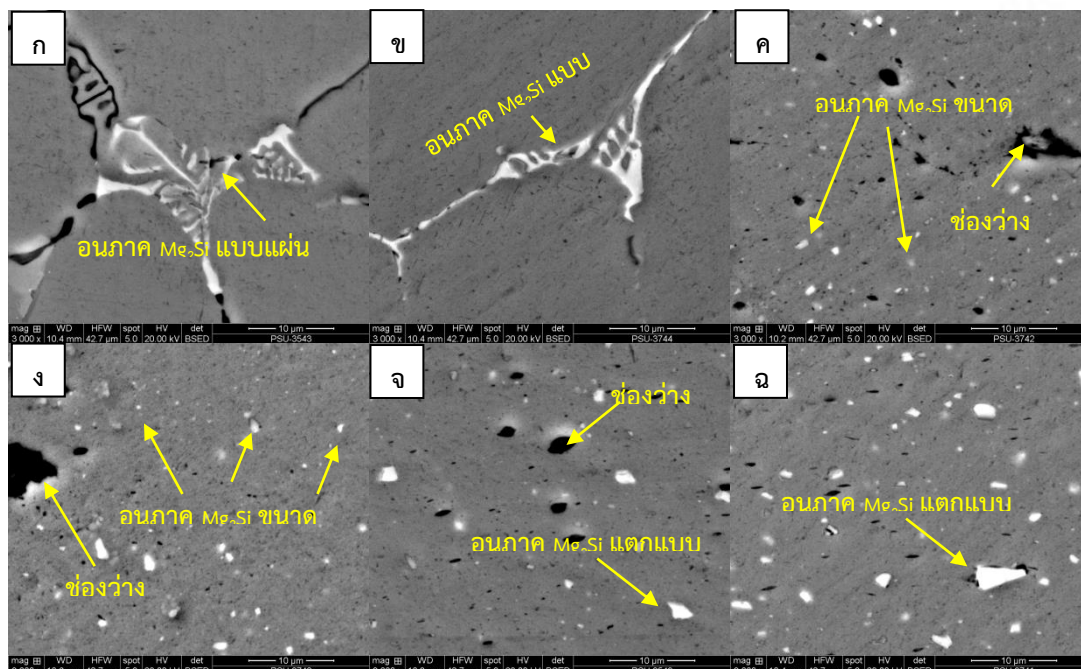


ภาพที่ 3 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที และระยะกดอัด 3 มิลลิเมตร เมื่อ (ก) โครงสร้างมหภาค (ข) เนื้อโลหะเดิมแบบเกรนก่อนกลมของอะลูมิเนียมหล่อ กิ่งของแข็ง SSM 6061 (ค) กึ่งกลางเนื้อเชื่อม (ง) ขอบล่างรอยต่อ (จ) ขอบบนรอยต่อ

4.3 ลักษณะของอนุภาคของชิ้นงานหลังเชื่อมเสียดทาน

ภาพที่ 4 แสดงบริเวณเนื้อเชื่อมที่ถ่ายด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า เพื่อตรวจสอบขนาดอนุภาค Mg_2Si ที่เล็กลงจากแตกหักจากแรงของการหมุนเชื่อม (สีขาว) การวัดขนาดอนุภาคบริเวณเนื้อเชื่อมเป็นการวัดแบบสุ่ม แล้วหาค่าเฉลี่ยขนาดของอนุภาค โดยอนุภาคเดิมของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 มีรูปทรง 2 ลักษณะ คือ อนุภาคแบบแผ่น (Plate-like Shape) ขนาดความยาว 24.17 ไมโครเมตร และขนาดความกว้าง 23.28 ไมโครเมตร

ดังแสดงในภาพที่ 4 (ก) และอนุภาคแบบแท่ง (Rod Shape) ขนาดความยาว 43.54 ไมโครเมตร และขนาดความกว้าง 22.07 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 (ข) ตามลำดับ

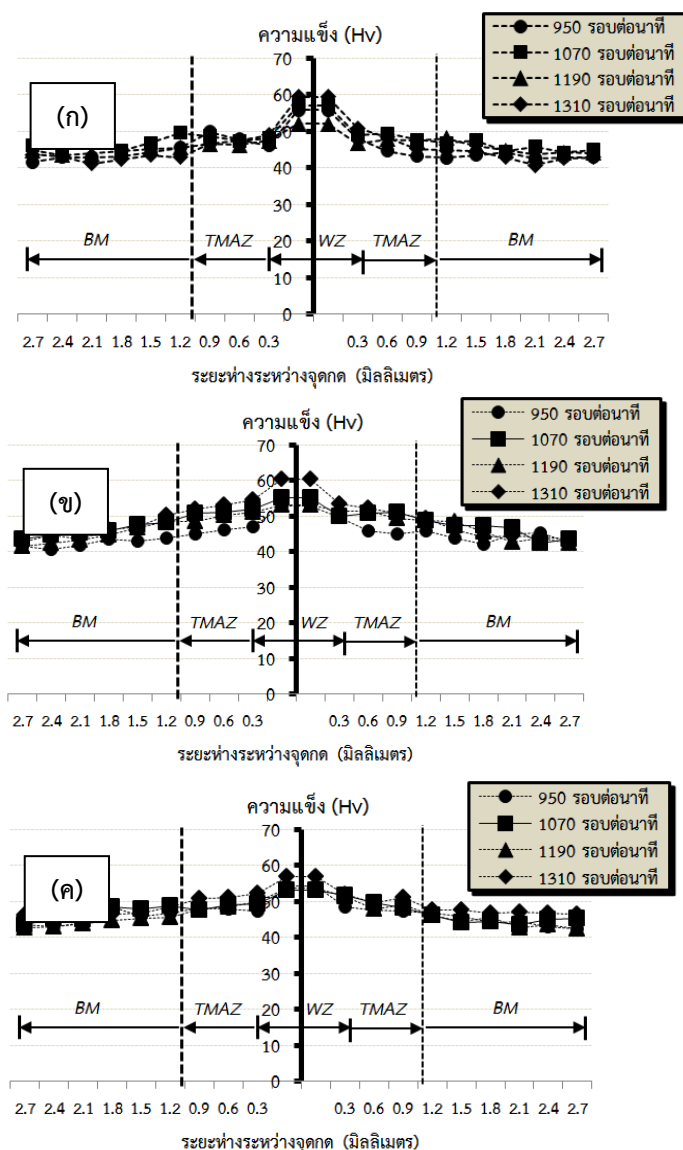


ภาพที่ 4 อนุภาคบริเวณเนื้อเชื่อมที่ถ่ายด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ระยะกอดัต 3 มิลลิเมตร เมื่อ (ก) อนุภาคแบบแผ่นยาว (ข) อนุภาคแบบแท่ง (ค) อนุภาคที่ความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที (ง) อนุภาคที่ความเร็วรอบ 1190 รอบต่อนาที (จ) อนุภาคที่ความเร็วรอบ 1070 รอบต่อนาที และ (ฉ) อนุภาคที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที

ตัวแปรของแรงกดและความเร็วในการหมุนเชื่อมส่งผลให้อนุภาคบริเวณเนื้อเชื่อมมีขนาดที่เล็กลง (Ahmad Fauzi, M. N, 2010) ในทุกการทดลอง โดยความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที มีขนาดความยาว 1.01 ไมโครเมตร และขนาดความกว้าง 0.69 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 (ค) ความเร็วรอบ 1190 รอบต่อนาที มีขนาดความยาว 1.88 ไมโครเมตร และขนาดความกว้าง 1.10 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 (ง) ความเร็วรอบ 1070 รอบต่อนาที มีขนาดความยาว 2.07 ไมโครเมตร และขนาดความกว้าง 1.98 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 (จ) และความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที มีขนาดความยาว 4.12 ไมโครเมตร และขนาดความกว้าง 2.85 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 (ฉ) ตามลำดับ อนุภาคขนาดเล็กเหล่านี้จะแตกแบบเปราะ เพราะมีลักษณะการแตกแบบหลายเหลี่ยม มีปลายแหลมและกระจายทั่วอะลูมิเนียมเมตริกซ์ (สีเทา) ในบริเวณของเนื้อเชื่อม ซึ่งการกระจายตัวของอนุภาคมีผลการทดลองไปในทำนองเดียวกันทุกการทดลอง อนุภาคที่เล็กและกระจายตัวดีจะทำให้ชิ้นงานมีสมบัติทางด้านความแข็งที่ดีด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบที่กำลังขยายที่สูงก็พบช่องว่างขนาดเล็กเช่นกัน

4.4 ผลการทดสอบความแข็ง (Hardness Test)

กราฟผลของความแข็งอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 จากการเชื่อมเสียดทาน ดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่าค่าความแข็งบริเวณเนื้อโลหะเดิม เฉลี่ยอยู่ที่ 44.96 ± 7 HV ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกันทุก ๆ การทดลอง บริเวณเนื้อเชื่อม ในทุกตัวแปรมีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าเฉลี่ยที่ 55.05 ± 9 HV เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาค และบริเวณที่ได้รับอิทธิพลผลกระทบของความร้อนมีค่าความแข็งเฉลี่ยที่ 50.14 ± 3 HV เพราะมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาคเช่นกัน แต่จะมีความแข็งน้อยกว่าบริเวณรอยเชื่อม เพราะบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของความร้อน

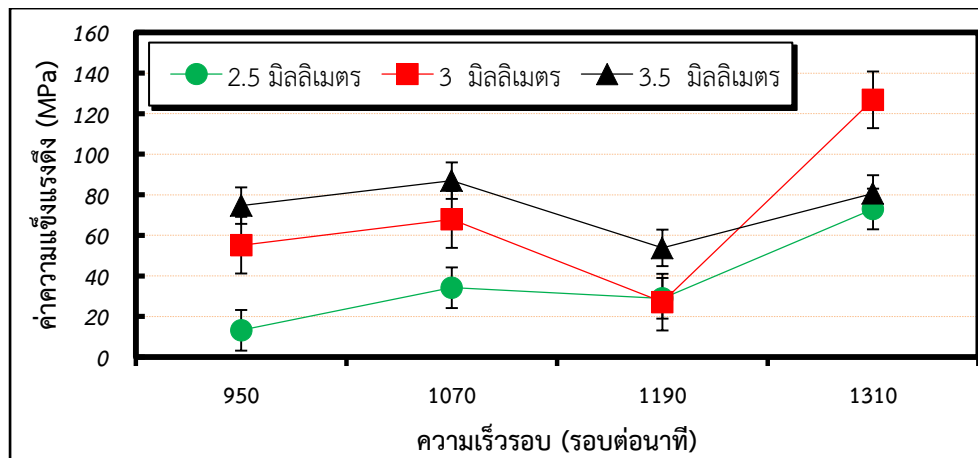


ภาพที่ 5 กราฟความแข็งของชิ้นงานหลังการเชื่อม เมื่อ (ก) ระยะกอดอัด 2.5 มิลลิเมตร (ข) ระยะกอดอัด 3.0 มิลลิเมตร และ (ค) ระยะกอดอัด 3.5 มิลลิเมตร

โครงสร้างจุลภาคเกิดการเปลี่ยนแปลงจากพฤติกรรมความร้อนและการกระทำของแรงกด (Ahmad Fauzi, M. N, 2010) ตัวแปรเหล่านี้ทำให้ธาตุผสมในอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสมบัติด้านความแข็งแรงของชิ้นงาน เป็นที่น่าสังเกตว่าความเร็วรอบในการเชื่อมที่ 1310 รอบต่อนาที มีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าความเร็วหมุนในการเชื่อมอื่น ๆ เนื่องจากความเร็วหมุนสามารถสร้างความร้อนที่ดีกว่าการหมุนที่ความเร็วรอบต่ำ (Moarrefzadeh, A, 2012) ความร้อนในการเชื่อมจะส่งผลให้เกิดการตกตะกอนของสารประกอบได้ง่ายและทำให้เนื้อวัสดุเกิดการไหลวนที่ดีในขณะที่เชื่อม เป็นสาเหตุให้ช่องว่างหลังการเชื่อมลดลง อย่างไรก็ตามระยะกอดัดก็เป็นอีกตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดความร้อน โดยการเพิ่มระยะกอดัดจะเพิ่มความเค้นตกค้าง (Residual Stress) ส่งผลให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงบริเวณเนื้อเชื่อมเพิ่มขึ้น หรือแม้กระทั่งตัวแปรอื่น ๆ เช่น ขนาดความโตผิวสัมผัสของชิ้นงานหรือความขรุขระของผิวสัมผัส ก็เป็นปัจจัยเพิ่มเติมที่มีผลต่อความแข็งแรงของชิ้นงานหลังการเชื่อม

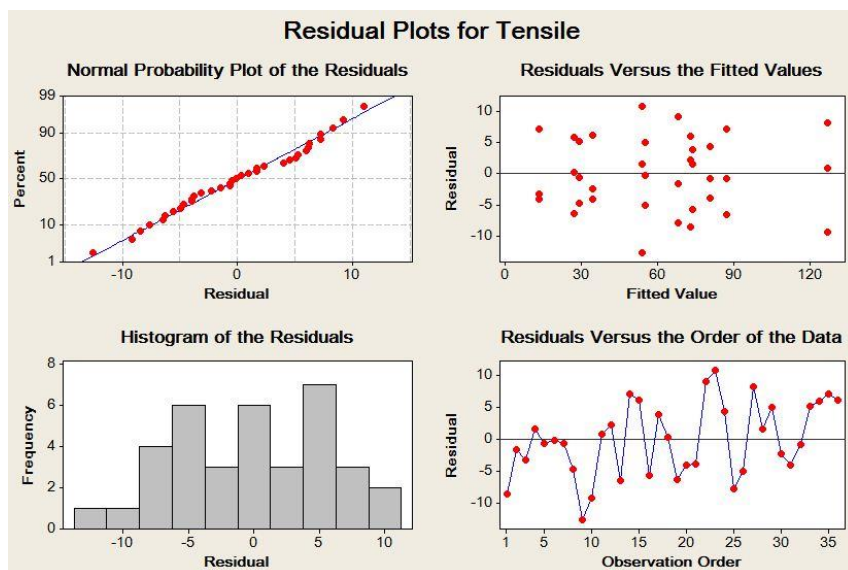
4.5 ผลการทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile Strength Test)

ผลการทดสอบแรงดึงพบว่าค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อมีผลที่แตกต่างกันตามตัวแปรของการเชื่อม โดยที่ความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที และระยะกอดัดที่ 3.0 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 126.88 MPa ดังแสดงในภาพที่ 6 เนื่องจากมีช่องว่างหลังจากการเชื่อมที่มีขนาดเล็ก ดังแสดงในภาพที่ 4 (ค) ในทางตรงกันข้ามความเร็วรอบที่ 950 รอบต่อนาที ระยะกอดัดที่ 2.5 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงดึงต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 13.20 MPa เนื่องจากความเร็วรอบในการหมุนเชื่อมที่แตกต่างกันสร้างความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อมที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบ 950 รอบต่อนาที ภายในโครงสร้างเกิดจุดบกพร่องที่มากกว่าที่ความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที ดังแสดงในภาพที่ 4 (ฉ) อย่างไรก็ตามเมื่อเชื่อมที่ความเร็วรอบ 1190 รอบต่อนาที ค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อกลับมีค่าลดลง เพราะความเร็วรอบดังกล่าวนำไปสู่สร้างความร้อนที่ไม่ต่ำไป (Uday M. B, 2011) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระยะกอดัดแสดงให้เห็นว่า ที่ระยะกอดัดสูงให้ค่าความแข็งแรงดึงของชิ้นงานเชื่อมมากกว่าระยะกอดัดน้อย ตัวอย่างเช่น ความเร็วรอบ 1070 รอบต่อนาที ระยะกอดัดที่ 2.5 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงดึงเฉลี่ยที่ 34.19 MPa แต่ที่ความเร็วรอบเดียวกัน ระยะกอดัดที่ 3.5 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงดึงสูงขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 87.01 MPa ซึ่งจะมีผลการทดลองไปในทำนองเดียวกันทุกความเร็วหมุนเชื่อม จะเห็นได้ว่าปริมาณช่องว่าง (Voids) ส่งผลโดยตรงต่อค่าความแข็งแรงดึงของชิ้นงาน สำหรับกระบวนการเชื่อมเสียดทานจะใช้งานในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำมัน เช่น ตัวปรับแรงดันสูง (High-pressure Valve Body) กลุ่มอุตสาหกรรมเรือ เช่น เพลาลับ (Engine Drive Shaft) และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น



ภาพที่ 6 ค่าความแข็งแรงดึงของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 จากการเชื่อมเสียดทาน

การออกแบบการทดลองของงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้การออกแบบการทดลองแบบ Factorial Design มาวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อกระบวนการเชื่อมเสียดทาน โดยการนำโปรแกรม MINITAB V.16 มาใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง (D.C. Montgomery, 2000) โดยวิเคราะห์ผ่านทางค่าความแข็งแรงดึงของชิ้นงาน ซึ่งกำหนดตัวแปรในการทดลอง คือ ความเร็วรอบ ประกอบด้วย 950 1070 1190 และ 1310 รอบต่อนาที ส่วนอีกตัวแปร คือ ระยะกอดอัด ประกอบด้วย 2.5 3.0 และ 3.5 มิลลิเมตร หลังจากทดลองตามตัวแปรที่กำหนดนำผลการทดลองไปตรวจสอบว่าข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพหรือไม่ โดยมีความจำเป็นต้องพิสูจน์คุณสมบัติของข้อมูล 3 ประการด้วยกัน คือ การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independent Test) การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test) และการทดสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูล (Variance Stability Test) ดังแสดงในภาพที่ 7 จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาวิเคราะห์ความเป็นอิสระของข้อมูลมีการกระจายไร้รูปแบบไม่มีแนวโน้ม เมื่อวิเคราะห์ถึงความเป็นปกติของข้อมูล พบว่ามีแนวโน้มเข้าหาค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะเป็นและไม่มีหลักฐานใดมาสนับสนุนว่าข้อมูลไม่มีเสถียรภาพ จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีคุณสมบัติทั้ง 3 ประการ คือ มีความเป็นอิสระต่อกันของข้อมูล มีความเป็นปกติของข้อมูล และมีความเสถียรภาพของข้อมูล และเมื่อทดสอบคุณสมบัติของข้อมูลแล้ว จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) สามารถแสดงผลตามตารางที่ 3



ภาพที่ 7 การตรวจสอบสมมติฐานของค่าความแข็งแรงดึง

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนจากการทดลองค่าความแข็งแรงดึงที่ได้ออกแบบไว้ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R-sq มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.53 และค่า R-sq (adj) เท่ากับร้อยละ 94.94 ซึ่งมีความหมายว่า ถ้าหากความแปรปรวนในข้อมูลมี 100 (MPa)^2 แล้วความแปรปรวน 96.53 (MPa)^2 สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย ส่วนปริมาณที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้ เนื่องจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น และสามารถมองไปถึง ค่า R-sq (adj) เท่ากับร้อยละ 94.94 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า R-sq เป็นการยืนยันให้สมบูรณ์ว่าแบบจำลองหรือผลวิเคราะห์ความแปรปรวนมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ดังนั้นจะได้ว่าความแปรปรวนของข้อมูลค่าความแข็งแรงดึง ส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ด้วยความเร็วรอบและระยะกดอัด รวมถึงอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ตัวแปร โดยดูจากค่า P-value ในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.05 ของทั้งตัวแปรหลักและตัวแปรร่วม

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าความแข็งแรงดึง

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Speed	3	16551.10	5517.00	111.38	0.000
Burn of length	2	9484.40	4742.20	95.73	0.000
Speed*Burn of length	6	7006.80	1167.80	23.58	0.000
Error	24	1188.80	49.50		
Total	35	34231.20			

R-sq 96.53% R-sq(adj) 94.94%

5. สรุปผลการทดลอง

หลังจากทดลองเชื่อมวัสดุกลุ่มอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 ด้วยกระบวนการเชื่อมเสียดทาน เพื่อศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อการยึดติดของชิ้นงานเชื่อม จากการทดสอบผลการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 โครงสร้างบริเวณรอยเชื่อมเกิดการแตกหักของเฟส Mg_2Si จนมีขนาดที่เล็กลงโดยความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที มีขนาดที่วัดได้เล็กที่สุด ที่ขนาดความยาว 1.01 ไมโครเมตร และขนาดความกว้าง 0.69 ไมโครเมตร

5.2 ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดของชิ้นงานหลังการเชื่อมเสียดทานอยู่ที่ 126.88 MPa จากความเร็วรอบ 1310 รอบต่อนาที ระยะกอดอัดที่ 3 มิลลิเมตร และเวลาในการกดแช่ 15 วินาที

5.3 บริเวณรอยเชื่อมมีค่าความแข็งแรงสูงสุดเฉลี่ย อยู่ที่ 55.05 HV เกิดจากการแตกหักของเฟส Mg_2Si ที่กระจายตัวทั่วรอยเชื่อม

5.4 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนจากการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงที่ได้จากการทดลอง มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R-sq มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.53

6. อภิปรายผลการวิจัย

การเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 มีผลการทดลองที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากตัวแปรในการทดลอง คือ ความเร็วหมุน เวลาในการกดแช่ และระยะกอดอัดที่ใช้ในการทดลอง โดยความเร็วหมุนในการเชื่อมที่สูงมีแนวโน้มทำให้ชิ้นงานหลังการเชื่อมยึดติดกันได้ดี เนื่องจากเกิดการสร้างความร้อนที่เหมาะสม และระยะกอดอัดที่สูงมีแนวโน้มเพิ่มสมบัติทางด้านความแข็งแรงของชิ้นงานหลังการเชื่อมได้

7. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยการเชื่อมเสียดทานของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็ง SSM 6061 เป็นงานวิจัยที่สร้างองค์ความรู้ในการเชื่อมด้วยเทคนิคใหม่ ๆ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการเชื่อมเสียดทานของวัสดุกลุ่มอื่น ๆ หรือกลุ่มวัสดุที่เชื่อมได้ยากสำหรับการเชื่อมด้วยวิธีเชื่อมแบบทั่วไป นอกจากนั้นควรมีการศึกษาร่วมกันกับสถานประกอบการที่สนใจเทคนิคการเชื่อมนี้ โดยควรศึกษาการเชื่อมเสียดทานกับชิ้นส่วนที่มีการใช้งานในอุตสาหกรรมของประเทศ

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยกองทุนวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณด้วยความจริงใจ

9. เอกสารอ้างอิง

Ahmad Fauzi M.N, Uday M.B, Zuhailawati H. and Ismail A.B. (2010). Microstructure and mechanical properties of alumina-6061 aluminium alloy joined by friction welding. **Materials and Design**, Vol. 31, February 2010, pp. 670-676.

- D.C. Montgomery. (2000). **Designing and analysis of experiments**, 5th ed., New York: John Wiley & Sons,.
- Khalid Rafi H. Janaki Ram G.D, Phanikumar G. and Prasad Rao K. (2010). Microstructure and tensile properties of friction welded aluminum alloy AA7075-T6. **Materials and Design**, Vol. 31, May 2010, pp. 2375-2380.
- Lee C.S, Li H, Chandel R.S, (1999). Vacuum-free diffusion bonding of aluminium metal matrix composite. **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 89-90, May 1999, pp. 326-330.
- Moarrefzadeh A. (2012). Study of Heat Affected Zone (HAZ) in Friction welding process. **Journal of Mechanical Engineering**, Vol. 1(1), January 2011, pp. 11-17.
- Shailesh Singh K, Chattopadhyay K, Phanikumar G. and Dutta P. (2014). Experimental and numerical studies on friction welding of thixocast A356 aluminum alloy. **Acta Materialia**, Vol. 73, July 2014, pp. 177-185.
- Su J.Q, Nelson T.W, Mishra R. and Mahoney M. (2003). Microstructural investigation friction stir welded 7050-T651 aluminum. **Acta Materialia**, Vol. 51, February 2003, pp. 713-729.
- Trimble D.O, Donnell G.E, Monaghan J. (2015). Characterization of tool shape and rotational speed for increased speed during friction stir welding of AA2024-T3. **Journal of Manufacturing Processes**, Vol. 17, January 2015, pp. 141-150.
- Uday M.B, Ahmad Fauzi M.N, Zuhailawati H. and Ismail A.B. (2011). Evaluation of interfacial bonding in dissimilar materials of YSZ-alumina composites to 6061 aluminium alloy using friction welding. **Materials Science and Engineering A**, Vol. 528(9), January 2011, pp. 1348-1359.
- Wannasin J, Janudom S, Rattanochaikul T. and Flemings M.C. (2008). Development of the Gas Induced Semi-Solid Metal Process for Aluminum Die Casting Application. **Solid State Phenomena**, Vol. 141-143, July 2008, pp. 97-102.
- Yang X.W, Fu T and Li W.Y. (2014). Friction Stir Spot Welding: A Review on Joint Macro and Microstructure, Property and Process Modeling. **Advances in Materials Science and Engineering**, June 2014, pp. 1-11.

การจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

Supply Chain Management, Chao Phraya River Community Enterprise Group

ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ¹ และสุรัชย์ บุญเจริญ²

^{1,2}หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

398 หมู่ 9 ต.นครสวรรค์ตก อ.เมืองนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ 60000 โทรศัพท์ 087-5734724 E-mail:nuttasate@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาบริบทและพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ใช้แบบสอบถามแบบสัมภาษณ์ การจัดเวทีกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การศึกษาดูงาน เป็นเครื่องมือ ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาขาดการจัดการด้านห่วงโซ่อุปทานข้าวให้เป็นไปตามระบบ ผู้วิจัย ผู้นำกลุ่ม และสมาชิกกลุ่มได้พัฒนาองค์ความรู้ห่วงโซ่อุปทานข้าวของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาขึ้น ดำเนินกิจกรรมตามกระบวนการไปใช้กับสมาชิกในกลุ่มเมื่อสมาชิกได้ดำเนินการเห็นได้ว่าสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตข้าว มีการเพิ่มมูลค่าของข้าวโดยการแปรรูปข้าวให้มีมูลค่าที่สูงขึ้นทำให้สังคมของชุมชนเปลี่ยนแปลงใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในกลุ่มชุมชนมาประโยชน์ เป็นการลดรายจ่ายและเพิ่มรายได้ซึ่งทำให้ในกลุ่มสมาชิกแต่ละครัวเรือน เกิดการสร้างภาคีเครือข่ายของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยานำไปสู่ความสำเร็จจึงนำไปถ่ายทอดและเรียนรู้ขยายผลให้เป็นระบบเครือข่ายที่พึ่งพาตนเองได้ต่อไป

คำสำคัญ : ข้าว, ห่วงโซ่อุปทาน, วิสาหกิจชุมชน

Abstract

This research was a participatory action research aimed at studying the context and development of the rice supply chain of the enterprise group of Chao Phraya River Community Enterprise using questionnaires, interviews, knowledge sharing and observation. The research found that the Chao Phraya River Community Enterprise lacked the supply chain management system. The knowledge formation of the rice supply chain of the Chao Phraya River Community Enterprise has been developed by the researcher, the leader of group and the members of group. Process activities are applied to members in the group when members are able to see that they can reduce the cost of production. The community of society had transited to use the available resources in the community group, it reduced the costs and increased the revenue in which the members of group from each family created the network party of community enterprise groups of The Chao Phraya River which

lead them to able be successful and then conveyed and learned and finally, it was able to extend the effect in order to a self-reliant network in the future.

Keywords : Rice, Supply chain, Community enterprise

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยมาโดยตลอด เนื่องจากเป็นอาหารหลักของคนไทย และยังเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในหลายพื้นที่ พื้นที่ถือครองทางการเกษตรกว่าร้อยละ 50 เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าว นำรายได้เข้าสู่ประเทศกว่า 210,388 ล้านบาท สถานการณ์การทำเกษตรกรรมในปัจจุบันเน้นผลผลิตปริมาณมาก การใช้เทคโนโลยีและสารเคมีเป็นปัจจัยหลักสำคัญในกระบวนการผลิต ความเสียหายที่ติดสภาพดิน น้ำ อากาศ ส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ปัจจัยทางธรรมชาติที่เป็นรากฐานการทำเกษตรกรรม ปริมาณผลผลิตที่ได้ตกต่ำและคุณภาพไม่ค่อยจะปลอดภัย สอดคล้องกับรายงานการวิจัย ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, 2550) ปัญหาใหญ่ของเกษตรกรส่วนใหญ่ คือ ต้นทุนและความรู้ที่น้อยจึงไม่สามารถบริหารจัดการทรัพยากรได้เต็มที่ในการผลิต และอีกปัญหาที่พบกันอยู่เสมอคือปัญหาพ่อค้าคนกลาง ราคาที่พ่อค้าคนกลางได้รับจากเกษตรกรนั้นเป็นราคาที่ต่ำมาก แต่กลับไปขายต่อได้ในราคาที่สูง ส่วนต่างจำนวนมากนี้ทำให้กำไรเกือบจะทั้งหมดตกไปอยู่ที่พ่อค้าคนกลาง

ชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก พื้นที่การเกษตรในลุ่มน้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวและพืชไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุด ถึงร้อยละ 69.86 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณที่ราบลุ่มของลุ่มน้ำเจ้าพระยา พืชที่ปลูกในลำดับรองลงมาคือพืชไร่ มีการปลูกประมาณร้อยละ 23.76 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดโดยจะปลูกบริเวณที่ราบที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ โดยเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ ส่วนพื้นที่การเกษตรที่เหลือมีการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น ในจำนวนไม่มากนักประมาณร้อยละ 5.74 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยการปลูกข้าวเกษตรกรต้องใช้เวลารอการเก็บเกี่ยวข้าวแต่ละครั้ง ประมาณ 3 - 4 เดือน โดย 1 ปี อาจปลูกข้าวได้ 1 - 2 ครั้ง เนื่องจากในปัจจุบันนี้เราจะไปอ้างอิงธรรมชาติค่อนข้างมาก ทำให้รายได้ของเกษตรกรนั้นไม่พอกับรายจ่ายที่ได้ลงทุนไว้ทำให้เกิดหนี้สิน บางเกษตรกรต้องทำเช่าที่ดินในการทำนา พอเจอกับธรรมชาติที่ไม่คง ทำให้เป็นหนี้สินจำนวนมากพอหลาย ๆ ปี ก็ทำให้มีหนี้สินที่ไม่สามารถใช้ได้หมด ทำให้เป็นผลเสียหลายด้านที่มาของปัญหาที่สำคัญคือชุมชนกลุ่มวิสาหกิจลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยายังขาดการพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการที่สามารถพึ่งพาตนเองตาม และยังขาดการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานในเชิงพาณิชย์

จากปัญหาดังกล่าว โครงการวิจัยสามารถทำให้เกษตรกรได้รวมกลุ่มพึ่งพาตนเอง เป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กับระบบเศรษฐกิจชุมชนเพื่อเป็นหลักประกันการอยู่ดีกินดีของประชาชนรวมทั้งทุนทางสังคม โดยเฉพาะความรู้ ภูมิปัญญา ระบบคุณค่าและวัฒนธรรม การส่งเสริมสนับสนุนให้ชุมชนได้เรียนรู้ได้พบทุนเหล่านี้ ได้พัฒนาขีดความสามารถในการจัดการทรัพยากรและทุนที่มีอยู่ให้เกิดเป็นระบบเศรษฐกิจชุมชนที่เข้มแข็ง ด้วยการสร้างสรรค์กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่หลากหลาย

และมีระบบการจัดการที่เรียกว่าวิสาหกิจชุมชน ดังนั้น เพื่อการแก้ไขปัญหาระยะยาวและเกิดประโยชน์ต่อชุมชนในสังคมที่มีความยั่งยืน จึงได้ศึกษาและมีการจัดการห่วงโซ่อุปทานของข้าวในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามีระบบบริหารจัดการน้ำในเขตชลประทานจึงสามารถควบคุมปริมาณน้ำในการทำนาได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่ ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ เพื่อลดปัญหาการผลิตที่ใช้ต้นทุนสูงและขายข้าวถูก ทำให้ส่วนต่างของกำไรมีไม่มาก โดยงานวิจัยนี้จะเป็นต้นแบบการลดช่องว่างที่เกษตรกรไม่สามารถลดต้นทุนการผลิตข้าวต่อไร่ต่ำ เพิ่มผลผลิตข้าวที่สูงต่อไร่ และมีเพิ่มช่องทางให้สามารถขายถึงผู้บริโภคโดยตรงที่ไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง หรือโรงสีข้าว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาบริบทและการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

2.2 เพื่อประเมินผลและถ่ายทอดความรู้ห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

1) กลุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีการเลือกแบบยัดจุดมุ่งหมายของการศึกษาเป็นหลักโดยเลือกผู้ที่เป็นประโยชน์ (Key Informants) ซึ่งคือผู้บริหารเชิงปฏิบัติการที่อยู่ในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับข้าวอย่างน้อย 5 ปี บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. ศูนย์การเรียนรู้วิสาหกิจชุมชนชนมจินโบราณ-คุกกี้ครูเป่า 2. ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงนายสุพจน์โคมณี 3. ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงนายผดุง ช่วยคำชู และ 4. ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงนายอำพร วรรคิต

2) เนื้อหาที่ศึกษา ได้แก่ บริบทห่วงโซ่อุปทานข้าวโดยใช้พื้นที่ในการศึกษาเป็นกลุ่มวิสาหกิจที่อยู่ในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

3) ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาโดยใช้เวลาในการศึกษา 6 เดือน ตั้งแต่ ธันวาคม 2557 ถึง พฤษภาคม 2558

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

การจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยแบ่งขั้นตอนเป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การศึกษาบริบทห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ในขั้นตอนนี้เป็นช่วงของการศึกษาบริบทห่วงโซ่อุปทานข้าวผู้วิจัยได้ลงพื้นที่จัดเก็บข้อมูลภาคสนาม ทำการสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ผู้เกี่ยวข้องโดยตรงในส่วนที่ทำการศึกษาในแต่ละโซ่อุปทาน ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ก็นำมาประมวลและเรียบเรียง โดยมีรูปแบบการนำเสนอเป็นการเขียนเชิงพรรณนา สำหรับข้อมูลทุติยภูมิดำเนินการค้นหาข้อมูลโดยศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่และศึกษาจากงานวิจัยต่าง ๆ

ระยะที่ 2 พัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อเพิ่มมูลค่า ขั้นตอนนี้เป็น การลงพื้นที่พัฒนาโดยมีส่วนร่วมของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้วิจัย ผู้นำชุมชน และตัวแทนสมาชิก ดำเนินการพัฒนาตามบริบทที่ได้จากการศึกษาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และทำการคัดเลือกพื้นที่ในกลุ่มของสมาชิกเพื่อศึกษาถึงผลต่อไป

ระยะที่ 3 ประเมินผลและถ่ายทอดความรู้ห่วงโซ่อุปทานข้าวในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาที่ได้ให้ผู้นำกลุ่มชุมชน และสมาชิก สังเคราะห์ และถอดบทเรียนเป็นกรณีศึกษาของชุมชน และนำเสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านการสังเคราะห์ผลการวิจัยอย่างเป็นระบบในลักษณะของการสื่อสารสาธารณะ ให้กับสังคมได้รับทราบถึงการทดลองและสาธิตให้ชุมชนโดยชุมชนและเพื่อชุมชน คณะผู้วิจัยจัดถ่ายทอดและฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยวิธีบรรยาย (Lecture) ถ่ายทอดความรู้ห่วงโซ่อุปทานข้าวและและมีการประเมินผลการถ่ายทอดโดยใช้แบบสอบถาม

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมใช้แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ เกี่ยวกับข้อมูลบริบทพื้นฐาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม และผ่านการตรวจสอบความตรงของเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นแนวการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่ม ร่วมกับวิธีสังเกต ฯลฯ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ชุมชนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ดังนี้

1) การเก็บข้อมูลภาคสนามจากผู้นำกลุ่ม และสมาชิกกลุ่ม จำนวน 4 กลุ่มวิสาหกิจ ลักษณะแนวกว้างและลึก โดยใช้ทั้งแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล ทั้งที่เป็นรูปแบบทางการและไม่เป็นทางการ

2) การเก็บข้อมูลการจัดเวทีประชาคมและการประชุมสัมมนาทั้งกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่ การจัดกิจกรรม การศึกษาดูงาน โดยการสังเกตรวบรวมจากการเข้าร่วมกิจกรรมกับการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

3) การเก็บข้อมูลจากผู้ทรงคุณวุฒิ การตรวจสอบรูปแบบ ในลักษณะการประชุมกลุ่มย่อย โดยใช้แบบประเมินรูปแบบจากนักวิชาการ ชาวบ้าน และผู้นำกลุ่ม ได้จากการสนทนากลุ่ม การทำเวทีประชาคม และกิจกรรมการมีส่วนร่วมในการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อเพิ่มมูลค่า

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสังเคราะห์ข้อมูล

การจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาในครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ข้อมูลจากการสังเกต ข้อมูลจากการบันทึกการประชุม/สัมมนา ข้อมูลจากการประชุมกลุ่มย่อย และเวทีประชาคม นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยวิเคราะห์เนื้อหาและประเด็นปัญหา การรวบรวมประเด็นที่สำคัญและข้อสรุป และนำเสนอในรูปคำบรรยาย

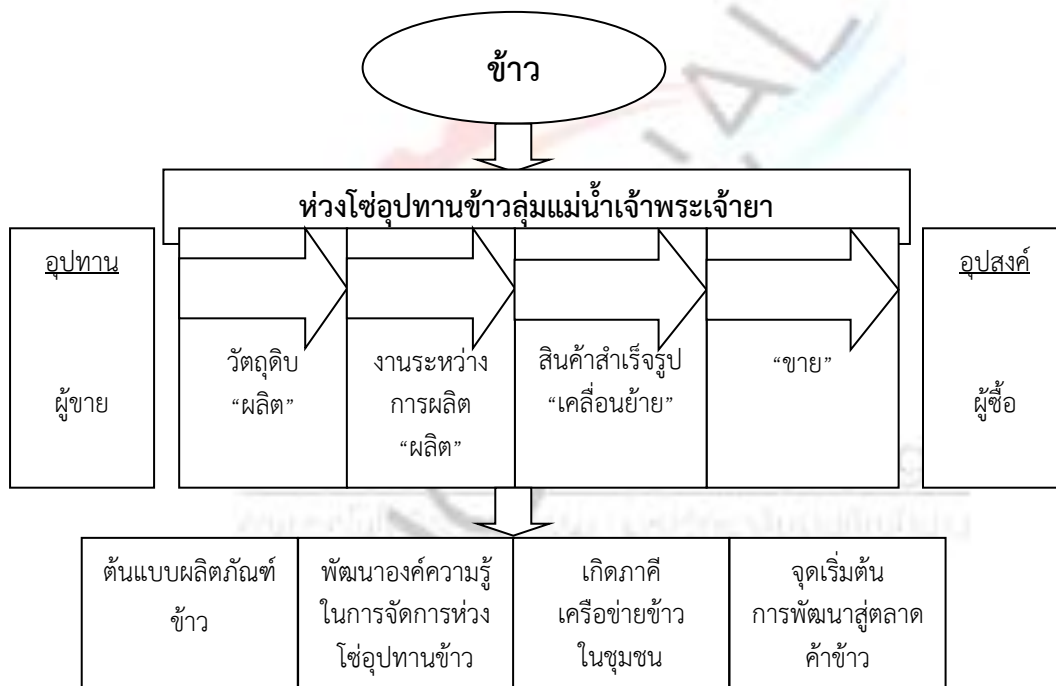
4. ผลการวิจัย

4.1 ศึกษาบริบทห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อเพิ่มมูลค่า

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาศักยภาพของเกษตรกรพบว่าเดิมเกษตรกรลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามีการทำนาแบบดั้งเดิมไม่มีการวางแผน การรวมกลุ่ม ขาดการบริหารจัดการองค์ความรู้ด้านการผลิต การตลาด จึงทำให้ขาดทุนและไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม จึงมีการพัฒนาให้เกิดเครือข่ายและเป็นศูนย์การเรียนรู้มีการผลิตและการวางแผนในการบริหารจัดการข้าวดังแสดงในภาพที่ 1 และมีข้อมูลของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทั้ง 4 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยภายในกลุ่มวิสาหกิจทั้ง 4 กลุ่ม พบว่ายังไม่มีมีการจัดการด้านห่วงโซ่อุปทานข้าวให้เป็นไปตามระบบ

4.2 เพื่อพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อเพิ่มมูลค่า

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการศึกษาศักยภาพของกลุ่มและได้นำมาพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

จากภาพที่ 1 แสดงรูปแบบของห่วงโซ่อุปทานข้าวของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา รูปแบบมีองค์ประกอบของความสัมพันธ์เชื่อมโยง ตั้งแต่ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ โดยวงจรห่วงโซ่อุปทานข้าวมีอุปทานคือผู้ขาย ต้องเตรียมวัตถุดิบในการผลิตประกอบด้วยเมล็ดพันธุ์ปุ๋ย และอุปกรณ์ในการส่งเสริมการผลิตข้าว เชื่อมโยงไปยังงานระหว่างการผลิตจนได้ผลผลิตที่เป็นกลางน้ำมีการส่งต่อขาย อุปสงค์ผู้ซื้อที่กระจายสินค้าสำเร็จรูปเคลื่อนย้ายไปยังผู้บริโภค เป็นการจัดการทั้งระบบของห่วงโซ่อุปทาน ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ สิ่งที่มีผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ

1) ต้นแบบของการผลิตข้าวที่มีหลากหลายผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาการผลิตข้าวโดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ อาทิเช่น เครื่องบดผสมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เครื่องย่อยวัชพืช เครื่องพ่นยา เครื่องสีข้าว และเครื่องซีลถุงสุญญากาศ เป็นต้น มาสนับสนุนการผลิตข้าว ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การนำเครื่องมือมาแสดงสาธิตช่วยในการส่งเสริมการผลิตข้าว

2) พัฒนาองค์ความรู้ในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน

ผู้วิจัยและผู้นำกลุ่มได้มีการจัดการประชุมแสดงดังภาพที่ 3 ได้มีการถ่ายทอดแลกเปลี่ยนประสบการณ์การพัฒนาองค์ความรู้ในด้านการวางแผน การออกแบบการผลิต การลดต้นทุน และการแปรรูปในระบบการตลาดโดยใช้องค์ความรู้ที่เป็นระบบห่วงโซ่อุปทานซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวของกลุ่มวิสาหกิจและมีการถ่ายทอดต่อไปยังสมาชิกภายในกลุ่มต่อไป

3) เกิดภาคีเครือข่ายข้าวในชุมชน

จากการประชุมและจัดการถ่ายทอดความรู้ห่วงโซ่อุปทานข้าวให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งในการจัดประชุมได้มีการจัดทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน ซึ่งทำให้สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจต่าง ๆ ทั้ง 4 กลุ่มซึ่งได้แก่ 1) ศูนย์การเรียนรู้วิสาหกิจชุมชนนมจีนโบราณ-คุกกี้ครูเป่า 2) ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงนายสุพจน์ โคมณี 3) ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงนายผดุง ช่วยคำชู และ 4) ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงนายอำพร ควรคิด ได้ร่วมเรียนรู้ร่วมกันซึ่งก็ทำให้เกิดภาคีเครือข่ายขึ้น

4) เกิดจุดเริ่มต้นการพัฒนาสู่ความสำเร็จ

ผลจากการทำวิจัยเป็นผลสืบเนื่องและเป็นจุดเริ่มของความสำเร็จโดยมีการพัฒนาการผลิตข้าวโดยสามารถลดต้นทุนของการผลิตข้าว โดยกลุ่มได้มีใช้วัตถุดิบที่มีอยู่มาส่งเสริมการผลิตข้าว เช่น ผลิตปุ๋ยจากมูลสัตว์ ผลิตน้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น รวมทั้งมีการเพิ่มมูลค่าของสินค้าโดยมีการพัฒนาการแปรรูปสินค้าและจำหน่ายขึ้นเอง เช่น การบรรจุหีบห่อที่มีคุณภาพ เป็นต้น ซึ่งทำให้เป็นจุดเริ่มของการพัฒนาของกลุ่มวิสาหกิจที่ผลิตข้าวสู่ความสำเร็จ

4.3 การประเมินผลและถ่ายทอดความรู้ห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อเพิ่มมูลค่า

ผลการวิเคราะห์ประเมินโดยใช้รูปแบบชีพ พบว่า กลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้ได้รับการถ่ายทอดความรู้ห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา โดยรวม

มีความสนใจและตั้งใจจริงในการแสวงหาความรู้ ได้รับประสบการณ์จริงด้านการลงมือปฏิบัติ ซึ่งเป็นการเสริมความรู้ ความสามารถในการพัฒนาตนเอง และเป็นการสร้างเครือข่ายด้านการเกษตร ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการติดตามและประเมินผลการเปลี่ยนแปลงปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลผลิตที่เกิดขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาของโครงการทำให้เกิดฐานข้อมูลสารสนเทศ ได้ข้อมูลย้อนกลับ และแนวทางการพัฒนาที่ส่งผลให้เกิดการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการดำเนินงานเกิดคุณค่า เกิดประโยชน์ และเกิดประสิทธิภาพสูงสุดอย่างแท้จริง



ภาพที่ 3 ภาพกิจกรรมลงพื้นที่จัดการประชุมของผู้วิจัยและตัวแทนกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ศูนย์การเรียนรู้	สมาชิก /คน	พื้นที่/ ไร่	ก่อนการพัฒนา		หลังการพัฒนา		มูลค่า เพิ่ม /%
			ปริมาณ ข้าว เปลือก /%	ปริมาณ การแปร รูป/%	ปริมาณ ข้าว เปลือก /%	ปริมาณ การแปร รูป/%	
1) ศูนย์การเรียนรู้ วิสาหกิจชุมชน นมจีนโบราณ-คุกกี้ ครูเป้า	8	50	90	10	70	30	20
2) ศูนย์การเรียนรู้ เศรษฐกิจพอเพียง นายสุพจน์ โคมณี	15	75	90	10	65	35	25
3) ศูนย์การเรียนรู้ เศรษฐกิจพอเพียง นายผดุง ช่วยคำชู	10	85	60	40	50	50	10
4) ศูนย์การเรียนรู้ เศรษฐกิจพอเพียง นายอำพร ควรคิด	10	50	90	10	70	30	20

จากตารางที่ 1 พบว่าศูนย์การเรียนรู้วิสาหกิจของชุมชนต่าง ๆ ทั้ง 4 แห่ง มีการพัฒนาที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากพื้นที่ อุปกรณ์การผลิต และการเข้าถึงวัตถุดิบของต้นทุนรวมถึงการจัดจำหน่ายจึงทำให้การเพิ่มปริมาณการแปรรูปได้มากน้อยต่างกัน โดยมีข้อจำกัดจึงทำให้การพัฒนาของศูนย์การเรียนรู้วิสาหกิจของชุมชนต่าง ๆ ทั้ง 4 แห่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการส่งเสริมให้ศูนย์การเรียนรู้มีการพัฒนา ด้านวัตถุดิบ เครื่องจักร อุปกรณ์ บรรจุภัณฑ์ การตลาด และเทคโนโลยีที่ใช้ทั้งระบบในห่วงโซ่อุปทาน

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาบริบทห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าวิสาหกิจที่รวมตัวเป็นกลุ่มตามโครงสร้างที่จดทะเบียนกับหน่วยงานภาครัฐ มีพื้นที่และสมาชิกที่พร้อมต่อการสร้างเพื่อเพิ่มมูลค่าจึงได้จัดตั้งเป็นศูนย์การเรียนรู้ชุมชน แต่ปัญหาที่พบคือการขาดระบบบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวให้เป็นไปตามระบบตั้งแต่ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ เพราะการผลิตข้าวเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องในทุกห่วงโซ่อุปทานและเกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stake holders) สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่เห็นว่ามีผลกระทบตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตต่อไร่ต่อถึง หรือต่อไร่ ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ พื้นที่เป็นเคมีมีการใช้ต้นทุนการผลิตที่สูง แปรแปลงขาดแหล่งน้ำในการวางแผนการผลิต เครื่องจักรกลการเกษตรมีขนาดไม่เหมาะสมกับพื้นที่และที่สำคัญขาดกระบวนการมีส่วนร่วมในการวางแผนการผลิต เมื่อเก็บเกี่ยวก็ต้องเร่งรีบในการขายไม่สามารถเก็บสต็อกไว้ขายในช่วงราคาแพงได้เลย จึงมีปัญหการแปรรูปและจัดจำหน่ายด้วยตนเอง ประกอบกับต้นทุนและอุปกรณ์ยังมีราคาสูง จึงต้องมีการรวมกลุ่มให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวิสาหกิจชุมชน และความเข้าใจในการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานทั้งระบบให้เพิ่มมูลค่าต่อไป

การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา การใช้อุปกรณ์ เครื่องจักร หรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้าไปช่วยในการพัฒนาระบบการผลิต การใช้วัตถุดิบที่ดี และถูกต้องในการผลิต (Right Material) พันธุ์ข้าวที่ดีผลผลิตต่อไร่ที่สูง การปลูกในปริมาณที่เหมาะสม ต่อความต้องการของตลาด การวางแผนในการเพาะปลูกที่เหมาะสม ดังนั้นต้องมีการวางแผนการผลิตข้าวที่ดีและชัดเจน (Right Plan) จะต้องมีแผนแม่บทการผลิตข้าวเพื่อวางแผนทุกขั้นตอนในแต่ละห่วงโซ่อุปทานข้าวโดยพัฒนาองค์ความรู้ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าว การเตรียมดินที่เหมาะสมการคัดเลือกพันธุ์ให้ได้ผลผลิตสูงเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม ระยะเวลา วิธีการปลูกการใส่ปุ๋ย การป้องกันกำจัดแมลง และโรคพืชอย่างถูกต้องและเหมาะสม ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดต้นทุน การสร้างภาคีเครือข่ายเพื่อพัฒนาไปสู่ความสำเร็จได้นำผลการพัฒนามาประเมินผลจากการจัดกิจกรรม พบว่ามีการพัฒนาทักษะอยู่ 4 ด้าน คือ 1. ด้านการบริหารจัดการ 2. ด้านการปรับใช้เทคโนโลยี 3. ด้านการเรียนรู้และการมีส่วนร่วม 4. ด้านการสร้างมูลค่าเพิ่ม จึงนำไปถ่ายทอดและเรียนรู้ขยายผลให้เป็นระบบเครือข่ายที่พึ่งพาตนเองได้ เพื่อให้ทุกหน่วยงานภายในองค์กรเชื่อมโยงเข้าหากัน ควรมีกิจกรรมสนับสนุนการทำงานภายในองค์กร รวมถึงการเชื่อมโยงภายนอกองค์กรทั้งด้าน อุปสงค์และอุปทาน (กมลชนก สุทธิวิหาพุดิ และคณะ, 2547)

6. อภิปรายผล

การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาให้ความสำคัญทั้งระบบ ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ การผลิตข้าวเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องในทุกโซ่อุปทาน และเกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียซึ่งสอดคล้องกับจิรวัดน์ วงศ์หาร และคณะ (2547) ที่ศึกษาเรื่อง การบริหารห่วงโซ่อุปทานข้าวไทยที่กล่าวว่าการจัดการบริหารห่วงโซ่อุปทานต้องทำอย่างต่อเนื่อง ทั้งระบบโดยเริ่มตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และในการส่งออก การบริหารจัดการ ห่วงโซ่อุปทานศศิณฑา บุญพิทักษ์ และคณะ (2559) กล่าวว่าการบริหารจัดการที่รวดเร็วขึ้น จะส่งผล ให้คุณภาพดีขึ้น และต้นทุนที่ลดลงได้ การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่น้ำ เจ้าพระยาได้มีการสร้างภาคีเครือข่าย ในการผลิตต้องมีความต่อเนื่องในทุกโซ่อุปทานซึ่งสอดคล้องกับ ฉัฐยา ดวงสุวรรณ (2553) ที่ศึกษาแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมข้าว ไทยที่กล่าวว่าแนวทางสร้างมูลค่าให้ห่วงโซ่อุปทานต้องสร้างความร่วมมือระหว่างสมาชิกภาพในห่วง โซ่อุปทานข้าว และที่สำคัญต้องมีการวางแผนการผลิตทั้งระบบในการจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าว สู่ความสำเร็จ อีกทั้งยังสอดคล้องกับจิรวัดน์ วงศ์หาร และคณะ (2547) ที่กล่าวไว้ว่าการบริหารการ ผลิตและการส่งออกข้าวในแต่ละโซ่อุปทานจะต้องมียุทธวิธีการบริหารที่มีประสิทธิภาพและมีเครือข่าย ที่จะทำให้สินค้าไหลไปสู่ตลาดเพื่อสร้างโอกาสในการขายผลิตภัณฑ์ได้ก่อนคู่แข่งรายอื่น อภิชาติ โสภาง และคณะ (2551) กล่าวว่า การเชื่อมโยงสินค้าการตลาดระหว่างเกษตรกรหรือกลุ่มผู้ผลิต และผู้ซื้ออย่างเป็นระบบ โดยนำระบบสารสนเทศติดต่อสื่อสารสามารถทำการซื้อขายได้ล่วงหน้า หรือสามารถทำการซื้อขายได้เลย ณ ขณะนั้นไม่ก่อให้เกิดความล่าช้า

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การดำเนินงานการพัฒนาแบบนวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าโซ่อุปทานข้าวกลุ่ม วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา จำเป็นต้องมีการวางแผนและการดำเนินงานอย่างมีส่วนร่วม ของทุกภาคส่วน ร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมแรง และร่วมใจกัน

7.2 ควรมีการสร้างหลักสูตรสร้างกระบวนการเรียนรู้บุคลากรในพื้นที่เป่าด้านห่วงโซ่อุปทาน ข้าว ให้ทั่วถึงครบทุกพื้นที่เพื่อใช้ในการพัฒนาพื้นที่เป้าหมายและร่วมสร้างเครือข่ายที่เข้มแข็ง และพัฒนาอย่างยั่งยืน

7.3 ประโยชน์ด้านความรู้ในพื้นที่ชุมชน สร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่าน กิจกรรม ตั้งแต่การค้นพบปัญหาและสาเหตุ การวางแผน ดำเนินกิจกรรมแก้ไขปัญหา การปฏิบัติงาน การร่วมรับผลประโยชน์ และการติดตามประเมินผล มีการวางแผนการผลิต การลดต้นทุนการผลิต การสร้างมูลค่า การสร้างเครือข่าย ที่มีความเชื่อมโยงโซ่อุปทานและที่สำคัญ ในเรื่องการลงทุนในการทำข้าวปลอดภัย มีการจัดส่งและจัดจำหน่ายทำให้ศูนย์การเรียนรู้ เศรษฐกิจพอเพียงในชุมชน สร้างได้ชุมชนให้เข้มแข็ง

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยบรรลุผลสำเร็จได้ดีเนื่องด้วยได้รับความร่วมมือ และความช่วยเหลือจากบุคคลสำคัญ ต่าง ๆ ภายในชุมชน รวมทั้งคณาจารย์นักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ

นครสวรรค์ นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกท่าน ขอขอบคุณอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และให้ข้อมูลในงานวิจัย ในครั้งนี้ สุดท้ายขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติที่อุดหนุนทุนในงานวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

กมลชนก สุทธิวาที และคณะ. (2547). **การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์**. กรุงเทพฯ:

สำนักพิมพ์ท็อป/แมครอ-ฮิล.

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2549). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจ**

และสังคมแห่งชาติฉบับที่ สิบ พ.ศ. 2550 - 2554. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการ
พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

จิรวัดน์ วงศ์หารญ และคณะ. (2547). **การบริหารห่วงโซ่อุปทานข้าวไทย**. ศูนย์บริการ

กรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ฉัฐยา ดวงสุวรรณ. (2553). **แนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมข้าว**

ไทย. คณะพาณิชยศาสตร์และบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ และพิทยา ว่องกุล. (2545). **วิสาหกิจชุมชน**. กรุงเทพฯ: เอ็ดดิสันเพรส

โปรดักส์ จำกัด.

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. (2550). **รายงานกิจการธนาคารเพื่อการเกษตร**

และสหกรณ์การเกษตร. กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ พัวพงศกร และคณะ. (2556). **รายงานการวิจัยยุทธศาสตร์ข้าวไทย การวิจัยพัฒนาข้าวไทย**

และการมองไปข้างหน้า : สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, สำนักงานกองทุนสนับสนุน
งานวิจัย กรุงเทพฯ.

ศศิณา บุญพิทักษ์, กรณ์ภพ รัตนวิจิตร และสำราญ ชำโสม. (2559). **การศึกษาและหาแนวทางการ**

จัดการห่วงโซ่อุปทาน ผลไม้มังคุดในเขตจังหวัดจันทบุรี. วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559,

หน้า 100-105.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2540). **ทฤษฎีใหม่ว่าด้วยการพัฒนาของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว**

ภูมิพลอดุลยเดช. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

สุภางค์ จันทวานิช. (2541). **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรัชย์ บุญเจริญ. (2550). **การคิดเชิงวิเคราะห์อย่างระบบ**. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

จังหวัดนครสวรรค์.

อภิชาติ โสภางค์ และคณะ. (2551). **โครงการศึกษาระบบการจัดการโซ่อุปทานของลำไยสด**

ในประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เชียงใหม่. หน้า บ1.

อัทธ์ พิศาลวานิช และคณะ. (2554). **รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาความอยู่รอดของข้าวไทย**

ภายใต้ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ.

การบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวม ของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมเหล็กรูปพรรณ Total Productive Maintenance for Improving Overall Equipment Effectiveness in Steel Manufacturing

ธนรัตน์ รัตนกุล^{1*}

^{1*} สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

160 ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

โทรศัพท์ 088-7913290 E-mail:tanarat.r@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) และเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ในอุตสาหกรรมเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกในการเก็บข้อมูล โดยเริ่มจากการเลือกเครื่องไวร์เมชเป็นเครื่องจักรตัวอย่างและประเมินความพร้อมในการประยุกต์ใช้ TPM ของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า มีความพร้อมในการดำเนินงาน เสาที่ 1 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง เสาที่ 2 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง เสาที่ 3 การบำรุงรักษาตามแผน และเสาที่ 4 การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ ผลการดำเนินการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (เสาที่ 1) สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องไวร์เมช ที่หัวอาร์คล่างร้อยละ 61.58 และหัวอาร์คบนร้อยละ 46.67 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาที่ 2) สามารถแก้ไขปัญหาจุดยากลำบากและปลดป้ายออกทั้งสิ้น 10 ป้าย รวมถึงการลดเวลาในการทำความสะดวกเครื่องจักรลงร้อยละ 17 การตรวจสอบสภาพเครื่องจักรร้อยละ 10.5 และการหล่อลื่นเครื่องจักรร้อยละ 9.8 การบำรุงรักษาตามแผน (เสาที่ 3) สามารถแก้ไขจุดบกพร่องที่ทำให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องที่มีการหยุดแบบเล็ก ๆ น้อย ๆ ด้วยสาเหตุจากการแตกร้าวของใบเลื่อย ซึ่งสามารถลดความถี่ในการเกิดใบเลื่อยแตกร้าวลงร้อยละ 61.32 รวมถึงการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (เสาที่ 4) ด้วยการประเมินความจำเป็นในการพัฒนาทักษะของพนักงานฝ่ายผลิตและซ่อมบำรุง เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับโรงงานกรณีศึกษาในการจัดเตรียมระดับของเนื้อหาในการฝึกอบรมที่เหมาะสมในอนาคต และจากการดำเนินงานในเสาหลักต่าง ๆ ของ TPM ส่งผลให้ค่า OEE จากเดิมร้อยละ 34.98 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 49.09

คำสำคัญ : การบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม, ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร, อุตสาหกรรมเหล็กรูปพรรณ

Abstract

The purpose of this research was to apply Total Productive Maintenance (TPM) in the steel manufacturer and increase Overall Equipment Effectiveness (OEE) by means of in-depth interviews to collect data. First a wire mesh machine was chosen to be used the sample machine and to assess the availability of the application with eight pillars of TPM. The factory under study has 4 of pillars available for implement, these include pillar 1: Individual Improvement, Pillar 2: Autonomous Maintenance, Pillar 3: Planned Maintenance and Pillar 4: Education and

Skill. The last one is evaluate the Overall Equipment Effectiveness (OEE). The result of Individual Improvement (pillar 1) to reduce the time adjustment of the wire mesh machine was 61.58% at the down welding head and 46.67% at the top welding head. The autonomous maintenance (pillar 2) that can resolve the difficulty point and unlock badges out of 10 TAG and reduce time in cleaning the equipment down to 17%, condition monitoring equipment to 10.5% and lubrication equipment to 9.8%. The planned maintenance (pillar 3) can fix equipment failure that has a minor-stop, the blade cracking with the why-why analysis techniques in defining the root causes can reduce the frequency of the blade cracking down to 61.32%, and the training and skills development (pillar 4) by creating a training system with an assessment of the needs to improve the skills of production workers and maintenance to prepare the factory under study levels of training content to be used in the future was prepared. The implementation of TPM resulted in OEE increasing from 34.98% to 49.09%.

Keywords : Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Steel manufacturing

1. บทนำ

ความเจริญก้าวหน้าของโลกปัจจุบันมีความจำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานในด้านต่าง ๆ เช่น ถนน ทางรถไฟ สะพาน อาคารสำนักงาน และที่อยู่อาศัย การพัฒนาระบบเศรษฐกิจและระบบสาธารณสุขโรคต่าง ๆ เพื่อช่วยให้การดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นไปอย่างมีคุณภาพ อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า ถือได้ว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ เครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น จากภาวะเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศที่มีการฟื้นตัวขึ้นทั้งธุรกิจก่อสร้างและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2558) ปริมาณความต้องการใช้เหล็กในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปัจจัยสำคัญที่ขับเคลื่อนให้ความต้องการใช้เหล็กสูงขึ้น คือ การลงทุนก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของภาครัฐ ที่มีการอนุมัติไปแล้วหลายโครงการจึงสามารถดำเนินการก่อสร้างได้โดยช่วงเวลาของความต้องการใช้เหล็ก คาดว่าจะเริ่มปลายปี 2558 ถึงต้นปี 2559 ทำให้ความต้องการใช้ในประเทศเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการใช้เหล็กของทวีปเอเชียที่ร้อยละ 67 สูงที่สุดในตลาดโลก (Steel production - quarterly update, 2015)

ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาได้ดำเนินการประกอบธุรกิจประเภทผลิตและจำหน่ายเหล็กรูปพรรณ เช่น เหล็กตัวซี ท่อเหล็ก เหล็กแผ่น เหล็กปลอกเสา และลวดตะแกรงเหล็ก ซึ่งเป็นวัสดุที่สำคัญในการก่อสร้างและมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษาต้องใช้เครื่องจักรเป็นหลักในการผลิต และมีการวางระบบการบำรุงรักษาตามระยะเวลาด้วยระบบคอมพิวเตอร์ แต่ปัญหาที่พบส่วนใหญ่กับเครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิต คือ

การหยุดชะงัก การใช้เวลาในการหยุดเพื่อปรับตั้งเครื่องจักร และการตรวจสอบความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้ยอดการผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นเพื่อให้โรงงานกรณีศึกษามีความพร้อมในตอบสนองต่อความต้องการทั้งในปัจจุบันและอนาคต ด้วยการหาแนวทางในการบริหารจัดการที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการ ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) และเป็นดัชนีชี้วัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานในภาพรวม ด้วยการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM)

การบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มีจุดเริ่มต้นที่ประเทศญี่ปุ่น (Singh et al., 2013 อ้างถึงใน Nakajima, 1988) โดยมีหลักการที่สำคัญในการมุ่งเน้นให้บุคลากรทุกภาคส่วนของโรงงานอุตสาหกรรม ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงพนักงานระดับปฏิบัติการ (สุรพล ราชภูริณัย, 2545) ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรผ่านทางกิจกรรมต่าง ๆ ที่ถูกกำหนดไว้แนวปฏิบัติตาม 8 เสาหลัก และได้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร (Singh et al., 2013) และอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Graisa & Al-Habaibeh, 2011) รวมถึงประเทศไทย เช่น อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร (ภาคินัย มนปรางค์ และเกรียงไกร ไวยกาญจน์, 2555) อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ (นุกูล อุบลบาน, 2554) และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ (ธนรัตน์ รัตนกุล, 2553) เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากวิธีการผลิตที่ใช้เครื่องจักรเป็นหลักและปัญหาที่พบ จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะเลือกวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับโรงงานกรณีศึกษา เพื่อให้การบริหารงานโดยรวมมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานที่ดีต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ในอุตสาหกรรมเหล็กรูปพรรณ ด้วยการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นโรงงานผลิตและจำหน่ายเหล็กรูปพรรณ เช่น เหล็กตัวซี ท่อเหล็ก เหล็กแผ่น เหล็กปลอกเสา และลวดตะแกรงเหล็ก (ไวร์เมช) ในพื้นที่จังหวัดสงขลา จำนวน 1 โรงงาน และใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยเลือกเครื่องไวร์เมชเป็นเครื่องจักรตัวอย่าง เนื่องจากเป็นเครื่องจักรหลักที่มีความสำคัญต่อการผลิตลวดตะแกรงเหล็ก ซึ่งเป็นสินค้าหลักและมีปริมาณความต้องการสูงที่สุดของโรงงานกรณีศึกษา สอดคล้องกับภาคินัย มนประณีต และเกรียงไกร ไวยกาญจน์ (2555) ที่มีการเลือกเครื่องจักรหลักที่มีความสำคัญกับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลมาเป็นเครื่องจักรตัวอย่างในการประยุกต์ใช้ TPM โดยขั้นตอนการผลิตตะแกรงเหล็กไวร์เมชของโรงงานกรณีศึกษา ประกอบด้วยการนำลวดเข้าสู่เครื่องลดขนาดลวด ทำหน้าที่ลดขนาดลวดตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นนำลวดเข้าสู่เครื่องตัดลวดขวาง ซึ่งทำหน้าที่ตัดลวดขวางตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นนำลวดเข้าสู่เครื่องทอตะแกรงไวร์เมช ทำหน้าที่ทอตะแกรงเหล็ก ในขั้นตอนนี้จะมีความสำคัญต่อการผลิตมากที่สุด เนื่องจากเป็นขั้นตอนในการแปรรูปเส้นลวดเหล็กให้เป็นตะแกรงไวร์เมชด้วยวิธีการเชื่อมและตัดด้วยใบเลื่อย เมื่อได้ตะแกรง

เหล็กไวร์เมตามขนาดที่ต้องการแล้ว จึงนำเข้าสู่เครื่องม้วนตะแกรงเหล็กไวร์เมท ทำหน้าที่ม้วนตะแกรงเหล็กไวร์เมตามขนาดที่ต้องการ เพื่อจัดเก็บและรอจำหน่าย สำหรับขั้นตอนการประยุกต์ใช้ TPM ของโรงงานกรณีศึกษาเริ่มจากการประเมินสถานะความพร้อมของโรงงาน การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (เสาที่ 1) การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาที่ 2) การบำรุงรักษาตามแผน (เสาที่ 3) การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (เสาที่ 4) และการประเมินค่า OEE ช่วงการประยุกต์ใช้และติดตามผล ในขั้นตอนของการประเมินค่า OEE นั้น เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากทำให้ทราบถึงผลการประยุกต์ใช้ TPM ในภาพรวมของโรงงานกรณีศึกษาผ่านตัวชี้วัดดังกล่าว ทั้งในช่วงการประยุกต์ใช้และติดตามผล ซึ่งการประเมินค่า OEE นั้นต้องประกอบด้วยผลคูณระหว่าง ค่าอัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate: A) ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency: P) และค่าอัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q) โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าต่าง ๆ มีดังนี้ (Garza-Reyes., 2015 อ้างถึงใน Nakajima, 1988)

$$\text{ค่าอัตราการเดินเครื่อง (A)} = \frac{\text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \quad (1)$$

$$\text{ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P)} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \quad (2)$$

$$\text{หรือ} \quad \frac{\text{จำนวนที่ผลิตได้จริง}}{\text{เวลาเดินเครื่อง} \times \text{อัตราการผลิตมาตรฐาน}} \quad (3)$$

$$\text{ค่าอัตราคุณภาพ (Q)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้} - \text{จำนวนชิ้นงานที่เสีย}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้}} \quad (4)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)} = (A \times P \times Q) \times 100 \quad (5)$$

สำหรับผลการดำเนินงานในส่วนอื่น ๆ ตั้งแต่การประเมินความพร้อมของโรงงานกรณีศึกษาจนถึงการการประเมินค่า OEE จะกล่าวถึงในส่วนของการวิจัยและอภิปรายผล ซึ่งอยู่ในหัวข้อถัดไป

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้ TPM ในโรงงานกรณีศึกษา เริ่มต้นด้วยการประเมินสถานะความพร้อมของโรงงานกรณีศึกษาในการประยุกต์ใช้ TPM จนถึงขั้นตอนของการประเมินค่า OEE ในช่วงการประยุกต์ใช้และติดตาม มีรายละเอียดผลการดำเนินงานทั้งหมด ดังนี้

4.1 การสำรวจสถานะความพร้อมของโรงงานกรณีศึกษา

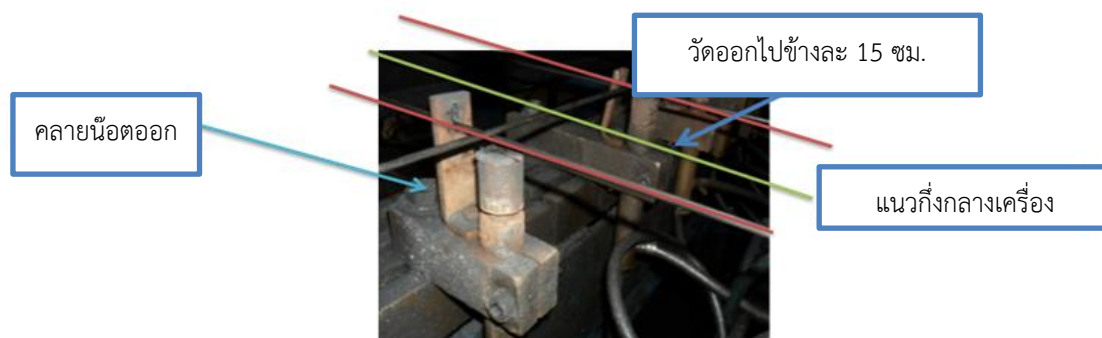
การสำรวจสถานะความพร้อมของโรงงานกรณีศึกษา จะทำให้ทราบว่าในปัจจุบันได้มีการจัดทำสิ่งใดบ้างและสิ่งใดที่ยังไม่มีการจัดทำ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการประยุกต์ใช้ TPM โดยผลจากการประเมินความพร้อมของโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีความพร้อมในการประยุกต์ใช้ 4 เสาหลักของ TPM ที่มุ่งเน้นดำเนินการในฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุงเป็นหลัก ได้แก่ การปรับปรุง

เฉพาะเรื่อง (เสาที่ 1) การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาที่ 2) การบำรุงรักษาตามแผน (เสาที่ 3) และการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (เสาที่ 4)

4.2 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (เสาที่ 1)

ผู้วิจัยร่วมกับโรงงานกรณีศึกษาเลือกเครื่องทอตะแกรงไวร์เมชเป็นเครื่องจักรตัวอย่างในการดำเนินงาน และเลือกการลดเวลาปรับตั้งหัวอาร์คการทอตะแกรงเหล็กของเครื่องทอตะแกรงไวร์เมชเป็นหัวในการปรับปรุง สอดคล้องกับ ธนะรัตน์ รัตนกุล และคณะ (2555) ได้ใช้การลดเวลาปรับตั้งเครื่องพิมพ์หมึกสีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ซึ่งรวมถึง จักรกฤษณ์ ฮั่นยะลา (2557) ได้เลือกการลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม โดยผลการดำเนินงานในเสาที่ 1 ของโรงงานกรณีศึกษา มีดังนี้

1) ศึกษาวิธีการปรับตั้งหัวอาร์คในปัจจุบัน พบว่ามีการใช้พนักงานทั้งหมด 4 คน โดยมีพนักงาน 2 ในการปรับตั้งหัวอาร์คล่าง ใช้เวลา 19 นาที และอีก 2 คน ปรับตั้งหัวอาร์คบน ใช้เวลา 30 นาที ส่วนวิธีการปรับตั้งหัวอาร์ค แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งมีข้อเสียในเรื่องความคลาดเคลื่อนของระยะห่างจากแนวกึ่งกลางและตั้งตารางได้ครึ่งละหัวเท่านั้น



ภาพที่ 1 การปรับตั้งหัวอาร์คแบบเดิม

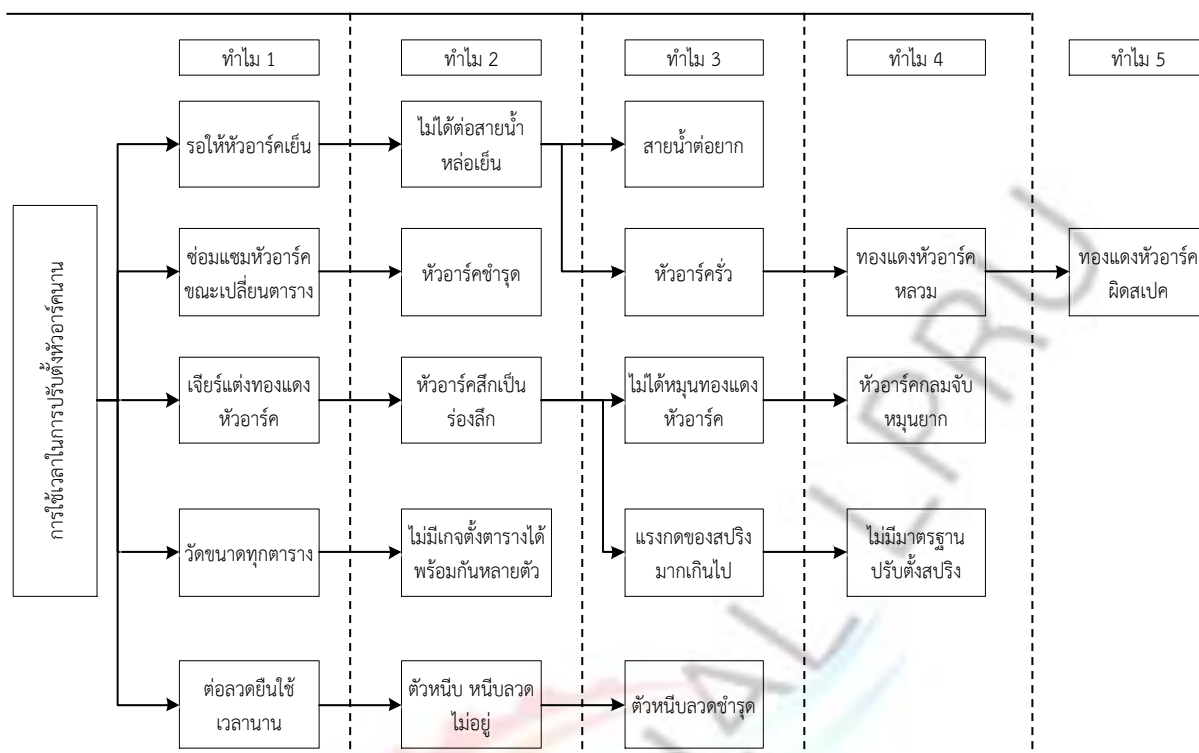
2) การวิเคราะห์หาสาเหตุของต้นตอในการใช้เวลาในการปรับตั้งหัวอาร์คนาน ด้วยเทคนิค Why-Why Analysis ดังภาพที่ 2

3) การปรับปรุงวิธีการทำงาน ดังนี้

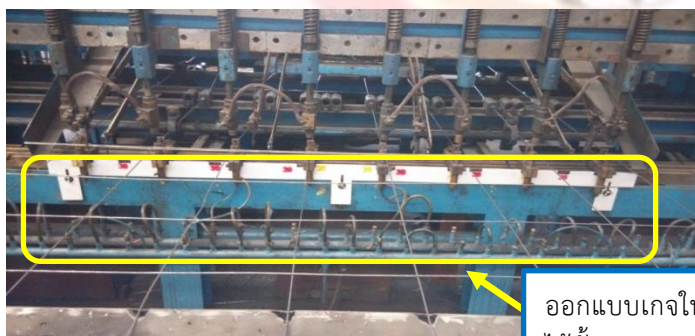
(1) ออกแบบเกจให้สามารถปรับตั้งได้ทั้งขนาดตาห่าง 25 x 25 เซนติเมตร โดยใช้แทปสีเหลือง และขนาดตาห่าง 30 x 30 เซนติเมตร โดยใช้แทปสีแดง ดังภาพที่ 3 การปรับปรุงหัวอาร์คด้านล่าง และภาพที่ 4 การปรับปรุงหัวอาร์คด้านบน

(2) ลดจำนวนหัวอาร์คในการปรับตั้งลง 2 หัว (หัวแรกและหัวสุดท้าย)

(3) ลดจำนวนพนักงาน 2 คน



ภาพที่ 2 วิเคราะห์สาเหตุต้นตอของปัญหาการใช้เวลาในการปรับหัวอาร์คนาน ด้วยเทคนิค Why-Why Analysis



ภาพที่ 3 หลังปรับปรุงหัวอาร์คล่าง

ออกแบบเกจให้สามารถปรับตั้งได้ทั้ง 2 ขนาด โดยใช้แทปเป็นสปีเป็นตัวแบ่งขนาด



ภาพที่ 4 หลังปรับปรุงหัวอาร์คบน

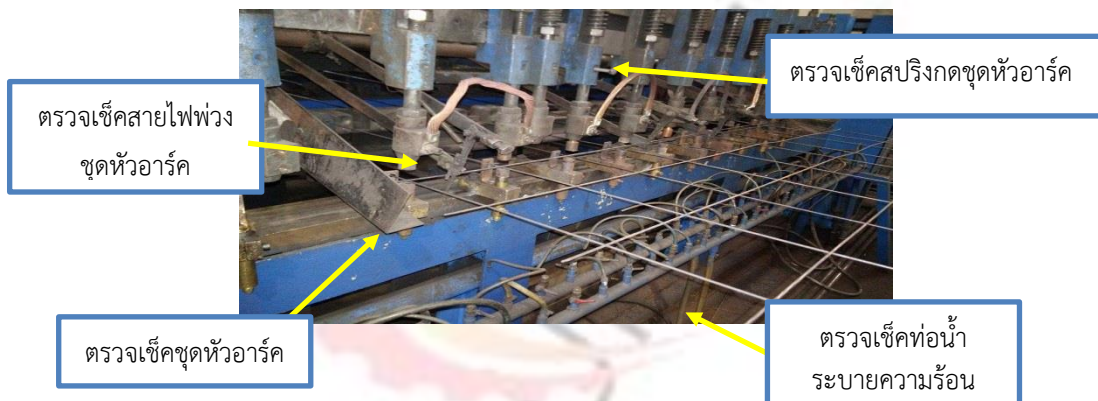
ใส่หัวอาร์คบน ให้ตรงตำแหน่งหัวอาร์คล่าง ตามแทปสีขนาดที่ต้องการตอนปรับตั้ง เพียงแค่ขยับสายพ่วงเท่านั้น ไม่ต้องปรับตั้งหัวบน

4) ตรวจสอบผลการปรับปรุงพบว่า เวลาปรับตั้งหัวอาร์คล่างลดลงเหลือ 7.30 นาที คนปรับตั้ง 1 คน และเวลาปรับตั้งหัวอาร์คบน ใช้เวลาลดลง เหลือ 16 นาที คนปรับตั้ง 1 คน

4.3 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาที่ 2)

ขั้นตอนการบำรุงรักษาด้วยตนเอง ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญของ TPM เนื่องจากเป็นการเตรียมความพร้อมให้พนักงานฝ่ายผลิตมีทักษะในตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรเบื้องต้น สอดคล้องกับ ธารรัตน์ รัตนกุล และคณะ (2553) ที่ได้มีการนำหลักการบำรุงรักษาด้วยตนเองไปใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ โดยผลการดำเนินงานในเสาที่ 2 ของโรงงานกรณีศึกษามีดังนี้

1) การทำความสะอาดเบื้องต้น โดยการให้พนักงาน กำจัดสิ่งสกปรก ผุ่น คราบน้ำมัน รวมถึงการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ชำรุด การรั่วซึมของน้ำมัน การสำรวจจุดยากลำบากในการทำความสะอาด และการตรวจสอบ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างจุดที่ยากต่อการตรวจสอบของเครื่องทอตะแกรงไวร์เมช

2) การทำสิ่งผิดปกติให้ปรากฏออกมาชัดเจน หลังจากทำความสะอาดและตรวจสอบเครื่องจักรทำให้พบจุดที่ตรวจสอบยากลำบาก จึงนำป้ายมาติดที่จุดยากลำบากให้ปรากฏออกมาชัดเจนยิ่งขึ้นด้วยป้าย (TAG) และจัดทำเป็นทะเบียน ดังภาพที่ 6 เมื่อแก้ไขปัญหายเรียบร้อยแล้วจึงปลดป้ายออก ทั้งสิ้น 10 ป้าย

แบบฟอร์มทะเบียน TAG						แก้ไข/เริ่มใช้งานวันที่			
วันที่.....	เครื่องจักร.....เครื่องทอตะแกรงไวร์เมช					พนักงาน.....ไวร์เมช			
ลำดับ	วันที่ติด TAG	Tag No.	สี	บริเวณที่ติด	รายละเอียดปัญหา	วิธีแก้ไข	ผู้พบ	ผลดำเนินงาน	ผู้แก้ไข
1	16 ม.ค. 58	LP-1B-01	ขาว	กระบอก Hydraulic	น้ำมันรั่ว	ขันสกรูให้แน่น	คุมเครื่อง 1	เรียบร้อย	คุมเครื่อง 1
2	10 ก.พ. 58	LP-1B-02	ขาว	แท่นตัด	สกรูหลวม	ขันสกรูให้แน่น	คุมเครื่อง 2	เรียบร้อย	คุมเครื่อง 2
3	19 ก.พ. 58	LP-1B-03	แดง	ชุดตัดลวด	ลูกปืนมีเสียงดัง	เปลี่ยนลูกปืน	ช่าง 1	เรียบร้อย	ช่าง 1
4	11 มี.ค. 58	LP-1B-04	แดง	ห้องเกียร์	สายพานแตกร้าว	เปลี่ยนสายพาน	ช่าง 1	เรียบร้อย	ช่าง 1
5	18 เม.ย. 58	LP-1B-05	ขาว	เครื่องมือวนลวด	ลมรั่ว	เปลี่ยนสายลม	คุมเครื่อง 1	เรียบร้อย	คุมเครื่อง 1
6	18 เม.ย. 58	LP-1B-06	ขาว	ห้องเกียร์	น้ำมันรั่ว	ขันสกรูให้แน่น	คุมเครื่อง 1	เรียบร้อย	คุมเครื่อง 1
7	17 พ.ค. 58	LP-1B-07	แดง	ชุดลูกกลิ้ง	ลูกปืนมีเสียงดัง	เปลี่ยนลูกปืน	ช่าง 1	เรียบร้อย	ช่าง 1
8	19 พ.ค. 58	LP-1B-08	แดง	ชุดอัลลอย	น้ำมันรั่ว	เปลี่ยนโอริง	ช่าง 1	เรียบร้อย	ช่าง 1
9	22 พ.ค. 58	LP-1B-09	แดง	ห้องเกียร์	โซ่หย่อน	ตัดโซ่	ช่าง 1	เรียบร้อย	ช่าง 1
10	28 มิ.ย. 58	LP-1B-10	แดง	ชุดใบมีดตัด	ใบมีดตัดลวดไม่ขาด	เปลี่ยนใบมีด	ช่าง 1	เรียบร้อย	ช่าง 1

ภาพที่ 6 ทะเบียนป้าย (TAG)

3) การสร้างมาตรฐานการทำความสะอาดและหล่อลื่น เพื่อให้พนักงานในฝ่ายผลิตง่ายต่อการทำความสะอาด การตรวจสอบ และการหล่อลื่น โดยการปรับปรุงเริ่มจากการนำข้อมูลมาตรฐานแบบเดิมมาแสดง ผ่านทางรูปภาพของเครื่องจักร ที่มีการแสดงจุดการตรวจสอบ และการหล่อลื่นอย่างชัดเจนเพื่อลดเวลาในการตรวจสอบ และป้องกันการหล่อลื่นที่ผิดพลาด จากนั้นประเมินผลการปรับปรุงมาตรฐานการทำความสะอาดและหล่อลื่น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการปรับปรุงมาตรฐานการทำความสะอาด การตรวจสอบสภาพ และการหล่อลื่น

ความถี่ในการทำงานแต่ละประเภท	ก่อนปรับปรุง (นาทีก)	หลังปรับปรุง (นาทีก)	ร้อยละ การปรับปรุง
การทำความสะอาดเครื่องจักร (1 ครั้ง/สัปดาห์)	76	63	17.00
การตรวจสอบสภาพเครื่องจักร (3 ครั้ง/วัน)	95	86	10.50
การหล่อลื่นเครื่องจักร (1 ครั้ง/เดือน)	123	112	9.80

จากตารางที่ 1 แสดงถึงการปรับปรุงจุดยากลำบากในการทำความสะอาด การตรวจสอบ และการหล่อลื่น รวมทั้งมีการจัดทำมาตรฐานการทำความสะอาดและการหล่อลื่น ซึ่งการปรับปรุงในส่วนนี้มีผลให้ค่าอัตราการเดินเครื่องเพิ่มสูงขึ้นได้

4.4 การบำรุงรักษาตามแผน (เสาที่ 3)

ขั้นตอนนี้มุ่งเน้นที่การปรับปรุงสภาพเครื่องจักร และแก้ไขจุดบกพร่องที่ทำให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษา มีการจัดทำระบบการจัดการข้อมูลเครื่องจักรและการบำรุงรักษาตามระยะเวลา โดยเครื่องทอตะแกรงไวร์เมชมีการหยุดทำงานแบบเล็ก ๆ น้อย ๆ ทำให้เกิดมีผลเสียต่อค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อค้นหาสาเหตุที่ ดังนี้

1) เก็บข้อมูลลักษณะการหยุดทำงานของเครื่องทอตะแกรงไวร์เมช จำนวน 4 สายการผลิต ระหว่างมกราคม 2558 – มิถุนายน 2558 เป็นเวลา 6 เดือน โดยกำหนดเป็นความถี่และสามารถสรุปผลของข้อมูล ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปสาเหตุและความถี่การหยุดทำงานของเครื่องทอตะแกรงไวร์เมช (ช่วง ม.ค. 2558 – มิ.ย. 2558)

ลำดับ	สาเหตุ	ความถี่ที่เกิดขึ้น (ครั้ง)					หมายเหตุ
		L.1	L.2	L.3	L.4	เฉลี่ย	
1	ใบเลื่อยแตกร้าว	82	70	60	75	71.75	หยุด 1 ครั้ง ไม่เกิน 10 นาที
2	เชือกไม่ตึง	20	10	12	25	16.75	
3	พันตราสินค้าไม่ตึง	15	10	7	13	11.25	

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าสาเหตุของการหยุดทำงานที่มีความถี่สูงสุด คือ ใบเลื่อยแตกร้าว ซึ่งสาเหตุดังกล่าวจะนำไปวิเคราะห์สาเหตุต้นตอของปัญหาด้วยเทคนิค Why-Why Analysis

2) วิเคราะห์สาเหตุต้นตอของปัญหาที่ต้องแก้ไข คือ ใบเลื่อยแตกร้าว ด้วยเทคนิค Why-Why Analysis เนื่องจากมีความถี่ของการเกิดปัญหาสูงสุด โดยสาเหตุต้นตอจากการหยุดเล็ก ๆ น้อย ๆ ของเครื่องทอตะแกรงไวร์เมช แบ่งเป็น 2 สาเหตุที่สำคัญ คือ เครื่องรับใบเลื่อยปรับมุมไม่ได้ และไม่มีวาล์วรีลมเพื่อตั้งแรงดันลม

3) ดำเนินการปรับปรุงปัญหา เรื่องการปรับแต่งใบเลื่อยตัดเหล็ก โดยนำผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง ดังนี้

3.1) ซ่อมชุดปรับองศาของเครื่องลับใบเลื่อยให้ได้ตามมุมมองที่ต้องการ

3.2) ติดตั้งวาล์วรีลม เพื่อลดการกระแทกของใบเลื่อย

4) ติดตามผลการปรับปรุงโดยเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลัง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลเปรียบเทียบการหยุดเล็ก ๆ น้อย ๆ ของเครื่องไวร์เมช (ก่อน-หลัง) การปรับปรุง (ข้อมูลก่อนปรับปรุงช่วง ม.ค. 2558 – มิ.ย. 2558 และข้อมูลหลังปรับปรุงช่วง ก.ค. 2558 – ธ.ค. 2558)

สาเหตุ	ความถี่ที่เกิดขึ้น (ครั้ง)										หมายเหตุ
	L.1		L.2		L.3		L.4		เฉลี่ย		
ใบเลื่อย แตกร้าว	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	หยุดไม่ เกิน 10 นาที
	82	35	70	20	60	25	75	31	71.75	27.75	

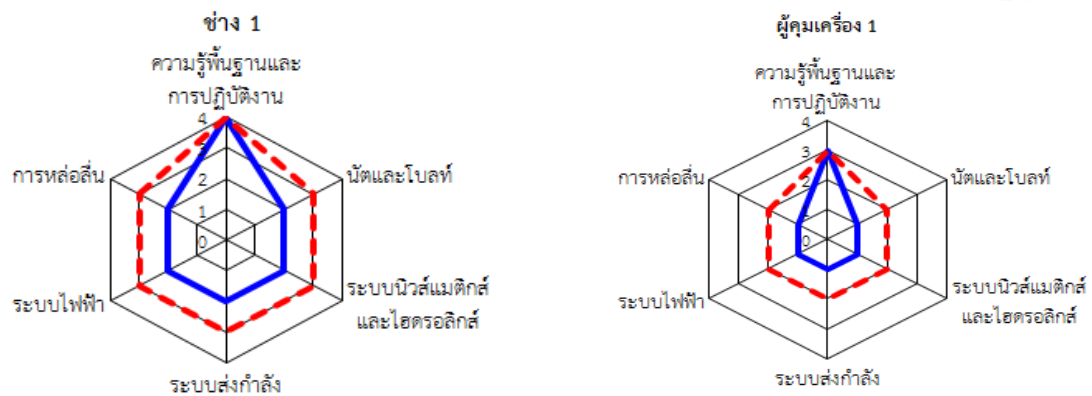
4.5 การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (เสาที่ 4)

การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะนั้นเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการบริหารโรงงานอุตสาหกรรมแบบสมัยใหม่ (พงค์ หรดาล, 2554) โดยมุ่งเน้นไปที่การประเมินระดับความรู้และระบบพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทอตะแกรงไวร์เมชของพนักงานในฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุงของโรงงานกรณีศึกษา และมีผลการดำเนินงาน ดังนี้

1) การกำหนดนโยบายและแนวทางหลัก โดยผู้วิจัยได้ทำการสำรวจการฝึกอบรมของทางโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีเพียงการอบรมพนักงาน ณ สถานที่ปฏิบัติงานจริง (On-The-Job Training: OJT) ดังนั้นทางโรงงานกรณีศึกษาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีการอบรมพนักงานโดยไม่ได้มีการปฏิบัติ ณ สถานที่จริง (Off-The-Job Training: OFF-JT) เพื่อให้พนักงานมีความรู้ความชำนาญมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยร่วมกับทางโรงงานกรณีศึกษาจัดทำนโยบายพื้นฐาน และเป้าหมายในการฝึกอบรมที่เหมาะสมให้กับโรงงานกรณีศึกษา

2) สร้างระบบการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้ทำการประเมินเครื่องจักรกับประเภทของงานเพื่อกำหนดเกณฑ์หัวข้อในการอบรมให้เหมาะสมกับเครื่องทอตะแกรงไวร์เมช จากนั้นผู้วิจัยได้ร่วมกับทางโรงงานกรณีศึกษา ทำการประเมินความจำเป็นในการพัฒนาทักษะ (Training Need) ของพนักงานฝ่ายผลิตและซ่อมบำรุง พบว่าเครื่องไวร์เมชจำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับระบบส่งกำลังการหล่อลื่น นัต และโบลท์ ระบบนิวส์แมติกส์และไฮดรอลิกส์ ระบบหล่อลื่น ระบบไฟฟ้า รวมถึงความรู้พื้นฐานและการปฏิบัติงานกับเครื่องไวร์เมช จึงนำไปเป็นเกณฑ์ขั้นต้นในการออกแบบประเมินในเรื่อง

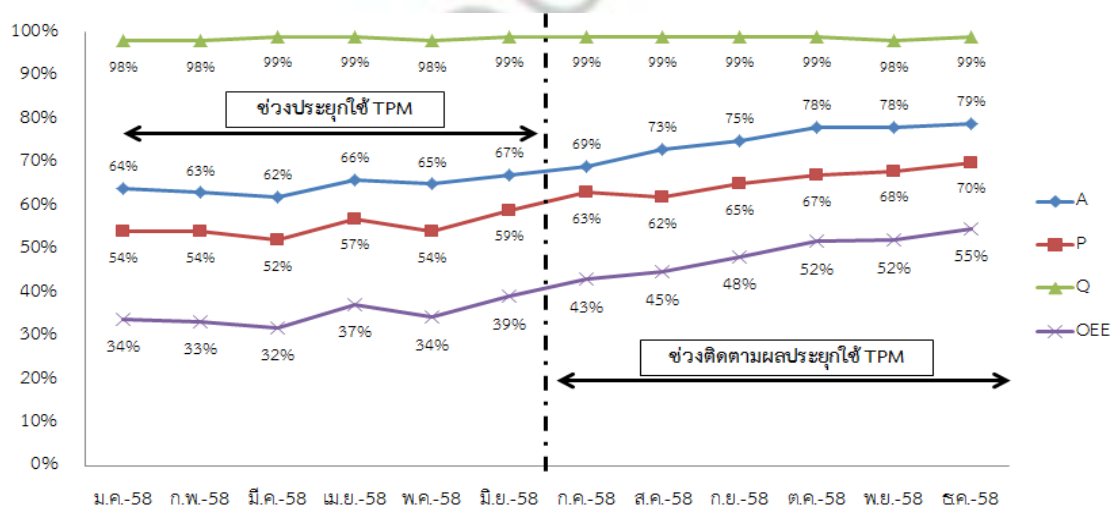
ที่เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของพนักงาน โดยสามารถสรุปผลการประเมินระดับทักษะของพนักงาน (Operator Skill Evaluation) ด้วยแผนภูมิแฉกมุม ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การประเมินระดับทักษะของพนักงานของพนักงานฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุง
หมายเหตุ : — = ระดับทักษะปัจจุบัน - - - = ระดับทักษะเป้าหมาย

4.6 การประเมินค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ช่วงการประยุกต์ใช้และติดตามผลการประยุกต์ใช้ TPM

การประเมินค่า OEE ของเครื่องทอตะแกรงไวร์เมช ต้องประกอบด้วย ค่าอัตราการเดินเครื่อง (A) ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P) และค่าอัตราคุณภาพ (Q) โดยผลการประเมินดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แนวโน้มของค่า A ,P ,Q และ OEE ช่วงการประยุกต์ใช้และติดตามผลการประยุกต์ใช้ TPM

จากการประเมินค่า OEE ของเครื่องทอตะแกรงไวร์เมช ในช่วงการประยุกต์ใช้ TPM ตั้งแต่เดือน มกราคม 2558 – มิถุนายน 2558 พบว่า ค่า OEE มีค่าเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 34.98 ส่วนในช่วง

ติดตามผลการประยุกต์ใช้ TPM ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2558 – ธันวาคม 2558 พบว่า ค่า OEE มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 49.09

5. สรุปผลการวิจัย

การบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ในอุตสาหกรรมเหล็กgrupพรรณ เริ่มต้นจากการประเมินความพร้อมของโรงงานกรณีศึกษาต่อการประยุกต์ใช้ TPM ผลการประเมินพบว่า ทางโรงงานกรณีศึกษามีความพร้อมต่อการประยุกต์ใช้ TPM ใน 4 เสาหลัก ที่มุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพในส่วนของการกระบวนการผลิตและการซ่อมบำรุงเป็นหลัก โดยทางผู้วิจัยได้ร่วมกับโรงงานกรณีศึกษาเลือกเครื่องไวร์เมชเป็นเครื่องจักรตัวอย่างในการดำเนินงาน ซึ่งผลการประยุกต์ใช้ที่สำคัญทั้ง 4 เสาหลัก พบว่า การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (เสาที่ 1) สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องทอตะแกรงไวร์เมชที่บริเวณหัวอาร์คด้านบนและด้านล่างได้ร้อยละ 61.58 และที่ร้อยละ 46.67 ตามลำดับ ส่วนการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาที่ 2) พบว่า พนักงานฝ่ายผลิตสามารถทำให้จุดยากลำบากปรากฏออกมาชัดเจนด้วยการติดป้ายเมื่อแก้ไขปัญหาลงแล้วจึงทำการปลดป้าย ทั้งสิ้น 10 ป้าย และลดเวลาการทำความสะอาดเครื่องจักรลงร้อยละ 17 การตรวจสอบสภาพเครื่องจักรร้อยละ 10.5 และการหล่อลื่นเครื่องจักรร้อยละ 9.8 สำหรับการบำรุงรักษาตามแผน (เสาที่ 3) มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงสภาพเครื่องจักรและแก้ไขจุดบกพร่องที่ทำให้เครื่องจักรเกิดการหยุดแบบเล็ก ๆ น้อย ๆ ซึ่งสาเหตุของความถี่ที่เกิดขึ้นสูงสุด คือ ใบเลื่อยแตกร้าว จากนั้นจึงหาสาเหตุและปรับปรุง ผลการดำเนินงานพบว่า สามารถลดความถี่ในการเกิดใบเลื่อยแตกร้าวลงร้อยละ 61.32 ส่วนการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (เสาที่ 4) มุ่งเน้นไปที่การกำหนดนโยบายและสร้างระบบการฝึกอบรม ด้วยการประเมินความจำเป็นในการพัฒนาทักษะของพนักงานฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุงในเรื่องของระบบพื้นฐานของเครื่องจักรเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับโรงงานกรณีศึกษาในการสร้างรูปแบบการฝึกอบรมที่เหมาะสมและจากการดำเนินงานในเสาหลักต่าง ๆ ของ TPM ส่งผลให้ค่า OEE ช่วงของการประยุกต์ใช้อยู่ที่ร้อยละ 34.98 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 49.09 ในช่วงของการติดตามผล

6. ข้อเสนอแนะ

จากค่า OEE ในช่วงการติดตามผลการประยุกต์ใช้ TPM ของโรงงานกรณีศึกษานั้น อยู่ที่ร้อยละ 49.09 แต่เมื่อเทียบการผลิตระดับโลก ซึ่งมีค่า OEE อยู่ที่ร้อยละ 85.00 (Puvanasvaran et al., 2013) จึงเป็นเป้าหมายที่มีความท้าทายอย่างยิ่งที่จะต้องมีการดำเนินงานปรับปรุงและแก้ไขจุดบกพร่องหรือสาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้เครื่องจักรเกิดความสูญเสีย รวมถึงปัญหาการมีส่วนร่วมของพนักงานในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องการประยุกต์ใช้ TPM โดยเฉพาะเวลาในการทำกิจกรรมกลุ่มย่อยนั้น ถือได้ว่าเป็นปัญหาอุปสรรคสำคัญที่เกิดขึ้น เนื่องจากภาระงานประจำที่พนักงานต้องรับผิดชอบ ดังนั้นทางฝ่ายบริหารของโรงงานกรณีศึกษาจึงต้องให้การสนับสนุนช่วงเวลาในการทำกิจกรรมกลุ่มย่อยของพนักงาน เพื่อให้การประยุกต์ใช้ TPM ของโรงงานกรณีศึกษามีผลการดำเนินงานที่มีความยั่งยืนและค่า OEE ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับการผลิตระดับโลกต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2558). **อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า**, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://strategy.dip.go.th/ข้อมูลอุตสาหกรรม/เหล็กและเหล็กกล้า/tabid/95/Default.aspx>. เข้าดูเมื่อวันที่ 16/5/2558.
- จักรกฤษณ์ ฮั่นยะลา. (2557). การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตทางเคมส์ในโรงงานอุตสาหกรรม เสื้อผ้าสำเร็จรูป กรณีศึกษาบริษัท นอร์ธเทิร์น แอพไทร์ จำกัด. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง**, 7(1), 14-25.
- ชนะรัตน์ รัตนกุล. (2553). การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาทีละแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชนะรัตน์ รัตนกุล กลางเดือน โพชนา ธนศ รัตนวิไล และกันต์ธมน สุขกระจ่าง. (2555). การลดเวลาปรังตั้งเครื่องพิมพ์หมึกสีในโรงงานผลิตกล่องกระดาษ. **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555**, จังหวัดเพชรบุรี.
- ชนะรัตน์ รัตนกุล กลางเดือน โพชนา และธนศ รัตนวิไล. (2553). การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยตนเองในโรงงานผลิตกล่องกระดาษ. **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8**, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา.
- นุกูล อุบลบาน. (2554). การประยุกต์ระบบ TPM ตามแนวทาง Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2554**, จังหวัดชลบุรี.
- พงศ์ หรดาล. (2554). การบริหารโรงงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง**, 3(2), 52 – 58.
- ภาคินัย มนปรานิต และเกรียงไกร ไวยกาญจน์. (2555). การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรสำคัญในกระบวนการผลิตอาหารทะเลแปรรูป. **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555**, จังหวัดเพชรบุรี.
- สุรพล ราชภูริชัย. (2545). **วิศวกรรมการบำรุงรักษา**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- Garza-Reyes, J. A. (2015). From measuring overall equipment effectiveness (OEE) to overall resource effectiveness (ORE). **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 21(4), 506-527.
- Graisa, M., & Al-Habaibeh, A. (2011). An investigation into current production challenges facing the Libyan cement industry and the need for innovative total productive maintenance (TPM) strategy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 22(4), 541-558.
- Nakajima, S. (1988). **Introduction to Total Productive Maintenance**. Productivity press. Cambridge : MA.

- Puvanasvaran, P., Teoh, Y. S., & Tay, C. C. (2013). Consideration of demand rate in overall equipment effectiveness (OEE) on equipment with constant process time. **Journal of Industrial Engineering and Management**, 6(2), 507-524.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. **Procedia Engineering**, 51, 592-599.
- Steel production - quarterly update 9/28/2015. (2015). Austin: Hoover's Inc. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1750043239?accountid=32133>.

การวิเคราะห์คาบเวลาของสัญญาณไฟจราจร โดยการจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Analysis of Traffic Signal Timing period by Simulation

A case study of Chiang Rai Rajabhat University

นคร ไชยวงศ์ศักดิ์^{1*}, ประเวศ อนันต์², นิเวศ จินะบุญเรือง³, เสกสรรค์ วินยางค์กุล⁴, ขวัญเรือน สันณรงค์⁵,

ชยากร พุทธกำเนิด⁶, พัชรดา ดินดาน⁷, สุชัยญา สามชัย⁸ และปิยะมาศ เครือวงศ์⁹

^{1*,2,3,4,5,6,7,8,9} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ที่ 9 ถนนพหลโยธิน ตำบลบ้านดู่

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 โทร 053-776015 โทรสาร 053-776015 E-mail : nakorn.cha@rru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดการสัญญาณไฟจราจรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่มีอยู่ 2 จุด ในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ช่วงเวลา 7.45 - 8.15 น. ซึ่งมีการจราจรหนาแน่นที่สุด โดยทำการเก็บข้อมูลอัตราการมาของรถยนต์ในแต่ละแยก และการไหลผ่านของรถเมื่อเป็นไฟเขียวในแต่ละครั้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วทำการวิเคราะห์หาการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Stat::Fit และทำการจำลองสถานการณ์ปัจจุบันและรูปแบบในการตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อทำการปรับปรุงจำนวน 6 รูปแบบ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ ProModel ผลการศึกษาพบว่าการตั้งสัญญาณไฟแบบที่ 6 และแบบที่ 4 ซึ่งมีการเพิ่มระยะเวลาของไฟเขียวในเส้นทางที่มีรถมาจำนวนมากให้มากกว่าเดิม จะทำให้มีระยะเวลาเฉลี่ยที่รถอยู่ในระบบต่ำสุดเท่ากับ 70.05 วินาที และ 52.27 วินาที ลดลงจากสถานการณ์ปัจจุบันร้อยละ 14.37 และร้อยละ 12.6 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ไฟจราจร, จำลองสถานการณ์, โปรแกรมเดล

Abstract

This study proposes effective traffic signal management on working days during 7.45 - 8.15 AM that has the worst traffic congestion in Chiang Rai Rajabhat University which has 2 intersections. Car arrival rate and a number of car flow when a green light were collected in 1 week then tested by Stat::Fit for fitting probability distributions to data. And current situation and 6 alternative models were built by ProModel to analyze a system. The simulation results showed that using the sixth and the fourth model that increased a green light time for the roads which have more arrival rate provided a minimum average time that cars spent in system. They were 70.05 second and 52.27 second which decreased from current situation 14.37% and 12.6% respectively.

Keywords : Traffic light, Simulation, ProModel

1. บทนำ

จากนโยบายพัฒนาเศรษฐกิจในปัจจุบันมีการพัฒนาการขนส่งแบบเน้นการสร้างถนน และส่งเสริมการใช้รถส่วนตัวมากกว่าการขนส่งสาธารณะ ประกอบกับรัฐบาลมีการส่งเสริมให้ประชาชนซื้อรถส่วนตัวได้ง่าย ทำให้คนไทยนิยมใช้รถส่วนตัวเพิ่มขึ้น การสร้างถนนหรือทางแยก จะเน้นปริมาณมากกว่าคุณภาพ และระบบสัญญาณไฟจราจรหลายจุดยังมีปัญหา (วิทยากร เชียงกุล, 2556) ซึ่งจากปริมาณรถที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการจราจรบนถนนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะบริเวณทางแยก ซึ่งเป็นจุดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและเป็นจุดที่ก่อให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางหากทำการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจรไม่เหมาะสม (รัฐพล ภูบุผาพันธ์, 2557)

จากข้อมูลของสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน และกองบริหารงานบุคคล มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย พบว่าในปี 2558 ทางมหาวิทยาลัยมีจำนวนนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ทั้งหมดประมาณ 15,500 คน และมีพนักงานประมาณ 1,100 คน นอกจากนี้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ยังมีโรงเรียนสาธิตอยู่ภายในมหาวิทยาลัย จึงทำให้ปริมาณการจราจรบนท้องถนน ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าเวลา 7.45 - 8.15 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่พนักงานของมหาวิทยาลัยจะต้องเดินทางเข้ามาทำงานและนักศึกษาจะต้องเดินทางเข้ามาเรียนในคาบแรก รวมทั้งผู้ปกครองเดินทาง มาส่งนักเรียนที่โรงเรียนสาธิต ทำให้มีปริมาณรถที่เข้ามาภายในมหาวิทยาลัยจำนวนมากทำให้เกิด ปัญหาการจราจรที่ติดขัด เพื่อลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุภายในมหาวิทยาลัย อันมีสาเหตุมาจาก พฤติกรรมและการขาดวินัยของผู้ขับขี่ การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร ทางมหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงรายจึงได้มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจำนวน 2 จุดบนถนนเส้นทางหลักภายในมหาวิทยาลัย แต่เนื่องจากการตั้งระยะเวลาของสัญญาณไฟแดง-ไฟเขียวไม่เหมาะสม คือมีการตั้งระยะเวลาของ สัญญาณไฟแดง - ไฟเขียวของถนนสายหลักและสายรองเท่ากัน ซึ่งถนนสายรองมีปริมาณรถค่อนข้าง น้อยและไม่สม่ำเสมอ ทำให้รถบนถนนสายหลักต้องจอดรอโดยไม่จำเป็น เป็นผลให้ผู้ขับขี่จะต้อง เสียเวลาในการรอเกิดความเครียด และนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้ ในปัจจุบันทางมหาวิทยาลัย จึงมีการแก้ไขปัญหานี้โดยการปิดสัญญาณไฟจราจรในแยกที่ 1 แล้วให้เจ้าหน้าที่มาให้สัญญาณมือ แทน

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัย จึงเล็งเห็นว่าควรมีการจัดการสัญญาณไฟจราจรในบริเวณแยกดังกล่าว ให้เหมาะสมกับปริมาณการจราจร งานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นหาแนวทางในการออกแบบเวลา ของสัญญาณไฟจราจรโดยใช้โปรแกรมในการจำลองสถานการณ์ เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นของระบบจริง และวิเคราะห์หาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบไฟสัญญาณจราจร ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีการนำเอาแนวทางต่าง ๆ ไปทดลองในโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ก่อนนำไปใช้กับระบบจริงต่อไป ซึ่งหากมีการปรับเปลี่ยนจังหวะสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสมแล้ว ก็จะช่วยลดการสูญเสียเวลา ลดการเกิดอุบัติเหตุ และลดการสิ้นเปลืองพลังงานจากการจอดรอ โดยไม่จำเป็นได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบเวลาของสัญญาณไฟจราจรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ด้านเนื้อหา : ศึกษาสภาพปัญหาการจราจรที่เกิดขึ้นเพื่อหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดในช่วงเวลาที่เร่งด่วนโดยการจำลองรูปแบบการตั้งเวลาสัญญาณของไฟจราจรเพื่อลดเวลาที่อยู่ในระบบของรถให้น้อยที่สุด

3.2 ด้านสถานที่ : ถนนตั้งแต่แยกไฟแดงแรกคือแยกบริเวณตู้ ATM หรือบริเวณสำนักงานอธิการบดี และแยกไฟแดงที่ 2 คือแยกแยกถนนลานกลางแจ้ง - ไปกองพัฒนานักศึกษาหรือแยกตรงหน้าโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

3.3 ด้านเวลา : ช่วงเวลาเร่งด่วน ที่มีการจราจรติดขัดในช่วงเช้าเวลา 07.45 - 08.15 น.

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) เข้าสังเกตสถานที่และเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลในวันจันทร์ - ศุกร์ เป็นเวลา 1 สัปดาห์

2) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาการมาของรถยนต์ และจำนวนรถที่ไหลผ่านไฟเขียวในแต่ละครั้ง รวมทั้งทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์แต่ละคัน ซึ่งจะเก็บข้อมูลโดยการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของแต่ละแยกสัญญาณไฟจราจร และเก็บข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์ในสถานที่จริง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทั้งหมดนี้จะนำไปทำการจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงเวลาของสัญญาณไฟจราจรในขั้นตอนต่อไป

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) นาฬิกาจับเวลา ใช้ในจับเวลาของยานพาหนะที่ผ่านแยกและเวลาของสัญญาณไฟต่าง ๆ

2) ตารางบันทึกเวลา ใช้จัดบันทึกข้อมูลเวลาของยานพาหนะที่ผ่านแยกต่าง ๆ

3) กล้อง เพื่อนำไปบันทึกภาพเคลื่อนไหวและเวลาของยานพาหนะที่ผ่านแยกต่าง ๆ

4.3 ขั้นตอนในการทำวิจัย

1) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการถ่ายวิดีโอจับเวลาของยานพาหนะที่ผ่านแยกต่าง ๆ

2) นำข้อมูลที่ได้มาหาการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Stat::Fit

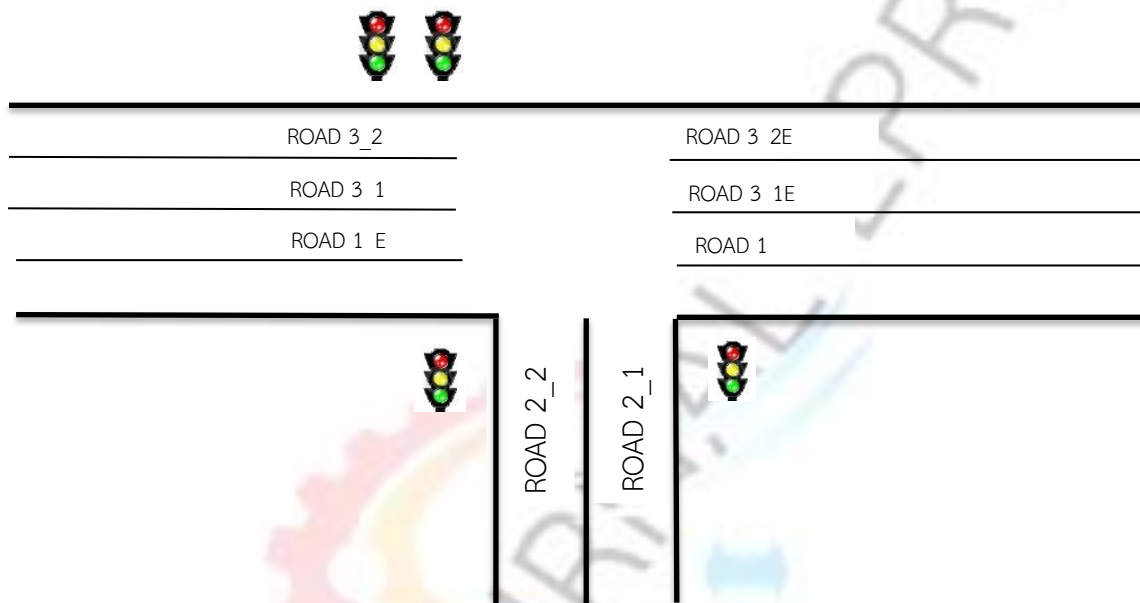
3) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปทำการจำลองสถานการณ์ปัจจุบันและแนวทางในการแก้ไขโดยใช้โปรแกรม ProModel

4) ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ระหว่างเวลาของสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ในปัจจุบันกับเวลาของสัญญาณไฟจราจรที่ออกแบบไว้เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมมากที่สุดที่จะนำมาใช้กับสัญญาณไฟจราจรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการเก็บข้อมูลและหาการกระจายตัวของข้อมูลแล้วจะใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ ProModel ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดในการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

- 1) ทำการสร้างแผนผังของการจำลองของทั้ง 2 แยกดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 แยกที่ 1 บริเวณตู้ ATM หรือสำนักงานอธิการเดิม – ไปลานกลางแจ้ง

จากภาพที่ 1 จะมีการสร้างถนนซึ่งเป็นสถานที่ที่รถยนต์จะเข้ามาในระบบของแยกที่ 1 ซึ่งจะประกอบด้วย

Road 1 เป็น ถนนที่เข้ามาจากประตู 1 ด้านหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

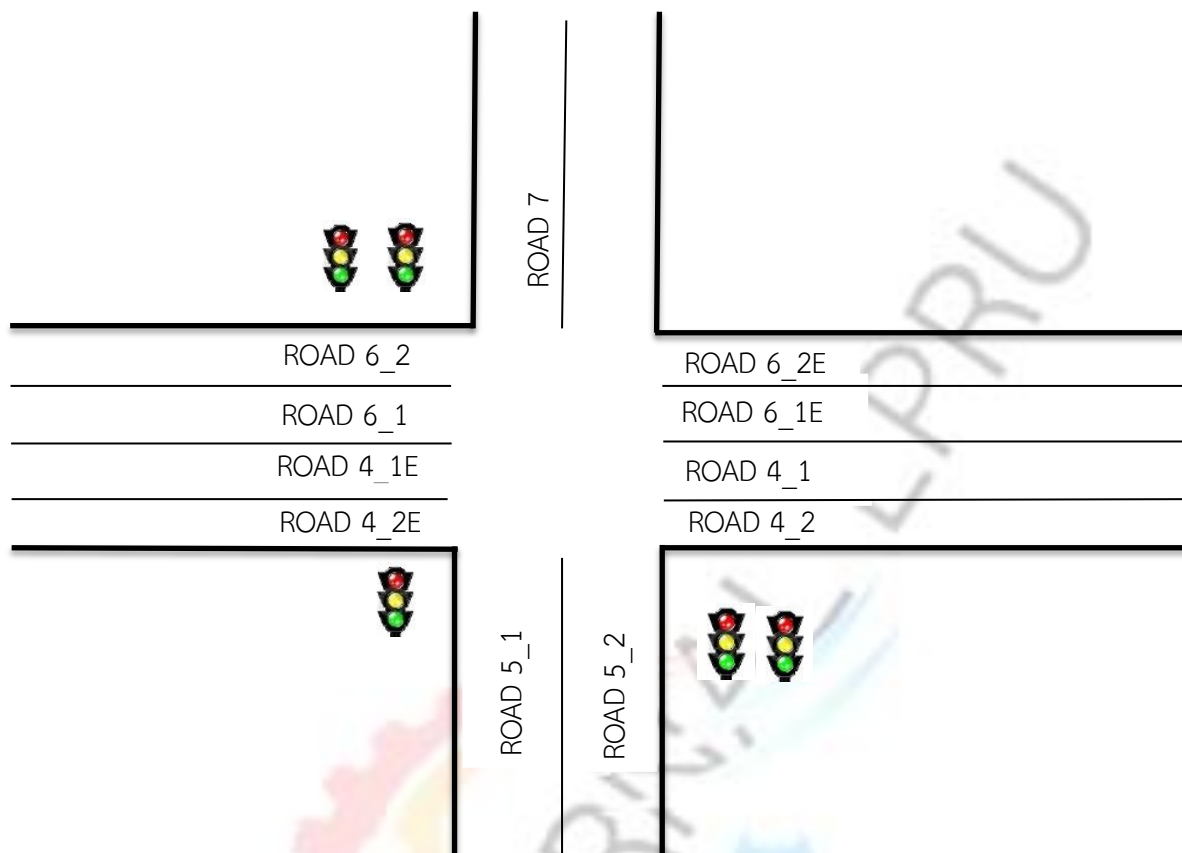
Road 2_1 เป็น ถนนหน้าอาคารสำนักงานอธิการเดิม ช่องทางเดินรถด้านตรงข้ามกับอาคารสำนักงานอธิการเดิม

Road 2_2 เป็น ถนนหน้าอาคารสำนักงานอธิการเดิม ช่องทางเดินรถด้านเดียวกับอาคารสำนักงานอธิการเดิม

Road 3_1 เป็น ช่องทางเดินรถที่ 1 ของถนนหน้าอาคารบริหารกลาง

Road 3_2 เป็น ช่องทางเดินรถที่ 2 ของถนนหน้าอาคารบริหารกลาง

โดยช่องทางที่มีตัว E ต่อท้ายจะเป็นช่องทางออกหลังจากผ่านสัญญาณไฟจราจร



ภาพที่ 2 แยกที่ 2 ถนนลานกลางแจ้ง - ไปกองพัฒนานักศึกษาหรือแยกตรงหน้าโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

จากภาพที่ 2 จะมีการสร้างถนนซึ่งเป็นสถานที่ที่รถยนต์จะเข้ามาในระบบของแยกที่ 2 ซึ่งจะประกอบด้วย

- Road 4_1 เป็น ช่องทางเดินรถที่ 1 ถนนหน้าหอประชุมกาสะลองคำ
- Road 4_2 เป็น ช่องทางเดินรถที่ 2 ถนนหน้าหอประชุมกาสะลองคำ
- Road 5_1 เป็น ถนนหน้าอาคารเทคโนโลยีและชีวภาพ 1
- Road 6_1 เป็น ช่องทางเดินรถที่ 1 ถนนหน้าโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- Road 6_2 เป็น ช่องทางเดินรถที่ 2 ถนนหน้าโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- Road 7 เป็น ถนนที่จะเข้าไปยัง Food Center ซึ่งรถจะวิ่งทางเดียว

2) ทำการหารอบระยะเวลาของสัญญาณไฟ และระยะเวลาของสัญญาณไฟแดง เหลือง และเขียวในแต่ละแยก ซึ่งในปัจจุบันมีการกำหนดเวลาของสัญญาณไฟแต่ละสีดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เวลาของสัญญาณไฟจราจรที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

หมายเหตุ : ปกติระยะเวลาของไฟเหลืองจะเป็น 3 วินาที แต่ในที่นี้กำหนดระยะเวลาไฟเหลืองเป็น 6 วินาที เพราะเมื่อไฟเหลืองสิ้นสุดแล้ว แต่ถนนอีกด้านหนึ่งที่ไฟแดงจะเปลี่ยนเป็นไฟเขียวจะต้องรอไปอีก 3 วินาที ซึ่งเมื่อทำการป้อนข้อมูลในโปรแกรมไฟเหลืองจะถูกรวมกับไฟแดง

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 แยกจะมีการให้เวลาของสัญญาณไฟทุกสีเท่ากัน โดยให้เวลาสัญญาณไฟเขียว 15 วินาที โดยมีลำดับของการให้สัญญาณไฟเขียวของแยกที่ 1 คือถนนเส้นทางที่เข้ามาจากประตู 1 ด้านหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย (Road 1) จะได้สัญญาณไฟเขียวก่อน ถัดมาจะเป็นถนนหน้าอาคารสำนักงานอธิการบดี (Road 2_2) และถนนหน้าอาคารบริหารกลาง (Road 3_1 , 3_2) ตามลำดับ ในส่วนของแยกที่ 2 คือ ถนนหน้าหอประชุมกาสะลองคำ (Road 4_1 , 4_2) จะได้สัญญาณไฟเขียวก่อน ถัดมาจะเป็นถนนหน้าโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย (Road 6_1 , 6_2) และถนนหน้าอาคารเทคโนโลยีและชีวภาพ 1 (Road 5_1) ตามลำดับ

3) ข้อมูลของอัตราการมาที่จะป้อนในโปรแกรม ProModel ที่ได้มาจากโปรแกรม Stat::Fit ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความถี่ในการมาของรถยนต์ของแยกสัญญาณไฟจราจรในแต่ละแยก

เส้นทาง	ความถี่ในการมาในโปรแกรม ProModel (วินาที)
Road 1_1	-99.+L(128)
Road 2_2	-3.7.+L(124, 70.9)
Road 3_1	-294.+L(322, 39.5)
Road 3_2	13.1.+L(41.2, 28.8)
Road 4_1	1.+E(16.4)
Road 4_2	0.843.+L(82.3, 472)
Road 5	-5.98.+L(81, 86.153)
Road 6_1	-3.11.+L(42.7, 48.1)
Road 6_2	-0.965.+L(39.9, 52.2)

จากตารางที่ 1 ความถี่ในการมาของรถยนต์จะมีการกระจายตัวแบบ lognormal (L) หรือ Exponential (E) และหากโปรแกรมทำการปฏิเสธทุกรูปแบบของการกระจายตัวก็จะกำหนดให้ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบ Exponential

5. ผลการวิจัย

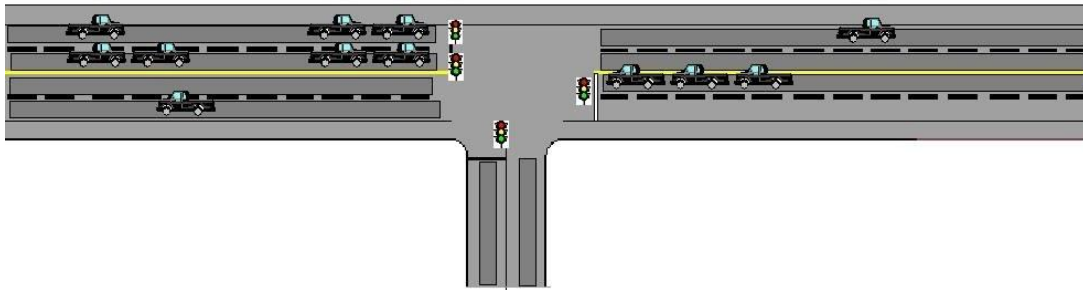
จากการวิเคราะห์ปัญหาแยกสัญญาณไฟจราจรพบว่า การให้เวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละช่องทางเดินรถไม่ว่าจะเป็นสัญญาณไฟเขียว ไฟแดง ไฟเหลือง เท่ากันทั้ง 2 แยก ซึ่งทำให้ช่องทางเดินรถที่มีปริมาณรถมากเกิดการจราจรที่ติดขัด ดังนั้นจึงทำการจำลองแบบเวลาสัญญาณไฟจราจรใหม่ โดยเพิ่มระยะเวลาไฟเขียวในช่องทางเดินรถที่มีจำนวนรถมาก และลดเวลาไฟเขียวในช่องทางเดินรถที่มีจำนวนรถน้อย โดยได้ทำการจำลองการตั้งเวลาของสัญญาณไฟจำนวน 6 รูปแบบ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 รูปแบบการจำลองเวลาของสัญญาณไฟจราจร

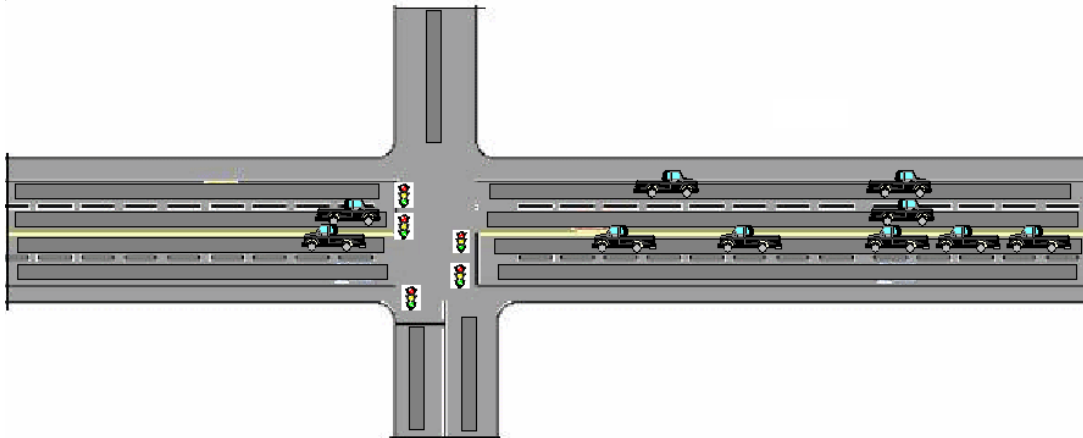
รูปแบบ ที่	เวลา/ รอบ (วินาที)	ช่องทางเดินรถ (ของแยกที่ 1 หรือแยกที่ 2)	ระยะเวลา ไฟเขียว (วินาที)	ระยะเวลา ไฟแดง (วินาที)	ระยะเวลา ไฟเหลือง (วินาที)
1 (แบบปัจจุบัน)	63	1 หรือ 4_1 , 4_2	15	42	6
		2_2 หรือ 5_1	15	42	6
		3_1 , 3_2 หรือ 6_1 , 6_2	15	42	6
2	63	1 หรือ 4_1 , 4_2	19	38	6
		2_2 หรือ 5_1	7	50	6
		3_1 , 3_2 หรือ 6_1 , 6_2	19	38	6
3	63	1 หรือ 4_1 , 4_2	21	36	6
		2_2 หรือ 5_1	9	48	6
		3_1 , 3_2 หรือ 6_1 , 6_2	15	42	6
4	63	1 หรือ 4_1 , 4_2	20	37	6
		2_2 หรือ 5_1	7	50	6
		3_1 , 3_2 หรือ 6_1 , 6_2	18	39	6
5	63	1 หรือ 4_1 , 4_2	21	36	6
		2_2 หรือ 5_1	7	50	6
		3_1 , 3_2 หรือ 6_1 , 6_2	17	40	6
6	70	1 หรือ 4_1 , 4_2	24	40	6
		2_2 หรือ 5_1	8	56	6
		3_1 , 3_2 หรือ 6_1 , 6_2	20	44	6
7	80	1 หรือ 4_1 , 4_2	28	46	6
		2_2 หรือ 5_1	10	64	6
		3_1 , 3_2 หรือ 6_1 , 6_2	24	50	6

ในการจำลองสถานการณ์ของรูปแบบต่าง ๆ จะมีการหาจำนวนครั้งในการ Run จากจำนวนรถที่เข้ามาในแต่ละแยกที่มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุด โดยใช้โปรแกรม Stat::Fit ซึ่งสามารถหาค่านี้ได้ นอกจากการหาการกระจายตัวที่เหมาะสมของข้อมูล จากการการคำนวณพบว่าแยกที่ 1 จะมีการจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 5 ครั้ง ส่วนแยกที่ 2 จะมีการจำลองทั้งหมด 6 ครั้ง และมีการกำหนดให้

ช่วง 3 นาทีแรกยังไม่มีการเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์ (Warmup Period เท่ากับ 3 นาที) ซึ่งภาพในขณะที่มีการ Run ของทั้ง 2 แยกแสดงในภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 แสดงการ Run ของแยกที่ 1



ภาพที่ 5 แสดงการ Run ของแยกที่ 2

ตารางที่ 3 เวลาเฉลี่ยของรถที่อยู่ในระบบของรูปแบบจำลองเวลาสัญญาณไฟจราจรแต่ละแบบของแยกที่ 1

รูปแบบ ที่	เวลาเฉลี่ยของรถที่อยู่ในระบบของแต่ละวัน (วินาที)					เวลาเฉลี่ยรวม
	1	2	3	4	5	
1	71.95	84.28	88.64	84.95	79.22	81.81
2	90.18	82.17	80.63	87.90	78.74	83.92
3	76.62	76.10	67.03	86.23	73.17	75.83
4	84.41	83.77	77.13	86.81	66.65	79.75
5	84.31	80.46	76.30	82.95	65.79	77.96
6	71.30	73.23	63.31	72.57	69.82	70.05
7	71.36	74.48	75.18	74.34	66.95	72.46

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่ติดไฟแดงในถนนของแยกที่ 1

รูปแบบ ที่	ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่ติดไฟแดงในแต่ละถนน (คัน)			
	1_1	2_2	3_1	3_2
1	4.17	0.2	1.45	1.56
2	3.08	0.18	1.89	2.50
3	2.35	0.19	1.66	2.17
4	2.78	0.19	1.84	2.31
5	2.46	0.21	1.86	2.16
6	2.62	0.26	1.50	1.51
7	2.73	0.29	1.62	1.53

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่มากที่สุดที่ติดไฟแดงของแยกที่ 1

รูปแบบ ที่	ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่มากที่สุดที่ติดไฟแดงของแต่ละถนน (คัน)			
	1_1	2_2	3_1	3_2
1	13.2	2	5.76	8.56
2	10.8	1.84	6.44	7.72
3	9.88	1.92	6.04	8.68
4	10.76	1.8	6.32	7.48
5	9.92	1.96	6.4	7.36
6	9.92	2.08	6.56	6.66
7	10.76	2.16	6.4	6.76

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบที่ 6 สำหรับแยกที่ 1 จะให้เวลาเฉลี่ยของรถที่อยู่ในระบบต่ำสุดเท่ากับ 70.05 วินาที ในขณะที่รูปแบบปัจจุบันมีเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 81.81 วินาที และจากตารางที่ 4 และ 5 รูปแบบจำลองที่ 6 ก็จะทำให้ถนนที่เป็นเส้นทางเข้ามหาวิทยาลัย (Road 1_1) มีค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่ติดไฟแดงและค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่มากที่สุด ที่ติดไฟแดง ลดลงเป็นลำดับที่ 3 และ 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 เวลาเฉลี่ยของรถที่อยู่ในระบบของรูปแบบจำลองเวลาสัญญาณไฟจราจรแต่ละแบบของแยกที่ 2

รูปแบบ ที่	เวลาเฉลี่ยของรถที่อยู่ในระบบของแต่ละวัน (วินาที)					เวลาเฉลี่ยรวม
	1	2	3	4	5	
1	57.09	61.13	62.78	63.73	53.96	59.74
2	53.32	55.04	58.64	57.74	57.33	56.41
3	55.54	58.69	58.03	61.80	57.86	58.38
4	52.61	58.20	55.05	58.73	56.77	52.27
5	53.42	58.38	55.23	57.03	58.26	56.46
6	53.52	58.21	58.79	58.61	58.54	57.53
7	60.69	60.67	57.95	59.60	60.35	59.85

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่ติดไฟแดงในถนนของแยกที่ 2

รูปแบบ ที่	ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่ติดไฟแดงในแต่ละถนน (คัน)				
	4_1	4_2	5	6_1	6_2
1	2.95	0.40	0.29	0.59	0.74
2	2.95	0.33	0.38	0.51	0.67
3	2.88	0.32	0.35	0.59	0.77
4	2.89	0.29	0.42	0.56	0.65
5	2.84	0.31	0.37	0.58	0.74
6	2.79	0.34	0.43	0.54	0.72
7	3.29	0.33	0.33	0.67	0.90

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่มากที่สุดที่ติดไฟแดงของแยกที่ 2

รูปแบบ ที่	ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่มากที่สุดที่ติดไฟแดงของแต่ละถนน (คัน)				
	4_1	4_2	5	6_1	6_2
1	9.97	3.13	3.20	3.73	4.50
2	9.40	3.27	3.10	3.93	4.20
3	9.27	2.93	3.33	4.00	4.43
4	9.17	2.57	3.43	4.03	4.13
5	9.37	3.40	3.40	3.80	4.43
6	9.23	3.30	3.57	3.77	4.64
7	9.80	3.13	4.00	4.47	4.63

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบที่ 4 สำหรับแยกที่ 2 จะใช้เวลาเฉลี่ยของรถที่อยู่ในระบบต่ำสุดเท่ากับ 52.27 วินาที ในขณะที่รูปแบบปัจจุบันมีเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 59.74 วินาที และจากตารางที่ 7 และ 8 รูปแบบจำลองที่ 4 ก็จะทำให้ถนนส่วนใหญ่มีค่าจำนวนเฉลี่ยของรถที่ติดไฟแดงและค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่มากที่สุดที่ติดไฟแดงลดลง

6. สรุปผลการวิจัย

จากการจำลองสถานการณ์สัญญาณไฟจราจรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในปัจจุบัน พบว่าเวลาของสัญญาณไฟจราจรในแต่ละแยกไม่ว่าจะเป็นไฟเขียว ไฟแดง มีเวลาที่เท่ากันทั้งสองแยกและเวลาในการปล่อยสัญญาณไฟเขียวไม่เหมาะสมกับอัตราการมาของรถในแต่ละช่องทาง จึงทำให้รถติดกันเป็นแถวยาวในช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งเป็นเหตุผลให้มีการปรับปรุงออกแบบเวลาของสัญญาณไฟจราจรในแต่ละแยกให้มีความเหมาะสมกับอัตราการมาของรถแต่ละช่องทางเดินทาง ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขนี้ทำได้โดยการเพิ่ม-ลดเวลา ของสัญญาณไฟ ซึ่งทางนักวิจัยได้ทำการจำลองแบบเวลาของสัญญาณไฟจราจรทั้งหมด 6 แบบ พบว่าแบบจำลองเวลาแบบที่ 6 มีความเหมาะสมกับแยกที่ 1 มากที่สุดโดยทำการเพิ่มเวลาไฟเขียวในช่องทางที่มีรถมากที่สุดจาก 15 วินาที

เป็น 24 วินาที และลดเวลาไฟเขียวในช่องทางที่มีรถน้อยที่สุดจาก 15 วินาที เหลือ 8 วินาที อีกช่องทางที่เหลือให้เวลาไฟเขียวจาก 15 วินาที เป็น 20 วินาที โดยแยกนี้จะเพิ่มรอบเวลาของสัญญาณไฟจราจรจาก 63 วินาที เป็น 70 วินาที ในส่วนของแยกที่ 2 แบบจำลองเวลาแบบที่ 4 จะเหมาะสมที่สุด โดยเพิ่มเวลาไฟเขียว ในช่องทางที่มีปริมาณรถมากที่สุดจาก 15 วินาที เป็น 20 วินาที และลดเวลาไฟเขียวในช่องทางที่รถเดินน้อยที่สุดจาก 15 วินาที เหลือ 7 วินาที อีกช่องทางที่เหลือให้เวลาไฟเขียวจาก 15 วินาที เป็น 18 วินาที ซึ่งแยกที่ 2 นี้จะมีรอบเวลาของสัญญาณไฟจราจรที่เท่าเดิม คือ 63 วินาที

จากการนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์นี้ สรุปได้ว่าสามารถลดเวลาเฉลี่ยของรถที่ยังอยู่ในระบบในแยกที่ 1 ได้จาก 81.81 วินาที เหลือ 70.05 วินาที และแยกที่ 2 จาก 59.74 วินาที เหลือ 52.27 วินาที ลดลงร้อยละ 14.37 และร้อยละ 12.6 ตามลำดับ

7. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาจะเห็นว่า การตั้งเวลาของสัญญาณไฟในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับจำนวนรถที่เข้ามาในแต่ละเส้นทาง ซึ่งจากการจำลองของโปรแกรมในการตั้งเวลาในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ได้ข้อมูลที่รวดเร็ว และเห็นภาพที่เสมือนจริง ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้โปรแกรมในการจำลอง แต่ในการจำลองในครั้งนี้ อาจจะไม่มีความแม่นยำที่ลดน้อยลงจากการตั้งสมมติฐานต่าง ๆ เช่น รถยนต์มีการเคลื่อนที่ในความเร็วกว่าที่ และไม่มี การเปลี่ยนช่องจราจร รวมทั้งการกระจายตัวของอัตราการมาของรถยนต์ ดังนั้น เพื่อลดการตั้งสมมติฐานเหล่านี้ อาจจะต้องมีการเก็บข้อมูลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของกลุ่มนักศึกษา ปีการศึกษา 1/2557 สาขาเทคโนโลยีการตัดสินใจและการจัดการ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ที่ได้ทำการจำลองปัญหาจราจรบนถนน นวมินทร์

8. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการสร้างแบบจำลองในครั้งนี้ โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้ 20 (Locations) สถานีงาน ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำการจำลองทั้ง 2 แยกต่อเนื่องกันได้ ต้องแยกการจำลองออกเป็น 2 ส่วน ทำให้เมื่อมีการปรับเวลาของสัญญาณไฟในแต่ละแยก อัตราการมาของรถจะไม่เชื่อมสัมพันธ์กัน นอกจากนี้เนื่องจากช่วงที่ทำการเก็บข้อมูลทางมหาวิทยาลัยไม่มีการเปิดสัญญาณไฟจราจรในแยกที่ 1 จึงทำให้อัตราการมาของรถมีความคลาดเคลื่อนได้

ในส่วนของการเสนอในการนำไปใช้ประโยชน์ของทางมหาวิทยาลัย คือไม่ควรตั้งเวลาสัญญาณไฟจราจรให้เท่ากันทุกแยกในทุกช่วงเวลาของวัน ควรมีการศึกษาปริมาณรถที่เข้ามาในแต่ละช่วงเวลา แล้วตั้งเวลาของสัญญาณไฟให้เหมาะสมกับปริมาณรถที่เข้ามาในแต่ละทางแยก

9. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มนักศึกษา ปีการศึกษา 1/2547 สาขาเทคโนโลยีการตัดสินใจและการจัดการ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. (2548). **การจำลองสำหรับปัญหาจราจรบนถนน นวมินทร์**, การประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548, เครือข่ายการวิจัยดำเนินงาน สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ประจวบ กล่อมจิตร และ กัญจนา ทองสนิท. (2554). **การจำลองสถานการณ์เบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- รัฐพล ภูบุบผาพันธ์. (2557). **การประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะบริเวณสามแยกบนทางหลวงสายหลักที่มีปริมาณจราจรไม่สม่ำเสมอ : กรณีศึกษา สามแยกประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**. นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- วิทยากร เชียงกุล. (2556). **ปัญหาอุบัติเหตุช่วงเทศกาล ร้ายแรงกว่าที่มองเห็น**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/634377>, เข้าดูเมื่อวันที่ 23/12/2558.
- วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร. (2555). **การวิเคราะห์แบบจำลอง**. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- Chao-Yu Chou, Chung-Ho Chen and Ming-Hsien Caleb Li. (2001). **Application of Computer Simulation to The Design of a Traffic Signal Timer**. Computer & Industrial Engineering, 39(1-2), pp 81-94.
- Charles Harrell, Biman K. Ghosh and Royce Bowden. (2003). **Simulation Using ProModel**. 2nd edition, International Edition, Singapore: McGraw-Hill.
- ProModel Corporation. (2003). **ProModel: Basic Course**, Utah: ProModel Corporation.

การพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิกอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตเป็นจorongน้ำยางพารา ของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ

The development of low temperature Ceramic Bodies and ceramic glazes for the Development of a Rubber Latex collecting Cup of Ban Wangdinsor Pottery Community

นิวัตร พัฒนา^{1*}

^{1*} สาขาวิชาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ 055-282792 โทรสาร 055-282792 E-mail : pattananiwat@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิกอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตเป็นจorongน้ำยางพารา มีวิธีดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบสมบัติของเนื้อดินที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดินบ้านวังดินสอ ตาบลังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ร่วมกับ โปแตสเฟลด์สปาร์ และทราย ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จากตารางสามเหลี่ยม ได้กลุ่มตัวอย่าง 36 ตัวอย่าง ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบสมบัติของสูตรเคลือบที่มีอัตราส่วนผสมระหว่าง ฟริต โปแตสเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากจำนวน 26 ตัวอย่าง ขั้นตอนที่ 3 การผลิตจorongน้ำยางพาราและสอบถามความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้

ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าการหดตัวของเนื้อดินอยู่ระหว่างร้อยละ 6.00 - 14.00 ค่าความแข็งแรง อยู่ระหว่าง 33.00-80.52 (ก.ก./ซ.ม.²) และค่าการดูดซึมน้ำ อยู่ระหว่างร้อยละ 3.95-19.33 ตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุดร้อยละ 14 ตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวน้อยที่สุด ร้อยละ 6 ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุด 80.52 ก.ก./ซ.ม.² ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงต่ำสุด (33.00 ก.ก./ซ.ม.²) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด ร้อยละ 19.33 ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด ร้อยละ 4.87 2) ลักษณะของเคลือบภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่สุกตัว และมีระดับมันแวววาว รองลงมา คือ ระดับกึ่งด้านกึ่งมันและระดับด้าน เกิดตำหนิรูเข็ม เคลือบแยกตัว ฟองอากาศ และ 3) เกษตรกรที่ได้ทดลองใช้งานมีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจorongน้ำยางพารา สูงสุด ($\bar{X}$ = 4.3, SD = 0.823) รองลงมา ได้แก่ ความพึงพอใจด้านการใช้งาน ($\bar{X}$ = 4.0, SD = 0.667) และขนาดของจorongน้ำยางพารา ($\bar{X}$ = 3.8, SD = 0.633) ตามลำดับ มีข้อเสนอแนะให้เคลือบทั้งด้านนอกและด้านในผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ : จorongน้ำยางพารา, เคลือบเซรามิกอุณหภูมิต่ำ, บ้านวังดินสอ

Abstract

This research aims to develop ground texture and low temperature ceramic coating and production of a rubber screen. There are 3 steps to perform the research. The first step was to create a mixture of ceramic body made from 36

samples from wangdinsor clay, feldspar and sand. Step 2 was to develop a glaze recipe for the body from 26 samples from frit, feldspar and quartz. Step 3 involved the production of rubber cup selected from the results of step 1 and step 2 and to gauge levels of satisfaction from the trial use.

The results showed that:

1) The shrinkage of the ceramic body was between 6% and 14%. The strength is between 33.00 to 80.52 (kg/cm²) and the water absorption ranged from 3.95% to 19.33%.

2) The characteristics of the glazing found that 15 recipes are bright, 8 recipes are semi-matt and the 3 recipes are matt. The melting test found that sample 19, 24, 25, 26 are non-melting. The defect of glazing found a pinhole for 14 samples and blister for 15 samples.

3) The analysis of user satisfaction for the rubber cup found that the ceramics body recipes (80% wangdinsor clay, 5% feldspar, 15% sand) and glaze recipes (75% frit, 20% feldspar, 5% quartz) were found to have satisfied all the more satisfying by the weight of the rubber cup ($\bar{X}$ = 4.3, SD = .823), the applications ($\bar{X}$ = 4.0, SD = .667) and the size ($\bar{X}$ = 3.8, SD = .633). Respectively with the suggestion of the user to make the glaze, both outside and inside.

Keywords : rubber cup, low temperature ceramic glazing, Wangdinsor Village

1. บทนำ

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคายาง วันที่ 15 ธันวาคม 2559 พบว่าตลาดโลกกำลังขาดแคลนยางพาราโดยเฉพาะประเทศไทย ปี 2559 ยางขาดหายไปประมาณ 1.5 ล้านตัน ส่วนภาพรวมทั่วโลกยางขาดหายไปประมาณร้อยละ 20-30 แนวโน้มราคายางยังคงปรับตัวสูงขึ้น เพราะโดยรวมปริมาณผลผลิตยางพาราเพิ่มขึ้นในปริมาณน้อยไม่เพียงพอกับความต้องการซื้อของผู้ประกอบการภายในประเทศ (ทีมวิเคราะห์สำนักงานตลาดกลางยางพาราจังหวัดสงขลา : 2559) นอกจากนี้ ธีธัช สุขสะอาด (2560) ผู้ว่าการการยางแห่งประเทศไทย ระบุว่าจากคาดการณ์เจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของโลกและเศรษฐกิจของประเทศคู่ค้าที่สำคัญ พบว่าแนวโน้มการค้าและสถานการณ์การส่งออกยางในปี 2560 ยังคงมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น

สอดคล้องกับการคาดการณ์ของสุรสิทธิ์ ประสารปราน (2548) ที่ระบุว่าจากรองน้ำยางพาราหรือ “จอกยาง” เป็นของที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการเก็บเกี่ยวยางพาราเป็นอย่างมากซึ่งปัจจุบันมีปริมาณการใช้ถ้วยรับน้ำยางเมื่อคิดตามพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศประมาณ 12.6 ล้านไร่ โดยเฉลี่ยชาวสวนยางจะปลูกได้ 70 ต้น ต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ คาดว่ามีความต้องการใช้ถ้วยรองรับน้ำยางไม่ต่ำกว่า 850 ล้านใบ อีกทั้ง มีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้น เพราะมีพื้นที่การเพาะปลูกยางพาราขยายตัวสู่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สืบเนื่องจากภาวการณ์ซื้อขายยางมีราคาสูงขึ้นในขณะนี้

จกกรองน้ำยางพารา ทำจากพลาสติกและเซรามิกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน กล่าวคือ จกกรองน้ำยางพารา ชนิดที่ทำจากพลาสติกจะมีน้ำหนักที่เบา แม้ว่าราคาถูกและสะดวกต่อการขนย้าย แต่มีประสบการณ์หลุดร่วงง่ายเมื่อมีลมพัดแรงในขณะการรองรับน้ำยาง และมีความคงทนน้อยกว่าชนิดเซรามิก ซึ่งจกกรองน้ำยางพารา ชนิดเซรามิกมีผิวเคลือบ ทำให้การกวาดน้ำยางในจกเป็นไปได้อย่างง่ายดายไม่ติดถ้วย เมื่อเปรียบเทียบด้านราคากับสภาพการใช้งานและความคงทนต่อการใช้งานแล้ว นับว่ามีความคุ้มค่าเหมาะกับการนำไปใช้งาน

ปัจจุบันพบว่า การผลิตจกกรองน้ำยางพารา ชนิดเซรามิกมักเผาที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 1200 องศาเซลเซียสขึ้นไป) ซึ่งต้องใช้วัตถุดิบและสารเคมีหลายชนิด รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่มาก ในขณะที่สภาพการใช้งานของจกกรองน้ำยางพารา ไม่จำเป็นต้องเป็นเซรามิกที่เผาในอุณหภูมิสูงทำให้มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูงเกินความจำเป็น ราคาขายปัจจุบัน ขนาด 800 ซีซี ระหว่าง 15 - 20 บาท สมควรได้รับการพัฒนาการให้สามารถเผาที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 800 - 900 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยประหยัดต้นทุน ขนาด 800 ซีซี ราคาขายเหลือ ไม่เกิน 10 บาท ทั้งเป็นการรักษาวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงไว้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก ประเภทที่มีมูลค่าทางการตลาดสูง รวมทั้งช่วยประหยัดพลังงาน เป็นการช่วยเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราลดต้นทุนในการซื้อจกกรองน้ำยางพาราเซรามิกโดยตรง

แหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่ใกล้กับแหล่งเพาะปลูกยางพาราในท้องถิ่นจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดใกล้เคียงนั้น คือแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทกระถางต้นไม้ อุณหภูมิประมาณ 800 - 900 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยจึงตั้งใจเพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิกอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตเป็นจกกรองน้ำยางพารา ด้วยส่วนผสมจากวัตถุดิบในท้องถิ่นเป็นหลัก ซึ่งจะเป็นโอกาสให้แหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่นได้ผลิตจกกรองน้ำยางพาราเพื่อจำหน่าย ให้กับเกษตรกรสวนยางพาราในท้องถิ่น ช่วยเพิ่มรายได้ให้กับผลิตเครื่องปั้นดินเผา และช่วยลดต้นทุนเกษตรกรสวนยางพาราได้อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิกอุณหภูมิต่ำ สำหรับการผลิตจกกรองน้ำยางพาราของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยมีทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การพัฒนาเนื้อดิน ขั้นที่ 2 การพัฒนาเคลือบ ขั้นที่ 3 การผลิตจกกรองน้ำยางพารา

3.1 การพัฒนาเนื้อดิน

กลุ่มตัวอย่างเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากดินในท้องถิ่น ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก เฟลด์สปาร์ และทราย 36 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่าง ที่	วัตถุดิบ (ร้อยละ)			ตัวอย่าง ที่	วัตถุดิบ (ร้อยละ)		
	ดินใน ท้องถิ่น	โปแตส เฟลด์สปาร์	ทราย		ดินใน ท้องถิ่น	โปแตส เฟลด์สปาร์	ทราย
1	90	5	5	19	65	20	15
2	85	5	10	20	65	25	10
3	85	10	5	21	65	30	5
4	80	5	15	22	60	5	35
5	80	10	10	23	60	10	30
6	80	15	5	24	60	15	25
7	75	5	20	25	60	20	20
8	75	10	15	26	60	25	15
9	75	15	10	27	60	30	10
10	75	20	5	28	60	35	5
11	70	5	25	29	55	5	40
12	70	10	20	30	55	10	35
13	70	15	15	31	55	15	30
14	70	20	10	32	55	20	25
15	70	25	5	33	55	25	20
16	65	5	30	34	55	30	15
17	65	10	25	35	55	35	10
18	65	15	20	36	55	40	5

1) การพัฒนาเนื้อดินมีขั้นตอนดังนี้

1.1) ชั่งส่วนผสม ตามกลุ่มตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า

1.2) บดให้ละเอียดโดยโกร้งบดกรองด้วยตะแกรงเบอร์ 80 mesh

1.3) ขึ้นรูปแท่งทดลองทำการทดลองส่วนผสมด้วยการทำเป็นแท่งทดลองด้วยการอัดพิมพ์กด มีขนาดของ กว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ $1.5 \times 10 \times 1$ เซนติเมตร

1.4) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

1.5) ทดสอบคุณสมบัติแท่งทดลองภายหลังการเผา ทดสอบหาค่าความหดตัวหลังจากเผา (Firing Shrinkage) ทดสอบค่าความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strength) และการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

2) การวิเคราะห์ผลข้อมูล นำแท่งทดลองที่ได้จากการเผามาทดสอบคุณสมบัติหลังการเผา ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่

2.1) ทดสอบหาค่าความหดตัวหลังจาก โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละความหดตัว} = \frac{\text{ความยาวเนื้อดินก่อนเผา} - \text{ความยาวเนื้อดินหลังเผา}}{\text{ความยาวเนื้อดินก่อนเผา}} \times 100$$

2.2) ทดสอบค่าความแข็งแรงหลังเผา โดยนำแท่งตัวอย่างมาทดสอบความต้านทานต่อแรงกดด้วยเครื่อง “Modulus Of Rupture (MOR) Machine” คำนวณหาค่าความแข็งแรงตามสูตร

$$m = \frac{3pl}{2bd^2}$$

เมื่อ m = ค่าความแข็งแรง (MOR) มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kg./cm^2)

p = น้ำหนักที่ทำให้แท่งทดลองหัก

l = ความยาวระหว่างคานทั้งสอง

b = ความกว้างของแท่งทดลอง

d = ความหนาของแท่งทดลอง

2.3 หาค่าการดูดซึมน้ำ โดยการนำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 2 ชั่วโมง แช่น้ำให้อิ่มตัว 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งก่อนนำไปคำนวณตามสูตร

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{(sf - wf)}{wf} \times 100$$

เมื่อ sf = น้ำหนักของแท่งทดลองที่อิ่มน้ำ

wf = น้ำหนักของแท่งทดลองหลังเผา

3.2 การพัฒนาเคลือบ กลุ่มตัวอย่าง ได้จากส่วนผสมของฟritชนิดตะกั่วบอโรซิลิเกต โปแตสเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีดังตารางที่ 2 เลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 26 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางเคมี ของวัตถุดิบที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง

วัตถุดิบ	สารประกอบ (ร้อยละ)												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	F _{e2} O ₃	M _g O	CaO	BaO	ZnO	PbO	Na ₂ O	K ₂ O	LOI
ฟrit	62.22	-	10.17	8.27	-	0.20	4.17	2.12	1.55	1.00	3.79	4.6	1.63
โปแตสเฟลด์สปาร์	72.38	0.02	15.50	-	0.08	0.04	0.31	-	-	-	2.27	9.06	0.34
ควอตซ์	98.70	0.08	0.65	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	0.45

ฟritที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นชนิดตะกั่วบอโรซิลิเกต ซึ่งตามปกติฟritจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ ฟritตะกั่ว กับฟritบอแรกซ์ แต่ปัจจุบันได้มีการนำฟritทั้งสองชนิดมาผสมกัน ซึ่งตะกั่วจะไม่มีข้อจำกัดด้านการละลายน้ำทำให้ได้ฟritที่มีคุณภาพสูง ถ้ากำหนดสัดส่วนระหว่าง PbO : B₂O₃ ให้เหมาะสม (ภัทรวรรณ เญยเจริญ, 2559)

ตาราง 3 ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบ

ตัวอย่าง ที่	วัตถุดิบ (ร้อยละ)			ตัวอย่าง ที่	วัตถุดิบ (ร้อยละ)		
	ฟrit	โปแตส เฟลด์สปาร์	ควอตซ์		ฟrit	โปแตส เฟลด์สปาร์	ควอตซ์
1	75	20	5	14	45	45	10
2	70	25	5	15	40	50	10
3	65	30	5	16	65	20	15
4	60	35	5	17	60	25	15
5	55	40	5	18	55	30	15
6	50	45	5	19	50	35	15
7	45	50	5	20	45	40	15
8	40	55	5	21	40	45	15
9	70	20	10	22	60	20	20
10	65	25	10	23	55	25	20
11	60	30	10	24	50	30	20
12	55	35	10	25	45	35	20
13	50	40	10	26	40	40	20

1) การพัฒนาเคลือบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1) ชั่งส่วนผสมเคลือบด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า

1.2) บดผสมเคลือบด้วยโกร้งบด

1.3) กรองน้ำเคลือบด้วยตะแกรง เบอร์ 100 mesh

1.4) ชุบเคลือบลงบนแผ่นทดลอง

1.5) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

2) การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการทดสอบด้วยการสังเกตลักษณะของเคลือบภายหลังการเผา ได้แก่ ความมันของเคลือบ การสุกตัว และความสมบูรณ์ของเคลือบ

3.3 การผลิตจากรองน้ำยางพารา เป็นการขึ้นรูปชิ้นงานจากรองน้ำยางพารา จากส่วนผสมที่คัดเลือกจากผลการทดลองที่มีความเหมาะสมมา 1 สูตร ได้แก่ สูตรเนื้อดิน สูตรที่ 4 (ดินท้องถิ่น ร้อยละ 80 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 5 และทราย ร้อยละ 15) และเคลือบสูตรที่ 1 (ฟrit ร้อยละ 75 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 20 และควอตซ์ ร้อยละ 5) มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมเนื้อดินตามสูตรที่คัดเลือก

2) ทำพิมพ์และขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากรองน้ำยางพารา ด้วยวิธีบีบอัด

3) เตรียมน้ำเคลือบจากส่วนผสมของเคลือบที่คัดเลือก

4) ชุบเคลือบ

5) เผาผลิตภัณฑ์จอยางพารา

6) นำผลิตภัณฑ์จอยางพารา ไปทดลองใช้ในสวนยางพารา

6.1) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การเลือกแบบเจาะจงจากเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 ราย ๆ ละ 50 ตัวอย่าง

6.2) ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ระดับความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราเกี่ยวกับ รูปแบบ ขนาด น้ำหนัก สี การใช้งาน การจัดเก็บรักษา การทำความสะอาดความแข็งแรงทนทาน ราคา และความสะดวกในการจัดซื้อ

6.3) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจ มาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ เกี่ยวกับการใช้จอร์องน้ำยางพารา ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง

6.4) การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบสมบัติของเนื้อดิน วิเคราะห์สมบัติภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมบัติหลังการเผาของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	คุณสมบัติหลังการเผา			ตัวอย่างที่	คุณสมบัติหลังการเผา		
	ความหนาแน่น (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (ก.ก./ซ.ม. ²)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)		ความหนาแน่น (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (ก.ก./ซ.ม. ²)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
1	11.00	52.50	5.43	19	10.00	56.63	9.12
2	14.00	50.10	7.45	20	8.00	58.28	10.74
3	13.00	66.67	6.12	21	10.00	41.48	11.08
4	14.00	45.18	6.94	22	11.00	78.15	4.87
5	14.00	49.63	7.60	23	11.00	80.52	4.59
6	13.00	48.28	13.49	24	11.00	54.30	19.61
7	14.00	33.33	5.73	25	10.00	52.92	9.31
8	14.00	57.83	6.66	26	9.00	47.59	10.63
9	12.00	57.78	6.73	27	8.00	68.10	11.36
10	10.00	68.91	9.31	28	8.00	38.40	16.54
11	13.00	43.88	8.95	29	8.00	60.17	9.62
12	12.00	42.00	8.44	30	10.00	45.71	8.65
13	10.00	37.04	6.65	31	8.00	44.81	8.91
14	10.00	43.08	9.56	32	10.00	45.00	19.33
15	10.00	56.64	10.83	33	9.00	36.60	12.73
16	10.00	33.11	5.31	34	10.00	33.00	11.81
17	12.00	71.79	5.91	35	6.00	35.40	16.50
18	12.00	74.69	7.38	36	7.00	33.33	13.16

จากตารางที่ 4 พบว่าส่วนใหญ่มีค่าการหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 9-14 แต่มีบางตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวต่ำกว่าเช่น ตัวอย่างที่ 35 หดตัวเพียงร้อยละ 6 ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 23 (80.52 ก.ก./ซ.ม.²) ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงต่ำสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 34 (33.00 ก.ก./ซ.ม.²) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 32 (ร้อยละ 19.33) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 22 (ร้อยละ 4.87) สูตรเนื้อดินส่วนใหญ่มีสมบัติหลังการเผาที่สามารถทำจากรองน้ำยาพาราไดกเว้นสูตรที่มีความแข็งแรงต่ำกว่า 40 ก.ก./ซ.ม.² แต่ในการเลือกผลิตภัณฑ์นั้น ควรเลือกส่วนผสมที่ใช้ดินท้องถิ่นมากที่สุดเนื่องจากมีความเหนียวมาก สะดวกต่อการขึ้นรูป ส่วนทรายนั้นไม่ควรใช้มากกว่า ร้อยละ 30 เพราะจะทำให้ความเหนียวลดลงและใช้โปแตสเซฟอสเฟตสปาร์ ซึ่งมีราคากิโลกรัมละ 5 - 10 บาท ให้น้อยที่สุด เพื่อประหยัดต้นทุนการผลิต ทั้งนี้ผู้ผลิตสามารถเลือกสูตรได้ตามความต้องการ

4.2 ผลการพัฒนาเคลือบ

จากการทดลองสูตรเคลือบเคลือบจำนวน 26 ส่วนผสม ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสังเกตคุณสมบัติหลังการเผาได้ผลวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ภายหลังการเผา

ตัวอย่าง ที่	ลักษณะเคลือบภายหลังการเผา			
	ความมัน	การสูกตัว	ความสมบูรณ์	สี
1	มันแวววาว	สูก	พองอากาศ/รูเข็ม	ขาวใส
2	มันแวววาว	สูก	เคลือบแยกตัว/พองอากาศ	ขาวใส
3	มันแวววาว	สูก	พองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวใส
4	มันแวววาว	สูก	พองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
5	มันแวววาว	สูก	เคลือบแยกตัว/พองอากาศ	ขาวขุ่น
6	มันแวววาว	สูก	พองอากาศ/ราน	ขาวใส
7	กึ่งด้านกึ่งมัน	สูก	ราน/พองอากาศ/รูเข็ม	ขาวขุ่น
8	กึ่งด้านกึ่งมัน	สูก	พองอากาศ/รูเข็ม	ขาวขุ่น
9	กึ่งด้านกึ่งมัน	สูก	รูเข็ม	ขาวใส
10	มันแวววาว	สูก	พองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวใส
11	มันแวววาว	สูก	เคลือบแยกตัว/พองอากาศ	ขาวขุ่น
12	มันแวววาว	สูก	เคลือบแยกตัว/รูเข็ม	ขาวขุ่น
13	มันแวววาว	สูก	รูเข็ม	ขาวขุ่น
14	กึ่งด้านกึ่งมัน	สูก	เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
15	กึ่งด้านกึ่งมัน	สูก	ราน/รูเข็ม	ขาวขุ่น

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ภายหลังการเผา (ต่อ)

ตัวอย่าง ที่	ลักษณะเคลือบภายหลังการเผา			
	ความมัน	การสุกตัว	ความสมบูรณ์	สี
16	มันแวววาว	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
17	มันแวววาว	สุก	รูเข็ม/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
18	ด้าน	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
19	ด้าน	ไม่สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวทึบ
20	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	รูเข็ม/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
21	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
22	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
23	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
24	ด้าน	ไม่สุก	ฟองอากาศ/เคลือบแยกตัว	ขาวทึบ
25	ด้าน	ไม่สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวทึบ
26	ด้าน	ไม่สุก	การแยกตัวของเคลือบ	ขาวทึบ

จากตารางที่ 5 พบว่าลักษณะของเคลือบภายหลังการเผานั้น ระดับความมันส่วนใหญ่จะอยู่ระดับมันแวววาว จำนวน 12 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 16, 17 รองลงมาคือ ระดับกึ่งด้านกึ่งมันจำนวน 9 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 7, 8, 9, 14, 15, 20, 21, 22, 23 ระดับด้านจำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 18, 19, 24, 25, 26

ด้านการสุกตัวของเคลือบพบว่าส่วนใหญ่สุก มีเพียง 4 ตัวอย่างที่ไม่สุกตัว ได้แก่ สูตรที่ 19, 24, 25, 26 ตำหนิของเคลือบพบว่ามีตำหนิรูเข็ม จำนวน 14 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 22 ตำหนิเคลือบแยกตัวจำนวน 16 สูตร ได้แก่ ตัวอย่างที่ 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 26 ตำหนิฟองอากาศจำนวน 20 สูตร ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 และเคลือบราน 1 สูตร ได้แก่ ตัวอย่างที่ 6 สำหรับสีของเคลือบพบว่ามีสีขาวใส จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1 และ 6 สีขาวขุ่นจำนวน 13 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 2, 7, 9, 10, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25 และ 26 สีขาวทึบจำนวน 7 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 3, 4, 11, 13, 15 และ 21

สูตรเคลือบที่เหมาะสมกับการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ ควรเป็นสูตรที่มีความมันแวววาว ที่ไม่มีตำหนิเคลือบแยกตัวได้แก่ตัวอย่างที่ 1, 6, 7, 8, 9, 13, 17

4.3 ผลการผลิตจากรองน้ำยางพารา

ผู้วิจัยได้คัดเลือก สูตรเนื้อดิน สูตรที่ 4 (ดินท้องถิ่น ร้อยละ 80 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 5 และทราย ร้อยละ 15) เนื่องจากใช้ดินในท้องถิ่นปริมาณมาก มีการหดตัวหลังเผาไม่มากเกินไป ร้อยละ 14 มีความแข็งแรงค่อนข้างสูง 65.18 (ก.ก./ซ.ม.²) มีการดูดซึมน้ำไม่มากเพียงร้อยละ 6.94 และเลือกเคลือบสูตรที่ 1 (พริตร้อยละ 75 โปแตสเฟลด์สปาร์ร้อยละ 20 และควอทซ์ร้อยละ 5) ซึ่งมีความมันแวววาว สีขาวใส มีตำหนิรูเข็ม และฟองอากาศเล็กน้อย มาทำการผลิตจากรองน้ำยางพารา ตามกระบวนการผลิตด้วยการเตรียมเนื้อดิน การเตรียมเคลือบ การขึ้นรูปแบบใบมีด การทำให้แห้ง การตกแต่ง การเผาดิบ การชุบเคลือบ และการเผาเคลือบได้ผลิตภัณฑ์จากรองน้ำ

ยางพาราทรงกลม ความจุ 800 ซีซี ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร สูง 10.5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 560 กรัม ดังภาพที่ 1 ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับจอกรองน้ำยางพาราเซรามิกอุณหภูมิสูง 1250 องศาเซลเซียส ที่มีความจุ 800 ซีซี กว้าง 15 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร และน้ำหนัก 600 กรัม (Kalaery company limited : 2016) พบว่าในขนาดความจุเท่ากันจะมีน้ำหนัก เบากว่า ประมาณ 50 กรัม แล้วนำไปให้เกษตรกรการสวนยางพารา ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลกได้ทดลองใช้งาน เพื่อหาความพึงพอใจ



ภาพที่ 1 รูปทรงจอกรองน้ำยางพารา



ภาพที่ 2 การผลิตจอกรองน้ำยางพารา เซรามิก



ภาพที่ 3 การนำผลิตภัณฑ์จอกรองน้ำยางพารา เซรามิกไปทดลองใช้งานในสวนยางพารา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอร์กรองน้ำยางพารา จำนวน 10 ราย สามารถวิเคราะห์ผลได้ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอร์กรองน้ำยางพารา

ข้อที่	ประเด็นความพึงพอใจ	ค่าสถิติ		ระดับความพึงพอใจ
		$\bar{x}$	SD	
1	รูปแบบ	3.6	0.516	มาก
2	ขนาด	3.8	0.633	มาก
3	น้ำหนัก	4.3	0.823	มาก
4	สี	3.6	0.516	มาก
5	การใช้งาน	4.0	0.667	มาก
6	การจัดเก็บ	3.7	0.483	มาก
7	การทำความสะอาด	3.6	0.516	มาก
8	ความแข็งแรงทนทาน	3.6	0.516	มาก
9	ราคา	3.6	0.516	มาก
10	ความสะดวกในการจัดซื้อ	3.6	0.516	มาก

จากตารางที่ 6 พบว่าเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอร์กรองน้ำยางพาราเชรามิกมีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจอร์กรองน้ำยางพาราสูงสุด ($\bar{X}$ = 4.3, SD = 0.823) รองลงมาได้แก่ความพึงพอใจด้านการใช้งาน ($\bar{X}$ = 4.0, SD = 0.667) และขนาดของจอร์กรองน้ำยางพารา ($\bar{X}$ = 3.8, SD = 0.633) ตามลำดับ

นอกจากนี้ข้อเสนอแนะของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้จอร์กรองน้ำยางพารา เป็นเวลาประมาณ 2 เดือน โดยต้องการให้มีการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน เป็นความเห็นที่ตรงกันถึง 9 ราย คิดเป็นร้อยละ 90

5. อภิปรายผลการวิจัย

การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดิน พบว่า ตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 2, 4, 5, 7, 8 (ร้อยละ 14) ซึ่งมีดินท้องถิ่นในปริมาณมากกว่าร้อยละ 75 - 90 ตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวน้อยที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 35 (ร้อยละ 6) มีดินท้องถิ่นร้อยละ 55 สังเกตได้ว่าตัวอย่างที่มีปริมาณดินมากจะมีการหดตัวมากกว่า การหดตัวมากแสดงว่าเนื่องจากความละเอียดของดินจะสัมพันธ์กับความเหนียว ความแข็งแรงเมื่อแห้ง ความหดตัวเมื่อแห้ง (Singer, 1960, p.18) ซึ่งสาเหตุของการหดตัวนี้อาจเนื่องมาจากการสูญเสียองค์ประกอบ หรือโครงสร้าง ทำให้องค์ประกอบอื่นเข้ามาใกล้ชิดกันเป็นผลให้ขนาดในภาพรวมลดลง หรือเล็กลง หรืออาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน ทำให้เกิดความแน่นขึ้น ส่งผลให้ขนาดที่พิจารณาได้จากภายนอกลดลง ในทางเชรามิกนั้นการหดตัวเกิดขึ้นจากทั้งสองสาเหตุ คือการสูญเสียองค์ประกอบ และการรวมตัวกันของโครงสร้างภายใน (ประดุจฤดี สารสิทธิ์, 2543)

ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 23 (80.52 ก.ก./ซ.ม.²) มีปริมาณดินท้องถิ่นค่อนข้างสูงร้อยละ 60 ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงต่ำสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 34 (33.00 ก.ก./ซ.ม.²) มีดินท้องถิ่นในปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 55 ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 32 (ร้อยละ 19.33) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 22 (ร้อยละ 4.87) รองลงมาคือตัวอย่างที่ 23 (ร้อยละ 4.59) ซึ่ง Hamer, Frank and Hamer, Janet, (1986, p. 249) ได้อธิบายถึงความพรุนหรือการดูดซึมน้ำของเนื้อเซรามิก มีผลโดยตรงต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือผลิตภัณฑ์เมื่อแห้ง และนำไปเผา ในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียส ความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จากการเสียน้ำประกอบคาร์บอน และน้ำในโครงสร้างทางเคมี ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งแรงลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น วัสดุที่ถึงจุดหลอมตัวจะเริ่มหลอม และเกิดเป็นโครงสร้างใหม่ ทำให้ความพรุนตัวค่อย ๆ ลดลง ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้น ซึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 900 – 1000 องศาเซลเซียส พบว่า เป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงสูงที่สุดสำหรับความพรุนตัวที่เหมาะสมทำให้กล่าวได้ว่า หากต้องการผลิตภัณฑ์ที่สามารถชุบเคลือบได้ และมีความแข็งแรงสูงที่สุดของการเป็นผลิตภัณฑ์เผาเคลือบเพื่อชุบเคลือบ ควรเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงกว่านี้ ความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น แต่ความพรุนตัวจะต่ำ ทำให้การชุบเคลือบลำบาก ส่วนอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้พบว่ามี ความพรุนตัวสูง แต่ความแข็งแรงต่ำ

จากผลการทดลองเคลือบนั้นพบว่า ส่วนใหญ่สุกตัว มีเพียง 4 สูตรที่ไม่สุกตัว ได้แก่ สูตรที่มีปริมาณ ฟริตค่อนข้างต่ำคือ ร้อยละ 40 - 50 มีควอตซ์ระหว่างร้อยละ 15 - 20 ซึ่งค่อนข้างสูง เฟลด์สปาร์ร้อยละ 30 - 40 ค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าฟริตมีอิทธิพลต่อการสุกตัวของเคลือบเป็นอย่างมากสอดคล้องกับ สุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์ (2534 : 48) ที่ได้อธิบายถึงฟริตเคลือบไฟต่ำ เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิการเผาต่ำ 1000 องศา และสอดคล้องกับสรินทร์ ลิ้มปนาท (2553 : บทคัดย่อ) ที่กล่าวว่าเคลือบฟริตไฟต่ำช่วงอุณหภูมิ 700 - 900 องศาเซลเซียส เหมาะสมกับการเผาในเตาพื้นของชาวบ้านเพื่อเป็น การยกระดับคุณภาพและราคาของผลิตภัณฑ์ดินแดงซึ่งพบว่า กระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทั่วไปของภาคกลาง จะใช้เตาเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 950 องศาเซลเซียส ส่วนการเกิดตำหนิรูเข็มจำนวน 14 สูตร และตำหนิฟองอากาศจำนวน 20 สูตร น่าจะเกิดจากการที่มีแก๊สที่แตกตัวจากสารประกอบภายในส่วนผสมเคลือบที่เป็นผลมาจากการเผาเช่นคาร์บอนไดออกไซด์ ดันตัวออกมาที่ผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งแก้ไขได้ด้วยการเผาเย็นไฟ (โกล รักษ์วงศ์ (2531 : 47) ส่วนตำหนิเคลือบแยกตัวจำนวน 15 สูตร นั้นสาเหตุอาจเนื่องมาจากมีไขมันหรือฝุ่นละอองเกาะติดที่ผิวผลิตภัณฑ์ ก่อนการชุบเคลือบ หรือความหดตัวระหว่างเคลือบและเนื้อดิน ไม่เหมาะสมวิธีแก้ไขควรทำความสะอาดที่ผิวผลิตภัณฑ์ก่อนการชุบเคลือบทุกครั้ง (สุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์. 2534 : 49)

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จอร์จกรองน้ำยางพาราเซรามิก พบว่า หลังจาก ที่เกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอร์จกรองน้ำยางพารา เซรามิก มีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรสวนยางพารา มีความพึงพอใจ โดยเฉพาะข้อเสนอแนะที่ต้องการให้มีการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านในสอดคล้องกับทวิ พรหมพฤษ (2523 : 95) ว่าการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ความสวยงามป้องกันผลิตภัณฑ์ของเหลวและก๊าซ ซึมผ่าน เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ และเพื่อเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ความแข็งแรง และทนต่อการกัดกร่อน รวมทั้งสอดคล้องกับ วรณา ต. แสงจันทร์ และฉัตรชัย บาลศรี (2555)

ได้ปรับปรุงรูปแบบให้สะดวกกับการใช้งานจorongน้ำยางพารา ที่ได้จากการวิจัยพัฒนา มีลักษณะตามที่ชาวสวนยางต้องการ คือ ไม้หนา มีน้ำหนักเหมาะสม ผิวเคลือบมันวาว และมีความแข็งแรง ต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการตัดสินใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านวังดินสอ อำเภอ วังทองจังหวัดพิษณุโลก

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยใช้

1) กลุ่มผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่นบ้านวังดินสอ อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก และกลุ่มอื่น ๆ ได้มีแนวทางในการผลิตจorongน้ำยางพารา เพื่อจำหน่าย ก่อนนำไปผลิตควรมีการตลาดเพื่อความมั่นใจอีกครั้ง เนื่องจากวัตถุดิบอาจมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป เนื่องจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ และควรทำการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน

2) เกษตรกรผู้ปลูกยางพาราควรให้ความสำคัญต่อการจัดเก็บและหมั่นทำความสะอาดจorongน้ำยางพาราเซรามิกเท่าที่ต้องการ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความคงทน

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

1) ควรมีการทำวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินท้องถิ่นโดยเน้นผลิตภัณฑ์ด้านประติมากรรมที่มีเอกลักษณ์ความเป็นท้องถิ่น

2) ควรมีการทำวิจัยเกี่ยวกับเคลือบที่มีสีสันสวยงามเหมาะกับการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ ในการทำวิจัย ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรสวนยางพารา ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์นำจorongน้ำยางพารา จากผลการวิจัยไปทดลองใช้งาน

8. เอกสารอ้างอิง

- โกลม รัชวงศ์. (2531). *วัสดุที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น*. วิทยาลัยครูพระนครบางเขน.
- ทวี พรหมพุกษ์. (2523). *เตาเผาและการเผา*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์.
- ทีมวิเคราะห์สำนักงานตลาดกลางยางพาราจังหวัดสงขลา. (2559). *วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคายาง*, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.rakayang.net/> โพสต์เมื่อ 7/12/2016
- ธีธัช สุขสะอาด. (2560). *ผลประเมินสถานการณ์การค้า-การส่งออกยางพาราไทย ใน ปี 2560*. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.rubber.co.th/> เข้าดูเมื่อวันที่ 5/04/2560.
- ประจักษ์ ภารสิทธิ์. (2543). *เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเนื้อเซรามิกส์*, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.teacher.ssru.ac.th> เข้าดูเมื่อวันที่ 26/08/2557.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2539). *เซรามิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 4)*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรวรรณ เฉยเจริญ. (2559). **เคลือบตอนที่1**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

[ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www2.mtec.or.th/th/> เข้าดูเมื่อวันที่ 16/12/2559

วรรณ ต.แสงจันทร์ และฉัตรชัย บาลศรี. (2555). วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 60 ฉบับที่ 188.

สรินทร์ ลิ้มปนาท. (2553). วิจัยเรื่อง "การพัฒนาเคลือบฟrit ไฟต่ำ (700 - 900 °C) ที่เหมาะสมกับการเผาในเตาฟืนของชาวบ้านเพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพและราคา ของผลิตภัณฑ์ดินเผา". สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2553). CeramicTest/physic-chapter6. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรศักดิ์ โกสียพันธุ์. (2534). **น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา**. ไทยวัฒนาพานิชย์.

สุรสิทธิ์ ประสารปราง. (2548). **มอ.วิจัย “จอกยาง” จากธรรมชาติต่อยอดสู่ SMEs** วงการยาง, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.manager.co.th>.

Hamer, Frank and Hamer, Janet. (1986). **The Potter's Dictionary of Materials and Techniques**. (2nd ed.). London: A&C Black.

Kalaery company limited. (2016). [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.kalaery.com/index.htm/> เข้าดูเมื่อวันที่ 16/12/2559.

Singer S. Sonja. (1960). **Industrial Ceramics**. London : Chapman and hall Ltd.

**วิธีการพยากรณ์ความต้องการปุ๋ยเคมี
กรณีศึกษา สหกรณ์การเกษตรชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์**
**Forecasting Demand for Chemical Fertilizer : A Case Study of
Ta Bong Chum Agricultural Cooperative, Nakhon Sawan Province**

ปิยะกิจ กิจจิตตลาภานนท์^{1*}

^{1*} มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 398 หมู่ 9 ถ.สวรรค์วิถี ต.นครสวรรค์ตก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000
โทรศัพท์ 056-21910029 โทรสาร 056-882522-23 E-mail : Piyakit_k@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ปริมาณปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมเพื่อนำผลการพยากรณ์ที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงนโยบายการบริหารสินค้าคงคลังของสหกรณ์การเกษตรชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์ งานวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลปุ๋ยเคมีและเลือกชนิดปุ๋ยเคมีตามทฤษฎีของพาเรโต 20/80 ซึ่งมีรหัสปุ๋ยเคมีที่ถูกเลือกดังนี้ CF201 CF202 CF229 และ CF204 จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้านอนุกรมเวลา โดยทุกชุดข้อมูลมีปัจจัยแนวโน้มและฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงเลือกการพยากรณ์ 2 วิธี คือการพยากรณ์แบบแยกส่วนในรูปแบบการคูณและการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์-วินเทอร์ที่มีอิทธิพลฤดูกาลแบบคูณ และทำการพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ในการเลือกวิธีและช่วงเวลา พบว่ารหัสปุ๋ยเคมี CF201 CF229 และ CF204 มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เท่ากับ 12.51 11.42 และ 5.43 ด้วยวิธีการแยกส่วนในรูปแบบการคูณ และมีช่วงเวลาในการพยากรณ์เป็นรายไตรมาส ส่วน CF202 ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ เท่ากับ 9.58 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์-วินเทอร์ที่มีอิทธิพลฤดูกาลแบบคูณ และมีช่วงเวลาในการพยากรณ์เป็นรายเดือน เมื่อนำวิธีการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ไปประยุกต์ใช้พบว่าสามารถลดต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังของรหัสปุ๋ยเคมี CF201 CF202 CF229 และ CF204 ซึ่งคิดเป็นเงินที่สามารถลดลงได้ 25,670 บาท 13,954 บาท 9,300 บาท และ 4,354 บาท ตามลำดับ

คำสำคัญ : การพยากรณ์, ปุ๋ยเคมี, สหกรณ์การเกษตร, สินค้าคงคลัง

Abstract

The objective of this research is to find the most appropriate forecasting method for the Agricultural Cooperative Chum Ta Bong, Nakhon Sawan Province, in order to aid in development of a new policy on inventory control. The research starts with the study and selection process using Pareto's approach. The chemical fertilizer codes are CF201, CF202, CF229 and CF204. After making a time series analysis which every set of experimental data facing seasonal effects, two types of forecasting methods are used as research methodologies which are multiplicative models and holt winters exponential smoothing with seasonal effects. By considering the Mean Absolute Percent Error value

using the multiplicative method with quarterly purchasing data, this research finds that CF201, CF229 and CF204 generate the value of Mean Absolute Percent Error equivalents to 12.51, 11.42 and 5.43 respectively. While using Holt winters exponential smoothing, CF 202 generates the value of Mean Absolute Percent Error equivalent to 9.58. It is also discovered that by using Holt winters exponential smoothing with monthly collected data and seasonal effects, when applied to two forecasting methods the reduction of cost of inventory management for chemical fertilizers CF201, CF202, CF229 and CF204, is reduced to 25,670 Baht, 13,954 Baht, 9,300 Baht and 4,354 Baht respectively.

Keywords : Forecasting, Chemical fertilizer, Agricultural cooperative, Inventory

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการปลูกข้าวเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญซึ่งประเทศที่ติดอันดับหนึ่งในห้าประเทศที่เป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่เข้าสู่ตลาดโลก สร้างรายได้ให้แก่ประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมากถึง 371,521 และ 334,361 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) โดยจังหวัดนครสวรรค์เป็นพื้นที่หนึ่งที่ทำกาการเกษตรในด้านการผลิตข้าวเป็นลำดับต้น ๆ ของประเทศ แน่นอนว่าในการปลูกข้าวนั้นจะต้องมีต้นทุนในการเพาะปลูก โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ คือ ต้นทุนเมล็ดพันธุ์ ต้นทุนแรงงานและต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต จากงานวิจัยด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายในการปลูกข้าวหอมมะลิด้วยวิธีการหว่านนั้นพบว่าร้อยละ 75.19 เป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งประกอบด้วย ค่าจ้างไถนา ค่าปุ๋ย ค่ายาปราบวัชพืช ค่าจ้างรถเกี่ยว และค่าเช่าที่ดิน (วาทินี จันทรช่วงโชติ, 2557) เมื่อทำการจำแนกตามรายละเอียดพบว่าค่าปุ๋ยมีค่าสูงที่สุดถึงร้อยละ 24.66 ซึ่งเกิดจากค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยจากโรงงาน (ราคาขายส่ง) ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อปุ๋ย ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บรักษาปุ๋ย ปกติแล้วชาวนาจะสั่งปุ๋ย จากร้านค้าและสหกรณ์การเกษตรที่ตนเป็นสมาชิกอยู่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปัญหาต้นทุนปุ๋ยเคมีจากวิธีการสั่งซื้อของสหกรณ์การเกษตร ชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์ เป็นแหล่งข้อมูลในการทำวิจัยและพบว่าต้นทุนปุ๋ยเคมีสูง เนื่องจากต้นทุนการสั่งซื้อที่บ่อยเกินไปหรือต้นทุนการจัดเก็บที่เกิดจากการกักตุน เนื่องจากวิธีการสั่งซื้อของทางสหกรณ์การเกษตรชุมตาบงได้ให้เจ้าหน้าที่ตัดสินใจกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ (กันต์ธมน สุขกระจ่าง, 2558) ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเลือกปัจจัยต่าง ๆ ขึ้นมาพิจารณาเพื่อกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ ดังนั้นเมื่อมีการสลับสับเปลี่ยนเจ้าหน้าที่จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ เนื่องจากประสบการณ์ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงเห็นจุดที่ควรที่จะพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น (นิชา นภาพร จงกะสิกิจ, 2559) ด้วยประยุกต์ใช้วิธีการพยากรณ์ในการสั่งซื้อปุ๋ยเคมีโดยการนำข้อมูลในอดีตมาพิจารณาเพื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการปุ๋ยเคมี (นิภาพร อนุวงศ์ และคณะ, 2556) เพื่อลดต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังปุ๋ยเคมีของสหกรณ์การเกษตรและปรับปรุงนโยบายการบริหารสินค้าคงคลังปุ๋ยเคมี

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ปริมาณปุ๋ยเคมีที่เหมาะสม เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงนโยบายการบริหารจัดการสินค้าคงคลังปุ๋ยเคมี

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ศึกษาข้อมูลการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ซึ่งการปลูกข้าวนาปีจะมีช่วงการเพาะปลูกอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมและเก็บเกี่ยวข้าวสุกไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนข้าวนาปรังจะมีช่วงการเพาะปลูกอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคมและเก็บเกี่ยวข้าวสุกเดือนเมษายน

3.2 งานวิจัยนี้ทำในส่วนของการพยากรณ์การส่งปุ๋ยเข้าสู่สหกรณ์การเกษตรชุมตาบง

3.3 งานวิจัยนี้เป็นการพยากรณ์การส่งปุ๋ยในระยะสั้น (การพยากรณ์ล่วงหน้าไม่เกิน 3 เดือน)

3.4 งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาเฉพาะในเขตพื้นที่ อำเภอชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์

3.5 งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2557 ถึง 31 มีนาคม 2558 และ 1 เมษายน 2558 ถึง 31 มีนาคม 2559 ซึ่งเป็นรอบปีที่ทางสหกรณ์ใช้ในการสรุปบัญชีประจำปี

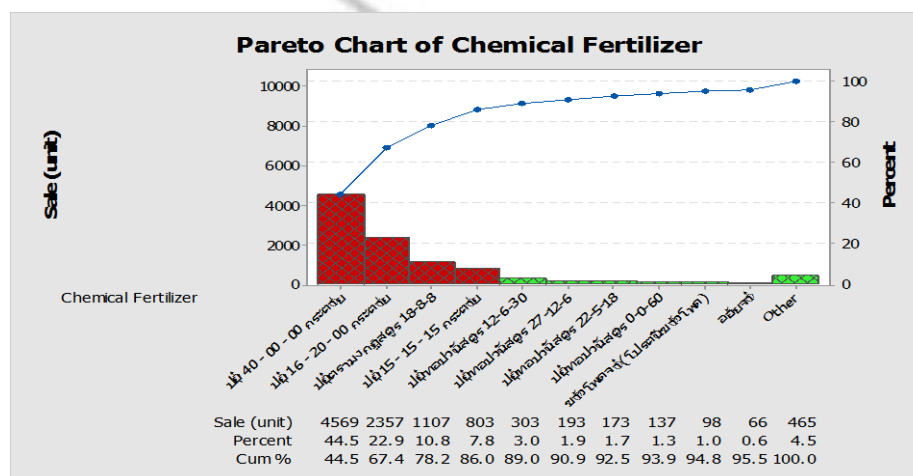
3.6 งานวิจัยนี้ทำการพิจารณาช่วงเวลาข้อมูลที่เกิดขึ้นเป็น ข้อมูลรายเดือน และรายไตรมาส

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab Version 17 และ Excel office 2016

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาปริมาณการขายปุ๋ยเคมีของสหกรณ์การเกษตร โดยปกติสหกรณ์การเกษตรจำหน่ายปุ๋ยเคมีจำนวน 25 ยี่ห้อ โดยผู้วิจัยได้เลือกปุ๋ยเคมีจำนวน 4 ยี่ห้อ โดยใช้ทฤษฎีของพาเรโต (Pareto) 20/80 ในการเลือก (Tanvir Ahmed et. Al., 2013) เนื่องจากทั้ง 4 ยี่ห้อ นั้นมีปริมาณการขายรวมกันมากถึงร้อยละ 86 ของปริมาณการขายทั้งหมด ดังภาพที่ 1 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการกำหนดรหัสสินค้าพร้อมทั้งสรุปปริมาณการขายปุ๋ยเคมีของทั้ง 4 ยี่ห้อ ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ปริมาณการขายปุ๋ยแต่ละยี่ห้อในช่วง 2 ปี

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละปริมาณการขายปุ๋ยเคมีทั้ง 4 ยี่ห้อ จากปริมาณการขายปุ๋ยเคมีทั้งหมด

ยี่ห้อปุ๋ยเคมี	รหัสสินค้า	ปริมาณการขายปุ๋ยเคมี (%)		
		ปี 2557	ปี 2558	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ยยี่ห้อกระต่าย 40-00-00	CF201	44.40	44.6	44.50
ปุ๋ยยี่ห้อกระต่าย 16-20-00	CF202	23.16	22.64	22.90
ปุ๋ยยี่ห้อมงกุฎสูตร 18-8-8	CF229	10.70	10.90	10.80
ปุ๋ยยี่ห้อกระต่าย 15-15-15	CF204	7.88	7.72	7.80

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ค่าที่มีความผิดปกติของข้อมูล (Outliner) ก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูล ควรมีการตรวจสอบค่าความผิดปกติของข้อมูลก่อน ซึ่งสามารถใช้วิธีการ Box and-Whisker Plots ในการตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล ทั้งข้อมูลรายไตรมาสและข้อมูลรายเดือน พบว่ามีข้อมูลที่เกิดความผิดปกติที่รหัสปุ๋ยเคมี CF201 ในชุดข้อมูลรายเดือน โดยเกิดขึ้นที่ข้อมูลเดือนกันยายน 2557 จึงทำการตรวจสอบข้อมูลที่มีความผิดปกติ พบว่ามีสาเหตุจากการเร่งปลูกข้าวในเดือนกันยายน 2557 เนื่องจากในเดือนสิงหาคม 2557 เกิดภัยแล้งในพื้นที่ ทำให้ช่วงเวลาในการปลูกข้าวเลื่อนออกไปจากปกติ จึงทำการแก้ไขปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปกติ (สุนิษา ทรัพย์ประเสริฐ และนระเกณต์ พุ่มชูศรี, 2557) ดังสมการที่ 1

$$X_{t(adj)} = \frac{X_{t-1} + X_{t+1}}{2} \quad (1)$$

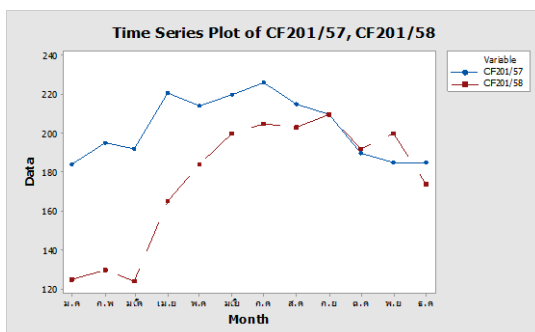
เมื่อ $X_{t(adj)}$ หมายถึง ค่าของข้อมูลหลังจากแก้ไขความผิดปกติ

X_{t-1} หมายถึง ค่าของข้อมูลที่อยู่ก่อนหน้าข้อมูลที่มีความผิดปกติ

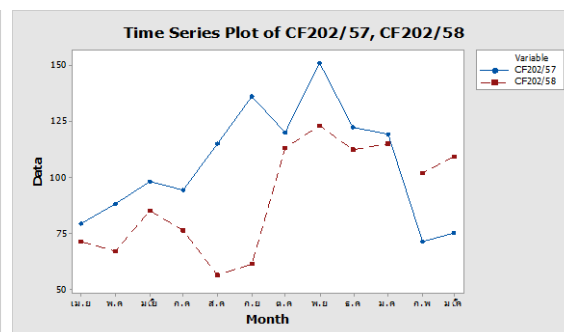
X_{t+1} หมายถึง ค่าของข้อมูลที่อยู่หลังข้อมูลที่มีความผิดปกติ

จากสมการที่ 1 หลังจากแก้ไขข้อมูลของรหัสปุ๋ยเคมี CF201 ในเดือนกันยายน 2557 ซึ่งแทนด้วยค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูลในเดือนสิงหาคม 204 กระสอบ และตุลาคม 210 กระสอบ พบว่ามีค่าเท่ากับ 207 กระสอบ จากนั้นทำการตรวจสอบด้วยวิธีการ Box and-Whisker Plots อีกครั้ง ซึ่งไม่พบความผิดปกติใดเกิดขึ้นกับข้อมูลอีก ซึ่งสามารถดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

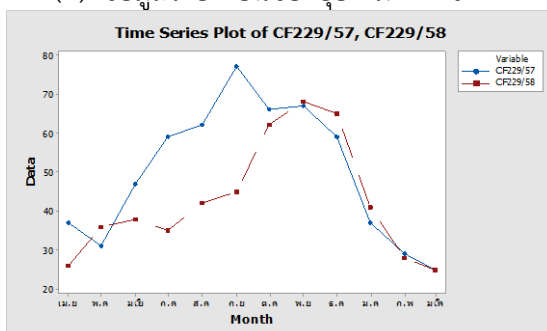
2) การวิเคราะห์ปัจจัยด้านอนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ปัจจัยเวลาที่ส่งผลต่อค่าการพยากรณ์ ในเบื้องต้นจะประกอบไปด้วย 4 ปัจจัยหลัก คือ แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) วัฏจักร (Cyclical) และความผิดปกติเชิงสุ่ม (Randomness) ซึ่งการประเมินปัจจัยที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นประเมินด้วยวิธีการวิเคราะห์จากกราฟข้อมูลรายเดือนและข้อมูลรายไตรมาส ของปี 2557 และปี 2558 ในภาพที่ 2 และภาพที่ 3 พบว่ารหัสปุ๋ยเคมี CF201 CF202 CF229 และ CF204 มีปัจจัยทางฤดูกาลและปัจจัยแนวโน้มที่ส่งผล



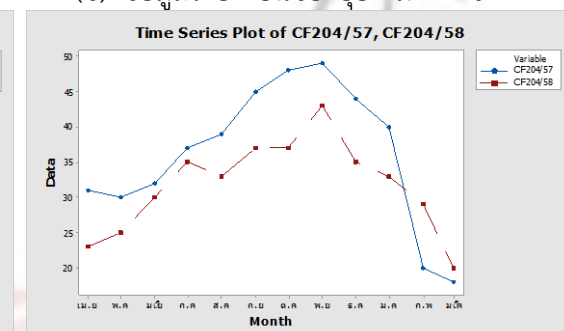
(ก) ข้อมูลรายเดือนของปุ๋ยเคมี CF201



(ข) ข้อมูลรายเดือนของปุ๋ยเคมี CF202

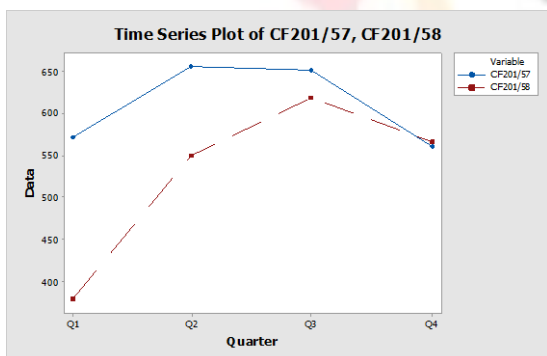


(ค) ข้อมูลรายเดือนของปุ๋ยเคมี CF229

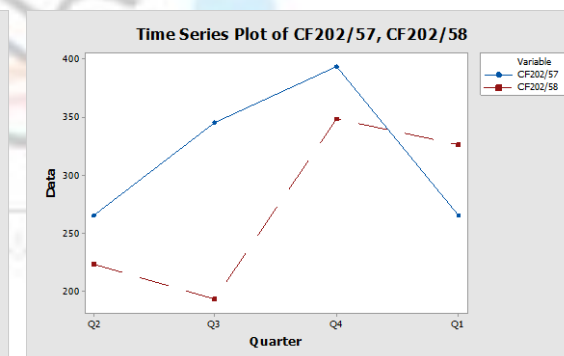


(ง) ข้อมูลรายเดือนของปุ๋ยเคมี CF204

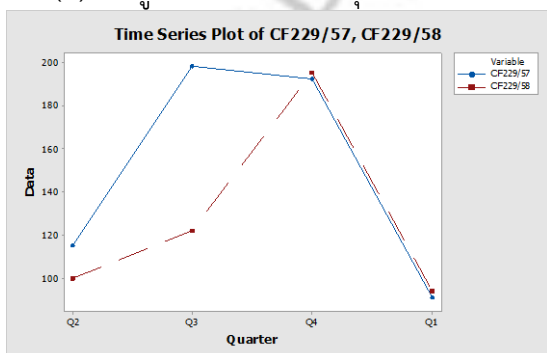
ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านอนุกรมเวลาของข้อมูลรายเดือนของปุ๋ยเคมีในแต่ละรหัสปุ๋ยเคมี



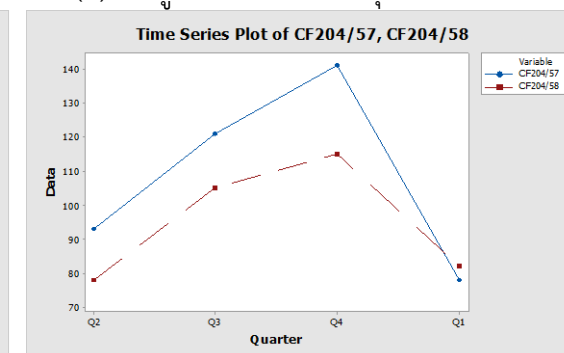
(ก) ข้อมูลรายไตรมาสของปุ๋ยเคมี CF201



(ข) ข้อมูลรายไตรมาสของปุ๋ยเคมี CF202



(ค) ข้อมูลรายไตรมาสของปุ๋ยเคมี CF229



(ง) ข้อมูลรายไตรมาสของปุ๋ยเคมี CF204

ภาพที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านอนุกรมเวลาของข้อมูลรายไตรมาสของปุ๋ยเคมีในแต่ละรหัสปุ๋ยเคมี

4.3 การหาวิธีการพยากรณ์ความต้องการปุ๋ยเคมี

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการเลือกวิธีการพยากรณ์ตามเงื่อนไขของข้อมูล ซึ่งจากการประเมินข้อมูลรายเดือน และรายไตรมาสพบว่าในทุกชุดข้อมูลมีปัจจัยทางฤดูกาล และปัจจัยแนวโน้มที่ส่งผลต่อข้อมูล ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วน และวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์-วินเทอร์ เข้ามาทำการพยากรณ์

1) การพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วน (Classical Decomposition) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ในระยะสั้น วิธีการนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ ระหว่างส่วนประกอบของอนุกรมเวลา 4 ส่วน คือ แนวโน้ม ความผันแปรตามฤดูกาล ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ผิดปกติ เมื่อพิจารณาภาพที่ 2 และ 3 พบว่าข้อมูลมีเงื่อนไขตรงกับการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วนในรูปแบบการคูณ (The Multiplicative Components Model) เมื่อปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่น ๆ ที่เหลือ (Mustafa Akpınar และ Nejat Yumusak, 2015) ดังสมการที่ 2

$$F_t = T_t \times C_t \times S_t \times I_t \quad (2)$$

เมื่อ F_t หมายถึง ค่าพยากรณ์แบบแยกส่วน

T_t หมายถึง ค่าแนวโน้มของข้อมูล

C_t หมายถึง ค่าวัฏจักรของข้อมูล

S_t หมายถึง ค่าฤดูกาลของข้อมูล

I_t หมายถึง ค่าความผิดปกติของข้อมูล

2) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์-วินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing: HWS) เป็นวิธีการที่นำเอาข้อมูลในอดีตมาวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์ ซึ่งวิธีการนี้ข้อมูลประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่าง คือ ปัจจัยระดับ ปัจจัยแนวโน้ม และปัจจัยฤดูกาล เมื่อพิจารณาภาพที่ 2 และภาพที่ 3 พบว่าข้อมูลที่ทำกรวิเคราะห์ มีเงื่อนไขตรงกับการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์-วินเทอร์ ที่มีอิทธิพลฤดูกาลแบบคูณ (Holt-Winters multiplicative seasonal exponential smoothing method; Multiplicative HWS) ซึ่งเหมาะกับการพยากรณ์ข้อมูลที่มีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลง (G. Sudheer, A. Suseelatha 1, 2015) ดังสมการที่ 3 ถึง 6

$$F_{t+m} = (S_t + b_tm) \times I_{t-L-m} \quad (3)$$

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{(S_t - I)} + (1 - \alpha) \times (L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$

$$T_t = \gamma \times (L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma) \times T_{t-1} \quad (5)$$

$$S_t = \beta \times \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \beta) \times S_{t-1} \quad (6)$$

- เมื่อ Y_t หมายถึง ค่าข้อมูลจริง ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ; t คือ ช่วงเวลา เป็น เดือน $0 < t \leq 12$, หรือ ไตรมาส $0 < t \leq 4$
 L_t หมายถึง ค่าประมาณระดับของข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ
 T_t หมายถึง ค่าประมาณแนวโน้มของ ข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ
 S_t หมายถึง ค่าประมาณฤดูกาลของข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ
 α หมายถึง ค่าคงที่ปรับระดับของข้อมูล มีค่า $0 < \alpha < 1$
 β หมายถึง ค่าคงที่ปรับแนวโน้มของข้อมูล มีค่า $0 < \beta < 1$
 γ หมายถึง ค่าคงที่ปรับฤดูกาลของข้อมูล มีค่า $0 < \gamma < 1$

4.4 การวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์

การวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ทำการพิจารณาจากวิธีการค่าเฉลี่ยร้อยละ ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์น้อยที่สุด (Mean Absolute Percent Error, MAPE) เนื่องจากวิธีดังกล่าว นั้นจะทำการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่ได้กับค่าข้อมูลจริง ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ แม่นยำกว่าวิธีการค่าความคลาดเคลื่อนแบบอื่น ๆ ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิคดังกล่าวเข้ามา ประยุกต์ใช้ในการเลือกวิธีการพยากรณ์ (กนกกาญจน์ มูลผลา และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย, 2557) ดังสมการที่ 7 และ 8

$$e_t = Y_t - F_t \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{100 \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t}}{n} \quad (8)$$

เมื่อ e_t หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในช่วงเวลา

$MAPE$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์น้อยที่สุด

4.5 ต้นทุนการบริหารคงคลัง

ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการวัสดุคงคลังมีอยู่ 2 ประเภท คือ ต้นทุนในการเก็บ รักษา (Holding Costs) เป็นค่าใช้จ่ายในการดูแลเก็บรักษาสินค้าคงคลังให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ พร้อมใช้งานได้ทันทีทั้งที่เป็นวัสดุ อะไหล่ และสินค้าที่สมบูรณ์จากการผลิต ซึ่งขึ้นกับปริมาณสินค้า คงคลังและระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยปกติแล้วสามารถคำนวณต้นทุนในการเก็บรักษาได้ ดังสมการ ที่ 9 และต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (Ordering Costs) แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ต้นทุน ในการสั่งซื้อ (Purchasing Cost) ค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่าย เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าคงคลังที่ต้องการซึ่งจะแปรผัน ตามจำนวนครั้งของการสั่งซื้อ ส่วนต้นทุนในการเตรียมผลิต (Setup Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น จากการปรับเปลี่ยน เช่น ค่าแรงในการจัดเก็บวัสดุ อะไหล่และสินค้าเข้าคลังสินค้าดังสมการที่ 10

$$C_H = \frac{QH}{2} \quad (9)$$

$$C_S = \frac{DS}{Q} \quad (10)$$

เมื่อ	C_H	หมายถึง ต้นทุนรวมในการเก็บรักษา
	H	หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา
	Q	หมายถึง ปริมาณสินค้าที่จัดหาได้
	C_S	หมายถึง ต้นทุนรวมในการสั่งซื้อ
	S	หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ
	D	หมายถึง ความต้องการสินค้า

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วน (Classical Decomposition)

เมื่อทำการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วนรูปแบบการคูณ ซึ่งข้อมูลนำเข้ามีช่วงเวลาเป็นรายเดือนและไตรมาส โดยคำนวณจากสมการที่ 2 เพื่อหาค่าพยากรณ์ในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม (ไตรมาส 4) ของปี พ.ศ. 2559 และค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่ต่ำที่สุดของรหัสปุ๋ยเคมี จากสมการที่ 7 และสมการที่ 8 ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้าและค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วน

ชนิดปุ๋ย	ข้อมูลรายเดือน				ข้อมูลรายไตรมาส	
	F_{10} เดือน	F_{11} เดือน	F_{12} เดือน	MAPE	F_4 ไตรมาส	MAPE
CF201	175.78	171.67	165.58	13.11	525.18	12.51
CF202	110.76	105.53	108.67	15.23	315.45	14.31
CF229	35.78	32.05	38.30	15.54	102.76	11.42
CF204	32.45	21.86	26.55	6.34	75.23	5.43

5.2 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลด์ - วินเทอร์ (Hold-Winters Exponential Smoothing: HWS)

เมื่อทำการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลด์-วินเทอร์ ที่มีอิทธิพลฤดูกาลแบบคูณ ซึ่งข้อมูลนำเข้ามีช่วงเวลาเป็นรายเดือนและไตรมาส โดยคำนวณจากสมการที่ 3 - 6 เพื่อหาค่าพยากรณ์ในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม (ไตรมาส 4) ของปี พ.ศ. 2559 และค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่ต่ำที่สุดของรหัสปุ๋ยเคมี จากสมการที่ 7 และสมการที่ 8 ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 และ Excel office 2016 เพื่อหาค่า α , β และ γ ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้าและค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์วิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบแบบไฮลด์-วินเทอร์

ชนิดปุ๋ย	ข้อมูลรายเดือน				ข้อมูลรายไตรมาส	
	F ₁₀ เดือน	F ₁₁ เดือน	F ₁₂ เดือน	MAPE	F ₄ ไตรมาส	MAPE
CF201	163.23	155.70	174.00	14.61	512.52	13.48
CF202	102.41	101.10	114.71	9.58	317.13	13.31
CF229	28.08	32.12	38.90	12.45	98.33	12.12
CF204	26.25	25.82	32.71	8.24	74.15	7.51

ตารางที่ 4 แสดงค่า α , β และ γ ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่ต่ำที่สุดของรหัสปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดจากตารางที่ 3

ชนิดปุ๋ย	ข้อมูลรายเดือน			ข้อมูลรายไตรมาส		
	α	β	γ	α	β	γ
CF201	0.321	0.275	0.713	0.452	0.422	0.734
CF202	0.657	0.395	0.653	0.633	0.357	0.674
CF229	0.654	0.456	0.787	0.604	0.472	0.744
CF204	0.681	0.332	0.842	0.704	0.316	0.856

5.3 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์และช่วงเวลาที่เหมาะสมกับรหัสปุ๋ยแต่ละชนิด

จากหัวข้อที่ 5.1 และ 5.2 ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำการเปรียบเทียบวิธีการและช่วงเวลาที่เหมาะสมกับรหัสปุ๋ยแต่ละชนิด โดยทำการพิจารณาจากค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่ต่ำที่สุดของรหัสปุ๋ยแต่ละชนิด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธีการ

ชนิดปุ๋ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) ของวิธีการพยากรณ์			
	การแยกส่วน		การปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบไฮลด์ – วินเทอร์	
	ข้อมูลรายเดือน	ข้อมูลรายไตรมาส	ข้อมูลรายเดือน	ข้อมูลรายไตรมาส
CF201	13.11	12.51	14.61	13.48
CF202	15.23	14.31	9.58	13.31
CF229	15.54	11.42	12.45	12.12
CF204	6.34	5.43	8.24	7.51

จากตารางที่ 5 พบว่าวิธีการแยกส่วนรูปแบบการคูณ โดยข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลรายไตรมาส ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของรหัสปุ๋ยเคมี CF201 CF229 และ CF204 มีค่าน้อยสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.51 11.42 และ 5.43 ส่วนวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบไฮลด์ – วินเทอร์ ที่มีอิทธิพลฤดูกาลแบบคูณ โดยข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลรายเดือน ค่าเฉลี่ยร้อยละ

ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของรหัสปุ๋ยเคมี CF202 มีค่าน้อยสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.58 และค่า α เท่ากับ 0.657 ค่า β เท่ากับ 0.395 และค่า γ เท่ากับ 0.653 เมื่อพิจารณากราฟพบว่าค่าพยากรณ์มีแนวโน้มในการปรับตัวลดลง และช่วงระยะเวลาในการทำปลูกข้าวขึ้นเลื้อนออกมาจากเวลาปกติประมาณ 2-3 เดือน ซึ่งอาจเนื่องมาจากสภาพปัญหาใดก็ได้ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ทำการวิจัย

5.4 การนำวิธีการพยากรณ์มาประยุกต์ใช้

จากหัวข้อที่ 5.3 ผู้วิจัยได้นำวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลและช่วงเวลา มาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการนำวิธีการพยากรณ์จากหัวข้อที่ 5.3 มาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง

ชนิด ปุ๋ย	วิธีการพยากรณ์ที่นำมา ประยุกต์ใช้	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ ลดลงร้อยละ จากวิธีการ พยากรณ์แบบเดิม (%)	ต้นทุนการบริหาร คงคลังลดลงจากเดิม	
			ร้อยละ (%)	คิดเป็น (บาท)
CF201	การพยากรณ์แยกส่วน	15.72	10.48	25,670
CF202	การพยากรณ์ปรับเรียบ เอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์ – วินเทอร์	13.11	8.74	13,954
CF229	การพยากรณ์แยกส่วน	21.56	14.37	9,300
CF204	การพยากรณ์แยกส่วน	9.64	6.43	4,354

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าวิธีการพยากรณ์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม นั้น สามารถลดต้นทุนการบริหารคงคลังทั้งในส่วนของต้นทุนในการเก็บรักษา และต้นทุนในการสั่งซื้อดังสมการที่ 9 และ 10 เนื่องจากสามารถคาดการณ์ปริมาณความต้องการปุ๋ยเคมีในแต่ละประเภทได้ เช่น รหัสปุ๋ยเคมี CF201 ต้นทุนการบริหารคงคลังลดลงจากเดิมร้อยละ 10.48 คิดเป็นเงิน 25,670 บาท โดยสามารถจำแนกได้เป็นต้นทุนในการเก็บรักษาที่ลดลงร้อยละ 7.86 คิดเป็นเงิน 20,177 บาท และต้นทุนในการสั่งซื้อที่ลดลงร้อยละ 2.62 คิดเป็นเงิน 5,493 บาท ซึ่งวิธีการพยากรณ์ที่ได้กล่าวมาทั้ง 2 วิธี นั้นไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปุ๋ยเคมีชนิดอื่น ๆ ได้ทันที เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการนั้นอาจมีปัจจัยไม่เหมือนกัน ซึ่งถ้าต้องการหาวิธีการพยากรณ์ปุ๋ยเคมีชนิดอื่น ๆ นั้นจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

6. สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้เลือกปุ๋ยเคมี 4 ชนิด จาก 25 ชนิดที่ทางสหกรณ์ได้จัดจำหน่าย ซึ่งมีมูลค่าการซื้อขายร้อยละ 86 ของปริมาณยอดขายของปุ๋ยเคมีทั้งหมด เข้ามาทำการพิจารณาเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ความต้องการปริมาณปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมกับปัจจัยของข้อมูลและช่วงระยะเวลา ซึ่งได้เลือกใช้วิธีการพยากรณ์ 2 วิธี คือ การพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วนรูปแบบการคูณ และวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์ – วินเทอร์ ที่มีอิทธิพลฤดูกาลแบบคูณ โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 2 นี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลที่ประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านฤดูกาล

และปัจจัยด้านแนวโน้ม และข้อมูลของรหัสปุ๋ยเคมีทั้ง 4 ชนิด โดยข้อมูลนำเข้าในการพยากรณ์นั้นมี 2 ช่วงเวลา คือ ข้อมูลรายเดือนและข้อมูลรายไตรมาส ซึ่งพบว่ารหัสปุ๋ยเคมี CF201 CF229 และ CF204 เหมาะกับพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วนรูปแบบการคูณและข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลรายไตรมาส เพราะทำให้ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 11.39 11.40 และ 4.77 ตามลำดับ ส่วนรหัสปุ๋ยเคมี CF202 เหมาะกับพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลต์ – วินเทอร์ที่มีอิทธิพลฤดูกาลแบบคูณและข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลรายเดือน เพราะทำให้ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 10.27 โดยมีค่า α เท่ากับ 0.775 ค่า β เท่ากับ 0.269 และ ค่า γ เท่ากับ 0.753 เมื่อนำวิธีการพยากรณ์เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อลดต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังของรหัสปุ๋ยเคมี CF201 CF202 CF229 และ CF204 พบว่าสามารถลดลงจากวิธีการเดิมร้อยละ 10.48 8.74 14.37 และ 6.43 ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังที่สามารถลดลงได้ 25,670 บาท, 13,954 บาท, 9,300 บาท และ 4,354 บาท ตามลำดับ

7. เอกสารอ้างอิง

- กนกกาญจน์ มูลผา และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย. (2557). การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภคที่เหมาะสมของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง. **วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ, ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2557**, หน้า 101-107.
- กันต์ธมน สุขกระจ่าง. (2558). การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นของกระบวนการตัดสินใจในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ : บริษัทกรณีศึกษา. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2558**, หน้า 1-11.
- ณิชา นภาพร จงกะสิกิจ. (2559). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรัง กรณีของโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559**, หน้า 11-19.
- นิภาพร อนุวงศ์, ดุษฎี ประเสริฐดิถีพงษ์ และวิจักขณ์ ศรีสังจะเลิศวาจา. (2556). การทำนายผลสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา โดยระบบอนุมานนิวโรฟซีแบบปรับตัวได้. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2558**, หน้า 34-45.
- วาทีณี จันทร์ช่วงโชติ. (2557). การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกข้าวมะลิ 105 แบบหวานและแบบปักดำของเกษตรกร อำเภอโรงทาน จังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2557**, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/download/journal/trends_FEB255.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 15 /7/2559.

- สุนิษา ทรัพย์ประเสริฐ และนระเกณท์ พุ่มชูศรี. (2557). การพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบของโรงงานรับผลิตเสื้อสูท. วารสารวิศวกรรมมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ฉบับที่ 1, มกราคม-มิถุนายน 2557, หน้า 71-81.
- G. Sudheer, A. Suseelatha. (2015). Short term load forecasting using wavelet transform combined with Holt–Winters and weighted nearest neighbor models. **Electrical Power and Energy Systems**, vol. 64, pp. 340–346.
- Mustafa Akpinar, Nejat Yumusak. (2015). Time Series Decomposition of Natural Gas Consumption. **Proceedings of The IRES 23rd International Conference Dubai, UAE, 29th**, pp. 8-12.
- Tanvir Ahmed et al. (2013). An Application of Pareto Analysis and Cause-Effect Diagram for Minimizing Defect Percentage in Sewing Section of a Garment Factory in Bangladesh. **International Journal of Modern Engineering Research**, vol. 3, Issue. 6, Nov - Dec. 2013, pp. 3700-3715.

ผลของตัวแบบที่ส่งผลต่อความสามารถในการชำระสินเชื่อ ของสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียน

Effects of Models that Affect their Ability to Repay Loans of Member in Credit Union Cooperative

ไพจิตร สุขสมบูรณ์^{1*} และณิชา นภาพร จงกะสิกิจ²

^{1*,2} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 119 ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

โทรศัพท์ 054-237399 ต่อ 6000 ต่อ 406 E-mail:paijit@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคนิคทางด้านเหมืองข้อมูล มาประยุกต์ใช้ในการระบุดัชนีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการชำระสินเชื่อของสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียน เพื่อทำการค้นหาว่าควรจะต้องพิจารณาอะไรบ้างในการอนุมัติสินเชื่อ ซึ่งจะทำให้มีอัตราการเกิดหนี้สูญที่ลดลง ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลจากสหกรณ์เครดิตยูเนียนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดลำปาง จำนวน 5 แห่ง พบว่าสหกรณ์แต่ละแห่งจะมีหลักเกณฑ์ในการให้ออมัติสินเชื่อที่คล้ายคลึงกัน โดยสามารถกำหนดเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาสินเชื่อจำนวน 19 ปัจจัย และเมื่อนำมาวิเคราะห์โดยวิธีการ Evolutionary Selection พบว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบโดยตรงกับการชำระสินเชื่อของสมาชิกเพียง 12 ปัจจัย จากนั้นจึงนำปัจจัยที่ได้มาทำการสร้างเป็นตัวแบบด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคเบย์เซียนแบบง่าย (Naive Bayes) และเทคนิคการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด k ตัว (K-Nearest Neighbors) และนำตัวแบบที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิคข้างต้นมาทำการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบไขว้ (Cross Validation) แล้วทำการวัดค่าความถูกต้อง (Correct) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุล (F - Measure) โดยในการทดสอบเพื่อหาค่าตัวแบบที่เหมาะสมจะนำไปใช้ได้ใช้ข้อมูลตัวอย่างจำนวน 200 ตัวอย่าง จากผลการทดสอบพบว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ให้ผลลัพธ์ในการทดสอบที่ดีที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องที่ร้อยละ 95.96 มีค่าความแม่นยำที่ร้อยละ 95.71 มีค่าความระลึกที่ร้อยละ 91.67 และมีค่าความถ่วงดุลที่ร้อยละ 91.94 ทั้งนี้เมื่อนำไปใช้ในการทดสอบกับข้อมูลสมาชิกที่ขอสินเชื่อและติดตามข้อมูลการชำระสินเชื่อพบว่า มีสมาชิกเพียง 2 ราย จาก 5 ราย ที่ได้รับการประเมินว่ามีโอกาสเกิดหนี้สูญเท่านั้นที่มียอดค้างชำระสินเชื่อ

คำสำคัญ : เหมืองข้อมูล, สินเชื่อ, สหกรณ์เครดิตยูเนียน

Abstract

This study was conducted using the implementation of data mining techniques which were applied to identify indices related to the ability of credit union members to repay loans. By finding out what should be considered in approving loans will lead to a lower rate of bad debt. The data was collected from 5 credit union cooperatives in the Muang District of Lampang Province. Each co-

operative has similar lending guidelines. There are 19 factors that can be defined as relevant in determining the loan amount. When analyzed by the Evolutionary Selection method, there are only 12 factors that directly affect the loan payment of members. Then build models with different techniques, including Decision Tree, Naïve Bayes and K-Nearest Neighbors and then bring the model created with the above techniques to the test, Cross Validation measures the accuracy, accuracy, recall, and F-Measure, Precision, Recall and F-Measure values. In the tests to determine the proper way to apply a sample of 200 specimens. The model created by the Decision Tree technique were tested for the best results. The correct value is 95.96%, precision value is 95.71% and the recall value is 91.67% and f-measure is 91.94%. When applied to the test with member data and track credit repayment data, it was found that only 2 out of 5 members have been assessed for possible bad debts with outstanding loans.

Keywords : Data mining, Finance, Cooperative credit union

1. บทนำ

สหกรณ์เครดิตยูเนียนเป็นสหกรณ์ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อดำเนินธุรกิจเอนกประสงค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการออมทรัพย์ของสมาชิกในชุมชน รวมทั้งช่วยเหลือในการรวบรวมผลิตภัณฑ์หรือจำหน่ายสิ่งของให้แก่บรรดาสมาชิก จากสถิติของชุมนุมสหกรณ์เครดิตยูเนียนแห่งประเทศไทย จำกัด ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2557 พบว่าประเทศไทยมีสหกรณ์ที่มีลักษณะเป็นสหกรณ์เครดิตยูเนียนจำนวน 1,227 แห่ง มีจำนวนสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียนทุกสหกรณ์รวมกันจำนวน 1,366,782 คน (ชุมนุมสหกรณ์เครดิตยูเนียนแห่งประเทศไทย จำกัด, 2557) สหกรณ์เครดิตยูเนียนมีการให้บริการและการดำเนินงานเหมือนสถาบันการเงิน ทั้งในด้านการฝากเงิน การกู้ยืมเงิน นอกจากนี้ยังมีการจัดสวัสดิการเพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของสมาชิกสหกรณ์ เมื่อสิ้นสุดการดำเนินงานในแต่ละปีจะมีการปันผลการดำเนินงานให้กับสมาชิก แต่สหกรณ์เครดิตยูเนียนจะมีส่วนแตกต่างจากแหล่งเงินทุนอื่นตรงที่สมาชิกไม่ต้องใช้ทรัพย์สินในการค้ำประกันการขอสินเชื่อ ใช้เพียงแต่สมาชิกด้วยกันเป็นผู้ค้ำประกัน หรือจะใช้เงินสะสมค่าหุ้นของตนเองเป็นสิ่งที่ค้ำประกัน ซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงในการอนุมัติสินเชื่อ ทั้งนี้กระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดำเนินงานของสหกรณ์นั้นจะต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ในหลาย ๆ แขนง อาทิ สถิติ การเงิน การบัญชี และจะต้องมีความเข้าใจในโครงสร้างของการดำเนินงาน ขั้นตอนการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ นับเป็นเรื่องยากสำหรับสหกรณ์เครดิตยูเนียนที่จะมีบุคลากรที่มีความรู้และความชำนาญรอบด้าน นอกจากนี้กฎระเบียบของสหกรณ์เครดิตยูเนียนที่มีการกำหนดให้คณะผู้บริหารของสหกรณ์มีวาระในการดำเนินงานวาระละ 2 ปี ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาในการดำเนินงานของสหกรณ์ในการอนุมัติสินเชื่อ อันสืบเนื่องจากคณะผู้บริหารที่เข้ามารับตำแหน่งอาจขาดความเข้าใจในหลักการของสหกรณ์เครดิตยูเนียน และหลักเกณฑ์ในการอนุมัติสินเชื่อซึ่งก่อให้เกิดปัญหานี้ขึ้น จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลพบว่าสหกรณ์เครดิตยูเนียนหลายแห่ง

ประสบกับปัญหาการเกิดหนี้สูญ อันสืบเนื่องจากเหตุผลข้างต้นและมักแก้ไขปัญหาด้วยการประนอมหนี้ หรือไม่คิดดอกเบี้ยในการดำเนินงาน อันส่งผลให้สหกรณ์เครดิตยูเนียนไม่สามารถดำเนินการให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) มาใช้เพื่อระบุดัชนีที่ต้องพิจารณาเพื่อประกอบการให้สินเชื่อเงินแก่สมาชิกของสหกรณ์เครดิตยูเนียน สำหรับให้คณะบริหารของสหกรณ์เครดิตยูเนียนได้เห็นถึงแนวโน้มของความสามารถในการชำระสินเชื่อเงินของสมาชิก โดยมีเป้าหมายเพื่อลดอัตราการเกิดหนี้สูญ และเพื่อให้สหกรณ์มีสถานภาพทางการเงินที่มั่นคง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อหาแนวทางในการระบุดัชนีที่ส่งผลต่อความสามารถในการชำระสินเชื่อ ของสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียน ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล
- 2.2 เพื่อสร้างตัวแบบในการประเมินขีดความสามารถในการชำระสินเชื่อ ของสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียน
- 2.3 เพื่อประเมินผลตัวแบบในการลดอัตราการเกิดหนี้สูญ จากการปล่อยสินเชื่อให้กับสมาชิกสหกรณ์ที่ไม่มีความสามารถในการชำระสินเชื่อตามกำหนด

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาดัชนีที่มีความเหมาะสมในการสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการชำระสินเชื่อของสมาชิกสหกรณ์เครดิตยูเนียน ก่อนการอนุมัติสินเชื่อ ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

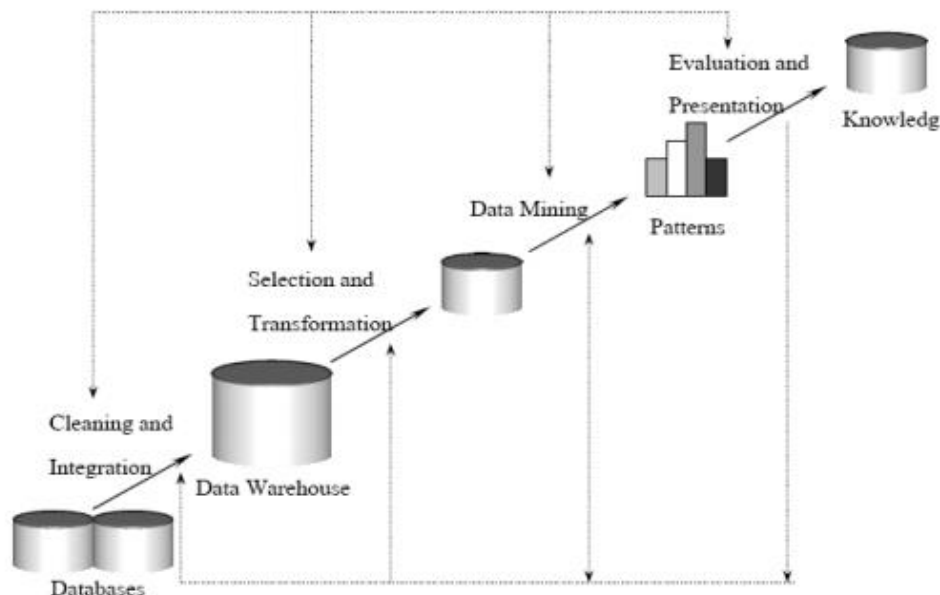
3.1 สหกรณ์เครดิตยูเนียน (Credit Union Cooperative)

เป็นการรวมกลุ่มกันของสหกรณ์ที่จัดตั้งขึ้นโดยการรวมกลุ่มกันของประชาชนทุกสาขาอาชีพ ที่มีภูมิลำเนาหรือประกอบอาชีพหลัก หรือมีวงสัมพันธ์กันอยู่อย่างใดอย่างหนึ่งในเขตท้องที่ดำเนินงานของสหกรณ์ที่จัดตั้งขึ้น และสมาชิกสหกรณ์มีความปรารถนาที่จะช่วยเหลือซึ่งกันและกันโดยการนำเงินของตนเองมาสะสมไว้เป็นกองทุน สมาชิกทุกคนจะต้องสะสมเงินตามความสามารถของตนเองเป็นประจำ และสมำเสมอตามที่สหกรณ์กำหนดไว้ กองทุนที่สมาชิกช่วยกันสะสมเมื่อมีเงินมากขึ้นสามารถจะให้สมาชิกที่มีความเดือดร้อนทางการเงิน มากู้ยืมไปแก้ไขปัญหาเหล่านั้น พร้อมการชำระคืนเงินกู้ของสมาชิกแต่ละคนจะเป็นการสะสมเงินของตนไปในคราวเดียวกัน เงินกู้ก็จะค่อย ๆ หมดไป ในขณะที่เงินสะสมมีมากขึ้น สหกรณ์เครดิตยูเนียนจึงเป็นสหกรณ์ที่มุ่งหวังให้สมาชิกสามารถช่วยเหลือตนเอง และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน การบริหารงานทำโดยสมาชิก และทำกิจการทุกอย่างเพื่อประโยชน์สูงสุดกับสมาชิก (กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2557)

3.2 การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคบางประการเพื่อค้นหาข้อมูลที่ถูกซ่อนอยู่ จำแนกและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้นจากคลังข้อมูล ทำให้ค้นพบรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เคยมีมาก่อนจนกลายเป็นการค้นพบองค์ความรู้ใหม่ (Knowledge Discovery) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์

หลักของการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งองค์ความรู้ใหม่ที่ได้อาจรวมถึงกฎ (Rules) บางอย่างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ และประเมินผลลัพธ์การตัดสินใจได้ ในการดำเนินงานด้านเหมืองข้อมูล ประกอบด้วยขั้นตอนที่เกี่ยวข้องดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของเหมืองข้อมูล (นิเวศ จิระวิศิษฐ์, 2553)

1. Data Cleaning เป็นขั้นตอนสำหรับการคัดกรองข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป
2. Data Integration เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลที่มีหลายแหล่งให้เป็นข้อมูลชุดเดียวกัน
3. Data Selection เป็นขั้นตอนการดึงข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์จากแหล่งที่บันทึกไว้
4. Data Transformation เป็นขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการทำงาน
5. Data Mining เป็นขั้นตอนการค้นหารูปแบบที่เป็นประโยชน์จากข้อมูลที่มีอยู่
6. Pattern Evaluation เป็นขั้นตอนการประเมินรูปแบบที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล
7. Knowledge Representation เป็นขั้นตอนการนำเสนอความรู้ที่ค้นพบ โดยใช้เทคนิคในการนำเสนอเพื่อให้เข้าใจ (อดุลย์ ยิ้มงาม, 2557)

4. วิธีการวิจัย

4.1 ศึกษารูปแบบการดำเนินงาน และการจัดเก็บข้อมูลของสหกรณ์เครดิตยูเนียน โดยการศึกษาออกเป็น 2 ประเด็น คือ

1) รูปแบบของการให้บริการด้านสินเชื่อของสหกรณ์แต่ละแห่ง พบว่า สหกรณ์แต่ละแห่งจะมีรูปแบบของการให้บริการด้านสินเชื่อที่แตกต่างกัน ซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ สินเชื่อเพื่อเหตุผลเงิน สินเชื่อสามัญ และสินเชื่อพิเศษ

2) ปัจจัยในการพิจารณาสินเชื่อ พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาสินเชื่อทั้งหมด 19 ปัจจัย ได้แก่ เพศของสมาชิก อายุของสมาชิก ระยะเวลาการเข้าเป็นสมาชิกสหกรณ์ สถานภาพการสมรส จำนวนบุคคลในการดูแล (อาทิ บิดา มารดา บุตร ภรรยา สามี ญาติ เป็นต้น) รายได้ต่อเดือนโดยประมาณ รายจ่ายต่อเดือนโดยประมาณ จำนวนหุ้นสะสมที่มีอยู่ ยอดสะสมหุ้นรายเดือนที่กำหนดไว้ ยอดเงินออมสะสม ประวัติการกู้ยืมเงิน (ครั้ง) ยอดเงินกู้ยืม (ครั้งล่าสุด) ระยะเวลาการขอกู้ยืมเงิน ยอดชำระต่อเดือนที่กำหนดไว้ รูปแบบการขอกู้ยืมเงิน สาเหตุในการกู้ยืมเงิน ประวัติการฝากเงิน (ย้อนหลัง 12 เดือน) ประวัติการสะสมหุ้น (ย้อนหลัง 12 เดือน) และประวัติการชำระหนี้ (ย้อนหลัง 12 เดือน)

4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลและบันทึกลงฐานข้อมูล เนื่องจากสหกรณ์เครดิตยูเนียนไม่มีซอฟต์แวร์กลางในการจัดเก็บข้อมูล และมีรูปแบบของการเก็บข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการสร้างตารางเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 โดยข้อมูลของสมาชิกที่มียอดค้างในการชำระสินเชื่อจำนวน 200 ข้อมูลเป็นตัวอย่าง

4.3 วิเคราะห์ปัจจัยเพื่อกำหนดเป็นดัชนี และเรียงลำดับความสำคัญของดัชนี โดยการลดมิติข้อมูล (Attribute Selection) ด้วยเทคนิค Evolutionary Selection ซึ่งเป็นการคัดเลือกปัจจัยโดยนำปัจจัย (Attribute) มาหาประสิทธิภาพในการคาดการณ์คำตอบ จากนั้นจึงนำ Attribute มาจับคู่กันแล้วหาค่าประสิทธิภาพอีกครั้ง หากค่าประสิทธิภาพในการคาดการณ์สูงขึ้นจะเก็บไว้แล้วทำการเลือก Attribute อื่นเข้าไปเพิ่มแล้วหาค่าประสิทธิภาพต่ำลงจะถอด Attribute นั้นออกแล้วเลือก Attribute อื่นเข้าไปโดยใช้สมการดังนี้

$$IG(\text{parent child}) = \text{Entropy}(\text{parent}) - [p(c_1) \times \text{Entropy}(c_1) + p(c_2) \times \text{Entropy}(c_2) \dots] \quad (1)$$

เมื่อ

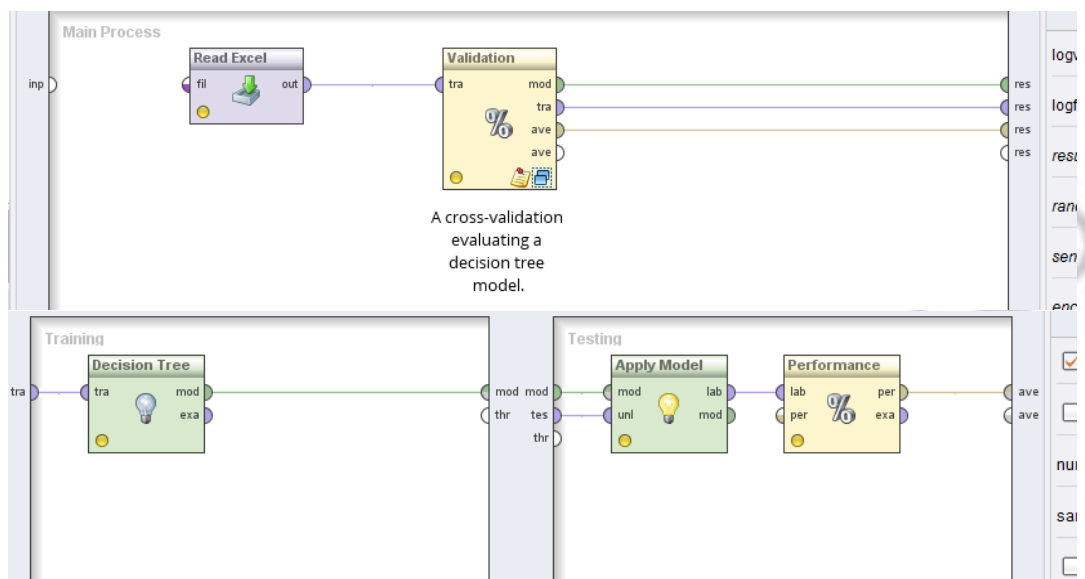
$\text{Entropy}(c_1)$ คือ $-p(c_1) \log p(c_1)$

$p(c_1)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่า c_1

c คือ ปัจจัย (Attribute) แต่ละตัวที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้ค่า Entropy จะใช้ในการวัดความแตกต่างกันของข้อมูล ซึ่งถ้าข้อมูลมีความแตกต่างกันน้อยจะมีค่า Entropy ต่ำ และถ้าข้อมูลมีความแตกต่างกันมากจะมีค่า Entropy สูง (เอกสิทธิ์ พชรวงศ์ศักดิ์, 2557)

4.4 สร้างตัวแบบและทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น ในการสร้างตัวแบบและทดสอบประสิทธิภาพ คณะวิจัยได้ดำเนินการโดยใช้ซอฟต์แวร์ RapidMiner Studio 6 ทั้งนี้รูปแบบของตัวแบบ (Model) ที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค 3 เทคนิค ได้แก่ Decision Tree, Naïve Bayes, K-Nearest Neighbors จากปัจจัยที่ได้ในข้อ 4.3



ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการสร้างตัวแบบด้วยโปรแกรม RapidMiner Studio 6

จากนั้นนำตัวแบบที่ได้มาทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ ด้วยวิธี Cross - Validation แบบ 10-Fold Cross Validation เพื่อหาว่าตัวแบบใดมีความน่าเชื่อถือ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยในการประเมินประสิทธิภาพนั้นจะทำการวัดค่าใน 4 ด้าน ได้แก่

1. การวัดค่าความถูกต้อง (Correct / Accuracy) หมายถึงการหาค่าความถูกต้องของโมเดล ซึ่งจะพิจารณาทุกคลาสที่เกี่ยวข้อง
2. ค่าความแม่นยำ (Precision) หมายถึง การหาค่าความแม่นยำของโมเดล โดยทำการพิจารณาแยกทีละคลาส โดยมีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \quad (2)$$

เมื่อ True Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่
False Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่

3. ค่าความระลึก (Recall) หมายถึง การวัดค่าความถูกต้องของโมเดล โดยทำการพิจารณาแยกทีละคลาส โดยมีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

$$Recall = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \quad (3)$$

เมื่อ True Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่
False Negative คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสซึ่งไม่ได้สนใจอยู่

4. ค่าความถ่วงดุล (F-Measure) หมายถึง การวัดค่า Precision และ Recall พร้อมกันของโมเดล โดยพิจารณาแยกทีละคลาส โดยมีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

$$F - Measure = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

เมื่อ Precision คือ ค่าความแม่นยำของโมเดล (จากสมการที่ 2)

Recall คือ ค่าความถูกต้องของโมเดล (จากสมการที่ 3)

4.5 ทำการสร้างซอฟต์แวร์เพื่ออำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการอนุมัติสินเชื่อตามตัวแบบที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการทำงาน

ระบบประเมินศักยภาพด้านการชำระสินเชื่อเบื้องต้น

รหัสสมาชิก

ระยะเวลาการเป็นสมาชิก ปี

เพศ ☒ ชาย ☐ หญิง

สถานภาพ ☒ โสด ☐ สมรส ☐ อื่นๆ

บุคคลในการดูแล คน

รายได้ต่อเดือน บาท

รายจ่ายต่อเดือน บาท

จำนวนหนี้ที่มี หนี้

ประวัติการสะสมหนี้ย้อนหลัง(12เดือน) เดือน

ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอหลักของซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการนำเสนอตัวแบบ

4.6 ทดลองใช้งานและวิเคราะห์ผลการใช้งานของตัวแบบ โดยการนำตัวแบบที่มีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุดไปทดลองใช้ในการพิจารณากระบวนการอนุมัติสินเชื่อของสหกรณ์เครดิตยูเนียน โดยพิจารณาจากความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการใช้งานตัวแบบเปรียบเทียบกับชำระสินเชื่อจริงของสมาชิก

5. ผลการดำเนินการ

ผลการดำเนินงานสามารถแบ่งเป็น 3 รูปแบบดังนี้

5.1 การลดมิติของข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการชำระสินเชื่อของสมาชิก มีจำนวน 12 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเรียงลำดับชั้นที่มีผลต่อการพิจารณาอนุมัติสินเชื่อ

ลำดับที่	Attribute	ค่าน้ำหนัก
1	ประวัติการสะสมหนี้ (ย้อนหลัง 12 เดือน)	0.892
2	จำนวนบุคคลในการดูแล	0.813
3	ประวัติการกู้ยืมเงิน (ครั้ง)	0.667
4	ระยะเวลาการขอกู้ยืมเงิน	0.568
5	รายได้ต่อเดือน	0.551
6	สถานภาพการสมรส	0.538
7	ระยะเวลาการเข้าเป็นสมาชิกสหกรณ์	0.529
8	ยอดเงินกู้ยืม (ครั้งล่าสุด)	0.524
9	ประวัติการชำระหนี้ (ย้อนหลัง 12 เดือน)	0.385
10	จำนวนหนี้ที่มี	0.383
11	ประวัติการฝากเงิน (ย้อนหลัง 12 เดือน)	0.333
12	รายจ่ายต่อเดือน	0.304

5.2 การทดสอบตัวแบบได้ทำการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบไขว้ (K-fold Cross Validation) ซึ่งกำหนดเป็นแบบ 10 fold Cross Validation จากนั้นจึงทำการวัดค่าความถูกต้อง (Correct) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุล (F-Measure) ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบตัวแบบด้วยวิธีการ 10 fold Cross Validation

ประเภทของตัวแบบ	ค่าความถูกต้อง (%)	ค่าความแม่นยำ (%)	ค่าความระลึก (%)	ค่าความถ่วงดุล (%)
1. Decision Tree	95.96	95.71	91.67	91.94
2. Naïve Bayes	89.83	87.65	95.83	86.53
3. K-Nearest Neighbors	86.41	85.83	82.57	82.26

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ตัวแบบที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการ Decision Tree ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 95.96 ค่าความแม่นยำร้อยละ 95.71 ค่าความระลึกร้อยละ 91.67 และค่าความถ่วงดุลร้อยละ 91.94

5.3 ด้านของประสิทธิภาพของตัวแบบเมื่อนำไปใช้งานจริง โดยนำข้อมูลของสมาชิกที่ขอใช้บริการสินเชื่อจำนวน 20 รายมาทำการทดสอบโดยผลที่ได้จากการพิจารณาเปรียบเทียบกับข้อมูลการชำระสินเชื่อ 3 เดือน สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบเมื่อนำไปใช้งานจริง

ผลการประเมินโดยตัวแบบ	จำนวน (คน)	ผลการชำระหนี้เชื่อจริง (คน)
1. มีแนวโน้มการเกิดหนี้สูญ	5	2
2. ไม่มีแนวโน้มการเกิดหนี้สูญ	15	18

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำตัวแบบที่สร้างขึ้นไปใช้ในการประเมินศักยภาพในการชำระหนี้เชื่อของสมาชิก จำนวน 20 คน มีสมาชิกที่ได้รับการประเมินว่าจะมีแนวโน้มการเกิดหนี้สูญหากอนุมัติสินเชื่อจำนวน 5 คน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการชำระเงินของสมาชิกพบว่า มีเพียง 2 คนที่มีแนวโน้มการเกิดหนี้สูญ

6. สรุปผลและอภิปรายผล

ในการระบุดัชนี ผู้วิจัยได้ทำการลดมิติของข้อมูลด้วยเทคนิค Evolutionary Selection ซึ่งเป็นจัดอยู่ในกลุ่มของ Wrapper Approach ทำให้มีปัจจัยที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการสร้างตัวแบบจำนวน 12 ปัจจัยจากเดิม 19 ปัจจัย โดยวิธีการในการลดมิติของข้อมูลนั้น เป็นเทคนิคเดียวกับที่ ศักดิ์ชัย ศรีมากรณ์ (2559) ได้ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเฝ้าระวังโรคระบาดวิทยาในปศุสัตว์โดยใช้การจัดกลุ่มแบบฟัซซี่ ซึ่งพบว่ามีารลดลักษณะประจำ 1 ลักษณะออกไป จากนั้นคณะวิจัยจึงได้มีการสร้างตัวแบบด้วยเทคนิค Decision Tree, Naïve Bayes และ K-Nearest Neighbors ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการสร้างตัวแบบ อาทิ ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับระบุพันธุ์เห็ดในประเทศไทย (วิณาวดี ม่วงอ้น และคณะ, 2558) ซึ่งได้ใช้เทคนิค Decision Tree และ K-nearest neighbor ในการจำแนกข้อมูล ต่อจากนั้นได้ทำการทดสอบด้วยวิธีการ 10 Fold Cross Validation พบว่า ตัวแบบที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค Decision Tree ให้ผลลัพธ์ในการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดคือ มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) ร้อยละ 95.96 มีค่าความแม่นยำ (Precision) ร้อยละ 95.71 มีค่าความระลึก (Recall) ร้อยละ 91.67 และมีค่าความถ่วงดุล (F-Measure) ร้อยละ 91.94 และจากการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบในการทดสอบจากข้อมูลสมาชิกที่ขอใช้บริการสินเชื่อจำนวน 20 คน เปรียบเทียบกับการชำระหนี้เชื่อ 3 เดือน พบว่า มีเพียง 2 ราย จาก 5 ราย ที่ได้รับการประเมินว่าจะมีโอกาสเกิดหนี้สูญเท่านั้นที่มียอดค้างชำระหนี้เชื่อ เมื่อดูถึงข้อมูลในการชำระหนี้เชื่อ พบว่าสมาชิกบางส่วนมีการชำระเงินในรูปแบบที่มากกว่ายอดชำระที่ได้ทำการตกลงกัน และมีบางส่วนที่ชำระหนี้เชื่อแบบเป็นก้อน โดยไม่ได้ชำระในรูปแบบรายเดือน ทั้งนี้จากตัวแบบที่สร้างขึ้นสามารถอำนวยความสะดวกให้กับสหกรณ์เครดิตยูเนียนในการปล่อยสินเชื่อให้กับสมาชิกโดยสามารถวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดหนี้สูญได้อย่างเหมาะสม

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้ข้อคิดเห็น คำติชม สหกรณ์เครดิตยูเนียนตัวอย่าง ที่ได้ให้ข้อมูลและประเมินผลการใช้งาน

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. **ประเภทสหกรณ์**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://webhost.cpd.go.th/rlo/group.html> เข้าดูเมื่อวันที่ 17/12/2557.
- ชุมนุมสหกรณ์เครดิตยูเนียนแห่งประเทศไทย จำกัด. **ภาพรวมสถิติสหกรณ์ / กลุ่มเครดิตยูเนียนทั่วประเทศปี 2557**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.cultthai.coop/new/index.php/th/cu> เข้าดูเมื่อวันที่ 17/12/2557.
- นิเวศ จิระวิจิตชัย. (2553). รายงานการวิจัยเรื่องการค้นหาเทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อสร้างโมเดลการวิเคราะห์โรคอัตโนมัติ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, หน้า 6.
- วีณาดี ม่วงอ้น, กรัญญา สิทธิสงวน และเสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัต. (2558). ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับระบุพันธุ์เห็ดในประเทศไทย. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2558, หน้า 92 – 100.
- ศักดิ์ชัย ศรีมากรณ์. (2559). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเฝ้าระวังโรคทางระบาดวิทยาในปศุสัตว์โดยใช้การจัดกลุ่มแบบฟัซซี่. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559, หน้า 85 – 94.
- อดุลย์ ยิ้มงาม. **การทำเหมืองข้อมูล**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://compcenter.bu.ac.th/index.php?option=com_content&task=view&id=75&Itemid=172, เข้าดูเมื่อวันที่ 17/12/2557.
- เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์. (2557). การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค ดาต้า ไมนิง เบื้องต้น (An Introduction to Data Mining Techniques), กรุงเทพฯ, หน้า 53-57
- เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์. **Practical Data Mining with RapidMiner Studio 6 Week12**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://dataminingtrend.com/2014/wp-content/uploads/2015/04/week12_2p.pdf เข้าดูเมื่อวันที่ 19/05/2558.

พัฒนาระบบการจัดการการดำเนินงานและช่วยในการตัดสินใจในการศึกษา
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศและการแปรรูป
Factor affecting the development in product of the value
creation mayaohin Operation Management and Decision
Support System in study of factor affecting the development
in product of the value creation mayaohin

ศัญญาพัฒน์ เสนจันทร์ชัย^{1*} และญาดา ตาเมืองมูล²

^{1,2} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 119 หมู่ 9 ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100
โทร 054-237-399 โทรสาร 054-237-388 E-mail: dongruthai_3@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนและช่วยในการตัดสินใจของการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขือเทศ เพื่อควบคุมคุณภาพของซอฟต์แวร์ให้ระบบมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานด้วยกิจกรรมประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ และเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบการจัดการการดำเนินงาน และช่วยในการตัดสินใจในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขือเทศ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง ประกอบด้วยทั้งหมด 13 อำเภอ รวมจำนวน 20 คน การดำเนินการวิจัยใน 3 ขั้นตอนได้แก่ 1) การศึกษาข้อมูลเฉพาะของมะเขือเทศ จำนวนและการกระจายตัวของพืชมะเขือเทศในจังหวัดลำปาง 2) การดำเนินการกิจกรรมการประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ในการดำเนินการกับ phase ต่าง ๆ ของ Water Fall Model 3) ผลจากการพัฒนาซอฟต์แวร์และกิจกรรมการประกันคุณภาพ โดยในเฟสของการรวบรวมความต้องการและเฟสการวิเคราะห์ออกแบบระบบ ได้เลือกวิธีการ Walkthrough 4) ในเฟสการพัฒนาโปรแกรมและทดสอบระบบที่พัฒนา ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิคการทดสอบแบบกล่องดำและการทดสอบแบบกล่องขาว ในเฟสการส่งมอบระบบให้กับผู้ใช้และสนับสนุนการใช้งานระบบ ได้เลือกใช้วิธีการ Exception และการวิเคราะห์ผลจากความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบของผู้ที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัยพบว่า (1) ระบบสามารถนำไปช่วยในการดำเนินการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ของระบบ และนำข้อมูลที่ได้ไปจัดทำสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการช่วยตัดสินใจ (2) ระบบสามารถช่วยในการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ได้สะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (3) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้งาน พบว่ามีความคิดเห็นด้านความสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ของระบบและด้านประสิทธิภาพ อยู่ในระดับมาก และมีความคิดเห็นด้านความง่ายต่อการใช้งานของระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : การดำเนินงาน, การตัดสินใจ, การศึกษาปัจจัย, มะเขือเทศ

Abstract

This research aims to develop a support system and a decision support system to study those factors affecting the development of the production of limestone value creation by controlling the quality of the software system to be effective and to meet the requirement of users with software quality assurance activities and to assess the effectiveness and satisfaction of system operations management and the decision support system in the study of factors affecting the development in production of the value creation of limestone. The sample for this study included the management and staff of the Lampang Provincial Administrative Organization, totaling 20 people. The research was conducted in four stages: 1) To study the specific information of limestone, the amount and distribution of limestone in Lampang. 2) The operation of the software quality assurance activities during the implementation phase of the Water Fall Model. 3) Results from software development and quality assurance activities and for the requirements phase and the system design phase selected using the Walkthrough method. 4) Application development and the testing phase of the development. The researchers used a black box testing and a white box testing technique. The delivery system phase to the user and support to the system were selected using the Exception method. An analysis of the effects of feedback on the effectiveness of the system from the people involved.

The results were summarized into three points by the following objectives : (1) The system can assist in the information management and data to produce information that is useful for decision-making. (2) The system can help management use the data faster and more efficiently. (3) Results from the performance assessment by system users: It found that there were performance opinions on system functions and performance at a very high level and there are comments on the ease of use of the system at the highest level.

Keywords : Operation, Decision, Study of factor, Limestone

1. บทนำ

การพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นสิ่งสำคัญต่อประเทศได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยยังต้องพึ่งพาการนำพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลักและยังมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอีก การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง รวมไปถึงพลังงานอื่น จากการศึกษาการดำเนินงานของวิจัยเรื่องโครงการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขายาหิน ที่ทางสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางได้ทำวิจัยให้กับองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปางโดยพื้นที่กลุ่มเป้าหมายของพื้นที่การปลูกมะเขายาหินเป็นเขตพื้นที่ของอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัด

ลำปาง การดำเนินงานของงานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับการศึกษาลักษณะเฉพาะของพืชเศรษฐกิจมะเขือเทศ ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจมะเขือเทศ จำนวนพืชเศรษฐกิจมะเขือเทศที่มีอยู่ในจังหวัดลำปาง เทคโนโลยีการแปรรูปพืชเศรษฐกิจมะเขือเทศ ฯลฯ ซึ่งผลการดำเนินงานของงานวิจัยดังกล่าวยังขาดระบบที่จะเข้าไปช่วยในการจัดการข้อมูลในส่วนของการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ของมะเขือเทศสารสนเทศเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินงานและขาดระบบภูมิศาสตร์ที่ทำให้ทราบถึงพื้นที่ของจังหวัดลำปางที่มีการปลูกต้นมะเขือเทศเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปช่วยในการตัดสินใจในการส่งเสริมการปลูกมะเขือเทศเพื่อนำไปใช้ในการผลิตไปโอติเชลต่อไปในอนาคต

จากเหตุผลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบสนับสนุนและช่วยในการตัดสินใจของการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขือเทศ โดยระบบจะมีส่วนของการจัดการข้อมูลการดำเนินงานต่าง ๆ ของโครงการงานวิจัย ส่วนของการแสดงผลสารสนเทศที่ช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินงาน และระบบภูมิศาสตร์ที่แสดงถึงพื้นที่ในจังหวัดลำปางที่มีการปลูกต้นมะเขือเทศ อีกทั้งระบบสารสนเทศที่เป็นแหล่งเรียนรู้ในการศึกษาการปลูกมะเขือเทศ เพื่อพัฒนาชุมชนไปสู่ความยั่งยืน ในการพัฒนาระบบผู้วิจัยจะนำหลักการของวิศวกรรมซอฟต์แวร์มาใช้โดยนำกิจกรรมการประกันคุณภาพซอฟต์แวร์มาใช้ในการกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพตรงตามที่ใช้ต้องการ และเป็นส่วนหนึ่งของการนำไปใช้ในการบูรณาการงานวิจัยสู่การเรียนการสอน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนและช่วยในการตัดสินใจของการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขือเทศ

2.2 เพื่อควบคุมคุณภาพของซอฟต์แวร์ให้ระบบมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานด้วยกิจกรรมประกันคุณภาพซอฟต์แวร์

2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบการจัดการการดำเนินงาน และช่วยในการตัดสินใจในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขือเทศ

3. กลุ่มตัวอย่างข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลและประเมินการใช้งานของระบบในครั้งนี้ คือ ประกอบด้วย ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง ประกอบด้วยทั้งหมด 13 อำเภอ รวมจำนวน 20 คน

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาระบบสนับสนุนและช่วยในการตัดสินใจของการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขือเทศ งานวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยการวิจัยและพัฒนา โดยมีกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย ผู้บริหาร ตำแหน่งรองนายกและปลัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง เจ้าหน้าที่ฝ่ายกองแผนและพัฒนาขององค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง

จากการพัฒนาระบบการจัดการการดำเนินงานและช่วยในการตัดสินใจในการศึกษา
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขียหินนี้ สามารถ
สรุปผลการพัฒนาและการนำไปช่วยในการตัดสินใจได้ดังนี้

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม 2560 – มิถุนายน 2560

ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลทั่วไปของมะเขายาหิน ซึ่งแสดงข้อมูลทั่วไปของมะเขายาหิน เช่น ความเป็นมา ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และประโยชน์ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 คือ ค้นหาพื้นที่ ส่วนที่ช่วยให้ผู้ใช้ทำการค้นหาพื้นที่ที่มีการปลูกมะเขายาหิน และทำการแสดงข้อมูลรายละเอียดที่อยู่ของผู้ที่รับต้นกล้าของมะเขายาหินเพื่อนำไปปลูก จำนวนที่เหลือของต้นมะเขายาหิน ซึ่งทำให้ผู้ใช้ทำการติดตามผลของการเพาะปลูกหรือจำนวนคงเหลือของมะเขายาหิน แต่ละพื้นที่ ดังภาพที่ 2

ค้นหาพื้นที่ | ชุดดินที่พบในจังหวัดลำปาง | ค้นหาพื้นที่จากชุดดิน | ข้อมูลแหล่งน้ำในลำปาง | ระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกมะเขายาหิน | ค้นหาพื้นที่

เลือกอำเภอที่ต้องการ :

หรือ

อำเภอ ตำบล	ได้รับ	คงเหลือ	ผู้ติดต่อ	เบอร์โทรศัพท์
แม่พริก ทด. แม่พริก	20,000	0	คุณเย็น อินทวิเชียร	082-0336552
แม่พริก ทด. พระบาทวังดวง	2,000	0	คุณลิขิต พันมีทอง	084-3742805
แม่พริก อบต. แม่พริก	5,000	10	คุณโสรัส มุยแดง	086-5865867

ภาพที่ 2 แสดงการค้นหาพื้นที่ที่มีการปลูกมะเขายาหินในแต่ละอำเภอของจังหวัดลำปาง

ส่วนที่ 3 ชุดดินที่พบในจังหวัดลำปาง เป็นส่วนของการแสดงชุดดินที่มีความเหมาะสมหรือใกล้เคียงกับการปลูกมะเขายาหิน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถศึกษาและเข้าดูข้อมูลชุดดินเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการดำเนินการต่อไป โดยระบบจะแสดงข้อมูลในรูปแบบของเอกสารชนิดไฟล์ PDF ดังภาพที่ 3

ชุดดินที่พบในจังหวัดลำปาง | ค้นหาพื้นที่จากชุดดิน | ข้อมูลแหล่งน้ำในลำปาง | ระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกมะเขายาหิน | ค้นหาพื้นที่

48

เลือกชุดดินที่ต้องการค้นหาข้อมูล

กลุ่มชุดดินที่ 48

ลักษณะโดยทั่วไป : เมื่อเดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ส่วนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือปนกรวด ดินร่วนปนทรายสีน้ำตาลปนเทา มีอินทรียวัตถุในดินประมาณ 1-2% ดินเป็นกรดเล็กน้อย ค่า pH 4.5-5.5 เป็นดินชั้นบน มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหารพืชในระดับปานกลาง มีไนโตรเจน 0.1-0.2% ฟอสฟอรัส 0.05-0.1% โพแทสเซียม 0.1-0.2% มีธาตุซิลิกา 1-2% มีธาตุเหล็ก 0.1-0.2% มีธาตุสังกะสี 0.01-0.02% มีธาตุแมงกานีส 0.01-0.02% มีธาตุสังกะสี 0.01-0.02% มีธาตุสังกะสี 0.01-0.02%

ปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดิน : ดินมีอินทรียวัตถุต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีการกัดกร่อนของดินได้ง่าย

คำแนะนำการปรับปรุงดิน : ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก 1-2 ตัน/ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 100-200 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก 1-2 ตัน/ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 100-200 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก 1-2 ตัน/ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 100-200 กก./ไร่

ภาพที่ 3 แสดงผลการค้นหาข้อมูลชุดดิน จากชุดดินที่ผู้ใช้เลือก

ส่วนที่ 4 ข้อมูลแหล่งน้ำ เป็นส่วนการแสดงผลของแหล่งน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในจังหวัดลำปาง รวมไปถึงที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่ของแหล่งน้ำนั้น ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการปลูกมะยาหิน

ส่วนที่ 5 ระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกมะยาหิน เป็นส่วนของการค้นหาพื้นที่ที่ผู้ใช้ระบบต้องการนำมะยาหินไปเพาะปลูก โดยผู้ใช้ค้นหาข้อมูลจากการเลือกอำเภอและตำบลที่ต้องการปลูก ซึ่งระบบจะวิเคราะห์ข้อมูลถึงแหล่งน้ำและสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินในพื้นที่นั้น โดยถ้าในพื้นที่นั้นมีแหล่งน้ำขนาดเล็ก ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้คำนึงถึงแหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียง ในกรณีที่ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสม ระบบจะแนะนำให้ในการปรับสภาพพื้นดินในพื้นที่นั้น การทำงานของระบบสามารถแสดงดังภาพที่ 4

ค้นหาพื้นที่ | ชุดพื้นที่พบในจังหวัดลำปาง | ค้นหาพื้นที่จากชุดดิน/ข้อมูลแหล่งน้ำในลำปาง | ระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกมะยาหิน | ค้นหาพื้นที่จากแผนภาพ

เกาะคา

▼

ลำปางหลวง

▼

แหล่งเก็บน้ำขนาดใหญ่

ลำดับ	แหล่งน้ำ	ที่ตั้ง	พื้นที่ (ไร่)
รวม			0

แหล่งเก็บน้ำขนาดกลาง					
ลำดับ	แหล่งน้ำ	ที่ตั้ง	หมู่	ตำบล	พื้นที่ (ไร่)
รวม					0

แหล่งเก็บน้ำขนาดเล็ก					
ลำดับ	แหล่งน้ำ	ที่ตั้ง	หมู่	ตำบล	พื้นที่ (ไร่)
รวม					0

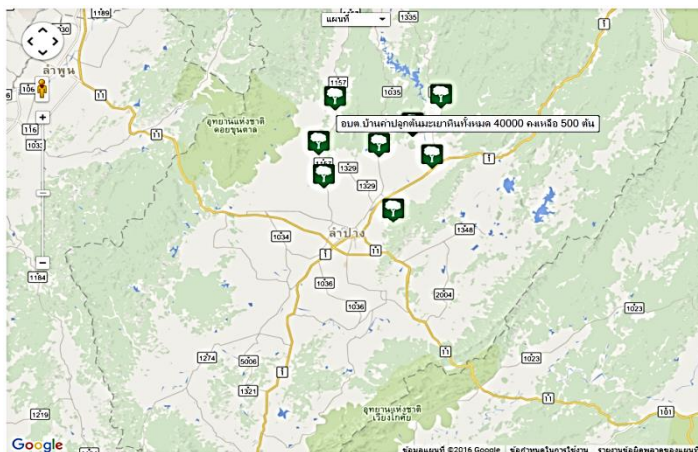
สภาพของดินในพื้นที่	
สภาพดินที่เหมาะสมในการปลูกมะยาหิน มีค่า PH อยู่ระหว่าง 5.5-6.0	
ชนิดของชุดดิน และสภาพความเป็นกรด-ด่าง	พื้นที่ (ไร่)
18 และ สภาพดินสามารถปลูกต้นมะยาหินได้เป็นอย่างดี	7188
40gm และ สภาพดินสามารถปลูกต้นมะยาหินได้ แต่ควรปรับค่า PH	4037
35 และ สภาพดินสามารถปลูกต้นมะยาหินได้ แต่ควรปรับค่า PH	2000

รวมพื้นที่ของแหล่งน้ำ 0 ไร่
ไม่ควรปลูกมะยาหิน หากเกษตรกรไม่สามารถหาแหล่งน้ำที่ใกล้เคียงได้

** ระบบช่วยตัดสินใจนี้ อาจจะมีผลคลาดเคลื่อนทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและบริเวณน้ำฝนในแต่ละปี เป็นต้น

ภาพที่ 4 แสดงหน้าผลลัพธ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

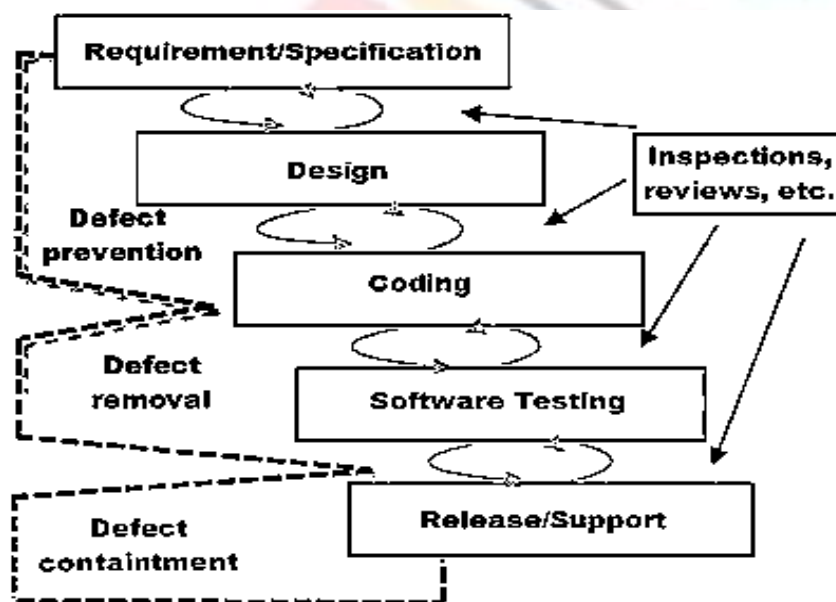
ส่วนที่ 6 ค้นหาพื้นที่จากแผนภาพ เป็นส่วนของการนำเสนอข้อมูลและจำนวนของมะยาหินในแต่ละพื้นที่ ในรูปแบบการแสดงผลแผนที่ทางภูมิศาสตร์ที่มีการปลูกมะยาหินในแต่ละอำเภอ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการค้นหาข้อมูลพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกต้นมะเขือหินในพื้นที่แต่ละของอำเภอ

4.2 การควบคุมคุณภาพของซอฟต์แวร์ให้ระบบมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานด้วยกิจกรรมประกันคุณภาพซอฟต์แวร์

การควบคุมคุณภาพของซอฟต์แวร์ให้ระบบมีประสิทธิภาพฯ นั้น ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบด้วยแบบจำลองน้ำตก (Water Fall Model) โดยการดำเนินการแต่ละเฟสของการพัฒนาจะมีการดำเนินกิจกรรมการประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ควบคู่กันไปเพื่อควบคุมคุณภาพของซอฟต์แวร์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงกิจกรรมการประกันคุณภาพในกระบวนการแบบจำลองน้ำตก

จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าแต่ละเฟสของแบบจำลองน้ำตก จะมีเส้นอุปสรรคกันที่เป็นการดำเนินกิจกรรมการประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ เพื่อทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้แต่ละเฟสว่าคุณภาพของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาสามารถตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้หรือไม่ โดยกิจกรรมการประกัน

คุณภาพซอฟต์แวร์ จะเน้นการจัดการข้อบกพร่อง (Defect) ที่พบในการทดสอบระบบ ตามประเภทที่ถูกค้นพบ ซึ่งสามารถสรุปการเลือกกิจกรรมการประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ดังนี้

1) ผลลัพธ์ของการดำเนินกิจกรรมการป้องกันข้อบกพร่อง ในเฟสความต้องการ และข้อกำหนดความต้องการ (Requirement & Specification) เฟสการออกแบบ (Design) และการพัฒนาระบบ (Coding) ด้วยวิธีการทบทวนงาน โดยการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้เอกสารความต้องการและเอกสารการออกแบบ เพื่อค้นหาความผิดพลาดของความต้องการ ที่ไม่ครบ ไม่ชัดเจนและที่ขาดหายไป

2) ในเฟสการพัฒนาระบบและการทดสอบระบบ (Testing) ได้เลือกใช้กิจกรรมการกำจัดข้อบกพร่อง ด้วยวิธีการทดสอบระบบ ด้วยเทคนิคการทดสอบแบบกล่องดำ (Black box Testing) และกล่องขาว (White box Testing) เพื่อค้นหาและกำจัดข้อผิดพลาดจากการทำงาน ส่วนต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนา

3) ในเฟสการส่งมอบระบบและการบริการให้ความช่วยเหลือหลังการติดตั้งระบบ (Release & Support) ซึ่งเป็นการส่งมอบระบบให้กับผู้ใช้และทำการสนับสนุนการแก้ไขปรับปรุงระบบจากปัญหาที่พบจากผู้ใช้ ดังนั้นในเฟสนี้ได้เลือกใช้กิจกรรมการจำกัดข้อบกพร่อง ด้วยวิธีการดักจับข้อผิดพลาด (Exception) ของซอฟต์แวร์ที่พัฒนา ก่อนที่จะเกิดขึ้นจริง ด้วยการกำหนดกรอบการจัดการกับปัญหาเอาไว้ล่วงหน้า

4.3 ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบการจัดการการดำเนินงานและช่วยในการตัดสินใจในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อภาระงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงและภาระการแปรรูป

ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เป็นการวัดเวลาที่ทำการตอบสนองหรือการประมวลผลของระบบ (Response time) ในการทำงานระบบด้วยการใช้งานรูปแบบต่าง ๆ ทั้งแบบปกติ และสูงตามที่คาดหวังไว้ ซึ่งทางผู้วิจัยได้เตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 30 เครื่อง เพื่อสร้างคำร้องขอ (request) การใช้งานส่วนการทำงานต่าง ๆ ของระบบ เพื่อให้ทราบว่าส่วนการทำงานหรือขั้นตอนการทำงานไหนที่ใช้เวลาการประมวลผลนาน โดยสูตรการวัดค่าดัชนีชี้วัดผลงานหรือความสำเร็จของงาน (Key Performance Indicator) ของอัตราประสิทธิภาพการดำเนินการของระบบแต่ละโมดูล (Performance Efficiency) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\% \text{ Operation Efficiency} = \frac{\text{Effective Time}}{\text{Operation Time}} \times 100$$

สำหรับโมดูลที่จะนำมาประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ด้วยการวัดค่าดัชนีชี้วัดผลงานหรือความสำเร็จของงาน ของอัตราประสิทธิภาพการดำเนินการของระบบ มีทั้งหมด 6 โมดูล ดังนี้

- | | |
|----------------------------------|---|
| M1 คือ ข้อมูลทั่วไปของมะเขือหิน | M4 คือ ข้อมูลแหล่งน้ำ |
| M2 คือ ค้นหาพื้นที่ | M5 คือ ระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกมะเขือหิน |
| M3 คือ ชุดดินที่พบในจังหวัดลำปาง | M6 คือ ค้นหาพื้นที่จากแผนภาพ |

ในการวัดค่าประสิทธิภาพการดำเนินการของระบบแต่ละโมดูล สามารถแสดงการวัดประสิทธิภาพระบบงานที่พัฒนาจากโครงการวิจัยเปรียบเทียบกับระบบงานเดิมที่ดำเนินงานจัดการข้อมูลและค้นหาในรูปแบบเอกสาร สามารถแสดงผลดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลของประสิทธิภาพการทำงานของระบบใหม่เปรียบเทียบกับระบบงานเดิม

โปรแกรมขนาดเล็ก ของระบบ (Module Of System)	ประสิทธิภาพการดำเนินงาน (Operation Efficiency) (%)	
	ประสิทธิภาพการทำงานของ ระบบเดิม	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ใหม่
M1	50	93.81
M2	50	80.94
M3	50	83.00
M4	50	89.82
M5	40	88.91
M6	33.33	82.41
รวม	45.56	86.48

ในการประเมินผลความพึงพอใจได้ทำการประเมินผลจากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ที่นำระบบไปช่วยในการจัดการข้อมูลต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้ไปจัดทำสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการช่วยตัดสินใจในการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจไว้ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ ด้านการใช้งาน และด้านประสิทธิภาพของระบบ และผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบการจัดการการดำเนินงานและช่วยในการตัดสินใจในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1.ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่	4.33	0.61	มาก
2.ด้านการใช้งาน	4.55	0.46	มากที่สุด
3.ด้านประสิทธิภาพของระบบ	4.44	0.51	มาก

5. สรุปและการอภิปรายผล

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่ศึกษามีความเห็นสอดคล้องว่าสิ่งที่สำคัญสำหรับนักพัฒนาคือต้องมีความรู้เกี่ยวกับคุณภาพของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาเป็นอย่างดี นักพัฒนาต้องรู้จักแก้ไขหรือปรับแต่งวิธีการแต่ละเฟสของแบบจำลองน้ำตก เพื่อบรรลุเป้าหมายของระดับคุณภาพโดยสามารถสรุปผลของงานวิจัยได้ดังนี้

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการจัดการการดำเนินงานและช่วยในการตัดสินใจในการศึกษาปัจจัยฯ ทั้งหมด 6 ส่วน โดยแต่ละส่วนสามารถนำไปช่วยในการตัดสินใจ เกี่ยวกับการศึกษาข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลชุดดินเพื่อนำไปใช้ในการ

วางแผนในการเพาะปลูกมะเขือต่อไป ช่วยให้ผู้ใช้ทำการค้นหาพื้นที่ทำการเพาะปลูกมะเขือในรูปแบบตารางข้อมูลและแผนที่ทางภูมิศาสตร์ และวิเคราะห์ข้อมูลถึงแหล่งน้ำและสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินในพื้นที่ต่าง ๆ พร้อมให้คำแนะนำในการปรับสภาพพื้นดินในพื้นที่นั้น

ในการควบคุมคุณภาพของซอฟต์แวร์ให้ระบบมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานด้วยกิจกรรมประกันคุณภาพซอฟต์แวร์นั้น ได้ทำการพัฒนาระบบด้วยแบบจำลองน้ำตก โดยการดำเนินการแต่ละเฟสของการพัฒนาจะมีการดำเนินกิจกรรม การประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ควบคู่กันไปเพื่อควบคุมคุณภาพของซอฟต์แวร์ ดังนี้

ในเฟสความต้องการและข้อกำหนดความต้องการ เฟสการออกแบบและการพัฒนาระบบ ได้เลือกกิจกรรมการประกันคุณภาพด้วยวิธีการป้องกันข้อบกพร่อง โดยเลือกใช้วิธีการทบทวนงานเพื่อมาใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ เอกสารความต้องการและเอกสารการออกแบบ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงาน ทั้งหมด 2 ครั้ง จึงสามารถป้องกันข้อผิดพลาดที่พบได้หมด

ในเฟสการพัฒนาระบบและเฟสการทดสอบระบบ ได้เลือกใช้กิจกรรมการกำจัดข้อบกพร่องด้วยวิธีการทดสอบระบบ ด้วยเทคนิคการทดสอบแบบกล่องดำ เพื่อทำการทดสอบฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรมตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ และการทดสอบแบบกล่องขาว เพื่อค้นหาและกำจัดข้อผิดพลาดจากการทำงานส่วนต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนา

ในเฟสการส่งมอบระบบและการบริการให้ความช่วยเหลือหลังการติดตั้งระบบ ได้เลือกใช้กิจกรรมการกำจัดข้อบกพร่องด้วยวิธีการดักจับข้อผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริง ด้วยการกำหนดกรอบการจัดการเอาไว้ล่วงหน้า วิเคราะห์แต่ละขั้นตอนในกระบวนการประมวลผล (Process) หรืออัลกอริธึมเพื่อป้องกันการดำเนินงานที่ผิดพลาดของโปรแกรม และสร้างทางเลือกสำหรับการดำเนินงานหากพบข้อผิดพลาดในลักษณะต่าง ๆ รูปแบบที่เหมาะสม

การหาค่าประสิทธิภาพของระบบการจัดการการดำเนินงานและช่วยในการตัดสินใจในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตฯ ที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยกับระบบงานเดิมจะเห็นว่าประสิทธิภาพที่ได้ต่างกันร้อยละ 40.92 เพราะระบบงานเดิมยังไม่มีมีการพัฒนาระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ดังนั้นจากการวัดหาค่าประสิทธิภาพการดำเนินการของระบบ ทั้ง 6 โมดูล ซึ่งจะเห็นได้ว่าการที่นำระบบที่พัฒนามาใช้สามารถลดระยะเวลาการทำงานจากระบบงานเดิม ดังตารางที่ 1 และพิจารณาจากผลความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างตารางที่ 2

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปางที่ให้ความร่วมมือในการจัดทำโครงการ

7. เอกสารอ้างอิง

- วราคม วงศ์ชัย และคณะ. (2557). **โครงการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมะเขือหิน**. งานวิจัยของสาขาวิชาเทคโนโลยี พลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- Aleksey,R. (2011). **Waterfall Process in the Quality Assurance Activities**, [Online] Available HTTP: <http://qatestlab.com/knowledge-center>, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/01/2559.
- J. E. Gaffney. **Metrics In Software Quality Assurance**. ACM Journal, November 9-11-1981.
- Pressman, Roger S.,**Product Metrics for Software Engineering**, McGraw Hill; 6/e, 2005, ch.15.

ภาคผนวก

Industrial Technology
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

เพื่อให้วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เป็นวารสารที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ทางกองบรรณาธิการจึงมีข้อกำหนดของวารสารดังต่อไปนี้

1. **วัตถุประสงค์ของวารสารวิชาการ** เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยเผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการรับผิดชอบต่อผู้ส่งบทความโดยตรง

2. **ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้**

2.1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

2.2 สาขาวิชาเทคโนโลยี เน้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม ได้แก่ เทคโนโลยีไฟฟ้า เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีพลังงาน / พลังงานทดแทน เทคโนโลยีก่อสร้าง /โยธา เทคโนโลยีการผลิต มาตรฐาน วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีเซรามิก การบริหารจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.3 สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรม

3. **กำหนดออกวารสาร**

วารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

4. **การพิจารณาบทความ**

4.1 การพิจารณาบทความ เลือกผู้ทรงคุณวุฒิจากกองบรรณาธิการตรงตามสาขาวิชาในพิจารณา 2 คน ต่อ 1 บทความ

4.2 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก 2 คน

4.3 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและหรือภายนอก 2 คน

4.4 กรณีผู้ส่งบทความ แก้ไขไม่เป็นไปตามกำหนดเวลา ที่กองบรรณาธิการแจ้งกองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์พิจารณา ยกเลิก กระบวนการเพื่อการตีพิมพ์

5. **คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์**

5.1 **วิธีส่งบทความ** เจ้าของบทความสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และส่งต้นฉบับบทความ ในรูปแบบไฟล์ word และรูปแบบไฟล์ PDF ได้ที่ระบบออนไลน์ของวารสารวิชาการ <http://www.journal.itech.lpru.ac.th> และนำส่งเอกสารต้นฉบับ ได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

119 ม.9 ถ.ลำปาง – แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม 2560 – มิถุนายน 2560

5.2 รูปแบบบทความที่ส่งกองบรรณาธิการเพื่อตีพิมพ์

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)

ชื่อเรื่อง (English)

ชื่อ นามสกุล^{1*}, ชื่อ นามสกุล² และ ชื่อ นามสกุล³^{1*} ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxxx โทรสารxxxxxx E-mail: YYYYYY² ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์³ ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยต้องประกอบด้วยบทคัดย่อที่ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษาและบทสรุป ในกรณีที่ต้นฉบับเป็นภาษาไทย ให้ผู้นิพนธ์เขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ ระบุคำสำคัญของเรื่อง (keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ

คำสำคัญ: รูปแบบบทความ, ขนาดตัวอักษร, รูปแบบตัวอักษร

Abstract

An article of research to composes with abstract to specify importance of subject, object, method to study, result and summary. Both Thai and English abstracts are required. The length of each should not exceed 300 words. Also, the keywords should not be used more than 5 words.

Keywords: submission procedure, manuscript format, font size, font style, blank line

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพและเพื่อให้การจัดทำเอกสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว ผู้ที่ส่งบทความควรพิมพ์บทความตามรูปแบบและแนวทางที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

2. เนื้อหาบทความ

วารสารฉบับเต็มควรประกอบด้วย ชื่อบทความ ชื่อและที่อยู่ของผู้เขียนบทความ บทคัดย่อ คำสำคัญ เนื้อหาโดยสมบูรณ์ของบทความ กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง โดยในส่วนของเนื้อหาของบทความ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก หัวข้อย่อย และอาจแบ่งถึงหัวข้อย่อยลงมา ทั้งนี้ ตัวอักษรทั้งหมดที่ใช้ในการพิมพ์ทุกส่วนให้ใช้ตัวอักษรแบบ TH SarababunPSK ขนาด 16 ตัวหนา ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ระยะระหว่างบรรทัดเป็นแบบบรรทัดเดี่ยว (Single Space) และแต่ละหน้าไม่ต้องมีการเติมหมายเลขหน้า

2.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 ($8\frac{1}{4} \times 11\frac{3}{4}$ นิ้ว)
โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังนี้

ริมขอบกระดาษด้านบน	1.5 นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านล่าง	1 นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านซ้าย	1.5 นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านขวา	1 นิ้ว

ความยาวโดยรวมของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ และบันทึกไฟล์ข้อมูลด้วย Microsoft Word 2010 เท่านั้น

2.2 ชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียน

ในการพิมพ์ชื่อบทความให้พิมพ์ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยใช้ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์ พิมพ์เป็นตัวหนา โดยแต่ละคำในชื่อภาษาอังกฤษให้พิมพ์อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ (ยกเว้น คำนำหน้านาม: articles, คำสันธาน: coordinate conjunctions และ คำบุพบท: prepositions นอกจากคำเหล่านี้จะถูกใช้นำชื่อเรื่อง) สำหรับชื่อผู้เขียนบทความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยต์ ในขณะที่ส่วนของที่อยู่ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 พอยต์ โดยที่อยู่ควรประกอบไปด้วย

สำหรับบุคลากรภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ตำแหน่งทางวิชาการ สาขาวิชาที่สังกัด เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ และ E-mail ที่สามารถติดต่อได้ กรณีผู้เขียนมากกว่าหนึ่ง สามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียดผู้ติดต่อให้ระบุ เบอร์โทรศัพท์ และ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

สำหรับบุคลากร ภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ซึ่งสามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียดผู้ติดต่อให้ระบุ เบอร์โทรศัพท์ เบอร์โทรสารและ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

3. บทคัดย่อและคำสำคัญ

การพิมพ์บทคัดย่อและคำสำคัญให้พิมพ์ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ และจัดรูปแบบอยู่ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษ โดยให้พิมพ์ชื่อหัวข้อ “บทคัดย่อ” และ “Abstract” เป็นแบบตัวหนา

4. เนื้อหาของบทความ

บทความวิจัยควรประกอบด้วย บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา นำไปสู่การศึกษา วัสดุประสงค์ วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Method) กล่าวถึง รายละเอียด การวิเคราะห์และการทดลองที่กระชับและชัดเจน ผลการทดลอง (Results) บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบถ้วน สรุปและอภิปรายผล (Discussion and Conclusion) อาจเขียนรวมกับการทดลองได้ เป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ ในแง่มุมต่าง ๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานผู้อื่นอย่างไร ต้องมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือการหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลและอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ส่วนของเนื้อหาบทความ กำหนดตัวอักษรที่ใช้ในเนื้อหาให้มีขนาด 16 พอยต์ รวมถึงไม่ต้องการเว้นบรรทัดระหว่างย่อหน้า (ไม่ต้องเคาะบรรทัดเมื่อขึ้นย่อหน้าใหม่) สำหรับรูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการพิมพ์หัวข้อกำหนดดังนี้

4.1 หัวข้อหลัก

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อหลัก และให้พิมพ์ไว้ชิดริมซ้ายของคอลัมน์

4.2 หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา และให้พิมพ์ห่างจากริมซ้ายของคอลัมน์ 0.5 นิ้ว

5. รูปภาพ ตาราง และสมการ

5.1 รูปภาพและตาราง

การนำเสนอรูปภาพและตารางสามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึงหรืออาจนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพและตารางไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่าน้ำกระดาษที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 2.1

ทั้งรูปภาพและตารางจะต้องมีคำอธิบายโดยคำอธิบายของรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพ และอยู่ชิดซ้ายของหน้ากระดาษ หากรูปภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับเช่น (ก) และ (ข) ส่วนคำอธิบายตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางและชิดริมซ้ายของกระดาษ โดยการเรียงลำดับรูปภาพและตารางให้แยกการเรียงลำดับออกจากกัน

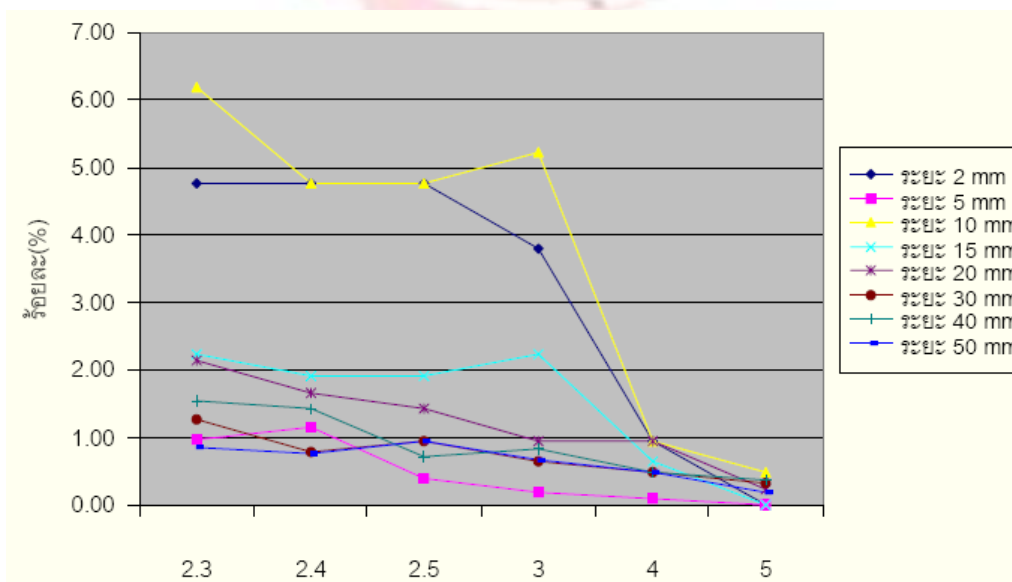
ตารางข้อมูลที่น่าลงตีพิมพ์ ต้องพิมพ์ด้วย word เพื่อความคมชัดของตาราง เช่น ตารางที่ 1 ตารางที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้ใช้อาคาร
1) กระเบื้องดินเผามีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1) กระเบื้องดินเผาที่มีขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2) ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ คิดตัวยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2) กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพัก มีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้ใช้อาคารอาจสะดุดเมื่อใช้งาน
	3) เนื่องจากความไม่แข็งแรงของกระเบื้องดินเผา เมื่อผ่านการใช้งาน หรือมีวัตถุตกกระทบ ทำให้กระเบื้องดินเผาแตก กะเทาะ หรือบิ่น ซึ่งแสดงถึงความไม่ทนทานแข็งแรง

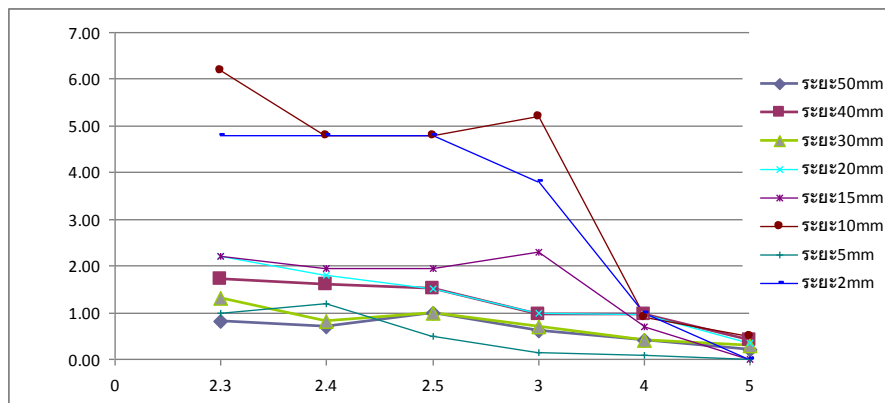
ตารางที่ 2 ตารางที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้ใช้อาคาร
1) กระเบื้องดินเผาที่มีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1) กระเบื้องดินเผาที่มีขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2) ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ คิดตัวยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2) กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพักมีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้ใช้อาคารอาจสะดุด เมื่อใช้งาน

รูปภาพที่นำลงตีพิมพ์ ควรเลือกภาพที่เหมาะสมและคมชัดที่สุด

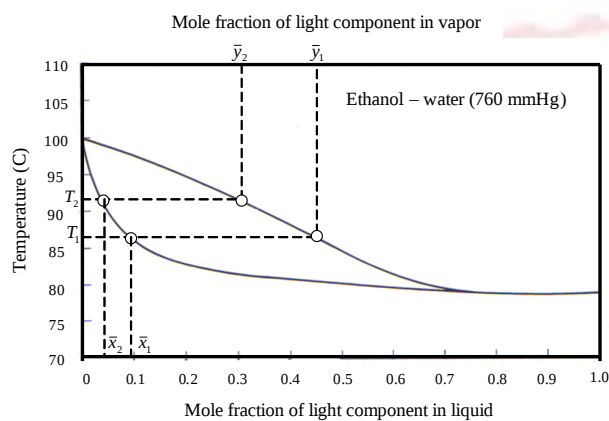


ภาพที่ 1 ภาพที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์



ภาพที่ 2 ภาพที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

การระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความให้ระบุเป็นรูปที่และตารางที่ เช่น ภาพที่ 1, ภาพที่ 1 - 3, ตารางที่ 1, ตารางที่ 1 - 3 เป็นต้น



ภาพที่ 1 แผนภาพสมดุลของของผสมไอ - ของเหลวที่มี 2 องค์ประกอบภายใต้สภาวะความดันคงที่

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในแต่ละภาคเศรษฐกิจ ฯ ของประเทศไทย (หน่วย: ล้านลิตร)

ภาคเศรษฐกิจ	ปี	
	2545	2546
1. เกษตรกรรม	3,509	3,827
2. เหมืองแร่	19	26
3. อุตสาหกรรม	4,821	4,937
4. ไฟฟ้า	703	757
5. การก่อสร้าง	169	172
6. ที่พักอาศัยและการพาณิชย์	2,729	2,792
7. คมนาคมขนส่ง	23,980	25,475
Total	35,930	37,986

5.2 สมการ

การเขียนสมการให้เขียนไว้กลางคอลัมน์และมีการระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1), (2) เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนได้ โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้เอื้อเพื่อเอกสารและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 24

7. การอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษาแทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ

การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้างๆแทรกอยู่ในเนื้อหาของบทความวิชาการ ส่วนรายละเอียดที่สมบูรณ์ของแหล่งข้อมูลจะแสดงใน “เอกสารอ้างอิง” ในส่วนท้ายของบทความวิชาการ

7.1 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงในเนื้อหา

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และผู้แต่งคนที่สอง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และคณะ, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, ไม่มีเลขหน้า)

(หน่วยงาน, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(นามแฝง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

7.2 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงท้ายบทความ

ให้อ้างอิงรายการลำดับตามอักษรตัวแรกของผู้แต่ง ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน สำหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่าง ๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

(1) บทความจากวารสาร (Journal)

Waszkiewics, S.D., Tierney, M.J. and Scott, H.S. (2009). Development of coated, annular fins for adsorption chillers, **Applied Thermal Engineering**, vol. 29 (11-12), August 2009, pp. 2222 – 2227.

จักรกฤษณ์ นรมิตผดุงการ และ ทวี สอนมาลี. (2519). ความสามารถในการเงินของเทศบาลกรณีของเทศบาลนครกรุงเทพ ก่อนเปลี่ยนแปลงเป็นกรุงเทพมหานคร, **วารสารพัฒนาบริหารศาสตร์**, 16, เมษายน 2519, หน้า 231 – 254.

(2) บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

Kato, S. and Widiyanto, A. (2001). Environmental Impact Assessment of Various Power Generation Systems, **paper presented in the Tri-University International Joint Seminar & Symposium 2001**, Chiang Mai, Thailand.

มารุต บุรพา, ญัฐนี วรยศ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2551). โมเดลอย่างง่ายของการทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพเสริม, **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทน สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย**, มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

(3) รายงานทางวิชาการ / รายงานวิจัย

Division of Technical Services and Planning. (2003). **Chiang Mai City Municipality. Annual Report.**

จุฬาร โชติช่วงนิรันดร์, นลินี ตันธวนิตย์ และ ปณิตา เพ็ชรสิงห์. (2529). **รายงานการวิจัยเรื่องประวัติศาสตร์หมู่บ้านคำม่วง, โครงการวิจัยระบบการทำฟาร์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 54 – 57.

พรพิมล เกลิมพลาณภาพ. (3535). **พฤติกรรมแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

(4) หนังสือ

Myers, R.H. and Montgomery, D.C. (1995). **Response Surface Methodology: Process and product optimization using designed experiments**, New York: John Wiley & Sons,.

Goswami, Y.D., Kreith, F. and Kreider, J.F. (1999). **Principles of Solar Engineering, 2nd edition.** ISBN: 1-56032-714-6, Philadelphia: Taylor & Francis,

วิบูล วิจารณ์วิติ และ กนกนาถ ชูปัญญา. (2525). **เคมีคลินิก.** กรุงเทพฯ: โครงการตำราศิริราช คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล.

(5) เว็บไซต์

Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand. (2004). **Statistic Data**, [online]. Available HTTP: <http://www.dede.go.th>, access on 24/04/2010.

Carranza, L. E. (1994). Le Corbusier and the problems of representation. **Journal of Architectural Education** [Online], 48(2). Available HTTP:<http://www.mitpress.mit.edu/jrnls-catalog/arched-abstracts/File:jae48-2.html> on 24/04/2010.

บริษัท ไอทีวี จำกัด (มหาชน). (2542). **เรื่องราวของไอทีวี**, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.itv.co.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2553.

**** ท่านสามารถดาวโหลดรูปแบบบทความได้ที่ <http://www.journal.itech.lpru.ac.th> หรือ ติดต่อสอบถามที่ **ผู้ประสานงาน** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์อติมา คุณยศยิ่ง โทร 054-237 399 ต่อ 1339 **Mobile: 080-5028598 E- mail: journalitech@gmail.com ******

**รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินบทความ
ประจำวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 10 ฉบับที่ 1**

- | | |
|--|--|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ธนารักษ์ ชีระมันคง | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา จินดาประเสริฐ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.ช่วงโชติ พันธุเวช | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร สารวิทย์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรศิลป์ ทุมวิภาต | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.ปรุ่งศักดิ์ อัมพคุณ | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 9. รองศาสตราจารย์บุญชุด เนติศักดิ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง |
| 10. รองศาสตราจารย์ยืน ภู่วรรณ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 11. รองศาสตราจารย์วิชัย ฤกษ์ฤทธิ์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 12. รองศาสตราจารย์สมพงษ์ บุญเลิศ | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ |
| 13. รองศาสตราจารย์สายัณห์ จันทวิรัช | มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี |
| 14. รองศาสตราจารย์อายุวัฒน์ สว่างผล | มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์พล เทียนเสมอ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธี วัฒนศิริเวช | มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูพงษ์ พงษ์เจริญ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |