

วารสารวิชาการ

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ปีที่ 1 ฉบับที่ 2

พฤษภาคม - สิงหาคม

2562

JOURNAL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING

Pibulsongkram Rajabhat University

ISSN 2697-5602 (Print)

ISSN 2697-5629 (Online)

INDUSTRIAL TECHNOLOGY

PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY



ข้อกำหนดมาตรฐาน วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

เพื่อให้วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นวารสารที่มีคุณภาพได้มาตรฐานทางกองบรรณาธิการจึงมีข้อกำหนดของวารสารดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นวารสารที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ ตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ และบทความปริทรรศน์ที่มีคุณภาพโดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ นวัตกรรมและการออกแบบ รวมถึงงานวิจัยที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในสาขาที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามบทความที่ส่งเข้ามาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารฯ จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยเผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และจะต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่นๆ การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้ส่งบทความโดยตรง

2. ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง

2.1 สาขาวิชาเทคโนโลยี เน้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม ได้แก่ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมพลังงาน / พลังงานทดแทน วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมโลจิสติกส์ มาตรฐาน วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีเซรามิกส์ การบริหารจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์

2.3 สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรม

3. การพิจารณาบทความ

การ Peer - review คือ รูปแบบการพิจารณาบทความ เป็นแบบ "Double blind" เจ้าของบทความไม่ทราบผู้ทรงฯ ผู้ทรงฯไม่ทราบเจ้าของบทความ Review Policy ขอบเขต วัตถุประสงค์ของบทความจะต้องตรงกับวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กำหนด



การพิจารณาบทความ

1. การพิจารณาบทความ เลือกผู้ทรงคุณวุฒิจากกองบรรณาธิการตรงตามสาขาวิชาในการพิจารณา 2 คน ต่อ 1 บทความ
2. กรณีบทความมาจากบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก 2 คน
3. กรณีบทความจากบุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและหรือภายนอก 2 คน
4. กรณีผู้ส่งบทความ แก้ไขไม่เป็นไปตามกำหนดเวลาที่กองบรรณาธิการแจ้ง กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์พิจารณา ยกเลิก กระบวนการเพื่อการตีพิมพ์

4. กำหนดออกเล่มวารสาร

กำหนดออกวารสาร: ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – เมษายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม และ ฉบับที่ 3 ระหว่างเดือน กันยายน-ธันวาคม

5. คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์

5.1 วิธีส่งบทความ เจ้าของบทความสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และส่งต้นฉบับบทความ ในรูปแบบไฟล์ word และรูปแบบไฟล์ PDF ได้ที่ระบบออนไลน์ของวารสารวิชาการ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/psru-jite>

หรือนำส่งเอกสารต้นฉบับ ได้ที่ กองบรรณาธิการวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ 5 ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร/โทรสาร 055-267124

5.2 รูปแบบบทความที่ส่งกองบรรณาธิการเพื่อตีพิมพ์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (Industrial Technology and Engineering Pibulsongkram Rajabhat University) Print ISSN : 2697-5602, E-ISSN : 2697-5629 ฉบับนี้เป็นปีที่ 1 ฉบับที่ 2 มีเนื้อหาที่เน้นด้านทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์สาขาต่าง ๆ สำหรับเนื้อหาในฉบับนี้ ประกอบด้วย บทความวิจัย 8 บทความ โดยมีเนื้อหาประกอบด้วย สาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 2 บทความ สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ จำนวน 2 บทความ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 บทความ สาขาวิศวกรรมพลังงาน จำนวน 1 บทความ สาขาการจัดการ จำนวน 1 บทความ โดยบทความทั้งหมดได้ผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพก่อนการตีพิมพ์ และสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/psru-jite/issue/view/16203> ภายใต้ระบบ ThaiJo ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย

กองบรรณาธิการและคณะกรรมการจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาคุณภาพบทความ และผู้สนใจที่กรุณาช่วยกันสนับสนุนและให้ความไว้วางใจผลงานของวารสารฉบับนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากนักวิจัยที่ได้กรุณาเผยแพร่ผลงานในวารสารนี้ กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับเกียรติและความอนุเคราะห์จากท่านในโอกาสต่อไป



รองศาสตราจารย์ ดร.สนิท ปิ่นสกุล
บรรณาธิการ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
การประยุกต์ใช้เบย์เซียนและการประมวลผลภาพสำหรับการคัดแยกมะม่วง	
.....พีรพล คำพันธ์, อรณิชา ปีแท้ และ จิราวัฒน์ เอี่ยมสอาด.....	1-11
การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของวัสดุด้วยการปรับปรุงผังโรงงาน	
.....อดิเรก ชัยนวกุล, อลงกรณ์ เมืองไหว และ ธนิตา โชนงนุช.....	12-19
การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก สำหรับร้านไม้ไทย COFFEE จังหวัดอุตรดิตถ์	
.....สิงหา ปรารมภ์.....	20-29
การจัดการความรู้และพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น เตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์	
.....ไพโรจน์ นะเที่ยง, ชัชพล เกษวิริยะกิจ และ สุรพงษ์ วรรณนันท.	30-44
การศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่อการทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีโครสข่ายประสาทเทียม: กรณีศึกษาในเขตพื้นที่อำเภอเมืองพิษณุโลก	
.....กิตติศักดิ์ คงสีไพร.....	45-63
การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานแตงโมตลาดไทยเจริญจังหวัดพิษณุโลก	
.....เพชรยุทธ แซ่หลี, หทัยชนก พวงแย้ม และวชิระ วิจิตรพงษา.....	64-76
A METHOD FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF SIMILARITY MEASURE FOR AUDIO CLUSTERING USING AREA UNDER THE CURVE (AUC).	
..... Sunun Tati.....	77-86
การออกแบบฉากกันพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพารา สำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น	
.....ณัฐธิดา จงรักษ์, พนา ใจหลวง และพีรพล นวลเปรม.....	87-95



การประยุกต์ใช้เบย์เซียนและการประมวลผลภาพสำหรับการคัดแยกมะม่วง BAYESIAN APPROACH AND IMAGE PROCESSING TECHNIQUE FOR MANGO CLASSIFICATION

พีรพล คำพันธ์^{1*}, อรณิชา ปีแท้¹ และ จิรารัตน์ เอี่ยมสะอาด¹

Peerapon Kumpun^{1*}, Aranith Peehae¹ and Jirarat leamsaard¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Engineering, Naresuan University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: Kritsada_on@hotmail.com

วันที่เข้าระบบ 14 พฤษภาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 10 มิถุนายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เบย์เซียนและการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อแยกประเภทมะม่วงตามลักษณะความสุก/ดิบ ด้วยวิธีการคัดแยกเชิงคุณลักษณะ (Feature-Based) โดยที่คุณลักษณะที่ใช้สำหรับการแยกประเภทได้มาจากคุณลักษณะของภาพสี RGB และความเข้มข้นของค่าสีในเฟสสีแดงร่วมกับการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ในขั้นตอนการแยกประเภทผลมะม่วงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการแยกประเภทด้วยเบย์เซียนและการแยกประเภทด้วยอัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) จากผลการทดลองพบว่าการแยกประเภทด้วยเบย์เซียนให้ผลลัพธ์ความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 88 มีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าการแยกประเภทด้วยอัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนซึ่งให้ผลลัพธ์ความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 83

คำสำคัญ: การแยกประเภทมะม่วง, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, เบย์เซียน

Abstract

This paper presents Bayesian approach for mango classification based on digital image processing. We design algorithm to classify mango into two groups: green mango and ripe mango. Color features are extracted from RGB mango image and red intensity of the mango image using statistic calculation. The Bayesian is applied to classify the color-based feature of the mango image. We evaluate the performance of the Bayesian approach against another technique; the support vector machine (SVM). Both methods were implemented and tested with 100 mango images. The experimental results show the superiority of the proposed method, with an accuracy of 88%, as compared to SVM-based method, with an accuracy of 83%.

Keywords: Mango Classification, Support Vector Machine, Bayesian

1. บทนำ

มะม่วงถือเป็นผลไม้ที่ตลาดต้องการเป็นอย่างมากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ นอกจากนั้นมะม่วงยังทำรายได้ให้เกษตรกรอย่างต่อเนื่อง และเนื่องด้วยมะม่วงมีการผลิตเป็นจำนวนมากต่อปีการใช้คนคัดแยกคุณภาพอาจทำให้การคัดแยกนั้นทำได้ล่าช้าและคุณภาพอาจจะไม่ได้ตรงตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ ดังนั้นการคัดแยกคุณภาพและคุณลักษณะของมะม่วงถือเป็นเรื่องสำคัญ เช่นการคัดแยกความสุกและดิบของมะม่วง การคัดแยกจุดตำหนิ เราจึงมีแนวคิดที่จะใช้ทฤษฎีในเรื่องของการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing) เข้ามาช่วยในเรื่องการวัดคุณภาพมะม่วง การคัดคุณภาพจะใช้วิธีหลักคือวิธีเชิงคุณลักษณะ (Feature-based) มีงานวิจัยที่ใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing) เข้ามาช่วยในการคัดคุณภาพในการเกษตร เช่น การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ปิ่นในถั่วเขียว (นิธิภัทร์, 2557) การพัฒนาระบบตรวจสอบผลไม้แบบอัตโนมัติที่มีความสามารถในการวัดขนาดและประมาณน้ำหนักของผลไม้โดยใช้คุณลักษณะรูปร่างของผลไม้ (Sergio *et al.*, 2014) การตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงโดยการแบ่งช่วงของค่าสีในระบบ LAB color space (Ankur *et al.*, 2014)

ทฤษฎีแบบเบย์เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ใช้หลักการของความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยในการจัดและแยกข้อมูล ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของเบย์ (Bayes heorem) การศึกษาวิจัยที่ประยุกต์ใช้ทฤษฎีของเบย์ เช่น งานวิจัยของ Ghanad *et al.* (2015) เสนอวิธีการวินิจฉัยอาการของโรคพาร์คินสันโดยใช้การแบ่งประเภทด้วยเบย์เขียนร่วมกับอัลกอริทึม PSO เบย์เขียนใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อประมาณค่าความสัมพันธ์ของขนาด-ความยาวของลำตัวปลา (Froese, *et al.*, 2014) การวิเคราะห์สาเหตุของการผลิตสินค้าบกพร่องแบบการถดถอยโลจิสติกส์แบบเบย์ (สุรเดช, 2554) การพยากรณ์ความ

ต้องการหลีกเลี่ยงได้ความไม่แน่นอนโดยวิธีแบบเบย์ (อนล, 2554) การวิเคราะห์เบสจากโปรแกรม วันปิกสุโปรแกรมอาร์ (อชฉา, 2555)

วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นอีกหนึ่งอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพในการแบ่งกลุ่มข้อมูล งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เช่น การทำนายการอยู่รอดของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม (ไกรสร, 2557) การนับและแยกจำนวนของแบคทีเรีย (ณัฐวุฒิ, 2558) การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ป็นในถั่วเขียว (นิธิภัทร์, 2557) การสืบค้นข้อมูลของผู้หลอกลวงขายสินค้าออนไลน์ (วัชรินทร์, 2557) การจำแนกข้อมูลโดยใช้เคมีนและเอสวีเอ็มแบบหลายกลุ่ม (วัชรินทร์, 2556)

จากปัญหาการคัดแยกคุณภาพมะม่วงที่กล่าวมาผู้จัดทำจึงพัฒนาโปรแกรมที่สามารถตรวจคัดแยกระดับคุณภาพของมะม่วงบทความนี้ได้เสนอการใช้วิธีเชิงคุณลักษณะ (Feature-based) เพื่อแยกความสุก/ดิบ จุดดำหนิและขนาด เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการคัดแยกคุณภาพของมะม่วง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่จะช่วยให้การคัดคุณภาพของมะม่วงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อนำเสนอวิธีเชิงคุณลักษณะ (Feature-based) เพื่อแยกความสุก/ดิบ จุดดำหนิและขนาด เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการคัดแยกคุณภาพของมะม่วง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่จะช่วยให้การคัดคุณภาพของมะม่วงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาดังกล่าวนี้นี้พัฒนาวิธีการประมวลผลภาพเพื่อคัดแยกมะม่วง ตามประเภทมะม่วงดิบและมะม่วงสุก ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองเป็นภาพมะม่วงเคนท์จากฐานข้อมูลของ COFILAB ข้อมูลตัวอย่างภาพมะม่วงได้มาจากระบบการถ่ายภาพที่มีการควบคุมแสงให้คงและระบุซึ่งประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพ (EOS 550D, Canon Inc., Japan) บันทึกภาพที่มีความละเอียดสูง ขนาดของภาพคือ 5,184 x 3,456 พิกเซล ความละเอียดของภาพคือ 0.03 มม. / พิกเซล ระยะห่างระหว่างกล้องและผลมะม่วงถูกกำหนดไว้คงที่ที่ระยะ 20 ซม. ในการควบคุมแสงใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (Biolum L18W/965, 6500 K, Osram AG, Germany) จำนวน 2 หลอด ระบบการบันทึกภาพนี้ประกอบด้วยฟิลเตอร์สำหรับจำกัดแสงสะท้อน (Sergio *et al.*, 2014 และ Ankur *et al.*, 2014) ตัวอย่างภาพผลมะม่วง แสดงในภาพที่ 1 (ก) ตัวอย่างภาพมะม่วงดิบ (ข) ตัวอย่างภาพมะม่วงสุก ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดสอบ

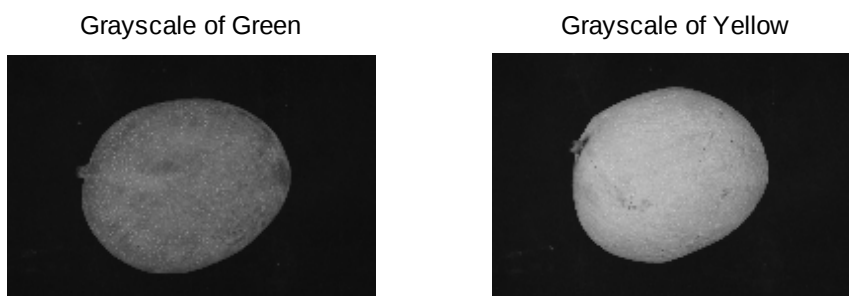
(ก) มะม่วงดิบ (ข) มะม่วงสุก

3.1 ขั้นตอนการแยกประเภทมะม่วง

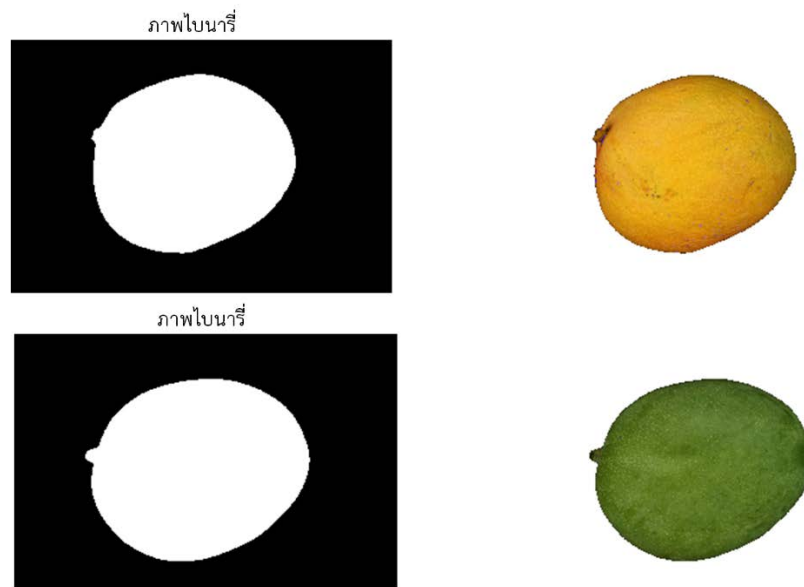
ขั้นตอนการแยกประเภทมะม่วง โดยใช้ลักษณะของสีในการคัดแยกมะม่วงดิบและมะม่วงสุกมีขั้นตอนดังนี้

การตัดส่วนภาพเพื่อแยกผลมะม่วงออกจากภาพพื้นหลัง

ในการวิเคราะห์ลักษณะของสีจำเป็นต้องแยกภาพผลมะม่วงออกจากภาพพื้นหลัง เพื่อวิเคราะห์ค่าสีเฉพาะพื้นที่ผลมะม่วง ในการตัดส่วนภาพนี้ เริ่มต้นด้วยการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพระดับเทา ตัวอย่างภาพระดับเทาดัง แสดงในรูปที่ 2 จากนั้น ปรับปรุงภาพโดยใช้ median filter (Thomas *et al.*, 1982) และใช้วิธีการของ Otsu (1975) ในการแปลงภาพเป็นภาพไบนารีหรือภาพขาวดำ ตำแหน่งของกลุ่มพิกเซลที่เป็นสีขาวในภาพไบนารี คือตำแหน่งของกลุ่มพิกเซลของผลมะม่วง ในภาพสีของภาพผลมะม่วง และตำแหน่งของกลุ่มพิกเซลสีดำในภาพไบนารีคือกลุ่มพิกเซลที่เป็นภาพพื้นหลังของภาพผลมะม่วงในภาพสี ตัวอย่างภาพไบนารีและภาพผลมะม่วงที่แยกออกจากภาพพื้นหลัง ดังแสดงใน ภาพที่ 3



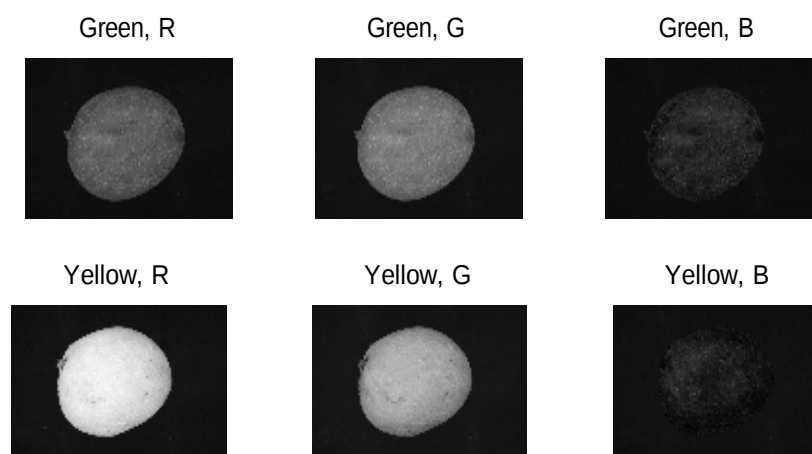
ภาพที่ 2 ภาพระดับเทา



ภาพที่ 3 ภาพผลไม้ที่แยกออกจากภาพพื้นหลัง

การดึงคุณลักษณะเด่น

ในการวิเคราะห์ลักษณะของสีของผลไม้ ภาพ RGB ของภาพผลไม้ที่แยกส่วนภาพพื้นหลังแล้วถูกนำมาแยกวิเคราะห์ความเข้มข้นของสีแยกตามเพลนสีคือ เพลนสีแดง เพลนสีน้ำเงิน และเพลนสีเขียว ตัวอย่างภาพความเข้มข้นของสีแต่ละเพลนสี ดังแสดงในภาพที่ 4

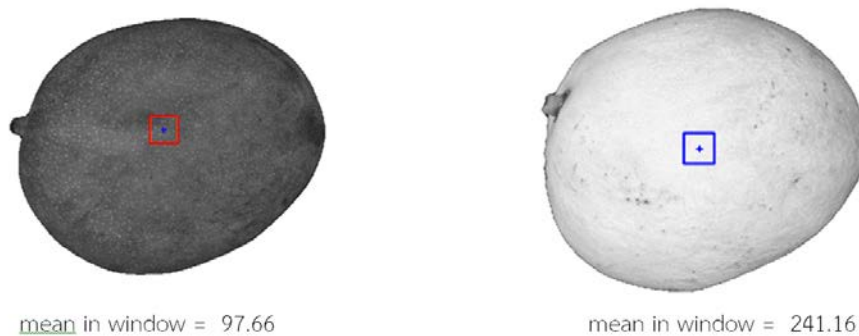


ภาพที่ 4 ผลไม้ดิบและผลไม้สุกแสดงในเพลนสีแดงเพลนสีเขียว และเพลนสีน้ำเงิน

จากภาพที่ 4 พบว่าความแตกต่างของสีของมะม่วงดิบและมะม่วงสุกแตกต่างกันอย่างชัดเจน จึงเลือกเพลนสีแดงในการดึงคุณลักษณะของภาพเพื่อใช้ในการแยกประเภทมะม่วง

3.2 ค่าเฉลี่ยค่าความเข้มข้นสีในกรอบพื้นที่ที่สนใจ

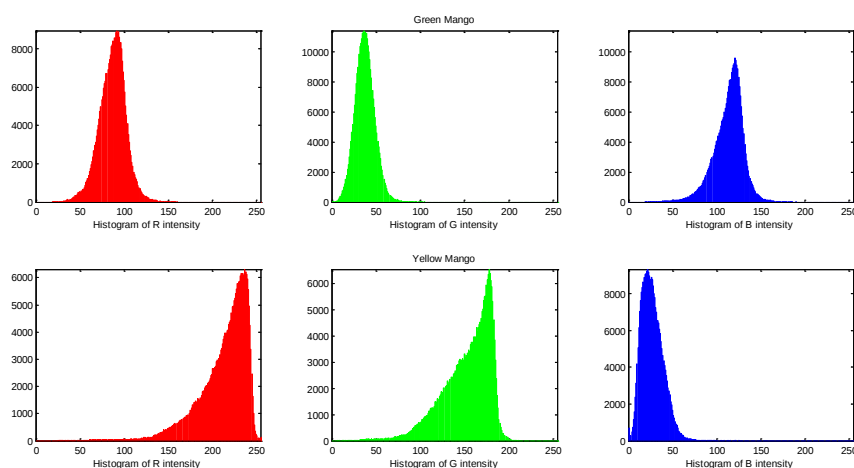
ลักษณะเด่นที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะแรกคือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นสีในพื้นที่ที่สนใจ โดยพื้นที่ที่สนใจนี้เลือกจากการสร้างกรอบพื้นที่ที่อยู่บริเวณรอบจุด Centroid หากพื้นที่รอบจุด Centroid มีจุดดำหนา กรอบพื้นที่จะถูกเลื่อนไปจากจุด Centroid จนกระทั่งเจอพื้นที่ที่ไม่มีจุดดำหนา ตัวอย่างภาพกรอบพื้นที่ ที่สนใจ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของค่าสี ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กรอบพื้นที่ที่สนใจและค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของค่าสี

3.3 ค่าสูงสุดของค่าความเข้มข้นสีในเพลนสีแดง

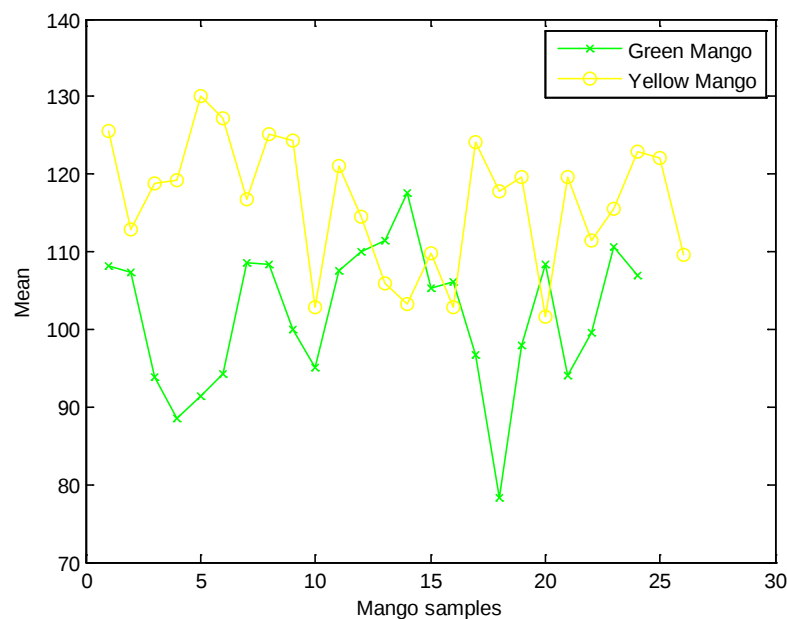
ลักษณะเด่นอย่างที่สองที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ค่าสูงสุดของค่าความเข้มข้นสีในเพลนสีแดงของพื้นที่ผลมะม่วง ดังแสดงในภาพที่ 6 ฮิสโตแกรมจากการรวบรวมค่าความเข้มข้นของสีจากภาพผลมะม่วงสุก 24 ภาพ และภาพผลมะม่วงดิบ 26 ภาพ ค่าสูงสุดค่าความเข้มข้นสีในทั้งสามเพลนของมะม่วงสุกและมะม่วงดิบนั้นแตกต่างกัน แต่เพลนสีแดงถูกนำมาใช้ในการดึงลักษณะเด่นค่าสูงสุดของค่าความเข้มข้นเนื่องจากค่าลักษณะของฮิสโตแกรมของเพลนสีแดงมีการกระจายดีกว่าเพลนสีเขียวและเพลนสีน้ำเงิน



ภาพที่ 6 กราฟฮิสโตแกรมในเพลนสีแดงมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด

3.4 ค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นของสี

ภาพที่ 7 แสดงกราฟของค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นสีในภาพสี RGB จากภาพผลมะม่วงสุก 26 ภาพ และภาพผลมะม่วงดิบ 24 ภาพ จากภาพที่ 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นสีของภาพผลมะม่วงสุกจะมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสีในภาพผลมะม่วง จากกลุ่มตัวอย่างค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นสีของมะม่วงดิบและมะม่วงสุกเพียงจำนวนเล็กน้อยที่ทับซ้อนกัน ค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นสีรวมจึงสามารถใช้ประกอบการวิเคราะห์เพื่อแยกประเภทมะม่วงดิบและมะม่วงสุกได้



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นสีในพื้นที่ผลมะม่วง

3.5 การแยกประเภท

อัลกอริทึมที่ใช้ในการแยกประเภทมะม่วงในการทดลองนี้คือเบย์เซียนและ และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

เบย์เซียน

การแยกประเภทด้วยเบย์เซียนใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นตามกฎของเบย์ (Bayes' theorem) (นัศพีชาณณ, 2556) เพื่อหาว่าสมมติฐานใดน่าจะถูกต้องที่สุด โดยใช้ความรู้ก่อนหน้า (Prior knowledge) ได้แก่ ความน่าจะเป็นก่อนหน้าสำหรับสมมติฐานหนึ่งๆร่วมกับข้อมูล เช่น ความน่าจะเป็นที่สังเกตได้สำหรับสมมติฐานหนึ่งๆ เพื่อหาสมมติฐานที่ดีที่สุดการเรียนรู้แบบเบย์อาศัยหลักการของการคำนวณความน่าจะเป็นของแต่ละสมมติฐาน (ในที่นี้คือคลาสเป้าหมายหรือผลลัพธ์การทำนาย) โดยทฤษฎีแบบเบย์เป็นการเรียนรู้เพิ่มเติม เนื่องจากตัวอย่างใหม่ที่ได้มาถูกนำมา

ปรับเปลี่ยนการแจกแจงซึ่งมีผลต่อการเพิ่ม หรือ ลดความน่าจะเป็น วิธีการนี้ตัวแบบจะถูกปรับเปลี่ยนไปตามตัวอย่างใหม่ที่ได้โดยผนวกกับความรู้เดิมที่มีซึ่งการทำนายค่าคลาสเป้าหมายของตัวอย่างใช้ความน่าจะเป็นมากที่สุดของทุกสมมติฐาน

จากทฤษฎีของเบย์ เราสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของสมมติฐานต่างๆโดยใช้สมการ

$$P(x|Y) = \frac{P(Y|x) * P(x)}{P(Y)} \quad (1)$$

Y แทนข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณการแจกแจงความน่าจะเป็น posteriori probability ของสมมติฐาน x คือ $P(x|Y)$ ตามทฤษฎี

$P(x)$ คือ ความน่าจะเป็นก่อนหน้าของสมมติฐาน

$P(Y)$ คือ ความน่าจะเป็นก่อนหน้าของชุดข้อมูลตัวอย่าง Y

$P(x|Y)$ คือ ความน่าจะเป็นของ x เมื่อรู้ Y

$P(Y|x)$ คือ ความน่าจะเป็นของ Y เมื่อรู้ x

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เป็นอัลกอริทึมที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจจับและจำแนกวัตถุหรือกลุ่มของข้อมูลได้ โดยอาศัยระยะนำมาใช้ในการแบ่งเขตของข้อมูลออกเป็นสองฝั่ง และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน จะมีคุณลักษณะแบบ inner-product ระหว่างตัว support vector และ input vector การสร้างไฮเปอร์เพลนที่เหมาะสม จะนิยามระยะห่างระหว่างจุดของข้อมูลที่อยู่ใกล้กับไฮเปอร์เพลนมากที่สุดทั้งสองด้าน คือ y_+ และ y_- ระยะมาร์จิ้น γ เกิดจากระยะ $(y_+) + (y_-)$ เพราะฉะนั้นไฮเปอร์เพลนที่เหมาะสม คือไฮเปอร์เพลนที่มีค่ามาร์จิ้น γ กว้างที่สุดดังแสดงในภาพที่ 3 โดยข้อมูลตัวอย่างที่อยู่บนขอบของมาร์จิ้น γ จะถูกเรียกว่าซัพพอร์ตเวกเตอร์ (Support Vector) (Cristianini N, 2000)

แยกประเภทลักษณะเด่นของผลมะม่วง

ซึ่งการจัดกลุ่มข้อมูลทั้งสองวิธีนี้จะต้องมีขั้นตอนการ train ในงานวิจัยนี้ใช้ภาพมะม่วงสุกจำนวน 26 ภาพ และ ภาพมะม่วงดิบจำนวน 24 ภาพ เก็บคุณลักษณะเด่นของภาพเพื่อใช้ในการเทรนเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นสำหรับการแยกประเภทด้วยเบย์เซียน และการเทรนเพื่อหาไฮเปอร์เพลนที่เหมาะสมสำหรับวิธีการแยกประเภทด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เมื่อเสร็จสิ้นการเทรนแล้วผลลัพธ์จากการเทรนของทั้งวิธีเบย์เซียนและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจะนำไปใช้ในการแบ่งกลุ่มลักษณะเด่นของภาพผลมะม่วงจากนั้นนำข้อมูลภาพผลมะม่วง

4. ผลการวิจัย

การทดลองคัดแยกมะม่วงตามประเภทมะม่วงดิบและมะม่วงสุก ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองคือภาพมะม่วงเคนท์จากฐานข้อมูลของ COFILAB ข้อมูลตัวอย่างภาพมะม่วงได้มาจากระบบการถ่ายภาพที่มีการกำหนดระยะห่างระหว่างเลนส์และวัตถุที่แน่นอน และมีการควบคุมแสงโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Sergio *et al.*, 2014 and Ankur *et al.*, 2014) ข้อมูลภาพที่ใช้ทดลองจำนวน 100 ภาพ ประกอบด้วยภาพผลมะม่วงดิบ 46 ภาพ และภาพผลมะม่วงสุก 54 ภาพ ภาพที่ใช้ในการเทรนประกอบด้วยภาพมะม่วงดิบ 24 ภาพ และภาพมะม่วงสุก 26 ภาพ ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับจากโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ

วิธีการ	จำนวนภาพที่แยกประเภทได้		ความถูกต้อง (%)
	ถูกต้อง		
	มะม่วงสุก (54ภาพ)	มะม่วงดิบ (46 ภาพ)	
เบย์เซียน	44	44	88%
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	46	37	83%
ชี่น			

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เบย์เซียนและการประมวลผลภาพสำหรับการคัดแยกมะม่วงซึ่งมุ่งเน้นไปทางด้วยการคัดแยกประเภทตามความสุก/ดิบของมะม่วง โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะของสีจากพื้นผิวของผลมะม่วง การแยกประเภทผลมะม่วงโดยใช้เบย์เซียนร่วมกับคุณลักษณะของสี ให้ค่าความถูกต้องในการแยกประเภทมะม่วง 88% การแยกประเภทผลมะม่วงโดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนร่วมกับคุณลักษณะของสี ให้ค่าความถูกต้องในการแยกประเภทมะม่วง 83% การแยกประเภทผลมะม่วงโดยใช้เบย์เซียนร่วมกับคุณลักษณะของสีให้ค่าความถูกต้องมากกว่า การแยกประเภทผลมะม่วงโดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนร่วมกับคุณลักษณะของสี ถึง 5%

งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อโดยการวิเคราะห์จุดดำหนิที่พื้นผิวผลมะม่วง และการคัดเกรดผลมะม่วงตามเกณฑ์ขนาดของผลมะม่วงด้วยการประมวลผลภาพ และออกแบบระบบการตรวจสอบมะม่วงด้วยการมองเห็นซึ่งประกอบด้วยส่วนซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาด้านงานอุตสาหกรรมมะม่วงต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณขอขอบคุณ COFILAB (Computers and optics in food inspection laboratory) สำหรับข้อมูลภาพผลมะม่วงที่ใช้ในงานวิจัย และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

7. เอกสารอ้างอิง

- ไกรศร ตั้งโอภากุล, สาวิตร์วิทย์ไพศาล, สมชาติ รุ่งเรืองสรการ, และสรร รัตนสัญญา. (2557). การประมวลผลภาพและประยุกต์วิธี SVM ในการนับจำนวนและวัดขนาด Staphylococci จากกล้องจุลทรรศน์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 24(2), 385-397
- ณัฐวุฒิ ปั้นรูป, Guangqian Chen, และอัฐพร กิ่งบุ. (2558). การจำแนกข้อมูลโดยใช้เคมีนและเอสวีเอ็มแบบหลายกลุ่มสำหรับระบบตรวจจัดการบุกรุก. การประชุมวิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (National Conference on Information Technology : NCIT) ครั้งที่ 7. คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก, ตาก.
- นศพร ชานัน ชินปัญญชนะ. (2556). การแปลความหมายภาพด้วยแนวคิดพื้นฐานความสัมพันธ์ของกราฟแบบลำดับชั้น, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพฯ.
- นิธิภัทร์ เพชรมงคลจรัส และธนสนี เพียรตระกูล. (2557). การให้คำนำหน้บทบนคุณลักษณะที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลของผ้าหลอกลวงขายสินค้าออนไลน์. The Tenth National Conference on Computing and Information Technology, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- วัชรินทร์ แสงมา, พิษณุ ทองขาว, และอรศิริ จันทรเมือง. (2556). การพยากรณ์ความต้องการเหล็กภายใต้ความไม่แน่นอนโดยวิธีแบบเบย์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.
- สุรเดช บุญลือ, ชฎาพร สุขแจ่ม, และศศิธร สนิทผล. (2554). การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์แมชชีนในการทำนายการอยู่รอดของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม. การประชุมเชิงวิชาการ “ศรีนครินทร์วิโรฒวิชาการ” ครั้งที่ 5 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- อนล ไพศาล, และธีรสิทธิ์ เกษตรเกษม. (2554). การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ป่นในถั่วเขียว โดยการวิเคราะห์ภาพถ่าย. แก่นเกษตร, 39(3), 240-247.
- อชฌา อระวีพร. (2555). การวิเคราะห์เบสจากโปรแกรมวันบิกสู่โปรแกรมอาร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

- Anker M., Bijal T., & Sapan, N. (2014). Quality inspection and classification of mangoes using color and size features. **International Journal of Computer Applications**, 98(1).
- Cristianini N, & Taylor J. S. (2000). **An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods**. Cambridge: Cambridge University Press.
- Froese, R., Thorson, J. T., & Reyes, R. B. (2014). A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. **Journal of Applied Ichthyology**, 30(1), 78-85.
- Ghanad, N. K., & Ahmadi, S. (2015). Combination of PSO algorithm and Naive Bayesian classification for Parkinson disease diagnosis. **Advances in Computer Science**, 4(4), 119-125.
- Sergio, C., Maria, P. D., Jose, B., Tardáguila, J. T., Borja, M., & Nuria, A. (2014). A new method for pedicel/peduncle detection and size assessment of grapevine berries and other fruits by image analysis. **Biosystems Engineering**, 117, 62-72.
- Thomas, N., & Neal, G. Jr. (1982). Median filters some modifications and their properties. **IEEE Transactions on Acoustics Speech and Signal Processing**, 30(5), 739-746.
- Otsu, N. (1975) A threshold selection method from gray-level histograms. **Automatica**, 11(285-296): 23-27.

การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของวัสดุด้วยการปรับปรุงผังโรงงาน

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF MATERIAL FLOW

BY USING PLANT LAYOUT IMPROVEMENT

อดิเรก ชัยนวกุล^{1*}, อลงกรณ์ เมืองไหว² และ ธนิดา ไชนงนุช²

Adirake Chainavakul^{1*}, Alongkorn Muangwai² and Thanida Khanongnuch²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ประเทศไทย 50300

²คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

²Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: adirake@rmutl.ac.th

วันที่เข้ารับ 14 พฤษภาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 10 มิถุนายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของวัสดุของผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปที่มีหลายผลิตภัณฑ์ พบว่ามีปัญหาการไหลของวัสดุ คือ เส้นทางขนถ่ายวัสดุตัดกัน และย้อนกลับมาเกินไป ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยและก่อให้เกิดระยะทางการขนถ่ายวัสดุสูง ดังนั้นการปรับปรุงผังโรงงานให้การขนถ่ายวัสดุทำได้รวดเร็วขึ้น และมีระยะทางที่สั้นลง จะช่วยให้ประสิทธิภาพของการไหลของวัสดุเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ปรับปรุงผังโรงงานขึ้นมาทั้งหมด 6 แบบ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผังโรงงานหลังปรับปรุงแบบที่เหมาะสมที่สุด ทำให้การไหลของวัสดุมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยมีระยะทางการขนถ่ายวัสดุลดลง 27.41% ระยะเวลารับขนถ่ายวัสดุลดลง 33.47% และมีความปลอดภัยในการทำงานเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การไหลของวัสดุ, การขนถ่ายวัสดุ, การปรับปรุงผังโรงงาน

Abstract

This research aimed to improve material flow of multiple processed fruit products. There are two material flow problems in this process: cross traffic and back tracking. The plant layout improvement was used to reduce material handling distance and time. Five new plant layouts were designed then they were compared with the existing plant layout. Then, these plant layouts were evaluated to choose the more appropriate plant layout. The results of the research showed that material handling distance and time in the production line were decreased by 27.41% and 33.47%, respectively. The new model was not only improving the working environment, but also satisfying all workers for safety working.

Keywords: Material flow, Material handling, Plant layout improvement

1. บทนำ

เนื่องด้วยสภาวะปัจจุบัน รูปแบบของระบบการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรมมีความหลากหลายมากขึ้น ทำให้การทำให้การผลิตอย่างเดียวยังไม่เป็นผลดีต่อโรงงานอุตสาหกรรม การออกแบบผังโรงงานจึงเป็นกลยุทธ์ที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน เพราะทำให้เกิดผลดีต่อองค์กรในหลายๆ ด้าน ซึ่งการออกแบบผังโรงงานและการปรับปรุงผังโรงงานอยู่ตลอดเวลาก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยทั่วไปการวางผังโรงงานและการออกแบบผังโรงงานมีเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งจะมุ่งให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยลดการสูญเสียของแรงงาน วัสดุ เวลาของเครื่องจักร การขนถ่ายวัสดุ การจัดสถานที่ทำงานให้ถูกต้อง การวางตำแหน่งเครื่องจักรให้เหมาะสม และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และทำให้เกิดบรรยากาศของการทำงานที่ดี (วันชัย ริจิรวนิช, 2541)

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการวางผังโรงงาน อันเป็นวิธีการสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยได้ทำการวางผังโรงงานตามรูปแบบของการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic layout planning: SLP) โดยทำตามขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้มาเพื่อผังโรงงานที่ได้รับการปรับปรุงขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (สมศักดิ์ ตรีสัตย์, 2553) โดยวัตถุประสงค์ของการวางผังโรงงาน คือ การเพิ่มประสิทธิภาพโดยอาศัยหลักวิชาหรือวิธีการต่าง ๆ การออกแบบและการจัดวางผังโรงงานจึงควรที่จะให้ได้มาซึ่งการเพิ่มขึ้นของผลผลิต ลดความล่าช้าในการผลิต การใช้เนื้อที่ที่มีอยู่ให้ได้ประโยชน์สูงสุด ลดเวลาการผลิตให้สั้นลง การลดระยะทางในกระบวนการผลิต ความปลอดภัยในการขนถ่ายวัสดุ (ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์, 2535) ซึ่งการขนถ่ายวัสดุเป็นการวางแผนการเคลื่อนที่ของวัสดุที่ถูกต้อง ถูกสถานที่ ถูกเวลา จำนวนที่ถูกต้อง ถูกตำแหน่ง ถูกเงื่อนไข ในการจัดการควบคุม

การขนถ่ายวัสดุด้วยการจัดเตรียมสถานที่และตำแหน่งของวัสดุเพื่อเกิดความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และเก็บรักษาวัตถุดิบ ซึ่งวัสดุสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยมือและระบบอัตโนมัติ เพื่อให้เกิดการลดต้นทุนการผลิต ผู้วางแผนจัดการการขนถ่ายวัสดุต้องเข้าใจถึงกฎของการขนถ่ายวัสดุ โดยการปรับปรุงการขนถ่ายวัสดุจะส่งผลให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน การทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ระยะทางในการขนถ่ายวัสดุสั้นลง (Fred and Matthew, 2005) และจากที่ได้สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการประยุกต์ใช้วิธีการวางผังโรงงานไปประยุกต์ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย เช่น รุ่งศักดิ์ ฤทธิศร ได้ทำการเปรียบเทียบผังโรงงานเดิมกับผังโรงงานที่ออกแบบใหม่ ได้ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตเสื้อผ้าย้ายด้วยเทคนิคการออกแบบและปรับผังโรงงานพบว่าผังโรงงานรูปแบบที่ 1 ระยะทางในการขนถ่ายวัตถุดิบลดลงเหลือเพียง 689.43 เมตรหรือลดลงเท่ากับ 21.06 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาในการขนถ่ายวัตถุดิบลดลงเหลือ 79.92 นาทีต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์ ผังโรงงานรูปแบบที่ 2 มีระยะทางในการขนถ่ายวัตถุดิบลดลงเหลือเพียง 819.12 เมตรหรือลดลงเท่ากับ 6.21 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาในการขนถ่ายวัตถุดิบลดลงเหลือ 89.92 นาทีต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ (รุ่งศักดิ์ ฤทธิศร, 2550)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของวัสดุของผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปที่มีหลายผลิตภัณฑ์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาข้อมูล

3.1.1 การศึกษาข้อมูลด้านตัวผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่โรงงานกรณีศึกษาทำการผลิตมีดังนี้

- (1) กล้วยตากอบน้ำผึ้งแบบถุงห่อฟอยด์
- (2) กล้วยตากอบน้ำผึ้งแบบกล่องใส
- (3) มะขามจี๊ดจ๊าดแบบกระปุก
- (4) มะขามจี๊ดจ๊าดแบบถุง 5 กิโลกรัม
- (5) มะม่วงหิ
- (6) มะขามแก้ว
- (7) มะขามหวาน

โดยวิธีการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์จะรวบรวมโดยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตหลายผลิตภัณฑ์ (Multi product process chart)

3.1.2 การศึกษาข้อมูลด้านสถานงาน เป็นการศึกษาถึงลักษณะ ชนิดของผังโรงงาน การจัดสถานงาน และตำแหน่งของสถานงานที่ทำการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์

3.1.3 การศึกษาข้อมูลด้านระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ การศึกษา ระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ โดยวิธีการจับเวลาในขณะที่มีการขนถ่ายวัสดุ ทำการ จัดเก็บข้อมูลระยะทางและระยะเวลาไว้ในช่องระยะทางและช่องเวลาของแผนภูมิการไหลของ กระบวนการผลิต (Flow process chart)

3.1.4 การศึกษาข้อมูลด้านการไหล ของกระบวนการผลิต การศึกษาการไหลของ กระบวนการผลิตในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลจากวิธีการผลิต และข้อมูลด้านระยะทางที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ ว่าเส้นทางการขนถ่ายวัสดุเป็นอย่างไร ซึ่งเราจะนำมาเขียนแผนภาพการไหล (Flow diagram)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษาทำการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการแปรรูปผลไม้ทั้งสิ้น โดยการผลิตของโรงงานกรณีศึกษานี้จะเป็นการผลิตปริมาณมาก (Mass product) ซึ่งบางผลิตภัณฑ์ อาจมีวิธีการผลิตที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันโดยจะวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถานีนงาน การจัดผังโรงงานในปัจจุบันนั้น ได้จัดสถานีนงาน ตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Product layout) ซึ่งแต่ละสถานีนงานจะมีเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ต้องใช้เป็นของ สถานีนงานนั้นๆ เอง และพบปัญหาว่ากระบวนการผลิตของบางผลิตภัณฑ์ ไม่มีความต่อเนื่อง ซึ่งทางที่ ดีควรจะปรับปรุงให้สถานีนงานของผลิตภัณฑ์เดียวกันอยู่ใกล้กันมากที่สุด

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ ในการขนถ่ายวัสดุ ของทางโรงงานกรณีศึกษานั้น ได้ใช้รถเข็นเป็นอุปกรณ์ในการขนถ่ายวัสดุ เนื่องจากทางโรงงานมี กระบวนการที่ไม่ต่อเนื่องกันทำให้ระยะทางการขนถ่ายสูงเกินความจำเป็น อีกทั้งยังมีเส้นทางการขน ถ่ายที่การทับซ้อนกัน และเส้นทางการขนถ่ายมีการย้อนกลับไปกลับมา ปัญหานี้ก่อให้เกิดความสิ้น ใหลในการทำงานที่ลดลง

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการไหล ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการไหลจะทำความเข้าใจกับ การวิเคราะห์ข้อมูลด้านระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ ซึ่งข้อมูลด้านการไหลนั้นต้องเป็นไป ตามกฎการไหลของวัสดุเพื่อให้เกิดการไหลที่มีความเหมาะสม และจะช่วยให้เห็นภาพและลำดับของ การทำงานได้อย่างชัดเจนซึ่งจะต้องใช้เมื่อต้องมีการออกแบบและวางผังโรงงานใหม่เกิดขึ้น

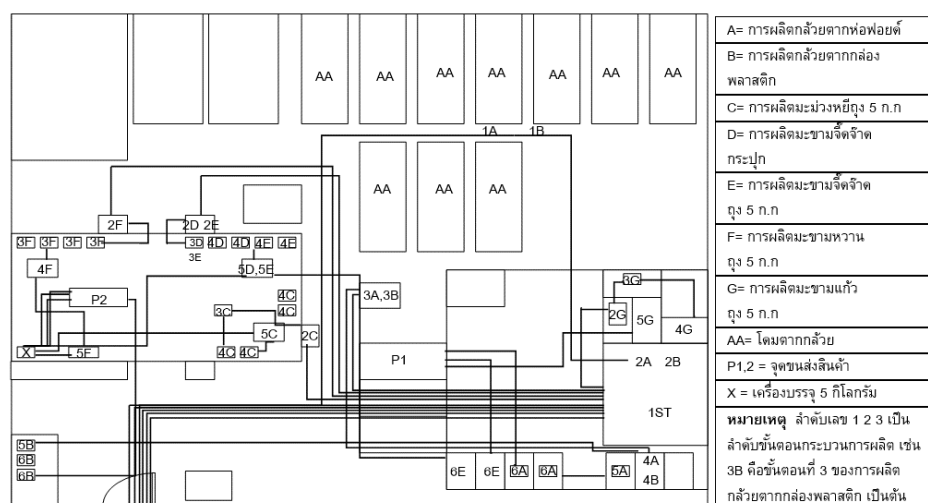
3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจัดสรรเนื้อที่ และการทำแผ่นแม่แบบ ในการวิเคราะห์ ข้อมูลที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งคณะผู้วิจัยได้นำหลักการเรื่องการออกแบบและการ วางผังโรงงาน มาช่วยในการแก้ไขปัญหของโรงงาน โดยการสร้างแผ่นแม่แบบที่มีมาตราส่วนเท่ากับ ผังโรงงานจริงขึ้นมา เพื่อจะได้ทำการจัดสรรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้ได้ผังโรงงานที่มี ประสิทธิภาพมากขึ้น

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการออกแบบผังโรงงานใหม่ หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งหมดแล้วนั้น คณะผู้วิจัยสามารถพิจารณาออกแบบผังโรงงานใหม่ทั้งหมด 5 แบบ โดยใช้

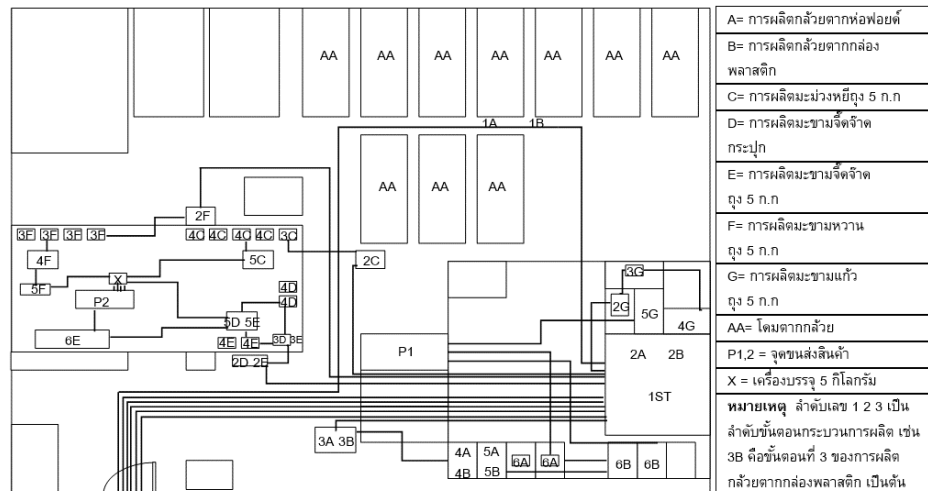
เครื่องมือและทฤษฎีการวางแผนโรงงานอย่างเป็นระบบ เพื่อพัฒนาผังโรงงานแบบใหม่ที่เหมาะสมที่สุด โดยเน้นเรื่องการลดระยะทางและเวลาในการขนถ่ายวัสดุ โดยเน้นความปลอดภัยเป็นหลักในการทำงาน

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีการวางแผนโรงงาน การขนถ่ายวัสดุ และการศึกษาถึงสภาพปัญหาปัจจุบันของทางโรงงานกรณีศึกษานั้น มีเส้นทางการไหลของผังต้นแบบดังภาพที่ 1 พบว่ามีเส้นทางย้อนกลับและตัดกันหลายจุด ซึ่งอาจเป็นที่มาของความไม่สิ้นเปลืองในการขนถ่ายวัสดุและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่าย คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบผังโรงงานแบบปรับปรุงขึ้นมาทั้งหมด 5 แบบ โดยคำนึงถึงการลดเส้นทางย้อนกลับและตัดกัน ลดระยะทางและเวลาในการขนถ่ายเป็นสำคัญ ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางในการขนถ่ายวัสดุของผังโรงงานต้นแบบกับผังโรงงานแบบปรับปรุงทั้ง 5 แบบ ในขณะที่ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการขนถ่ายวัสดุ จากตารางที่ 1 และ 2 สามารถสรุปได้ว่าผังโรงงานแบบปรับปรุงที่สามารถลดทั้งระยะทางและเวลาได้มากที่สุด คือ ผังปรับปรุงแบบที่ 5 ซึ่งสามารถลดระยะทางที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุจาก 2,619 เมตรต่อรอบ เหลือ 1,901 เมตรต่อรอบ หรือลดลง 718 เมตรต่อรอบ คิดเป็น 27.41 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุจาก 1,720.28 วินาทีต่อรอบ เหลือ 1,144.48 วินาทีต่อรอบ หรือลดลงได้ถึง 575.80 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 33.47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผังปรับปรุงแบบที่ 5 หรือผังปรับปรุงแบบที่เหมาะสมที่สุด มีเส้นทางการไหลดังภาพที่ 2 ส่วนผังแบบปรับปรุงที่ลดระยะทางและเวลาได้น้อยที่สุด คือ ผังปรับปรุงแบบที่ 4 ซึ่งลดระยะทาง และระยะเวลาได้เพียง 21.42 เปอร์เซ็นต์ และ 26.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แสดงเส้นทางการไหลของผังโรงงานต้นแบบ



ภาพที่ 2 แสดงเส้นทางการไหลของผังโรงงานปรับปรุงแบบที่ 5
(ผังปรับปรุงแบบที่เหมาะสมที่สุด)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ

ผลิตภัณฑ์ ผังโรงงาน	ผังต้นแบบ	ผังปรับปรุง 1	ผังปรับปรุง 2	ผังปรับปรุง 3	ผังปรับปรุง 4	ผังปรับปรุง 5
กล้วยตาก (ห่อถุงฟอยด์)	495	430	360	360	360	360
กล้วยตาก (กล่องพลาสติก)	599	436	362	362	362	362
มะม่วงหึ่ม	256	270	310	328	310	256
มะขามจัดจืด (กระปุก)	419	195	236	261	311	208
มะขามจัดจืด (ถุง 5 กิโลกรัม)	347	201	220	266	300	224
มะขามหวาน	322	265	315	270	234	310
มะขามแก้ว	181	219	181	181	181	181
ระยะทางของการ ไหลรวม (เมตร)	2619	2016	1984	2028	2058	1901
ระยะทางที่ลดลง (เมตร)	0	603	635	591	561	718
ระยะทางที่ลดลง (%)	-	23.02	24.24	22.56	21.42	27.41



ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ

ผลิตภัณฑ์ ผังโรงงาน	ผังต้นแบบ	ผังปรับปรุง 1	ผังปรับปรุง 2	ผังปรับปรุง 3	ผังปรับปรุง 4	ผังปรับปรุง 5
กล้วยตาก (ห่อถุงฟอยด์)	324.73	272.54	216.52	216.52	216.52	216.52
กล้วยตาก (กล่องพลาสติก)	408.06	277.83	218.15	218.15	218.15	218.15
มะม่วงหิ	158.17	169.71	201.17	215.62	201.17	158.24
มะขามจี๊ดจ๊าด (กระปุก)	288.47	109	142.18	162.43	201.6	119.83
มะขามจี๊ดจ๊าด (ถุง 5 กิโลกรัม)	230.78	113.82	129.36	166.59	193.06	132.63
มะขามหวาน	212.39	165.3	205.04	169.34	141.4	201.43
มะขามแก้ว	97.68	128.09	97.68	97.68	97.65	97.68
เวลาของการไหล รวม (วินาที)	1720.28	1236.29	1210.10	1246.33	1269.55	1144.48
เวลาที่ลดลง (วินาที)	0	483.99	510.20	473.95	450.73	575.8
เวลาที่ลดลง (%)	-	28.13	29.65	27.55	26.20	33.47

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลวิจัย

จากการที่ได้ทำการเก็บข้อมูลจากทางโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีระยะทางการขนถ่ายวัสดุสูง และเส้นทางที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุก่อให้เกิดปัญหา เส้นทางขนถ่ายวัสดุย้อนกลับและตัดกันมากเกินไป ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน คณะผู้วิจัยจึงนำหลักการเรื่องการออกแบบและการวางผังโรงงาน มาช่วยในการแก้ไขปัญหาของโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการลดระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุให้ได้มากที่สุด และได้ออกแบบผังโรงงานแบบปรับปรุงขึ้นมาทั้งหมด 5 แบบ จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ระยะทางและเวลาในการขนถ่ายวัสดุของผังปรับปรุงแต่ละแบบ พบว่าผังปรับปรุงแบบที่ 5 สามารถลดทั้งระยะทางและเวลาได้มากที่สุด คือ ลดระยะทางที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุจาก 2,619 เมตรต่อรอบ เหลือ 1,901 เมตรต่อรอบ หรือลดลง 718 เมตรต่อรอบ คิดเป็น 27.41 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุจาก 1,720.28 วินาทีต่อรอบ เหลือ 1,144.48 วินาทีต่อรอบ หรือลดลงได้ถึง 575.80 วินาทีต่อรอบ

คิดเป็น 33.47 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผังแบบปรับปรุงที่ลดระยะทางและเวลาได้น้อยที่สุด คือ ผังปรับปรุงแบบที่ 4 ซึ่งลดระยะทาง และระยะเวลาได้เพียง 21.42 เปอร์เซ็นต์ และ 26.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากการเปรียบเทียบผังปรับปรุงแบบที่ 5 (ผังที่ลดระยะทางและเวลาได้มากที่สุด) และปรับปรุงแบบที่ 4 (ผังที่ลดระยะทางและเวลาได้น้อยที่สุด) พบว่า ผังปรับปรุงแบบที่ 5 มีการออกแบบให้ลดระยะทางที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุของผลิตภัณฑ์เพียงผลิตภัณฑ์เดียว คือ มะขามหวาน จึงทำให้ผลรวมของระยะทางขนถ่ายวัสดุออกมาไม่ดีเท่าที่ควร ส่วนปรับปรุงแบบที่ 5 นั้น ให้ความสำคัญกับหลายๆ ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะวางผังโรงงานโดยคำนึงถึงการลดระยะทางในการขนถ่ายวัสดุรวมให้ได้มากที่สุด ซึ่งอาจจะมีบางผลิตภัณฑ์ที่มีระยะทางการขนถ่ายสูงขึ้น แต่มีระยะทางในการขนถ่ายวัสดุรวมน้อยที่สุด

5.3 ปัญหาที่พบในการดำเนินงานวิจัย

ในการปรับปรุงผังโรงงานนั้น อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งอุปกรณ์ และเครื่องจักรบางอย่างไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ จึงทำให้จะยังคงมีปัญหาบางอย่างที่ไม่สามารถแก้ไขได้หมดอย่างสิ้นเชิง เช่น เส้นทางรถไหลทับกัน เส้นทางตัดกัน เส้นทางย้อนกลับ เป็นต้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงผังโรงงาน โดยการวางผังโรงงานใหม่มีข้อจำกัดอยู่หลายด้าน ซึ่งอาจทำให้ได้ผลการปรับปรุงออกมาไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นอาจมีการนำหลักการและทฤษฎีอื่นๆ มาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น การลดต้นทุน ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถนำงานวิจัยนี้ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงผังโรงงานอื่น ๆ ต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- ชัยนันท ศรีสุภินานนท์. (2535). **การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต**. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ, หน้า 21-23.
- รุ่งศักดิ์ ฤทธิศร. (2550). **การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิตในการผลิตเสื้อผ้าส่งออก**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วันชัย ธิวัชรนิช. (2541). **การออกแบบผังโรงงาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ ตรีสัตย์. (2553). **การออกแบบและวางผังโรงงาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- Fred, E. M., & Matthew, P. S. (2005). **Manufacturing facilities design and material handling**. (3rd ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.

การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก สำหรับร้านไม้ไทย COFFEE จังหวัดอุดรดิตถ์ DEVELOPMENT OF WOODEN FURNITURE FOR COFFEE SHOP, UTTARADIT PROVINCE

สิงหา ประรอมณ์^{1*}

Singha Prarom^{1*}

¹หลักสูตรเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

อ.เมือง จ.อุดรดิตถ์ ประเทศไทย 53000

¹Product Design Technology, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University,

Muang, Uttaradit, Thailand, 53000

*Corresponding author: Singha@uru.ac.th

วันที่เข้าระบบ 6 มิถุนายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 10 กรกฎาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก สำหรับร้านไม้ไทย Coffee จังหวัดอุดรดิตถ์มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก และเพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภคการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกศึกษาข้อมูลร้านไม้ไทย พบว่าต้องการใช้รูปลักษณะของเมล์ดกาแฟ เป็นแนวทางในการออกแบบสำหรับตกแต่งร้านกาแฟไม้ไทย โดยใช้หลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ เน้นเรื่องความปลอดภัย และความแข็งแรง จากนั้นระดมร่างแนวคิดจากเมล์ดกาแฟ สรุปความคิดรวบยอด และปรับรูปแบบสำหรับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ส่วนที่ สองทำการศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์หลังการพัฒนา ผลของการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 234 คน เป็นผู้ชาย ร้อยละ 54.70 หญิง ร้อยละ 45.3 ตามลำดับ ความพึงพอใจของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ($\bar{x}=3.83$, S.D.=0.35) ส่วนรายการที่มากที่สุดคือ เฟอร์นิเจอร์มีความปลอดภัยขณะนั่งใช้งานระดับความพึงพอใจมาก ($\bar{x}=3.95$, S.D.=0.82) และสุดท้ายคือรายการความเหมาะสมในด้านความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ($\bar{x}=75$, S.D.=1.00) ตามลำดับ

คำสำคัญ: การพัฒนา, เฟอร์นิเจอร์, ไม้สัก

Abstract

The research on the development of teak wooden furniture for Mai Thai Coffee Shop in Uttaradit Province aimed to develop teak furniture and to study consumers' satisfaction. This research was divided into two parts. In Part 1, the decoration of coffee shop was studied, and it was found that the store decoration was based on a coffee bean shape. The concept of furniture design was also focused on safety and durability. Then all of concepts were gathered, drafted, and concluded to modify the styles of furniture production. In Part 2, the levels of consumers' satisfaction towards the developed furniture were studied. The number of the questionnaire respondents was 234 people: 54.70% were male and 45.30% were female. The results showed that the satisfaction of most customers was at high level ($\bar{x}=3.83$, S.D.=0.35). The furniture with safety in use was the most satisfied aspect ($\bar{x}=3.95$, S.D.=0.82), while the beauty of the furniture was the least satisfied aspect ($\bar{x}=75$, S.D.=1.00).

Keywords: Development, Furniture, Teak

1. บทนำ

จังหวัดอุดรธานี มีการปลูกและแปรรูปไม้สักจำนวนมาก ส่วนใหญ่นำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนและ เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ต่อมาได้มีการนำไม้สักนำมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์เพื่อจำหน่าย โดยร้านไม้ไทยเป็นร้านผลิตและจำหน่าย ไม้สักแปรรูป รวมทั้งการผลิต วงกบ ประตู หน้าต่าง รวมทั้งสินค้าที่ใช้เพื่อสร้างบ้าน และได้มีการนำไม้บางส่วนผลิตเพื่อเป็นเฟอร์นิเจอร์ภายในบ้าน ที่ภายในร้าน ไม้ไทย ได้เปิดร้านกาแฟเพื่อจำหน่ายให้กับผู้ที่มาใช้บริการของร้าน รวมทั้งผู้บริโภคที่สนใจดื่มกาแฟ ชื่อว่า ร้านไม้ไทย Coffee เป็นร้านกาแฟสดและร้านอาหารภายในร้าน ประดับร้านด้วยพันธุ์ไม้หลากหลายชนิดมีทั้งไม้ประดับตกแต่ง สร้างความร่มรื่นภายในร้าน โดยมีเฟอร์นิเจอร์ของทางร้านส่วนใหญ่ที่อยู่ภายในร้านกาแฟ เป็นเฟอร์นิเจอร์จากร้านไม้ไทย นำมาจัดวางเพื่อให้ผู้บริโภคได้ทดลองใช้บริการ ที่การประชาสัมพันธ์เฟอร์นิเจอร์ (เลิศนารี ประสมวงศ์)

จากการนำเฟอร์นิเจอร์ของร้านไม้ไทยนำมาจัดวางในร้านกาแฟ ส่งผลต่อความเหมาะสมของเฟอร์นิเจอร์ในร้านกาแฟ ที่ต้องการความสะดวกสบายเวลานั่งดื่ม เพื่อให้ได้รสชาติของกาแฟ แม้กระทั่งเฟอร์นิเจอร์ที่สูงกว่าปกติ เพื่อให้ลูกค้านั่ง แบบชั่วคราว และจากปัญหาดังกล่าวเป็นแนวคิดในการพัฒนารูปแบบของเฟอร์นิเจอร์สำหรับร้านไม้ไทย Coffee โดยนำเอกลักษณ์ของทางร้านมาพัฒนาโดยรวมเข้ากับเอกลักษณ์ของทางร้าน อาศัยหลักการออกแบบด้านความสวยงาม ทางด้านรูปทรง

ลดรายและด้านประโยชน์ใช้สอยเหมาะสมกับทางร้าน เป็นการช่วยส่งเสริมประชาสัมพันธ์ให้กับร้านไม้ไทย Coffee

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก สำหรับร้านไม้ไทย Coffee จังหวัดอุดรดิตถ์
- 2.2 เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์หลังการพัฒนา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มเป้าหมายชุมชน

ประชากร คือ ผู้ใช้บริการร้านไม้ไทย และผู้บริโภค กาแฟร้านไม้ไทย Coffee ภายใน 3 เดือน จำนวน 600 คน (เลิศนารี ประสมวงศ์, 2555) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการร้านไม้ไทย Coffee โดยการสุ่มแบบสุ่มบังเอิญ จากความคาดเคลื่อน 5% ตามหลักการของ Krejcie & Morgan ทำให้ทราบจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง 234 คน (ประยูร อาษานาม, 2544)

3.2 ขอบเขตในการพัฒนาเฟอร์นิเจอร์

เป็นการพัฒนารูปแบบเฟอร์นิเจอร์ให้กับร้านไม้ไทย Coffee 131/4 ม.1 ต.จัวงาม อ.เมือง จ.อุดรดิตถ์เพื่อเป็นการตกแต่งร้านโดยนำเอกลักษณ์ของเมืกกาแพ ที่ไม่ต้องการนั่งให้สะดวกสบายมากนัก และไม่มีรูปแบบการใช้งานที่หลากหลาย เนื่องจากร้านไม้ไทย Coffee ตั้งอยู่ติดถนนเส้นหลักเพื่อเดินทางต่อไปจังหวัดอื่นๆ พฤติกรรมผู้บริโภคส่วนใหญ่จะนั่งไม่ถึง 10-20 นาที จากนั้นเดินทางต่อ ส่งผลทำให้ต้องคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัย และความแข็งแรง เป็นส่วนใหญ่โดยอาศัยหลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ในการออกแบบ และวัสดุหลักที่ใช้เป็นไม้สักที่ผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ไม้มีคุณภาพที่ดีแล้ว จากร้านไม้ไทย จังหวัดอุดรดิตถ์ มีลดรายที่สวยงามและความแข็งแรง

3.3 ขอบเขตของการประเมินความพึงพอใจ

ผู้ผลิต ได้แก่ ผู้ประกอบการร้านไม้ไทยส่วนผู้บริโภค ได้แก่ ผู้บริโภคที่เข้ามาใช้บริการของทางร้านไม้ไทย และร้านไม้ไทย Coffee จังหวัดอุดรดิตถ์ เป็นผู้ให้ข้อมูลด้านความพึงพอใจ

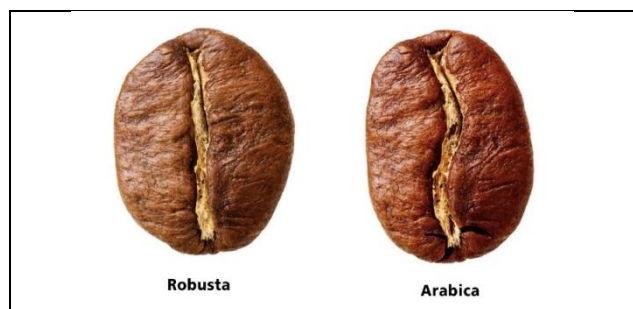
4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษารูปลักษณะที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบเฟอร์นิเจอร์ ร้านไม้ไทย Coffee



ภาพที่ 1 ร้านกาแฟ ไม้ไทย

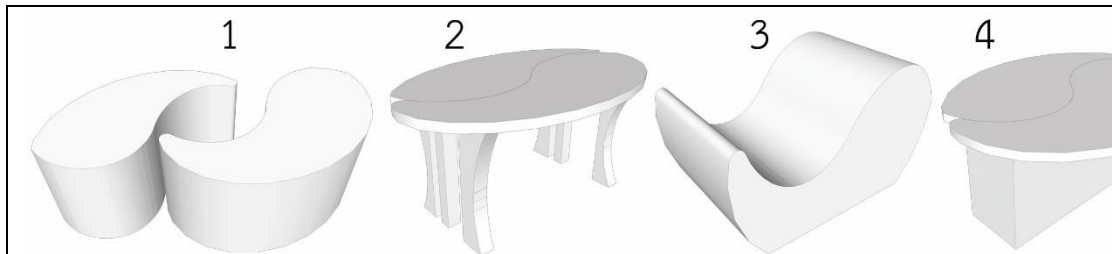
ร้านตั้งอยู่เลขที่ 131/4 ถนนสายอุตรดิตถ์-เด่นชัย ม.1 ต.จ้างาม อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ โดยเริ่มดำเนินการมาเป็นเวลา 10 ปีโดยประมาณ ร้านเฟอร์นิเจอร์ ผลิตและจำหน่ายไม้แปรรูปจากไม้สักเป็นส่วนใหญ่เฟอร์นิเจอร์ทุกชนิด เช่น ชุดโต๊ะกาแฟ เก้าอี้สนาม สามารถสั่งทำตามแบบพิเศษที่ลูกค้าต้องการ โดยชนิดของไม้ที่นำมาแปรรูปได้แก่ ไม้สักทอง ไม้แดงนอก และไม้ท้ว เป็นต้น ร้านไม้ไทย Coffee เป็นร้านจำหน่ายกาแฟสดอาหารว่าง และขนมหวาน จากการศึกษาเบื้องต้นทราบจากเจ้าของร้านทราบว่า ควรนำรูปลักษณะของเมล็ดกาแฟ รวมถึงใบของกาแฟเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดวางของร้านกาแฟ



ภาพที่ 2 รูปลักษณะกาแฟ โรบัสต้า และอาราบิก้า
(coffeeidiot, 2015)

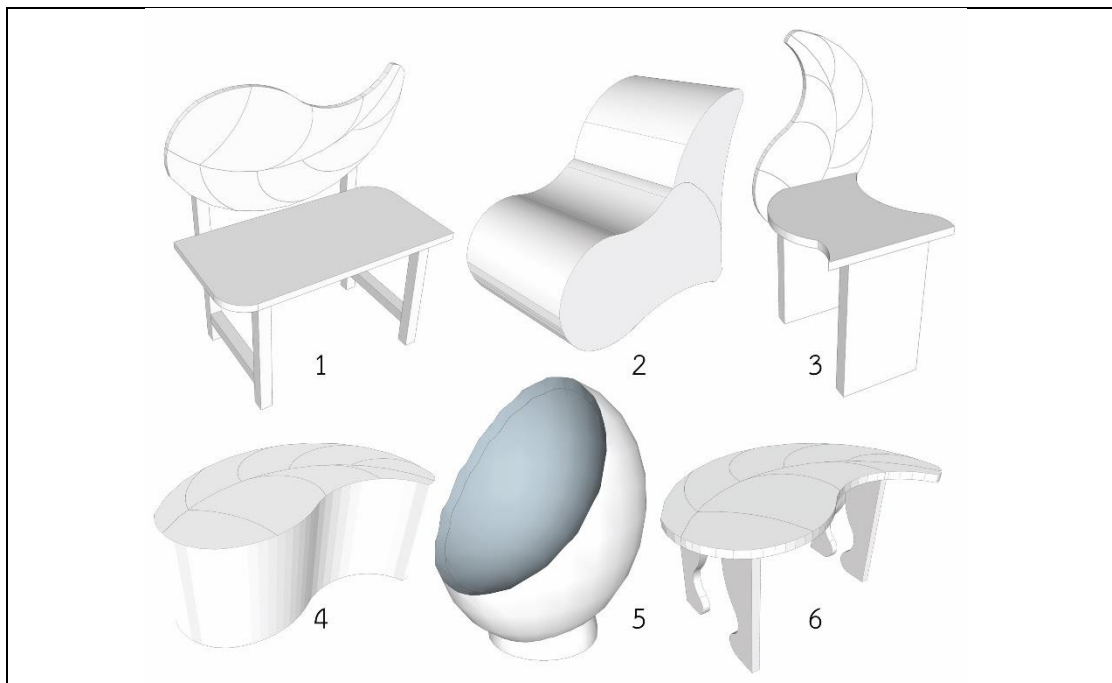
กาแฟมีหลายหลายสายพันธุ์แต่ที่นิยมคือมี 2 พันธุ์ (ไทยมีดี, 2552 : ออนไลน์) ได้แก่ อาราบิก้า (Arabica) ที่เป็นกาแฟแบบดั้งเดิม มีรสชาติดี และโรบัสต้า (Robusta) ซึ่งมีปริมาณกาเฟอีนสูงและสามารถปลูกในที่ที่ปลูกอาราบิก้าไม่ได้ ด้วยความที่มีความทนทานมากกว่าทำให้กาแฟโรบัสต้ามีราคาถูกกว่า แต่ผู้คนนิยมดื่มไม่มากนักเนื่องจากมีรสขมและเปรี้ยว ส่วนโรบัสต้าที่มีคุณภาพดีมักถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเอสเพรสโซ่ แบบผสม ลักษณะรูปลักษณะของเมล็ดกาแฟ ทั้ง 2 พันธุ์ จะมี

ขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก จะแตกต่างกันในรสชาติ เมล็ดของโรบัสต้าจะมีรูปลักษณะเกือบทรงกลม แต่อาราบิก้า จะเรียวยาว



ภาพที่ 3 การร่างแนวคิดจากเมล็ดกาแฟ

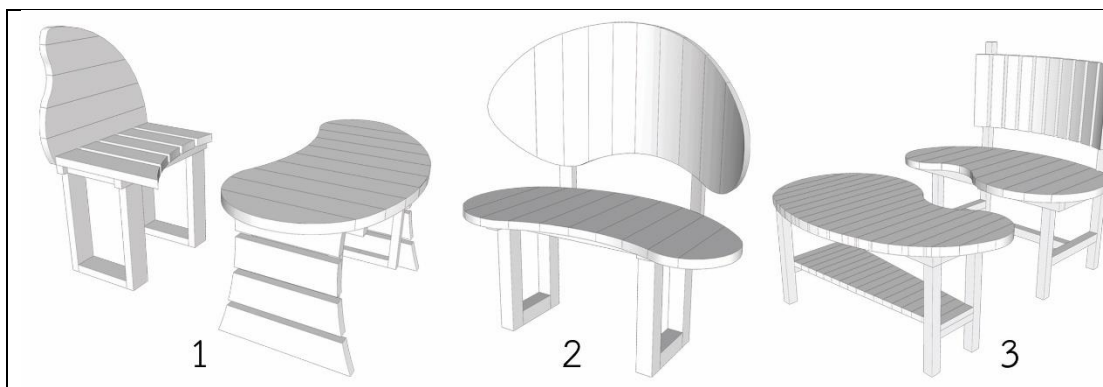
รูปลักษณะของเมล็ดกาแฟทั้ง 2 พันธุ์ ทั้งเกือบทรงกลม และวงรีเรียวยาว สามารถนำมาลดตัดทอนรูปลักษณะ ในการร่างแนวคิดในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ได้ค่อนข้างจำกัด แต่หากนำประยุกต์ใช้ร่วมกันกับวัสดุอื่น เช่น เหล็ก หรือไม้ จะเพิ่มความแข็งแรงให้กับเฟอร์นิเจอร์ จากแนวคิดนี้สามารถร่างออกมาได้หลากหลายเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ให้กับทางร้านไม้ไทย Coffee ในการสร้างให้เข้ากับร้านกาแฟ



ภาพที่ 4 รูปแบบแนวคิดได้จากรูปทรงของใบกาแฟ

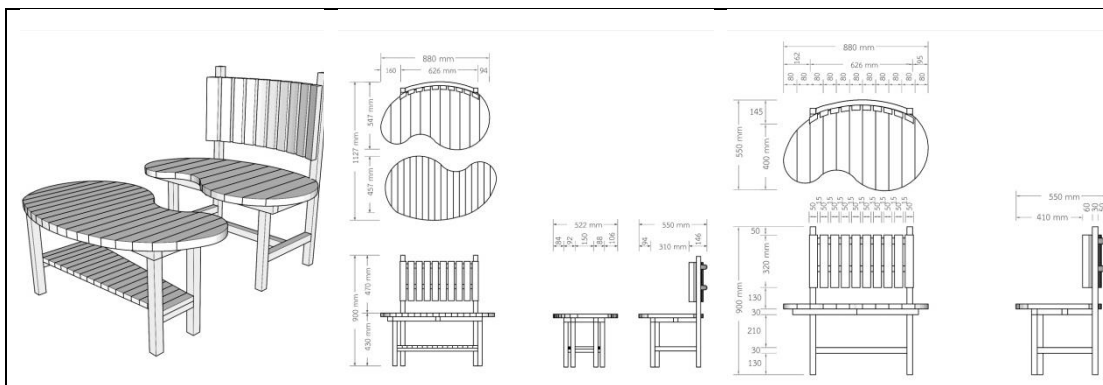
จากการร่างแนวคิดทั้งแนวคิดที่มาจากเมล็ดกาแฟ และใบของกาแฟ โดยการปรึกษาร่วมกับทางกลุ่มร้านไม้ไทย ทั้งเรื่องความเป็นไปได้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ที่ใช้ศักยภาพของทางร้านไม้ไทยผลิต จากนั้นได้ระดมร่างแนวคิดจากรูปลักษณ์ของใบกาแฟ

แนวคิดที่มาจากใบกาแฟ และเมล็ดกาแฟ นั้นหากใช้แนวคิดอย่างใด อย่างหนึ่งแล้ว จะเกิดความขัดแย้งในตัวเองขึ้นมาเนื่องจากทั้งใบและเมล็ด กาแฟ เป็นของคู่กัน โดยที่ต้นกาแฟเมื่อโตเต็มที่แล้วจะแตกกิ่งก้านสาขาออกไป จากนั้นจะทำการงอกใบตามมา และเกิดเมล็ดกาแฟตามมาทีหลังจากพฤติกรรมของต้นกาแฟนี้ ได้สรุปแนวคิดในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์คือส่วนที่เป็นที่นั่งจะใช้รูปลักษณ์ของเมล็ดกาแฟ ส่วนผนังพิงใช้รูปลักษณ์ของใบกาแฟ เป็นแนวทางในการออกแบบ



ภาพที่ 5 รูปแบบการพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ไม้สักจากรูปทรงของเมล็ดกาแฟ

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากใบและเมล็ดของกาแฟ ขึ้นมาจำนวน 3 รูปแบบ กำหนดขนาดตามขนาดมาตรฐาน จากนั้นทำการศึกษาระดับความต้องการของกลุ่มเฟอร์นิเจอร์ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการผลิต และเหมาะสมกับทางร้านมากที่สุด และพิจารณาในเรื่องต่าง ๆ ตามหลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์โดยเน้นเรื่องความปลอดภัย และความแข็งแรงเป็นหลักในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ทางกลุ่มฯ ได้คัดเลือกภาพหมายเลข 3 ในรูปที่ 5 เพื่อกำหนดขนาดสัดส่วนต่างๆ ทั้งเรื่องการเขียนแบบ ในแต่ละด้าน ด้านบน ด้านข้าง ด้านหน้า รวมถึงด้านบน เพื่อให้ง่ายต่อการผลิต



ภาพที่ 6 แบบเพื่อการผลิตของเฟอร์นิเจอร์ไม้สักจากรูปทรงของเมล็ดกาแฟ

ผลของการศึกษาระดับความพึงพอใจที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก จากรูปทรงของเมล็ดกาแฟ
หลังจากได้ทำการสรุปแนวความคิดตามกระบวนการออกแบบ จากนั้นได้ทำการผลิต
เฟอร์นิเจอร์ตามแนวคิดของเมล็ดกาแฟ สำหรับร้านกาแฟไม้ไทยขึ้น



ภาพที่ 7 เฟอร์นิเจอร์ไม้สักจากรูปทรงของเมล็ดกาแฟ

จากการศึกษาสำรวจความพึงพอใจต่อรูปแบบเฟอร์นิเจอร์จำนวน 1 รูปแบบ เพื่อนำไป
ผลิตเฟอร์นิเจอร์ ทำการสอบถามกลุ่มตัวอย่างจำนวน 234 คน จากนั้นเทียบระดับความพึงพอใจ
และทำการแปลผลข้อมูล ทราบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นชาย 128 คนร้อยละ 54.70 หญิง 106 คน
ร้อยละ 45.3 อายุผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 36 – 45 ปี จำนวน 76 คน ร้อยละ 32.5
รองลงมา อายุ 46–55 ปีจำนวน 62 คน ร้อยละ 26.5 ถัดมา ช่วงอายุ 26–35 ปี จำนวน 47 คน ร้อย
ละ 20.1 อายุ มากกว่า 55 ปี จำนวน 23 คน ร้อยละ 9.8 ช่วงอายุ 16–25 ปี จำนวน 20 คนร้อยละ
8.5 และ อายุต่ำกว่า 15 ปี จำนวน 6 คน ร้อยละ 2.6 ตามลำดับ ส่วนเป็นพนักงานของรัฐ
รัฐวิสาหกิจ จำนวน 83 คน ร้อยละ 35.5 รองลงมา ประกอบธุรกิจส่วนตัว จำนวน 66 คน ร้อยละ



28.2 ถัดมา รับจ้างทั่วไปจำนวน 34 คน ร้อยละ 14.5 ส่วนข้าราชการ จำนวน 33 คน ร้อยละ 14.1 และนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 18 คน ร้อยละ 7.7 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติบรรยายอธิบายลักษณะตัวแปรเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการเปรียบเทียบกับค่าของระดับของกลุ่มตัวอย่างโดยมีระดับของความพึงพอใจกลุ่มผู้บริโภค ดังนี้

5 มีระดับมากที่สุด	มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.50-5.00
4 คือระดับมาก	มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.50-4.49
3 คือระดับปานกลาง	มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.50-3.49
2 คือระดับน้อย	มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.50-2.49
1 คือระดับน้อยที่สุด	มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.00-1.49

ตารางที่ 1 แสดงระดับความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภค

ที่	รายการ	$\bar{x}$	S.D.	แปล ความหมาย
1	เฟอร์นิเจอร์มีความปลอดภัยขณะนั่งใช้งาน	3.95	0.82	ระดับมาก
2	ความแข็งแรงของเฟอร์นิเจอร์	3.85	0.97	ระดับมาก
3	ความเหมาะสมของรูปทรงเฟอร์นิเจอร์กับรูปแบบการตกแต่งของร้าน ไม้ไทย Coffee	3.86	0.89	ระดับมาก
4	ความเหมาะสมของโครงสร้างขนาดสัดส่วนของเฟอร์นิเจอร์	3.80	0.94	ระดับมาก
5	ความเหมาะสมของวัสดุที่เลือกใช้ทำเฟอร์นิเจอร์	3.79	0.90	ระดับมาก
6	ความเหมาะสมในด้านความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์	3.75	1.00	ระดับมาก
7	กรรมวิธีการผลิตเฟอร์นิเจอร์สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว	3.84	0.98	ระดับมาก
8	แก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดของเฟอร์นิเจอร์	3.82	0.91	ระดับมาก
ผลรวม		3.83	0.35	ระดับมาก

จากตารางพบว่าความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=3.83$, S.D.=0.35) ส่วนรายการข้อคำถามความพึงพอใจมากที่สุดคือ มีความปลอดภัยขณะนั่งใช้งาน ($\bar{x}=$

3.95, S.D.=0.82) รองลงมา คือ ความแข็งแรงของเฟอร์นิเจอร์ ($\bar{x}=3.85$, S.D.=0.97) ถัดมาคือ รายการ กรรมวิธีการผลิตเฟอร์นิเจอร์สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว ($\bar{x}=3.84$, S.D.=0.98) ต่อมาคือ รายการ แก๊สซอมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดของเฟอร์นิเจอร์ ($\bar{x}=3.82$, S.D.=0.91) รายการความเหมาะสมของโครงสร้างขนาดสัดส่วนของเฟอร์นิเจอร์ ($\bar{x}=3.80$, S.D.=0.94) ส่วน รายการความเหมาะสมของวัสดุที่เลือกใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ($\bar{x}=3.79$, S.D.=0.90) และรายการความเหมาะสมในด้านความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์ ($\bar{x}=3.75$, S.D.= 1.00) ตามลำดับ

5. อภิปราย และสรุปผลการวิจัย

ร้านไม้ไทย Coffee ตั้งอยู่เลขที่ 131/4 ถนนสายอุตรดิตถ์-เด่นชัย ม.1 ต.จัวงาม อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ ทางรับผลิตและจำหน่ายไม้แปรรูปจากไม้สักเช่น ชุตโตสะกาแฟ แก้อีสนาม สามารถสั่งทำตามแบบพิเศษที่ลูกค้าต้องการส่วนร้านไม้ไทย Coffee เป็นร้านจำหน่ายกาแฟสดอาหารว่าง และขนมหวาน จากการศึกษาเบื้องต้นทราบจากเจ้าของร้านทราบว่า ควรนำรูปลักษณะของเมล็ดกาแฟ รวมถึงใบของกาแฟ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดวางของร้านกาแฟ โดยทำการศึกษารูปลักษณะของเมล็ดกาแฟที่นิยมในประเทศไทย 2 พันธุ์คือ อาราบิก้า และ โรบัสต้า ทราบว่ารูปลักษณะทั้ง 2 ไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก โดยรวมแล้วจะมีลักษณะ ทรงกลม เรียวยาว จากนั้นได้ระดมแนวคิดเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมกับการนำมาสร้างเฟอร์นิเจอร์ จากนั้นได้สรุปแนวคิด 3 รูปแบบ ร่วมกับเจ้าของร้าน เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิต ให้เหมาะสมกับทางร้าน จากนั้นได้ทำการสรุปรูปแบบเพื่อใช้ในการผลิต พร้อมทั้งศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภค พบว่าความพึงพอใจโดยรวมแล้ว มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ที่มีต่อรูปแบบเฟอร์นิเจอร์หลังการพัฒนาแล้ว

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้สัก สำหรับร้านไม้ไทย Coffee จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยใช้แนวคิดจากรูปลักษณะของเมล็ดกาแฟ เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ตามหลักการของการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ของอุดมศักดิ์ สาริบุตร (2550) โดยเน้นเรื่องของความปลอดภัย และความแข็งแรง เป็นหลัก เพื่อจัดวางในร้านกาแฟไม้ไทย ซึ่งรูปแบบเดิมของทางร้านใช้เฟอร์นิเจอร์ที่จำหน่ายในร้านไม้ไทย นำมาจัดวางให้กับร้านกาแฟ และจากความต้องการที่ต้องการเฟอร์นิเจอร์ที่มีรูปลักษณะที่มาจากกาแฟเพื่อจัดวางร้านกาแฟไม้ไทย ในกระบวนการผลิตได้นำไม้สักส่วนที่เหลือจากการแปรรูปของทางร้านเพื่อนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สอดคล้องกับ ธนกร และ รัฐไท (2559) ที่ ควรใช้เศษไม้เหลือใช้ นำมาใช้ให้เกิดคุณค่าทางทรัพยากรธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ทางการวิจัย สำหรับ บุคลากร และนักศึกษา และขอขอบคุณ นาย ชนวัฒน์ พาว์ และนายพรเจต ฐรีในการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

ไทยมีดี. (2552). พันธุ์กาแฟในประเทศไทย. ค้นจาก

<http://thaimeedee.blogspot.com/2009/08/>

ธนกร นิรันดร์นุต และ รัฐไท พรเจริญ. (2559). กรณีศึกษาออกแบบผลิตภัณฑ์จากเศษไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ เพื่อส่งเสริมงานตกแต่งทางสถาปัตยกรรม. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 7(1), 1-14.

ประยูร อาษานาม. (2544). คู่มือวิจัยทางการศึกษา. ขอนแก่น : ภาควิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เลิศนารี ประสมวงศ์. (2555). ร้านกาแฟไทย coffee จังหวัดอุดรดิตถ์. อุดรดิตถ์: สัมภาษณ์ (20 มกราคม 2555)

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2550). การออกแบบเฟอร์นิเจอร์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

Coffeeidiot. (2558). สายพันธุ์กาแฟราบิเก่าและโรบัสต้าในเมืองไทย. ค้นจาก <http://coffeeidiot.com>



การจัดการความรู้และพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์
จากภูมิปัญญาท้องถิ่น เตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้
ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์

KNOWLEDGE BASED FOR NAM-PHI IRON FURNACE, DEVELOPMENT
THONG SAEN KHAN DISTRICT UTTARADIT

ไพโรจน์ นະเที่ยง^{1*}, ชัชพล เกษวิริยะกิจ¹ และ สุรพงษ์ หรรษนันท์¹

Pairod Nateung^{1*}, Chatchapon Kadwiryakid¹ and Surapong Hunsanun¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ ประเทศไทย 53000

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Muang, Uttaradit, Thailand, 53000

*Corresponding author: Pairote.n@gmail.com

วันที่รับระบบ 7 พฤษภาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 3 มิถุนายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการจัดการความรู้และพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ จากการศึกษาพบว่ากระบวนการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณ จะใช้วิธีการถลุงตามกระบวนการทางตรง ส่วนรูปแบบตัวเตาถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณเป็นเตาแบบ Domed Furnace โดยใช้หลักการถลุงแบบกระบวนการทางตรงพบว่าจากการถลุงเหล็กน้ำพี้ปริมาณ 5, 15 และ 30 กิโลกรัม ได้เนื้อเหล็ก 0.95, 3.16 และ 4.33 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนผลจากการพัฒนาประสิทธิภาพเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยเตาควิปอล่าจากการทดสอบพบว่าถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ปริมาณ 5 กิโลกรัม ได้เนื้อเหล็ก 1.4 กิโลกรัม ใช้เวลาในการถลุงเฉลี่ย 1.06 ชั่วโมง

คำสำคัญ: แร่เหล็กน้ำพี้, เตาถลุง, การจัดการความรู้

Abstract

This study is focused on knowledge management and development of scientific knowledge from local wisdom on Namphi iron-smelting furnaces in Namphi sub-district, Thong Saen Khan district, Uttaradit province. The study found that the ancient Namphi iron smelting process was a direct iron-smelting process. The figure of the ancient Namphi iron-smelting furnaces was domed. By applying the direct iron-smelting process, smelting Namphi iron weighed 5, 15, and 30 kilograms could obtain steel weighed 0.95, 3.16, and 4.33 kilograms, respectively. The result of developing the furnace efficiency for Namphi iron-smelting by using a cupola furnace showed that smelting Namphi iron weighed 5 kilograms could obtain steel weighed 1.4 kilograms, and the average smelting time was 1.06 hours.

Keywords: Iron Ore Nam Phi, Smelting Iron, Knowledge Management

1. บทนำ

จังหวัดอุดรดิตถ์เป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคเหนือ ถือเป็นแหล่งต้นกำเนิดของแร่เหล็กน้ำพี้ชั้นดีเป็นดินแดนเก่าแก่แห่งหนึ่งในประเทศไทย ที่ค้นพบและใช้ประโยชน์จากแร่เหล็กน้ำพี้มาตั้งแต่สมัยโบราณ คุณสมบัติพิเศษของเหล็กน้ำพี้ทางวิทยาศาสตร์เป็นแร่เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีโครงสร้างระดับโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนหลากหลาย ทำให้เมื่อนำมาเผาและตีทำมีดจะได้มีดที่แข็งแกร่งทนทานกว่าที่ทำจากแร่เหล็กทั่วไป ทางกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรมวิทยาศาสตร์ทหารบก ได้เคยนำตัวอย่างสินแร่จากจากบ่อพระแสงและบ่อพระขรรค์ไปทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ พบว่าแร่เหล็กน้ำพี้มีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่หาได้ยาก เป็นแร่เหล็กที่มีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวมีความแข็งและเหนียวเป็นพิเศษ มีคุณลักษณะอ่อนในแข็งนอก จากเอกสาร จดหมายเหตุ วรรณคดี ตลอดจนตำราพิชัยสงครามได้กล่าวถึงคุณวิเศษของแร่เหล็กน้ำพี้ว่าเป็นโลหะมหัศจรรย์มีพลังอำนาจในตัว สามารถแก้อาการรพ ป้องกันสิ่งเลวร้ายได้ และยังเป็นสิริมงคลแก่ผู้มีไว้ครอบครองเป็นอย่างยิ่ง ทำให้บุคคลที่รู้เรื่องเกี่ยวกับเหล็กน้ำพี้ประสงค์จะได้เหล็กน้ำพี้ไว้ประดับและเป็นสิริมงคลแก่ตัวเองและครอบครัว การขุดหาเหล็กน้ำพี้สามารถพบได้ทั่วไปในเขตบ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอน้ำโสม จังหวัดอุดรดิตถ์ โดยทั่วไปแร่เหล็กน้ำพี้จะติดอยู่ตามผิวดินหรือลึกลงไปอีก 10 เมตร ชาวบ้านจะนำไปถลุงเพื่อให้ได้เนื้อเหล็กบริสุทธิ์ โดยการนำแร่เหล็กมาทุบให้ได้ขนาดพอเหมาะใส่ในเตาถลุงซึ่งปั้นจากดินเตียวผสมเกลือใช้ถ่านไม้สักเป็นเชื้อเพลิงแล้วเป่าด้วยเครื่องเป่าลมให้ความร้อนจนแร่เหล็กละลาย จากนั้นจึงแยกเหล็กบริสุทธิ์ออกจากสิ่งเจือปนอื่นๆ เมื่อเนื้อเหล็กเย็นแล้วจะนำไปหลอมยุบรวมกันเพื่อให้เป็นก้อนขนาดพอเหมาะกับการ

ใช้งาน (ไวพจน์ เพ็งแป้น, 2555: สัมภาษณ์) โดยภูมิปัญญาการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านตำบลน้ำพี้้นั้นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการถลุงสินแร่แบบวิธีการแบบกระบวนการทางตรง ซึ่งรูปแบบเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณนั้นมีลักษณะเป็นรูปทรงอ่าง เป็นเตาที่ขุดเป็นหลุม ตื้นลงไปในดิน โดยเอาดินก่อเป็นผนังเตา ในระยะแรกไม่มีข้อดักตะกานนอกนอกเตา เมื่อทำการถลุงตะกานจะรวมตัวอยู่ที่ด้านบนของ Ingot ที่แยกไปรวมตัวกันที่ก้นเตา ต่อมาภายหลังจึงได้มีการพัฒนาให้มีการเพิ่มช่องปล่อยตะกานให้ไหลออกไป ทั้งนี้เมื่อทำการถลุงจะต้องอุดช่องนั้นเอาไว้ก่อน จนเมื่อตะกานละลายจึงเอาที่อุดช่องนั้นออก Ingot ที่ได้จะรวมตัวกันอยู่ที่ก้นเตา ซึ่งเตาแบบนี้มีเนื้อที่จำกัดและสูญเสียความร้อนสูง ต้องรอทิ้งไว้จนกว่าจะเย็นจึงจะได้เหล็กจากก้นเตาที่มีสภาพเป็นก้อน

สืบเนื่องมาจากบรรพบุรุษของชาวบ้านน้ำพี้ได้คิดค้นนำแร่เหล็กมาถลุงเพื่อใช้ในครัวเรือนจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ กลุ่มเครือข่ายลูกประคำผสมเหล็กน้ำพี้ และการหล่อพระด้วยส่วนผสมของแร่เหล็กน้ำพี้ ผลิต่อออกจำหน่ายให้กับลูกค้าที่มีความสนใจทั่วไปผลิตภัณฑ์ประเภทเหล็กน้ำพี้ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน เป็นสินค้าที่สร้างรายได้ให้กับประชาชนในท้องถิ่น ทำให้เกิดการผลิตและจำหน่ายสินค้าในลักษณะแบบต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2542 นายอนุวัฒน์ สอนสุวรรณ ได้ร่วมปรึกษารื้อกับช่างตีเหล็กและร่วมกันจัดตั้งกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ขึ้นโดยมีที่ทำการกลุ่มอยู่ที่บ้านเลขที่ 60/5 หมู่ที่ 1 ตำบลน้ำพี้ อำเภอ ทองแสนขัน จังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีสมาชิกแรกก่อตั้งจำนวน 9 คน ปัจจุบันกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ บ้านน้ำพี้ ต.น้ำพี้ อ.ทองแสนขัน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจากการรวมกลุ่มในครั้งแรกจากกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ ได้รับรองขึ้นทะเบียนเป็นวิสาหกิจชุมชน เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2553 ณ ปัจจุบันมีสมาชิกในกลุ่มทั้งสิ้น 23 คน วัตถุประสงค์ของกลุ่มคือการสร้างผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ เพื่อหารายได้ให้เกิดขึ้นภายในกลุ่ม นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาของบรรพบุรุษ และเพื่อเป็นการให้ความรู้แก่เยาวชนรุ่นหลังต่อไป ได้มีการสาธิตการตีดาบให้นักท่องเที่ยวชมทุกวันเสาร์- อาทิตย์ โดยผลิตเวรกันที่พิพิธภัณฑ์พื้นบ้านบ่อเหล็กน้ำพี้ ร่วมงานแสดงสินค้าของอำเภอ จังหวัดและสถานที่ต่าง ๆ (องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำพี้, 2555) ซึ่งกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ได้รวบรวมผู้รู้และปราชญ์ชาวบ้านที่มีความรู้ความสามารถและความชำนาญในด้านการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้เอาไว้หลาย ๆ ท่าน จึงสามารถทำให้เกิดการอนุรักษ์และถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้เอาไว้ได้อย่างเหนียวแน่น แต่อย่างไรก็ดีผู้รู้หรือปราชญ์ชาวบ้านเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นผู้สูงอายุทั้งสิ้น ผนวกกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านนั้นยังคงใช้วิธีการแบบโบราณที่สืบทอดกันมา จึงทำให้ทั้งปริมาณเนื้อและและคุณภาพของเหล็กน้ำพี้ที่ถลุงได้นั้นยังมีปริมาณน้อยจึงทำให้ไม่เพียงพอต่อการนำไปผลิตในรูปแบบการผลิตสินค้าในลักษณะของสินค้าแบบวิสาหกิจชุมชน และที่สำคัญการถลุงแบบวิธีการโบราณนั้นยังใช้เวลาในการถลุงที่นานและได้เหล็กที่มีขี้ตะกาน (สารมลทิน)ปะปนอยู่มาก จึงทำให้ต้องมีการนำแร่มาถลุง

ซ้ำๆหลายครั้งกว่าจะสามารถกำจัดขี้ตะก้น (สารมลทิน) ออกจากเนื้อเหล็กได้

จากความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นซึ่งถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญของจังหวัดอุดรดิตถ์ ในด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ หากได้มีการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณ เพื่อให้สามารถที่จะทำการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ให้ได้ปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้เนื้อเหล็กที่สะอาดขึ้น และสามารถลดระยะเวลาและต้นทุนในการถลุงแร่มากกว่าวิธีการแบบโบราณแล้วจะก่อประโยชน์ต่อการต่อยอดองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สามารถนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่มีพื้นฐานจากชุมชน อีกทั้งยังเป็นการก่อให้เกิดการเก็บรวมข้อมูลที่เป็้องค์ความรู้ของท้องถิ่นด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ของชุมชนไม่ให้สูญหาย และยังก่อให้เกิดการพัฒนาชุดความรู้ใหม่ด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการพัฒนากระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมกับการผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

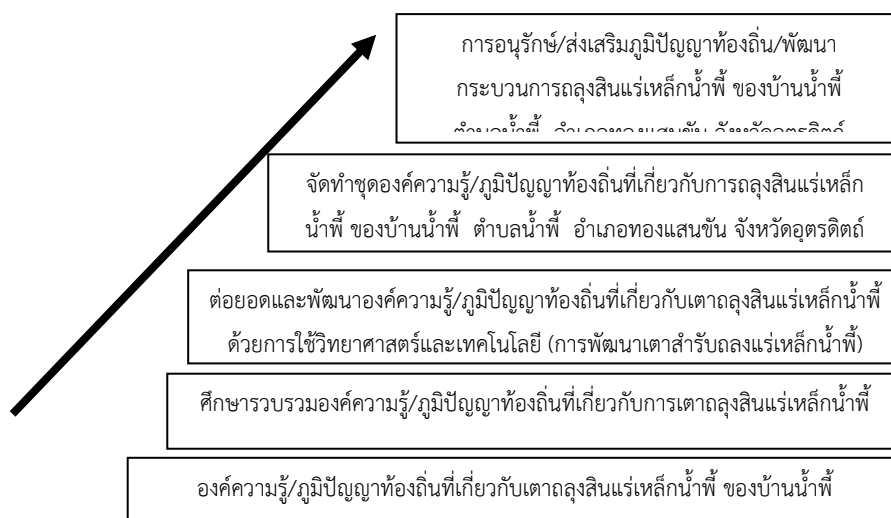
2.1 เพื่อสืบค้นและอธิบายองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวกับเตาสำหรับการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเตาสำหรับถลุงเหล็กน้ำพี้ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้

2.3 เพื่อสร้างชุดความรู้การถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ของบ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรดิตถ์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการจัดการความรู้และพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรดิตถ์ มุ่งหวังเพื่อพัฒนาองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน โดยที่ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัยไว้ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

3.1 กลุ่มชุมชนเป้าหมาย

สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ร่วมในโครงการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ กลุ่มอาชีพผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ หมู่ที่ 9 บ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวนทั้งสิ้น 22 คน เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ไปปรับใช้ในการดำเนินงานพัฒนาเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้จากแหล่งข้อมูลที่สำคัญต่างๆ โดยสามารถแยกข้อมูลที่สำคัญออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งได้แก่

3.2.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษา (Survey) เพื่อศึกษาสภาพหมู่บ้าน ลักษณะพื้นที่สภาพแวดล้อม ลักษณะธรรมชาติและฐานทรัพยากรชุมชน ตลอดจนวิถีชีวิตความเป็นอยู่ขนบธรรมเนียมประเพณี พิธีกรรมต่างๆ ระบบการผลิตและรูปแบบการใช้ประโยชน์จากสินแร่เหล็กน้ำพี้ เช่น แหล่งพื้นที่/วิธีการขุดสินแร่ เตาและวิธีการถลุงแบบโบราณ รูปแบบการผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้

3.2.2 การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (Informal interview) กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักเป็นการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์เกี่ยวกับระบบการผลิตและรูปแบบการใช้ประโยชน์จากสินแร่เหล็กน้ำพี้ของชุมชนและปัจจัยที่มีผลต่อภูมิปัญญา ทั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาถึงรูปแบบ/ลักษณะและวิธีการผลิตเหล็กน้ำพี้ด้วยวิธีการใช้เตาถลุงแบบโบราณ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของชุมชน

3.2.3 การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth interview) เป็นการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกข้อมูลที่ต้องการสำหรับการตอบคำถามการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบของเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้

แบบโบราณรวมถึงกระบวนการและขั้นตอนในการถลุง ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้าน/ผู้ที่มีความรู้ด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ในหมู่บ้านประกอบกับการสืบค้นจากหลักฐานในพื้นที่บ้านน้ำพี้เป็นหลัก ทั้งจากเตาถลุงในหมู่บ้านและตะกรันเหล็กที่ได้จากการถลุงด้วยเตาแบบโบราณ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะ/รูปทรง/ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบเดิมให้มากที่สุด เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบเพื่อเชื่อมโยงภูมิปัญญาท้องถิ่นไปสู่การพัฒนาเตาสำหรับถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมต่อไป

3.2.4 การสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และเป็นการคืนข้อมูลให้กับชุมชน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพโดยข้อมูลในเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนา ซึ่งนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง (Content analysis) และการประเมินผลสำเร็จของโครงการวิจัยทั้งในระดับผลผลิตและผลลัพธ์ โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสร้างข้อสรุปในการวิจัยเชิงคุณภาพส่วนใหญ่ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะเป็นข้อความบรรยาย (Descriptive) ที่ได้จากการสังเกต สัมภาษณ์ และจดบันทึก

การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพผู้ศึกษาได้แบ่งตามแนวคิดของ Appleton (1995) ได้มีการแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1) การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic induction) 2) การวิเคราะห์โดยการจำแนกชนิดข้อมูล (Typological analysis) และ 3) การวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบข้อมูล (Constant comparison)

4. ผลการวิจัย

4.1 ภูมิปัญญาการขุดหาสินแร่เหล็กน้ำพี้

บ่อเหล็กน้ำพี้ถือเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศ เคยมีการศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญมาสำรวจพบว่าเป็นแหล่งสินแร่ที่มีส่วนผสมของเหล็กกล้าที่มีคุณภาพดีมาก แต่มีปริมาณน้อยไม่พอที่จะทำการผลิตในลักษณะของการอุตสาหกรรม ปัจจุบันจึงห้ามมิให้ผู้ใดขุดและได้สงวนไว้เป็นโบราณสถานทางประวัติศาสตร์ต่อไป ปัจจุบันนี้การขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนของบ้านน้ำพี้ นั้นจะใช้วิธีการทั่วไปอยู่ 3 วิธีการ คือ

(1) การขุดเหล็กเก่าตามเตาดีเหล็กโบราณสมัยก่อนจะมีเตาดีเหล็กกระจายออกไปตามที่แตกต่างกัน ถ้าที่ตรงไหนเป็นเตาดีเหล็กเก่าก็จะมีมีการประมูลขุดเพื่อเอาเศษแร่เหล็กเก่า หรือที่เรียกว่า "ขี้

ตะกรัน”ที่มีอยู่ในบริเวณนั้น เพราะที่บ่อเหล็กได้อนุรักษ์ไว้ไม่ให้ใครเข้าไปขุด เมื่อได้แร่เหล็กมาแล้วก็จะเอามาเข้าเตาหลอม ซึ่งเตาหลอมก็คือเมื่อเอาแร่ที่ออกจากเตาแล้วจะเอามาตีบนขอนไม้ที่เป็นบ่อ ตีไปไฟก็แลบไปหนักไปเรื่อยพอเหล็กเย็นก็เอาเข้าเตาอีกครั้งก็ตีอีกจนได้ที่แล้วจึงเอามาตีบนทั้ง การตีบนทั้งใช้สามคน ตียึด ตีพับ เข้าเตาทำอย่างนี้หลายรอบ เมื่อตีอัด พับ รีด จนได้ที่แล้วจึงตีเป็นแท่งเก็บไว้แท่งหนึ่งก็ประมาณ 1 ถึง 1.2 กิโลกรัม จะตีดาบได้ 1 เล่ม ยาวประมาณ 19 นิ้ว โดยในการหลอมขึ้นตะกรันแต่ละครั้งต้องใช้ชีตะกรันประมาณ 3 กิโลกรัม เพื่อให้ได้แท่งเหล็กน้ำพี้ประมาณ 1 กิโลกรัมสำหรับนำไปตีขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยในปัจจุบันการผลิตเหล็กน้ำพี้จากชีตะกรันที่ได้จากการถลุงเหล็กน้ำพี้เก่ามีปริมาณการขุดพบน้อยลงและใกล้จะหมดไปแล้ว



ภาพที่ 2 แสดงการขุดหาชีตะกรันแร่เหล็กน้ำพี้และลักษณะของชีตะกรันแร่เหล็กน้ำพี้

(2) การตรวจหาเครื่องมือ เครื่องใช้ที่เป็นโลหะในบริเวณพื้นที่บ้านน้ำพี้และหมู่บ้านใกล้เคียงด้วยการใช้เครื่องตรวจจับโลหะ การค้นหาเหล็กน้ำพี้ด้วยวิธีการนี้นิยมใช้เมื่อประมาณ 5-10 ปีที่แล้ว เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง จึงเป็นวิธีการหาเหล็กน้ำพี้ที่ไม่ค่อยนิยมทำมากนัก ซึ่งส่วนใหญ่เหล็กน้ำพี้ที่พบมักจะเป็นลักษณะของเครื่องมือเครื่องทางการเกษตรที่หลงเหลือจากในสมัยก่อน โดยการค้นหาก็จะทำการค้นหาพื้นที่เรือกสวน ไร่ นาเฉพาะในพื้นที่ของบ้านน้ำพี้เท่านั้น เพราะเชื่อกันว่าน่าจะเป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ทางการเกษตรของคนโบราณที่ทำมาจากเหล็กน้ำพี้ ซึ่งเครื่องมือ เครื่องใช้โลหะที่ตรวจพบส่วนใหญ่จะฝังอยู่ใต้ดิน อาทิ จอบ เสียม มีดพร้า ขวาน เป็นต้น

(3) การขุดสินแร่เหล็กจากแหล่งแร่ธรรมชาติในพื้นที่บริเวณโดยรอบบ่อเหล็กน้ำพี้ (บริเวณที่ตั้งของพิพิธภัณฑ์พื้นบ้านบ่อเหล็กน้ำพี้) เนื่องจากในปัจจุบัน”ชีตะกรันเหล็กน้ำพี้”ที่ชาวบ้านนำมาใช้สำหรับการผลิตเหล็กจากเหล็กน้ำพี้หาได้ยากขึ้น มีจำนวนน้อยลงและราคาสูงขึ้น จึงทำให้ต้องมีการขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้จากแหล่งแร่ตามธรรมชาติเพื่อมาทดแทน โดยพื้นที่ที่ชาวบ้านน้ำพี้นิยมไปขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้จะอยู่บริเวณพื้นที่เนินเขาที่อยู่ทางด้านหลังของ “บ่อพระแสง” และ “บ่อพระขรรค์” ห่างออกไปอีกประมาณ 200-300 เมตร ซึ่งบริเวณโดยรอบบ่อเหล็กน้ำพี้เดิมในระยะ 100

เมตร ขั้นตอนในการขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านจะเริ่มจากการขุดเปิดหน้าดินออกไปก่อนให้ลึกประมาณ 1 เมตร จนถึงชั้นหิน โดยหลุมที่ชาวบ้านขุดเพื่อหาแร่เหล็กน้ำพี้ที่ลึกที่สุดในหมู่บ้านนั้นลึกถึงประมาณ 10 เมตร จากนั้นจึงนำมาร่อนด้วยตาข่ายเพื่อแยกเศษดินออกไปก่อน แล้วจึงเทรวมไว้เป็นกองๆ แล้วจึงใช้แท่งแม่เหล็กดูดหาก้อนแร่ที่มีโลหะเหล็กปะปนอยู่แล้วแยกไว้ต่างหากจากนั้นจึงนำไปล้างด้วยน้ำและตากแดดให้แห้งอีกครั้ง โดยสินแร่ที่ขุดมาได้ชาวบ้านจะนำไปขายให้กลุ่มอาชีพผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ในหมู่บ้านราคากิโลกรัมละ 30 บาท ซึ่งก้อนแร่เหล็กน้ำพี้นี้จะนำไปทำให้เป็นผงละเอียดเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ เช่น ลูกประคำ พระพิมพ์ และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปถลุงเพื่อแยกแร่เหล็กน้ำพี้ออกจากสิ่งเจือปน แล้วนำไปตีขึ้นรูปเป็นดาบหรือมีดเหล็กน้ำพี้ต่อไป



ภาพที่ 3 การขุดสินแร่เหล็กจากแหล่งแร่ธรรมชาติในพื้นที่
บริเวณโดยรอบบ่อเหล็กน้ำพี้

4.2 ภูมิปัญญาการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้

ข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับรูปแบบลักษณะของเตาถลุง/กระบวนการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยภูมิปัญญาของชาวบ้านในพื้นที่ตำบลน้ำพี้ อำเภอดงแสนดิน จังหวัดอุดรธานี จากการสัมภาษณ์ข้อมูลเชิงลึกจากปราชญ์ชาวบ้าน ประกอบกับหลักฐานซากเตาถลุงเหล็กน้ำพี้โบราณที่อยู่ในพื้นที่ ด้วยการเชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขุดค้นซากเตาถลุงเหล็กในสมัยโบราณทั้งในและต่างประเทศ จึงสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณนั้นน่าจะใช้วิธีการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) มีขั้นตอนที่เริ่มจากการนำแร่เหล็กที่ย่อยเตรียมขนาดและทำความสะอาดแล้วนำมาผสมกับถ่านตามสัดส่วนที่เหมาะสมในเตาถลุงคือ เหล็ก : ถ่านไม้ เท่ากับ 1 : 3 จากนั้นจึงใส่เชื้อเพลิงและสุมลมเพื่อเร่งอุณหภูมิภายในเตาถลุงให้สูงประมาณ 1,100-1,200 องศาเซลเซียส โดยในขณะที่ถลุงต้องเติมถ่านเพื่อช่วยให้ภายในเตาถลุงเกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มากพอที่จะทำให้ปฏิกิริยากับแร่เหล็กอย่างสมบูรณ์ เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางองค์ประกอบทางเคมี โดยธาตุคาร์บอนที่อยู่ในก๊าซคาร์บอนมอนนอก

โซลจะช่วยให้ธาตุออกซิเจนที่ผสมอยู่ในแร่เหล็กถูกแยกออกมา เพื่อให้แร่ถูกเปลี่ยนสภาพกลายเป็นเหล็ก และในขณะเดียวกันกับอุณหภูมิสูงมากในเตาก็ทำให้ธาตุอื่นๆที่ปนอยู่ในแร่เหล็กนั้นหลอมเหลว แยกตัวออกจากเหล็กไปรวมตัวกันเป็นตะกรันโดยใช้เชื้อถลุง ซึ่งอาจจะทำมาจาก ปูนขาว กระดูกสัตว์ เปลือกหอยปูน ช่วยให้ธาตุที่ไม่ต้องการไปรวมตัวกันเป็นตะกรันได้ดี เหล็กที่เกิดขึ้นคงอยู่ในสภาพของแข็งที่มีโครงสร้างภายในประกอบไปด้วยรูพรุนขนาดเล็ก และยังคงมีตะกรันแทรกปนอยู่ในเนื้อเหล็ก ดังนั้นจึงต้องนำเหล็กที่ได้จากการถลุงไปทำการกำจัดตะกรันที่หลงเหลืออยู่ โดยนำก้อนเหล็กที่ได้จากการถลุงขึ้นแรกไปเผาไฟให้ร้อนจนเป็นสีแดง ตะกรันที่ถูกความร้อนจะหลอมเหลว และเมื่อนำออกมาตีเพื่อบีบอัดเนื้อเหล็ก ตะกรันที่หลอมเหลวนั้นก็จะถูกแยกออกมาจากโครงสร้างภายในเหล็กที่ได้จึงเป็นเหล็กเกือบบริสุทธิ์ มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่น้อยกว่า 0.5% จัดเป็นเหล็กเนื้ออ่อนที่เรียกว่า Wrought iron สามารถนำไปตีขึ้นรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่อไปได้

ส่วนลักษณะ/รูปแบบตัวเตาถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณเป็นเตาแบบ Domed furnace ซึ่งตัวเตามีหลังคาโค้ง เป็นเตาที่ก่อผนังด้วยดินดิบอย่างง่าย ๆ โดยอาจมีการผสมกับแกลบและเสริมความแข็งแรงด้วยโครงไม้ไผ่เพื่อให้ดินที่ใช้ก่อผนังเตานั้นยึดติดกันได้มากขึ้น โดยเป็นเตาที่มีลักษณะเป็นรูปโดมหรือหลังคาทรงโค้งเพื่อให้มีเนื้อที่มากขึ้น เป็นรูปวงกลมขนาดกว้างประมาณ 110-120 เซนติเมตร สูงประมาณ 60-90 เซนติเมตร โดยใช้ดินก่อโครงบนพื้นขึ้นมาหรืออาจจะมีไม้เป็นโครงสร้างภายในก่อนก่ออิฐปิด เมื่อถูกความร้อนดินที่ก่อจะแข็งเป็นโครงเตา นอกจากนี้ยังพบดินถูกความร้อนเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งอาจเป็นส่วนที่เกิดจากการใช้ไม้รูปทรงกระบอก เช่น ไม้ไผ่ เพื่อเป็นแนวของท่อลมแบบง่ายๆ สันนิษฐานว่าเป็นท่อลม ซึ่งเตาถลุงเหล็กลักษณะนี้จะใช้งานได้น้อยครั้งหรือใช้เพียงครั้งเดียว แล้วถูกทุบเพื่อนำเหล็กที่ถลุงแล้วออกจากเตา และก่อขึ้นใช้ใหม่ในครั้งต่อไป เนื่องจากพบร่องรอยการก่อเตาใหม่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน และพบตะกรันรวมถึงเศษเตาถลุงที่ถูกทุบทำลายอยู่เป็นกลุ่มๆ กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณพื้นที่ของบ้านน้ำพี้



ภาพที่ 4 เตาถลุง/ท่อดินเผาที่ใช้สำหรับเป็นรูลมที่ใช้ส่งลม
จากสูบลมเพื่อเร่งอุณหภูมิ

4.3 การพัฒนาประสิทธิภาพเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้

(1) การพัฒนาประสิทธิภาพเตาสำหรับถลุง/กระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ ตามหลักการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) ด้วยเตาถลุงแบบสี่ชั้น เป็นกระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่พัฒนาขึ้นมาจากรูปแบบเตาถลุงเหล็กทาทาระของญี่ปุ่น ซึ่งเป็นผลงานการออกแบบและพัฒนาเตาสำหรับการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ของนายอนวัณน์ จุติลาภถาวร อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปี พ.ศ.2552 ซึ่งเป็นเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่พัฒนาขึ้นมาจากเตาถลุงแบบสองชั้น เพื่อให้เตาถลุงมีขนาดเล็กลงกว่าเดิม เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และเพื่อให้มีความเหมาะสมกับปริมาณเนื้อแร่ที่ใช้สำหรับการถลุง โดยออกแบบให้เตาถลุงแยกส่วนออกจากกันเป็นสี่ชั้น โดยชั้นที่หนึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ส่วนชั้นที่สอง สาม และสี่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร สูง 33 เซนติเมตร และเมื่อทำการจุดเตาถลุงสามารถวัดอุณหภูมิที่บริเวณรูลมสามารถวัดได้ 1,331 องศาเซลเซียส ซึ่งบริเวณจุดหลอมละลายจะอยู่เหนือรูลมขึ้นไฟประมาณ 15-20 เซนติเมตร จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่านี้ อาจจะประมาณ 1,400-1,600 องศาเซลเซียส โดยผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยเตาถลุงแบบสี่ชั้น แสดงไว้ตามตารางที่ 1



ภาพที่ 5 เตาถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบสี่ชั้น

จากการทดลองถลุงเหล็กเพื่อหาปริมาณผลผลิตเหล็กที่ถลุงได้จากเตาถลุงเหล็กน้ำพี้แบบสี่ชั้น โดยการพิจารณาที่ตารางเปรียบเทียบปริมาณแร่ที่ใช้ในการถลุงระหว่างการใส่แร่เหล็กน้ำพี้ที่ใช้ในการถลุง 3 ค่า คือ 5 กิโลกรัม 15 กิโลกรัม และ 30 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าปริมาณแร่ที่เหมาะสมสำหรับการถลุงคือแร่เหล็กที่มีปริมาณ 15 กิโลกรัม เพื่อต้องการผลผลิตเหล็กมากที่สุดสำหรับเตาถลุงแบบสี่ชั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในการถลุงและปริมาณถ่านที่ใช้ในการถลุงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ยกเว้นกรณีแร่เหล็ก 30 กิโลกรัม ที่จะใช้เวลาในการถลุงและปริมาณถ่านมากกว่า และยังได้ปริมาณผลผลิตเหล็กต่ำกว่า ซึ่งอาจจะเป็นปริมาณแร่เหล็กที่ไม่เหมาะสมกับขนาดเตาที่ใช้อยู่ ดังนั้นหากต้องการผลผลิตเหล็กที่เพิ่มมากขึ้นอาจจะต้องเพิ่มขนาดเตาให้ใหญ่ขึ้นตามไปด้วย

(2) การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ ตามหลักการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) ด้วยเตาคิวโปลา (Cupola furnace) ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีลักษณะส่วนโครงสร้างภายนอกเป็นเหล็กเหนียวขึ้นรูปทรงกระบอกแบบสองชั้น ตั้งอยู่บนฐานรองรับ ตัวเตาถลุงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว (380 มิลลิเมตร) มีความสูงรวมทั้งสองชั้น 57 นิ้ว (1,447 มิลลิเมตร) ส่วนฐานที่รองรับตัวเตาถลุงสูง 24 นิ้ว (609 มิลลิเมตร) โดยส่วนของเตาถลุงชั้นที่หนึ่ง(ชั้นบน) ทำจากเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอก หนา 3 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว (380 มิลลิเมตร) ขนาดความสูง 21 นิ้ว (533 มิลลิเมตร) โดยทำการเทพูนทนไฟที่ด้านในเพื่อใช้เป็นเปลือกเตาถลุงหนา 2.5 นิ้ว (60.5 มิลลิเมตร) ส่วนของเตาถลุงชั้นที่สอง (ชั้นล่าง) ทำจากเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอก หนา 3 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับชั้นที่หนึ่ง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว (380 มิลลิเมตร) ขนาดความสูง 36 นิ้ว (914 มิลลิเมตร) โดยทำการเทพูนทนไฟที่ด้านในเพื่อใช้เป็นเปลือกเตาถลุงหนา 2.5 นิ้ว (60.5 มิลลิเมตร) โดยที่ด้านข้างเตาถลุงชั้นที่

สอง (ชั้นล่าง) นี้จะมีช่องสำหรับส่งลม (Wind belt) เข้าไปยังส่วนด้านในของเตาถลุงเพื่อป้อนลมร้อนเข้าไปเพื่อช่วยในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์โดยในขณะที่เผาไหม้จะผ่านลมร้อนเข้าไปในเตาเพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาอยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,300 องศาเซลเซียส ซึ่งช่องส่งลม (Wind belt) นี้ทำจากเหล็กแผ่นมีความหนา $\frac{1}{4}$ นิ้ว (7 มิลลิเมตร) ม้วนขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอกสวมรัดที่ด้านข้างของผนังเตาชั้นที่สอง(ชั้นล่าง) โดยขนาดของช่องส่งลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 นิ้ว (533 มิลลิเมตร) สูง 6 นิ้ว (152 มิลลิเมตร) และที่ด้านข้างของผนังเตาชั้นที่สอง(ชั้นล่าง)ในส่วนด้านล่างของช่องส่งลม มีรูเพื่อให้สามารถนำน้ำเหล็กและขี้ตะกรันไหลออกในช่วงกลางของตัวเตา โดยมีการเจาะรูเพื่อใช้ระบายแสล็ก หรือ (Slag hole) และรูสำหรับเจาะนำเหล็ก หรือ (Tap hole) ไว้อย่างละหนึ่งรูในทิศทางตรงกันข้ามกัน ส่วนที่ด้านล่างสุดของเตาถลุงชั้นที่สอง (ชั้นล่าง) จะเป็นช่องที่สามารถปิด-เปิดได้เพื่อใช้สำหรับทำความสะอาดและขจัดสิ่งที่ยังหลงเหลือหลังจากการถลุงในขั้นตอนสุดท้ายทำจากเหล็กแผ่นหนา $\frac{3}{8}$ นิ้ว (9 มิลลิเมตร) และส่วนฐานของเตาถลุงทำจากเหล็กท่อกกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว มีความสูงจากพื้นถึงระดับกันเตา 24 นิ้ว (609 มิลลิเมตร) โดยผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการถลุงเหล็กน้ำพี้ด้วยเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ ตามหลักการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) ด้วยเตาคิวโปล่า (Cupola furnace) แสดงไว้ตามตารางที่ 1



รูปที่ 6 เตาคิวโปล่าใช้ถลุงแร่เหล็กน้ำพี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองถลุงแร่เหล็กน้ำพี้โดยใช้แร่เหล็กน้ำพี้

ครั้งที่	เวลาถลุง (ชั่วโมง)	เวลา ทั้งหมด (ชั่วโมง)	ปริมาณ แร่ที่ใช้ (กิโลกรัม)	ปริมาณ ถ่านไม้ (กิโลกรัม)	ปริมาณ เหล็ก (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ (%)
1	1.06	4.05	5	76	1.0	20
2	1.07	4.05	5	68	1.6	32
3	1.05	4.07	5	65	1.6	32
เฉลี่ย	1.06	4.05	5	69.6	1.4	28

จากการทดลองถลุงแร่เหล็กน้ำพี้โดยใช้แร่เหล็กน้ำพี้ครั้งละ 5 กิโลกรัม ที่ใช้ระยะเวลาในการทิ้งให้เหล็กที่ถลุงเสร็จแล้วอยู่ในเตาถลุงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง การทดลองครั้งที่ 1 ใช้เวลาในการทดลองถลุง 1 ชั่วโมง 6 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.0 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ การทดลองครั้งที่ 2 ใช้เวลาในการทดลองถลุง 1 ชั่วโมง 7 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.60 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 32 เปอร์เซ็นต์ การทดลองครั้งที่ 3 ใช้เวลาในการทดลองถลุง 1 ชั่วโมง 5 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.60 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 32 เปอร์เซ็นต์ โดยจากการทดลองทั้งสามครั้งได้ผลเฉลี่ยเป็นเวลาที่ใช้ในการถลุง 1 ชั่วโมง 6 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.4 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 28 เปอร์เซ็นต์

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยว/หลักฐานเกี่ยวกับกระบวนการถลุงเหล็กน้ำพี้แบบโบราณจากผู้รู้/ปราชญ์ชาวบ้าน/หลักฐานที่หลงเหลืออยู่ทั้งที่เป็นซากเตาถลุงแบบโบราณ เศษชิ้นตะกรันที่หลงเหลือจากการถลุง และเครื่องมือเครื่องใช้ที่ผลิตจากเหล็กน้ำพี้ในพื้นที่ตำบลน้ำพี้ ในงานวิจัยนี้พบว่าองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการถลุงเหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านในปัจจุบันมีหลงเหลืออยู่น้อยมาก เนื่องจากองค์ความรู้ด้านการถลุงเหล็กน้ำพี้ด้วยเตาถลุงแบบโบราณได้เกิดการสูญหายไปแล้ว อาจจะเนื่องมาจากขาดการถ่ายทอดองค์ความรู้/ภูมิปัญญาสู่คนรุ่นหลัง หรืออาจจะเกิดจากการไม่ใส่ใจที่จะสืบถอดองค์ความรู้ของคนในพื้นที่เอง รวมทั้งหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเตาถลุงเหล็กน้ำพี้แบบโบราณส่วนใหญ่ มักจะถูกทุบทำลายหลังจากการถลุงเหล็กแล้วเสร็จ ดังนั้นจึงทำให้ในปัจจุบันไม่มีซากเตาถลุงที่สมบูรณ์หลงเหลืออยู่แต่อย่างใด ดังนั้นการวิจัยเพื่อการจัดการความรู้และการพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ต่อไปในอนาคต เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากผู้รู้/ปราชญ์ชาวบ้าน/องค์

ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับกระบวนการถลุงเหล็กน้ำพี้ไว้อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร พร้อมทั้งได้มีการนำองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นเหล่านั้นมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยการพัฒนาเตาถลุงที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้ และสร้างเป็นชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์การถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อใช้เป็นเอกสาร/หลักฐานประกอบการศึกษาและถ่ายทอดองค์ความรู้ของชุมชน โดยชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้เป็นเอกสารที่ประกอบไปด้วยสาระเนื้อหาส่วนสำคัญสี่ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการอธิบายสรุปถึงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์การผลิตและการถลุงสินแร่เหล็ก ส่วนที่สองเป็นเนื้อหาที่อธิบายถึงกระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่เป็นองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นชุมชนบ้านน้ำพี้ ส่วนที่สามเป็นเนื้อหาที่อธิบายถึงกระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่มีการพัฒนาขึ้นโดยใช้องค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นฐานและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ และส่วนที่สี่เป็นเนื้อเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางโลหะวิทยาของเหล็กน้ำพี้ ที่ถลุงโดยวิธีการแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นกับกระบวนการถลุงที่พัฒนาขึ้น ซึ่งถือว่าชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และคุณไวยพจน์ เพ็ญเป็นประธานกลุ่มอาชีพผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ หมู่ที่ 9 บ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ให้ความร่วมมือ เอื้อเฟื้อสถานที่และสละเวลาในการให้ข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- กนกพร ฉิมพลี. (2555). **รูปแบบการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านหัตถกรรมเครื่องจักสาน: กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครราชสีมา**. (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กรมศิลปากร. (2532). **แผนที่ทางโบราณคดีจังหวัดบุรีรัมย์: เอกสารกองโบราณคดีหมายเลข 4/2532**. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์แห่งประเทศไทยจำกัด.
- กรมศิลปากร. (2553). **โบราณคดีเมืองอุเทนประจักษ์: โครงการสำรวจแหล่งโบราณคดี**. กรุงเทพฯ: ป. สัมพันธ์พาณิชย์

- ชาติชาย ร่มสนธิ์ และคณะ. (2535). การศึกษาแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์กับการใช้โลหะ
ในบริเวณจังหวัดราชบุรีและบริเวณใกล้เคียง. สถาบันวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- ณพิชญ์ จักรพิทักษ์. (2552). ทฤษฎีการจัดการความรู้. กรุงเทพฯ: ธนาเพรส.
- ณัฐชนันท์ ปลายเนตร และ ศุภชัย ปลายเนตร. (2554). การพัฒนาเตาเผาเหล็กสำหรับอุตสาหกรรม
ผลิตภัณฑ์พลาสม่า. มหาวิทยาลัยนครพนม, นครพนม.
- ภาวิณี รัตนเสรีสุข. (2542). การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างภายในของดาบเหล็ก
ทรงโค้งจากแหล่งโบราณคดีบ้านโป่งมะนาว ตำบลห้วยขุนราม อำเภอพัฒนานิคม จังหวัด
ลพบุรี. มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.
- สุพจน์ พรหมมาโนช. (2532). เตาบ้านกรวด บุรีรัมย์. กรุงเทพฯ: กรมศิลปากร.
- สุรพล นาคะพินธุ์. (2544, สิงหาคม). โบราณวิทยาเรื่องโลหะสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง นิทรรศการโบราณคดี. คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัย
ศิลปากร, กรุงเทพฯ.
- สิงห์เดช แต่งจวง. (2550). การศึกษาองค์ประกอบของธาตุและสมบัติทางกายภาพของเหล็กน้ำพี้
ในชุมชนบ้านน้ำพี้. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร. (2552). การสร้างเตาถลุงเหล็กและถลุงเหล็กจากแร่เหล็กน้ำพี้.
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- อิสราวรรณ อยู่ป้อม. (2553). การศึกษาเตาถลุงเหล็กสมัยโบราณที่บ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด
จังหวัดบุรีรัมย์. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- Askeland, D.R. (1993). *The science and engineering of materials*. Singapore: PWS
Publishing.
- Howard, E.B., & Timothy, L.G. (1985). *Metals handbook* (Desk Edition), ASM: Ohio.
- William D., & Callister, Jr. (2007). *Materials science and engineering: An
introduction*. Asia: John Wiley & Sons.

การศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่อการทำนายค่าความเข้มรังสี
ดวงอาทิตย์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม: กรณีศึกษา
ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองพิษณุโลก
STUDY OF VARIABLES AFFECTING THE PREDICTED SOLAR
RADIATION INTENSITY BY ANN METHOD: CASE STUDY
IN MUEANG PHITSANULOK DISTRICT

กิตติศักดิ์ คงสีไพร^{1*}

Kittisak Khongseeprai^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: Kittisak_nat@hotmail.com

วันที่เข้ารับ 10 มิถุนายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 15 กรกฎาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่อการทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม กรณีศึกษาในพื้นที่อำเภอเมืองพิษณุโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อมูลพื้นฐานอันนำไปสู่การสร้างเชื่อมั่นให้แก่ผู้ประกอบการในการก่อตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่อำเภอเมืองพิษณุโลก ทั้งนี้ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย มุมอาซิมุท มุมอัลติจูด เดคลิเนชัน มุมซัว์โมง แพลคเตอร์สำหรับแก้ผลการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ มวลอากาศ สัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของออสโตรอม สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ที่เกิดจากการกระเจิงรังสีอาทิตย์ที่โมเลกุลอากาศ ปริมาณเมฆปกคลุม และอุณหภูมิสูงสุดของบรรยากาศ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละตัวแปร และการทำนายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากกลุ่มตัวแปร ผลจากการศึกษาพบว่า ตัวแปรเดียวที่มีผลต่อการทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุดของบรรยากาศ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ 0.949 ส่วนกลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อการทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด คือ กลุ่มตัวแปรที่ประกอบด้วย มุมอาซิมุท มุมอัลติจูด เดคลิเนชัน มุมซัว์โมง แพลคเตอร์สำหรับแก้ผลการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 4.383 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การทำนาย, รังสีดวงอาทิตย์, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

This research article is a study of the variables affecting the predicted solar radiation intensity using artificial neural networks (ANN), case study in Mueang Phitsanulok district. The objective of this study is to be used as a guideline for creating basic information that leads to building confidence for entrepreneurs in the establishment of solar power plants in the area of Mueang Phitsanulok district. The variables used in the study consisted of Altitude, Azimuth, Declination, Eccentricity Correction Factor, Hour Angle, Mass Air, the solar radiation transmission coefficient caused by solar radiation scattering by air molecules, Angstrom's turbidity coefficient, Cloud cover and Maximum Ambient Temperature. The study was divided into two parts: predicting the solar radiation intensity in each variable and predicting the solar radiation intensity from the variable group. The results of the study showed that the single variable that has the most effect on predicting maximum solar radiation intensity is the maximum ambient temperature with the correlation value 0.949. The variable group that has the most effect on predicting the solar radiation intensity is the variable groups consisting of Altitude, Azimuth, Declination, Eccentricity Correction Factor and Hour Angle with an average percentage error of 4.383 percent.

Keywords: Predict, Solar radiation intensity, Artificial Neuron Network

1. บทนำ

พลังงานจากแสงอาทิตย์ถือได้ว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทดแทน (Renewable energy) อีกประเภทหนึ่งที่สามารถใช้ได้ตลอดไม่มีวันหมดและจัดเป็นพลังงานสะอาดปราศจากมลพิษ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน การใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในการอบแห้ง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ทำให้หลายๆ ประเทศทั่วโลกต่างเห็นประโยชน์ของแหล่งพลังงานนี้ โดยเฉพาะการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic cell, PV)

ซึ่งหลักการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะทำงานทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ โดยเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ว่ามีมากหรือน้อย กล่าวคือ ถ้าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาก อัตราการผลิตกระแสไฟฟ้าก็จะมากตาม แต่ถ้าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์น้อย อัตราการผลิตกระแสไฟฟ้าก็จะน้อย

ตามเช่นกัน ด้วยเหตุนี้เองความเข้มรังสีดวงอาทิตย์นอกจากจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งและทางเดินของดวงอาทิตย์ตามเวลาในรอบปีแล้ว ยังขึ้นอยู่กับภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นในการพิจารณาและตัดสินใจในการหาพื้นที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม จึงต้องพิจารณาถึงศักยภาพของความเข้มรังสีรวมดวงอาทิตย์ในพื้นที่นั้นๆ ด้วย

ทั้งนี้ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์โดยทั่วไปจะได้รับการติดตั้งเครื่องมือวัดตามตำแหน่งต่างๆ ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการศึกษา และทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องหลายปีเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนทางสถิติของพื้นที่นั้นๆ แต่เนื่องจากวิธีการเก็บข้อมูลดังกล่าวต้องใช้งบประมาณในการเข้าพื้นที่ติดตั้ง การซ่อมบำรุงดูแลรักษา และเสียเวลาในการต้องคอยวัดค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละวันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการตัดสินใจ

ด้วยเหตุนี้เองการทํานายจึงได้เข้ามามีบทบาทในการพิจารณาเบื้องต้นถึงความเหมาะสมในการที่จะก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้การทํานายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีหลายวิธี อาทิเช่น การทํานายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันด้วยวิธีผสมผสานระหว่างการทำแปลงเวฟเล็ต (Wavelet transform) กับวิธีการถดถอยของกระบวนการเกาส์เซียน (Gaussian process regression) ใช้ข้อมูลความสามารถการสะท้อนแสงของพื้น (Ground albedo) ไอน้ำ (Water vapor) ความขุ่นของบรรยากาศ (Atmospheric turbidity) และคุณสมบัติของเมฆแสง (Cloud optical properties) (Ministry of energy, 2018) การทํานายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve-fitting) โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดาราศาสตร์ (Astronomical), ภูมิศาสตร์ (Geographical), เรขาคณิต (Geometrical), ปัจจัยทางกายภาพ (Physical factors) และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological) (Huang *et al.*, 2016) การทํานายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression: LR) ใช้ข้อมูลเวลาพระอาทิตย์ขึ้น (Sunshine hour) (Pareek and Gidwani, 2015) การทํานายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการประมวลผลภาพ (Image processing) จากตำแหน่งของก้อนเมฆ (Namrata *et al.*, 2014) นอกจากนี้การทํานายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence : AI) ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้ด้วยเช่นกัน อาทิเช่น การเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree learning: DTL), ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithms: GA), โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neuron network: ANN), ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support vector machines: SVM) เป็นต้น (Dissawa *et al.*, 2017, Al-Gunaid *et al.*, 2016, Meenal and Selvakumar, 2017, Lin *et al.*, 2018, Pradhan and Panda, 2017, Anwar and Deshmukh, 2018, และ Shubham and Padmanabh, 2017)

จะเห็นได้ว่ามีหลายวิธีที่นำมาใช้ในการทํานายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ นั้นแสดงให้เห็นถึงความนิยมและความเชื่อมั่นในการที่จะนำข้อมูลที่ได้จากการทํานายด้วยวิธีต่างๆ มาช่วยในการวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการที่จะก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่นั้นๆ แต่เนื่องจาก

การทํานายหาค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จำเป็นที่จะต้องอาศัยองค์ประกอบหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยให้การทํานายให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้เองคณะผู้วิจัยจึงได้ทําศึกษาว่า โครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมต่อการทํานายควรเป็นเช่นไร และตัวแปรใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้ก็เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทํานายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธี โครงข่ายประสาทเทียมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก (ประเทศไทย) ที่พิกัด $16^{\circ}49'29''\text{N}$, $100^{\circ}15'34''\text{E}$ โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ตัวแปรที่เกี่ยวกับพิกัดดวงอาทิตย์ ได้แก่ มุมอาซิมุท (ψ), มุมอัลติจูด (α), เคคิลินเซน (δ), มุมชั่วโมง (ω), และแฟคเตอร์ สำหรับแก้ผลการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (E_0) และตัวแปรเกี่ยวกับภูมิสภาพอากาศ ได้แก่ มวลอากาศ (m_a), สัมประสิทธิ์ความชื้นมวลของอังสตรอม (β), สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ ที่เกิดจากการกระเจิงรังสีอาทิตย์ที่โมเลกุลอากาศ (τ_R), ปริมาณเมฆปกคลุม (Cl_{cov}) และอุณหภูมิสูงสุดของบรรยากาศ (T_m)

นอกจากนี้แล้วผู้วิจัยยังได้ทําศึกษาเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบรายเดือนที่ได้จากการทํานายด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมเทียบกับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2555-2557 สำหรับการเรียนรู้ (Learning) ของระบบ และใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2560 สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทํานายกับค่าที่ได้จากการวัดจริง ซึ่งการศึกษาทั้งหมดนี้ก็นำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้ประกอบการในการก่อตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองพิษณุโลกต่อไป

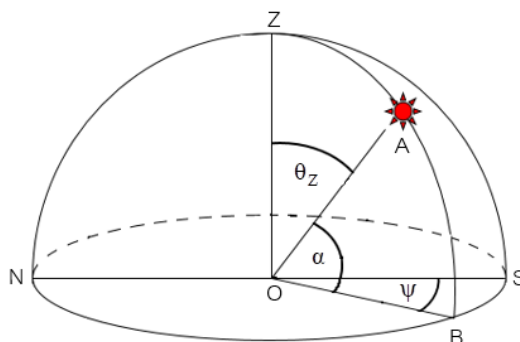
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

(1) ระบบที่ใช้ระนาบในแนวระดับอ้างอิง (Horizontal system) (เสริม จันทร์ฉาย, 2557)

(1.1) มุมอาซิมุท (Azimuth: ψ) เป็นมุมที่วัดจากแนวทิศใต้ (เส้น OS ในภาพ 5) ไปยังภาพฉายของเส้นตรง OB ที่เชื่อมต่อระหว่างจุดศูนย์กลางกับดวงอาทิตย์บนระนาบในแนวระดับ โดยมีค่าเป็นบวกถ้าเงาตั้งกล่าวอยู่ทางซีกตะวันออกและเป็นลบถ้าอยู่ทางซีกตะวันตกของท้องฟ้า กล่าวคือ $-180^{\circ} \leq \psi \leq 180^{\circ}$ ทั้งนี้มุมอาซิมุทแสดงไว้ในภาพ 1

(1.2) มุมอัลติจูด (Altitude: α) หรือมุมเงยเป็นมุมระหว่างเส้นตรง OB กับเส้นตรง OA โดยจะมีค่าจาก 0 ถึง 90 องศา ทั้งนี้มุมอัลติจูดแสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยระบบที่ใช้ระนาบในแนวระดับอ้างอิง
(เสริม จันทรฉาย, 2557)

(2) ระบบที่ใช้ระนาบศูนย์สูตรอ้างอิง (Equatorial system) (เสริม จันทรฉาย, 2557)

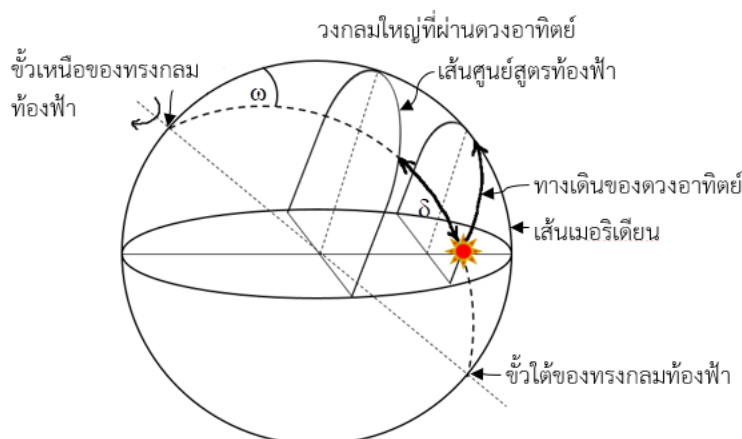
ในระบบที่ใช้ระนาบศูนย์สูตรอ้างอิงจะบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยการลากวงกลมใหญ่จากขั้วหนึ่งของทรงกลมท้องฟ้าผ่านดวงอาทิตย์ไปยังอีกขั้วหนึ่ง และใช้ระยะห่างเชิงมุมระหว่างดวงอาทิตย์กับเส้นศูนย์สูตรดังแสดงในภาพที่ 2 โดยท้องฟ้าบนวงกลมใหญ่นี้ดัดแปลงเป็นตัวแปรที่ 1 เพื่อบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยเรียกตัวแปรนี้ว่าเดคลิเนชัน (Declination: δ) สามารถแทนด้วยสมการได้ดังนี้

$$\delta = (0.006918 - 0.399912 \cos \Gamma + 0.070257 \sin \Gamma - 0.006758 \cos 2\Gamma + 0.000907 \sin 2\Gamma - 0.002697 \cos 3\Gamma + 0.00148 \sin 3\Gamma)(180 / \pi) \quad (1)$$

เมื่อ δ คือ เดคลิเนชัน มีหน่วยเป็นองศา, Γ คือ มุมวัน (Day Angle) มีหน่วยเป็นเรเดียน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\Gamma = \frac{2\pi(d_n - 1)}{365} \quad (2)$$

เมื่อ d_n คือ ลำดับของวันในรอบปี โดย $d_n = 1$ หมายถึง วันที่ 1 มกราคม, $d_n = 365$ หมายถึง วันที่ 31 ธันวาคม และสำหรับเดือนธันวาคมจะคิดว่ามี 28 วันเท่านั้น



ภาพที่ 2 การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยระบบที่ใช้ระนาบศูนย์สูตรอ้างอิง
(เสริม จันทรฉาย, 2557)

สำหรับมุมชั่วโมง (Hour Angle: ω) จะแปรตามเวลาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่จากเส้นเมอริเดียนที่อยู่ตรงจุดเซนิธไปทางทิศตะวันตกจนกลับมายังตำแหน่งเดิมอีกครั้งจะใช้เวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ก็จะวนมาครบรอบ (360 องศา) เช่นเดียวกัน ดังนั้นดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ครบ 1 รอบด้วยอัตราความเร็ว 15 องศาต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมชั่วโมงกับเวลาดวงอาทิตย์ได้ดังสมการนี้

$$\omega = 15 (12 - ST) \quad (3)$$

เมื่อ ω คือ มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นองศา และ ST คือ เวลาดวงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นชั่วโมงกับนาทิต

(3) แฟคเตอร์สำหรับแก้ผลจากการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (Leckner B., 1978)

เนื่องจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นลักษณะวงรี ด้วยเหตุนี้ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลต่อค่าของความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นผิวโลก ดังนั้นค่าแฟคเตอร์สำหรับแก้ผลการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (Eccentricity correction factor: E_0) ในแต่ละวันขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_0 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi d_n}{365}\right) \quad (4)$$

2.2 บรรยากาศโลกและผลกระทบต่อรังสีอาทิตย์

(1) มวลอากาศ (เสริม จันทรฉาย, 2557)

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก ก็จะถูกองค์ประกอบต่างๆ ของบรรยากาศดูดกลืนและกระเจิง ส่งผลให้รังสีอาทิตย์ที่พุ่งตรงมาถึงพื้นผิวโลกหรือรังสีตรงมีปริมาณลดลง ซึ่งปริมาณการลดลงของรังสีอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศนี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับสมบัติการดูดกลืนและการกระเจิงรังสีอาทิตย์ที่เกิดจากองค์ประกอบของบรรยากาศแล้ว ยังขึ้นอยู่กับมวลอากาศที่รังสีอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านอีกด้วย ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$m_a = \left(\frac{1}{\cos \theta_z} \right) \left(\frac{p}{101.325} \right) \quad (5)$$

เมื่อ m_a คือ มวลอากาศที่คำนวณแก้ไขผลจากความดันที่แตกต่างไปจากความดันที่ระดับน้ำทะเล (ไม่มีหน่วย) และ p คือ ความดันบรรยากาศ มีหน่วยเป็นกิโลปาสคาล

(2) การกระเจิงรังสีอาทิตย์ของโมเลกุลอากาศ (Leckner B., 1978)

รังสีอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลกจะถูกโมเลกุลของอากาศกระเจิงบางส่วนจะสะท้อนกลับไปในอวกาศและบางส่วนจะส่งลงมาสู่พื้นผิวโลกที่อยู่ในรูปของรังสีกระจาย ซึ่งการลดลงของรังสีอาทิตย์ที่เกิดจากการกระเจิงโดยโมเลกุลของอากาศ นอกจากจะขึ้นกับความลึกเชิงแสงแล้วยังขึ้นกับมวลอากาศที่รังสีอาทิตย์เดินทางผ่านด้วย ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\tau_R = \exp[-0.0903m_a^{0.84}(1 + m_a - m_a^{1.01})] \quad (6)$$

เมื่อ τ_R คือ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ที่เกิดจากการกระเจิงรังสีอาทิตย์โดยโมเลกุลอากาศ ไม่มีหน่วย

(3) การลดทอนรังสีอาทิตย์ของฝุ่นละอองในบรรยากาศ (Janjai *et al.*, 2003)

ทั้งนี้ฝุ่นละอองมักจะทำให้บรรยากาศขุ่นมัวซึ่งมีผลต่อทัศนวิสัย กล่าวคือ ถ้าบรรยากาศขุ่นมัวมากทัศนวิสัยก็จะมีค่าต่ำ ในทางกลับกันถ้าบรรยากาศบริสุทธิ์ซึ่งหมายถึงมีฝุ่นละอองน้อยทัศนวิสัยก็จะมีค่ามากหรือสามารถมองเห็นวัตถุที่อยู่ไกลๆ ได้ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของอสังสรอมกับทัศนวิสัย มีความสัมพันธ์กันตามสมการดังนี้

$$\beta = 0.589 - 0.068VIS + 0.0019VIS^2 \quad (7)$$

เมื่อ β คือ สัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของอังสตรอม ไม่มีหน่วย และ VIS คือ ทศนิยมของการมองเห็น มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

(4) ผลกระทบของเมฆต่อรังสีอาทิตย์ (Paltridge and Platt, 1976)

เมฆมีผลกระทบที่สำคัญต่อการลดลงของรังสีอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก โดยเมฆสามารถกระเจิงรังสีอาทิตย์บางส่วนออกไปนอกบรรยากาศโลก บางส่วนก็ลงมาถึงพื้นผิวโลกในรูปของรังสีกระจาย โดยทั่วไปเมฆจะดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตและแสงสว่างน้อยมาก แต่จะดูดกลืนมากในช่วงความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด

(5) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศกับรังสีอาทิตย์ (เสริม จันทร์ฉาย, 2557)

ทั้งนี้รังสีอาทิตย์ที่ถูกพื้นผิวโลกดูดกลืนไว้ จะส่งผลทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น พร้อมทั้งแผ่รังสีอินฟราเรดออกไปสู่บรรยากาศและบางส่วนถูกบรรยากาศดูดกลืนอีก ซึ่งการดูดกลืนรังสีของบรรยากาศก็จะทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ความร้อนที่พื้นผิวโลกยังถ่ายเทไปสู่บรรยากาศด้วยการพาความร้อน

3. การศึกษาวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมต่อการทำนาย

เพื่อให้ได้ตัวแปรที่เหมาะสมต่อการทำนาย ผู้วิจัยจึงใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยโปรแกรม Matlab มาช่วยในการวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อให้การศึกษาในครั้งนี้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม (Network type) ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function) ฟังก์ชันการเรียนรู้ (Training Function) จำนวนของชั้นซ่อน (Hidden layers) และจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (Neuron of hidden layer) โดยพิจารณาจากการประเมินประสิทธิภาพของการพยากรณ์ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จากตัวแปรอุณหภูมิอากาศสูงสุด จากการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation coefficient : R) ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean square error : MSE) ระหว่างค่าจริงที่ได้จากเครื่องมือวัดกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม และความแปรปรวน (Sample variance : S^2) ของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์และค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง ซึ่งสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{N \sum Y_1 Y_2 - (\sum Y_1)(\sum Y_2)}{\sqrt{[N \sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2][N \sum Y_2^2 - (\sum Y_2)^2]}} \quad (8)$$

$$MSE = \frac{(a_1 - y_1)^2 + \dots + (a_n - y_n)^2}{n} \quad (9)$$

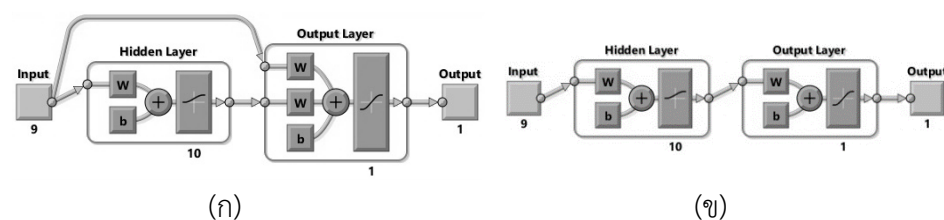
$$S^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n} \quad (10)$$

เมื่อ a คือ ค่าข้อมูลจากเครื่องมือวัด, y คือ ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์, y_i คือ จุดข้อมูลในชุดข้อมูล, $\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์, n คือ จำนวนข้อมูล, Y_1 คือ ค่าจริงที่เกิดจากเครื่องมือวัด, Y_2 คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ และ N คือ จำนวนคู่ของ Y_1 และ Y_2

ทั้งนี้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ของระบบโครงข่ายประสาทเทียมเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2555 - 2557 โดยผลการศึกษามีดังนี้

3.1 ประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ได้แก่ Cascade-forward backprop กับ Feed-forward backprop โดยกำหนดให้ฟังก์ชันถ่ายโอนชั้นซ่อนเป็นแบบไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์ (Tan-sigmoid transfer function; Tansig) ชั้นเอาต์พุตเป็นแบบเชิงเส้น (Linear transfer function; Purelin) ทั้งนี้จำนวนของชั้นซ่อนจะมี 1 ชั้น 10 นิวรอน และฟังก์ชันการเรียนรู้เป็นแบบ Levenberg-marquardt (LM) ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1



ภาพที่ 3 ประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม

(ก) Cascade-Forward Backprop (ข) Feed-Forward Backprop

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม

ANN Type	R_{avg}	S_R^2	MSE_{avg}	S_{MSE}^2
Feed-Forward	0.950	0.014	0.146	0.064
Cascade-Forward	0.938	0.017	0.148	0.076

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการพยากรณ์ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์แบบรายเดือน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นระหว่างแบบ Cascade-Forward กับแบบ Feed-Forward มีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองไม่ต่างกันมากนัก ผู้วิจัยจึงพิจารณาที่ค่าความแปรปรวนเป็นหลัก ซึ่งจะเห็นได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Feed-Forward มีค่า

ความแปรปรวนเฉลี่ยน้อยกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Cascade-Forward ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นแบบ Feed-Forward สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

3.2 รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอน ได้แก่ ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบซิกมอยด์ (Log-sigmoid transfer function: Logsig) ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear transfer function: Purelin) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบไฮเพอร์โบลิคแทนเจนต์ (Tan-sigmoid transfer function: Tansig) โดยกำหนดให้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบ Feed-forward มีจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้น 10 นิวรอน และฟังก์ชันการเรียนรู้เป็นแบบ Levenberg-marquardt ทั้งนี้ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบรูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน

Model	Transfer function		R_{avg}	S_R^2	MSE_{avg}	S_{MSE}^2
	Hidden layer	Output layer				
1	Logsig	Logsig	0.856	0.016	3.315	0.348
2	Logsig	Purelin	0.950	0.009	0.181	0.083
3	Logsig	Tansig	0.943	0.028	0.177	0.076
4	Purelin	Logsig	0.800	0.013	3.556	0.217
5	Purelin	Purelin	0.856	1.1×10^{-16}	0.978	0.090
6	Purelin	Tansig	0.903	0.001	0.754	0.079
7	Tansig	Logsig	0.837	0.050	2.542	1.410
8	Tansig	Purelin	0.950	0.014	0.146	0.064
9	Tansig	Tansig	0.938	0.023	0.200	0.128

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะเห็นว่ารูปแบบ 2 และ 8 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 0.950 และเป็นค่าที่สูงที่สุดจากทั้งหมด 9 รูปแบบ แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า รูปแบบ 2 มีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดีกว่ารูปแบบ 8 โดยรูปแบบ 2 และ 8 มีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.009 และ 0.014 ตามลำดับ ด้วยเหตุนี้จึงใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบซิกมอยด์ในชั้นซ่อนและใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้นในชั้นเอาต์พุตสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป



3.3 รูปแบบฟังก์ชันการเรียนรู้

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของฟังก์ชันการเรียนรู้ ได้แก่ Levenberg-marquardt (LM), Bayesian regularization (BR), BFGS Quasi-newton (BFG), Resilient backpropagation (RP), Scaled conjugate gradient (SCG), Conjugate gradient with power/Beale restarts (CGB), Fletcher-power conjugate gradient (CGF), Polak-ribiere conjugate gradient (CGP), One step secant (OSS), Gradient descent with momentum & adaptive LR (GDX), Gradient descent with momentum (GDM) และ Gradient descent (GD) โดยกำหนดให้ประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบ Feed-forward หลายชั้น มีจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้น 10 นิวรอน ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบซิกมอยด์ ส่วนชั้นเอาต์พุตใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น โดยผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบรูปแบบฟังก์ชันการเรียนรู้

Learning Function	R_{avg}	S_R^2	MSE_{avg}	S_{MSE}^2
LM	0.950	0.009	0.181	0.083
BR	0.940	0.023	0.631	0.163
BFG	0.930	0.035	0.222	0.063
RP	0.937	0.016	0.267	0.083
SCG	0.941	0.015	0.276	0.051
CGB	0.946	0.014	0.264	0.065
CGF	0.942	0.017	0.277	0.054
CGP	0.945	0.015	0.297	0.033
OSS	0.936	0.020	0.298	0.059
GDX	0.923	0.019	0.452	0.090
GDM	0.916	0.018	0.503	0.131
GD	0.905	0.022	0.531	0.112

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะเห็นได้ว่าฟังก์ชันการเรียนรู้ที่ดีที่สุดสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ก็คือ Levenberg-marquardt โดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.950 รองลงมา คือ ฟังก์ชันการเรียนรู้แบบ Conjugate gradient with power/Beale restarts โดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.946 ส่วนฟังก์ชันการเรียนรู้แบบ Gradient descent

มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.905 ด้วยเหตุนี้จึงใช้ฟังก์ชันการเรียนรู้แบบ Levenberg-marquardt สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

3.4 จำนวนนิวรอน

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนจากจำนวนอินพุต 1 และ 8 ตัวแปร โดยกำหนดให้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบ Feed-forward หลายชั้น มีจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้น ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบซิกมอยด์ ส่วนชั้นเอาต์พุตใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น และฟังก์ชันการเรียนรู้เป็นแบบ Levenberg-marquardt โดยผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน

จำนวน อินพุต	จำนวน นิวรอน	R_{avg}	S_R^2	MSE_{avg}	S_{MSE}^2
1	1	0.905	0.001	0.655	0.054
	10	0.950	0.009	0.181	0.083
	50	0.933	0.040	0.051	0.179
	100	0.883	0.081	2.28×10^{-4}	3.24×10^{-4}
8	1	0.975	2.22×10^{-3}	0.147	0.018
	10	0.973	0.008	1.05×10^{-3}	0.002
	50	0.950	0.021	1.92×10^{-5}	5.17×10^{-5}
	100	0.926	0.041	4.19×10^{-18}	7.47×10^{-18}

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในกรณีที่ป้อนเอาต์พุตจำนวน 1 ตัวแปร จะเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด คือ จำนวนนิวรอน 10 เซลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.950 รองลงมาคือจำนวน 50 เซลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.933 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำที่สุด คือ จำนวนนิวรอน 100 เซลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.883 สำหรับในกรณีที่ป้อนเอาต์พุตจำนวน 8 ตัวแปรเข้าสู่ระบบ จะเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงที่สุด คือ จำนวนนิวรอน 1 เซลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.975 รองลงมาคือจำนวน 10 เซลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.973 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำที่สุด คือ จำนวนนิวรอน 100 เซลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.926 แต่ถ้าพิจารณาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองมาประกอบการพิจารณาในกรณีที่ป้อนเอาต์พุตจำนวน 8 ตัวแปรเข้าสู่ระบบ จะเห็นได้ว่า

จำนวนนิวรอน 1 เซลล์จะมีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองสูงถึง 0.147 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนนิวรอน 10 เซลล์ ที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองอยู่ที่ 1.05×10^{-3}

จากผลการศึกษาหาวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมต่อการพยากรณ์ สามารถสรุปได้ว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นแบบ Feed-forward โดยมีจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้น 10 นิวรอน ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบซิกมอยด์ ชั้นเอาต์พุตใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น ส่วนฟังก์ชันการเรียนรู้เป็นแบบ Levenberg-marquardt ซึ่งเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ลงในกล่องเครื่องมือ (Toolbox) ของโปรแกรมแมทแล็บ เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับค่าความเข้มข้นสีอาทิตย์แบบรายเดือน รวมถึงใช้ในการพยากรณ์ค่าความเข้มข้นสีอาทิตย์ในขั้นตอนต่อไป

4. ผลการทำนายและตัวแปรที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อความเข้มข้นสีดวงอาทิตย์

ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อค่าความเข้มข้นสีดวงอาทิตย์และการทดสอบการทำนายจากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2555 – 2557 สำหรับการเรียนรู้ของระบบ และใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2558-2560 สำหรับการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นสีดวงอาทิตย์แบบรายเดือนที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องโฟโตนอมิเตอร์กับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยผลการศึกษา มีดังนี้

4.1 การทำนายค่าความเข้มข้นสีดวงอาทิตย์ในแต่ละตัวแปร

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาหาตัวแปรตามแต่ละตัว ประกอบด้วย มุมอาซิมุท มุมอัลติจูด เคลลีเนชัน มุมชั่วโมง แพลเตอร์สำหรับแก้ผลการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ มวลอากาศ สัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของออสโตรอม สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ที่เกิดจากการกระเจิงรังสีอาทิตย์ที่โมเลกุลอากาศ ปริมาณเมฆปกคลุม และอุณหภูมิสูงสุดของบรรยากาศ ที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นสีดวงอาทิตย์แบบรายเดือน ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5

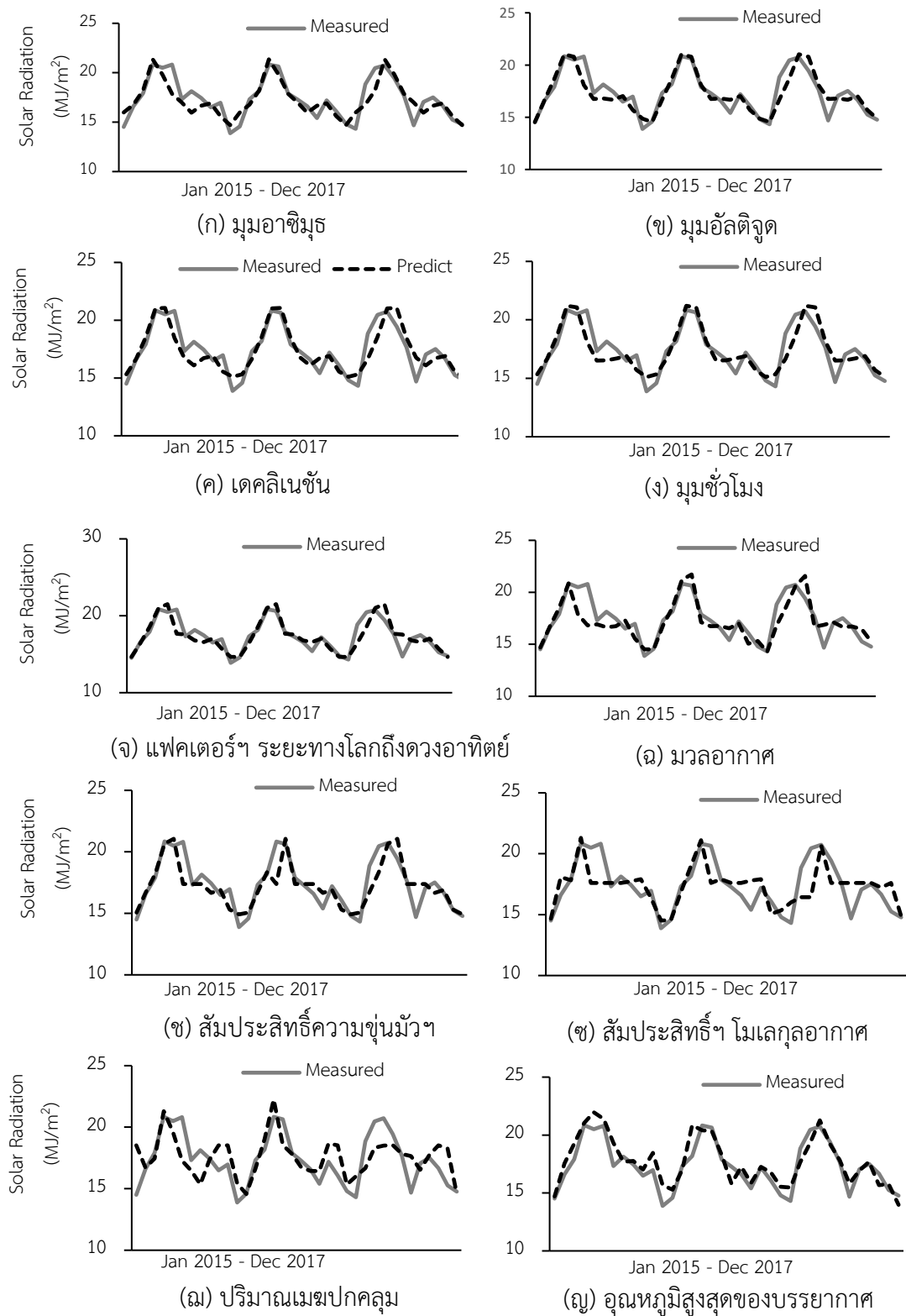


ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ กับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์แบบรายเดือน

ตัวแปร	R				MSE			
	Max.	Min.	Avg.	S^2	Max.	Min.	Avg.	S^2
ψ	0.951	0.919	0.943	0.007	0.505	0.192	0.315	0.066
α	0.952	0.929	0.945	0.005	0.381	0.168	0.295	0.051
δ	0.951	0.920	0.941	0.008	0.423	0.173	0.314	0.060
ω	0.952	0.881	0.918	0.026	0.709	0.173	0.409	0.137
E_0	0.951	0.905	0.939	0.009	0.471	0.241	0.333	0.049
m_a	0.940	0.757	0.869	0.055	0.820	0.178	0.371	0.138
β	0.863	0.430	0.749	0.102	0.943	0.125	0.359	0.189
τ_R	0.882	0.814	0.870	0.013	0.939	0.315	0.582	0.173
Cl_{cov}	0.853	0.138	0.536	0.200	2.240	0.007	1.075	0.698
T_m	0.977	0.860	0.949	0.020	0.323	0.032	0.145	0.063

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์มากที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุดของบรรยากาศ ($R_{avg} = 0.949$, $S_R^2 = 0.020$, $MSE_{avg} = 0.145$, $S_{MSE}^2 = 0.063$) รองลงมา คือ มุมอัลติจูด ($R_{avg} = 0.945$, $S_R^2 = 0.005$, $MSE_{avg} = 0.295$, $S_{MSE}^2 = 0.051$) ส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์น้อยที่สุด คือ ปริมาณเมฆปกคลุม ($R_{avg} = 0.536$, $S_R^2 = 0.200$, $MSE_{avg} = 1.075$, $S_{MSE}^2 = 0.698$)

เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ระหว่างค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดไฟโรโนมิเตอร์ (ค่าจริง) กับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 - ธันวาคม พ.ศ.2560 ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์แบบรายเดือนจากการทำนายด้วยตัวแปรตามแต่ละตัว
เทียบกับค่าจริง

4.2 การทำนายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากหลายตัวแปร

ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างค่าที่วัดจริงกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยการนำเอาข้อมูลของตัวแปรตามหลายๆ ตัวมารวมกันเพื่อหาค่าความเข้มรังสีอาทิตย์แบบรายเดือน ด้วยวิธีการเลือกจากกลุ่มของตัวแปรและจากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่ได้จากตารางที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งผลที่ได้จากการทำนายจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Percentage Error : %Error) ซึ่งหาได้จากสมการ (11) และแสดงผลที่ได้ไว้ในตารางที่ 7

$$\%Error = \frac{|\text{Measured Value} - \text{Predict Value}|}{\text{Measured Value}} \times 100$$

(11)

ตารางที่ 6 กลุ่มตัวแปรที่นำมาใช้สำหรับการทำนายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากหลายตัวแปร

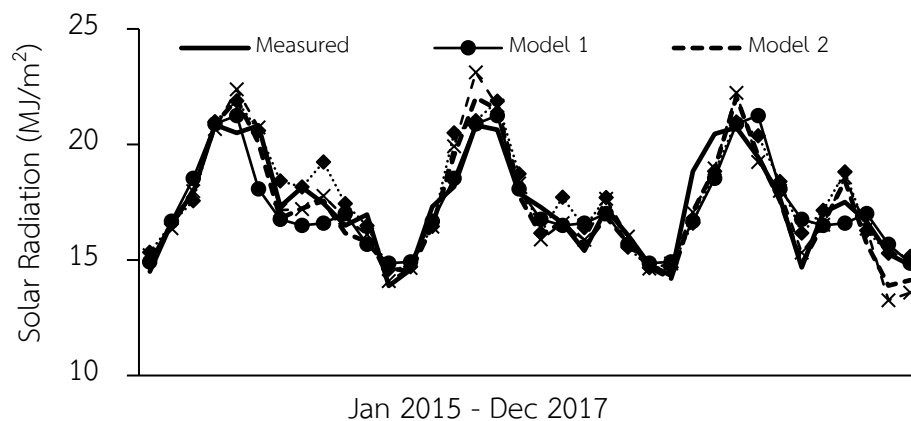
Model	Variable									
	ψ	α	δ	ω	E_0	m_a	β	τ_R	Cl_{cov}	T_m
1	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลการทำนายจากการเปรียบเทียบกับค่าจริง

Model	%Error			
	Maximum	Minimum	Average	S^2
1	6.548	2.523	4.383	1.226
2	10.925	1.078	4.870	2.918
3	9.846	1.859	5.246	2.411
4	8.317	1.806	4.727	2.003

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่ารูปแบบ 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 4.383 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าความแปรปรวน 1.226 ซึ่งถือว่ามีความแปรปรวนน้อยที่สุดเช่นกัน

รองลงมาเป็นรูปแบบ 4 ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 8.317 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความแปรปรวน 2.003 ซึ่งถือได้ว่ามีความแปรปรวนน้อยที่สุดรองลงมาเช่นกัน ส่วนรูปแบบ 3 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.246 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความแปรปรวน 2.411 ซึ่งถือได้ว่ามีความแปรปรวนน้อยกว่ารูปแบบที่ 2 แต่มากกว่ารูปแบบที่ 1 และ 4 ทั้งนี้ผลที่ได้จากการทำนายทั้ง 4 รูปแบบแสดงไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์แบบรายเดือนจากการทำนายด้วยตัวแปรตามหลายตัว เทียบกับค่าจริง

5. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาหาโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมต่อการทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบรายเดือนในเขตพื้นที่อำเภอเมืองพิษณุโลก พบว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียมจากการใช้โปรแกรม Matlab เป็นแบบ Feed-forward หลายชั้น มีจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้น 10 นิวรอน ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบซิกมอยด์ ชั้นเอาต์พุตใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น ส่วนฟังก์ชันการเรียนรู้เป็นแบบ Levenberg-marquardt มาช่วยในการวิเคราะห์หาตัวแปรสำคัญที่มีผลกระทบต่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์แบบรายเดือน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่มีค่ามากกว่า 0.9 พบว่า ตัวแปรสำคัญ ได้แก่ อาซิมุท มุมอัลติจูด เคคลิเนชัน มุมชั่วโมง แพคเตอร์สำหรับแก้ผลการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ มวลอากาศ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ที่เกิดจากการกระจกรังสีอาทิตย์ที่โมเลกุลอากาศและอนุภาคน้ำในบรรยากาศ ทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวแปรตามต่างๆ เหล่านี้จะมีค่าค่อนข้างคงที่ตามการหมุนและวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ มีเพียง 2 ตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์น้อยกว่า 0.9 คือ สัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของออสโตรมที่มีความสัมพันธ์กับทัศนวิสัย และปริมาณเมฆปกคลุม ที่มีค่าไม่คงที่อันเนื่องมาจากภาวะเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อโลก ทำให้เกิดการผันแปรของสภาพภูมิอากาศของโลกและท้องถิ่น ด้วยเหตุนี้เองตัวแปร

ดังกล่าวจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบรายเดือนเท่าใด ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการทำนายค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากหลายตัวแปรด้วยการนำเอา รูปแบบที่ 1-4 มาเปรียบเทียบกับ พบว่า รูปแบบ 1 ที่มีตัวแปรทั้งหมดอยู่ในกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับพิกัด ดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นค่าคงที่ทั้งหมดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึง ผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทั้ง 4 รูปแบบ พบว่า มีความต่างกันไม่เกิน 0.9 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ถือได้ว่ามีความต่างกันน้อยมาก

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์เสริม จันทน์ฉาย อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่คอยให้คำปรึกษาจนบทความเรื่องนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

เสริม จันทน์ฉาย. (2557). **รังสีอาทิตย์**. นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์.

Aditi, P., & Lata, G. (2015, November). **Measured data of daily global solar radiation using curve-fitting methods**. ICESA, Pune, India.

Arjyadhara, P., & Bhagbat, P. (2017, August). **Analysis of ten external factors affecting the performance of PV system**. ICECDS, Chennai, India.

Chao, Hu., Zijun, Z., & Alain, B. (2016, November). **Forecasting of daily global solar radiation using wavelet transform-coupled Gaussian process regression: case study in Spain**. ISGT-Asia, Melbourne, Australia.

Dissawa, D. M. L. H., Godaliyadda, G. M. R. I., & Agalgaonkar, A. P. (2017). **Cross-correlation based cloud motion estimation for short-term solar irradiation predictions**. ICIS, Peradeniya, Sri Lanka.

Department of the Energy Development and Promotion, Ministry of Energy. (n.d.). **Development and investment guide to renewable energy series 2 solar energy**. Retrieved from http://www.dede.go.th/article_attach/h_solar.pdf.

Howard, D., & Mark, B. (2001). **Neuron network toolbok for use with matlab**. 7th. The mathwork, Inc., Massachusetts, USA.

- Janjai, S., Kumharn, W., & Laksanaboonsong, J. (2003). Determination of Angstrom's turbidity coefficient over Thailand. **Renewable Energy** 28, 1685-1700.
- Khalid, A., & Sandip, D. (2018). **Use of artificial neural networks for prediction of solar energy potential in Southern States of India**. ICGEA, Singapore, Singapore.
- Leckner B. (1978). The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface elements of the model. **Solar Energy**, 20(2), 143-150.
- Meenal, R., & Immanuel, A.S. (2017). **Temperature based model for predicting global solar radiation using genetic algorithm [GA]**. ICIEEIMT, Coimbatore, India.
- Mohammed, A. A.G., Shcherbakov, M., Skorobogatchenko, D., Kravets, A., & Kamaev, V. (2016, July). **Forecasting energy consumption with the data reliability stigmatization in the management of hybrid energy system using Fuzzy decision trees**. IISA, Chalkidiki.
- Namrata, K., Sharma, S.P., & Seksena, S.B.L. (2014). **Determining regression constants for calculating global solar radiation at Jharkhand (India) region**. ICRERA, Milwakuue, USA.
- Paltridge, G.W., & Platt, C.M.R. (1976). **Radiative processes in meteorology and climatology**. New York, USA: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Qirong, L., Qiaoqiao, W., Guilin, Z., Yi, S., Hongxia, L., & Lijun, D. (2018, June). **Maximum daily load forecasting based on support vector regression considering accumulated temperature effect**. CCDC, Shenyang, China.
- Shubham & Kumar, P. (2017). **Solar power prediction using deduced feature of visibility index and artificial neural network**. ICACCI, Udupi, India.

การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานแตงโม ตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก

A STUDY OF EFFICIENCY IMPROVE FOR WATERMELON SUPPLY CHAIN, THAI CHAROEN MARKET, PHITSANULOK

เพชรรายุธ แซ่หลี่^{1*}, หทัยชนก พวงแย้ม¹ และ วชิระ วิจิตรพงษ์¹

Phetcharayud Sae-lee^{1*}, Hathaithanok Puangyeam¹

and Wachira Wichitpongsa¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: phetcharayud@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 14 พฤษภาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 10 มิถุนายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาโซ่อุปทานของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก โดยการลงพื้นที่สำรวจ เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์เกษตรกร ผู้จัดการตลาดไทยเจริญและผู้ที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทาน แล้วทำการวิเคราะห์ SWOT และวิเคราะห์กิจกรรมในห่วงโซ่คุณค่า เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานแตงโม ผลจากการวิจัยพบว่าการเพาะปลูกแตงโมในพื้นที่ศึกษาเป็นการเพาะปลูกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับการทำเกษตรแบบพันธสัญญาระหว่างเกษตรกรและนายทุน แต่ไม่มีการประกันราคา และไม่มีการจัดทำเอกสารข้อตกลง จึงมีความเสี่ยงที่เกษตรกรจะถูกเอาเปรียบและไม่ได้รับความเป็นธรรม ดังนั้นภาครัฐจึงควรเข้าไปกำกับดูแล เพื่อป้องกันไม่ให้เกษตรกรถูกเอาเปรียบจากสัญญาที่ไม่เป็นธรรม อีกทั้งเกษตรกรยังประสบปัญหาการเพาะปลูกที่ต้องเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกทุกปี เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรค ดังนั้นภาครัฐจึงควรส่งเสริมให้ความรู้แก่เกษตรกรในการเพาะปลูกและการจัดการแปลงด้วย เพื่อให้สามารถเพาะปลูกบนพื้นที่เดิมได้ โดยสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรค เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตแก่เกษตรกร นอกจากนี้ภาครัฐควรส่งเสริมและผลักดันให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของการรวมกลุ่มเกษตรกร เพื่อสร้างอำนาจต่อรองแก่เกษตรกรในการซื้อขายผลผลิตและวัตถุดิบในการผลิต

คำสำคัญ: แตงโม, ห่วงโซ่อุปทาน, ห่วงโซ่คุณค่า

Abstract

This research studied the supply chain of watermelon at Thai Charoen market in Phitsanulok province. The data were collected from doing field survey and interviewing farmers, Thai Charoen Market Manager and those who involved in the supply chain. The analysis of SWOT and activities in the value chain was made to improve the efficiency of watermelon supply chain. The results show that watermelon cultivation in the studied area is similar to contract farming between farmers and capitalists without price guarantee and agreement document. Therefore, there is a risk that farmers will be taken advantage of and not treated fairly. Hence, the government supervision is recommended to prevent farmers from being exploited due to unfair contracts. In addition, farmers still face problems about cultivation that needs changing plantations every year to reduce the risk of plant diseases. Therefore, the government should support by educating farmers about cultivation process and plantation management so that they can cultivate at the same area with less disease contact. This is to reduce costs and increase productivity for farmers. Moreover, the government should support and push farmers to realize the importance of farmer assembly that increases their bargaining power in trading of products and production materials.

Keywords: Watermelon, Supply chain, Value chain

1. บทนำ

แตงโมนับเป็นผลไม้ที่สำคัญของไทย สามารถหาทานได้ง่ายในทุกฤดูกาล ร้านค้า ร้านอาหาร รวมถึงโรงแรมต่างๆ มักจะใช้แตงโมเป็นผลไม้หลักในการให้บริการแก่ลูกค้า ทั้งนี้เนื่องจากแตงโมเป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายและสามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี ปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินร่วนปนทราย หนแล้ง จึงไม่จำเป็นต้องใช้น้ำในการเพาะปลูกมาก (ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ, 2538) จากข้อมูลของตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นตลาดค้าปลีกค้าส่งผลไม้ที่ใหญ่ที่สุดในภาคเหนือตอนล่าง ในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา มีการค้าขายแตงโมผ่านตลาดไทยเจริญเฉลี่ยมากกว่า 10,000 ตัน/ปี รองลงมาจากมะม่วงและสับปะรด เนื่องจากตลาดไทยเจริญตั้งอยู่บริเวณที่เป็นจุดศูนย์กลางของการคมนาคมที่สำคัญที่เรียกว่า “สี่แยกอินโดจีน” ซึ่งเป็นศูนย์กลางการคมนาคมขนส่งในเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตก (East-west economic corridor) (ณัฐยานันท์ โสกุล, 2016) และระเบียงเศรษฐกิจเหนือ-ใต้ (North-south economic corridor) (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ สำนักอาเซียน, 2552) จึงทำให้ตลาดแห่งนี้มีความได้เปรียบในการรวบรวมและ

กระจายแตงโมจากตลาดไทยเจริญไปยังภูมิภาคอื่นๆได้เป็นอย่างดี การจัดการโซ่อุปทานเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่มีการนำมาใช้วิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการหรือกิจกรรมภายในห่วงโซ่อุปทานของสินค้าทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานตลอดห่วงโซ่อุปทาน (ศศิ นภา บุญพิทักษ์ และคณะ, 2559, นงคณัฐ บุญกล้า, 2017, สุรรัตน์ ศรีทะแก้ว และสุเทพ นิมสาวย, 2556) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาโซ่อุปทานของแตงโม ณ ตลาดไทยเจริญ เพื่อวิเคราะห์และหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโซ่อุปทานของแตงโม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาโซ่อุปทานของแตงโมที่ผ่านมายังตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก
- 2.2 เพื่อเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานของแตงโมที่ผ่านมายังตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

- 3.1 ศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องกับโซ่อุปทานของแตงโม ที่ตลาดไทยเจริญ ตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การเก็บบรรจุ การตลาด และการขนส่งสู่ตลาดและผู้บริโภค ทั้งจากหนังสือ บทความวิชาการและงานวิจัย
- 3.2 ศึกษาโซ่อุปทานของแตงโม ที่แหล่งเพาะปลูก ตลาดไทยเจริญและแหล่งที่เกี่ยวข้อง โดยการลงพื้นที่สำรวจ เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์ตัวแทนจากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 5 คน
- 3.3 วิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค (SWOT Analysis) เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพโซ่อุปทานของแตงโม ที่ตลาดไทยเจริญ
- 3.4 วิเคราะห์กิจกรรมในการจัดการห่วงโซ่คุณค่า (Value Chain Analysis) ของอุตสาหกรรมต้นน้ำ
- 3.5 วิเคราะห์ผลและสรุปผล เพื่อเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานของแตงโม ที่ตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก

4. ผลการวิจัย

- 4.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ
- ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในโซ่อุปทาน เริ่มจากการสัมภาษณ์ผู้จัดการที่ตลาดไทยเจริญ จากการลงพื้นที่ที่ตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก พบว่าแตงโมที่ส่งมายังตลาดไทยเจริญ เป็นแตงโมที่ส่งมาจากพื้นที่เพาะปลูกในอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกแตงโมในพื้นที่ดังกล่าว พบว่า เกษตรกร

นิยมปลูกแตงโมพันธุ์กินรีและพันธุ์จัมโบ้ เนื่องจากให้ผลผลิตดี และเปลือกหนา เกิดความเสียหายระหว่างการขนส่งน้อย น้ำหนักผลประมาณ 3-5 กิโลกรัม/ผล ผลผลิตประมาณ 4 ตัน/ไร่ แตงโมไม่ชอบอยู่ในพื้นที่ชื้นแฉะและเป็นพีชอายุสั้นประมาณ 2 เดือนก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ เกษตรกรรับเมล็ดพันธุ์แตงโมมาจากเจ้าแก้ว(นายทุน) ที่ตลาดไทยเจริญ ในราคากระป๋องละ 300 บาท โดยชำระเงินหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต หากซื้อเมล็ดตามท้องตลาดกระป๋องละ 250 บาท 1 กระป๋อง ปลูกได้ประมาณ 1,000 ต้นหรือ 1 ไร่ หากรับเมล็ดพันธุ์จากเจ้าแก้วผลผลิตที่ได้จะต้องขายให้กับเจ้าแก้วเท่านั้น โดยจะหักต้นทุนในส่วนของเมล็ดพันธุ์ให้กับเจ้าแก้วก่อน การเพาะปลูกแตงโมในลักษณะนี้คล้ายคลึงกับการทำเกษตรแบบพันธสัญญา แต่ไม่มีการประกันราคา และไม่มีการจัดทำเอกสารข้อตกลงเป็นลายลักษณ์อักษร แต่จากประสบการณ์ของเกษตรกรที่ผ่านมา พบว่าส่วนใหญ่เจ้าแก้วที่ให้เมล็ดมาจะรับซื้อในราคาสูงกว่าราคาตลาด 1-2 บาท/กิโลกรัม ในส่วนของปุ๋ยซีไคที่เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูกจะรับมาจากจังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนปุ๋ยและยากำจัดวัชพืชต่างๆ หาซื้อตามร้านค้าเกษตรทั่วไป สำหรับพื้นที่เพาะปลูกเกษตรกรต้องหาเช่าพื้นที่ในการปลูกแตงโมเอง ครั้งละประมาณ 8,000 บาท โดยจะต้องเลือกพื้นที่ที่มีแสงแดดอย่างน้อย 6 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อแตงโมจะได้เติบโตได้ดี กระจายเถาออกเป็นวงกว้าง ควรเว้นระยะห่างโดยประมาณสำหรับแต่ละต้นและต้องเปลี่ยนพื้นที่ปลูกทุกปี เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรค ด้านแรงงานจะจ้างแรงงานในช่วงเพาะปลูกและดูแลรักษา ส่วนในช่วงเก็บเกี่ยวจะใช้วิธีการเอาแรง (ลงแขก) จากกลุ่มที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกัน ซึ่งมีประมาณ 16 ราย ใช้ต้นทุนในการเพาะปลูกเฉลี่ยไร่ละ 5,000-6,000 บาท

การเก็บเกี่ยวแตงโมจะคัดเกรดจากขนาดผล รูปทรงและผิว ราคาขึ้นอยู่กับขนาดของผลแตงโม คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยเจ้าแก้วจะเป็นผู้รับซื้อและคัดเลือกผลผลิตเองที่ไร่ทั้งหมด เจ้าแก้วจะจัดรถคิวคือ รถกระบะและรถ 10 ล้อ มารับแตงโมและส่งไปขายยังตลาดไทยเจริญ และตลาดอื่นๆทั่วประเทศ ยังไม่เคยมีกรณีรับเมล็ดจากเจ้าแก้วแล้วไม่ได้ขายให้เจ้าแก้ว เพราะเจ้าแก้วจะรับซื้อตลอด แม้ว่าแตงโมจะล้นตลาด แตงโมที่เก็บเกี่ยวแล้วจะอยู่ได้ประมาณ 10 วัน

4.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ

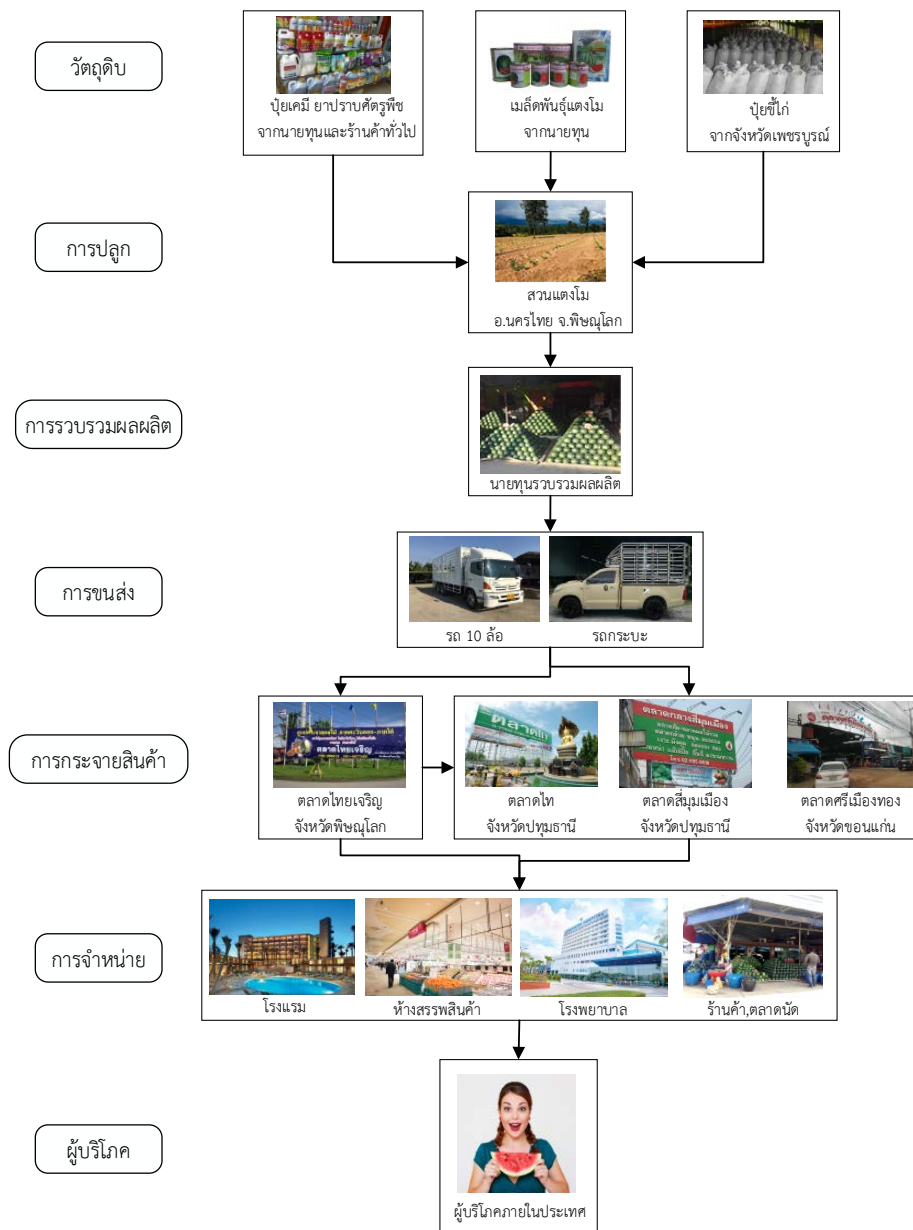
ตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลบ้านป่า อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ดำเนินการเปิดให้เช่าเป็นพื้นที่ซื้อขายผลไม้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 จนถึงปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์ผู้ดูแลตลาดไทยเจริญ พบว่า ตลาดไทยเจริญเปิดให้บริการเช่าพื้นที่และสาธารณูปโภค สำหรับการค้าขายผลไม้ทางการเกษตรและดูแลปัญหาระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายหากตกลงราคากันไม่ได้ ปัจจุบันกำลังจะเปิดให้มีโซนสำหรับซื้อขายผักเพิ่ม เพื่อขยายตลาดให้สามารถรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นได้ ราคาซื้อขายขึ้นอยู่กับกลไกการตลาด ตลาดแห่งนี้เป็นตลาดผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในภาคเหนือตอนล่าง มีพื้นที่ 50 ไร่ และได้รับการส่งเสริมจากกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ให้เป็นตลาดที่เชื่อมโยงไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ปัจจุบันตลาดไทยเจริญเป็นแหล่งรับผลไม้จากภาคเหนือมากระจาย

ไปยังตลาดภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และอีกทางหนึ่งก็รับผลไม้จากทาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง กระจายไปยังตลาดในภาคเหนือ โดยส่วนใหญ่เป็นผลไม้ตามฤดูกาล เช่น ส้ม สับปะรด แตงโม มะม่วง ทุเรียน แคนตาลูป กล้วย เงาะ ลำไย ส้มโอ เป็นต้น มีหน่วยงานศูนย์วิทยาศาสตร์ กระทรวงวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ได้รับการสนับสนุนจากกระทรวงพาณิชย์เข้ามาสู่ตรวจคุณภาพของผลไม้ โดยนำผลไม้ไปตรวจที่ศูนย์วิทยาศาสตร์จังหวัดพิษณุโลก ก่อนที่จะมีการประสานงานกับศูนย์กระทรวงวิทยาศาสตร์ที่กรุงเทพมหานคร

ลูกค้าที่มาซื้อแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ ส่วนใหญ่เป็นพ่อค้าปลีกที่อยู่ในจังหวัดพิษณุโลกและมาจากจังหวัดใกล้เคียง เช่น พิจิตร กำแพงเพชร สุโขทัย นครสวรรค์ และอุตรดิตถ์ โดยนำไปจำหน่ายตามร้านค้าหรือตลาดนัดต่างๆ นอกจากนี้ยังมีลูกค้าในกลุ่มโรงแรม ร้านค้า ร้านอาหารในพิษณุโลก และพื้นที่ใกล้เคียงด้วย แตงโมบางส่วนจะถูกกระจายไปยังตลาดค้าส่งในภูมิภาคอื่นๆ ด้วย เช่น ตลาดไทและตลาดสี่มุมเมือง จังหวัดปทุมธานี ตลาดอุดรเมืองทอง จังหวัดอุดรธานี ตลาดศรีเมืองทอง จังหวัดขอนแก่น และตลาดอื่นๆ ปกติจะมีรถวิ่งเข้ามาส่งผลไม้ที่ตลาดไทยเจริญกว่า 100 คัน/วัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูกาลผลไม้ แต่ในช่วงหลังเศรษฐกิจตกต่ำทำให้จำนวนรถที่เข้ามาส่งผลไม้ลดลง เพราะกำลังซื้อคนไทยลดลง ผลไม้เกรดดีๆ มักถูกส่งออกไปขายยังต่างประเทศ ที่เหลือขายภายในประเทศส่วนใหญ่จึงเป็นของที่ตกเกรด มีตำหนิหรือไม่ได้ขนาด ผู้ประกอบการส่วนใหญ่สามารถหาแตงโมมาขายได้ตลอดปี โดยจัดโซนสำหรับจำหน่ายแตงโมไว้ต่างหาก ตลาดไทยเจริญไม่มีรถขนส่งให้เช่าและไม่มีบริการห้องเย็น เนื่องจากมีต้นทุนสูง แต่มีห้องเย็นของผู้ประกอบการเองสำหรับเก็บผลไม้เมืองหนาว เช่น แอปเปิ้ล สาลี่ องุ่น เป็นต้น ปัจจุบันตลาดประสบปัญหาด้านสาธารณสุขโรคภายในตลาด โดยเฉพาะปัญหาน้ำและปัญหาการจัดการขยะ

4.3 โครงสร้างโซ่อุปทานของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ

จากการลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ คือ เกษตรกรผู้ปลูกแตงโม ผู้ประกอบการที่ตลาดไทยเจริญ คณะผู้วิจัยได้สรุปเป็นแผนภาพโซ่อุปทานของแตงโมตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โซ่อุปทานของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ จังหวัดพิษณุโลก

4.4 การประเมินศักยภาพโดยใช้ SWOT Analysis

(1) การวิเคราะห์ SWOT ในอุตสาหกรรมต้นน้ำของแตงโม

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินศักยภาพของโซ่อุปทานในส่วนของอุตสาหกรรมต้นน้ำของแตงโม โดยทำการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในของโซ่อุปทาน คือ จุดแข็งและจุดอ่อนภายในและสภาพแวดล้อมภายนอกโซ่อุปทาน คือ โอกาสและอุปสรรค ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้ SWOT ในอุตสาหกรรมต้นน้ำของแตงโม สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ SWOT ในอุตสาหกรรมต้นน้ำของแตงโม

	ปัจจัยบวก (Helpful)	ปัจจัยลบ (Harmful)
ปัจจัยภายในองค์กร (Internal)	จุดแข็ง (Strength) 1. สภาพพื้นที่ ลักษณะดิน และภูมิอากาศ มีความเหมาะสมกับการเพาะปลูกแตงโม 2. เกษตรกรมีความเชี่ยวชาญในการ เพาะปลูกแตงโมมากกว่า 10 ปี 3. มีตลาดรองรับแน่นอน 4. สามารถปลูกแตงโมได้ทุกฤดูกาล 5. แตงโมมีระยะเวลาการผลิตสั้น ทำให้ สามารถเก็บผลผลิตได้เร็ว 6. มีการรวมกลุ่มเกษตรกรเพื่อเอาแรงกัน ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต	จุดอ่อน (Weakness) 1. ต้องเปลี่ยนพื้นที่ในการเพาะปลูกแตงโม ทุกปี ทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้น 2. ปลูกได้เฉพาะดินร่วนปนทรายเท่านั้น 3. ไม่สามารถนำเมล็ดเก่ามาปลูกซ้ำ อาจทำ ให้แตงโมกลายพันธุ์หรือมีเมล็ดเพิ่มมากขึ้น 4. เกษตรกรขาดแหล่งเงินทุนในการ เพาะปลูก จึงต้องรับเมล็ดพันธุ์และวัตถุดิบ ในการเพาะปลูกจากนายทุน ทำให้เกิด ต้นทุนสูงขึ้นและเกษตรกรไม่มีอิสระในการ จำหน่ายผลผลิตของตนเอง
ปัจจัยภายนอกองค์กร (External)	โอกาส (Opportunity) 1. มีช่องทางในการติดต่อและจำหน่าย แตงโมเพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถเข้าถึง ลูกค้ารายใหม่ๆได้มากขึ้น 2. ปัจจุบันคนไทยรักสุขภาพมากขึ้น แตงโม จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของคนกลุ่มนี้ เพราะแตงโมทำให้ผิวพรรณดี 3. มีการนำแตงโมไปแปรรูปเป็นเครื่องดื่ม มากขึ้น	อุปสรรค (Treats) 1. สภาพเศรษฐกิจไทยในปัจจุบัน ส่งผลต่อ ประชาชนทำให้กำลังซื้อลดลง 2. มีคู่แข่งทางการตลาดสูงเนื่องจากแตงโม สามารถปลูกได้ในหลายพื้นที่ 3. แมลงศัตรูพืชที่ส่งผลต่อคุณภาพของ แตงโม 4. ช่วงฤดูฝนแตงโมจะเกิดโรครากเน่าได้ ง่าย

(2) การวิเคราะห์ SWOT ในอุตสาหกรรมกลางน้ำของตลาดไทยเจริญ

จากข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์ผู้จัดการตลาดไทยเจริญ ผู้วิจัยได้ ทำการวิเคราะห์ SWOT เพื่อประเมินศักยภาพของโซ่อุปทานในส่วนของอุตสาหกรรมกลางน้ำของ แตงโมที่ตลาดไทยเจริญ ผลจากการวิเคราะห์ SWOT สรุปได้ดังตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ SWOT ในอุตสาหกรรมกลาน้ำของตลาดไทยเจริญ

	ปัจจัยบวก (Helpful)	ปัจจัยลบ (Harmful)
ปัจจัยภายในองค์กร (Internal)	จุดแข็ง (Strength) 1. เป็นแหล่งรวบรวมและกระจายผลไม้ที่ใหญ่ที่สุดในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง 2. อยู่ใกล้สี่แยกอินโดจีนทำให้มีความสะดวกในการขนส่งและกระจายสินค้าไปยังภูมิภาคต่างๆ 3. เป็นตลาดที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับในพื้นที่ เนื่องจากเปิดให้บริการมายาวนานกว่า 15 ปีแล้ว 4. มีการจัดโซนพื้นที่ขายผลไม้ในตลาด เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ลูกค้า 5. มีผลไม้หลากหลาย ครบคลุมความต้องการของผู้บริโภค	จุดอ่อน (Weakness) 1. ประสบปัญหาสาธารณูปโภคภายในตลาด โดยเฉพาะปัญหาน้ำและปัญหาการจัดการขยะ 2. ตลาดไม่ได้มีบทบาทในการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ ทำให้มีผู้ประกอบการบางรายนำสินค้าที่ไม่มีคุณภาพมาปะปนจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ทำให้ส่งผลเสียต่อภาพลักษณ์ของตลาด
ปัจจัยภายนอกองค์กร (External)	โอกาส (Opportunity) 1. ได้รับการสนับสนุนจากกรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์ 2. มีนักวิทยาศาสตร์จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ในการสุ่มตรวจสอบปนเปื้อนในผลไม้ เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค 3. มีการขยายตัวของธุรกิจโรงแรม ภัตตาคาร ร้านอาหารและห้างสรรพสินค้าต่างๆ ทำให้เพิ่มโอกาสในการขาย 4. มีช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์มากขึ้น ทำให้ตลาดสามารถเข้าถึงผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น	อุปสรรค (Treats) 1. สภาพอากาศแปรปรวนส่งผลให้ผลผลิตออกสู่ตลาดลดลง 2. สภาพเศรษฐกิจไทยในปัจจุบัน ส่งผลต่อผู้บริโภค ทำให้กำลังซื้อลดลง 3. ตลาดส่งออกมีมาตรการกีดกันทางการค้าและมีการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้นจากประเทศคู่แข่ง

4.5 การวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่า (Value Chain)

จากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงกิจกรรมในการจัดการห่วงโซ่คุณค่าของโซ่อุปทานแตงโมได้ ดังนี้

กิจกรรมหลัก (Primary Activities) มีรายละเอียด ดังนี้

(1) โลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) เกษตรกรส่วนใหญ่จะรับเมล็ดพันธุ์แตงโมมาจากเจ้าแก (นายทุน) ที่ตลาดไทยเจริญ เพื่อเป็นการรับประกันว่าผลผลิตที่ได้จะมีตลาดรองรับแน่นอน แต่ส่งผลให้เกิดต้นทุนมากขึ้น เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่รับมาจากเจ้าแกเป็นการจ่ายแบบเครดิต จึงทำให้มีราคาสูงกว่าท้องตลาด โดยจะหักต้นทุนในส่วนของเมล็ดพันธุ์ให้กับเจ้าแกหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่วนปุ๋ยและยากำจัดวัชพืชต่างๆ หาซื้อตามร้านค้าเกษตรทั่วไป สำหรับพื้นที่เพาะปลูกเกษตรกรต้องหาเช่าพื้นที่ในการปลูกแตงโมเอง ไม่นิยมปลูกซ้ำในพื้นที่เดิม เนื่องจากมีความเสี่ยงในการเกิดโรคสูง

(2) กิจกรรมเกี่ยวกับการผลิต (Operations) เกษตรกรทำการเพาะปลูกแตงโมตามประสบการณ์ของตนเองและการบอกเล่าที่ผ่านมา มีการรวมกลุ่มที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันของเจ้าแก เพื่อช่วยเหลือกันในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ในช่วงเพาะปลูกและดูแลรักษาต้องจ้างแรงงานต่างหาก หากรับเมล็ดพันธุ์แตงโมมาจากเจ้าแก เจ้าแกจะเป็นผู้รับซื้อ คัดขนาดและคัดเลือกผลผลิตเองที่ไร้ทั้งหมด เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของผลผลิต และจะจัดรถกระบะและรถ 10 ล้อ มารับแตงโมที่ไร่

(3) โลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics) ในการจำหน่ายและกระจายผลผลิตแตงโม สำหรับผู้ที่รับเมล็ดพันธุ์มาจากเจ้าแก เจ้าแกจะเป็นผู้รับซื้อและกระจายผลผลิตไปยังตลาดไทยเจริญ และตลาดในภูมิภาคต่างๆ เช่น ตลาดไทและตลาดสี่มุมเมือง จังหวัดปทุมธานี ตลาดอุดรเมืองทอง จังหวัดอุดรธานี ตลาดศรีเมืองทอง จังหวัดขอนแก่น เป็นต้น

(4) การตลาดและการขาย (Marketing and Sales) แตงโมเป็นผลไม้ที่สามารถหาทานได้ง่ายในทุกฤดูกาล และมักมีราคาไม่แพง การขายผลผลิตของเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นการขายปลีกทั้งหมดให้กับเจ้าแกหรือนายทุนที่ให้เมล็ดพันธุ์ในการเพาะปลูกอยู่แล้ว ดังนั้นในด้านการตลาดและการขายจึงยังไม่มีกิจกรรมส่งเสริมการขายหรือโฆษณาใดๆ

(5) การบริการหลังการขาย (After-Sales Services) การขายแตงโมทั้งจากต้นน้ำและกลางน้ำเป็นการขายแบบขายส่งในปริมาณมาก โดยเจ้าแกจะเป็นผู้รับซื้อ คัดขนาดและคัดเลือกผลผลิตเองทั้งหมด แล้วกระจายผลผลิตไปยังตลาดต่างๆ ดังนั้นจึงยังไม่มี การติดตามความพึงพอใจของผู้ซื้อ

กิจกรรมสนับสนุน มีรายละเอียด ดังนี้

(1) การจัดซื้อ-จัดหา (Procurement) เกษตรกรส่วนใหญ่จะรับเมล็ดพันธุ์แตงโมมาจากเจ้าแก เป็นการเพาะปลูกแตงโมแบบพันธสัญญา เพื่อให้แน่ใจว่าผลผลิตที่ได้จะมีตลาดรองรับแน่นอน

ส่วนการจัดซื้อวัตถุดิบและอุปกรณ์อื่นๆ ในการเพาะปลูกจะซื้อจากร้านจำหน่ายสินค้าเกษตรที่คุ้นเคย โดยจะซื้อปุ๋ยยาเท่าที่จำเป็นตามที่เคยใช้มาก่อนเท่านั้น

(2) การพัฒนาเทคโนโลยี (Technology Development) ยังไม่มีการพัฒนาหรือนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเพาะปลูก การผลิต หรือการจำหน่ายแตงโม เพื่อลดต้นทุนหรือเพิ่มผลผลิต ดังนั้นในกระบวนการผลิตต่างๆ จึงยังต้องใช้แรงงานเป็นหลัก

(3) การจัดการทรัพยากรมนุษย์ (Human Resource Management) แรงงานที่ใช้ในการเพาะปลูก ดูแลรักษา เป็นแรงงานที่จ้างเป็นครั้งคราว ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเพาะปลูกแตงโม ส่วนในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตจะใช้วิธีการลงแขก เอาแรงกันในกลุ่มเครือข่ายเพาะปลูกแตงโมที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันของอำเภอ ซึ่งแรงงานในกลุ่มนี้มีความรู้และประสบการณ์ในการทำงานอยู่แล้ว

(4) โครงสร้างพื้นฐานองค์กร (Firm Infrastructure) เกษตรกรมีการรวมกลุ่มเครือข่ายเพาะปลูกแตงโมที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันของอำเภอ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและช่วยเหลือกันเป็นครั้งคราวเท่านั้น การดำเนินการวางแผน การเพาะปลูก การดูแลรักษาผลผลิตของเกษตรกรแต่ละรายเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีการรวมกลุ่มในระดับองค์กร

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 แนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมต้นน้ำของแตงโม

จากการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ ผู้วิจัยได้สรุปเป็นแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมต้นน้ำของแตงโมให้มีประสิทธิภาพ ดังนี้

(1) หน่วยงานรัฐควรให้ความช่วยเหลือด้านเงินทุนแก่เกษตรกรในการเพาะปลูก รวมถึงกำกับดูแลการทำสัญญาระหว่างนายทุนและเกษตรกร เพื่อไม่ให้เกษตรกรถูกเอารัดเอาเปรียบ จากสัญญาที่ไม่เป็นธรรม แม้ว่าจากการศึกษายังไม่พบปัญหานี้ก็ตาม

(2) เกษตรกรควรหาช่องทางในการผลิตและจัดจำหน่ายแตงโมในตลาดอื่นๆ เช่น การเพาะปลูกแตงโมแบบอินทรีย์ปลอดสารเคมี เพื่อจำหน่ายให้กับกลุ่มลูกค้าที่รักสุขภาพและคำนึงถึงความปลอดภัยสูง การหาตลาดแปรรูป เพื่อระบายสินค้าในช่วงที่ราคาตกต่ำ เป็นต้น

(3) ควรมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างเกษตรกร ภาครัฐและเอกชน เพื่อร่วมกันศึกษา หาแนวทางในการเพาะปลูกแตงโมบนพื้นที่เดิม โดยลดความเสี่ยงในการเกิดโรค เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกร

5.2 แนวทางในการพัฒนาการดำเนินการของตลาดไทยเจริญ

จากการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของตลาดไทยเจริญ ผู้วิจัยได้สรุปเป็นแนวทางในการพัฒนาการดำเนินการของตลาดไทยเจริญให้มีประสิทธิภาพ ดังนี้

(1) จากปัญหาการจัดการด้านสาธารณูปโภคภายในตลาดไทยเจริญ คือ ปัญหาน้ำและปัญหาการจัดการขยะ ตลาดไทยเจริญควรเร่งดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อให้มีความพร้อมสามารถรองรับการขยายตัวของตลาดที่จะมีการเปิดพื้นที่สำหรับซื้อขายพืชผักในตลาดด้วย เพื่อให้เป็นแหล่งรวบรวมสินค้าที่ครบวงจร และสามารถรองรับความต้องการของผู้บริโภคที่หลากหลายมากขึ้นได้

(2) ในปัจจุบันมีช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์มากขึ้น ดังนั้นตลาดสามารถใช้ช่องทางเหล่านี้เข้ามาช่วยในการสื่อสาร โฆษณาและประชาสัมพันธ์ตลาดได้ โดยจุดเด่นของตลาดทั้งในด้านพื้นที่ ที่ตั้งที่สะดวกสบาย ความหลากหลายของผลไม้ในตลาด และการได้รับการสนับสนุนจากกรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์ เพื่อจูงใจและสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้า ทั้งนี้ควรมีการประชาสัมพันธ์ข่าวสาร การอัพเดทสินค้าและราคาให้เป็นปัจจุบันด้วย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับลูกค้า ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าถึงผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น

5.3 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในห่วงโซ่คุณค่าของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ

จากการวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่า สามารถสรุปแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในห่วงโซ่คุณค่าของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญเป็นแผนภาพได้ ดังภาพที่ 2

เกษตรกรรวมกลุ่ม/เครือข่าย เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและสร้างอำนาจในการต่อรองในการซื้อขายสินค้าและวัตถุดิบในการเพาะปลูก					กำไร
รัฐควรส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับการเพาะปลูกแตงโมบนพื้นที่เดิม โดยลดความเสี่ยงในการเกิดโรค เพื่อลดต้นทุนในการเพาะปลูก					
ใช้เทคโนโลยีในปัจจุบัน เช่น LINE Facebook เพื่อเพิ่มช่องทางในการจำหน่าย แลกเปลี่ยนข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร					
จัดซื้อวัตถุดิบในการเพาะปลูกจากแหล่งอื่นๆที่มีราคาต่ำกว่า เพื่อลดต้นทุน และหลีกเลี่ยงการเพาะปลูกแบบพันธสัญญาที่ไม่เป็นธรรม					
โลจิสติกส์ภายใน	กิจกรรมเกี่ยวกับการผลิต	โลจิสติกส์ภายนอก	การตลาดและการขาย	การบริการ	
รัฐควรให้ความช่วยเหลือด้านเงินทุนแก่เกษตรกรในการเพาะปลูก	เกษตรกรควรมีการรวมกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลในการเพาะปลูก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ	เกษตรกรควรหาช่องทางใหม่ๆ ในการจำหน่ายและกระจายผลผลิตด้วยตนเอง ไม่ควรพึ่งพานายทุนหรือเจ้าแก่เพียงอย่างเดียว	เกษตรกรควรหาจุดเด่นของตนเองในการผลิตเพื่อสร้างเอกลักษณ์และสร้างโอกาสในการขายผลผลิต	เกษตรกรควรมีช่องทางในการติดต่อผ่านสื่อออนไลน์ต่างๆ เพื่อเป็นช่องทางให้ผู้ซื้อสามารถติดต่อสอบถาม สั่งซื้อสินค้าจากเกษตรกรได้โดยตรง	

ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าของแตงโมที่ตลาดไทยเจริญ

จากผลการวิจัยจะเห็นว่าเกษตรกรเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่คุณค่าของแตงโม ในฐานะที่เป็นผู้ผลิตแตงโม เพื่อส่งมอบให้กับผู้บริโภค แต่ผลจากการวิจัยพบว่าการเพาะปลูกแตงโมในพื้นที่ศึกษาเป็นการเพาะปลูกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับการทำเกษตรแบบพันธสัญญา แต่ไม่มีการประกันราคา และไม่มีการจัดทำเอกสารข้อตกลง จึงมีความเสี่ยงที่เกษตรกรจะถูกเอาเปรียบและไม่ได้รับความเป็นธรรม ดังนั้นภาครัฐควรเข้าไปกำกับดูแล เพื่อไม่ให้เกษตรกรถูกเอาเปรียบจาก

สัญญาที่ไม่เป็นธรรม ทั้งนี้ภาครัฐควรส่งเสริมให้ความรู้แก่เกษตรกรในการเพาะปลูกและการจัดการแปลงด้วย เพื่อให้สามารถเพาะปลูกบนพื้นที่เดิมได้ โดยลดความเสี่ยงในการเกิดโรค เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตแก่เกษตรกร นอกจากนี้ภาครัฐควรส่งเสริมและผลักดันให้มีการรวมกลุ่มเกษตรกรหรือกลุ่มเครือข่าย เพื่อสร้างอำนาจต่อรองในการซื้อขายผลผลิตและวัตถุดิบในการผลิต เช่นเดียวกับการวิจัยของ ธัญญา วสุศรี และคณะ (2550) ที่เห็นว่าภาครัฐควรให้ความสำคัญแก่เกษตรกรผู้เป็นห่วงโซ่แรกในระบบโซ่อุปทาน โดยการส่งเสริมให้มีการรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายเกษตรกร เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการผลิต เพิ่มอำนาจในการต่อรองราคาและการซื้อปัจจัยการผลิต เพื่อลดต้นทุนในการผลิตแก่เกษตรกร

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2561 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณที่ให้การสนับสนุนมา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- เจรจาการค้าระหว่างประเทศ, กรม. (2552). **ระเบียบเศรษฐกิจแนวเหนือ-ใต้**. สืบค้นจาก <http://www.thaifita.com/ThaiFTA/Portals/0/nsec.pdf>
- ณัฐยานันท์ โสกุล. (2016). **เส้นทางระเบียบเศรษฐกิจสายตะวันออก-ตะวันตก**. สืบค้นจาก <http://cite.dpu.ac.th/EWEC1.html>
- ดวงจันทร์ เกียรติยศ สุวรรณ. (2538). **แต่งโม**. สืบค้นจาก http://natres.psu.ac.th/radio/radio_article/radio37-38/37-380039.htm
- ธัญญา วสุศรี, รวิพิมพ์ ฉวีสุข, เจริญชัย โคมพิตรภรณ์, ปรรธนา ปรรธนาดี, วิเชียร พาชมัย, สุทธิศักดิ์ ห่านนิมิตกุลชัย, อำภา ทนุณอมราชฤทธิ์, สุรเชษฐ์ ลิ้มปัทมญาณวัฒน์ และวิภาพร วีระไวยยะ. (2550). **การจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมสับปะรด**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- นงคณัฐ บุญกล้า. (2017). **ห่วงโซ่อุปทานมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อการส่งออก: กรณีศึกษาจังหวัดพิษณุโลก**. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 38, 742-754.
- ศศิณภา บุญพิทักษ์, กรณ์ภพ รัตนวิจิตร และสำราญ ชำโสม, (2559). **การศึกษาและหาแนวทางการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ผลไม้มังคุดในเขตจังหวัดจันทบุรี**. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี*, 9(1), 100-115.



สุรรัตน์ ศรีทะแก้ว และสุเทพ นิมสสาย, (2556). การวิเคราะห์โซ่อุปทานและรายได้เปรียบเทียบการ
แข่งขันด้านการส่งออกของผลไม้สดไทยไปยังตลาดสหภาพเมียนมาร์. วารสารวิทยาการ
จัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 8(2), 36-61.

A METHOD FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF SIMILARITY MEASURE FOR AUDIO CLUSTERING USING AREA UNDER THE CURVE (AUC)

Sunun Tati^{1*}

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: sunun.t@psru.ac.th

วันที่เข้าระบบ 10 พฤษภาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 7 มิถุนายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

Abstract

Audio fingerprint analysis is a widely used method for identifying specific pieces of audios, and can be effective at analyzing specific audio tracks. However, this analysis is only effective in detecting exact duplicate content that matches another piece of audio. A method for finding similarity between audio pieces is reviewed, and an evaluation method to find how effectiveness of that algorithm is proposed. The evaluation method uses Area Under the Curve (AUC) which is calculated by using similarity ranking.

Keywords: Data clustering, Music recognition, Audio fingerprint

1. Introduction

In the information age, copyright infringement is easy to do and is resulting in significant financial damage to many original artists, filmmakers, singers and song writers, among others. For the music industry particularly, releasing new versions of songs without the permission of the owners is having a huge financial impact on the original copyright holders. The ability to detect copyright infringements and unauthorized reproductions is an important matter in these circumstances.

Methods to detect music copyright infringement are currently practiced, with the more usual method being random checking by a copyright officer. This approach has significant limitations due to the difficulty of analyzing large amounts of data, together with the need for an informed and experienced listener. Some computer-based, algorithmic approaches are also in use (Downie J.S., 2003).

Music Information Retrieval (often abbreviated to MIR) is an interdisciplinary research approach integrating different areas of research, such as digital signal processing, pattern recognition, music theory, and psychology. A subset of MIR, the Music Recognition Technique (Tao and Ogihara, 2006) is a technique to extract specific features of the music that can be used to detect duplicate content.

The audio content of any piece of audio has identifiable features, one of which is known as the audio fingerprint (Ouali *et al.*, 2016). The audio fingerprint is a unique data feature of a piece of audio, similar to the uniqueness of human fingerprints used to identify a specific person. For any musical piece, the audio fingerprint of any input audio file can be generated and used for comparison against the audio fingerprints of other audio data. Copyright infringements can be detected by matching the audio fingerprints of an original piece, and the cover version (the term used for the suspected copy).

The problem in audio fingerprinting is that it can only be used to detect exact matches and is unable to be used for close copies or items that are only similar to each other. Copyright infringement can occur due to significant similarity, or different arrangements of the musical piece, which are not necessarily direct or exact copies of the original.

2. Research Objectives and Focus

We propose the evaluation method to find how effectiveness of an approach to find similarities between two songs by comparing their audio fingerprints, which can be used for copyright infringement detection or song identification.

This paper is structured as follows: Section 3 is literature review, Section 4 presents the proposed approach, Section 5 summarizes and discusses the results, and there is a final Conclusion section.

3. Literature Review

Many music-related processes such as copyright infringement detection, song identification or genre classification apply music recognition techniques. Previous research compared the effectiveness of human listening and music recognition techniques for musical genre classification. Perrot and Gjerdingen, 1999 showed that a non-expert person can identify the genre with 72% accuracy after listening to a 3-second segmentation of music. Tzanetakis and Cook (Tzanetakis and Cook, 2002) found that automatically classifying ten musical genres by computerized music recognition techniques achieved only 61% accuracy. They concluded that the main factor affecting the accuracy of automatic recognition accuracy is in the methods of data feature extraction.

There are various ways to extract data features from recorded music, which is available in many forms, both analog and digital, on a variety of media, CDs, tapes, vinyl records, or, more usually in this day and age, digital audio files. The main musical feature of interest here is the audio fingerprint of the musical piece or song, which is the most widely used feature to use for copyright infringement detection.

The process for using the audio fingerprint method of copyright infringement detection starts with the extraction of the data from an input audio file, during which action the waveform of the music is generated. Next, the audio fingerprint is generated from the waveform by using a mathematical function. This process is illustrated in Figure 1.

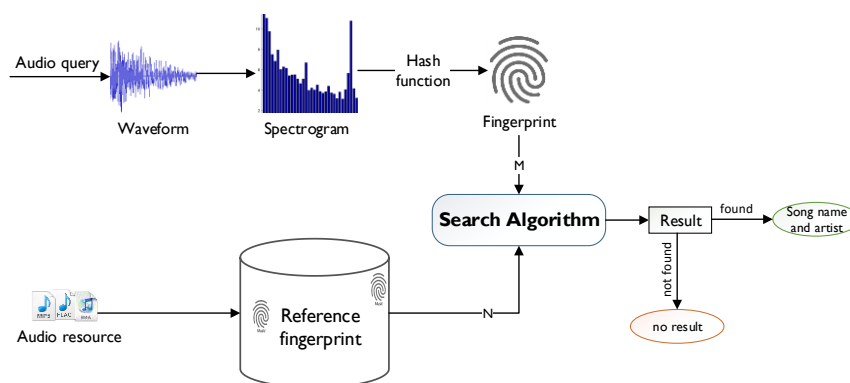


Figure 1 Music copyright infringement detection method
using fingerprint schema

For song identification, the audio fingerprint schema can also be used to detect a song with the same audio fingerprint as that of the original or of another copy of the original. The effectiveness of audio fingerprinting was demonstrated as being superior to using binary images (Ouali *et al.*, 2015). Audio fingerprints can be generated from binary images. The significant problem with both binary images and audio fingerprints, however, is that they are only effective in detecting content that is an exact match to another piece of audio. A method for finding similarity between musical pieces can address this problem.

In data pre-processing method, Chahid *et al.*'s approach (Ouali *et al.*, 2016) generate the audio fingerprint. The pre-processing of the audio data has three main steps: generating the audio spectrogram, generating the binary image and generating the audio fingerprint. This is illustrated in Figure 2.

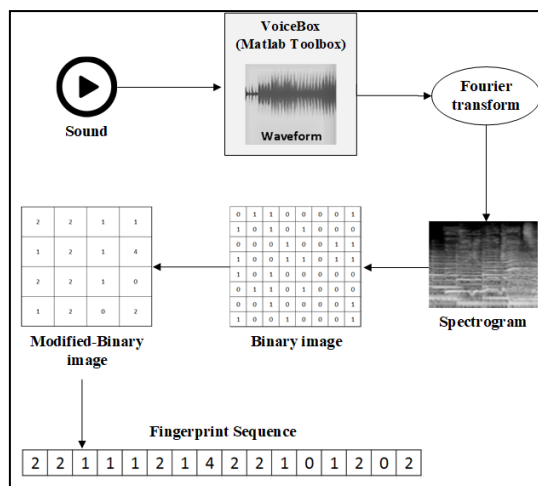


Figure 2 Data pre-processing

The first step is to generate the audio waveform from full-length song which is in a WAV format audio file. The output waveform shows how a signal changes with time (time-domain graph) and is split into 0.3-second frames, which are then individually transformed from the time domain waveform to the frequency domain audio waveform by Fast Fourier Transform (FFT). Then the frequency domain audio waveform by the FFT is used as input to an algorithm to generate a spectrogram of each audio frame.

The algorithm merges 0.3-second eight spectrogram frames, which is a spectrogram window (our terminology) of 0.24 seconds duration. The spectrogram image is an 8x8 matrix of pixel values. The spectrogram window is converted into a binary image by comparing each value in the spectrogram window matrix to the mean arithmetic value of the window matrix (Ouali *et al.*, 2016), replacing each value with 0, where the value is less than the mean, or 1 where the value is equal to or greater than the mean (Algorithm 2). Next, combine the values in each 2x2 sub-matrix tile into one value to calculate a 4x4 matrix from the 8x8 matrix, then convert the 4x4 binary image matrix in 16 values vectors as the fingerprint sequence.

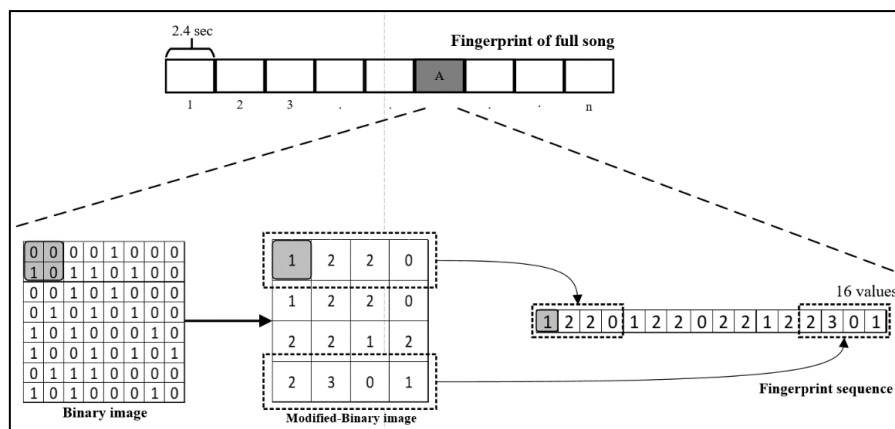


Figure 3 Audio fingerprint window of full-length song and sequence value in each window.

Each audio has a set of n fingerprint sequence windows that were constructed in the pre-processing process, previously described. The length of the song will determine n . For brevity, we refer to each of these n fingerprint sequence windows as a window vector, each of which is comprised of 16 bits, and, if we refer to Song A and Song B, each window vector is designated A_n or B_n in the following calculations, where n is determined by the length of each song. These are the data input used in our approach (Figure 3). Each A is compared to the associated window vector B , as illustrated in Figure 4.

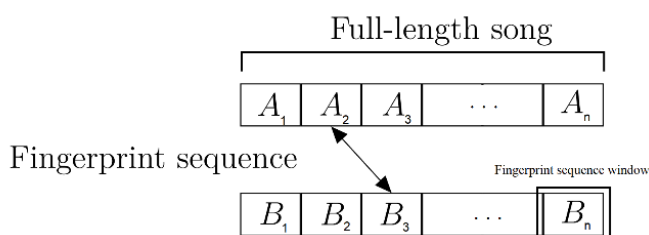


Figure 4 fingerprint sequence window vectors of two different songs

Because a song consists of many fingerprint windows, similarity measurement between two songs is evaluating the similarity scores of all fingerprint window. Relationship Functions [7] for comparison of fingerprints, instead of comparing large data pairs are shown in Figure 5.

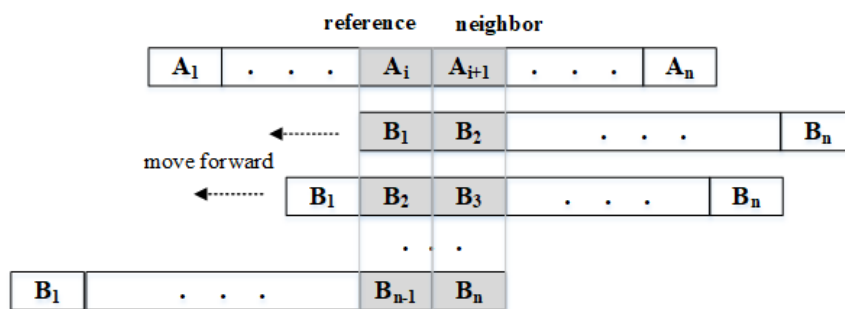


Figure 5 Measuring song similarities

After that calculate two statistical significance values: sum similarity (σ) and degree of difference (δ). Sum similarity is the sum of matching score of reference window ($A_i - B_i$) and neighbor window ($A_{i+1} - B_{i+1}$). The degree of difference is absolute of difference between matching score of reference window ($A_i - B_i$) and neighbor window ($A_{i+1} - B_{i+1}$).

4. Proposed approach

We compared the audio input file of a song against all of the audio files in our dataset to calculate the similarity score between the example input file and each file in the database, to create a similarity ranking, which we ordered in descending order of similarity score. To measure the effectiveness, calculate the area under the curve (AUC), shown in Figures 6, 7, 8 and 9 is calculated from the similarity ranking. The area under the graph (AUC) is calculated from the similarity ranking to measure the effectiveness of the method we use. AUC is an area under the curve which plot between true positive rate (TPR) and false positive rate (FPR). Of concern in these comparisons is the possibility of True Positives where the process either correctly identifies a song as being a copy of another song, or where a song is wrongly identified as not being the same. In our experiments, we tested an audio input file that was known to have a copy cover song in the database. We could then test for the proportion of true and false positives to assess the overall accuracy of our method, which we calculated as the Area Under the Curve (AUC)

The AUC space has 2 axes, each axis having a maximum value of one. The x-axis value increases for each false positive identified, and the y-axis value increases for

each true positive identified. When the input song is cover or original of a song in similar ranking, it means a true positive occur, the y-axis line will step up, and if it is a false positive the x-axis line steps to the right (only positives are being tested). If all correct songs are in the top of ranking, the graph will sit along the 0 value of the y-axis, at the maximum y-axis value, and the area AUC will be 1.0 (Figure 6).

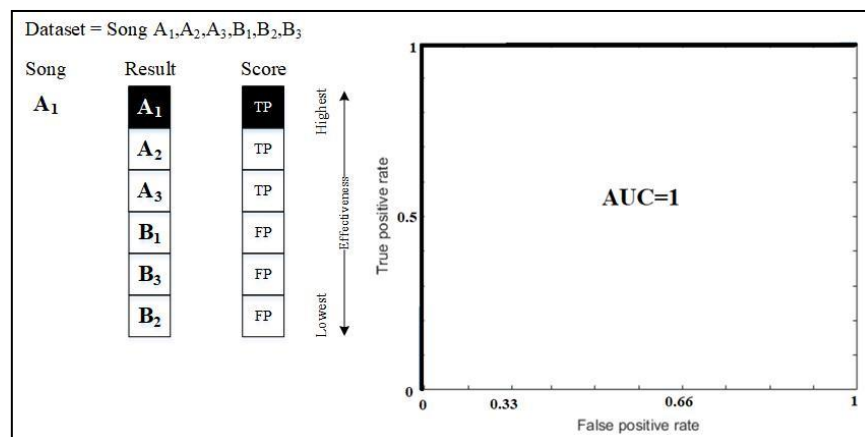


Figure 6 Example results: AUC=1

The other extreme case is where every comparison is shown to be a false positive, in which case the graph line will be 0 on the x-axis, and the AUC is equal to 0.0 (Figure 7).

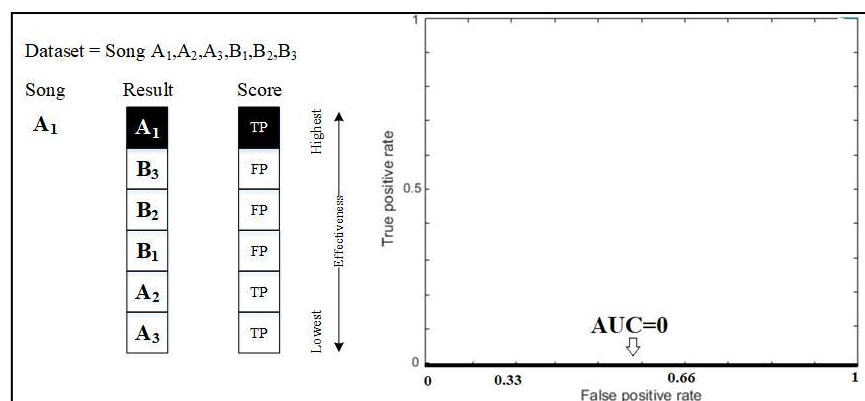


Figure 7 Example results: AUC=0

In Figure 8, each part of the graph line indicates either a True Positive (move along the x-axis) or a False Positive (move up the y-axis), resulting in an AUC of 0.5. Figure 9, using the same description, shows an AUC of 0.66.

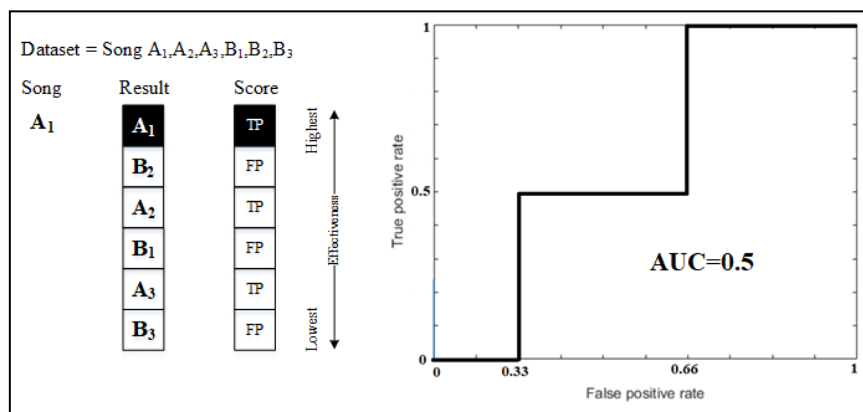


Figure 8 Example results: AUC=0.5

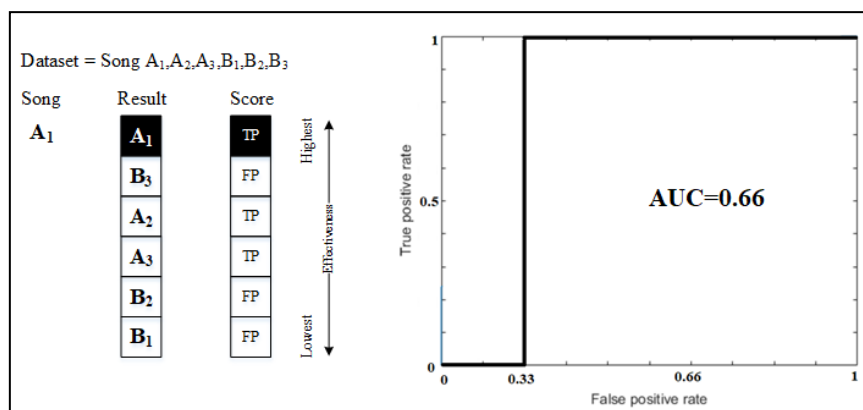


Figure 9 Example results: AUC=0.66

5. Research Conclusions

The digital distance between a same and similar audio can be calculated, and the shortest digital distance calculated will identify the closest copy, therefore the most likely copyright infringement. Effective of clustering algorithm can measure by calculating the area under the curve (AUC). AUC is an area under the curve which plot between true positive rate (TPR) and false positive rate (FPR). The algorithm which have more average AUC, that indicates the algorithm is more effective than other.

6. Reference

- Downie, J. S. (2003). Music information retrieval. **Annual Review of Information Science and Technology**. 37, 295--340
- Ouali, C., Dumouchel, P., & Gupta, V. (2015). Efficient spectrogram-based binary image feature for audio copy detection. **IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)**. 1792-1796.
- Ouali, C., Dumouchel, P., & Gupta, V. (2016) A spectrogram-based audio fingerprinting system for content-based copy detection. **Multimedia Tools Appl.** 75, 9145-9165
- Perrot, D., & Gjerdingen, R. O. (1999). **Scanning the dial: An exploration of factors in the identification of musical style**. Proceeding of International Conference on Music Perception and Cognition.
- Tao, L., & Ogihara, M. (2006). Toward intelligent music information retrieval. **Multimedia, IEEE Transactions on**. 8, 564-574
- Tati, S., Kijsanayothin, P., & Kongdenfha, W. (2018, January - June). Song clustering using similarity of audio fingerprint. **TNI Journal of Engineering and Technology**. 6(1), 49-55
- Tzanetakis, G., & Cook, P. (2002). Musical genre classification of audio signals. **Speech and Audio Processing, IEEE Transactions on**. 10, 293-302



การออกแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพารา สำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น RUBBER WOOD PARTITION DESIGN FOR MODERN HOME DECORATION

ณัฐธิดา จงรักษ์^{1*}, พนา ใจหลวง¹ และ พีระพล นวลเปรม¹

Nattida Jongrak^{1*}, Phana Chailuang¹, and Peerapon Nuanprem¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: archio_jung@hotmail.com

วันที่เข้ารับ 5 มิถุนายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 8 กรกฎาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่สนใจฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพารา มีแนวความคิดในการออกแบบคือ การชักใยของแมงมุม โดยใช้เส้นโค้ง เส้นซิกแซกเป็นหลัก และทำการออกแบบร่างจำนวน 3 รูปแบบ คือ รูปแบบ A มีเส้นโค้งเป็นหลัก ให้ความรู้สึกสบาย เปลี่ยนแปลงและรู้สึกเคลื่อนไหวต่อเนื่อง รูปแบบ B มีเส้นซิกแซกเป็นหลัก ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหว ตื่นเต้น แปลกใหม่ น่าสนใจ และรูปแบบ C มีเส้นโค้งแบบก้นหอยเป็นหลัก คลื่นคล้าย หรือมีการเติบโตในทิศทางที่หมุนวน ความเคลื่อนไหวที่ไม่สิ้นสุด จากนั้นนำแบบร่างทั้ง 3 รูปแบบให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ 5 ท่าน ทำการประเมินเพื่อให้ได้แบบสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จริง เมื่อผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำแบบร่างที่ได้มาผลิตจริง นำไปสอบถามกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน ประกอบด้วยเพศชายร้อยละ 60 และเพศหญิงร้อยละ 40 มีอายุระหว่าง 26-40 ปี เพื่อสอบถามความพึงพอใจในแต่ละด้าน ผลสรุปผู้บริโภคมีความพึงพอใจ ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความสวยงาม ด้านการใช้วัสดุ ด้านโครงสร้าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ดังนั้นการออกแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น จึงเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่แปลกใหม่มีความแตกต่างจากรูปแบบที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดสามารถเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่สนใจในของตกแต่งบ้าน และเป็นทางเลือกใหม่ในการนำไม้ยางพาราที่มีอยู่มาเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้น

คำสำคัญ: ฉากกั้นพื้นที่, ไม้ยางพารา, บ้านสไตล์โมเดิร์น

Abstract

The objectives of this research were 1) to design rubber wood partition for modern home decoration, and 2) to study the satisfaction of consumers interested in rubber wood partition. The design was based on the concept of spider webbing, mainly relying on curves and zigzags. Three models were drafted. Firstly, Model A was curve form, conveying comfortable feelings, changeability, and continuous flow. Secondly, Model B was zigzag form, conveying movements, exciting, exotic, and interesting feelings. Finally, Model C was spiral curve with a structure of loosening wave or growing in a swirling direction, conveying the feelings of endless movement. Three models were then evaluated by five experts in order to obtain the prototype. According to experts' recommendations, some modifications were made for further production. Then, the completed models were evaluated by the sample, 30 individuals, of which, 60% were males and 40% were females. The samples' age were 26-40 years old. They were asked to evaluate their satisfaction with the developed models in various aspects. The results showed that the average levels on the aspects of usability, beauty, material usage, and structure were high. Therefore, the developed partition design made of rubber wood for modern home decoration was unique and different from other common products sold in the market place. This can be another option the customers interested in home decoration items, and also the new way to increase value of rubber wood.

Keywords: Partition, Rubber wood materials, Modern home

1. บทนำ

บ้านรูปแบบสไตล์โมเดิร์นได้รับอิทธิพลมาจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมในช่วงศตวรรษที่ 18 – 20 เป็นยุคที่คำนึงถึงคุณค่าและศักยภาพการใช้งานของสิ่งต่างๆ ประโยชน์ใช้สอยที่คุ้มค่า ประหยัดวัสดุ และแรงงานในการก่อสร้าง ดังนั้นจึงเกิดการลดทอนองค์ประกอบตกแต่งที่ฟุ่มเฟือยมาใช้รูปทรงเรขาคณิตขั้นพื้นฐานที่มีความเรียบง่าย ไม่มีการตกแต่งหรือปกปิดพื้นผิว เป็นการยอมรับลักษณะที่เป็นธรรมชาติของวัสดุและโครงสร้าง เนื่องจากคำว่า Modern ในภาษาอังกฤษ แปลว่า ใหม่หรือ ทันสมัย จึงหมายถึง การออกแบบในรูปแบบใหม่ๆ สำหรับยุคนั้น หลักการของความสวยงามตามรูปแบบโมเดิร์น คือ รูปทรงที่สามารถตอบสนองประโยชน์ใช้สอยได้สูงสุด บ้านโมเดิร์นมีลักษณะเด่นในการใช้รูปทรงเรขาคณิต เช่น สี่เหลี่ยมหรือเส้นโค้งที่เกิดจากส่วนของวงกลม สำหรับแนวคิดหลัก

ของการออกแบบโมเดิร์นเป็นการเลือกใช้รูปทรง โครงสร้างและวัสดุที่สามารถตอบสนองการใช้งานได้ดี หรืออีกนัยหนึ่งคือรูปทรงของอาคารถูกกำหนดจากลักษณะการใช้งาน ไม่มีการประดับตกแต่งส่วนเกิน เคารพในธรรมชาติของวัสดุและโครงสร้าง (Bann Yu Sabai, 2019) ฉากกั้นพื้นที่ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งสำหรับการตกแต่งภายในบ้านให้ได้รับความสะดวกในการจัดแบ่งพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพหนึ่งสำหรับการตกแต่งภายในบ้านให้ได้รับความสะดวกในการจัดแบ่งพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ สัดส่วน เหมาะสำหรับบ้านที่มีพื้นที่อย่างจำกัด สามารถเพิ่มความเป็นส่วนตัวให้กับพื้นที่ได้ และช่วยเพิ่มมิติให้กับการตกแต่งบ้าน โดยวัสดุหลักที่นิยมนามาใช้ในการทำฉากกั้นพื้นที่ คือ ไม้แปรรูป เหล็ก และพลาสติก ฉากกั้นพื้นที่มี 2 รูปแบบหลักๆ คือ ฉากกั้นแบบตายตัวไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ และฉากกั้นที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ โดยส่วนใหญ่ฉากกั้นทั้ง 2 รูปแบบไม่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบหรือรูปทรงให้เข้ากับสถานการณ์ต่างๆหรือในพื้นที่อื่นๆได้ในเวลาที่จะเคลื่อนย้าย (Bann Klang Khao, 2012) ปัจจุบันไม้ยางพาราเป็นไม้เศรษฐกิจที่ให้ผลผลิตน้ำยาง ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 12.6 ล้านไร่ ดังนั้นไม้ยางพาราจึงเป็นผลพลอยได้จากการปลูกต้นยางพารา กล่าวคือหลังจากต้นยางพาราแก่โดยมีอายุประมาณ 18-23 ปีขึ้นไป ต้นยางพาราจะหมดหน้ากรีตคือ หน่อยางเดิมที่ผ่านการกรีตมาแล้วหลายครั้งจะไม่เรียบและมีความแข็งมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถกรีตได้ ส่วนหน่อยางที่ยังไม่ผ่านการกรีตมาก่อนจะอยู่สูง จึงจำเป็นต้องตัดต้นยางพาราทิ้งเพื่อปลูกทดแทนใหม่ ไม้ที่ได้จากการตัดต้นยางพาราจะเป็นวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพารา แต่ในปัจจุบันไม้ยางพาราแปรรูปมีราคาถูก ทำให้โรงงานแปรรูปไม้ยางพาราบางโรงงานต้องปิดตัวลง ส่งผลไปถึงเกษตรกรผู้ปลูกไม้ยางพาราที่ต้องการตัดต้นยางพารา เพราะขาดทุนยอมรับซื้อไม้ยางพาราเพื่อนำไม้ยางพาราไปแปรรูป (Watnapanit *et al.*, 2015)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำไม้ยางพารามาเป็นวัสดุหลักที่ใช้สำหรับการออกแบบเป็นฉากกั้นพื้นที่เพื่อตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น โดยให้มีรูปแบบที่เรียบง่าย มีรูปทรงแปลกใหม่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบได้มีความแตกต่างจากรูปแบบที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด อีกทั้งเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายผู้ที่ชื่นชอบความแปลกใหม่ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจไม้ยางพาราในประเทศ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น

2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่สนใจฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การศึกษามีความเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการศึกษาดังนี้

3.1 ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดแนวความคิดในการออกแบบจากการชักใยของแมงมุม มีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

(1) ศึกษาค้นคว้าจากตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบ

(2) ทำการออกแบบภาพร่างผลิตภัณฑ์ตามพื้นฐานข้อมูลที่ได้ศึกษาจำนวน 3 รูปแบบ

(3) นำแบบผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบจำนวน 3 รูปแบบ สอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 5 ท่าน ตามกรอบแนวคิดของการวิจัยคือ ด้านความสวยงาม ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านการใช้วัสดุ และด้านโครงสร้าง (Kuntachot, 2004 และ Saribud, 2012)

(4) สรุปแบบจากผู้เชี่ยวชาญ นำแบบไปปรับปรุงและพัฒนา เพื่อทำการผลิตรูปแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น

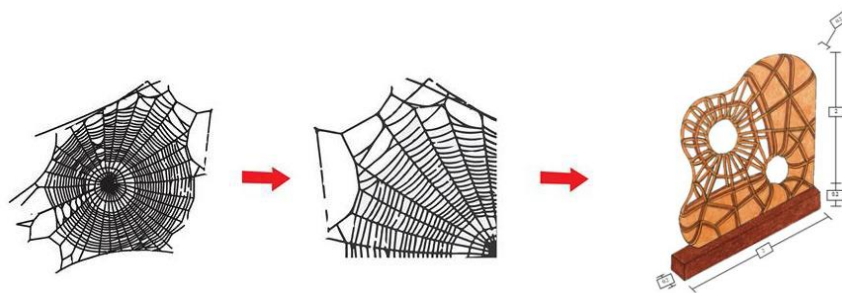
3.2 ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่สนใจฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์ฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราไปสอบถามกลุ่มเป้าหมายจำนวน 30 คน ตามกรอบแนวคิดในด้านความสวยงาม ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านการใช้วัสดุ และด้านโครงสร้าง (Kuntachot, 2004) จากนั้นจึงสรุปข้อมูลที่ได้มาจากการตอบแบบสอบถามประกอบภาพถ่ายมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ได้ผลการวิจัยดังนี้

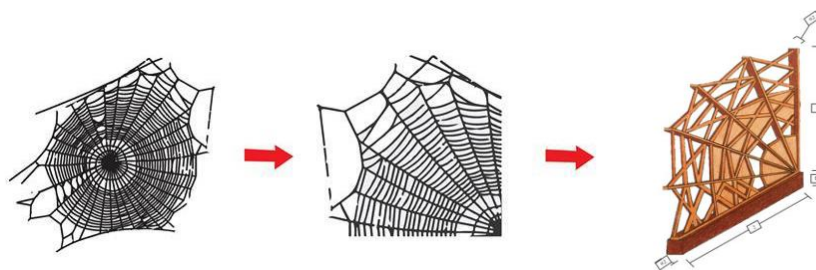
(1) การออกแบบร่างผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้แรงบันดาลใจในการออกแบบมาจากการสร้างใยของแมงมุม โดยนำเอารูปแบบการชักใยของแมงมุมที่มีลักษณะเฉพาะ มีความสวยงาม มีความทนทาน แข็งแรง และเส้นใยโดดเด่น นำมาลดทอนรายละเอียดให้เป็นรูปทรงที่น่าสนใจ และนำมากำหนดเป็นแนวความคิดในการออกแบบฉากกั้นพื้นที่สำหรับตกแต่งบ้านโดยใช้วัสดุไม้ยางพารา เพื่อลดต้นทุนการผลิต ให้มีความเหมาะสมกับบ้านสไตล์โมเดิร์นในรูปแบบที่เรียบง่ายและทันสมัย โดยได้ออกแบบร่างผลิตภัณฑ์จำนวน 3 รูปแบบดังนี้

(1.1) แบบร่างผลิตภัณฑ์รูปแบบ A มีแนวความคิดคือ การใช้เส้นโค้งเป็นหลัก ให้ความรู้สึกสบาย เปลี่ยนแปลงได้ เลื่อนไหลต่อเนื่อง



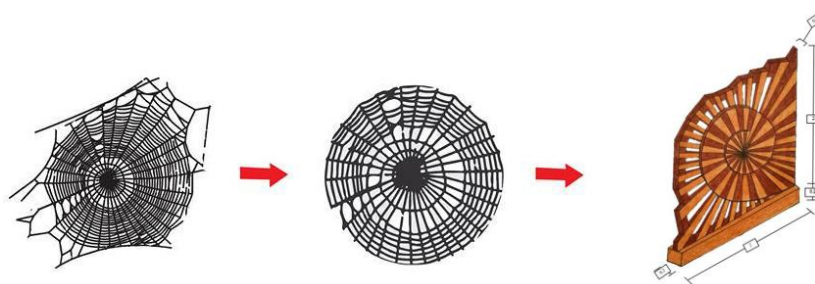
ภาพที่ 1 แบบร่างผลิตภัณฑ์รูปแบบ A

(1.2) แบบร่างผลิตภัณฑ์รูปแบบ B มีแนวความคิดคือ การใช้เส้นซิกแซกเป็นหลัก ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหว ตื่นเต้น แปลกใหม่ น่าสนใจ



ภาพที่ 2 แบบร่างผลิตภัณฑ์รูปแบบ B

(1.3) แบบร่างผลิตภัณฑ์รูปแบบ C มีแนวความคิดคือ การใช้เส้นโค้งแบบก้นหอยเป็นหลัก มีความคลืนคล้าย หรือเติบโตในทิศทางที่หมุนวน ความเคลื่อนไหวที่ไม่สิ้นสุด



ภาพที่ 3 แบบร่างผลิตภัณฑ์รูปแบบ C

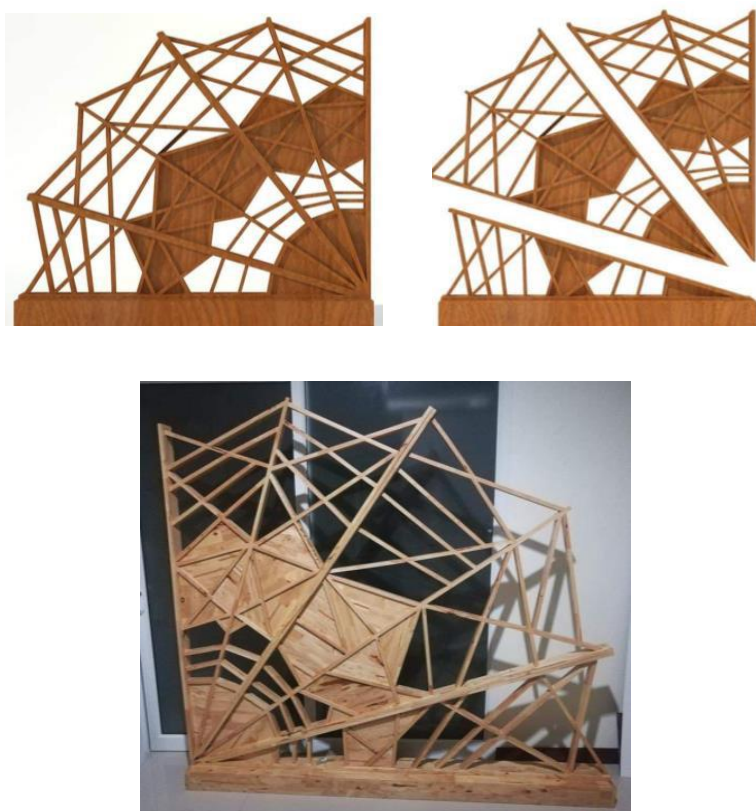
(2) การสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ผู้วิจัยได้นำแบบร่างจำนวน 3 รูปแบบ สอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ เพื่อประเมินว่ารูปแบบใดมีความเหมาะสมกับการนำไปผลิต พบว่ารูปแบบ B มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ ($\bar{X}$ =4.22, SD=0.17) อยู่ในระดับมาก สมควรที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จริง มีรายละเอียดดังนี้

(2.1) ด้านความสวยงาม รูปแบบ B มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.60, SD=0.20) อยู่ในระดับมากที่สุด รูปแบบ A มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.00, SD=0.19) อยู่ในระดับมาก รูปแบบ C มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ 3.80, SD=0.19) อยู่ในระดับมาก

(2.2) ด้านประโยชน์ใช้สอย รูปแบบ B มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.33, SD=0.20) อยู่ในระดับมาก รูปแบบ A มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.20,SD=0.23) อยู่ในระดับมาก รูปแบบ C มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =3.80,SD=0.22) อยู่ในระดับมาก

(2.3) ด้านการใช้วัสดุ รูปแบบ B มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ 4.60, SD=0.54) อยู่ในระดับมากที่สุด รูปแบบ A มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.20, SD=0.44) อยู่ในระดับมาก รูปแบบ C มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ = 3.80, SD=0.44) อยู่ในระดับมาก

(2.4) ด้านโครงสร้าง รูปแบบ B มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.20, SD=0.27) อยู่ในระดับมาก C มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ 4.00, SD=0.27) อยู่ในระดับมาก รูปแบบ A มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ 3.80, SD=0.27) อยู่ในระดับมาก



ภาพที่ 4 ผลิตรัณฑ์รูปแบบ B เมื่อนำไปผลิตเป็นผลิตรัณฑ์จริง



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์รูปแบบ B เมื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จริง

4.2 ผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 เมื่อผู้วิจัยได้ผลิตจากกันพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์นเป็นผลิตภัณฑ์จริงแล้ว ผู้วิจัยจึงนำไปสอบถามกลุ่มเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่สนใจผลิตภัณฑ์ ได้ผลสรุปดังนี้

(1) ด้านประโยชน์ใช้สอย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถติดตั้งได้ง่ายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.60, SD=0.67) อยู่ในระดับมากที่สุด รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับการตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.40, SD=0.49) อยู่ในระดับมาก เพิ่มทางเลือกใหม่ให้ผู้บริโภค มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.23, SD=0.67) อยู่ในระดับมาก

(2) ด้านความสวยงาม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.00, SD=0.67) อยู่ในระดับมาก รูปแบบผลิตภัณฑ์มีขนาดและสัดส่วนที่เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ = 4.30, SD=0.66) อยู่ในระดับมาก รูปแบบผลิตภัณฑ์สื่อถึงแนวความคิดในการออกแบบ มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.20, SD=0.61) อยู่ในระดับมาก

(3) ด้านการใช้วัสดุ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก การนำวัสดุไม้ยางพารามาใช้มีความเหมาะสมกับรูปแบบ มีค่าเฉลี่ย ที่ ($\bar{X}$ =4.26, SD=0.69) อยู่ในระดับมาก

(4) ด้านโครงสร้าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ทนทาน ต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ =4.23, SD=0.43) อยู่ในระดับมาก รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมแซมได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{X}$ = 4.30, SD=0.46) อยู่ในระดับมาก

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการออกแบบในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบฉากกั้นพื้นที่ตามรูปแบบที่ได้จากการประเมินโดยนำไม้ยางพารามาเป็นวัสดุหลัก เนื่องจากไม้ยางพารามีราคาที่ไม่สูงมาก สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิต ทำการออกแบบให้มีรูปทรงที่เรียบง่ายและแปลกใหม่ มีความเป็นโมเดิร์น และคงความสวยงามของไม้โดยการทาสีที่โปร่งใสและเคลือบเงา แสดงให้เห็นลวดลายของไม้ยางพาราที่สวยงาม รูปแบบสามารถติดตั้งได้ง่ายและแยกชิ้นส่วนเพื่อให้สะดวกต่อการขนย้าย และมีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน มีความแตกต่างจากรูปแบบที่มีอยู่ทั่วไป อีกทั้งเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายผู้ที่ชื่นชอบการตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น

(1) ผลการประเมินการออกแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ใช้แบบร่างให้ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยเกณฑ์การประเมิน คือ ด้านความสวยงาม ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ด้านการใช้วัสดุ ด้านโครงสร้าง พบว่า รูปแบบ B เป็นรูปแบบที่มีระดับความคิดเห็นการประเมินผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความสวยงาม อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย อยู่ในระดับมาก ด้านการใช้วัสดุ อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านโครงสร้าง อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ รูปแบบ A เป็นรูปแบบที่มีระดับความคิดเห็นการประเมินผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับมาก ด้านความสวยงาม อยู่ในระดับมาก ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย อยู่ในระดับมาก ด้านการใช้วัสดุอยู่ในระดับมาก ด้านโครงสร้าง อยู่ในระดับมาก สุดท้ายคือรูปแบบ C เป็นรูปแบบที่มีระดับความคิดเห็นการประเมินผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับน้อยที่สุด ด้านความสวยงาม อยู่ในระดับมาก ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย อยู่ในระดับมาก ด้านการใช้วัสดุอยู่ในระดับมาก ด้านโครงสร้าง อยู่ในระดับมาก

(2) สรุปผลการศึกษาความพึงพอใจในการออกแบบฉากกั้นพื้นที่จากวัสดุไม้ยางพาราสำหรับตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น ด้านความสวยงามคือ รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ รูปแบบผลิตภัณฑ์มีขนาดและสัดส่วนที่เหมาะสม รูปแบบผลิตภัณฑ์สื่อถึงแนวความคิดในการออกแบบ ซึ่งทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ด้านประโยชน์ใช้สอยคือ รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถติดตั้งได้ง่ายในการใช้งานซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับการตกแต่งบ้านสไตล์โมเดิร์น เพิ่มทางเลือกใหม่ให้ผู้บริโภคมีค่าเฉลี่ยที่อยู่ในระดับมาก ด้านการใช้วัสดุคือ การนำวัสดุไม้ยางพารามาใช้มีความเหมาะสมกับรูปแบบซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และสุดท้ายด้านโครงสร้างคือ รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ทนทาน ต่อการใช้งานและรูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมแซมได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

5.2 อภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยได้พบจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ จากการศึกษาข้อมูลของลักษณะของไม้ยางพารา พบว่า ไม้ยางพารามีคุณภาพ ในด้านความแข็งแรง ทนทาน มีลวดลายที่สวยงาม จึงนำเอาไม้ยางพาราที่มีอยู่ทั่วไป ซึ่งที่มีราคาไม่แพงมากประกอบด้วย

ปัจจุบันไม้ยางพารามีราคาถูกลงมาใช้เป็นวัสดุหลักในการผลิต ทำการออกแบบเพื่อให้มีความสวยงาม เรียบง่าย สะดวกสบาย สามารถถอดประกอบเคลื่อนย้ายไปในที่ต่างๆได้ จากนั้นนำไปประเมิน แบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จากผลประเมินความคิดเห็น พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้จริง และมีความแปลกใหม่ ผลประเมินด้านความสวยงาม ด้านหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ด้านการใช้วัสดุ และด้านโครงสร้าง อยู่ในระดับมาก ซึ่งตรงกับแนวคิดของ สถาพร ดีบุญดี ณ ชุมแพ ที่กล่าวว่า รูปทรงสีสนต้องสวยงาม เป็นการสนองความต้องการของผู้ใช้ทางด้าน จิตใจ ทางความรู้สึก ฉะนั้นต้องสร้างรูปทรงเฟอร์นิเจอร์ให้มีความสวยงาม การตกแต่งสีผิวให้มีลวดลายสีสนจึงจะเป็นที่ต้องการของผู้ใช้ จึงผลิตขึ้นจริง จากนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแบบประเมิน เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่สนใจ จากผลประเมินพบว่า ผู้บริโภคมีความสนใจในด้าน ความสวยงาม ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านวัสดุ และด้านโครงสร้าง อยู่ในระดับมาก ซึ่งตรงกับ สถาพร ดีบุญดี ณ ชุมแพ ที่กล่าวว่า รูปทรงสีสน ต้องสวยงาม เป็นการสนองความต้องการของผู้ใช้ทางด้าน จิตใจ ทางความรู้สึก ฉะนั้นต้องสร้างรูปทรงเฟอร์นิเจอร์ให้มีความสวยงาม การตกแต่งสีผิวให้มี ลวดลายสีสนจึงจะเป็นที่ต้องการของผู้ใช้ และยังสอดคล้องกับ อุดมศักดิ์ สาริบุตร ที่กล่าวว่า รูปร่าง และขนาดเหมาะกับการใช้งาน ขนาด ความสูงกว้าง ยาว และขีดจำกัดของประกอบการออกแบบ เช่น การหยิบใช้คล่อง ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์สามารถตอบโจทย์ของกลุ่มเป้าหมายและเป็นไปตาม วัตถุประสงค์ที่วางไว้

6. เอกสารอ้างอิง

- Bann Klang Khao. (2012). **Benefits of Partition**. Retrieved from <https://banhim.weebly.com/> (inThai)
- Bann Yu Sabai. (2019). **Meaning of Modern Home**. Retrieved February from <https://www.facebook.com/usabaikorat/posts/812310412178197> (inThai)
- Kuntachot, S. (2004). **Wood product design**. Bangkok: Odeon Store. (inThai)
- Saribud, U. (2012). **Design Furniture**. Bangkok: Odeon Store. (inThai)
- Watnapanit, J., Senngam, S., & Tongnu, K. (2015). Thai rubber wood. **Architecture Journal**, 14(1). (inThai)



จริยธรรมในการตีพิมพ์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์สูงสุด ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะต้องปฏิบัติตามหลักการและมาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์อย่างเคร่งครัด

บทบาทหน้าที่ของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบบทความที่ส่งมาเพื่อ เข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์กับวารสารทุกบทความ โดยพิจารณาเนื้อหาบทความที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพบทความในกระบวนการประเมินและคุณภาพบทความก่อนการตีพิมพ์
2. บรรณาธิการต้องใช้เหตุผลทางวิชาการในการพิจารณาบทความทุกครั้งโดยปราศจากอคติที่มีต่อบทความและผู้นิพนธ์ในด้านเชื้อชาติ เพศ ศาสนา วัฒนธรรม การเมือง และสังกัดของผู้นิพนธ์
3. บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์หรือผู้ทรงคุณวุฒิไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือนำไปเป็นผลงานทางวิชาการของตนเอง
4. บรรณาธิการต้องไม่แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลประโยชน์ของผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงไม่ปิดกั้นหรือแทรกแซงข้อมูลที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์
5. บรรณาธิการต้องปฏิบัติตามกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ ของวารสารอย่างเคร่งครัด
6. บรรณาธิการต้องรักษามาตรฐานของวารสาร รวมถึงพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพและมีความทันสมัยเสมอ

บทบาทหน้าที่ของผู้นิพนธ์

1. ผลงานของผู้นิพนธ์ต้องเป็นผลงานที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน และไม่อยู่ระหว่างการเสนอ เพื่อพิจารณาเผยแพร่ในวารสารฉบับอื่น
2. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกผลงานของผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมาเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาบทความของตนเอง
3. ข้อมูลที่นำเสนอในผลงาน ต้องเป็นข้อเท็จจริงที่เกิดจากการศึกษาวิจัย ผู้นิพนธ์ต้องไม่บิดเบือน ปลอมแปลง หรือนำเสนอข้อมูลอันเป็นเท็จ
4. ผู้นิพนธ์พึงกระทำตามขั้นตอนของวารสาร เพื่อเป็นการรับรองคุณภาพของเนื้อหาที่ได้นำมาตีพิมพ์เผยแพร่โดยตระหนักว่าผลงานวิชาการต่าง ๆ ในวารสารมีวัตถุประสงค์และมาตรฐานที่แตกต่างกัน



5. หากผลงานทางวิชาการของผู้นิพนธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ และสัตว์ทดลอง ต้องเป็นผลงานที่ได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรม ปฏิบัติตามกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด และต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และสัตว์ทดลอง
6. ผู้นิพนธ์ต้องเขียนบทความวิชาการหรือบทความวิจัยให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน “คำแนะนำผู้เขียน”
7. ชื่อผู้นิพนธ์ที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในผลงานวิชาการนี้จริง

บทบาทหน้าที่ของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องคำนึงถึงคุณภาพบทความเป็นหลัก พิจารณาบทความภายใต้หลักการและเหตุผลทางวิชาการโดยปราศจากอคติหรือความคิดเห็นส่วนตัว และไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่แสวงหาประโยชน์จากผลงานทางวิชาการที่ตนเองได้ทำการประเมิน
3. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตระหนักว่าตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของผลงานวิชาการที่รับประเมินอย่างแท้จริง
4. หากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่าบทความที่รับประเมิน เป็นบทความที่คัดลอกผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบทันที
5. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องรักษาระยะเวลาประเมินตามกรอบเวลาประเมินที่กำหนด รวมถึงไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับรู้

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม