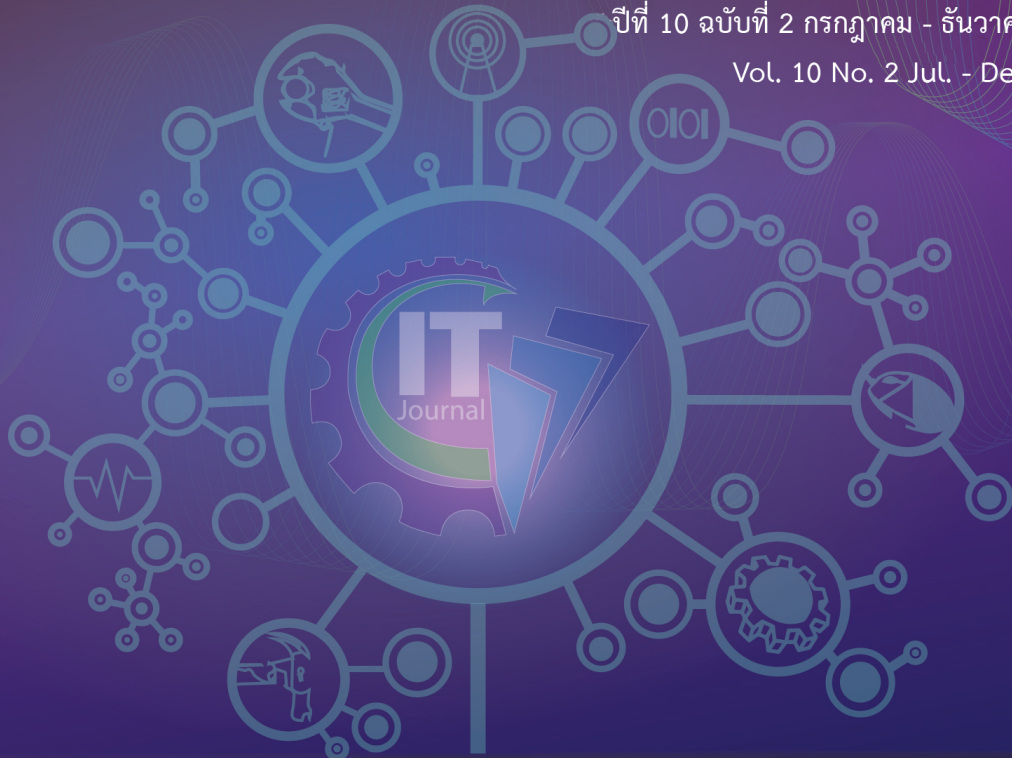




วารสารวิชาการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2568

Vol. 10 No. 2 Jul. - Dec. 2025



Industrial Technology Journal
Surindra Rajabhat University

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ISSN (Print) 3027-6314

ISSN (Online) 3027-6322



industrial-journal.sru.ac.th

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เป็นวารสารที่ผ่านการประเมินคุณภาพวารสารที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 5 พ.ศ. 2568-2572 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นปีละ 2 ฉบับเพื่อใช้เป็นแหล่งเผยแพร่บทความทางวิชาการและบทความวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับเพื่อรวบรวม และเผยแพร่ ผลงานทางวิชาการ โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความทางวิชาการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรมศึกษา นวัตกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ของอาจารย์ นักศึกษา และนักวิชาการ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมฉบับนี้เป็นปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2568 ประกอบด้วย บทความวิจัยจำนวน 17 บทความ เป็นบทความภาษาไทย 16 บทความ และบทความภาษาอังกฤษ 1 บทความ อนึ่งความคิดเห็นจากบทความวิชาการหรือรายงานการวิจัยแต่ละเรื่องที่น่าสนใจในวารสารฉบับนี้เป็นความเห็นจากผู้เขียนหรือผู้วิจัยกองบรรณาธิการมีหน้าที่จัดพิมพ์ และเผยแพร่เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการแก่สังคมเท่านั้น กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบุคลากรทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการ ตลอดจนผู้สนใจโดยทั่วไปจะได้รับสาระประโยชน์จากวารสารฉบับนี้

กองบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2568
ISSN 3027 - 6314 (Print)
ISSN 3027 - 6322 (Online)

เจ้าของ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
รักษาราชการแทนคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
รองคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ พวงไพบูลย์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กรินทร์ กาญจนานนท์

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระราชูปถัมภ์

รองศาสตราจารย์ ดร.วรัทยา ธรรมกิตติภาพ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุมพฏ พงษ์ศักดิ์ศรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วงกต ศรีอุไร

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัครชัย พิมพิมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ มณีวรรณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

รองศาสตราจารย์ยุพดี สีนมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

วัตถุประสงค์

เพื่อรวบรวม และเผยแพร่ ผลงานทางวิชาการ โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความทางวิชาการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรมศึกษา นวัตกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ของอาจารย์ นักศึกษา และนักวิชาการ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน มีกำหนดการตีพิมพ์ปีละ 2 ครั้ง คือ ในรอบเดือนมกราคม – มิถุนายน และรอบเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน

ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม

โดยทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรง 3 ท่านต่อหนึ่งบทความ

สารบัญ

บทความวิจัย

การจำลองสถานการณ์การเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อนเชิงพาณิชย์ : กรณีศึกษา กลุ่มแปลงใหญ่หม่อนไหม ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ธาริณี มีเจริญ คิวพร แนนหนา.....	1
การทดสอบสมรรถนะเทคโนโลยีลดขนาดใบหม่อนที่เหมาะสมตามช่วงวัยหนอนไหมภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร พงศ์ไกร วรรณตรง ศุภชัย แก้วจันทร์.....	16
การประเมินเสถียรภาพอุโมงค์เชิงปริมาณด้วยดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI)พงศกร พวงชมพู นรววิชัย แคมุเขียว.....	24
การพัฒนาเชรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์ สีน้าแปรรูป เกษตรอินทรีย์บัญชา ชื่นจิต.....	36
การพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเพียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหม และรังไหมชุมชนจังหวัดสุรินทร์ ศุภชัย แก้วจันทร์ สมณชา จีระมะกร ขนิษฐา สี่มา ภาณุวัฒน์ ธรรมเจริญ.....วัชรระ แหวนเงิน นลินี พงศ์พันธ์พิศุทธิ์.....	47
การพัฒนาระบบฐานข้อมูลตลาดผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรีกอรวิ ศิริโกคาภิรมย์ สจิวรรณ ปราชญ์ศรี.....	59
การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกโดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อการประชาสัมพันธ์ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกวัชรกิติ แสงสุวรรณ.....	69
การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าโดยโปรแกรมแอปซีต บริษัท ตัวอย่างอุตสาหกรรมเถลิง พลเจริญ วรเทพ ตรวิจิตร สมจินต์ อักษรธรรม.....	80
การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบแบบจำลองถดถอยในการพยากรณ์กำลังอัดของคอนกรีต ภายใต้อิทธิพลของน้ำแม่เหล็กและน้ำประปาโดยใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลเพื่อให้ ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติธนภัทร มะณีแสง ณัฐพล ภูระหงษ์ สุธิรา เบญจานุกรม.....	92
การศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของอุโมงค์ที่เสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt โดยใช้การทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กและวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์นรววิชัย แคมุเขียว พงศกร พวงชมพู.....	105

สารบัญ

บทความวิจัย (ต่อ)

การออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสี ด้วยการอัปเดตวันเฉลิม จันทร์โชติช่วง อริชัย รัตสาร ธิรมน สีตา.....	117
การออกแบบและพัฒนาเครื่องผ้าไมไ่ขนาดยาวเพื่อการพัฒนาอาชีพอีสานดั้งเดิม สำหรับผู้สูงอายุชัยรัตน์ พิมพ์บุตร วีรวรรณ คำภู ชัญชัย นามพล.....	132
การออกแบบและสร้างเครื่องผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็กเพื่อใช้ในกลุ่มสตรี ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมอนุรักษ์พันธุ์ไทยพื้นบ้านพงศ์ไกร วรรณตรง ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร ศุภชัย แก้วจันทร์.....	145
การออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบ อัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกลศรัณยู เหลาพา วีราวรรณ พุทธมาตย์.....	156
เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในจังหวัดเลยจุไรรัตน์ อาจแก้ว ศักดิ์ชัย พวงจันทร์ ศิริวรรณ สมบัติ สุจิตรานันท์ มังคละไชยา.....ภัสราภา ชากำนัน.....	166
นวัตกรรมอินโฟกราฟิกและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนเฉลิมเกษม สมานุหัตถ์ นิคม ลนขุนทด เทียงธรรม สิทธิจันทเสนอัสภา วรรณกายนต์.....วิชัย แหวนเพชร.....	178
Analysis of the Worthiness from Investing in the Program Reporting Results of and Investigating Traffic Light Violations Based on the Principle of Economic EngineeringJetsada Kumphong.....	193

การจำลองสถานการณ์การเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อนเชิงพาณิชย์ : กรณีศึกษา กลุ่มแปลงใหญ่หม่อนไหม ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

ธาริณี มีเจริญ¹ ศิวพร แนนหนา^{2*}

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1,2*}

อีเมล : siwaporn.k29@gmail.com^{2*}

วันที่รับบทความ 1 พฤศจิกายน 2568

วันแก้ไขบทความ 27 พฤศจิกายน 2568

วันที่ตอบรับบทความ 2 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

การขนส่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบโลจิสติกส์สินค้าเกษตรเนื่องจากเป็นกิจกรรมหลักที่เชื่อมโยงระหว่างแหล่งผลิตกับผู้บริโภค และมีผลโดยตรงต่อคุณภาพสินค้า ต้นทุนการดำเนินงาน และความสามารถในการแข่งขันของภาคเกษตรกรรม การจัดการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยลดความสูญเสียระหว่างการเคลื่อนย้าย ลดระยะเวลาในการจัดส่ง และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคในด้านความสดใหม่และความปลอดภัยของสินค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์การเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อนเชิงพาณิชย์ของกลุ่มเกษตรกร จังหวัดสุรินทร์ โดยมีแนวคิดการจำลองสถานการณ์เป็น 2 ระยะ คือระยะที่ 1 เป็นการจับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกใบหม่อนด้วยวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Means Clustering) ซึ่งจัดได้ทั้งสิ้น 7 กลุ่มพิจารณาตำแหน่งของจุดรวบรวมด้วยวิธีการวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity) และจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากเกษตรกรไปยังจุดรวบรวมด้วยวิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbour Heuristic) จากนั้นปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) พบว่าระยะทางโดยรวมที่สั้นที่สุดคือ 155.66 กิโลเมตร ระยะที่ 2 คือ การพิจารณาการจัดเส้นทางการรวบรวมใบหม่อนจากทุกจุดรวบรวมไปยังผู้รับซื้อซึ่งใช้วิธีการเดียวกันกับระยะที่ 1 พบว่ามีระยะทางที่สั้นที่สุด 308 กิโลเมตร และเมื่อรวมระยะทางที่สั้นที่สุดจากทั้ง 2 ระยะ พบว่ามีระยะทางโดยรวมทั้งสิ้น 463.66 กิโลเมตร ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุนการปลูกใบหม่อนพันธุ์ที่สามารถจำหน่ายได้และส่งเสริมการจำหน่ายใบหม่อนในเชิงพาณิชย์มากขึ้นเพื่อสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่

คำสำคัญ : การจัดเส้นทาง วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน วิธีการวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย



Simulation of Commercial Mulberry Leaf Collection and Transportation: A Case Study of the Large-Scale Sericulture Group in Ta Bao Subdistrict, Prasat District, Surin Province

Tarinee Meecharoen¹, Siwaporn Nannar^{2*}

Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University

E-mail Address: siwaporn.k29@gmail.com^{2*}

Received 1 November 2025

Revised 27 November 2025

Accepted 2 December 2025

Abstract

Transportation plays a crucial role in the development of agricultural logistics systems, as it serves as the primary activity connecting production sources with consumer. It directly influences product quality, operational costs, and the competitiveness of the agricultural sector. Efficient transportation management is therefore a key component in minimizing post-harvest losses, reducing delivery time, and enhancing consumer confidence in terms of product freshness and safety. This research aims to simulate the commercial collection and transportation of mulberry leaves for a selected group of farmers. The simulation was conducted in two stages. In the first stage, farmers were classified using the K-Means clustering method, resulting in seven distinct groups. The collection center locations were then determined using the Center of Gravity analysis, followed by the design of collection routes from farmers to collection centers using the Nearest Neighbour Heuristic (NNH) method. The routes were subsequently optimized using the Traveling Salesman Problem (TSP) approach, yielding a minimum total distance of 155.66 kilometers. In the second stage, the study focused on designing the transportation routes from all collection centers to the buyer, employing the same methodology as in the first stage. The shortest total distance obtained was 308 kilometers. Combining both stages resulted in an overall optimized transportation distance of 463.66 kilometers. The findings of this study provide valuable insights for policymakers and relevant agencies in supporting the cultivation of commercially viable mulberry leaf varieties and promoting the development of commercial mulberry leaf markets, thereby enhancing farmers' income and contributing to sustainable agricultural logistics management.

Keywords : The vehicle routing , K-Means Clustering algorithm, Center of Gravity method, Nearest Neighbour Heuristic, Traveling Salesman Problem

1. บทนำ

การพัฒนาาระบบโลจิสติกส์สำหรับกลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตใบหม่อนเชิงพาณิชย์ตามแนวชายแดนไทย-กัมพูชา เป็นประเด็นที่มีความสำคัญเนื่องจากภาคการเกษตรยังคงเป็นหนึ่งในเสาหลักของเศรษฐกิจในพื้นที่ชายแดน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวต้องเผชิญกับปัญหาด้านประสิทธิภาพในการขนส่ง การกระจายสินค้า และต้นทุนที่สูง อันเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคเกษตรกรรม การศึกษาและพัฒนาาระบบโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการยกระดับศักยภาพของเกษตรกรให้สามารถแข่งขันในตลาดได้ จากแนวคิดการบริหารจัดการโลจิสติกส์ การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานที่เหมาะสมจะช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน ลดของเสียระหว่างกระบวนการผลิตและขนส่ง รวมถึงช่วยเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงตลาด (Christopher, 2016) ในกรณีของเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตใบหม่อนเชิงพาณิชย์ ระบบโลจิสติกส์ที่ดีจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งและการกระจายสินค้าไปยังผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง เช่น ฟาร์มเลี้ยงไหม และโรงงานแปรรูป นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการเชื่อมโยงข้อมูลจะช่วยให้เกิดการวางแผนการขนส่งที่แม่นยำ ลดต้นทุน และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ (Wang, Zhang, Liu and Li, 2020) ดังนั้น การพัฒนาระบบ โลจิสติกส์สำหรับกลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตใบหม่อนเชิงพาณิชย์จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชุมชนชายแดนไทย-กัมพูชา โดยช่วยให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกร ผู้ผลิต และตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ดำเนินการวิจัย ณ กลุ่มแปลงใหญ่หม่อนไหม ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งเป็นพื้นที่การฝึกศึกษา เดิมทีเกษตรกรกลุ่มนี้ปลูกเพียงใบหม่อนพันธุ์พื้นเมือง ที่มีลักษณะใบเล็กและเนื้อไม่เหนียว เพื่อใช้สำหรับเลี้ยงหนอนไหมเท่านั้นและทอผ้าไหมเพื่อจำหน่าย ปัจจุบันการเลี้ยงหนอนไหมและทอผ้าไหมลดลงจากภาวะเศรษฐกิจที่ตกต่ำ แรงงานวัยทำงานย้ายถิ่นฐานไปทำงานที่ต่างจังหวัด มีเพียงวัยทำงานบางส่วนและผู้สูงอายุเป็นส่วนใหญ่ที่ยังคงปลูกหม่อนและเลี้ยงไหมเพื่อทอผ้าไหม การปลูกหม่อนเพื่อจำหน่ายเชิงพาณิชย์จึงเป็นทางเลือกในการเพิ่มรายได้ ซึ่งใบหม่อนที่สามารถจำหน่ายได้คือพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวทั้งขนาดใบและลักษณะทางกายภาพเป็นที่ต้องการของตลาด หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ มีการส่งเสริมให้ปลูกใบหม่อนพันธุ์ดังกล่าว แต่เกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกยังขาดแรงจูงใจและความเชื่อมั่นในการลงทุนปลูกและการจำหน่าย งานวิจัยนี้จึงได้มีการให้ความรู้ในเรื่องการปลูกและจำหน่ายใบหม่อนเชิงพาณิชย์แก่เกษตรกร และสร้างแบบจำลองสำหรับการรวบรวมและขนส่งใบหม่อนไปยังผู้ซื้อ โดยแสดงให้เห็นถึงลักษณะการบริหารจัดการในการเก็บรวบรวมและขนส่ง ตลอดจนต้นทุนที่อาจเกิดขึ้นในการดำเนินการดังกล่าว เพื่อประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการบริหารจัดการของกลุ่มเกษตรกรแบบยั่งยืน โดยเริ่มต้นจากการจัดกลุ่มผู้ผลิตหรือผู้ปลูกหม่อน เพื่อง่ายต่อการเก็บรวบรวมใบหม่อนเพื่อจำหน่ายขั้นต้น ด้วยวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Means Clustering) ซึ่งเป็นวิธีจัดกลุ่มตามคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน โดยจะกำหนดจุดกึ่งกลางแต่ละกลุ่มข้อมูล จุดกึ่งกลางคือค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด หลังจากนั้นจะทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งตามการคำนวณหาพิสัยจากค่าเฉลี่ยจากจุดกึ่งกลาง การจัดกลุ่มแบบนี้มีเงื่อนไขว่าต้องกำหนดจำนวนกลุ่มไว้ก่อน จากนั้นเลือกข้อมูลเข้าแต่ละกลุ่ม โดยสุดท้ายแล้วกลุ่มที่ได้จะเป็นกลุ่มแยกจากกัน ไม่ซ้อนทับกัน การจัดกลุ่มวิธีนี้มุ่งเน้นที่จะให้ข้อมูลในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายคลึงกัน หรือระยะทางที่ใกล้กันมากที่สุด และข้อมูลต่างกลุ่มกันมีความแตกต่างกัน (Laili, Faisal and Kurniawan, 2024) ได้ประยุกต์ใช้อัลกอริธึม K-Means ร่วมกับอัลกอริธึม Particle Swarm Optimization เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มข้อมูลดัชนีการพัฒนามนุษย์ โดยพบว่าการทำงานร่วมกันของสองอัลกอริธึมนี้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจัดกลุ่มข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญ (Chen and Hoe, 2025) ได้ประยุกต์ใช้อัลกอริธึม K-Means ในการสอนภาษาอังกฤษ โดยใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียนและปรับปรุงวิธีการสอนให้เหมาะสมกับกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน เมื่อได้กลุ่มย่อยของผู้ปลูกใบหม่อนแล้วจึงหาจุดกึ่งกลางของแต่ละกลุ่มเพื่อใช้เป็นจุดรวบรวมใบหม่อน ด้วยวิธีการหาจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity - COG) ทำการพิจารณาด้านต้นทุนในการกระจายใบหม่อนเป็นฟังก์ชันของระยะทาง และปริมาณใบหม่อนที่ทำการจัดส่งให้กับจุดปลายทาง(จุดรวบรวม)

โดยวิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงนั้นจะใช้ร่วมกับการกำหนดจุดบนแผนที่เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดปลายทางแต่ละจุดในแผนที่โดยมีสมการในการคำนวณ ดังสมการ 1-2 (ธัญยาวัฒน์ ปานขลิบและจักร ดิงศรัทthy,2556)

$$C_x = \frac{\sum x_i Q_i}{\sum Q_i} \quad (1)$$

$$C_y = \frac{\sum y_i Q_i}{\sum Q_i} \quad (2)$$

โดยที่

Q_i คือ ปริมาณสินค้าที่จัดส่งไปยังจุดปลายทาง i

C_x คือ ตำแหน่งแกน X_i ของจุดปลายทาง i

C_y คือ ตำแหน่งแกน Y_i ของจุดปลายทาง i

จากนั้นจึงจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนในแต่ละกลุ่มย่อยไปยังจุดรวบรวมและจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากทุกจุดรวบรวมไปยังจุดรับซื้อด้วยการแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อให้มีต้นทุนในการขนส่งโดยรวมต่ำที่สุด ซึ่งรูปแบบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ (Objective) และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา (Constraint) ที่เกิดขึ้น (Ibrahim, Abdulaziz and Ishaya,2019) เนื่องจากสภาพความเป็นจริงของการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้ามีข้อจำกัดในการขนส่งที่แตกต่างกัน ภายใต้ข้อกำหนดในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดหรือระยะเวลาในการขนส่งที่น้อยที่สุด (Toth and Vigo,2014) โดยจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นทางการเดินทางจะต้องเป็นจุดเดียวกันเสมอ(ฤทัย ลำประเสริฐ และ สรวิชัย เยาวสุวรรณไชย,2559) วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbour Heuristic - NNH) ถูกนำมาใช้ในการจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากผู้ปลูกไปยังจุดรวบรวมและจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากทุกจุดรวบรวมไปยังจุดรับซื้อ NNH เป็นวิธีการค้นหาจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้กับจุดส่งสินค้าสุดท้ายในเส้นทางปัจจุบันมากที่สุด และนำมาเพิ่มในเส้นทางนั้น ๆ โดยพิจารณาเงื่อนไขสำคัญคือปริมาณสินค้าจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะขนส่ง หากการเพิ่มจุดส่งสินค้าดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณเกินขีดจำกัดความจุของยานพาหนะ ยานพาหนะคันใหม่จะถูกกำหนดเพื่อเริ่มเส้นทางใหม่ทันที ทั้งนี้ เกณฑ์ความใกล้ชิดระหว่างจุดอาจถูกกำหนดโดย ระยะทางในการขนส่งสินค้า ซึ่งสามารถปรับใช้ได้ตามความเหมาะสมของบริบทการดำเนินงาน โดยเริ่มต้นจากการกำหนดจุดเริ่มต้นของเส้นทางขนส่ง หลังจากนั้นจะเลือกลูกค้าหรือจุดถัดไปที่มีระยะทางที่ใกล้ที่สุด เมื่อลูกค้าหรือจุดดังกล่าวถูกเลือกแล้ว จะทำหน้าที่เป็นจุดอ้างอิงในการกำหนดลูกค้าหรือจุดถัดไป โดยพิจารณาจากระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุดปัจจุบัน กระบวนการนี้จะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและเป็นลำดับจนกระทั่ง ยานพาหนะถึงขีดจำกัดความจุ หรือ ไม่สามารถเพิ่มสมาชิก (จุดส่งสินค้า) ได้อีกต่อไป ณ จุดนั้น เส้นทางขนส่งปัจจุบันจะถูกปิดลง และจะมีการกำหนดรถส่งสินค้าคันใหม่ เพื่อเริ่มการสร้างเส้นทางใหม่สำหรับลูกค้าที่เหลือ(เกศินี เสือณี,2563) ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem - TSP) เป็นรูปแบบหนึ่งของปัญหาแบบ np-complete สำหรับแก้ปัญหการจัดเส้นทางการขนส่ง เมื่อจำนวนลูกค้าเพิ่มมากขึ้น ความยากในการจัดเส้นทางการขนส่งก็จะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียล มีแนวคิดเริ่มออกเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังลูกค้า n ราย เพียงครั้งเดียว จนกระทั่งไปครบทุกจุด และกลับไปยังจุดเริ่มต้นอีกครั้ง (Lawler, Lenstra, Rinnooy and Shmoys,1985) วิธีนี้จัดเป็นวิธีฮิสติกส์ซึ่งไม่สามารถรับประกันคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal) ได้เสมอ แต่มีข้อดีคือความเร็วในการคำนวณและความง่ายในการนำไปใช้จริง ทั้งนี้การแก้ปัญหาแบบ TSP แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ดัชนี

i, j : ตำแหน่งลูกค้าที่ i หรือ j ($i, j = 1 \dots k$)

พารามิเตอร์

C_{ij} : ระยะทางในการเดินทางจากตำแหน่งลูกค้าที่ i ไปยังตำแหน่งลูกค้าที่ j

k : จำนวนลูกค้า

U : จำนวนลูกค้าที่อยู่ในเส้นทาง

V : จำนวนลูกค้าทั้งหมด

ตัวแปรตัดสินใจ

$X_{ij} = 1$ เมื่อมีการเดินทางจากตำแหน่งลูกค้าที่ i ไปจุด j

$= 0$ เมื่อไม่มีการเดินทางจากตำแหน่งลูกค้าที่ i ไปจุด j

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } \sum_{i \neq j} C_{ij} X_{ij} \quad (3)$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum_{j=1}^k X_{ij} = 1, \forall_i \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^k X_{ij} = 1, \forall_j \quad (5)$$

$$\sum_{i,j \in U} X_{ij} \leq |U| - 1, U \subset V, 2 \leq |U| \leq k - 2 \quad (6)$$

สมการเป้าหมาย (3) ระยะทางในเก็บรวบรวมใบหม่อนโดยรวมที่น้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดด้านปริมาณการบรรทุกของยานพาหนะต่อ 1 เส้นทาง ข้อจำกัดที่ (4) กำหนดให้การเดินทางออกจากตำแหน่งลูกค้า i ใด ๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 (ณ ตำแหน่งลูกค้า i ใด ๆ สามารถเดินทางออกได้เพียงครั้งเดียว) ข้อจำกัดที่ (5) กำหนดให้การเดินทางเข้าตำแหน่งลูกค้า i ใด ๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 (ณ ตำแหน่งลูกค้า i ใด ๆ สามารถเดินทางเข้าได้เพียงครั้งเดียว) ข้อจำกัดที่ (6) เป็นการรับประกันว่าต้องไม่มีการเกิดการเดินทางย่อย (Subtour) ขึ้น ซึ่งหมายความว่าในการเดินทางเริ่มต้นจากจุดใดจุดหนึ่งต้องเดินทางผ่านให้ครบทุกจุดที่เหลือและต้องไม่มีการแตกสายของวงรอบใหม่ของการเดินทางเส้นทางย่อยอื่น ๆ ขึ้น

วิธี TSP ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธี NNH เพื่อให้ได้คำตอบ(เส้นทางในการเก็บรวบรวมใบหม่อน)ที่ดีที่สุด นั่นคือมีระยะทางโดยรวมน้อยที่สุด ทั้งนี้การวิจัยนี้เป็นการสร้างสถานการณ์จำลองในระบบโลจิสติกส์ใบหม่อนเชิงพาณิชย์ กรณีศึกษา ซึ่งเดิมยังไม่มี การดำเนินการจำหน่ายใบหม่อนเชิงพาณิชย์ การจำลองสถานการณ์ในระบบโลจิสติกส์นี้จึงเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ปลูกหม่อนจากเดิมปลูกเพื่อใช้เลี้ยงหนอนไหมในครัวเรือน และจะนำไปสู่แนวทางการพัฒนาเชิงนโยบายที่สนับสนุนการเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตใบหม่อนและอุตสาหกรรมต่อเนื่องในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศได้อย่างยั่งยืน ในงานวิจัยนี้จึง

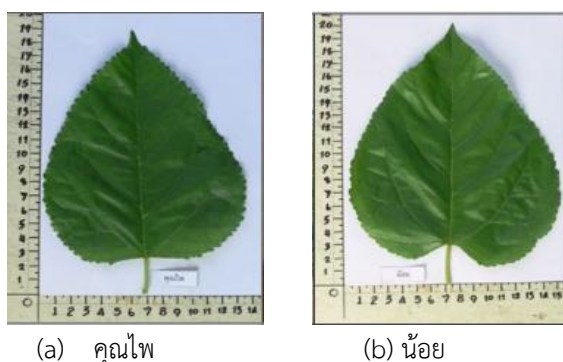
2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์การเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อนเชิงพาณิชย์ สำหรับประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการและเพิ่มประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์ของกลุ่มแปลงใหญ่หม่อนไหม ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

3. วิธีการวิจัย

3.1 กรณีศึกษา

พื้นที่ปลูกหม่อนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปลงใหญ่หม่อนไหม ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลตาเบา อำเภอบราสา จังหวัดสุรินทร์ มีสมาชิกที่ขึ้นทะเบียนกับกรมหม่อนไหมทั้งสิ้น 90 ราย งานวิจัยนี้จึงใช้ข้อมูลของสมาชิกทั้ง 90 ราย เป็นกลุ่มตัวอย่าง และมีแนวโน้มจะเพิ่มสมาชิกในกลุ่มในอนาคต ผู้ปลูกหม่อนทุกรายประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีรายได้จากการทำนาเป็นหลัก มีการปลูกหม่อนโดยใช้พื้นที่บริเวณรั้วบ้านของตนเพื่อใช้เลี้ยงหนอนไหมในครัวเรือน และทอผ้าไหมเมื่อเสร็จสิ้นฤดูทำนา ซึ่งจากการสัมภาษณ์เชิงลึกคาดการณ์ว่าใบหม่อนที่ปลูกคือพันธุ์คุณไผ่ และพันธุ์น้อย (หรือที่ผู้ปลูกนิยมเรียกกันว่า “พันธุ์พื้นบ้าน”) ซึ่งได้รับการส่งเสริมการปลูกหม่อนเพื่อใช้เลี้ยงหนอนไหมในอดีต หม่อนพันธุ์คุณไผ่ เป็นหม่อนพันธุ์พื้นเมืองเทศเมือ ลักษณะใบเป็นรูปหัวใจ ขนาด 10.70×13.20 ซม. มีสีเขียวเข้ม ไม่เลื่อมมัน ผิวใบเรียบ บาง เที่ยวย่าง มีความต้านทานต่อโรครากเน่า โรคใบด่าง และโรคราสนิม ทนแล้งได้ดี พันธุ์หม่อนน้อย เป็นหม่อนพันธุ์พื้นเมืองเทศผู้ ลักษณะใบเป็นรูปหัวใจ ขนาด 12.70×14.85 ซม. สีเขียวเข้ม ไม่เลื่อมมัน ผิวใบสากเล็กน้อย บาง เที่ยวช้า อ่อนแอต่อโรคและแมลงหลายชนิดแต่มีปริมาณสารอาหารสูง แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะใบหม่อนพันธุ์คุณไผ่และพันธุ์น้อย

ที่มา: กรมหม่อนไหม, 2567

จากการสัมภาษณ์เชิงลึก ปัจจุบันกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปลงใหญ่หม่อนไหม ตำบลตาเบา อำเภอบราสา จังหวัดสุรินทร์ ยังไม่มีการปลูกหม่อนเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ แต่ประธานกลุ่มฯมีแนวคิดในการปลูกหม่อนเพื่อจำหน่าย และเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับสมาชิกโดยใช้พื้นที่ที่ได้รับการจัดสรรจากทางภาครัฐในการปลูกหม่อนแปลงรวม และจัดสรรพื้นที่เพื่อให้สมาชิกแต่ละรายดูแลต้นหม่อนและสามารถเก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายได้ ซึ่งพันธุ์หม่อนที่ปลูกคือพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการจดทะเบียนรับรองอย่างถูกต้องและตรงตามความต้องการของลูกค้า ลูกค้าหรือผู้รับซื้อในเขตพื้นที่ใกล้เคียงกับจังหวัดสุรินทร์อยู่ในพื้นที่อำเภอฟุไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ ทำหน้าที่เป็นผู้รับซื้อและนำส่งไปยังบริษัทแปรรูปใบหม่อน

3.2 การจำลองสถานการณ์การเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อน

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาสภาพปัจจุบันของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหม่อนแปลงใหญ่ กรณีศึกษา ซึ่งจะมีทั้งข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ปลูกหม่อน ประธานกลุ่ม และผู้ทำหน้าที่รวบรวมและจำหน่ายใบหม่อนเชิงพาณิชย์ และข้อมูลทุติยภูมิจากข้อมูลสารสนเทศที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ได้เก็บรวบรวมไว้แล้ว เช่น ปริมาณใบหม่อนที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในแต่ละวัน การดูแลต้นหม่อน วิธีการเก็บใบหม่อน การเก็บรักษาคุณภาพใบหม่อนหลังการเก็บเกี่ยวการจำหน่ายใบหม่อน เป็นต้น โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์สมาชิก

ผู้ปลูกใบหม่อนในกลุ่ม ในพื้นที่ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท และได้รับูปักัดของตำแหน่งแปลงปลูก โดยใช้ Google Map โดยใช้ระยะแบบถนนจริง (road distance)

3.2.2 การจัดกลุ่มจัดกลุ่มผู้ปลูกใบหม่อน เพื่อจำกัดขอบเขตการเก็บรวบรวมใบหม่อนเนื่องจากการเก็บรวบรวมใบหม่อนในขั้นตอนนี้จะดำเนินการโดยใช้รถจักรยานยนต์พ่วงข้างดังรูปที่ 2 ซึ่งมีปริมาตรบรรทุกไม่เกิน 60 กิโลกรัม ด้วยวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลเคมีน (K-Means Clustering) กำหนดจำนวนกลุ่มสำหรับการจัดกลุ่มผู้ปลูกหม่อนจำนวน k กลุ่ม กำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้น โดยการหาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลพิกัดละติจูดและลองจิจูดและปริมาณ เพื่อหาจุดศูนย์กลาง ซึ่งค่าระยะห่างใกล้กับกลุ่มไหนมากที่สุดให้จัดอยู่ในกลุ่มนั้น แล้วหาค่าเฉลี่ยกึ่งกลางของแต่ละกลุ่มใหม่จะทำให้ได้พิกัดละติจูดและลองจิจูด สำหรับกลุ่มใหม่ ทำซ้ำจนกว่าค่าเฉลี่ยกึ่งกลางไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดำเนินการประมวลผลใช้โปรแกรม Minitab 18



รูปที่ 2 การเก็บรวบรวมใบหม่อนโดยใช้รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

3.2.3 หาดำแหน่งที่ตั้งจุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่ม ในขั้นตอนนี้ดำเนินการเพื่อหาที่ตั้งจุดรวบรวมใบหม่อนที่เก็บรวบรวมมาได้จากเกษตรกรภายในกลุ่ม มีการนำมาพักไว้เพื่อรอดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ซึ่งในจุดรวบรวมนี้จะมีการนำใบหม่อนจากถุงที่เกษตรกรแต่ละรายเก็บรวบรวม ออกมาผึ่งแดด เพื่อให้ใบหม่อนคายออกซิเจน และคัดกรองใบเสียหรือใบหม่อนที่ไม่ได้คุณภาพในเบื้องต้น ก่อนนำส่งไปยังผู้รับซื้อ การหาดำแหน่งที่ตั้งจุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่มดำเนินการด้วยวิธี COG โดยวิเคราะห์หาพิกัดจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มที่ได้จากข้อ 2.2 เมื่อได้พิกัดของจุดรวบรวมที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่มย่อยแล้ว แล้วจึงนำไปเทียบเคียงกับพิกัดแปลงปลูกใบหม่อนที่ใกล้ที่สุดและใช้พิกัดนั้นเป็นจุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่มย่อย ดำเนินการประมวลผลด้วยโปรแกรม MS Excel

3.2.4 จำลองการจัดเส้นทางในการเดินทางในการขนส่งใบหม่อน

ระยะที่ 1 จัดเส้นทางในการเดินทางในการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากเกษตรกรไปยังจุดรวบรวมของแต่ละกลุ่มการเก็บรวบรวมใบหม่อนเพื่อนำไปรวบรวมยังจุดรวบรวมที่ได้จากข้อ 2.3 ในแต่ละกลุ่มโดยใช้รถจักรยานยนต์พ่วงข้างที่มีขนาดบรรทุก 60 กิโลกรัม โดยสร้างตารางเมทริกซ์ระยะทางจากพิกัดละติจูด, ลองจิจูด ที่เก็บรวบรวมได้ โดยมีจุดรวบรวมเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด ตารางเมทริกซ์ระยะทางที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบสมมาตร (Symmetric) โดยสมมติว่าระยะทางหรือเวลาเดินทางระหว่างจุดสองจุดใด ๆ มีค่าเท่ากันทั้งไปและกลับ (เช่น ระยะทางจาก i ไป j เท่ากับจาก j ไป i) โดยดำเนินการทุกกลุ่มย่อย k กลุ่ม แล้วจึงจัดเส้นทางในการเก็บรวบรวมใบหม่อนด้วยวิธี NNH และปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี TSP ดำเนินการประมวลผลด้วยโปรแกรม MS Excel

ระยะที่ 2 จัดเส้นทางในการเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อนจากจุดรวบรวมไปยังจุดรับซื้อจุดรับซื้อใบหม่อนเชิงพาณิชย์ในกรณีศึกษานี้กำหนดให้ตั้งอยู่ที่ อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ พิกัด (15.547876, 103.058343) โดยทำการรวบรวมใบหม่อนจากทุกจุดรวบรวม k แห่ง ใช้รถยนต์ขับเคลื่อน 4 ล้อ ขนาดบรรทุก 720 กิโลกรัม

4. ผลการวิจัย

ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ประกอบไปด้วย 19 หมู่บ้าน แต่มีผู้ปลูกหม่อนจำนวน 10 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 3 บ้านตาเดียว จำนวน 15 ราย หมู่ที่ 5 บ้านปันรวจำนวน 2 ราย หมู่ที่ 7 บ้านกะเพาโร จำนวน 7 ราย หมู่ที่ 8 บ้านโคกจราบ จำนวน 1 ราย หมู่ที่ 9 บ้านภูมิสังจำนวน 14 ราย หมู่ที่ 10 บ้านละเบิก จำนวน 5 ราย หมู่ที่ 12 บ้านขาว จำนวน 9 ราย หมู่ที่ 14 บ้านลำพุก จำนวน 8 ราย หมู่ที่ 15 บ้านบุเจก จำนวน 2 รายและหมู่ที่ 19 บ้านจบก จำนวน 11 ราย รวมทั้งสิ้น 90 ราย ปริมาณใบหม่อนโดยรวมที่สามารถเก็บได้มี ประมาณ 453.25 กิโลกรัมต่อวัน โดยตำแหน่งที่ตั้งของแปลงปลูกหม่อนหรือบ้านเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนทั้ง 90 ราย แสดงดังรูปที่ 3



4.2 ผลการจัดกลุ่มผู้ปลูกใบหม่อน จำนวนกลุ่ม k กลุ่ม ด้วยวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลเคมีน(K-Means Clustering)

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2568

19.75 กิโลกรัมต่อวัน กลุ่มที่ 7 มีสมาชิกทั้งหมด 6 ราย มีปริมาณใบหม่อนทั้งสิ้น 93 กิโลกรัมต่อวัน รวมทั้งสิ้น 453.25 กิโลกรัมต่อวัน รายละเอียดการดังตารางที่ 1

K-means Cluster Analysis: Lat, Lon, supply

Method

Number of clusters 7
Standardized variables No

Final Partition

	Number of observations	Within cluster sum of squares	Average distance from centroid	Maximum distance from centroid
Cluster1	25	0.001	0.005	0.014
Cluster2	4	92.188	4.375	6.875
Cluster3	8	13.502	1.250	2.000
Cluster4	17	0.001	0.005	0.013
Cluster5	18	0.003	0.011	0.036
Cluster6	12	2.815	0.456	0.646
Cluster7	6	33.502	1.667	4.500

รูปที่ 4 ผลการจัดกลุ่มผู้ปลูกใบหม่อนโดยใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลเคมีน

ตารางที่ 1 ผลการจัดกลุ่มผู้ปลูกใบหม่อนในตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

กลุ่มที่	สมาชิกในกลุ่ม	ปริมาณใบหม่อน (กิโลกรัมต่อวัน)
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 43, 52, 53, 61, 66, 69, 70, 71, 73, 74	75
2	55, 56, 63, 67	112.5
3	30, 40, 41, 42, 46, 60, 62, 64	48
4	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 49, 50, 51	51
5	54, 57, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90	54
6	28, 33, 34, 36, 37, 39, 47, 48, 58, 65, 68, 72	19.75
7	32, 35, 38, 44, 45, 59	93
รวม		453.25

4.3 ผลการหาตำแหน่งที่ตั้งจุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่ม

ผลการหาตำแหน่งที่ตั้งจุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่ม ด้วยวิธี COG ดังสมการที่ Eq.1-2 โดยวิเคราะห์หาพิกัดจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่ม แล้วจึงนำไปเทียบกับพิกัดแปลงปลูกใบหม่อนที่ใกล้ที่สุดและใช้พิกัดนั้นเป็นจุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่มย่อย แสดงตัวอย่างการคำนวณดังรูปที่ 5 และแสดงตารางพิกัดจุดรวบรวมจากการวิเคราะห์และพิกัดตำแหน่งเกษตรกรที่เทียบเคียงได้ดังตารางที่ 2 และแสดงจุดรวบรวมทั้ง 7 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 6

	A	B	C	D	E	F
1	Group 7					
2	farmer	Xi	Yi	Qi	Qi * Xi	Qi * Yi
3	32	14.6585480	103.4795990	15	219.8782	1552.194
4	35	14.6242361	103.4784413	12	175.4908	1241.741
5	38	14.6143271	103.5000955	16	233.8292	1656.002
6	44	14.6256306	103.4790016	15	219.3845	1552.185
7	45	14.6246267	103.4773618	15	219.3694	1552.16
8	59	14.6181595	103.5059967	20	292.3632	2070.12
9				93	1360.315	9624.402
10		ละติจูด	ลองจิจูด			
11	พิกัดของจุดรวบรวม	14.6270466	103.4881956			
12	เทียบเคียง	14.6242361	103.4784413	farmer 35		

รูปที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณหาตำแหน่งจุดรวบรวมใบหม่อนด้วยวิธี The Center of Gravity (COG)

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณตำแหน่งจุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่มย่อยด้วยวิธี COG และการเทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนกับตำแหน่งผู้ปลูก

กลุ่มที่	พิกัดตำแหน่งจุดรวบรวม (COG)		เทียบเคียงตำแหน่งผู้ปลูกใบหม่อน		
	ละติจูด	ลองจิจูด	ผู้ปลูก	ละติจูด	ลองจิจูด
1	14.626319	103.480076	15	14.625217	103.480606
2	14.621801	103.496527	63	14.618440	103.500163
3	14.631375	103.473178	41	14.628130	103.476841
4	14.653029	103.479777	22	14.654933	103.480058
5	14.599793	103.491696	82	14.597313	103.494405
6	14.617525	103.481588	34	14.583024	103.523915
7	14.62704	103.488195	35	14.624236	103.478441

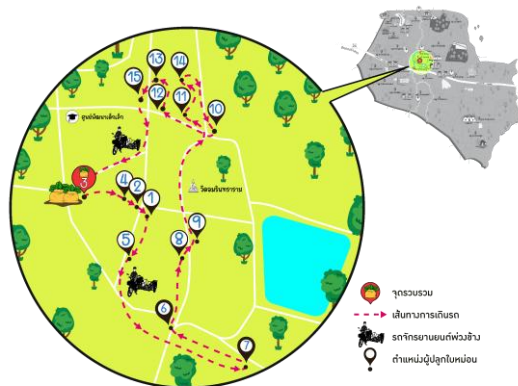
จากตารางที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า กลุ่มที่ 1 เทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนที่ตำแหน่งของเกษตรกร รหัส 15 กลุ่มที่ 2 เทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนที่ตำแหน่งของเกษตรกร รหัส 63 กลุ่มที่ 3 เทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนที่ตำแหน่งของเกษตรกร รหัส 41 กลุ่มที่ 4 เทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนที่ตำแหน่งของเกษตรกร รหัส 22 กลุ่มที่ 5 เทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนที่ตำแหน่งของเกษตรกร รหัส 82 กลุ่มที่ 6 เทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนที่ตำแหน่งของเกษตรกร รหัส 34 และ กลุ่มที่ 7 เทียบเคียงจุดรวบรวมใบหม่อนที่ตำแหน่งของเกษตรกร รหัส 35 ตามลำดับ



รูปที่ 6 จุดรวบรวมใบหม่อนของแต่ละกลุ่มย่อย

4.4 ผลการจำลองการจัดเส้นทางการเดินทางในการขนส่งใบหม่อน

4.4.1. ระยะที่ 1 ผลการจำลองการจัดเส้นทางการเดินทางในการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนไปยังจุดรวบรวมของแต่ละกลุ่มด้วยวิธี NNH โดยการเก็บรวบรวมใบหม่อนในแต่ละกลุ่มใช้รถจักรยานยนต์พ่วงข้างขนาดบรรทุก 60 กิโลกรัม ซึ่งบางกลุ่มมีปริมาณใบหม่อนโดยรวมเกิน 60 กิโลกรัม จึงต้องแยกการเก็บรวบรวมมากกว่า 1 รอบ แสดงดังตารางที่ 3 โดยกลุ่มที่ 1 มีการเก็บรวบรวมใบหม่อน 2 เส้นทางหรือ 2 รอบ มีระยะทาง 0.4629 และ 20.908 กิโลเมตร กลุ่มที่ 2 มีการเก็บรวบรวมใบหม่อน 3 เส้นทางหรือ 3 รอบ มีระยะทาง 1.5 , 2 และ 6.8 กิโลเมตร กลุ่มนี้มีสมาชิกจำนวนน้อยรายแต่ปริมาณใบหม่อนจากเกษตรกรแต่ละรายใกล้เคียงกับปริมาตรบรรทุกของยานพาหนะที่ได้รับได้ จึงต้องแยกเป็น 3 รอบการเก็บรวบรวม กลุ่มที่ 3 มีการเก็บรวบรวมใบหม่อน 1 เส้นทางหรือ 1 รอบ มีระยะทาง 18.688 กิโลเมตร กลุ่มที่ 4 มีการเก็บรวบรวมใบหม่อน 1 เส้นทางหรือ 1 รอบ มีระยะทาง 8.764 กิโลเมตร กลุ่มที่ 5 มีการเก็บรวบรวมใบหม่อน 1 เส้นทางหรือ 1 รอบ มีระยะทาง 27.114 กิโลเมตร กลุ่มที่ 6 มีการเก็บรวบรวมใบหม่อน 1 เส้นทางหรือ 1 รอบ มีระยะทาง 51.237 กิโลเมตร และกลุ่มที่ 7 มีการเก็บรวบรวมใบหม่อน 2 เส้นทางหรือ 2 รอบ มีระยะทาง 6.75 และ 18.70 กิโลเมตร ตามลำดับ จากนั้นดำเนินการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี TSP แสดงดังตารางที่ 3 และการจำลองการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากแปลงปลูกไปยังจุดรวบรวมของแต่ละกลุ่มแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การจำลองการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากผู้ปลูกไปยังตำแหน่งจุดรวบรวม

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากเกษตรกรไปยังทุกจุดรวบรวมด้วยวิธี TSP มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด 155.66 กิโลเมตร ซึ่งสามารถลดระยะทางในการเก็บรวบรวมใบหม่อนโดยรวมได้ 11.25 กิโลเมตร แต่รอบการเก็บรวบรวมข้อมูลและปริมาณใบหม่อนในการเก็บรวบรวมในแต่ละกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4.4.2 ระยะที่ 2 ผลการจำลองการจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อนจากทุกจุดรวบรวมไปยังจุดรับซื้อ ด้วยรถยนต์ขนาดบรรทุก 720 กิโลกรัม จากจุดรวบรวมใบหม่อนทั้ง 7 ซึ่งกำหนดให้จุดรวบรวมมีรหัส 02,03,04,05,06,07 และ 08 ตามลำดับเพื่อง่ายต่อการคำนวณ และให้จุดรับซื้อมีรหัส 01 พบว่า การจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากทุกจุดรวบรวมทั้ง 7 จุด ด้วยวิธี NNH ให้ค่าตอบระยะทางรวมทั้งสิ้น 312.90 กิโลเมตร แต่เมื่อปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี TSP พบว่ามีระยะทางรวมทั้งสิ้น 308.00 กิโลเมตร ซึ่งสามารถลดระยะทางได้ 4.90 กิโลเมตร แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการจำลองการจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนจากตำแหน่งผู้ปลูกไปยังจุดรวบรวม

กลุ่ม	The Nearest Neighbour Algorithm (NNH)		The Traveling Salesmen Problem (TSP)		ปริมาณใบหม่อน (กก./วัน)	การเปลี่ยนแปลง (กิโลเมตร)
	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)		
1	15-13-12-11-14-10-9-8-6-7-5-4-2-1-3-16-21-20-22-25-15	4.629	15-13-12-16-3-2-1-4-5-7-6-8-9-10-11-14-17-21-22-20-18	4.334	60	ลดลง 0.295
	15-24-23-17-18-19-15	20.908	15-24-23-19-18-17-15	18.508	15	ลดลง 0.4
2	3-1-3	1.5	3-1-3	1.5	47.5	ไม่เปลี่ยนแปลง
	3-2-3	2	3-2-3	2	30	
	3-4-3	6.8	3-4-3	6.8	35	
3	3-4-2-8-5-7-1-6-3	18.688	3-4-2-8-1-6-7-5-3	16.688	48	ลดลง 2
4	7-12-9-4-10-11-14-3-8-2-1-13-5-6-15-17-16-7	8.764	7-13-15-16-17-8-1-2-5-6-3-14-11-10-4-9-12-7	7.06	51	ลดลง 1.70
5	10-16-11-13-14-4-5-6-3-9-7-8-15-17-18-2-1-12-10	27.114	10-16-11-14-13-4-5-8-9-3-6-7-12-1-2-18-17-15-10	25.664	54	ลดลง 1.45
6	3-1-2-4-7-5-6-11-10-12-8-9-3	51.237	3-1-2-4-7-8-5-6-11-12-10-9-3	47.837	19.75	ลดลง 3.4
7	2-5-4-3-2	6.57	2-5-4-3-2	6.57	58	ไม่เปลี่ยนแปลง
	2-6-1-2	18.7	2-6-1-2	18.7	35	
รวม		166.91	รวม	155.66	453.25	

ตารางที่ 4 ผลการจำลองการจัดเส้นทางรถเก็บรวบรวมใบหม่อนจากจุดรวบรวมทุกจุดไปยังผู้รับซื้อ

วิธีการ	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	การเปลี่ยนแปลง(กิโลเมตร)
NNH	01-03-05-02-06-04-08-07-01	312.90	ลดลง 4.90
TSP (Improve)	01-05-02-06-08-04-07-03-01	308.00	

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การจำลองสถานการณ์การเก็บรวบรวมและขนส่งใบหม่อนเชิงพาณิชย์ของกลุ่มกรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปลงใหญ่หม่อนไหม ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ พบว่า การใช้กระบวนการทางวิศวกรรมได้แก่ การจัดกลุ่มผู้ปลูกใบหม่อนด้วยวิธี K-Means Clustering สามารถช่วยลดเวลาและเพิ่มความเป็นระบบในการเก็บรวบรวมใบหม่อนได้ การกำหนดจุดรวบรวมใบหม่อนด้วยวิธีจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity) สามารถช่วยกำหนดตำแหน่งจุดรวบรวมใบหม่อนที่สอดคล้องกับการกระจายเชิงพื้นที่ของแปลงปลูก ทำให้เส้นทางที่ใช้ในการขนส่งใบหม่อนมีความเหมาะสมมากขึ้น และการจัดเส้นทางรถเก็บรวบรวมใบหม่อนโดยใช้วิธี Nearest Neighbour Heuristic ร่วมกับการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี Traveling Salesman Problem ช่วยลดระยะทางรวมในการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลที่ได้ พบว่าระยะทางรวมจากการจำลองสถานการณ์มีระยะทางโดยรวมสั้นที่สุดจากผู้ปลูกไปยังผู้รับซื้อ(ระยะทางการเก็บรวบรวมใบหม่อนและการขนส่งทั้ง 2 ระยะ 155.66+308=463.66) 463.66กิโลเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณในด้านโลจิสติกส์เกษตร โดยสามารถลดความซ้ำซ้อนในการเดินทาง ลดเวลาในการจัดเก็บและขนส่ง และลดต้นทุนการดำเนินงานที่ไม่จำเป็น โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนที่มีลักษณะแปลงปลูกกระจาย ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Pérez et al. (2018) ซึ่งระบุว่า การออกแบบเส้นทางขนส่งที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและลดต้นทุนในระบบโลจิสติกส์ทางการเกษตรได้อย่างมีนัยสำคัญ และการใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีทางวิศวกรรมในพื้นที่เกษตรกรรมจะช่วยให้การจัดการขนส่งมีความเป็นระบบและแม่นยำยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลที่เป็นแบบคงที่ (Static data) ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมสถานการณ์จริงที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สภาพถนนตามฤดูกาล ความล่าช้าในการเก็บผลผลิต หรือความไม่พร้อมของยานพาหนะซึ่งหากนำปัจจัยเหล่านี้มาพิจารณาด้วยอาจได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและเหมาะสมยิ่งขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

จากการอภิปรายและสรุปผลการวิจัยที่งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลที่เป็นแบบคงที่ (Static data) ดังนั้นการต่อยอดการวิจัยจากงานวิจัยนี้ควรพิจารณาการใช้ข้อมูลที่ครอบคลุมสถานการณ์จริง (Real-time data) และอาจพิจารณาถึงการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลร่วมด้วย เช่น การพัฒนาระบบรองรับข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น สภาพการจราจร หรือสภาพอากาศ เพื่อให้การวางแผนเส้นทางมีความยืดหยุ่นและแม่นยำมากขึ้นหรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี GIS และ IoT ติดตามการขนส่งมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัย หรืออาจมีการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ เป็นต้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้ “โครงการพัฒนาระบบโลจิสติกส์สำหรับกลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตไบโหม่อนเชิงพาณิชย์ ตามแนวชายแดนไทย-กัมพูชา” เลขที่ FRB67002 ที่สนับสนุนโดยกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) และขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปลงใหญ่หม่อนไหม ตำบลตาเบา อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์ที่ได้ให้ข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า

เอกสารอ้างอิง

- กรมหม่อนไหม. (2567). ข้อมูลพันธุ์หม่อน-พันธุ์ไหมอนุรักษ. <https://qsds.go.th/monmaiseed/>
- เกศินี สอนิ. (2563). การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าโดยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้อัลกอริทึมและวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดอัลกอริทึม. *วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ*, ๘.(2), 5-7.
- ฤทัย ลำประเสริฐ และ สรวิญญ์ เยาวสุวรรณไชย. (2559, 26–27 พฤศจิกายน). Vehicle routing problem with time dependent travel-times at cross docking warehouse. *การประชุมวิชาการประจำปีครั้งที่ 15 ด้านโลจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทาน* (น.649–659). มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, จังหวัดเชียงราย, ประเทศไทย.
- ธัญวัฒน์ ปานขลิบ, จักร ดิงศภัทัย. (2556). *การวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงเพื่อเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้า*. [วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร] สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). *รายงานเศรษฐกิจการเกษตร*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ <https://www.oae.go.th/view/xxxx>
- Chen, M., & Hoe, T. W. (2025). K-means clustering: A tool for English language teaching innovations. *Forum of Linguistic Studies*, 7(2), 988–998. <https://doi.org/10.30564/fls.v7i2.8379>
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson.
- Ibrahim, A. A., Lo, N., Abdulaziz, R. O., & Ishaya, J. A. (2019). Capacitated vehicle routing problem. *International Journal of Research-Granthaalayah*, 7(3), 310–327. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v7.i3.2019.1234>
- Laili, U. H., Faisal, M., & Kurniawan, F. (2024). Optimization of k-means clustering using particle swarm optimization algorithm for human development index. *Bulletin of Social Informatics Theory and Application*, 8(1), 144–151. <https://doi.org/10.31763/businta.v8i1.678>
- Lawler, E. L., Lenstra, J. K., Rinnooy Kan, A. H. G., & Shmoys, D. B. (1985). *The traveling salesman problem: A guided tour of combinatorial optimization*. Wiley.
- Pérez, M., González, L., & Wang, J. (2018). Route optimization in agricultural logistics: A case study in rural transport. *Agricultural Systems*, 165, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.04.007>
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle routing: Problems, methods, and applications* (2nd ed.). SIAM.
- Wang, Y., Zhang, D., Liu, Y., & Li, M. (2020). Smart logistics: Advances and future trends. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(1), 235–246.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้มีคุณค่าทางวิชาการในการขยายองค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์การเกษตรเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะในบริบทของระบบการเก็บรวบรวมใบหม่อนเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ชุมชนตามแนวชายแดนไทย-กัมพูชา ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของแปลงปลูกและข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐานแตกต่างจากระบบโลจิสติกส์ในภาคอุตสาหกรรมทั่วไป งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการเชิงวิศวกรรมแบบบูรณาการที่ผสมผสานการจัดกลุ่มด้วยวิธี K-Means Clustering การกำหนดตำแหน่งจุดรวบรวมด้วยวิธี Center of Gravity และการเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางด้วย Nearest Neighbour Heuristic ร่วมกับ Traveling Salesman Problem อย่างเป็นระบบ ซึ่งก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในรูปแบบของการวิเคราะห์สำหรับการออกแบบระบบการเก็บรวบรวมผลผลิตทางการเกษตร และผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้วิธีการทางวิศวกรรมสามารถช่วยลดระยะทางการขนส่งและความซับซ้อนในการเดินทางในระดับชุมชนได้ ทั้งยังเป็นฐานความรู้สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโลจิสติกส์ในอนาคตเพื่อเพิ่มความแม่นยำและความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น

การทดสอบสมรรถนะเทคโนโลยีลดขนาดใบหม่อนที่เหมาะสมตามช่วงวัยหนอนไหม

ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร^{1*} พงศ์ไกร วรรณตรง² ศุภชัย แก้วจันทร์³

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1*2 3}

อีเมล : panumet2906@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 5 สิงหาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 2 ธันวาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 12 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดใบหม่อนตามช่วงวัยของหนอนไหม ต่อสมรรถนะในการลดขนาดใบหม่อน ภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมตัวแปรความเร็วรอบใบมีดและอัตราป้อนให้คงที่ โดยมุ่งศึกษาขนาดของใบหม่อนในแต่ละช่วงวัยหนอนไหมต่อปริมาณน้ำหนักรีดที่ได้จากกระบวนการลดขนาด โดยทำการทดสอบโดยการทำซ้ำในแต่ละช่วงวัย จำนวน 3 ครั้ง พบว่า น้ำหนักใบหม่อนเฉลี่ยที่ได้ในช่วงวัยที่ 1 เท่ากับ 97.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง ช่วงวัยที่ 2 เท่ากับ 102.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง และช่วงวัยที่ 3 เท่ากับ 100.00 กิโลกรัม/ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยรวมจากทั้งสามช่วงวัยอยู่ที่ 100.00 กิโลกรัม/ชั่วโมง แสดงถึงสมรรถนะโดยรวมที่สม่ำเสมอ และมีความเบี่ยงเบนเล็กน้อยตามลักษณะของใบหม่อนในแต่ละช่วงวัย จากผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดขนาดวัตถุดิบที่เหมาะสมในแต่ละช่วงวัย และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเตรียมใบหม่อนสำหรับการเลี้ยงหนอนไหมในระดับวิสาหกิจชุมชน หรือระดับอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ : การลดขนาดใบหม่อน ช่วงวัยหนอนไหม สมรรถนะ ขนาดใบหม่อน

Performance Evaluation of Mulberry Leaf Size Reduction Technology Suitable for Different Silkworm Growth Stages

Panumet Suksrisiriwat^{1*}, Phongkrai Wannatrong², Supachai Kaewchan³

Faculty of Industrial Technology Surin Rajabhat University^{1*,2,3}

E – mail : panumet2906@gmail.com^{1*}

Received 5 August 2025

Revised 2 December 2025

Accepted 12 December 2025

Abstract

This study aimed to analyze the relationship between the size of mulberry leaves at different silkworm growth stages and the performance of the leaf size reduction process. The analysis was conducted under controlled conditions, keeping the blade rotation speed and feed rate constant. The study focused on examining how the leaf size at each silkworm stage affects the quantity of mulberry leaf output from the size reduction process. Each stage was tested in triplicate. The results showed that the average leaf output in the first stage was 97.67 kg/hour, in the second stage was 102.33 kg/hour, and in the third stage was 100.00 kg/hour. The overall average across all stages was 100.00 kg/hour, indicating a consistent performance with slight variations due to the characteristics of the mulberry leaves at each stage. These findings can serve as a guideline for determining the appropriate raw material size for each silkworm stage and can help improve the efficiency of mulberry leaf preparation processes at the community enterprise or industrial level.

Keywords : Mulberry leaf size reduction, Silkworm growth stages, Performance, Leaf size

1. บทนำ

ไหมที่กินใบหม่อนเป็นอาหารมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bombyx mori* Linn อยู่ในวงศ์ Bombycidae ซึ่งเป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดกลางที่สามารถผสมพันธุ์กันที่ที่ออกจากดักแด้ เมื่อผสมพันธุ์ได้ 3 ชั่วโมง ตัวเมียสามารถวางไข่ได้ประมาณ 300-500 ฟอง ตัวอ่อนที่ฟักจากไข่จะเริ่มต้นการกินใบหม่อน ตัวหนอนเจริญเติบโตเต็มที่ของวัยจะทำการลอกคราบโดยการอยู่นิ่ง ๆ ไม่กินอาหาร จึงเรียกตามอาการว่า ไหมนอน เมื่อลอกคราบเสร็จจะเริ่มกินอาหารอีกครั้ง หนอนไหมเมื่อลอกคราบครั้งที่ 4 แล้วจะกินใบหม่อนมากเพื่อให้ต่อมไหมพัฒนาเต็มที่ และเมื่อต่อมไหมพัฒนาเต็มที่หม่อนกับการเลี้ยงไหม หม่อนเป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารของหนอนไหมซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่สุดของการเลี้ยงไหม โดยหนอนไหมจะใช้ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามินในใบหม่อนไปสร้างเป็นเส้นไหม ดังนั้นจำนวนผลผลิตรังไหม คุณภาพรังไหมและเปอร์เซ็นต์เส้นใยไหม จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของใบหม่อนที่ใช้ในการเลี้ยงไหมนั่นเอง ลักษณะหม่อนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไหม ควรมีขนาดที่เหมาะสมแต่ละช่วงวัยและความหนาแน่นของใบพอสมควร ไม่บางหยาบง่าย (ปราโมทย์ สฤทธินิรันดร์ และคณะ, 2563) การเก็บและการใช้ใบหม่อนเลี้ยงไหมวัยอ่อน ควรเตรียมขนาดใบหม่อนให้เหมาะสมกับวัยจะต้องให้ขนาดที่เหมาะสมตามช่วงวัย ใบหม่อนสำหรับไหมแรกฟัก (วัย 1 วันที่ 1/ไหมแรกฟัก) ใช้หม่อนใบที่ 1-2 โดยนับใบที่คลี่แผ่นใบรับแสงมากที่สุดเป็นใบที่ 1 หั่นละเอียดก่อนนำไปเลี้ยงหนอนไหม ใบหม่อนสำหรับไหมวัย 1 ใช้ใบหม่อนใบที่ 1-3 เท่านั้น และหั่นให้มีขนาดกว้าง 0.5 - 1.0 เซนติเมตร ความยาว 3 - 4 เท่า ของความกว้าง ใบหม่อนสำหรับไหมวัย 2 ใช้ใบหม่อนใบที่ 4-6 หรือสังเกตจากตาหม่อน โดยตาหม่อนจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จะใช้ส่วนนี้ขึ้นไปถึงยอดอาจเก็บโดยการตัดหรือเด็ดใบก็ได้ และห้ามใช้ยอดหม่อนอ่อน (ใบหม่อนที่ยังไม่คลี่แผ่นใบ) และหั่นให้มีขนาดกว้าง 1.5 - 2.0 เซนติเมตร และใบหม่อนสำหรับไหมวัย 3 ให้สังเกตจากสีของกิ่งหม่อนช่วงรอยต่อระหว่างสีเขียวกับสีน้ำตาล ใบหม่อนบริเวณรอยต่อเป็นใบหม่อนที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงไหมวัย 3 ประมาณใบที่ 7-10 และหั่นให้มีขนาดกว้าง 2.5 - 3 เซนติเมตร ก่อนนำไปเลี้ยงซึ่งจะใช้เวลาในการให้อาหารไม่น้อยกว่าวันละ 3 มื้อ ขึ้นอยู่กับความสะดวกของเกษตรกร มื้อแรกเวลา 06.00 - 07.00 น. มื้อที่ 2 เวลา 11.00 - 12.00 น. และมื้อที่ 3 เวลา 16.00 - 17.00 น. (สำนักงานหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ เขต 1 จังหวัดแพร่, 2561)

การเลี้ยงไหมแรกฟักออกจากไข่แล้วเจริญเติบโตเป็นวัย 1 วัย 2 วัย 3 ไหมวัยนี้มีความอ่อนแอต่อโรค จึงจำเป็นต้องมีการเลี้ยงอนุบาลที่ดี โดยเน้นเทคนิคการเลี้ยงไหมที่ถูกต้องทุกขั้นตอน เอาใจใส่อย่างดี เป้าหมายการเลี้ยงไหมวัยอ่อน คือ เลี้ยงให้หนอนไหมสมบูรณ์แข็งแรง เจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ จากการเตรียมใบหม่อนเพื่อเป็นอาหารของสำหรับหนอนไหมตามช่วงวัย เกษตรกรผู้เลี้ยงไหมจะต้องเตรียมใบหม่อนโดยการหั่นตามขนาดของแต่ละช่วงวัย และให้ใบหม่อนอย่างน้อยวันละ 3 มื้อ หรือหากสามารถให้ใบหม่อนในเวลา 20.00 น. จะทำให้หนอนไหมได้ใบหม่อนสดกินตลอดเวลา ไหมวัยอ่อนจะใช้ปริมาณใบหม่อน 20 - 25 กิโลกรัม/ไขไหม 1 แผ่น ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องหั่นใบหม่อนทุกมื้อเพื่อให้หนอนไหมได้กินหม่อนสดทุกมื้อ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานในการเลี้ยงไหมค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเทคโนโลยีลดขนาดใบหม่อนที่เหมาะสมตามช่วงวัยหนอนไหมเพื่อสร้างศักยภาพการเลี้ยงไหมในชุมชน เพื่อลดเวลา ต้นทุนการเลี้ยงไหม มีความสะดวกต่อการ เพื่อที่เกษตรกรสามารถนำเทคโนโลยีลดขนาดใบหม่อนไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงไหมในชุมชน หรือใช้ในครอบครัว สอดคล้อง ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเร็วย่อยใบมีดและอัตราป้อนคงที่ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการลดขนาดใบหม่อนที่ตามช่วงวัยหนอนไหม

3. วิธีการวิจัย

การศึกษาความเร็วรอบใบมีดและอัตราป้อนคงที่ ที่มีผลต่อขนาดของใบหม่อนตามช่วงวัยของหนอนไหม ดังนี้
ขนาดของใบหม่อนตามช่วงวัยของหนอนไหมที่กำหนดไว้ ดังนี้

ช่วงวัยที่ 1 มีขนาดกว้าง 0.5 – 1.0 มิลลิเมตร

ช่วงวัยที่ 2 มีขนาดกว้าง 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร

ช่วงวัยที่ 3 มีขนาดกว้าง 2.5 – 3.0 มิลลิเมตร

ความเร็วรอบใบมีดและอัตราป้อนคงที่ ที่มีความสัมพันธ์ต่อขนาดของใบหม่อนตามที่กำหนดไว้ ดังนี้

ขนาดกว้าง 0.5 – 1.0 มิลลิเมตร

ขนาดกว้าง 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร

ขนาดกว้าง 2.5 – 3.0 มิลลิเมตร

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะการลดขนาดใบหม่อนที่เหมาะสมตามช่วงวัยหนอนไหม ดังนี้



1.เทคโนโลยีลดขนาดใบหม่อน



2.เครื่องมือวัด



3.เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Digital)



4.ถาด



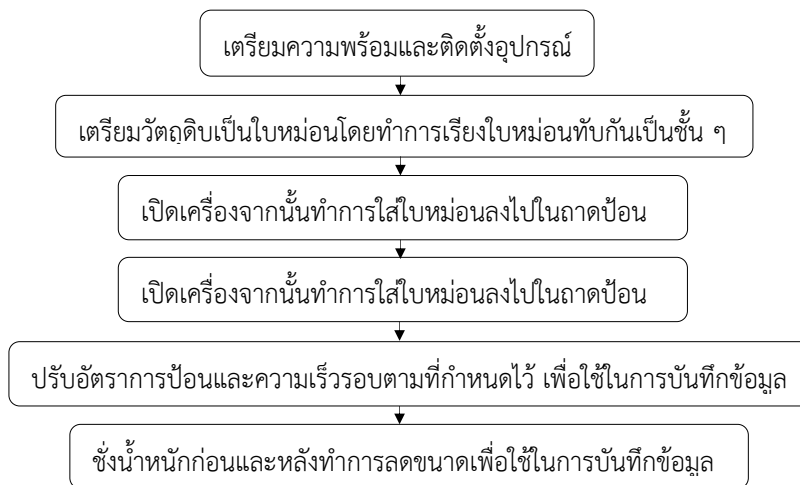
5. นาฬิกาจับเวลา



6.ใบหม่อนตามช่วงวัย

รูปที่ 1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะการลดขนาดใบหม่อนที่เหมาะสมตามช่วงวัยหนอนไหม

3.2 ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

3.3 การเก็บข้อมูล

3.3.1 บันทึกค่าความเร็วรอบใบมีดและอัตราป้อนคงที่ เพื่อให้ได้ขนาดของใบหม่อนตามขนาดที่กำหนดไว้ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม แล้วจึงนำผลที่ได้มาเทียบบัญญัติใดอย่างนึ่ง

3.3.2 เก็บข้อมูลจำนวน 3 ครั้ง

4. ผลการวิจัย

การทดสอบสมรรถนะการลดขนาดใบหม่อนภายใต้เวลาในการลดขนาดใบหม่อนที่เหมาะสมตามช่วงวัยหนอนไหมที่กำหนดไว้ จำนวน 100 กิโลกรัมต่อ 1 ชั่วโมง ปรากฏผลที่ได้ ดังภาพที่ 1



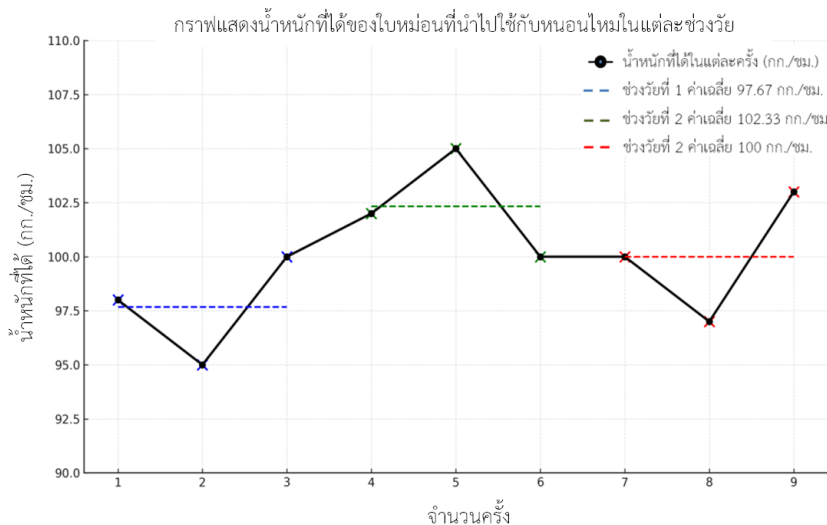
รูปที่ 3 การทดสอบสมรรถนะการลดขนาดใบหม่อนภายใต้เวลา

จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการหาสมรรถนะเทคโนโลยีการลดขนาดใบหม่อนด้วยตนเอง โดยทำการเก็บข้อมูล จำนวน 3 ครั้ง แล้วนำผลที่ได้มาสรุปลงตาราง ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมรรถนะการลดขนาดใบหม่อนตามช่วงวัยหนอนไหม

ครั้งที่	ช่วงวัยหนอนไหม	ขนาดใบหม่อน (มม.)	ความเร็วรอบใบมีด (รอบ/นาที)	อัตราป้อน (มม./รอบ)	น้ำหนักที่ได้ (กก./ชม.)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ได้ (กก./ชม.)
1	วัยที่ 1	0.5 – 1.0	15	6	98	97.67
2	วัยที่ 1	0.5 – 1.0	15	6	95	97.67
3	วัยที่ 1	0.5 – 1.0	15	6	100	97.67
4	วัยที่ 2	1.5 – 2.0	15	6	102	102.33
5	วัยที่ 2	1.5 – 2.0	15	6	105	102.33
6	วัยที่ 2	1.5 – 2.0	15	6	100	102.33
7	วัยที่ 3	2.5 – 3.0	15	6	100	100
8	วัยที่ 3	2.5 – 3.0	15	6	97	100
9	วัยที่ 3	2.5 – 3.0	15	6	103	100
ค่าเฉลี่ย		-	-	-	99.67	100

จากตารางที่ 1 สามารถนำผลการทดสอบสมรรถนะการลดขนาดใบหม่อน มาแสดงเป็นกราฟสรุปผลค่าเฉลี่ยการทดสอบสมรรถนะทั้ง 3 ครั้ง ได้ดังกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 กราฟสรุปผลค่าเฉลี่ยการทดสอบสมรรถนะทั้ง 3 ครั้ง

จากกราฟที่ 1 สามารถนำค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้งมาสรุปลงในตารางที่ 2 พร้อมอธิบายผลการทดสอบสมรรถนะได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมรรถนะการลดขนาดไบหมอนตามช่วงวัยหนอนใหม่

ครั้งที่	ช่วงวัยหนอนใหม่	ขนาดไบหมอน (มม.)	น้ำหนักที่ได้ (กก./ชม.)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ได้ (กก./ชม.)
1	วัยที่ 1	0.5 – 1.0	98, 95, 100	97.67
2	วัยที่ 2	1.5 – 2.0	102, 105, 100	102.33
3	วัยที่ 3	2.5 – 3.0	100, 97, 103	100.00

จากตารางที่ 2 พบว่า ช่วงวัยที่ 1 น้ำหนักไบหมอนโดยเฉลี่ย 97.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง ช่วงวัยที่ 2 น้ำหนักไบหมอนโดยเฉลี่ย 102.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง และช่วงวัยที่ 3 น้ำหนักไบหมอนโดยเฉลี่ย 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

จากค่าเฉลี่ยดังกล่าว ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ได้จากทุกช่วงวัยเมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง คือ 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งมีการเบี่ยงเบนเล็กน้อยในบางช่วงวัยตามความเหมาะสมของการลดขนาด เช่น ช่วงวัยที่ 1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ได้ต่ำที่สุด (97.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง) เนื่องจากขนาดไบหมอนที่เล็กและบางอาจส่งผลกระทบต่อสมรรถนะในการลดขนาด ช่วงวัยที่ 2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ได้สูงสุด (102.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง) อาจเนื่องจากขนาดไบหมอนที่พอดี ไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป ทำให้การลดขนาดมีสมรรถนะสูง และ ช่วงวัยที่ 3 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ได้ที่ 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใกล้เคียงกับช่วงวัยที่ 2 แต่มีความแตกต่างในการลดขนาดบางช่วงเวลาตามขนาดและความหนาของใบ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากผลการทดสอบสมรรถนะการลดขนาดไบหมอนโดยใช้อัตราป้อนและความเร็วรอบใบมีดที่คงที่ พบว่า ขนาดของไบหมอนตามช่วงวัยของหนอนใหม่มีผลต่อสมรรถนะในการลดขนาดอย่างชัดเจน โดยช่วงวัยที่ 2 ซึ่งมีขนาดไบหมอนพอเหมาะไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสูงสุดที่ 102.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง แสดงถึงสมรรถนะในกระบวนการลดขนาดในระดับสูงสุด ในขณะที่ช่วงวัยที่ 1 ซึ่งไบหมอนมีขนาดเล็กและบาง ส่งผลให้สมรรถนะในการลดขนาดต่ำลง ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเพียง 97.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง อันเนื่องมาจากการที่วัสดุมีลักษณะบาง ทำให้ไม่สามารถขยไชไบหมอนได้ต่อเนื่องและเต็มประสิทธิภาพ ส่วนช่วงวัยที่ 3 แม้จะได้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 100.00 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงวัยที่ 2 แต่พบว่ามีควมผันแปรต่อสมรรถนะการลดขนาดไบหมอนบางช่วง ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะไบหมอนที่มีความหนาและขนาดไม่สม่ำเสมอ จากผลการทดลอง พบว่า “ขนาด” และ “ความสม่ำเสมอ” ของไบหมอนมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมรรถนะในการลดขนาด แม้จะควบคุมตัวแปรอื่น เช่น อัตราป้อน และความเร็วรอบใบมีดให้คงที่ ซึ่งผลการศึกษานี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมศักดิ์ แก้วสุวรรณและคณะ (2562) ที่ระบุว่า ขนาดและความหนาแน่นของวัตถุดิบมีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการตัดและบดอย่างชัดเจน โดยเฉพาะวัสดุที่มีลักษณะบางหรือเบาเกินไป จะไม่สามารถถูกตัดหรือบดได้ต่อเนื่อง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลง นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ งานของ Juvinal, R.C., & Marshek, K.M. (2011) ซึ่งเน้นย้ำว่าสมรรถนะของกระบวนการแปรรูปวัสดุเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ โดยเฉพาะรูปร่าง ความหนาแน่น และความสม่ำเสมอของวัสดุ ซึ่งหากมีความแปรปรวนมาก จะทำให้กระบวนการลดขนาดทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

ผลการรศึกษานี้สรุปได้ว่า ขนาดไบหมอนตามช่วงวัยของหนอนใหม่ส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะของเทคโนโลยีลดขนาดไบหมอน ภายใต้เงื่อนไขที่ตัวแปรอัตราป้อนและความเร็วรอบใบมีดถูกควบคุมให้คงที่ โดยช่วงวัยที่ 2 ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการลดขนาด ขณะที่ช่วงวัยที่ 1 มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด อันเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของไบหมอนที่บางและเล็กเกินไป ส่วนช่วงวัยที่ 3 มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับใกล้เคียงกับช่วงวัยที่ 2 แต่ยังไม่พบความไม่สม่ำเสมอในกระบวนการทำงานบางช่วง ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกขนาดไบ

หม่อนที่เหมาะสมในแต่ละช่วงวัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการลดขนาด ทั้งในระดับวิสาหกิจชุมชนและอุตสาหกรรมการเลี้ยงหนอนไหม

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือหรือเทคโนโลยีลดขนาดใบหม่อนให้สามารถปรับเปลี่ยนอัตราป้อนและความเร็วรอบใบมีดได้ตามลักษณะขนาดและความหนาของใบหม่อนในแต่ละช่วงวัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสียในการผลิต

6.2 ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อสมรรถนะการลดขนาด เช่น ความชื้นของใบหม่อน ความหนาแน่นของการป้อน หรือชนิดของใบหม่อนที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

6.3 ควรทดลองใช้งานเทคโนโลยีลดขนาดในสภาพการใช้งานจริงในระดับชุมชนหรืออุตสาหกรรม เพื่อประเมินความคงทนและประสิทธิผลในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.2567) ผ่านสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นางพัศดี เสถียรรัตน์ ผู้บริหารศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตรด้านหม่อนไหม ต.ตาเบา อ.ปราสาท จ.สุรินทร์ ได้รับการสนับสนุนโดย ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ สุรินทร์ และองค์การบริหารส่วนตำบลตาเบาที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดโครงการจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ปราโมทย์ สฤกษ์นิรันดร์ อุไรวรรณ นิลเพชร อรกมล ไกรวงศ์ และ ภาวัต พึงขจร. (2563).

การผลิตหม่อนไหมครบวงจรเพื่อเกษตรยั่งยืน. คณะเกษตร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ แก้วสุวรรณ, กิตติศักดิ์ ปานเอี่ยม, และจิตรา ภูผา. (2562). การศึกษาผลของขนาดวัตถุบดต่อประสิทธิภาพเครื่องตัดและบดวัสดุชีวมวล. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 15(1), 45-53.

สำนักงานหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ เขต 1 จังหวัดแพร่. (2561).

การเลี้ยงไหม. https://qsds.go.th/newqsissout/?page_id=2139

Juvinall, R.C., & Marshek, K.M. (2011). *Fundamentals of Machine Component Design* (5th ed.). Wiley.

คุณค่าทางวิชาการ

1. งานวิจัยนี้ช่วยเพิ่มความรู้และความเข้าใจในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขนาดใบหม่อนตามช่วงวัยของหนอนไหมกับสมรรถนะของเทคโนโลยีลดขนาดภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมตัวแปรอย่างเป็นระบบ

2. ผลการศึกษาช่วยเป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงเครื่องมือหรือเทคโนโลยีในการเตรียมวัตถุดิบสำหรับการเลี้ยงหนอนไหมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการวัตถุดิบและการผลิตในระดับชุมชนหรืออุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน

4. งานวิจัยนี้เป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับงานวิจัยและพัฒนาในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปใบหม่อนและเทคโนโลยีเกษตรที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมไหม

การประเมินเสถียรภาพอุโมงค์เชิงปริมาณด้วยดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI)

พงศกร พวงชมพู^{1*} นราวิชญ์ แคนูเขียว²

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น^{1*2}

อีเมล : domenarawit2543@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 12 กันยายน 2568

วันแก้ไขบทความ 22 ตุลาคม 2568

วันที่รับบทความ 2 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

การประเมินเสถียรภาพของอุโมงค์โดยอาศัยเพียงค่าความแข็งแรงไม่สามารถสะท้อนถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงของโครงสร้างได้ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการประเมินเชิงปริมาณ "ดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด" (Stability of Opening Index - SOI) ซึ่งเป็นดัชนีไร้มิติที่คำนวณจากอัตราส่วนของพลังงานที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพรูปบริเวณช่องเปิดต่อพลังงานทั้งหมดที่โครงสร้างได้รับ โดยอาศัยข้อมูลการเคลื่อนที่รวมสะสมจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) และทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์กับพฤติกรรมการวิบัติที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบที่มีความเหมาะสมและมีเสถียรภาพเชิงโครงสร้างสูงที่สุดคือ อุโมงค์รูปทรงเกือบสามเหลี่ยมที่มีความชันปานกลาง (HS10) ซึ่งได้รับการเสริมกำลังร่วมด้วย Shotcrete และ Rock Bolt (HS10-SC-RB) จากความสัมพันธ์เชิงปริมาณที่สอดคล้องกับเสถียรภาพของโครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น SOI จึงเป็นเครื่องมือเชิงปริมาณที่มีประสิทธิภาพสำหรับวิศวกรในการเปรียบเทียบการออกแบบอุโมงค์ทั้งในด้านรูปทรงและระบบเสริมกำลังได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : ดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) เสถียรภาพอุโมงค์ ประสิทธิภาพการถ่ายเทแรง วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Quantitative Stability Assessment of Tunnels Using the Stability of Opening Index (SOI)

Pongsagorn Pongchompu ^{1*}, Naravit Kheaphukhio ²

Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan
Khon Kaen Campus ^{1*,2}

E – mail : domenarawit2543@gmail.com ^{1*}

Received 12 September 2025

Revised 22 October 2025

Accepted 2 November 2025

Abstract

This research aims to present the Stability of Opening Index (SOI), which is a quantitative criterion developed for evaluating the stability and load transfer efficiency of tunnels. The study compares the load-bearing behavior of basic tunnel shapes, horseshoe shapes with different slenderness ratios, and evaluates the effectiveness of reinforcement systems using small-scale model testing in the laboratory coupled with finite element method analysis. The research results indicate that the SOI can clearly differentiate the behavior of each tunnel model. The horseshoe tunnel with a moderate slenderness ratio (HS10), reinforced with both Shotcrete and Rock Bolt (HS10-SC-RB), demonstrated the best stability and load transfer efficiency, reflected by the lowest SOI value, which significantly enhances the safety of the structure.

Keywords : Stability of Opening Index (SOI), Tunnel Stability, Load Transfer Efficiency, Finite Element Method (FEM)

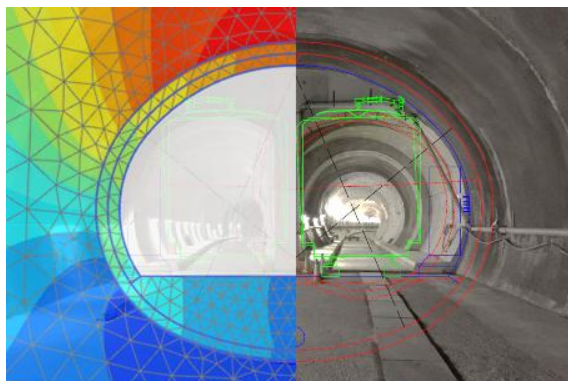
1. บทนำ

การออกแบบโครงสร้างอุโมงค์ ถือเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาเมืองและระบบคมนาคม ความมั่นคงและเสถียรภาพของอุโมงค์จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากการประเมินที่ผิดพลาดหรือไม่ครอบคลุมอาจนำไปสู่เหตุการณ์ที่สร้างความเสียหายดังที่เคยเกิดขึ้นในหลายโครงการ ดังรูปที่ 1 โดยทั่วไปการประเมินเสถียรภาพจะพิจารณาจากกำลังรับแรงอัดสูงสุดที่สื่อได้ถึงถึงความแข็งแรงหรือค่าการเคลื่อนตัว ณ จุดวิกฤต (Maximum Displacement) ที่แสดงถึงการเสียรูปของโครงสร้าง อย่างไรก็ตามก็มีข้อจำกัดในการสะท้อนถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทแรง (Load Transfer Efficiency) ของโครงสร้างโดยรวมได้ทั้งหมด อุโมงค์ที่มีกำลังรับแรงอัดสูงยังอาจมีความเสี่ยงจากการวิบัติแบบเปราะ (Brittle Failure) หรือในทางกลับกัน อุโมงค์ที่มีค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดต่ำก็อาจไม่ได้หมายถึงความปลอดภัยเสมอไป หากการออกแบบรูปทรงไม่เอื้อต่อการกระจายความเค้นอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1 เหตุการณ์ดินทรุดตัวภายในอุโมงค์
ที่มา: Bangkokbiznews. (2024)

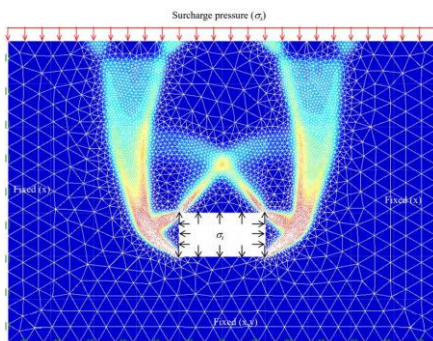
งานวิจัยจำนวนมากได้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการรับแรงของอุโมงค์ โดยเฉพาะรูปทรงของอุโมงค์, อัตราส่วนความชะลูดของช่องเปิด (Slenderness Ratio) และประสิทธิภาพของระบบเสริมกำลังเป็นตัวแปรสำคัญที่ควบคุมการกระจายความเค้นและการเสียรูปของโครงสร้าง ดังรูปที่ 2 แต่ในทางปฏิบัติยังขาดเกณฑ์การประเมินเชิงปริมาณที่เรียบง่าย สำหรับใช้เปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างการออกแบบที่มีความซับซ้อนและหลากหลายได้อย่างเป็นรูปธรรมซึ่งถือเป็นช่องว่างสำคัญที่งานวิจัยนี้มุ่งมั่นที่จะแก้ไข



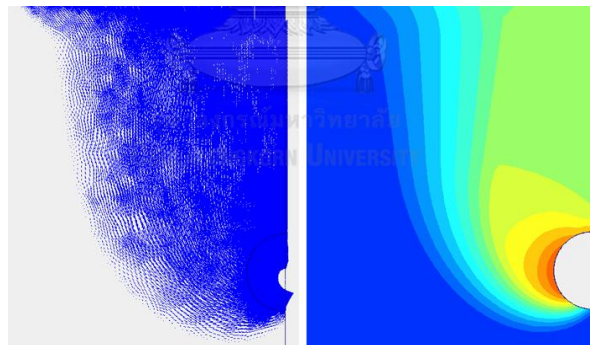
รูปที่ 2 การวิเคราะห์ที่แสดงการกระจายความเค้นในโครงสร้างอุโมงค์
ที่มา: Ingeoexpert. (2023)

เพื่อตอบสนองต่อข้อกำหนดและช่องว่างของงานวิจัยดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเครื่องมือประเมินเชิงปริมาณในชื่อ “ดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด” (Stability of Opening Index - SOI) เป็นดัชนีไร้มิติที่พัฒนาขึ้นเพื่อวัดสมรรถนะองค์รวมของอุโมงค์ หลักการสำคัญคือการประเมินประสิทธิภาพการถ่ายเทแรง (Load Transfer Efficiency) ของโครงสร้างว่าสามารถถูกถ่ายเทออกจากช่องเปิดไปสู่ฐานรองรับได้ โดยอาศัยข้อมูลการเคลื่อนตัวจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM) เพื่อจำลองพฤติกรรมและการกระจายความเค้นและการเสียรูป จากนั้นพิจารณาความสอดคล้องกับผลพฤติกรรมการวิบัติที่ได้จากการทดสอบโมเดลขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ

งานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการประเมินเสถียรภาพอุโมงค์ กงกิจ ยิ่งเจริญกิจขจร (2556) ได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อประเมินเสถียรภาพของหัวอุโมงค์ในชั้นดินเหนียว ดังรูปที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับ ธนชนม์ พรหมวิชัย (2564) ได้ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการสร้างแผนภูมิออกแบบสำหรับอุโมงค์สี่เหลี่ยมเพื่อหาค่าความปลอดภัย ดังรูปที่ 4 ซึ่งแม้ว่างานวิจัยเหล่านี้จะให้ข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญต่อการออกแบบในสภาวะเฉพาะทาง แต่ยังคงขาดเกณฑ์การประเมินเชิงปริมาณที่เรียบง่ายสำหรับใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพองค์รวมของการออกแบบที่หลากหลาย ดังนั้น ในบทความนี้จะนิยามหลักการและวิธีการคำนวณดัชนี จากนั้นประยุกต์ใช้กับผลการทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กและการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ของอุโมงค์ในหลากหลายกรณีศึกษา เพื่ออธิบายความสอดคล้องและความสามารถของ SOI ในการเป็นเครื่องมือสนับสนุนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีประสิทธิภาพต่อไป



รูปที่ 3 แบบจำลองเชิงวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของมวลดิน
ที่มา: กงกิจ ยิ่งเจริญกิจขจร (2556)



รูปที่ 4 รูปแบบการวิบัติและทิศทางการเคลื่อนตัว
ที่มา: ธนชนม์ พรหมวิชัย (2564)

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อนำเสนอและนิยามหลักการของดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) สำหรับใช้เป็นเกณฑ์การประเมินเชิงปริมาณเพื่อวัดประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงและเสถียรภาพของโครงสร้างอุโมงค์

2.2 เพื่อประยุกต์ใช้ดัชนี SOI กับผลการวิเคราะห์อุโมงค์หลากหลายรูปทรง อัตราส่วนความขรุขระ และระบบการเสริมกำลัง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถของดัชนีในการจำแนกประสิทธิภาพของแต่ละการออกแบบ

2.3 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์กับพฤติกรรมการวิบัติและกำลังรับแรงอัดสูงสุดที่ได้จากการทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ

3. วิธีการวิจัย

3.1 การทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กและการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

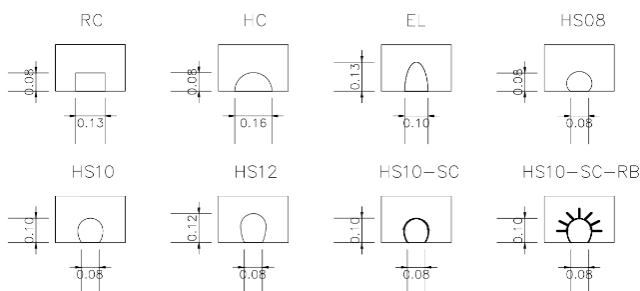
3.1.1 การเตรียมและทดสอบโมเดลขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ

โมเดลขนาดเล็กสร้างจากอิฐมวลเบา (Q-CON) ดังรูปที่ 5 ซึ่งใช้เป็นวัสดุหลักเพื่อจำลองพฤติกรรมของมวลหินคุณภาพต่ำถึงปานกลาง วัสดุเสริมกำลังประกอบด้วย ATM107 ผสมหินโป๊วอะครีลิคสำหรับจำลอง Shotcrete และแท่งเดือยไฟเบอร์กลาสสำหรับจำลอง Rock Bolt โดยกรณีศึกษา ดังรูปที่ 6 ครอบคลุมตัวแปรดังนี้

- รูปทรงพื้นฐาน ได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยม (RC), ครึ่งวงกลม (HC), และวงรี (EL)
- ศึกษาอัตราส่วนความชะลุดในรูปทรงเกือกม้า ได้แก่ HS08 (ความชะลุดต่ำ), HS10 (ความชะลุดปานกลางเป็นสัดส่วนอ้างอิงจากโครงการก่อสร้างจริง) และ HS12 (ความชะลุดสูง)
- ระบบเสริมกำลังพิจารณาเฉพาะรูปทรงเกือกม้าอ้างอิง คือ การเสริมกำลังด้วย Shotcrete (HS10-SC) และการเสริมกำลังร่วมกับ Rock Bolt (HS10-SC-RB)



รูปที่ 5 การเตรียมโมเดลขนาดเล็ก



รูปที่ 6 รูปทรงของช่องเปิดอุโมงค์ที่ศึกษา

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ตามมาตรฐาน ASTM C109/C109M ดังรูปที่ 7 เนื่องจากการทดสอบทางกายภาพมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมภายใต้การกระจายความเค้นหรือการเคลื่อนตัวภายในโครงสร้าง จึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามาช่วยอธิบายและแสดงผลร่วมกัน

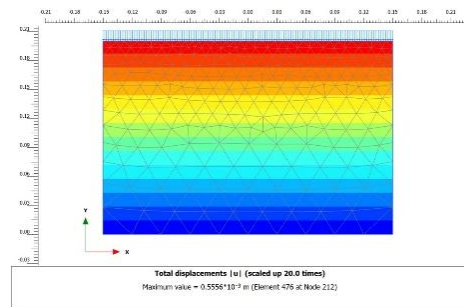
3.1.1 การวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM)

การวิเคราะห์ดำเนินการด้วยโปรแกรม Plaxis 2D (Stand-alone Version) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เฉพาะสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างดินและโครงสร้างใต้ดิน โดยกำหนดใช้การวิเคราะห์ในลักษณะ Plane Strain ซึ่งเหมาะสมกับการวิเคราะห์โครงสร้างอุโมงค์ที่มีหน้าตัดสม่ำเสมอและความยาวมาก

แบบจำลองของอิฐมวลเบาและวัสดุเสริมกำลังใช้ Mohr-Coulomb และ Linear Elastic เพื่อจำลองพฤติกรรมการวิบัติจากแรงเฉือนให้ใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ในการจำลองแรงกระทำใช้แรงกระทำ Uniform Load โดยอิงจากค่าการรับแรงของโมเดล SB ตามหลักการออกแบบเชิงอนุรักษ์ (Conservative Design) เพื่อสร้างเงื่อนไขแรงภายนอกที่สอดคล้องกับการทดสอบโมเดลขนาดเล็กทำให้สามารถสะท้อนพฤติกรรมได้อย่างเหมาะสม โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะแสดงในรูปของค่าการเคลื่อนตัวรวมสูงสุด (Maximum Total Displacement) และรูปแบบการกระจายความเค้น (Stress Distribution) ดังรูปที่ 8 เพื่อใช้ในการคำนวณดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI)



รูปที่ 7 การทดสอบกำลังรับน้ำหนัก



รูปที่ 8 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.1 การนิยามและการคำนวณดัชนี SOI

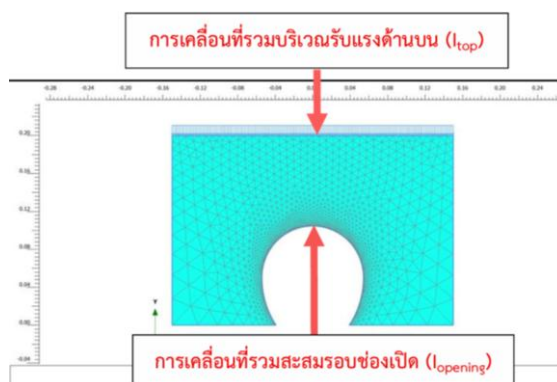
ดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) เป็นเกณฑ์การประเมินเชิงปริมาณที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะ เพื่อวัดประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงและเสถียรภาพของโครงสร้างอุโมงค์ หลักการพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่รวมสะสม (Cumulative Displacement) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนเชิงปริมาณของพลังงานที่โครงสร้างได้รับและกระจายออกไป โดยผลจากการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์จะแสดงการเคลื่อนที่สูงสุดเป็นลักษณะของแถบสี (Color Contour) ที่แสดงขนาดของการเคลื่อนตัว โดยบริเวณที่มีสีเข้มหรือสีโทนร้อน (เช่น สีแดง) จะหมายถึงบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวหรือเสียรูปมากที่สุด ในขณะที่สีโทนเย็น (เช่น สีน้ำเงิน) จะหมายถึงบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวน้อย โดยมียอดประกอบในการคำนวณดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 9

การเคลื่อนที่รวมสะสมบริเวณรับแรงด้านบน (I_{top}) เป็นตัวแทนของพลังงานทั้งหมดที่โครงสร้างได้รับจากแรงกดภายนอก คำนวณได้จากการหาผลคูณระหว่างความยาวของแต่ละส่วนย่อย (Segment length) บนผิวที่เป็นบริเวณรับแรงของแบบจำลองกับค่าการเคลื่อนที่สูงสุด (Maximum Displacement) ณ ตำแหน่งของบริเวณส่วนย่อยนั้น โดยค่าที่สูงหมายถึงโครงสร้างมีการเคลื่อนที่มากจึงเกิดการแอ่นตัวหรือรับพลังงานโดยรวมไว้มาก

การเคลื่อนที่รวมสะสมรอบช่องเปิด ($I_{opening}$) เป็นตัวแทนของพลังงานที่โครงสร้างเกิดความเสียหายหรือปริมาณการเสียรูปที่ส่งผลกระทบต่อช่องเปิด คำนวณด้วยวิธีการเดียวกันกับ I_{top} แต่จะพิจารณาตามแนวของช่องเปิดอุโมงค์ทั้งหมด โดยค่าที่สูงอธิบายได้ว่าพลังงานส่วนใหญ่ไม่ถูกถ่ายเทออกไปช่องเปิด แต่กลับสะสมและก่อให้เกิดการเสียรูปอย่างมีนัยสำคัญบริเวณช่องเปิด

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองอุโมงค์ที่มีความแข็งแรงแตกต่างกัน การพิจารณาเพียงค่ากำลังรับแรงอัด ลักษณะการวิบัติ รวมถึงการเคลื่อนที่สูงสุดเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถใช้อธิบายถึงเสถียรภาพของ

แต่ละกรณีที่ศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้หลักการ การนอร์มัลไลซ์ (Normalization) ผ่าน การสร้างดัชนีไร้มิติ (Dimensionless Index) เพื่อสร้างเกณฑ์การประเมินที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยนำค่าการ เคลื่อนที่รวมสะสมบริเวณรับแรง (I_{top}) และค่าการเคลื่อนที่รวมสะสมรอบช่องเปิด ($I_{opening}$) ที่ได้จากการวิเคราะห์ คำนวณเป็นอัตราส่วน ดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (Stability of Opening Index - SOI) ดังสมการที่ 1 ซึ่งเป็น ตัวแทนของสัดส่วนพลังงานที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อช่องเปิดเทียบกับพลังงานทั้งหมดที่โครงสร้างได้รับ กระบวนการนี้เป็นการปรับผลลัพธ์ให้อยู่บนมาตรฐานเดียวกัน ทำให้สามารถเปรียบเทียบพฤติกรรมของอุโมงค์แต่ละ รูปแบบได้โดยตรง โดยไม่ถูกเบี่ยงเบนจากค่าการเคลื่อนที่สัมบูรณ์ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 9 การเคลื่อนที่รวมบริเวณรับแรงด้านบนและการเคลื่อนที่รวมสะสมรอบช่องเปิด

จากองค์ประกอบที่กล่าวไป สามารถคำนวณดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) ได้จากสมการที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI)} = \frac{\text{การเคลื่อนที่รวมสะสมรอบช่องเปิด (} I_{opening} \text{)}}{\text{การเคลื่อนที่รวมบริเวณรับแรงด้านบน (} I_{top} \text{)}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อมีค่าที่ต่ำหมายถึงการเคลื่อนที่รวมรอบช่องเปิดมีสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่โดยรวม ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าโครงสร้างถ่ายเทแรงออกจากช่องเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีเสถียรภาพสูง

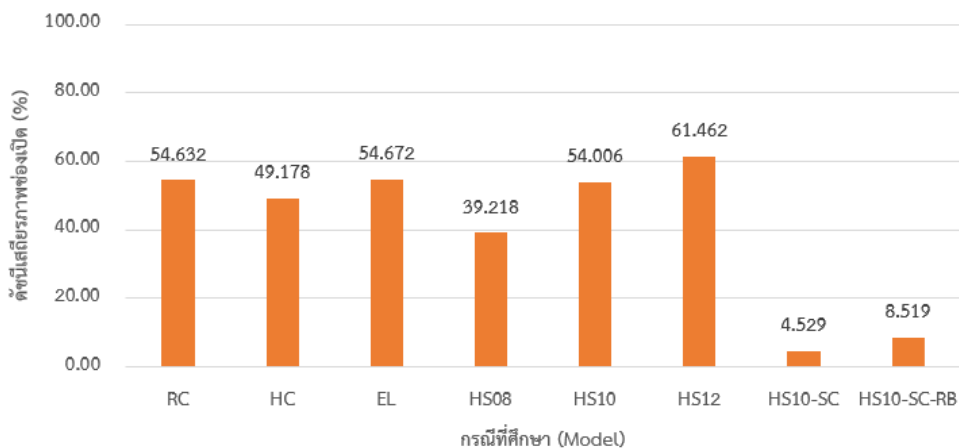
การเลือกใช้ค่าการเคลื่อนที่ (Displacement) เป็นพื้นฐานในการคำนวณและการพัฒนา SOI ขึ้นมา โดยเฉพาะ เนื่องจากความเค้น (Stress) ที่เป็นตัวชี้วัดแรงภายในที่เกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งของโครงสร้าง ซึ่งอาจมี การกระจุกตัวสูงในบางบริเวณ (Stress Concentration) จึงไม่ได้สะท้อนถึงการเสียเสถียรภาพของโครงสร้าง โดยรวม ในทางกลับกันค่าการเคลื่อนที่เป็นผลลัพธ์เชิงกายภาพที่มองเห็นและวัดผลได้โดยตรง จากการตอบสนอง ของโครงสร้างทั้งหมดต่อแรงกระทำ ดังนั้นการใช้ค่าการเคลื่อนที่สะสมจึงสามารถชี้ถึงปริมาณการเสียรูปและ ประสิทธิภาพในการถ่ายเทแรงออกจากบริเวณช่องเปิดได้อย่างชัดเจนและง่ายต่อการตีความ ซึ่งสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ 2.1 ในการใช้เป็นเกณฑ์การประเมินเชิงปริมาณเพื่อวัดประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงและเสถียรภาพของ โครงสร้างอุโมงค์ อย่างไรก็ตามเพื่อให้การวิเคราะห์มีความครอบคลุมจึงต้องพิจารณา SOI ร่วมกับผลการทดสอบ ในห้องปฏิบัติการและผลจากการวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ร่วมกัน

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเชิงปริมาณที่ได้จากการทดสอบโมเดลขนาดเล็กและการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยจะแสดงเป็นกำลังรับแรงอัดสูงสุดและดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) เพื่อประเมินเสถียรภาพของอุโมงค์ในแต่ละกรณีศึกษา ดังตารางที่ 1 และแสดงการเปรียบเทียบค่า SOI ใน ดังรูปที่ 10

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของอุโมงค์ทุกกรณีศึกษา

รหัสตัวอย่าง	กำลังรับแรงอัด (ksc)	ค่าการเคลื่อนที่สูงสุด (m)	การเคลื่อนที่รวมสะสม (มม.-ชม.)		SOI (%)
			I_{top}	$I_{opening}$	
รูปที่ 11 RC	21.208	1.055×10^{-3}	28.500	15.570	54.632
รูปที่ 12 HC	20.700	0.4029×10^{-3}	11.194	5.505	49.178
รูปที่ 13 EL	26.647	0.8408×10^{-3}	23.413	12.800	54.672
รูปที่ 14 HS08	27.402	0.8265×10^{-3}	22.515	8.830	39.218
รูปที่ 15 HS10	24.343	1.074×10^{-6}	0.030	0.016	54.006
รูปที่ 16 HS12	22.263	1.184×10^{-6}	0.031	0.019	61.462
รูปที่ 17 HS10-SC	24.436	0.4544×10^{-3}	12.187	0.552	4.529
รูปที่ 18 HS10-SC-RB	23.172	0.1319×10^{-3}	3.240	0.276	8.519



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) ของอุโมงค์ทุกกรณีศึกษา

4.1 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2 พบว่ารูปทรงของอุโมงค์มีอิทธิพลโดยตรงต่อทั้งความสามารถในการรับแรงและเสถียรภาพของโครงสร้าง ซึ่งสะท้อนผ่านค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดและค่าดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

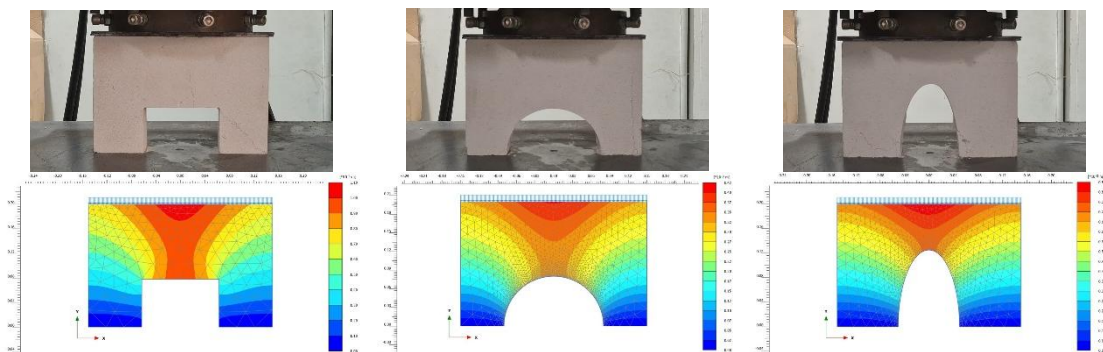
- อุโมงค์รูปทรงสี่เหลี่ยม (RC) ดังรูปที่ 11 ซึ่งเป็นตัวแทนของโครงสร้างมุมฉาก สามารถรับแรงอัดสูงสุด 21.21 ksc และมีค่า SOI สูงถึง 54.63% แสดงถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงที่ต่ำ พฤติกรรมการวิบัติที่สังเกตได้คือ

การแตกร้าวจากการแอ่นตัวบริเวณส่วนบน และการวิบัติเชิงแรงเฉือนที่มุมฐานอันเนื่องมาจากการกระจุกตัวของความเค้น

- อุโมงค์รูปทรงครึ่งวงกลม (HC) ดังรูปที่ 12 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงที่ดีกว่า โดยมีค่า SOI ต่ำที่สุดในกลุ่มนี้ที่ 49.18% อย่างไรก็ตามรูปทรงนี้มีความสามารถในการรับแรงอัดต่ำที่สุดเช่นกัน โดยมีค่าเพียง 20.70 ksc การวิบัติเกิดขึ้นในลักษณะการแตกร้าวที่ผนังด้านข้าง (Side Wall Cracking) ซึ่งเป็นผลมาจากแรงผลักในแนวราบที่โครงสร้างไม่สามารถต้านทานได้

- อุโมงค์รูปทรงวงรี (EL) ดังรูปที่ 13 มีความสามารถในการรับแรงอัดสูงสุดในกลุ่มนี้ที่ 26.65 ksc แต่กลับมีเสถียรภาพต่ำโดยมีค่า SOI สูงที่สุดในกลุ่มนี้ที่ 54.67% ซึ่งมีสาเหตุจากฐานที่แคบไม่สามารถถ่ายเทแรงผลักด้านข้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิบัติเกิดขึ้นในลักษณะการกะเทาะของผิววัสดุ (Spalling) บริเวณส่วนโค้งด้านบน

ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละรูปทรง และชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนารูปทรงที่สามารถผสมผสานประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงของส่วนโค้งเข้ากับความมั่นคงของฐานและผนังรับแรง ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์อุโมงค์รูปทรงเกือกม้าในลำดับถัดไป



รูปที่ 11 RC

รูปที่ 12 HC

รูปที่ 13 EL

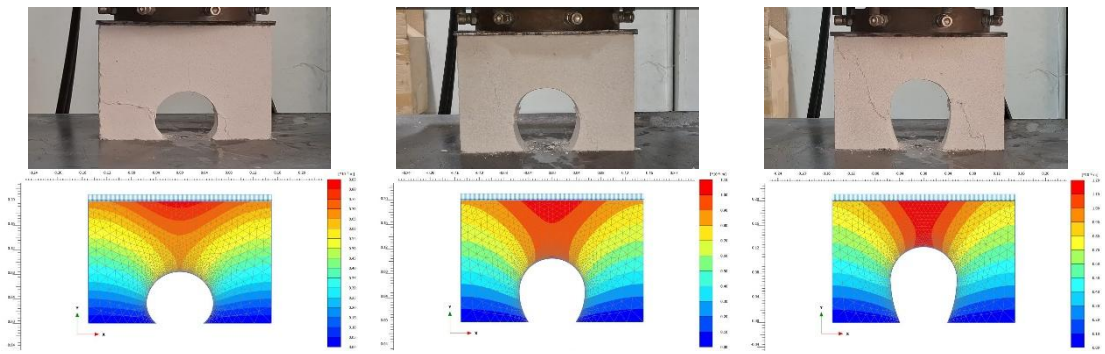
4.2 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2 พบว่าอัตราส่วนความชะลูด (Slenderness Ratio) มีความสัมพันธ์ผกผันกับความแข็งแรงและเสถียรภาพของโครงสร้าง กล่าวคือเมื่อช่องเปิดมีความสูงและแคบมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะลดลง ในขณะที่ค่าดัชนี SOI จะเพิ่มสูงขึ้นแสดงถึงเสถียรภาพที่ลดลง

- อุโมงค์รูปทรง HS08 ดังรูปที่ 14 ซึ่งมีอัตราส่วนความชะลูดต่ำที่สุด มีความสามารถในการรับแรงอัดสูงสุดในกลุ่มนี้ที่ 27.40 ksc และมีค่า SOI ต่ำที่สุดเพียง 39.22% ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงและเสถียรภาพเชิงโครงสร้างที่ดี

- เมื่อเพิ่มความสูงของช่องเปิดในอุโมงค์รูปทรง HS10 ที่เป็นสัดส่วนอ้างอิง ดังรูปที่ 15 มีความสามารถในการรับแรงอัดลดลงเหลือ 24.34 ksc และค่า SOI เพิ่มขึ้นเป็น 54.01%

- สำหรับอุโมงค์รูปทรง HS12 ดังรูปที่ 16 ซึ่งมีความชะลูดสูงสุด พบว่ากำลังรับแรงอัดลดลงต่ำที่สุดที่ 22.26 ksc และมีค่า SOI สูงที่สุดถึง 61.46% ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการวิบัติที่รุนแรงและแสดงถึงการเสียเสถียรภาพจากการโก่งเดาะ (Buckling)

ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงการแลกเปลี่ยน (Trade-off) ที่ชัดเจนระหว่างพื้นที่ใช้สอยในแนวตั้งกับเสถียรภาพของอุโมงค์ โดยโมเดล HS10 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ใช้งานจริง แสดงให้เห็นถึงจุดสมดุลที่ยอมรับได้ระหว่างปัจจัยทั้งสอง



รูปที่ 14 HS08

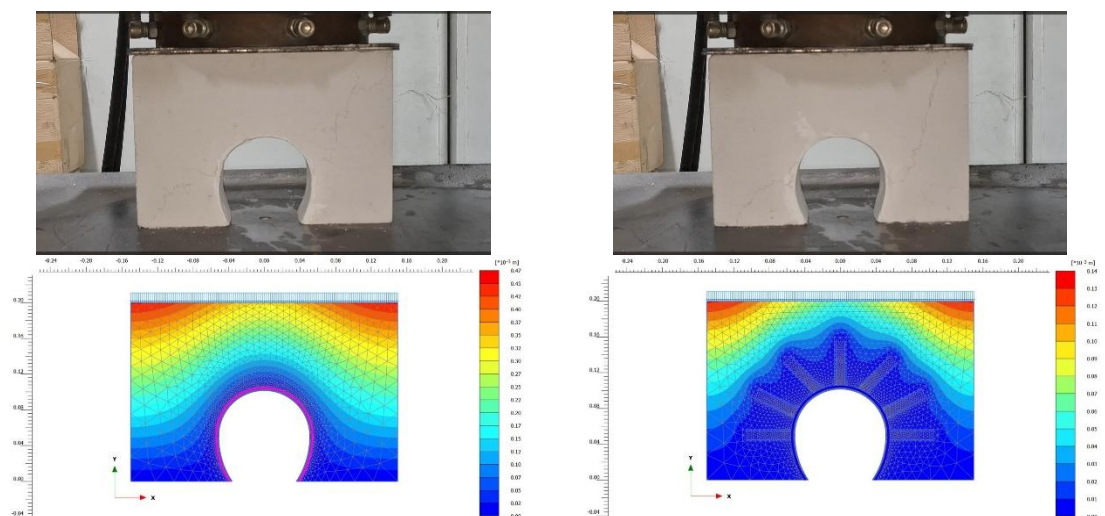
รูปที่ 15 HS10

รูปที่ 16 HS12

4.3 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2 พบว่าระบบเสริมกำลังมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มเสถียรภาพของอุโมงค์จากค่าดัชนี SOI ที่ลดลง แม้จะไม่ได้เพิ่มความสามารถในการรับแรงอัดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ

- การเสริมกำลังด้วย Shotcrete ในอุโมงค์รูปทรง HS10-SC ดังรูปที่ 17 ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดสูงสุดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเป็น 24.44 ksc เมื่อเทียบกับโมเดลเกือกม้าที่ไม่เสริมกำลัง อย่างไรก็ตาม เสถียรภาพของโครงสร้างเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยค่าดัชนี SOI ลดลง เหลือเพียง 4.53% ซึ่งเป็นผลจาก Shotcrete ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงและรักษาเสถียรภาพของช่องเปิดได้อย่างยอดเยี่ยม

- สำหรับอุโมงค์รูปทรง HS10-SC-RB ดังรูปที่ 18 ที่เสริมกำลังร่วมด้วย Shotcrete และ Rock Bolt พบว่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดอยู่ที่ 23.17 ksc และมีค่า SOI ที่ 8.52% ซึ่งยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำมาก และยืนยันถึงเสถียรภาพที่สูง ประเด็นสำคัญที่สุดคือลักษณะการวิบัติได้เปลี่ยนจากแบบเปราะ (Brittle) ที่พังทลายทันที ไปสู่พฤติกรรมแบบเหนียว (Ductile) โดยโครงสร้างยังคงรักษารูปทรงและเสถียรภาพโดยรวมไว้ได้แม้จะเกิดรอยร้าวแล้วก็ตาม ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมกำลังร่วมไม่เพียงแต่เพิ่มเสถียรภาพ แต่ยังเพิ่มความปลอดภัยของโครงสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 17 HS10-SC

รูปที่ 18 HS10-SC-RB

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 ดัชนี SOI ที่เป็นเกณฑ์การประเมินเชิงปริมาณตามวัตถุประสงค์ 2.1 และ 2.3 แสดงให้เห็นว่าการประเมินเสถียรภาพโดยอาศัยเพียงกำลังรับแรงอัดสูงสุดอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ กรณีศึกษาของอุโมงค์รูปทรงวงรี (EL) เป็นตัวอย่างที่ชัดเจนที่สุด โดยมีกำลังรับแรงอัดสูงสุดในกลุ่มรูปทรงพื้นฐานแต่กลับมีค่า SOI สูงที่สุดแสดงถึงเสถียรภาพที่ต่ำ ยืนยันได้ว่าความแข็งแรงไม่ได้หมายถึงเสถียรภาพเสมอไป ดัชนี SOI จึงใช้อธิบายช่องว่างนี้โดยตรง โดยเป็นเกณฑ์ที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงของโครงสร้างโดยรวม ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการวิบัติที่สังเกตได้จากการทดสอบและเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของดัชนีได้เป็นอย่างดี

5.2 การประยุกต์ใช้ SOI เพื่ออธิบายประสิทธิภาพการออกแบบตามวัตถุประสงค์ 2.2 ดัชนี SOI แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจำแนกประสิทธิภาพของการออกแบบได้อย่างเป็นรูปธรรม จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนความขรุขระพบว่าค่า SOI เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่ออุโมงค์มีความสูงมากขึ้น จาก 39.22% ใน HS08 เป็น 61.46% ใน HS12 ซึ่งเป็นการยืนยันเชิงปริมาณว่าเสถียรภาพลดลงเมื่อเพิ่มพื้นที่ใช้สอยในแนวตั้งมากเกินไป และชี้ให้เห็นว่าโมเดล HS10 คือจุดสมดุล (Optimal Point) ที่เหมาะสม

5.3 การประเมินประสิทธิภาพของระบบเสริมกำลังเชิงปริมาณตามวัตถุประสงค์ 2.2 และ 2.3 โดยการวิจัยนี้คือการใช้ SOI เพื่อแสดงประสิทธิภาพของระบบเสริมกำลังได้อย่างชัดเจน ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า HS10-SC สามารถลดค่า SOI จาก 54.01% เหลือเพียง 4.53% เป็นการยืนยันว่าบทบาทหลักของ Shotcrete คือการเพิ่มเสถียรภาพและการถ่ายเทแรงไม่ใช่เพิ่มกำลังรับแรงอัด นอกจากนี้การเสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt (HS10-SC-RB) ยังช่วยเปลี่ยนพฤติกรรมการวิบัติจากแบบเปราะไปสู่แบบเหนียว ซึ่งเป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้โครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญและค่า SOI ที่ยังคงอยู่ในระดับต่ำมากก็เป็นการยืนยันถึงเสถียรภาพระดับสูงของระบบเสริมกำลัง

ผลการวิจัยที่ได้ยังสอดคล้องและสามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี ในประเด็นที่ว่าอุโมงค์รูปทรงสี่เหลี่ยม (RC) มีเสถียรภาพต่ำซึ่งสะท้อนผ่านค่า SOI ที่สูงนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกับความเข้าใจเชิงวิศวกรรมเกี่ยวกับการกระจุกตัวของความเค้น (Stress Concentration) บริเวณมุมฉากที่เป็นหัวข้อที่ได้รับการศึกษาในงานของ ธนชนม์ (2564) ที่ได้วิเคราะห์เสถียรภาพของอุโมงค์สี่เหลี่ยมโดยเฉพาะ ในขณะเดียวกันการประยุกต์ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อจำลองพฤติกรรมการวิบัติและประเมินเสถียรภาพในงานวิจัยนี้ ก็เป็นแนวทางที่เป็นที่ยอมรับและถูกใช้ในงานวิจัยด้านเสถียรภาพอุโมงค์จำนวนมาก กงกิจ (2556) ที่ได้ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์เสถียรภาพด้านหน้าอุโมงค์ในชั้นดินเหนียว ดังนั้นการที่ดัชนี SOI สามารถอธิบายปรากฏการณ์เหล่านี้ได้อย่างสอดคล้อง จึงเป็นการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือและความสามารถของดัชนีในการเป็นเครื่องมือประเมินเชิงปริมาณที่เชื่อมโยงกับหลักการพื้นฐานและระเบียบวิธีวิจัยที่เป็นมาตรฐานได้

6. ข้อเสนอแนะ

องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ โดยวิศวกรสามารถนำดัชนี SOI ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกของรูปทรงและระบบเสริมกำลังต่าง ๆ ได้อย่างเป็นรูปธรรมและรวดเร็ว สำหรับการวิจัยในอนาคตควรมีการขยายผลไปสู่การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง 3 มิติเพื่อศึกษาผลกระทบของหัวขุดเจาะ (Tunnel Face) และพิจารณาพฤติกรรมภายใต้สภาวะแรงที่ไม่สมมาตร (Asymmetric Loading) หรือแรงกระทำแบบพลศาสตร์ (Dynamic Load) เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของโครงสร้างอุโมงค์ได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณอย่างสูง รองศาสตราจารย์ ดร.พงศกร พวงชมพู เป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำ การถ่ายทอดความรู้ และความเอาใจใส่อย่างดียิ่งในการให้คำปรึกษา ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อีกทั้งยังกรุณาให้ความอนุเคราะห์โปรแกรม Plaxis 2D เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กกก ยิงเจริญกิจขจร (2556). *การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของเสถียรภาพด้านหน้าอุโมงค์แบบไม่ระบายน้ำ*

ในดินเหนียว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนชนม์ พรหมวิชัย (2564). *การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบลิมิตสำหรับเสถียรภาพของอุโมงค์สี่เหลี่ยม*.

[วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บุญเทพ นานะกรังสรรค์. (2552). *วิศวกรรมฐานรากและการก่อสร้างอุโมงค์*. สำนักพิมพ์วิศวกรรมขอนแก่น.

พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกูล. (2563). *คู่มือวิศวกรรมฐานราก*. สำนักพิมพ์วิศวกรรมโยธา.

สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง. (2550). *วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรมธรณีเทคนิค*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Bangkokbiznews. (2024). *กรณีอุโมงค์รถไฟความเร็วสูงถล่ม จ.นครราชสีมา*.

<https://www.bangkokbiznews.com/news/news-update/1142004>

ITD-RT. (2563). *รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการระบบรถไฟทางคู่เพื่อการขนส่งและการจัดการโลจิสติกส์ (ระยะที่ 1) แนวเส้นทางช่วงมาบะเปา-ชุมทางถนนจิระ. การรถไฟแห่งประเทศไทย*.

ASTM International. (2023). *ASTM C109/C109M-23: Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars*. ASTM International.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques (3rd ed.)*. Morgan Kaufmann.

Ingeoexpert. (2023). *Tunnel design with PLAXIS 2D and 3D*. Retrieved September 11, 2025, from

<https://ingeoexpert.com/en/courses-online/tunnel-design-with-plaxis-2d-3d/>

Plaxis. (2022). *PLAXIS 2D reference manual (Version 22.01)*. Bentley Systems.

<https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/wiki/46097/download-plaxis-manuals>

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้มีคุณค่าทางวิชาการที่สำคัญในการนำเสนอและตรวจสอบความถูกต้องของดัชนีเสถียรภาพช่องเปิด (SOI) ในฐานะเครื่องมือเชิงปริมาณใหม่ ซึ่งช่วยเติมเต็มช่องว่างในการประเมินเสถียรภาพอุโมงค์ที่มีกำลังเฉพาะค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดหรือการเคลื่อนตัว ณ จุดเดียว งานวิจัยนี้ได้พิสูจน์ให้เห็นอย่างเป็นรูปธรรมว่าความแข็งแรง (Strength) และเสถียรภาพ (Stability) ไม่ใช่สิ่งเดียวกันเสมอไป นอกจากนี้ดัชนียังสามารถวัดประสิทธิภาพของระบบเสริมกำลังในเชิงปริมาณได้อย่างชัดเจน โดยแสดงให้เห็นว่าการเสริมกำลังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทแรงและเปลี่ยนลักษณะการวิบัติสู่รูปแบบที่ปลอดภัยยิ่งขึ้นได้อย่างไร องค์ความรู้นี้จึงไม่เพียงแต่นำเสนอเครื่องมือวิเคราะห์ใหม่ที่เรียบง่ายและน่าเชื่อถือ แต่ยังช่วยสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับพฤติกรรมเชิงโครงสร้างของอุโมงค์สำหรับแวดวงวิชาการและวิศวกรรมต่อไป



การพัฒนาเซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์ สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์

บัญชา ชื่นจิต

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

อีเมล : Bancha248@gmail.com

วันที่รับบทความ 8 กรกฎาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 19 ตุลาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 28 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

ในการพัฒนาเซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์ 2) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์ และ 3) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และการผลิตให้แก่ชุมชน องค์กร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างบรรจุภัณฑ์สินค้าเกษตรอินทรีย์ในชุมชน แผนการดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นบ้านช่างปี 2) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเคลือบ 3) การทดสอบเนื้อดินปั้นด้วยวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และ 4) การถ่ายทอดองค์ความรู้และการผลิตให้แก่ชุมชน

ผลการวิจัย พบว่า 1. จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นบ้านช่างปี อ.ศีขรภูมิ จ.สุรินทร์ พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา การหดตัวสูงสุดและต่ำสุด คือ อัตราส่วนผสมที่ 10 และ 16 โดยมีการหดตัวที่ 9.86 และ 9.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความแข็งแรงของเนื้อดินสูงสุดและต่ำสุด คือ อัตราส่วนผสมที่ 5 และ 16 โดยมีความแข็งแรง 125.37 และ 101.16 Kg/cm² ตามลำดับ การดูดซึมน้ำสูงสุดและต่ำสุด คือ อัตราส่วนผสมที่ 2 และ 12 โดยมีการดูดซึมน้ำที่ 0.159 และ 0.099 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสีของเนื้อดินที่ปรากฏเป็นสีน้ำตาล 2. จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเคลือบ พบว่า ในการคัดเลือกน้ำเคลือบเพื่อนำไปเคลือบผิวบรรจุภัณฑ์เซรามิกส์ โดยทำการคัดเลือกแบบเจาะจงมาจำนวน 1 อัตราส่วนผสม ได้แก่ ดินบ้านช่างปี หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน ในอัตราส่วน 20 : 30 : 40 ตามลำดับ ทำการเพิ่ม CaCO₃ and ZnO ในปริมาณ 6 และ 5% ตามลำดับ เพื่อนำไปใช้ในการเคลือบบรรจุภัณฑ์เซรามิกส์ 3. จากการคัดเลือกเนื้อดินเพื่อนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ มีจำนวน 1 อัตราส่วนผสม คือ ดินบ้านช่างปี ดินขาวลำปาง + ขี้เถ้าแกลบ หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน ในอัตราส่วน 20 : 40 : 30 : 10 ตามลำดับ 4. การถ่ายทอดองค์ความรู้และการผลิตให้แก่ชุมชน พบว่า ชุมชนสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการออกแบบผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าเกษตรอินทรีย์ในชุมชนและต่อยอดนำไปใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทอื่น ๆ ซึ่งเป็นตามเป้าหมายตามที่กำหนดไว้

คำสำคัญ : เซรามิกส์ สินค้าแปรรูป เกษตรอินทรีย์

Develop ceramics from agricultural waste materials for packaging production Organic agricultural processed products

Bancha Chuenchit

Faculty of Industrial Technology Surindra Rajabhat University

E-mail : Bancha248@gmail.com

Received 8 July 2025

Revised 19 October 2025

Accepted 28 October 2025

Abstract

In developing ceramics from agricultural waste materials for the production of packaging for organic agricultural processed products, the objectives are : 1. To develop ceramics from agricultural waste materials for the production of packaging for organic agricultural processed products. 2. To test the physical properties of organic agricultural processed product packaging 3. To transfer knowledge and production to communities, organizations and relevant agencies

The research results found that : 1. From testing the physical properties of Ban Chang Pi clay, Sikhorphum District, Surin Province, it was found that the physical properties after firing, the maximum and minimum shrinkage were : Mix ratios of 10-16 had shrinkages of 9.86-9.44 percent, respectively. The highest and lowest strengths of the soil were obtained at mix ratios of 5 and 16 with strengths of 125.3-101.16 Kg/cm², respectively. The highest and lowest water absorption were obtained at mixing ratios 2-12 with water absorption of 0.159-0.099 percent, respectively, and the apparent color of the soil was brown. 2. From testing the physical properties of the coating, it was found that in selecting the coating to be used to coat the surface of ceramic packaging, a specific selection was made with 1 mixing ratio, namely : Ban Chang Pi soil, horse tooth stone and Hanuman tooth stone in the ratio of 20 : 30 : 40 respectively, adding CaCO₃ and ZnO in the amount of 6 and 5 % respectively for use in coating ceramic packaging. 3. From the selection of clay to be used in the forming of ceramic products, there is 1 mixing ratio: Ban Chang Pi clay, Lampang white clay + rice husk ash, horse tooth stone and Hanuman tooth stone in the ratio of 20 : 40 : 30 : 10 respectively. 4. Knowledge transfer and production to the community. It was found that the community was able to apply the knowledge to design and produce packaging for organic agricultural products in the community and further develop it to produce other types of pottery, which is in line with the established goals.

Keywords : Ceramics, processed products, organic agricultural

1. บทนำ

จังหวัดสุรินทร์เริ่มดำเนินนโยบายด้านเกษตรอินทรีย์มาตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 และคณะรัฐมนตรีมีมติเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2544 ประกาศให้จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดนำร่องการดำเนินงานด้านเกษตรอินทรีย์ ตลอดระยะเวลาการขับเคลื่อนงานด้านเกษตรอินทรีย์จังหวัดสุรินทร์ที่ผ่านมา พบปัญหาอุปสรรค เช่น ขาดการรวมกลุ่มเกษตรกรที่เข้มแข็ง และยังไม่สามารถผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ได้เพียงพอตามความต้องการของตลาด สินค้าเกษตรมีต้นทุนสูงจากการใช้สารเคมีที่มีราคาแพง มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการตรวจรับรองมาตรฐานอินทรีย์ และจำนวนเกษตรกรรุ่นใหม่ที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งเกิดจากสังคมผู้สูงอายุและการอพยพย้ายถิ่นฐานไปประกอบอาชีพอื่น และจากการขับเคลื่อนเกษตรอินทรีย์อย่างต่อเนื่องของจังหวัดสุรินทร์ที่ผ่านมาโดยมีนโยบายในการส่งเสริมในการทำเกษตรอินทรีย์วิถีสุรินทร์แบบครบวงจร ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ โดยให้เกษตรกรเกิดการรวมกลุ่มทำเกษตรอินทรีย์ให้มีคุณภาพ และมีแหล่งจำหน่ายสินค้า ซึ่งเกษตรกรแต่ละกลุ่มจะต้องมีที่รวมสินค้า ที่บรรจุภัณฑ์ และกระจายสินค้าของกลุ่มด้วย และมีการเรียนรู้ในการทำธุรกิจในรูปแบบค้าปลีกสมัยใหม่ในการพัฒนาผลผลิตให้มีคุณภาพและผ่านการตรวจสอบความปลอดภัยจากสารปนเปื้อน ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรในจังหวัดสุรินทร์มีความเข้มแข็งมากขึ้น และที่สำคัญประชาชนผู้บริโภคได้เลือกซื้อสินค้าที่ได้มาตรฐาน ได้คุณภาพ สดใหม่ ในราคาถูก และส่งเสริมการปลูกพืชผักอินทรีย์เพื่อผลิตทั้งตัวเกษตรกร สิ่งแวดล้อม และผู้บริโภค โดยได้ดำเนินการไปสำเร็จในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังพบว่าสินค้าเกษตรแปรรูปเกษตรของจังหวัดสุรินทร์ เช่น ขาดการเก็บรักษาผลผลิตที่ดีทั้งสินค้าสดเช่น ผัก ผลไม้ ดอกไม้ ฯลฯ ซึ่งเกิดจากการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาหรือรอจำหน่าย สินค้าแห้งและแปรรูป เช่น ข้าวสาร ชาสมุนไพร ยาหม่องสมุนไพร ฯลฯ รวมถึงบรรจุภัณฑ์ที่แสดงถึงเอกลักษณ์ของผู้ผลิต จำเป็นจะต้องมีการแก้ปัญหาและพัฒนาต่อไปในอนาคต

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นทำให้คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาสินค้าทางการเกษตร โดยเฉพาะการแปรรูปสินค้าเกษตรอินทรีย์ในจังหวัดสุรินทร์และจังหวัดใกล้เคียง เช่น ข้าวอินทรีย์ ชาสมุนไพรจากดอกบัว ชาสมุนไพรจากใบหม่อน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ชุมชนแปรรูปเหล่านี้จำเป็นต้องมีบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อช่วยปกป้องความปลอดภัยจากสินค้า จึงได้ดำเนินการจัดทำบรรจุภัณฑ์สินค้าเกษตรอินทรีย์จากเซรามิกส์ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา, 2547) โดยผลิตขึ้นจากวัตถุดิบหลักที่มีอยู่ทั่วไปในท้องถิ่นมาผสมและหาส่วนผสมที่เหมาะสมโดยอาศัยองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบและการผลิตแบบพื้นบ้านผสมผสานกับเทคโนโลยีทางด้านวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ใบชาซึ่งเป็นสินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์เพื่อป้องกันความชื้น การเก็บกลิ่นเพื่อรักษาคุณภาพของสินค้า รวมทั้งเป็นการส่งเสริมการขายให้เป็นที่รู้จักและจดจำ อันก่อให้เกิดรายได้เสริมให้กับชุมชนผู้ผลิตอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาเซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์
- 2.2 เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์
- 2.3 เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และการผลิตให้แก่ชุมชน องค์กร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างบรรจุภัณฑ์สินค้าเกษตรอินทรีย์ในชุมชน

3. วิธีการวิจัย

ในการพัฒนาเซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์ ได้ลำดับขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

3.1 วัตถุดิบและกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและใช้ในส่วนผสมของน้ำเคลือบ ดังนี้

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ได้แก่

3.1.1.1 ดินบ้านช่างปั้น อำเภอสว่างบุรี จังหวัดสุรินทร์ : changpee surin clay

3.1.1.2 ดินขาวลำปาง : Lampang clay ผสม ขี้เถ้าแกลบ : Ash

3.1.1.3 หินฟันม้า : potassium feldspar (K_2O)

3.1.1.4 หินเขี้ยวหนุมาน : quartz (SiO_2)

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของน้ำเคลือบ ได้แก่

3.1.2.1 ดินบ้านช่างปั้น อำเภอสว่างบุรี จังหวัดสุรินทร์ : changpee surin clay

3.1.2.2 หินฟันม้า : potassium feldspar (K_2O)

3.1.2.3 หินเขี้ยวหนุมาน : quartz (SiO_2)

3.1.2.4 แคลเซียมคาร์บอเนต : calcium carbonate ($CaCO_3$)

3.1.2.5 ซิงค์ออกไซด์ : zinc oxide (ZnO)

3.1.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจงจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Quadriaxial blende) ซึ่งประกอบด้วยดินบ้านช่างปั้น อำเภอสว่างบุรี จังหวัดสุรินทร์ ดินขาวลำปาง หินฟันม้า และหินเขี้ยวหนุมาน จำนวน 16 ตัวอย่าง เพื่อนำมาทำการทดสอบทางกายภาพและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

ลำดับ	Changpee surin clay	Lampang clay +Ash	Potassium feldspar	quartz
1	40	10	10	40
2	40	20	10	30
3	40	30	10	20
4	40	40	10	10
5	30	10	20	40
6	30	20	20	30
7	30	30	20	20
8	30	40	20	10
9	20	10	30	40
10	20	20	30	30
11	20	30	30	20
12	20	40	30	10
13	10	10	40	40
14	10	20	40	30
15	10	30	40	20
16	10	40	40	10

3.1.4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในส่วนผสมของน้ำเคลือบได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial blend) ซึ่งประกอบด้วย ดินบ้านช่างปี อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดสุรินทร์ ดินขาวลำปาง หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน แคลเซียมคาร์บอเนต และซิงค์ออกไซด์ จำนวน 16 ตัวอย่าง

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ

ลำดับ	Changpee surin clay	Lampang clay +Ash	Potassium feldspar
1	20	60	20
2	20	50	30
3	30	50	20
4	20	40	40
5	30	40	30
6	40	40	20
7	20	30	50
8	30	30	40
9	40	30	30
10	50	30	20
11	20	20	60
12	30	20	50
13	40	20	40
14	50	20	30
15	60	20	20

ทำการเพิ่ม CaCO_3 and ZnO ในปริมาณ 3, 6, 9 และ 5% ตามลำดับ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย โดยกำหนดแผนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นบ้านช่างปี อ.สหัสขันธ์ จ.สุรินทร์

1. นำเนื้อดินปั้นจากแหล่งบ้านช่างปี โดยขุดจากแหล่งดินลึกประมาณ 1 – 5 เมตร มาตากแห้งและทำการแยกอินทรีย์สารต่าง ๆ ที่เจือปนมา โดยการหมักดินไว้ 1 - 3 วัน

2. ทำการบดย่อยด้วยหม้อบดเล็ก (Ball mill) โดยใช้ระยะเวลาในการบดประมาณ 3 ชั่วโมง

3. นำดินที่ผ่านการบดย่อยมาผ่านตะแกรงคัดขนาด 100 เมช (mesh) เพื่อแยกสิ่งเจือปนออกและนำมาตากให้แห้ง

4. คำนวณส่วนผสมของเนื้อดินจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยซึ่งส่วนผสมตัวอย่างละ 1,000 กรัม จำนวน 16 ตัวอย่าง

5. นำอัตราส่วนผสมในแต่ละตัวอย่างบดผสมด้วยวิธีการบดเปียก โดยใช้ระยะเวลาในการบดผสม 3 ชั่วโมง

6. นำเนื้อดินปั้นจำนวน 16 ตัวอย่าง มาทำการอัดแท่งทดสอบตัวอย่างละ 3 แท่ง เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนและหลังเผา

7. ทดสอบคุณสมบัติการหล่อแบบ โดยทดสอบอัตราการหล่อแบบและการไหลตัวของน้ำดิน

8. ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนเผา โดยนำแท่งทดสอบไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปทำการทดสอบการหดตัว ความแข็งแรง และสีของเนื้อดิน

9. นำแท่งทดสอบไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน (oxidation firing)

10. ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา โดยนำแท่งทดสอบไปทำการทดสอบการหดตัว ความแข็งแรงของเนื้อดิน การดูดซึมน้ำ และสีของเนื้อดินที่ปรากฏหลังเผา

11. คัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เพื่อนำไปทำการทดสอบการขึ้นรูป

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเคลือบ

1. เตรียมเนื้อดินบ้านช่างปี่มาอบให้แห้งสนิทแล้วจึงมาบดละเอียด จากนั้นจึงนำผ่านตะแกรงคัดขนาด 100 mesh

2. คำนวณส่วนผสมของน้ำเคลือบจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จากดินบ้านช่างปี่ ซิลิกา และโปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ มาซึ่งตามอัตราส่วนผสมวัตถุดิบจากการสุ่มจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 100 กรัมต่อ 1 อัตราส่วนผสมวัตถุดิบ

3. บดผสมอัตราส่วนผสมวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ให้เข้ากันด้วยโกร่งบดแล้วเติมน้ำในอัตราส่วนผสมและน้ำ 1 : 1 ลงไป แล้วบดผสมให้วัตถุดิบเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน

4. นำน้ำเคลือบไปชุบบนแท่งทดสอบและเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน

5. หลังจากได้ผลการทดลองจากข้างต้นแล้ว ทำการคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดจากเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อนำมา addition CaCO_3 และ ZnO

6. เตรียมอัตราส่วนผสมของเคลือบที่เหมาะสมที่สุดอบให้แห้งสนิทแล้วจึงมาบดให้ละเอียด

7. นำสูตรเคลือบที่เหมาะสมที่สุดไปผสมกับสารแคลเซียมคาร์บอเนต 100 : 3, 100 : 6, 100 : 9 และซิงค์ออกไซด์ 100 : 5 (ดังตารางที่ 3.3)

8. บดผสมอัตราส่วนผสมวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดให้เข้ากันด้วยโกร่งบดแล้วเติมน้ำในอัตราส่วนผสมและน้ำ 1:1 ลงไป แล้วบดผสมให้วัตถุดิบเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน

9. ชุบเคลือบบนแท่งทดสอบและเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

10. ตรวจสอบผลและคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อไปใช้ในการเคลือบเครื่องปั้นดินเผาบ้านช่างปี่ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบเนื้อดินปั้นด้วยวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อน้ำดินในแบบพิมพ์ปูนพลาสติก ด้วยวิธีการปั้นอิสระ และด้วยวิธีแป้นหมุน โดยได้ดำเนินการ ดังนี้

1. ทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทสโตนแวร์ เพื่อใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์ชาสมุนไพรเป็นลักษณะกระปุกมีฝาปิด โดยรูปทรงเป็นแบบเรขาคณิตทรงกลมคล้ายกับหม้อยาโบราณ ส่วนฝาปิดมีมือจับเป็นรูปทรงช้างที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดสุรินทร์

2. การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ

2.1 เตรียมเนื้อดินปั้นจากอัตราส่วนผสมที่ได้จากการคัดเลือกเพื่อทำการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ

2.2 บดผสมเนื้อดินเพื่อทำเป็นน้ำดิน (Slip) ทำการปรับความถ่วงจำเพาะ และค่าการไหลตัวของน้ำดินให้เหมาะสมกับการหล่อแบบปูนพลาสติก

2.3 ทำต้นแบบบรรจุภัณฑ์และทำแบบพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับการหล่อแบบด้วยปูนพลาสติกเพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2.4 นำน้ำดินที่ได้ปรับคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการหล่อแบบมาเทลงในแบบพิมพ์ปล่อยให้ปูนพลาสเตอร์ดูดน้ำจากดินจนมีความหนาตามที่กำหนด เทน้ำดินออกจากแบบพิมพ์ ปล่อยให้แห้ง และจากนั้นจึงแกะชิ้นงานออกจากแบบพิมพ์

2.5 ทำการตกแต่งปากและรอยตะเข็บของชิ้นงานให้เรียบร้อย

2.6 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส และตรวจสอบเนื้อดินไม่เกิดการโก่งงอ พุพอง แตกร้าวเสียหาย

2.7 ชุบเคลือบที่ได้ทำการจัดเตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 2 และนำไปเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

2.8 ตรวจสอบคุณภาพของเนื้อดินและเคลือบ โดยที่เนื้อดินไม่เกิดการแตกร้าวเสียหายจากการเผาเคลือบมีความเงางาม ไม่เกิดการร้าว

3. การขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นหมุน

3.1 จัดเตรียมเนื้อดินปั้นจากอัตราส่วนผสมที่ได้จากการคัดเลือกเพื่อไปทำการขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นหมุน

3.2 ทำการนวดเนื้อดินให้เข้ากันโดยไม่ให้เกิดฟองอากาศ

3.3 ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีปั้นหมุน

3.4 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส และตรวจสอบเนื้อดินไม่เกิดการพุพอง แตกร้าวเสียหาย

3.5 ชุบเคลือบที่ได้ทำการจัดเตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 2 และนำไปเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

3.6 ตรวจสอบคุณภาพของเนื้อดินและเคลือบ โดยที่เนื้อดินไม่เกิดการแตกร้าวเสียหายจากการเผาเคลือบมีความเงางาม ไม่เกิดการร้าว

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาเซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์

การคัดเลือกเนื้อดินเพื่อนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ซึ่งผลการคัดเลือกที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 16 อัตราส่วนผสม และทำการคัดเลือกแบบเจาะจงมาจำนวน 1 อัตราส่วนผสม เพื่อนำไปใช้ในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ สามารถแสดงได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 3 ผลการคัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินที่เหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด

no	ratio			criteria		
	Surin clay	Lampang kaolin+ahs	feldspar	Shrinkage 7-14%	Strength >20kg/cm ²	Absorption 0.00-2.50%
12	20	40	30	9.70	118.31	0.099

หมายเหตุ เกณฑ์การคัดเลือก Shrinkage 7 -14 % Strength > 20 Kg/cm² Absorption 0.00 – 2.50 %

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ หลังจากได้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินที่เหมาะสมที่สุดจากการคัดเลือกจากกระบวนการในข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยจะนำอัตราส่วนผสมมาทำการจัดเตรียมเนื้อดินปั้น ออกแบบบรรจุภัณฑ์ ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และทำการเผาผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. เตรียมส่วนผสมวัตถุดิบ ได้แก่ ดินบ้านช้างปี่ อ.ศิขรภูมิ จ.สุรินทร์ ดินขาวลำปาง + ซีเมนต์กลบหินพื้นม้า และหินเขียวหนามาน ในอัตราส่วน 20 : 40 : 30 : 10 ตามลำดับ

2. นำส่วนผสมทั้งหมดมาบดผสมด้วย Ball mill 1 ชั่วโมง โดยนำดินที่ได้จะเตรียมไว้ในลักษณะดินปั้นและน้ำดินสำหรับหล่อแบบ
3. ทำการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชาสมุนไพรเซรามิกส์ ด้วยวิธีแบบผสมผสานระหว่างปั้นหมุนและการหล่อแบบ ตามแบบที่ได้จากการออกแบบดังรายละเอียดจากภาพที่ 1
4. นำชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปมาทำการเก็บรายละเอียดโดยการตกแต่งและขัดผิวให้เรียบจากนั้นจึงนำมาทำการเผาปัสกิตที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส
5. ทำการเตรียมน้ำเคลือบจากดินสุรินทร์ หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน ในอัตราส่วน 20 : 40 : 40 โดยเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนต 6 เปอร์เซ็นต์ และซิงค์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ บดผสมวัตถุดิบทั้งหมดให้เข้ากัน ปรับความถ่วงจำเพาะให้เหมาะสม และนำมาทำการเคลือบชิ้นงาน
6. นำชิ้นงานที่เคลือบแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศ oxidation
7. ออกแบบตราสัญลักษณ์ ทำต้นแบบการพิมพ์ (artwork) และทำบล็อกสกรีนตามแบบที่ได้ จากนั้นจึงนำมาทำการพิมพ์ลงบนสติกเกอร์เซรามิกส์โดยปล่อยทิ้งไว้จนแห้ง แล้วจึงนำสติกเกอร์มาแช่น้ำเพื่อให้ลวดลายที่ติดอยู่กับสติกเกอร์แยกออกจากแผ่นกระดาษ และนำมาแปะลงบนชิ้นงานในตำแหน่งที่ต้องการ
8. ทำการเผาสติกเกอร์*โดยใช้อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส



รูปที่ 1 เซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์ ดังรูปที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังการเผาของดินสุรินทร์

Physical Properties_			Physical Properties		
no	(Before)	result	no	After 1,100°C)	result
1	SHRINKAGE 01	9.86	1	SHRINKAGE 01	9.69
2	Strength	9.75	2	Strength	113.83
3	Absorption	-	3	Absorption	0.15
4	COLOR 04	Grey	4	COLOR 04	dark brown

รูปที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังการเผาของดินสุรินทร์

No	Physical properties (before)			Physical properties (after 1100c)			
	Shrinkage  01	Strength  02	Color  04	Shrinkage  01	Strength  02	Absorption  03	Color  04
1	9.87	10.02	Grey	9.70	110.53	0.143	Brown
2	9.71	11.67	Grey	9.56	111.30	0.159	Brown
3	9.30	11.24	Grey	9.11	120.13	0.118	dark brown
4	9.82	12.57	Grey	9.76	123.64	0.138	dark brown
5	9.85	8.90	Grey	9.80	125.37	0.158	dark brown
6	9.78	9.20	Grey	9.67	113.60	0.122	dark brown
7	9.89	10.65	Grey	9.80	110.36	0.144	dark brown
8	9.87	8.86	Grey	9.80	124.42	0.147	dark brown
9	9.90	8.15	Grey	9.85	116.14	0.139	dark brown
10	9.91	11.61	Grey	9.86	101.20	0.147	dark brown
11	9.84	8.83	Grey	9.80	108.37	0.116	dark brown
12	9.80	8.70	Grey	9.70	118.31	0.099	dark brown
13	9.86	8.67	Grey	9.83	117.15	0.157	Brown
14	9.82	8.80	Grey	9.51	113.62	0.130	Brown
15	9.70	9.85	Grey	9.60	106.78	0.131	Brown
16	9.60	8.75	Grey	9.44	101.16	0.127	Brown

รูปที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของดินสุรินทร์ หินฟันม้า ดินขาวลำปาง และหินเขียวหนุมาน ก่อนและหลังการเผา สูตรที่ 1 – 16

จากรูปที่ 3 พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา การหดตัวสูงสุดและต่ำสุด คืออัตราส่วนผสมที่ 10 และ 16 โดยมีการหดตัวที่ร้อยละ 9.86 และ 9.44 ตามลำดับ ความแข็งแรงของเนื้อดินสูงสุดและต่ำสุด คืออัตราส่วนผสมที่ 5 และ 16 โดยมีความแข็งแรง 125.37 และ 101.16 Kg/cm² ตามลำดับ การดูดซึมน้ำสูงสุดและต่ำสุด คืออัตราส่วนผสมที่ 2 และ 12 โดยมีการดูดซึมน้ำที่ร้อยละ 0.159 และ 0.099 ตามลำดับ และสีของเนื้อดินที่ปรากฏเป็นสีน้ำตาลและน้ำตาลเข้ม

4.3 ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้และการผลิตให้แก่ชุมชน องค์กร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างบรรจุภัณฑ์สินค้าเกษตรอินทรีย์ในชุมชน

4.3.1 กระบวนการถ่ายทอดความรู้ การออกแบบผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์สมุนไพรจากชาวมิกส์ รูปทรงของบรรจุภัณฑ์ชาวมิกส์ พบว่า

1. การถ่ายทอดความรู้การออกแบบ เป็นการออกแบบรูปทรงที่ผสมผสานระหว่างรูปทรงของหม้อยาदनเผาโบราณที่ขุดพบในบริเวณปราสาทข่ากับรูปทรงเรขาคณิตที่เน้นประโยชน์ใช้สอยเป็นหลัก โดยที่ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะทรงกระบอกมีฝาปิด มือจับเป็นรูปช้าง กับรูปทรงที่เป็นโถงขนาดเล็กมีขาสี่ขา มีฝามือจับจะเป็นรูปช้าง ส่วนลวดลายของผลิตภัณฑ์และตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ชุมชนบ้านข่าปี พบว่า ความต้องการ

ของชุมชน เยาวชน และนักเรียน ต้องการให้เห็นถึงสี่ของเนื้อดินบ้านข้างปีซึ่งเป็นน้ำตาลแดงซึ่งมีเอกลักษณ์โดดเด่นเป็นของตนเอง ส่วนตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์จะประกอบไปด้วย ช้างสุรินทร์ ปราสาทข้างปี และใบหม่อน โดยนำมาจัดองค์ประกอบและกำหนดสีของลวดลายให้เหมาะสม

2. การถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิต เป็นการถ่ายทอดโดยผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการผู้เข้ารับการอบรมได้ฝึกปฏิบัติการผลิตเซรามิกส์ เทคนิควิธีการขึ้นรูป การทำเคลือบและการตกแต่ง การเผา การแก้ปัญหาในการผลิต โดยผู้อบรมสามารถทำได้ซึ่งถ้าให้เกิดความชำนาญจำเป็นจะต้องเกิดการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

4.3.2 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับชุมชน จากการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาเซรามิกส์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าแปรรูปเกษตรอินทรีย์ เมื่อชุมชนได้รับการพัฒนาองค์ความรู้ที่เหมาะสมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายด้าน ได้แก่ บรรจุภัณฑ์สมุนไพรที่มีเอกลักษณ์ของบ้านข้างปี ชุมชนมีอาชีพและรายได้เพิ่มขึ้นจากการแปรรูปวัตถุดิบในท้องถิ่นสู่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นจากเดิม 20 เปอร์เซ็นต์ เกิดความภาคภูมิใจในวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น เสริมสร้างทักษะและความสามารถในการพึ่งพาตนเอง และส่งเสริมการเรียนรู้ข้ามรุ่นคนรุ่นใหม่ในชุมชนมีโอกาสเรียนรู้และสืบทอดภูมิปัญญา

4.3.2 การเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนด การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการถ่ายทอดความรู้ด้านเครื่องปั้นดินเผาชุมชนสามารถบรรลุเป้าหมายส่วนใหญ่ได้ตามที่กำหนดไว้ และส่งผลในเชิงบวกทั้งในด้านความรู้ อาชีพ และวัฒนธรรมของชุมชน โดยเฉพาะการจุดประกายให้เกิดความต่อเนื่องหลังสิ้นสุดโครงการ อย่างไรก็ตามยังมีพื้นที่ในการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การสร้างช่องทางจำหน่าย และการยกระดับผลิตภัณฑ์ให้สามารถแข่งขันได้ในตลาดกว้างขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในระยะยาว

4.3.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา ปัญหาทางด้านผู้สืบทอด พบว่า ในปัจจุบันเครื่องปั้นดินเผาบ้านข้างปีขาดผู้สืบทอดต่อไป เนื่องจากเยาวชนรุ่นใหม่มีค่านิยมในการทำงานที่เปลี่ยนไปจากในอดีต ปัญหาด้านสถานที่ในการเรียนการสอนพบว่าบ้านข้างปี ขาดสถานที่ที่เหมาะสมจะใช้เป็นโรงเรียนหรือศูนย์กลางเพื่อเปิดสอนการปั้นเครื่องปั้นดินเผา ปัญหาด้านรูปแบบและราคาผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ชาวบ้านผลิตส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบเดิมไม่สามารถประยุกต์แบบหรือเทคนิคใหม่ ๆ ได้ โดยที่มีต้นทุนในการผลิตสูงซึ่งจะส่งผลต่อส่วนราคาขายสูงตามด้วย

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนำมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์ โดยนำขี้เถ้าแกลบที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผสมร่วมกับเนื้อดินสุรินทร์ ดินขาวลำปาง หินฟันม้า และควอตซ์ (ธนากร วาสนาเพียรพงศ์ กานต์ เสรีวัลย์สถิต, 2553) ซึ่งจะช่วยให้เนื้อดินมีน้ำหนักที่เบาขึ้น ลดต้นทุนในการใช้วัสดุ รวมถึงการใช้วัสดุท้องถิ่นอย่างมีคุณค่าและมีประโยชน์สูงสุด สอดคล้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามหลักการ 4R ของ Vaipo Mataora (2568) ได้กล่าวถึงหลักการ 4R ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 1) Reduce (ลด) ซึ่งเป็นการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานในการผลิต การใช้หีบห่อบรรจุภัณฑ์ที่น้อยลงหรือใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีน้ำหนักเบาและขนาดเล็กเพื่อลดปริมาณการขนส่ง 2) Reuse (ใช้ซ้ำ) เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้ได้ซ้ำได้หลายครั้งหรือสามารถเปลี่ยนส่วนประกอบได้ การส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ได้ซ้ำได้ และการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ง่ายต่อการซ่อมแซมเพื่อยืดอายุการใช้งาน 3) Recycle (รีไซเคิล) เป็นการเลือกใช้วัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ง่าย การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ง่ายต่อการแยกชิ้นส่วนและรีไซเคิล และการส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีการนำวัสดุเหลือใช้จากการใช้งานผลิตภัณฑ์กลับมารีไซเคิล 4) Repair (ซ่อมบำรุง) เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถซ่อมแซมได้ง่ายและมีอะไหล่ที่หาได้ง่าย การให้คำแนะนำและบริการซ่อมแซมแก่ผู้บริโภค และการส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีการซ่อมแซมผลิตภัณฑ์แทนการทิ้งทันที โดยที่การนำหลักการ 4R มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณขยะ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความยั่งยืน (เล็ก อุตตะมะศีล, 2541)



5.2 คุณสมบัติทางกายภาพของส่วนผสมเนื้อดินสุรินทร์มีการหดตัวที่ 9.44 -9.86 ความแข็งแรงที่ 101.16 - 125.37 Kg/cm² และการดูดซึมน้ำ 0.099 – 0.159 และสีของเนื้อดินเป็นสีเทา น้ำตาลแดง ซึ่งสามารถนำมาผลิตเซรามิกส์ในระดับสโตนแวร์เพื่อใช้ในงานต่าง ๆ ได้โดยมีความสามารถในการขึ้นรูปได้ดี การหดตัวไม่มากนัก ไม่เกิดแตกร้าว สอดคล้องกับอนุตรา เฉิดเจิม (2553) เนื้อดินมีความละเอียดแน่นและให้สีหลังการเผาเป็นสีน้ำตาล เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการผลิต เซรามิกส์ประเภทครีวเรื้อน ของประดับตกแต่ง รวมถึงการนำมาใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์

5.3 การถ่ายทอดองค์ความรู้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ให้กับชุมชนบ้านช้างปี ไม่เพียงแต่ช่วยสร้างงาน สร้างรายได้ แต่ยังเป็นการยกระดับอัตลักษณ์ของชุมชนให้เป็นที่รู้จักในวงกว้าง ด้วยพลังของการผสมผสานระหว่างภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ บ้านช้างปีสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์/บรรจุภัณฑ์ที่โดดเด่น เป็นที่จดจำ และยั่งยืนในระยะยาว

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการพัฒนาเนื้อดินในอัตราส่วนผสมที่หลากหลายมากขึ้นและควรมีการส่งเสริมการใช้วัสดุอื่น ๆ สำหรับการนำมาผลิตเซรามิกส์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและต่อยอดไปสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในระดับครัวเรือน

6.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน

ผู้ประกอบการชุมชนสามารถนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปต่อยอดด้านการออกแบบ เช่น พัฒนารูปทรง น้ำหนัก และสีสันทนของบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับประเภทสินค้า

เอกสารอ้างอิง

- ธนากร วาสนาเพียรพงศ์ กานต์ เสรีวัลย์สถิต. (2553). *เซรามิกส์ : วัตถุดิบ แหล่งแร่ การผลิต และการใช้งาน*.
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เล็ก อุตตะมะศีล. (2541). *สถานภาพ ปัญหา และแนวทางแก้ไขปัญหาอุตสาหกรรมเซรามิกส์*. โลหะ วัสดุ และแร่.
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา (2547). *สถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย*.
สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อนุตรา เฉิดเจิม. (2553). การพัฒนาเนื้อดินประเภทสโตนแวร์ : พัฒนาเครื่องปั้นดินเผาจังหวัดอุดรดิตถ์.
วารสารเซรามิกส์, 14(33), 74 – 77.

Vaipo Mataora. (2025). *Status of Geodetic Infrastructure in the Pacific Region*.
https://www.fig.net/resources/proceedings/2013/fiji/ppt/ws1a/ws1a_Cook

การพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเพียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหม และรังไหมชุมชนจังหวัดสุรินทร์

ศุภชัย แก้วจันทร์^{1*} สุมณฑา จิระมะกร² ขนิษฐา สิม³ ภาณุวัฒน์ ธรรมเจริญ⁴

วัชร แหวนเงิน⁵ สาวนลินี พงศ์พันธ์พิศุทธิ์⁶

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1* 4 5 6}

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{2 3}

อีเมล : supachai_2518@hotmail.co.th^{1*}

วันที่รับบทความ 30 กรกฎาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 17 ตุลาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 31 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเพียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน และถ่ายทอดเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเพียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ วิจัยดำเนินการโดยเริ่มจากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง รวมถึงจัดเวทีประชาคมเพื่อระบุปัญหาและความต้องการในการออกแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ผลการศึกษาพบปัญหาหลักที่ต้องแก้ไข ได้แก่ ระบบโรงเรือน ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบระบายความชื้น และระบบป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหม ซึ่งนำไปสู่การออกแบบต้นแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเพียร์

ต้นแบบที่ออกแบบมีลักษณะเป็นโรงเรือนแบบปิดโครงสร้างเหล็ก พร้อมประตูบานเลื่อน ช่องระบายอากาศใต้หลังคา ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบระบายความชื้น อุปกรณ์ป้องกันศัตรูพืช ชั้นวางอุปกรณ์ และราวแขวนรังเลี้ยงไหมแบบภูมิปัญญา การประเมินประสิทธิภาพต้นแบบพบว่า โรงเรือนสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่ 27-28 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นภายในโรงเรือนได้ดี ส่งผลให้อัตราการเกิดโรคในหนอนไหม เช่น โรคกะทิ โรคหัวสอ และโรคจากเชื้อราลดลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของหนอนไหมในฤดูร้อน เมื่อเทียบกับโรงเลี้ยงไหมแบบเดิม ทำให้ปริมาณการเลี้ยงหนอนไหมและการผลิตเส้นไหมเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มรายได้ของชุมชน ผลการประเมินความเหมาะสมนอกต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมโดยรวมอยู่ในระดับ ดีมากผลการประเมินการยอมรับและการดูแลรักษาเทคโนโลยี พบว่า ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมส่วนใหญ่ยอมรับเทคโนโลยีในระดับ มากที่สุด (ร้อยละ 91.8)

คำสำคัญ : ควบคุมอุณหภูมิ โรงเลี้ยงหนอนไหม อุปกรณ์ป้องกันศัตรูพืช

Development of Peltier-based Temperature Control Technology for Silkworm Rearing Houses and Community Cocoon Production in Surin Province.

Suphachai Kaeochan^{1*}, Sumonta Jeeramakorn² Kanittha Seema³ Panuwat Tumcharoen⁴
Wutchara Vanngoan⁵ Naline Phruethiphanphisoot⁶
Faculty of Industrial Technology SurindraRajabhat University^{1* 4 5 6}
Research and Development Institute SurindraRajabhat University^{2 3}
E-mail : supachai_2518@hotmail.co.th^{1*}

Received 30 July 2025

Revised 17 October 2025

Accepted 31 October 2025

Abstract

The objective of this research was to develop and transfer Peltier system temperature control technology for community silkworm and cocoon rearing houses at the Ban Pho Kong Silk Women's Group, Choe Pleung Sub-district, Prasat District, Surin Province. The methodology began with interviews with local silkworm and cocoon raisers, including the organization of a community forum to identify problems and needs for the design of the community silkworm and cocoon rearing house. The study findings revealed key problems that needed addressing, namely the housing system, temperature control system, humidity control system, and pest control system for silkworms and cocoons. This led to the design of a prototype Peltier system temperature control technology.

The designed prototype is characterized as a closed-system steel structure house, complete with a sliding door, under-eave vents, a temperature control system, a humidity control system, pest control equipment, shelving, and locally-wise silk rearing racks. Performance evaluation of the prototype showed that the house could maintain the temperature within the optimal range of 27-28 degrees Celsius and effectively control the humidity inside. This resulted in a significant reduction in the incidence of silkworm diseases such as Flacherie, Jaundice, and fungal infections. Furthermore, it helped increase the survival rate of silkworms during the summer season compared to traditional rearing houses, thereby increasing the quantity of silkworm rearing and silk production, which contributed to increased community income. The overall external assessment of the suitability of the prototype silkworm rearing house was at a very good level. The evaluation of technology acceptance and maintenance found that the majority of trainees accepted the technology at the highest level (91.8 percent).

Keywords: Temperature Control, Silkworm Rearing House, Pest Control Equipment"

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตไหมและผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและมีชื่อเสียงมากแห่งหนึ่งของโลก มีแรงงานในอุตสาหกรรมจำนวนมากและในแต่ละปีมีการส่งออกไหมและผลิตภัณฑ์ได้มูลค่ามากกว่าพันล้านบาท และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากข้อมูลของกรมศุลกากร ประมวลผลโดยกลุ่มเศรษฐกิจการตลาด สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ กรมหม่อนไหม พบว่า ปริมาณการนำเข้ารังไหม เส้นไหม ผ้าไหม และผลิตภัณฑ์ไหม (ม.ค.-ธ.ค.2556) เท่ากับ 7,420,109 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่า 1,335,790,987 บาท และปริมาณการส่งออกรังไหม เส้นไหม ผ้าไหม และผลิตภัณฑ์ไหม (ม.ค.-ธ.ค.2556) เท่ากับ 3,321,749 บาท หรือคิดเป็นมูลค่า 873,266,248 บาท โดยปริมาณการนำเข้ามากกว่าปริมาณการส่งออกคิดเป็นร้อยละ 123.38 ซึ่งคิดเป็นปริมาณที่ค่อนข้างมาก อาจจะกล่าวได้ว่าขาดดุลการค้าค่อนข้างมาก หากพิจารณาปริมาณการผลิตไหมหัตถกรรม ปี 2556 ในประเทศไทย พบว่า จำนวนของเกษตรกรผู้เลี้ยงไหมภายในประเทศทั้งหมด 69,157 ราย โดยคิดเป็นพื้นที่ปลูกหม่อนเท่ากับ 40,053 ไร่ และปริมาณเส้นไหมที่สามารถผลิตได้ทั้งประเทศเท่ากับ 290,883 กิโลกรัม ซึ่งปริมาณดังกล่าวยังไม่เพียงพอกับความต้องการของคนในประเทศ และต่างประเทศด้วยเช่นกัน และสำหรับข้อมูลปริมาณการผลิตไหมหัตถกรรม ปี 2556 ในจังหวัดสุรินทร์ จากข้อมูลของกรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่า จังหวัดสุรินทร์ถือเป็นจังหวัดอันดับต้นของประเทศที่มีปริมาณการผลิตไหมหัตถกรรมค่อนข้างสูง มีปริมาณเส้นไหมที่ผลิตได้เท่ากับ 52,914 กิโลกรัม โดยมีจำนวนเกษตรกรทั้งจังหวัดเท่ากับ 10,198 รายในทุกอำเภอของจังหวัด และมีพื้นที่ในการปลูกหม่อนเท่ากับ 5,611 ไร่ โดยปริมาณเส้นไหมที่ผลิตได้คิดเป็นร้อยละ 18.19 ของปริมาณการผลิตเส้นไหมได้ทั้งประเทศ (โรงเรียนเลี้ยงไหมประสิทธิภาพสูงที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบควบคุม, 2563)

การเลี้ยงไหมต้องใช้ทั้งศาสตร์และศิลป์ ใครก็ตามที่เลี้ยงไหมได้ดี จะเห็นว่าบุคคลนั้นต้องเป็นคนช่างสังเกต เอาใจใส่ทุกขั้นตอนของการเลี้ยง ตลอดอายุของหนอนไหม เพื่อให้เข้าใจถึงความต้องการของหนอนไหมในแต่ละวัย ในแต่ละวัน ในแต่ละเวลา ไม่ได้เลี้ยงไหมตามความเคยชิน เนื่องจากไหมแต่ละพันธุ์ ภูมิอากาศแต่ละแห่ง ก็ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการช่างสังเกต จึงเป็นสิ่งสำคัญของการเลี้ยงไหมให้ประสบผลสำเร็จ ด้วยการปรับเทคนิคและวิธีการเลี้ยง ให้เหมาะสมกับไหมแต่ละพันธุ์ แต่ละพื้นที่และแต่ละสภาพแวดล้อม อุณหภูมิและความชื้นที่หนอนไหมต้องการในแต่ละวัย การเลี้ยงไหมแรกฟัก ต้องเลี้ยงไหมที่อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 27-28 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ที่ 80-90 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงไหมวัยอ่อน มีความสำคัญถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เชื่อมโยงไปถึงความสำเร็จของการเลี้ยงไหม คือ วัย 1 วัย 2 ต้องเลี้ยงไหมที่อุณหภูมิ 26-28 องศาเซลเซียส และมีความชื้น 90 เปอร์เซ็นต์ วัย 3 ต้องเลี้ยงไหมที่อุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส และมีความชื้น 80-85 เปอร์เซ็นต์ แต่ช่วงไหมนอนให้มีความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่า การเลี้ยงไหมวัยแก่ ซึ่งเป็นวัยที่จะสร้างสารไหมที่ต่อมไหม ซึ่งการเลี้ยงไหมที่ดีจะทำให้ได้ผลผลิตที่สูงสุด วัย 4 ต้องเลี้ยงไหมที่อุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส และมีความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์ วัย 5 ต้องเลี้ยงไหมที่อุณหภูมิ 21-25 องศาเซลเซียส และมีความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์

ในรอบปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2553-2554) อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยในพื้นที่การเลี้ยงไหมหลายจังหวัด พบว่า

1. ช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคม-พฤษภาคม) จะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-40 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 35 องศาเซลเซียส ความชื้นอยู่ในช่วง 35-90 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 43 เปอร์เซ็นต์

ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข หนอนไหมมักจะจะเป็นโรคหัวสองและลอกคราบไม่ออก ทำให้ตายได้ จำเป็นต้องลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นภายในโรงเลี้ยงไหมและให้ใบหม่อนที่เปียกน้ำได้ กรณีที่อุณหภูมิในโรงเลี้ยงสูง แต่ความชื้นต่ำกว่าที่ไหมต้องการ ขอแนะนำให้อาศัยเทคนิคการลดความร้อน โดยใช้ผ้าเปียกคลุมกองไหมเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส พร้อมกับเพิ่มความชื้นโดยรดน้ำที่พื้นโรงเลี้ยงไหม และใช้ผ้าชุบน้ำแล้วขึงเป็นผ้าม่าน

2. ช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายน-กันยายน) อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-38 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส ความชื้นอยู่ในช่วง 85-99 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 88 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่าสูงทั้งอุณหภูมิและความชื้น

ปัญหาที่พบและการแก้ไข หนอนไหมเสี่ยงต่อการเกิดโรค หนอนไหมมีโอกาสเป็นโรค เช่นโรคกะทิ โรคหัวสอง และโรคที่เกิดจากเชื้อรา จำเป็นต้องลดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเลี้ยงไหม ด้วยการเปิดพัดลมให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ขอให้สังเกตว่าถ้าอุณหภูมิสูง และความชื้นสูงกว่าที่ไหมต้องการ ต้องใช้เทคนิคลดความร้อน เพิ่มการถ่ายเทอากาศ จะลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคของหนอนไหม หนอนจะรู้สึกสบาย

3. ช่วงปลายฝน-ต้นหนาว (เดือนตุลาคม-พฤศจิกายน) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-35 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ความชื้นอยู่ในช่วง 60-92 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 76 เปอร์เซ็นต์

ปัญหาที่พบและการแก้ไข ในช่วงนี้เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเลี้ยงไหมมาก อุณหภูมิและความชื้นก็ไม่สูงหรือต่ำเกินไป หนอนไหมชอบ ขอให้มีการโรยปูนขาว และสารป้องกันกำจัดเชื้อราตามปกติ

4. ช่วงฤดูหนาว(เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์) อุณหภูมิอยู่ในช่วง10-28 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 19 องศาเซลเซียส ความชื้นอยู่ในช่วง 40-92 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ และอากาศค่อนข้างเย็น

ปัญหาที่พบและการแก้ไข หนอนไหมที่ต้องผจญภัยอากาศหนาวเย็น และความชื้นต่ำต้องใช้เวลาเลี้ยงนานกว่าปกติ แลเสี่ยงต่อการเกิดโรค ทั้งโรคกะทิและโรคที่เกิดจากเชื้อรา จำเป็นต้องใช้แผ่นพลาสติกคลุมหนอนไหมบนชั้นเลี้ยง และเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเลี้ยงไหมด้วยเตาถ่านหรือเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (ตามกำลังทรัพย์) เพื่อให้อุณหภูมิภายในโรงเลี้ยงไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส หนอนไหมจะได้ไม่หนาวจนจับไข้

จากการลงพื้นที่สำรวจ กลุ่มผู้ผลิตเส้นไหมและทอผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์ มีกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านโพธิ์ทอง หมู่ 3 ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอบราสาท จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2549 โดยเปิดเป็นศูนย์กลางเรียนรู้ชุมชน โดยมี นางบุญจันทร์ จำนงเพียรเป็นประธานกลุ่ม และเป็นผู้ประสานงานระหว่างกลุ่มผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม และกลุ่มทอผ้าไหม ที่อยู่ในพื้นที่ตำบลเชื้อเพลิง ผ้าไหมบ้านโพธิ์ทองได้รับยกย่องว่าโดดเด่นสวยงาม จากความกลมกลืนของลวดลายสีสัน ที่มาจากสีย้อมที่มีในธรรมชาติ และการคงเทคนิคการทอแบบโบราณ ลวดลายตามขวางที่เกิดจากการใช้ไหมควบสองสี ทอให้เด่นอยู่บนสีพื้นผ้านุ่ง เป็นลักษณะเฉพาะของลายอันลุ่มลึก 1 ใน 6 ลายพื้นฐานที่ชาวบ้านโพธิ์ทอง จ.สุรินทร์ ร่วมกันฟื้นฟูเมื่อกว่า 10 ปีที่แล้ว ไม่เพียงรักษาเทคนิคช่างทอโบราณ แต่ยังนำลวดลายต่าง ๆ อย่างอัมปรม ลายสมอ และลายโฮล ต้นแบบลายผ้าของชาวเขมรถิ่นไทย มาประยุกต์ลงบนผ้าไหมมัดหมี่ผ้าทอพื้นเมืองที่พื้นฟูมาสู่การพัฒนาอาชีพ จนได้ “รับรางวัลชุมชนดีเด่นด้านการส่งเสริม และรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม โดยกระทรวงวัฒนธรรม” ได้รับ “มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผ้าไหม OTOP 4 ดาว” และยังคงมีการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมพื้นเมืองกันจำนวนมากเพื่อรักษาภูมิปัญญา และสายพันธุ์พื้นเมืองไว้เนื่องจากไหมพื้นเมืองจะมีความเหนียวนุ่มและมันวาว เมื่อทอผ้าไหมแล้วจะมีความนุ่มสวยงามมันวาวมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แต่ก็ยังประสบปัญหาในการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมพื้นเมืองเนื่องจากเกิดภาวะแห้งแล้งอากาศก็ร้อน แดดบางวัน มีทั้งหนาว ทั้งร้อน และฝนตก ในวันเดียวกัน ส่งผลให้หนอนไหมที่เลี้ยง ไม่แข็งแรงเจริญเติบโตได้ช้า ไม่สามารถสร้างเส้นใย สร้างรังไหมได้ไม่ดี จากประเด็นปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน เพื่อเป็นการปรับสภาพแวดล้อมที่เปรียบเสมือนบ้านของหนอนไหม ให้เหมาะสมกับความต้องการของหนอนไหมเพื่อให้เขาได้อยู่สบายกินใบหม่อนที่สมบูรณ์อย่างมีความสุขซึ่งจะส่งผลให้ หนอนไหมสามารถผลิตเส้นใยไหมที่มีคุณภาพและได้ปริมาณมากขึ้น และเป็นการนำเทคโนโลยีมาช่วยกลุ่มผู้ผลิตเส้นไหมและทอผ้าไหมให้สามารถเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมได้มากขึ้น เพื่อพัฒนาอาชีพให้เกิดสัมมาชีพชุมชนเพื่อสร้างรายได้ที่ส่งผลให้เศรษฐกิจฐานรากเติบโตไปได้อย่างมีคุณภาพ ขับเคลื่อนการสร้างงานและคุณภาพชีวิตที่ดีให้คนในชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

2.2 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชนจังหวัดสุรินทร์ คณะผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและรายละเอียดตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1

กิจกรรมการจัดประชุมประเมินความรู้กลุ่มเป้าหมายเพื่อสรุปหาแนวทางการออกแบบและถ่ายทอดบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ได้แก่

1. ข้อมูลเกี่ยวกับการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง วิธีการเลี้ยงแบบภูมิปัญญาที่กลุ่มเลี้ยงกันอยู่ในปัจจุบัน กำหนดผู้ให้ข้อมูลสำคัญจำนวน 50 คน ได้จากการเลือกแบบมีวัตถุประสงค์ ได้แก่ กลุ่มผู้เลี้ยงไหมและผลิตเส้นไหมเพื่อทอผ้าไหมจำหน่าย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 การสัมภาษณ์การเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง วิธีการเลี้ยงแบบภูมิปัญญานบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ด้วยแบบสัมภาษณ์ที่ไม่มีโครงสร้าง ครอบคลุมการศึกษ้อัตลักษณ์ตามแนวคิดวิธีเรียนรู้ที่ทำให้ทราบถึงความแตกต่าง

3.1.2 การจัดเวทีประชาคมเพื่อออกแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กิจกรรมทางเลือกที่ใช้เทคโนโลยีเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์ มาเสริมศักยภาพกิจกรรมการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง บ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยพิจารณาจากความพร้อมของกลุ่มโดยพิจารณาว่ากิจกรรมการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง ในมิติ 1) กิจกรรมการเลี้ยงแบบเหมือนธรรมชาติ 2) กิจกรรมการเลี้ยงแบบควบคุมสภาวะอากาศ

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์เพื่อการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง วิธีการเลี้ยงแบบภูมิปัญญา บ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ใช้การวิเคราะห์อุปนัยและนำเสนอตามวิธีเรียนรู้ที่ทำให้ทราบถึงความแตกต่าง

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมประชาคมเพื่อออกแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กิจกรรมทางเลือกที่ใช้เทคโนโลยีเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์ มาเสริมศักยภาพกิจกรรมการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง

ระยะที่ 2

กิจกรรมการออกแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ซึ่งประกอบไปด้วย โรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหม ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบระบายความชื้น ระบบป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหม



รูปที่ 1 แบบภาพต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

ระยะที่ 3

กิจกรรมถ่ายทอดการใช้เทคโนโลยีการดูแลรักษาและการบำรุงรักษาเทคโนโลยีพื้นที่ดำเนินการ ได้เลือกพื้นที่ในถ่ายทอดเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 50 คน

การบูรณาการทำงานร่วมกับหน่วยงานในพื้นที่ เช่นองค์การบริหารส่วนตำบล นักพัฒนาชุมชน ผู้ใหญ่บ้าน ประธานเครือข่ายประธานกลุ่มอาชีพต่าง ๆ ในชุมชน ร่วมวางแผนประสานงานร่วมกันขอความร่วมมือในพื้นที่ จัดประชุมประเมินความรู้ด้านเทคโนโลยีของชาวบ้าน และหาหรือหาแนวทางถ่ายทอดองค์ความรู้กำหนดขั้นตอนและระยะเวลาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

3.3 ขั้นตอนการวางแผน

ทบทวนหน่วยเรียนรู้และวัตถุประสงค์ ในการจัดทำร่างคู่มือการจัดการความรู้และเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ดังนี้

- จุดมุ่งหมายของการพัฒนาเทคโนโลยี
- ประโยชน์ของการพัฒนาเทคโนโลยี
- ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี
- หลักการการออกแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหม
- ส่วนประกอบที่ของเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหม
- ขั้นตอนการใช้งาน/บำรุงรักษา
- ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหม

3.4 การประเมินผล

ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ทำการประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีของกลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ที่มีเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ว่ามีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ มีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการตอบแบบประเมินความรู้ความเข้าใจ อยู่ในระดับมาก คือ 3.50 ขึ้นไป จะถือว่าการถ่ายทอดเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชนมีประสิทธิภาพ โดยวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean :) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นตามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้วิธีการอิงเกณฑ์

ระยะที่ 4

กิจกรรมติดตามและประเมินการถ่ายทอดการใช้เทคโนโลยีและการดูแลรักษาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินความรู้ 2 ด้าน 1) ด้านความรู้ตนเอง 2) ด้านการยอมรับเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน โดยใช้แบบประเมินความรู้และทักษะที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุมมิติของคุณลักษณะของเทคโนโลยี และคุณภาพของการทำงานของเทคโนโลยี ประเด็น 1) โรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหม 2) ระบบควบคุมอุณหภูมิ 3) ระบบระบายความชื้น 4) ระบบป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหมซึ่งมีความตรงตามเนื้อหา โดยวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean : $\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นตามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้วิธีการอิงเกณฑ์

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 1

ผลการสรุปหาแนวทางการออกแบบและถ่ายทอดเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหม และรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์



รูปที่ 2 การสัมภาษณ์การจัดเวทีประชาคมเพื่อออกแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชนบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์

สรุปหาแนวทางการออกแบบและถ่ายทอดเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์ จากการการสัมภาษณ์การเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง วิธีการเลี้ยงแบบภูมิปัญญาบ้าน และจากการจัดเวทีประชาคมเพื่อออกแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กิจกรรมทางเลือกที่ใช้เทคโนโลยีเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์ มาเสริมศักยภาพกิจกรรมการเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมสายพันธุ์พื้นเมือง ได้พบสรุปปัญหาในการเลี้ยงประกอบไปด้วย โรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหม ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบระบายความชื้น ระบบป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหม และได้นำข้อสรุปนี้ไปเป็นแนวทางในการออกแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ในกิจกรรมระยะที่ 2 ต่อไป

4.2 ผลการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 2

ผลการออกแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน มีลักษณะเป็นโรงเรือนแบบปิด โครงสร้างเป็นเหล็ก สามารถเปิดปิดประตูแบบบานเลื่อน ได้หลังคามีช่องระบายอากาศ มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบระบายความชื้น มีอุปกรณ์ป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหม มีชั้นวางอุปกรณ์การเลี้ยง และราวแขวนรังเลี้ยงสำหรับเลี้ยงแบบภูมิปัญญา



รูปที่ 3 โครงสร้างต้นแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

4.3 ผลการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 3

4.3.1 ผลประสิทธิภาพต้นแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

สรุปผลประสิทธิภาพต้นแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โรงเรือนเลี้ยงตัวหนอนไหมประสิทธิภาพสูงที่มีการควบคุมอุณหภูมิจากชุดควบคุมอุณหภูมิระบบ เพเวเทียร์ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 27-28 องศาเซลเซียส และความชื้นภายในโรงเรือนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไหมทั้ง 5 วัย ลดอัตราการเกิดโรคหนอนไหมมีโอกาสเป็นโรค เช่น โรคคะทิ โรคหัวส่อ และโรคที่เกิดจากเชื้อราได้ดี เนื่องจากสามารถลดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเลี้ยงไหม ด้วยการเปิดพัดลมให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก มีระบบป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหมโดยการติดมุ้งลวด พร้อมชั้นวางอุปกรณ์การเลี้ยง มีราวแขวนรังเลี้ยงแบบภูมิปัญญา และสามารถเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของตัวหนอนไหมในฤดูกาลที่มีอุณหภูมิสูง เปรียบเทียบกับโรงเลี้ยงไหมที่มีการใช้ยูเด็ม ส่งผลทำให้ปริมาณการเลี้ยงหนอนไหม และการผลิตเส้นไหมเพิ่มสูงมากขึ้น ก่อให้เกิดรายได้เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน



รูปที่ 4 การเลี้ยงตัวหนอนไหมช่วงวัยที่ 1



รูปที่ 5 การเลี้ยงตัวหนอนไหมช่วงวัยที่ 2-5

4.3.2 ผลการประเมินต้นแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพเวเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

ตารางที่ 1 การประเมินความเหมาะสมของภายนอกต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

ภายนอกต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ความเหมาะสมของโครงสร้าง ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.50	0.52	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของหลังคา ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.67	0.58	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของชุดประตูบานเลื่อน ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.62	0.51	ดีมาก
4. ความเหมาะสมของชุดควบคุมระบบเพเวเทียร์ ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.69	0.77	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของการตกแต่งภายนอก ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.83	0.29	ดีมาก
รวม	4.66	0.53	ดีมาก

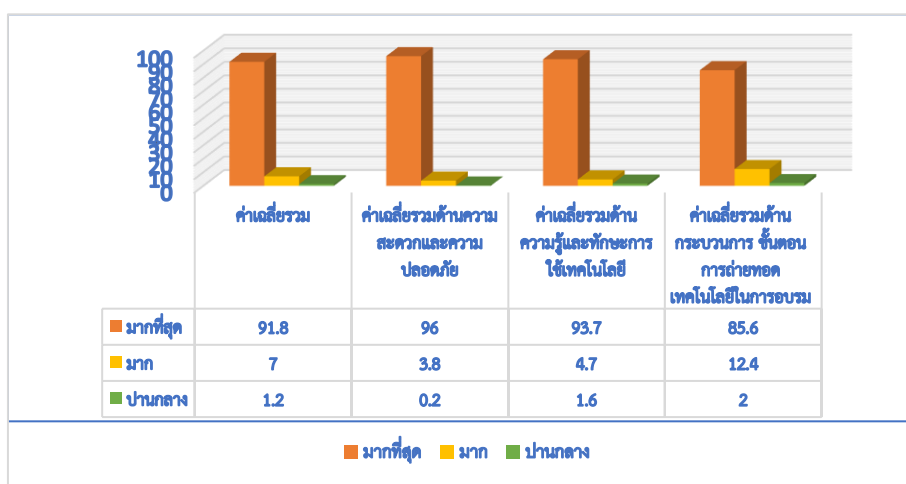
จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของภายนอกต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน โดยรวมอยู่ในระดับ ดีมาก ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.53) จำแนกเป็นรายข้อพบว่า ความเหมาะสมของภายนอกต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ได้ในระดับ ดีมากทุกข้อ โดยเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังนี้ 1) ความเหมาะสมของการตกแต่งภายนอก ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.83$, S.D. = 0.29) 2) ความเหมาะสมของชุดควบคุมระบบเพเวเทียร์ ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.69$, S.D.=0.77) 3) ความเหมาะสมของหลังคา ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.67$, S.D.=0.58) 4) ความเหมาะสมของชุดประตูบานเลื่อน ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.62$, S.D.=0.51) 5) ความเหมาะสมของโครงสร้าง ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.50$, S.D.=0.52) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมอุปกรณ์ภายในต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน

ภายนอกต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ความเหมาะสมของระบบควบคุมอุณหภูมิ ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของระบบระบายความชื้น ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.67	0.58	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของอุปกรณ์ป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหม ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.17	0.29	ดี
4. ความเหมาะสมของชั้นวางอุปกรณ์การเลี้ยง และราวแขวนรังเลี้ยงสำหรับเลี้ยงแบบภูมิปัญญา ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	5.00	0.00	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของการตกแต่งภายใน ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน	4.83	0.29	ดีมาก
รวม	4.67	0.35	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมอุปกรณ์ภายในต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน โดยรวมอยู่ในระดับ ดีมาก ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.35) จำแนกเป็นรายข้อพบว่า ความเหมาะสมของภายในต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ได้ในระดับ ดีมาก 4 ข้อ และ ระดับ ดี 1 ข้อ โดยเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังนี้ 1) ความเหมาะสมของชิ้นวางอุปกรณ์การเลี้ยง และราวแขวนรังเลี้ยงสำหรับเลี้ยงแบบภูมิปัญญา ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) 2) ความเหมาะสมของการตกแต่งภายในต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.83$, S.D.=0.29) 3) ความเหมาะสมของระบบควบคุมอุณหภูมิต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.67$, S.D.=0.58) 4) ความเหมาะสมของระบบระบายความชื้น ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.62$, S.D.=0.51) 5) ความเหมาะสมของอุปกรณ์ป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหม ต้นแบบโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน ($\bar{X} = 4.17$, S.D.=0.29) ตามลำดับ

4.4 ผลการดำเนินการวิจัย ระยะที่ 4



แผนภูมิที่ 1 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและการดูแลรักษาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพอเทียร์ สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

จากแผนภูมิที่ 1 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและการดูแลรักษาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพอเทียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้าน โพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ พบว่า ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมยอมรับเทคโนโลยี โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย อยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 91.8 ลำดับต่อมา อยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 7.0 และลำดับต่อมาอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 1.2 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาภาพรวมรายด้าน พบว่า (ด้านความสะดวกและความปลอดภัย) มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 96.0 ลำดับต่อมาอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 3.8 ลำดับต่อมาอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 0.2 (ด้านความรู้และทักษะการใช้เทคโนโลยี) มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 93.7 ลำดับต่อมาอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 4.7 ลำดับต่อมาอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 1.6 (ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการอบรม) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 85.6 ลำดับต่อมาอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 12.4 ลำดับต่อมาอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 2.0 ตามลำดับ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

สรุปผลประสิทธิภาพต้นแบบเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชน กลุ่มสตรีผ้าไหมบ้านโพธิ์ทอง ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โรงเรือนเลี้ยงตัวหนอนไหมประสิทธิภาพสูงที่มีการควบคุมอุณหภูมิจากชุดควบคุมอุณหภูมิระบบ เพาเวียร์ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 27-28 องศาเซลเซียส และความชื้นภายในโรงเรือนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไหมทั้ง 5 วัย ลดอัตราการเกิดโรคหนอนไหมมีโอกาสเป็นโรค เช่น โรคกะทิ โรคหัวสอง และโรคที่เกิดจากเชื้อราได้ดี เนื่องจากสามารถลดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเลี้ยงไหม ด้วยการเปิดพัดลมให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก มีระบบป้องกันศัตรูหนอนไหมและรังไหม พร้อมชั้นวางอุปกรณ์การเลี้ยง มีราวแขวนรังเลี้ยงแบบภูมิปัญญา และสามารถเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของตัวหนอนไหมในฤดูกาลที่มีอุณหภูมิสูง เปรียบเทียบกับโรงเลี้ยงไหมที่มีการใช้อยู่เดิม ส่งผลทำให้ปริมาณการผลิตเส้นไหม และผ้าไหมเพิ่มสูงมากขึ้น ก่อให้เกิดผลกำไรเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับ ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์ และคณะ (2566) การควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้สภาพแวดล้อมมีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไหมเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหนอนไหมทุกช่วงวัย เกษตรกรผู้เลี้ยงไหมสามารถควบคุมคุณภาพของผลผลิต การทดลองในโรงเลี้ยงหนอนไหมวัยอ่อน โดยห้องมีขนาด 3 x 4 เมตร ผลการทดสอบความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการใช้งาน พบว่าในส่วนของอุณหภูมิหน่วยเป็น °C มีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยเปรียบเทียบกับเซนเซอร์ของเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของบริษัท NECTEC รุ่น NEB6500 มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 3.93% และในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ย 69.43 RH (Relative Humidity) มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 1.62% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่สูงมากนัก ในด้านต้นทุนโดยประมาณในการพัฒนาเครื่องต้นแบบ เท่ากับ 500 บาท มีราคาต่ำกว่าเซนเซอร์ที่วัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น หากนำงานวิจัยนี้ไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมาก

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรศึกษาระบบป้องกันศัตรูของการเลี้ยงหนอนไหมที่สามารถป้องกันได้อย่างแม่นยำเพราะตอนเปิดประตูไปให้อาหารหนอนไหมแมลงยังสามารถเข้ามาได้

6.2 ควรศึกษาวิธีการเลี้ยงหรืออุปกรณ์การเลี้ยงที่สามารถจัดการมูลหนอนไหมและเศษใบหม่อนที่เหลือให้อุปกรณ์การเลี้ยงสะอาดอยู่เสมอ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิระบบเพาเวียร์สำหรับโรงเลี้ยงหนอนไหมและรังไหมชุมชนจังหวัดสุรินทร์ ในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เพราะได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และความร่วมมือให้คำชี้แนะข้อมูลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านโพธิ์ทอง หมู่ 3 ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยเฉพาะ นางบุญจันทร์ จานงเพียรเป็นประธานกลุ่ม และแม่บ้านเกษตรกรบ้านโพธิ์ทอง หมู่ 3 ตำบลเชื้อเพลิง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในเรื่องสถานที่อบรมและประสานงานกับชุมชนให้เป็นอย่างดี คณะผู้วิจัยจึง ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้



เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2563). โรงเรือนเลี้ยงไหมประสิทธิภาพสูงที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบควบคุม. <https://createc.mhesi.go.th > node/>.
- กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2562). ขั้นตอนการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม. สื่อการเรียนรู้ออนไลน์ภูมิปัญญาผ้าไหมไทย. http://www.qsds.go.th/monmai/cloth_process.php?cloth_id=4&process_id=44.
- กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2562). วงจรชีวิตของตัวไหม. <http://www.thaingo.org/>
- กาญจนาพร พันธิรัตน์ และคณะ. (2561). การจัดการการปลูกหม่อนและการเลี้ยงไหมแบบตัดถักรวมของเกษตรกรจังหวัดหนองบัวลำภู. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เกศินี ปายะนันท์. (2540). ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม ของเกษตรกรแผนใหม่ระดับฟาร์ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร.
- ชานนท์ บุณท์ และคณะ. (2558). การวิจัยและพัฒนาเครื่องเตรียมเส้นไหมเพื่อมัดหมี่. ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- ไชยยงค์ สำราญถิ่น. (2554). ไหมพันธุ์ไทย: ข้อมูลบางประการของไหมพันธุ์ไทย. <http://www.thaikasetsart.com>.
- ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์ และคณะ. (2566). การพัฒนาเครื่องบันทึกเพื่อตรวจติดตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเลี้ยงไหมพันธุ์พื้นบ้าน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 8(2), 39-48.
- นิชานันท์ คงทวี และคณะ. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลี้ยงไหมของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น. ภาควิชาส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปิยวัฒน์ ทัพสนิธิ. (2562). แผ่นเพาเวอร์ทำความเย็นได้ด้วยตัวเองโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอก คณะวิทยาศาสตร์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (วิทยาเขตระยอง).
- ราตรี สิทธิพงษ์ และคณะ. (2558). การจัดการความรู้ของเกษตรกรที่ทำการปลูกหม่อน เลี้ยงไหม ตำบลหินดาด อำเภอปางศิลาทอง จังหวัดกำแพงเพชร. คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- รัตติกานต์ วิบูลย์พานิช. (2560). การออกแบบตัวต้นแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมความสะดวกสบายให้กับผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง. มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ.
- วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และคณะ. (2538). การสร้างและออกแบบเครื่องท่อนกกล้วย. การออกแบบเครื่องมือกล เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดดูเคชั่น (มหาชน)

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

กอรวิ ศิริโกการิมย์^{1*} สจิวรรณ ปราชญ์ศรี²

สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี^{1,2}

อีเมล : korawee.s@lawasri.tru.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 21 สิงหาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 7 ตุลาคม 2568

วันที่รับบทความ 14 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลใช้หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ กลุ่มผู้ผลิตผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 7 กลุ่ม โดยเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่าในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลสามารถนำเสนอลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี สามารถช่วยให้กลุ่มผู้ผลิตได้จัดเก็บข้อมูลลวดลายผ้าที่ได้ผลิตขึ้นอย่างเป็นระบบผ่านการนำเสนอข้อมูลบนเว็บไซต์ 2) การประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยการประเมินผลตามแบบลิเคิร์ต (Likert scale) พบว่า การประเมินประสิทธิภาพของระบบอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 (S.D. = 0.60) และ 3) การประเมินผลด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ จำนวน 30 คน พบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 (S.D.=0.71)

คำสำคัญ : ระบบฐานข้อมูล ลวดลายผ้าทอมัดหมี่ ผ้าทอลพบุรี ผ้ามัดหมี่



Developing the database of Mudmee Silk Patterns in Lopburi Province

Korawee Siripokhapirom^{1*}, Sajeewan Pratsri²

A Digital Technology Program, Faculty of Information Technology,
Thepsatri Rajabaht University^{1*2}

Received 21 August 2025

Revised 7 October 2025

Accepted 14 October 2025

Abstract

The purposes of the research were to 1) develop a database system for Mudmee silk patterns in Lopburi Province, 2) evaluate the system's performance, and (3) assess user satisfaction with the database system. The system was developed based on the System Development Life Cycle (SDLC) approach. The target population consisted of Mudmee silk producers in Lopburi Province, and the sample comprised seven selected groups, chosen using purposive sampling. The research instruments included 1) the developed Mudmee silk pattern database system, 2) a system performance evaluation form, and 3) a user satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean and standard deviation.

The research findings revealed that: 1) the developed database system effectively presented and stored Mudmee silk patterns in a structured format through a web-based platform, assisting producers in managing their designs systematically; 2) the system performance, evaluated by experts using a Likert scale, was rated at a high level with an average score of 4.42 (S.D. = 0.60); and 3) user satisfaction, assessed from 30 participants, was also at a high level, with an average score of 4.01 (S.D. = 0.71)

Keywords : Database System, Mudmee Silk Patterns, Lopburi Woven Fabric, Mudmee Silk

1. บทนำ

ผ้าทอมัดหมี่เป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมพื้นบ้านที่สะท้อนวิถีชีวิต เอกลักษณ์ทางวัฒนธรรม และอารยธรรมของชุมชนท้องถิ่นในจังหวัดลพบุรี ซึ่งได้รับการสืบทอดมาจากบรรพบุรุษชาวไทยพวนที่อพยพมาจากแขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (พรสวรรค์ แสงจันทร์, 2564) ภูมิปัญญาการทอผ้าถูกถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นทั้งในด้านเทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะการนุ่งห่มที่สะท้อนสนิยมและคตินิยมของชาวไทยพวนในพื้นที่บ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี (ทิพวัลย์ คำคง, 2537) ลวดลายและสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนผืนผ้ามัดหมี่ ไม่เพียงแต่เป็นองค์ประกอบเชิงศิลปะเท่านั้น แต่ยังแฝงไว้ด้วยความเชื่อ ขนบธรรมเนียมประเพณี และวิถีชีวิตของชาวบ้านในท้องถิ่นอีกด้วย องค์ประกอบเหล่านี้สะท้อนให้เห็นอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมเฉพาะถิ่นได้อย่างเด่นชัด (กาสั๊ก เต๊ะซันหมาก, 2553) ด้วยเหตุนี้ ผ้าทอมัดหมี่จึงเปรียบเสมือนกระจกเงาทางวัฒนธรรมที่สะท้อนภาพอารยธรรม วิถีชีวิต และความเป็นตัวแทนของท้องถิ่นได้อย่างลึกซึ้ง

ลวดลายของผ้าทอมัดหมี่ลพบุรีมีความหลากหลายและเป็นเอกลักษณ์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีกลุ่มชาวบ้านรวมตัวกันเป็นกลุ่มผู้ผลิต หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อสร้างสรรค์และพัฒนาลวดลายผ้าทอมัดหมี่ให้เป็นที่นิยมและเอกลักษณ์ประจำท้องถิ่นในแต่ละอำเภอในจังหวัดลพบุรี โดยการสร้างลวดลายและย้อมสีเส้นไหมก่อนนำไปทอเป็นผืนผ้า ลวดลายที่เกิดขึ้นจากการซึมของสีไปตามส่วนของเส้นไหมส่วนที่ไม่ถูกมัดขณะย้อมสีหรือโอบหุ้ม ลวดลายส่วนใหญ่เป็นลวดลายที่สืบทอดกันมาแต่โบราณ เป็นลวดลายที่มาจากวิถีชีวิต ธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม ขนบธรรมเนียมประเพณี และความเชื่อ (กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556) ได้แก่ ลายดอกแก้ว ลายนาค (สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดลพบุรี, 2564) ความประณีตในกระบวนการผลิต ตั้งแต่การย้อมด้าย การมัดลวดลาย ไปจนถึงการทอด้วยกี่พื้นบ้าน ในปัจจุบันการพัฒนาลวดลายผ้าทอมัดหมี่ยังได้รับการส่งเสริมและ ต่อยอดต่อไป

ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี โดยเฉพาะอำเภอบ้านหมี่ ได้รับการยอมรับว่าเป็นแหล่งผลิตผ้าทอมัดหมี่ที่มีคุณภาพและมีชื่อเสียงมาอย่างยาวนาน ชาวบ้านได้นำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาสืบสานและพัฒนาต่อยอดอย่างต่อเนื่อง จนกลายเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญในด้านเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการส่งเสริมเศรษฐกิจฐานรากผ่านกลุ่มวิสาหกิจชุมชน อันเป็นช่องทางในการสร้างรายได้ให้แก่คนในพื้นที่ (วรรณวิไล โกษะโยธิน, 2566) ความโดดเด่นของผ้ามัดหมี่จากลพบุรีอยู่ที่ “เทคนิคการย้อมสีเส้นไหมก่อนการทอ” ซึ่งต้องอาศัยทั้งความชำนาญและความละเอียดอ่อนในทุกขั้นตอน จังหวัดลพบุรีได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริมการผลิตผ้าทอมัดหมี่ให้คงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยเฉพาะการทอผ้าเป็นลาย “ดอกพิกุล” ซึ่งเป็นดอกไม้ประจำจังหวัด โดยใช้สีน้ำเงินเป็นสีพื้นและสีม่วงแดงเป็นสีของดอกพิกุล นอกจากนี้ ยังมีการจัดงาน “ประกวดสุดยอดผ้าจังหวัดลพบุรี ประจำปี 2567” เพื่อส่งเสริมคุณค่าของงานหัตถกรรมภูมิปัญญาไทย ตัวอย่างเช่น รางวัลผ้ามัดหมี่จากเส้นใยและสีธรรมชาติดีเด่น ได้แก่ “ผ้ามัดหมี่ลายดอกกรักราชกัญญา” โดยนางวันทนา สุขสุแพทย์ อำเภโคกเจริญ และรางวัลผ้ามัดหมี่ประยุกต์ดีเด่น (ผ้าจากเส้นใยและสรีวิทยาศาสตร์) ได้แก่ “ผ้ามัดหมี่ลายขอนารี” โดยนางสาวศิริรัตน์ เสรีวัฒนารัตน์ (สีแซ่พรรณ) อำเภอบ้านหมี่ (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดลพบุรี, 2567) จึงสะท้อนให้เห็นว่า จังหวัดลพบุรีให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ และพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งผลักดันการสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านนวัตกรรม การออกแบบ และการยกระดับผ้ามัดหมี่ ส่งเสริมให้เกิดการใช้ประโยชน์กลายเป็น Soft Power ที่สามารถขยายสู่เวทีระดับโลกได้ (กระทรวงวัฒนธรรม, 2565)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี โดยขอความร่วมมือจากกลุ่มผู้ผลิตผ้าทอมัดหมี่ เพื่อรวบรวมลวดลายผ้ามัดหมี่ที่ได้สร้างสรรค์ขึ้น หรือผลิตเพื่อจัดจำหน่าย พร้อมเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถเข้าถึงและสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็วผ่านทางเว็บไซต์

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี
- 2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

3. วิธีการวิจัย

3.1 กลุ่มเป้าหมาย

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ กลุ่มผู้ผลิตผ้าทอมัดหมี่ หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผ้าทอมัดหมี่ ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 10 กลุ่ม

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา โดยเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 7 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ผลิตผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี ในพื้นที่อำเภอบ้านหมี่ จำนวน 3 กลุ่ม พื้นที่อำเภอโคกเจริญ จำนวน 2 กลุ่ม พื้นที่อำเภอสระโบสถ์ จำนวน 1 กลุ่ม และพื้นที่อำเภอหนองม่วง จำนวน 1 กลุ่ม

3.2 เครื่องมือการวิจัย

3.2.1 ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

3.2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี เป็นแบบสอบถาม แบบมาตราส่วน 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่น 0.73

3.2.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่น 0.71

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ให้ระบุขั้นตอน หรือระยะที่ดำเนินการวิจัยเป็นข้อ ๆ ตามลำดับการวิจัย

ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี ใช้หลักการวงจรการพัฒนาที่เรียกว่า System Development Life Cycle (SDLC) (วิวัฒน์ พัฒนา, 2553) มีวิธีดำเนินการต่อไปนี้

3.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ (Requirement Analysis)

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับการทอผ้ามัดหมี่ในพื้นที่จังหวัดลพบุรีและลงพื้นที่เก็บข้อมูลของลวดลายผ้าทอมัดหมี่ในพื้นที่เป้าหมาย จำนวน 7 กลุ่ม โดยการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ เพื่อขอเก็บข้อมูล ความเป็นมาของลวดลาย เอกสิทธิ์ของกลุ่มผู้ผลิต กระบวนการมัดย้อมเส้นด้ายให้เกิดสี การออกแบบลวดลาย และข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นในการจัดทำระบบฐานข้อมูล ซึ่งในการสัมภาษณ์และลงพื้นที่ พบว่า กลุ่มผู้ประกอบการ/กลุ่มผู้ผลิตผ้าทอมัดหมี่ จะไม่ได้มีการเก็บข้อมูลลวดลายผ้าไว้ในรูปแบบแคตตาล็อก (Catalog) เนื่องจากลวดลายมีจำนวนมากทั้งลวดลายแบบดั้งเดิม หรือลวดลายแบบประยุกต์ ซึ่งแนวโน้มจะมีจำนวนเพิ่มขึ้น จึงไม่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลไว้

3.3.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบ (Design)

จากการรวบรวมข้อมูลในข้อ 3.1 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูล ออกแบบส่วนนำเข้า ออกแบบส่วนแสดงผล และส่วนประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยสร้างแผนภาพจำลองเชิงตรรกะ (Data Flow Diagram) ที่จะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของระบบฐานข้อมูล และใช้เป็นแนวทางในการสร้างระบบจริง

3.3.3 ขั้นตอนการพัฒนาการระบบ (Implementation)

การพัฒนาฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี เป็นรูปแบบของโปรแกรมบนเว็บไซต์ ใช้ภาษา HTML5 ร่วมกับภาษา PHP ในการเขียนและพัฒนาเว็บไซต์ จัดเก็บฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ด้วยฐานข้อมูล MySQL

3.3.4 ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรม (Testing)

หลังจากพัฒนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรีเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน ในการประเมินระบบและประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมเพื่อนำไปปรับปรุงโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยในการทดสอบการทำงานจะมีการทดสอบ 3 ด้าน ได้แก่ 1) การทดสอบการทำงานด้านข้อมูล 2) การทดสอบการทำงานด้านการสืบค้นและการแสดงรายงานข้อมูล และ 3) การทดสอบการออกแบบส่วนติดต่อของผู้ใช้งาน ใช้เกณฑ์การทดสอบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลจากการทดสอบการทำงานในด้านต่าง ๆ ของผู้เชี่ยวชาญ

3.3.5 ขั้นตอนในการบำรุงรักษาระบบ (Maintenance)

นาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี ไปติดตั้งในระบบ โดยให้กลุ่มผู้ประกอบการและผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้ร่วมทดลองใช้งานระบบ พร้อมทั้งทำการสอบถามความคิดเห็นเพื่อประเมินการทำงานของระบบ จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการปรับปรุง

หลังจากทำการปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มผู้ประกอบการ/ผู้ผลิต จึงนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี มาประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ จำนวน 30 คน พร้อมทั้งสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลจากผลที่ได้จากการประเมิน

3.3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมินตามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

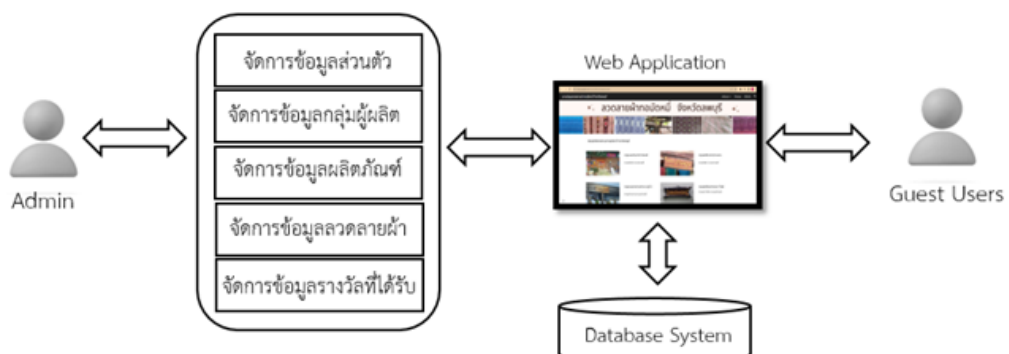
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

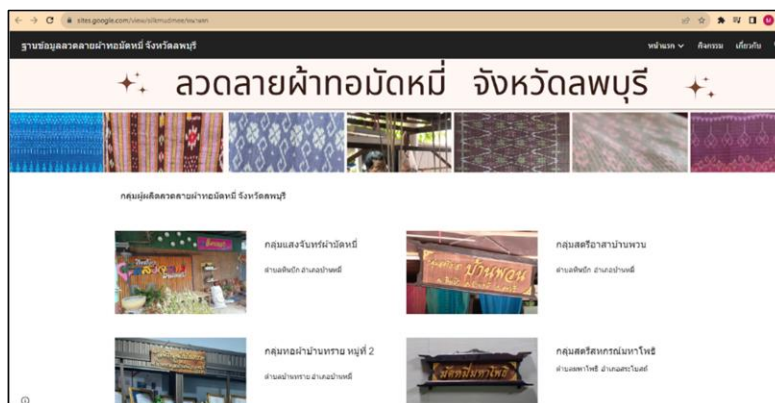
4.1 ผลการพัฒนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี ตามขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

จากรูปที่ 1 ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี ประกอบด้วยผู้ดูแลระบบ ซึ่งทำหน้าที่ในการจัดการข้อมูลของระบบ ได้แก่ จัดการข้อมูลส่วนตัว จัดการข้อมูลกลุ่มผู้ผลิต จัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์ จัดการข้อมูลลวดลายผ้า และจัดการข้อมูลรางวัลที่ได้รับ ส่วนของผู้ใช้ระบบ จะสามารถทำการเรียกดูและค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ได้



รูปที่ 2 หน้าจอรายชื่อกลุ่มผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

จากรูปที่ 2 แสดงรายชื่อกลุ่มผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี ประกอบด้วย ภาพแสดงชื่อกลุ่ม และข้อมูลของกลุ่มผู้ผลิต และสามารถเรียกดูข้อมูลผลิตภัณฑ์ ข้อมูลลวดลายผ้า และข้อมูลรางวัลที่ได้รับได้

4.2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรีที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ หรือสาขาเทคโนโลยีดิจิทัล จำนวน 3 คน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านการทำงานด้านข้อมูล			
1.1 ปุ่มคำสั่ง เครื่องมือและเมนูการทำงาน	4.33	0.58	มาก
1.2 ขนาดข้อความและตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
1.3 การจัดลำดับข้อมูลเป็นขั้นตอนและเข้าใจง่าย	4.67	0.58	มากที่สุด
1.4 ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อนในการใช้งาน	4.00	1.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.33	0.68	มาก
2. ด้านการสืบค้นและการแสดงรายงานข้อมูล			
2.1 การสืบค้นข้อมูลง่ายและสะดวก	4.00	1.00	มาก
2.2 รูปแบบที่ใช้ในการสืบค้นมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
2.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นมีความถูกต้อง	4.33	0.58	มาก
2.4 การแสดงผลข้อมูล เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.33	0.68	มาก

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
3. ด้านการออกแบบส่วนติดต่อของผู้ใช้งาน			
3.1 ความง่ายในการเข้าใช้งานระบบ	4.33	0.58	มาก
3.2 ความน่าสนใจ สวยงามของหน้าเว็บไซต์	4.67	0.58	มากที่สุด
3.3 รูปแบบตัวอักษรอ่านได้ง่ายและเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
3.4 ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.58	0.43	มากที่สุด
โดยรวม	4.42	0.60	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญโดยรวม พบว่า ประสิทธิภาพที่มีต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลลดทลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี อยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{X}$ =4.42, SD.=0.60) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการออกแบบส่วนติดต่อของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.58, SD.=0.43) ด้านการทำงานด้านข้อมูล ด้านการสืบค้นและการแสดงรายงานข้อมูล มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{X}$ =4.33, SD.=0.68) ตามลำดับ

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลลดทลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลลดทลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี โดยผู้ประกอบการ/ผู้ผลิตผ้าทอมัดหมี่ และผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 30 คน จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลลดทลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์			
1.1 ความสวยงาม ความทันสมัยของเว็บไซต์	3.47	0.63	ปานกลาง
1.2 สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	3.80	0.92	มาก
1.3 ขนาดและรูปแบบตัวอักษรอ่านได้ง่าย และสวยงาม	3.36	0.72	ปานกลาง
1.4 ภาพกับเนื้อหา มีความสอดคล้องกัน	4.10	0.71	มาก
1.5 ความเหมาะสมของโครงสร้างเว็บไซต์	4.40	0.62	มาก
2. ด้านคุณภาพของเนื้อหา			
2.1 ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล	4.23	0.62	มาก
2.2 การจัดลำดับเนื้อหา มีความเหมาะสม ชัดเจน	4.07	0.82	มาก
2.3 ความเหมาะสมของข้อมูลตรงกับการนำเสนอข้อมูล	4.30	0.65	มาก
2.4 การนำเสนอข้อมูลมีความน่าสนใจ	4.13	0.63	มาก
2.5 รูปแบบของเนื้อหา มีความเหมาะสม	4.23	0.73	มาก
โดยรวม	4.01	0.71	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของที่มีต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรีโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.01, SD.=0.71) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์ ความเหมาะสมของโครงสร้างเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ =4.40, SD.=0.62) และด้านคุณภาพของเนื้อหาพบว่า ความเหมาะสมของข้อมูลตรงกับการนำเสนอข้อมูล มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ =4.30, SD.=0.65) ตามลำดับ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 ระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี สามารถแสดงข้อมูลกลุ่มผู้ผลิตผ้าทอ และภาพลวดลายผ้าทอมัดหมี่ที่มีการสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่มผู้ผลิตฯ ภายใต้ความโดดเด่น หรือเอกลักษณ์ของลวดลายผ้าทอมัดหมี่ที่เกิดจากภูมิปัญญาของชุมชน หรือกลุ่มสมาชิกที่ร่วมกันสร้างสรรค์ หรือออกแบบลายผ้าให้มีความหลากหลาย ให้สามารถดึงดูดความสนใจของลูกค้าที่ชื่นชอบสีสันและลวดลายที่ปรากฏบนผ้าทอแต่ละพื้นเพื่อนำไปสู่การประชาสัมพันธ์ หรือเผยแพร่ข้อมูล รวมถึงช่วยส่งเสริมอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น สามารถช่วยให้กลุ่มผู้ผลิตได้จัดเก็บข้อมูลลวดลายผ้าที่ได้ผลิตขึ้นอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับสมศักดิ์ จีวัฒนาและชลิดา ภัทรศรีจิรากุล (2558) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากในการพัฒนาระบบมีองค์ประกอบที่เน้นการนำเสนอเฉพาะประเด็นข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ของผู้ผลิตเป็นหลัก เพื่อจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ของกลุ่มผู้ผลิต/กลุ่มผู้ประกอบการใช้ในการเผยแพร่ หรือแสดงผลงานการผลิตลวดลายประจำกลุ่ม สอดคล้องกับปวีร์นุช พิริยเศรษฐ์ (2554) เพื่อศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับลวดลายผ้ามัดหมี่ของชาวไทยพวน เพื่อการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์และส่งเสริมภูมิปัญญาให้กว้างขวางขึ้นและนำไปสู่การสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนให้เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับลัดดาวัน เนาณาคี, จำนง วงษ์ชาวม, สุขานาถ สิงหาปัด และศิมาส ประทีปะวณิช (2562) สำหรับใช้เป็นแหล่งเรียนรู้และอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นและเพื่อเผยแพร่ฐานข้อมูลผ้าทอมัดหมี่ให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างต่อไป

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าระดับความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละด้าน พบว่า ด้านการทำงานด้านข้อมูล ในการจัดลำดับข้อมูลเป็นขั้นตอนและเข้าใจง่าย รวมทั้งด้านการสืบค้นและแสดงรายงานข้อมูล ในการแสดงผลข้อมูล เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีค่าเฉลี่ย 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 อยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับ ดุลชาติ ศิริวิมลภและคณะ (2566) ส่วนด้านการออกแบบส่วนติดต่อของผู้ใช้งาน ในการใช้ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 อยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับณวรา จันทรศิริ (2563)

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอมัดหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่าความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.01 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 สอดคล้องกับสมศักดิ์ จีวัฒนา และชลิดา ภัทรศรีจิรากุล (2558) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าอยู่ในระดับมากทุกด้าน คือ ด้านคุณภาพของเนื้อหา ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์

6. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งต่อไปควรเพิ่มเติมดังนี้

6.1 ควรเพิ่มเติมข้อมูลโดยจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลลวดลายผ้าทอของจังหวัดลพบุรี ไว้เป็นฐานข้อมูลทางภูมิปัญญาการทอผ้ามัดหมี่ในแต่ละพื้นที่ ในการแสดงถึงเอกลักษณ์และเพื่อส่งเสริมอนุรักษ์ภูมิปัญญาของการทอผ้ามัดหมี่ ในจังหวัดลพบุรี

6.2 ควรจัดทำระบบให้มีความครบถ้วนในประเด็นที่เผยแพร่ได้ต่อสาธารณะ และนำไปทดลองใช้งาน เพื่อปรับปรุงจุดบกพร่องของระบบให้ดีขึ้น และเหมาะสมต่อการนำไปใช้จริงได้มากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยและกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผ้าทอมือ ที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กาสิก เตชะชนหมาก. (2553). กระบวนการเรียนรู้และสืบทอดภูมิปัญญาการทอผ้ามัดหมี่ของผู้ทรงภูมิปัญญาไทพวน บ้านหินปัก อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี [รายงานการวิจัย]. กระทรวงวัฒนธรรม. กรมส่งเสริมวัฒนธรรม. (2565). *ผ้ามัดหมี่: มรดกภูมิปัญญาท้องถิ่นไทย*. กระทรวงวัฒนธรรม. กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2556). *ภูมิปัญญาการทอผ้าไหมมัดหมี่*. <https://qsds.go.th/wp-content/uploads/2017/pdf/2013-06-11-Mudmee.pdf>
- ชนิษฐา คนกล้า. (2559). ฐานข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการทอผ้าไหมพื้นเมืองของจังหวัดอุบลราชธานี. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 “ทำทวยธุรกิจท้องถิ่นไทยด้วยนวัตกรรมด้านการจัดการ”*. (น.98-106). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- ดุสิตา ศิริวิมล และคณะ. (2566). ระบบครุภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 9(2), 32-43.
- ทิพย์ คำคง. (2537). *ผ้ามัดหมี่: อารยธรรมของชาวไทยพวนบ้านหมี่* [รายงานการวิจัย]. กระทรวงวัฒนธรรม. ณวรา จันทรศิริ. (2563). การพัฒนาระบบคลังความรู้ด้านการเกษตร. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 15(1), 87-97.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.
- ปวีร์นุช พริยเศรษฐ์. (2554). รายงานวิจัย *ผ้ามัดหมี่ไทยพวน ตำบลหินปัก อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี*. มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- พรสวรรค์ แสงจันทร์. (2564). *สืบทอดและสืบทอดผ้าโบราณกับความงามบนผืนผ้ามัดหมี่ไทยพวนลพบุรี* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต], มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ลัดดาวัน นานาดี, จำนง วงษ์ชาชม, และสุชานาถ สิงหาปัด. (2562). ฐานข้อมูลสารสนเทศแม่ลายผ้าแล้วผู้ไทแขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*, 13(1), 79-88.
- วรรณวิไล โกษะโยธิน. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากผ้ามัดหมี่ไทยพวน อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี: กรณีศึกษากลุ่มสตรีอาสาบ้านพวน. *วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์*, 25(2), 143-154.
- วิวัฒน์ พัฒนา. (2553). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ*. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ศิมาศ ประทีปวงษ์. (2562). *การวิจัยและพัฒนาผ้าไหมมัดหมี่สู่อุตสาหกรรมแฟชั่นไทย กรณีศึกษาพื้นที่อำเภอบึงขัง จังหวัดนครราชสีมา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดลพบุรี. (2567). *จัดประกวดสุดยอดผ้า ประจำปี 2567*. <https://lopuri.prd.go.th/th/content/page/index/id/284466>
- สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดลพบุรี. (2564). *ภูมิปัญญาผ้าทอพื้นเมืองจังหวัดลพบุรี*. กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย.

สมศักดิ์ จีวัฒนา และชลิดา ภัทรศรีจิรากุล. (2558). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลผ้าไหมทอมือของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 10(1), 59–67.

ยิ่งยง เทาประเสริฐ. (2542). *เครือข่ายราชภัฏด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น*. เชียงราย : สถาบันราชภัฏเชียงราย.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้เป็นแนวคิดในการใช้ระบบฐานข้อมูล ร่วมกับเทคโนโลยีเว็บในการจัดการข้อมูลลวดลายผ้ามัดหมี่ทอผ้าสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อเป็นการรวบรวมลวดลายผ้าทอของกลุ่มผู้ผลิต/กลุ่มผู้ประกอบการนำไปใช้ในการเผยแพร่ให้เป็นระบบ หรือแสดงผลงานการผลิตลวดลายประจำกลุ่ม

การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกโดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อการประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก

วัชรกิติ แสงสุวรรณ

วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์

อีเมล: win.toy2@hotmail.co.th

วันที่รับบทความ 7 ตุลาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 18 พฤศจิกายน 2568

วันที่ตอบรับบทความ 27 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาเนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิก 2) พัฒนาสื่อโมชันกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก 3) ประเมินผลสื่อโมชันกราฟิก เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) แบบสอบถามข้อมูลที่ต้องการทราบเกี่ยวกับสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก 2) สื่อโมชันกราฟิก ต้นแบบ 3) แบบประเมินผลสื่อโมชันกราฟิกจากผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) นักเรียนสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ จำนวน 97 คน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 3 คน

ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ใช้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน การการเข้าใจ การนิยาม การสร้างสรรค์ การจำลอง และการทดสอบ โดยมีผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิกมีคะแนนเฉลี่ย 90 คะแนน อยู่ในระดับมีคุณภาพมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสามารถนำสื่อโมชันกราฟิกประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกไปเผยแพร่ในการแนะแนวศึกษาต่อได้

คำสำคัญ : กระบวนการคิดเชิงออกแบบ การประชาสัมพันธ์ สื่อดิจิทัล โมชันกราฟิก



Development of Motion Graphics Media Using the Design Thinking Process for Promoting the Computer Graphics Department

Watcharakiti Sangsuwan
Surin Vocational College
E – mail : win.toy2@hotmail.co.th

Received 7 October 2025

Revised 18 November 2025

Accepted 27 November 2025

Abstract

The research aims to 1) analyze the creative thinking process for developing the content of motion graphics media, 2) develop motion graphics media to promote the field of computer graphics, and 3) evaluate the motion graphics media. The tools used consisted of 1) a questionnaire for information needed about the field of computer graphics, 2) a prototype motion graphics media, and 3) an evaluation form for the motion graphics media from experts. The sample groups used in the research included 1) 97 students of the field of computer graphics at Surin Vocational College, and 2) 3 experts in the development of motion graphics media.

The research results found that the design thinking process used consisted of 5 steps: understanding, definition, creation, simulation, and testing. The results of the evaluation of the quality of motion graphics media had an average score of 90 points, which was at the highest quality level. This showed that the motion graphics media can be used to publicize the field of computer graphics in educational guidance.

Keywords: Design Thinking Process, Public Relations, Digital Media, Motion Graphic

1. บทนำ

จากการขับเคลื่อนนโยบายของรัฐบาล นโยบายของกระทรวงศึกษาธิการ และนโยบาย เป้าหมาย ยุทธศาสตร์ การผลิตและพัฒนากำลังคนอาชีวศึกษาสู่สากล พ.ศ. 2555-2569 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 1) ด้านการเพิ่มปริมาณผู้เรียนสายอาชีพ กำหนดเป้าหมายของการดำเนินงาน 2) ด้านการขยายโอกาสในการเรียนอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมวิชาชีพ 3) ยกระดับคุณภาพการจัดอาชีวศึกษา 4) ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ซึ่งในข้อ 3.2 ได้มีการกำหนด ระดับผู้เรียน ยกระดับความสามารถของผู้เรียนเพื่อให้ผู้สำเร็จอาชีวศึกษา มีขีดความสามารถในการแข่งขันทั้งสมรรถนะหลัก และสมรรถนะการทำงานตามตำแหน่งหน้าที่ โดยใช้การสร้างเสริมทักษะอาชีพในอนาคตด้วยกิจกรรมองค์การวิชาชีพ ปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรม วิถีประชาธิปไตย ความมีวินัย เสริมสร้างทักษะชีวิต ความสามารถด้านนวัตกรรม/สิ่งประดิษฐ์ การเป็นผู้ประกอบการ พัฒนาทักษะการคิดบนพื้นฐาน (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2555) ซึ่งประเภทวิชาศิลปกรรมและเศรษฐกิจสร้างสรรค์ กลุ่มอาชีพศิลปะและการออกแบบ ได้มีการพัฒนาทักษะพื้นฐานของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก โดยการออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์โมชันกราฟิก (Motion Graphic) เพื่อประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ผลงานของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และเพื่อยกระดับทักษะฝีมือของผู้เรียนอาชีวศึกษาสู่มาตรฐานวิชาชีพ (VECSkills, 2567)

กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เป็นการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาให้ถูกต้อง เป็นการหาวิธีทางที่ดีที่สุด และเหมาะสมที่สุด เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมโดยประกอบด้วย การเข้าใจ (Empathize) เพื่อทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมาย, การนิยาม (Define) เพื่อระบุปัญหาที่แท้จริง, การสร้างสรรค์ (Ideate) เพื่อหาแนวคิดที่หลากหลาย, การจำลอง (Prototype) เพื่อสร้างโซลูชันที่เป็นรูปธรรม และการทดสอบ (Test) เพื่อนำต้นแบบไปทดสอบและปรับปรุง (กวิน ประทุมณชัยและคณะ, 2566) ซึ่งกระบวนการคิดเชิงออกแบบนี้เหมาะสมสำหรับการใช้พัฒนาสื่อโมชันกราฟิกมีระบบการทำงานในรูปแบบแอนิเมชัน (Animation) ซึ่งเป็นการสร้างภาพเคลื่อนไหวที่เกิดจากการสร้างสรรค์เทคโนโลยีทำให้ดูมีมิติเสมือนจริงให้ปรากฏบนจอภาพ นอกจากภาพกราฟิกที่เคลื่อนไหวได้แล้วยังสามารถใส่เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ และเสียงเอฟเฟกต์ (Effect) ต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้ เพื่อให้ผลงานชิ้นนั้นดูสนุกชวนติดตามและทำให้ผู้ชมก็เข้าใจเนื้อหาที่ต้องการสื่อสารได้ง่ายและชัดเจนมากขึ้น ด้วยเหตุนี้โมชันกราฟิกจึงเหมาะสำหรับสื่อประชาสัมพันธ์เป็นอย่างมาก โดยโมชันกราฟิกจะถูกใช้ในรูปแบบโฆษณาบนสื่อโซเชียลมีเดีย (Social Media) เพื่อตอบโจทย์การใช้งานของกลุ่มเป้าหมายในยุคดิจิทัล (Matt Ellis, 2024; Admeadme, 2567; ธวัชชัย สหพงษ์, 2567)

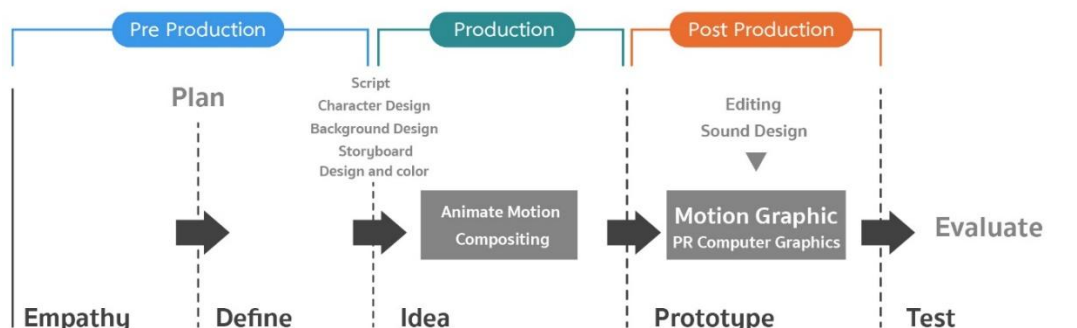
ดังนั้นการพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านการประชาสัมพันธ์ของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกจึงมีความจำเป็นและสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเปรียบเสมือนการขับเคลื่อนเศรษฐกิจสร้างสรรค์ นอกจากการพัฒนาสมรรถนะวิชาชีพแล้วจะต้องเชื่อมโยงการใช้นวัตกรรมความคิดสร้างสรรค์เป็นเครื่องมือในการสร้างคุณค่า จากความสำคัญข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกโดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อการประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก ที่นำเสนอภาพลักษณ์มุมมองใหม่ที่สร้างความประทับใจให้กับผู้ชม และขยายขอบเขตการเข้าถึงข้อมูลเชิงประชาสัมพันธ์การศึกษา

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 วิเคราะห์กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อการพัฒนาเนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิก
- 2.2 พัฒนาสื่อโมชันกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก
- 2.3 ประเมินผลสื่อโมชันกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้วิเคราะห์กระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก เพื่อการพัฒนาเนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิก ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก (Conceptual Framework Motion Graphic)

3.1 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และการสุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

3.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการระบุข้อมูลที่ต้องการทราบเกี่ยวกับสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก โดยใช้นักเรียนสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ จำนวน 97 คน จากจำนวนทั้งหมด 130 คน (Krejcie & Morgan, 1970)

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินผลการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก คือ ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และทักษะด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 3 คน ได้แก่ 1) ด้านการออกแบบภาพกราฟิก 2) ด้านการออกแบบภาพเคลื่อนไหว 3) ด้านการประชาสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 แบบสอบถามข้อมูลที่ต้องการทราบเกี่ยวกับสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์สำหรับใช้เป็นเนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิก โดยมีโครงสร้างของแบบสอบถามเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดจำนวน 5 ข้อคำถาม ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวกับ 1) ข้อมูลหลักสูตรการเรียนการสอน 2) โปรแกรมที่ใช้ในการเรียนการสอน 3) หลังเรียนจบสามารถประกอบอาชีพอะไรได้บ้าง 4) เรียนจบสามารถศึกษาต่อปริญญาตรีได้หรือไม่ 5) สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกสามารถสมัครเรียนได้ที่จังหวัดไหนบ้าง

3.2.2 สื่อโมชันกราฟิกต้นแบบสำหรับประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก

3.2.3 แบบประเมินผลสื่อโมชันกราฟิกจากผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย ด้านคุณภาพการผลิต ด้านความสวยงาม ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ด้านเทคนิคและการจัดองค์ประกอบ และด้านการนำเสนอผลงาน โดยประยุกต์ใช้แบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ

3.3 การทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

3.3.1 ผลการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามข้อมูลที่ต้องการทราบเกี่ยวกับสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์สำหรับใช้เป็นเนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 0.78 การแปลผลรายข้ออยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 โดยที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.5 ถือว่าใช้ได้

3.3.2 สรุปผลการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลสื่อโมชันกราฟิก จากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 13 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 0.82 รายข้ออยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 โดยที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.5 ถือว่าใช้ได้

3.4 การเก็บข้อมูลภาคสนาม การวิจัยในครั้งนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

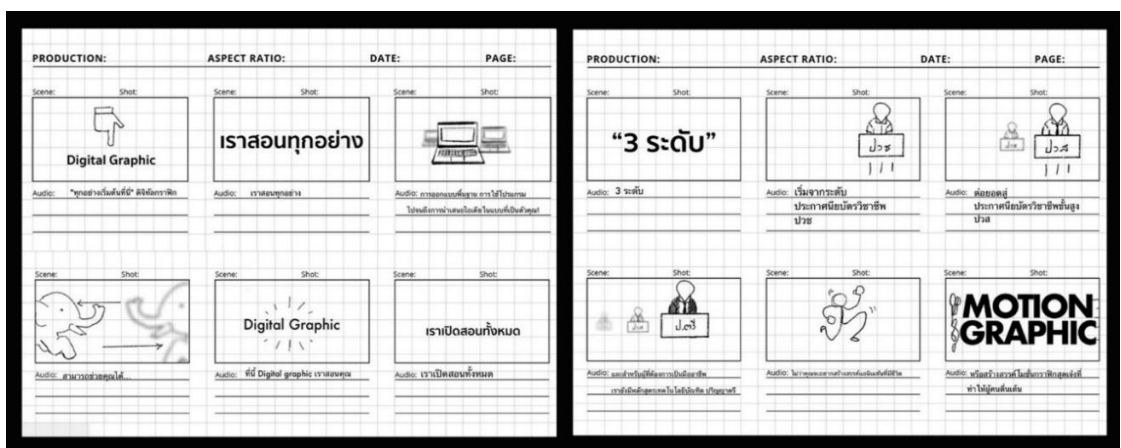
3.4.1 การเข้าใจ (Empathize) เก็บข้อมูลที่กลุ่มเป้าหมายต้องการทราบเกี่ยวกับสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกจากแบบสอบถาม เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิก ดังนี้ 1) กำหนดเป้าหมาย 2) ชื่อเรื่อง 3) วัตถุประสงค์ 4) ความยาวของโมชันกราฟิก 5) งบประมาณ 6) ระยะเวลาในการผลิต

3.4.2 นิยาม (Define) สรุปข้อมูลความต้องการของกลุ่มตัวอย่าง กำหนดปัญหาออกมาให้ชัดเจน และตอบโจทย์ความต้องการของกลุ่มตัวอย่างให้มากที่สุด

3.4.3 สร้างสรรค์ (Ideate) นำข้อมูลที่ได้จากการสรุปความต้องการมาเขียนสคริปต์ (Script) เพื่อใช้เป็นบทบรรยายสำหรับโมชันกราฟิก การออกแบบตัวละคร (Character Design) การออกแบบฉากพื้นหลัง (Background Design) และกราฟิกอื่น ๆ รวมไปถึงการสร้างสตอรี่บอร์ด (Storyboard) และการออกแบบและการลงสี (Design and color) เพื่อใช้สำหรับพัฒนาโมชันกราฟิกในขั้นตอนต่อไปด้วยการทำภาพเคลื่อนไหวตัวละคร ฉากกราฟิกต่าง ๆ (Animate Motion) จากนั้นก็นำโมชันกราฟิกที่ทำการเคลื่อนไหวมาประกอบเข้าด้วยกัน (Compositing) เพื่อให้ได้ผลงานโมชันกราฟิกต้นแบบ และปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ขาดตกบกพร่อง



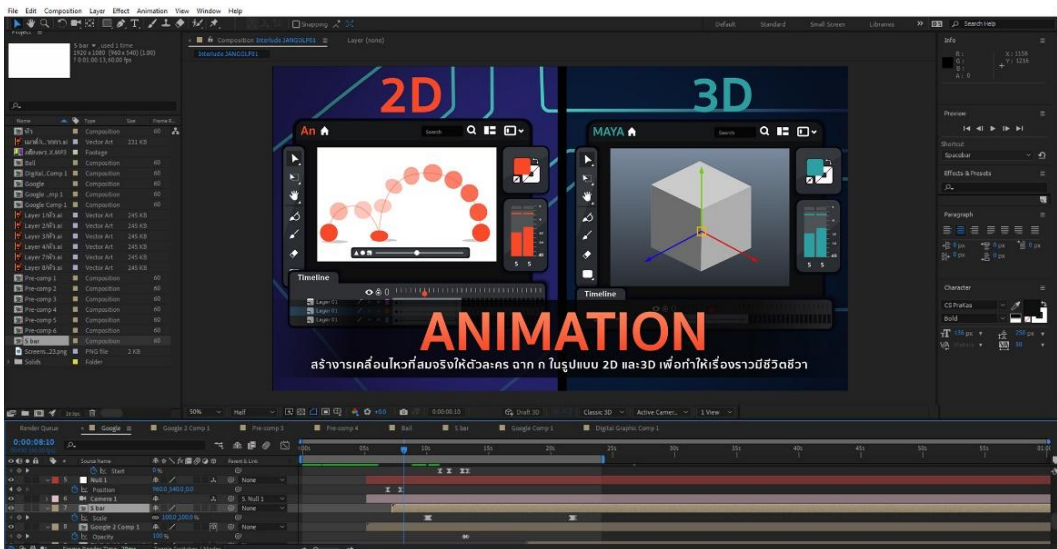
รูปที่ 2 การออกแบบตัวละคร (Character Design)



รูปที่ 3 การสร้างสตอรี่บอร์ด (Storyboard) สำหรับพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก



รูปที่ 4 การออกแบบและการลงสี (Design and color)



รูปที่ 5 การทำภาพเคลื่อนไหว (Animate Motion)

3.4.4 จำลอง (Prototype) นำโมชันกราฟิกที่ทำการเคลื่อนไหวมาตัดต่อ (Editing) ใส่บทบรรยาย และเสียงดนตรีประกอบ (Sound Design) รวมถึงการใส่เสียงเอฟเฟกต์ และทำการเอ็กพอร์ทงาน (Export work) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สุดท้าย (Final Output)

3.4.5 ทดสอบ (Test) นำผลงานโมชันกราฟิกสำหรับการประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกตัวต้นแบบ ไปประเมินผล โดยมีผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนรวมการประเมินผลจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก จำนวน 3 คน

ลำดับ	รายการประเมิน	เกณฑ์คะแนน	คะแนนที่ได้	คุณภาพ
1	ด้านคุณภาพการผลิต	25		
	1.1 คุณภาพของชิ้นงาน เสียง และการตัดต่อ	20	17.50	
	1.2 ความถูกต้องครบถ้วนตรงตามข้อกำหนด	5	5	
	ผลคะแนนรวมรายด้าน		22.50	
2	ด้านความสวยงาม	20		
	2.1 ความเหมาะสมของการใช้สี ฉาก และตัวละคร	10	9	
	2.2 การสร้างภาพลายเส้นที่ใหม่ทั้งหมดมีความสวยงามเหมาะสม	10	9.50	
	ผลคะแนนรวมรายด้าน		18.50	
3	ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	20		
	3.1 เนื้อหา บท มีความเหมาะสม	10	9	
	3.2 มีความสามารถในการสื่อความหมายถึงใจความสำคัญของเรื่อง ได้ชัดเจน	10	9.30	
	ผลคะแนนรวมรายด้าน		18.30	
4	ด้านเทคนิคและการจัดองค์ประกอบ	25		
	4.1 การใช้เทคนิคการทำภาพเคลื่อนไหว	5	4.20	
	4.2 การใช้มุมกล้อง	5	4.30	
	4.3 ความต่อเนื่องของภาพเคลื่อนไหว	5	5	
	4.4 การใช้ sound effect	5	4.30	
	4.5 รูปแบบการเคลื่อนไหวสอดคล้องกับเสียงดนตรี	5	4.60	
	ผลคะแนนรวมรายด้าน		22.40	
5	ด้านการนำเสนอผลงาน	10		
	5.1 บุคลิกภาพ การใช้ภาษา และน้ำเสียง	5	4.10	
	5.2 มีแนวความคิดและแรงบันดาลใจในการออกแบบผลงาน	5	4.20	
	ผลคะแนนรวมรายด้าน		8.30	
	ผลคะแนนรวมทั้งหมด	100	90	มีคุณภาพมากที่สุด

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้

3.5.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1) คุณภาพการผลิต 25 คะแนน 2) ความสวยงาม 20 คะแนน 3) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 20 คะแนน 4) เทคนิคและการจัดองค์ประกอบ 25 คะแนน 5) การนำเสนอผลงาน 10 คะแนน (VECSkills, 2567; Best, 1981) โดยประยุกต์ใช้แบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 80 – 100 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 70 – 79 หมายถึง มีคุณภาพมาก

คะแนนเฉลี่ย 60 – 69 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 50 – 59 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

คะแนนเฉลี่ย 40 – 49 หมายถึง ควรปรับปรุง

3.6 ข้อจำกัด ในการพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์โมชันกราฟิก (Motion Graphic) มีข้อจำกัดด้านเวลา โดยกำหนดให้มีระยะเวลาของผลงานอยู่ ระหว่าง 3-4 นาที ซึ่งมีผลอย่างมากในการบริหารจัดการเวลาให้ดี เพื่อให้ได้ผลงานสำหรับการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ หากไม่สามารถทำตามข้อจำกัดนี้ได้ก็อาจจะทำให้งานวิจัยขึ้นขาดความสมบูรณ์ตามกระบวนการ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการวิเคราะห์กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อการพัฒนาเนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิก พบว่ากระบวนการคิดเชิงออกแบบประกอบด้วย การเข้าใจ การนิยาม การสร้างสรรค์ การจำลอง และการทดสอบ จากนั้นความต้องการของกลุ่มตัวอย่างในการพัฒนาเนื้อหาของสื่อโมชันกราฟิกมาจำแนกตามกระบวนการ ได้ดังนี้ 1) ข้อมูลหลักสูตรการเรียนการสอน 2) โปรแกรมที่ใช้ในการเรียนการสอน 3) หลังเรียนจบสามารถประกอบอาชีพอะไรได้บ้าง 4) เรียนจบสามารถศึกษาต่อปริญญาตรีได้หรือไม่ 5) สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกสามารถสมัครเรียนได้ที่จังหวัดไหนบ้าง

4.2 ผลจากการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกเพื่อประชาสัมพันธ์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก พบว่าการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอนดังนี้

4.2.1 ขั้นตอนก่อนการผลิต ประกอบด้วย 1) การวางแผนขอบเขตของงาน 2) บทบรรยายสำหรับโมชันกราฟิก 3) การออกแบบตัวละคร 4) การออกแบบฉากพื้นหลัง 5) การสร้างสตอรี่บอร์ด

4.2.2 ขั้นตอนการผลิต ประกอบด้วย 1) การออกแบบและการลงสี 2) การแอนิเมทโมชัน 3) การประกอบส่วนต่าง ๆ จากการทำภาพเคลื่อนไหวของงานโมชันเข้าด้วยกัน

4.2.3 ขั้นตอนหลังการผลิต ประกอบด้วย 1) การตัดต่อ 2) การออกแบบเสียง 3) ผลลัพธ์สุดท้าย

4.3 ผลการประเมินสื่อโมชันกราฟิกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก มีคะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 5 ด้าน เท่ากับ 90 คะแนน อยู่ในระดับมีคุณภาพมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านคุณภาพการผลิตได้ 22.50 คะแนน ด้านความสวยงาม 18.50 คะแนน ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 18.30 คะแนน ด้านเทคนิคและการจัดองค์ประกอบ 22.40 คะแนน ด้านการนำเสนอผลงาน 8.30 คะแนน

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 ผู้วิจัยได้นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบสำหรับพัฒนานวัตกรรมที่ผสมผสานการคิดสร้างสรรค์ และการคิดเชิงธุรกิจ เพื่อใช้พัฒนาสิ่งใหม่และนวัตกรรมอย่างมีระบบ โดยมีการระดมความคิดเพื่อค้นหาทางแก้ไข มีการเรียนรู้และลงมือทำเพื่อสร้างคุณค่าให้นวัตกรรม ซึ่งมีสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Saitong, P., 2022) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “Designing, Developing, and Efficiency Evaluation of a Smartphone Application for Blood

Donation” โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในการพัฒนาแอปพลิเคชันการรับบริจาคเลือด ประกอบด้วย การเข้าใจ การนิยาม การสร้างสรรค์ การจำลอง และการทดสอบตามลำดับ (กวิณ ประทุมณชัย และคณะ, 2566) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “การบูรณาการองค์ความรู้ด้านหลักกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (DESIGN THINKING) กับผู้ประกอบการ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนเกาะลัดอีแท่น อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม” เพื่อใช้เป็นหลักในการทำวิจัยด้านการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก จากการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบส่งผลให้การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกของผู้วิจัยมีคุณภาพสูงขึ้นมาก และแก้ปัญหาด้านการประชาสัมพันธ์ได้เป็นอย่างดี

5.2 ผู้วิจัยได้นำกระบวนการ 3P ซึ่งเป็นกระบวนการในการผลิตสื่อโมชันกราฟิก ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ธวัชชัย สหพงษ์, 2567) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยโมชันกราฟิกเรื่อง เส้นทางสายมูพระธาตุประจำวันเกิดนครพนม” และงานวิจัยของ (นริศรา ไม้เรียง และอุไรวรรณ ขาญขลุ่ย, 2568) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “การผลิตสื่อวีดิโอโมชันกราฟิก เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างรายได้จากแคคตัส” โดยใช้กระบวนการขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre Production) ขั้นตอนการผลิต (Production) ขั้นตอนหลังการผลิต ในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก ซึ่งเป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการใช้พัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์โมชันกราฟิกสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกของผู้วิจัยเป็นอย่างมาก เนื่องจากขั้นตอนและรายละเอียดต่าง ๆ มีความเหมาะสมที่จะพัฒนาให้กระบวนการสมบูรณ์ได้

5.3 ผู้วิจัยได้ใช้โครงสร้างของแบบประเมินผลสื่อโมชันกราฟิกมาจาก (VECSkills, 2567) เรื่อง “การออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์โมชันกราฟิก (Motion Graphic) ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)” ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้ ด้านคุณภาพการผลิต ด้านความสวยงาม ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ด้านเทคนิคและการจัดองค์ประกอบ ด้านการนำเสนอผลงาน และ (พงษ์พิพัฒน์ สายทอง, 2562) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “การผลิตภาพยนตร์สั้นโดยใช้องค์ประกอบของสารพันธุกรรมทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง ร้อยเอ็ด ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์” ซึ่งจากการพิจารณาผลการประเมินตามโครงสร้างของแบบประเมินผลสื่อโมชันกราฟิกที่พัฒนาขึ้นตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 5 ด้าน เท่ากับ 90 คะแนน อยู่ในระดับมีคุณภาพมากที่สุด ซึ่งเป็นการชี้ชัดให้เห็นถึงคุณภาพของสื่อที่ผลิตขึ้นตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการ 3P ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางงานวิจัยนี้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป : การใช้กระบวนการ 3P ที่ประกอบด้วย ขั้นตอนก่อนการผลิต ขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนหลังการผลิตนั้นควรกำหนดรายละเอียดย่อยที่เป็นแนวทางให้ชัดเจนขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียอื่น ๆ ในยุคดิจิทัลได้อย่างหลากหลาย

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต : การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในการพัฒนานวัตกรรม การคิดสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาสิ่งใหม่อย่างเป็นระบบ โดยอาศัยการระดมความคิดเพื่อค้นหาทางแก้ไขปัญหา เป็นการสร้างคุณค่าให้สื่อประชาสัมพันธ์โมชันกราฟิก สาขาคอมพิวเตอร์กราฟิก ควรนำไปต่อยอดให้เกิดประโยชน์ทางด้านการแนะแนวการศึกษา ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างความรู้ความเข้าใจเพื่อสนับสนุนการให้บริการด้านการศึกษาดูตามความมุ่งหวัง ดังนั้นองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิจัยและการพัฒนานวัตกรรมสื่อดิจิทัลเพื่อการศึกษาได้ในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้ทรงคุณวุฒิภายในวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ และนักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ และขอขอบพระคุณวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย



ราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้โอกาสตีพิมพ์บทความวิจัย ด้วยคุณค่าและประโยชน์จากบทความวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กวิน ประทุมณชัย, ประชม ทางทอง, จิระศักดิ์ พุกดำ, & สุคนธรส คงเจริญ. (2566). การบูรณาการองค์ความรู้ด้านหลักกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (DESIGN THINKING) กับผู้ประกอบการ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนเกาะลัดดีแค้น อำเภอสามพราณ จังหวัดนครปฐม. *วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 17(4), 137 – 149.
- กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. (2565). *การสร้างสื่อภาพกราฟิกเคลื่อนไหว (Motion Graphic)*.
<https://touchpoint.in.th/motion-graphic/>
- ธวัชชัย สหพงษ์. (2567). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยโมชันกราฟิก เรื่องเส้นทางสายมูพระธาตุประจำวันเกิดนครพนม. *วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร. พระนคร*, 9(2), 121-136.
- นริศรา ไหมเรียง และอุไรวรรณ ขาญชลยุทธ. (2568). การผลิตสื่อวีดิโอโมชันกราฟิก เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างรายได้จากแคตตัส. *Arts of Management Journal*, 9(3), 304-320.
- พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. (2562). การผลิตภาพยนตร์สั้นโดยใช้อุปกรณ์ประกอบของสารพันธุกรรมทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง ร้อยเอ็ด ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์. *Veridian E-Journal Silpakorn University*, 12(6), 549-563.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2555). *ภารกิจและนโยบาย*.
<https://vec.go.th/เกี่ยวกับสอศ/ภารกิจและนโยบาย.aspx>
- Digimusketeers. (2566). *Motion Graphics คืออะไร แร่วิธีทำ Motion Graphics ให้น่าสนใจ!*.
<https://digimusketeers.co.th/blogs/motion-graphics-คืออะไร-แร่วิธีทำ-motion-graphic>
- Admeadme. (2567). *Motion Graphic คืออะไร ตอบโจทย์โลกยุคดิจิทัลจริงหรือ*.
<https://www.admeadme.co/blog/graphic-design/motion-graphics-digital/>
- VECSkills. (2567). *การแข่งขันทักษะวิชาชีพ และ ทักษะพื้นฐาน งานประชุมวิชาการองค์การนักวิชาชีพในอนาคตแห่งประเทศไทย ปีการศึกษา 2567*. <http://www2.chainat.ac.th/vecskills/pages/index.php>
- Best, John W. (1981). *Research in Education (4th ed.)*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Krejcie & Morgan. (1970). Determining Sample Size For Research Activities. *Educational And Psychological Measurement*, 30, 607-610.
- Matt Ellis. (2024). *Motion graphics vs. animation: what's the difference?*.
<https://99designs.com/blog/video-animation/motion-graphics-vs->
- Saitong, P. (2022). Designing, Developing, and Efficiency Evaluation of a Smartphone Application for Blood Donation. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 27(4), 565-576.
<https://doi.org/10.18280/isi.270406>
- Thamwipat, K., Namaso, K., & Princhanol, P. (2024). A Synthesis of research studies on public relations multimedia utilization within an educational institute during the COVID-19 pandemic: A comparative analysis of textual and data visualization approaches. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 45(2), 433-442.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้สามารถนำกรอบแนวคิดในการพัฒนาสื่อโมชั่นกราฟิก (Conceptual Framework Motion Graphic) ไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการต่อยอดพัฒนาสื่อมัลติมีเดียอื่น ๆ ที่มีความคล้ายคลึงกันในยุคดิจิทัลได้โดย
หลักสำคัญของการคิดเชิงออกแบบในการพัฒนานวัตกรรมการวิจัยที่สร้างสรรค์และการใช้กระบวนการ 3P ในการพัฒนาสื่อโมชั่นกราฟิกที่มีคุณภาพและสามารถช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องในอนาคต

การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าโดยโปรแกรมแอปซีต บริษัทตัวอย่างอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม

เกลิง พลเจริญ^{1*} วรเทพ ตริวิจิตร² สมจินต์ อักษรธรรม³

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี^{1*23}

อีเมล : somjin072@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 18 กันยายน 2568

วันแก้ไขบทความ 16 ตุลาคม 2568

วันที่รับบทความ 22 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

วิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อบันทึกข้อมูลกระบวนการขนส่งคลังสินค้าโดยโปรแกรมแอปซีต 2) เพื่อลดข้อร้องเรียนของลูกค้า และ 3) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกขนส่งคลังสินค้า จากการเก็บข้อมูลแผนกขนส่งคลังสินค้า พบว่า ระบบการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลา หลักการทำไม – ทำไม และแผนภูมิการไหล ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาด้วยการสร้างโปรแกรมแอปซีตมาสนับสนุนการบันทึกข้อมูล ผลการวิจัย 1) ก่อนการปรับปรุง ปัญหาเอกสารสูญหายและชำรุด มิ.ย. – ก.ย. 2567 การขนส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง เอกสารสูญหายและชำรุด 66 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.58 และหลังการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรมแอปซีตบันทึกข้อมูล ต.ค. 2567 – ม.ค. 2568 การขนส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง เอกสารสูญหายและชำรุด 2 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0.19 2) ข้อร้องเรียนของลูกค้า ก่อนปรับปรุง มิ.ย. ถึง ก.ย. 2567 การจัดส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง (1) ปัญหาการร้องเรียนสินค้าชำรุด ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 18 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 137 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 13.66 และ (2) การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามีพฤติกรรมไม่เหมาะสม ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 8 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 129 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 12.86 และหลังการปรับปรุง ต.ค. 2567 ถึง ม.ค. 2568 การจัดส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง (1) ปัญหาการร้องเรียนสินค้าชำรุด ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 12 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.20 และ (2) การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามีพฤติกรรมไม่เหมาะสม (ไม่มีข้อร้องเรียน) และ 3) เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกขนส่งคลังสินค้า การทำงาน 8 ขั้นตอน ก่อนการปรับปรุง เวลา 682 นาที ระยะทาง 191 กิโลเมตร และหลังการปรับปรุง ลูกค้าเซ็นเอกสารผ่านโปรแกรมแอปซีต เวลา 537 นาที ระยะทาง 191 กิโลเมตร ซึ่งเวลาที่ลดลงเป็นขั้นตอนรอรับเอกสารเพื่อดำเนินงานจากลูกค้า ลดลง 145 นาที คิดเป็นร้อยละ 21.26

คำสำคัญ : การเพิ่มประสิทธิภาพ แผนกขนส่งคลังสินค้า โปรแกรมแอปซีต

Enhancing Efficiency of the Warehouse Transportation Department using the AppSheet Program: A Case Study of an Aluminum Industry Company

Thaloeng Poljaroen^{1*}, Worathep Treewichit², Somjin Aksorntham³

Faculty of Engineering, Thonburi University^{1*}

E – mail : somjin072@gmail.com^{1*}

Received 18 September 2025

Revised 16 October 2025

Accepted 22 October 2025

Abstract

This research aims 1) to record data on the warehouse transportation process using the App Sheet program, 2) to reduce customer complaints, and 3) to increase the efficiency of the warehouse transportation department. From collecting data from the warehouse transportation department, it was found that the warehouse transportation department's work system was inefficient. The researcher analyzed the causes of the problem using a fishbone diagram, the Why-Why principle, and a flow chart. The researcher solved the problem by creating an App Sheet program to support data recording. Research results 1) Before improvement, there were problems with lost and damaged documents from June to September 2024. There were 1,003 shipments, 66 lost and damaged documents, or 6.58 percent, and after improvement. By using the application sheet program to record data from Oct 2024 to Jan 2025, there were 1,003 shipments 2 lost and damaged documents, or 0.19 percent. 2) Customer complaints before improvement from Jun to Sep 2024, there were 1,003 shipments. (1) Complaints about damaged goods, including 18 written complaints, representing 1.79 percent, and 137 verbal complaints, representing 13.66 percent, and (2) The service of the delivery staff had inappropriate behavior, including 8 written complaints, representing 0.79 percent, and 129 verbal complaints, representing 12.86 percent. After improvement from Oct 2024 to Jan 2025, there were 1,003 shipments. (1) Complaints about damaged goods, including 12 written complaints, representing 1.20 percent, and (2) The service of the delivery staff had inappropriate behavior. (no complaints) and 3) increase the efficiency of the warehouse transportation department. The 8 steps of work before improvement took 682 minutes, distance 191 kilometers, and after improvement, the customer signed the document through the sheet application, took 537 minutes, distance 191 kilometers, which the time reduced was the step of waiting to receive documents for processing from the customer, reduced by 145 minutes, or 21.26 percent.

Keywords : Enhancing Efficiency, Warehouse Transportation Department, AppSheet Program

1. บทนำ

อะลูมิเนียมติดอันดับสินค้านำเข้า 15 อันดับสูงสุดของไทย ข้อมูลพิกัด 2 หลัก คือ 76 หมวดสินค้า อะลูมิเนียมและของทำด้วยอะลูมิเนียม ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2567 อยู่ระหว่างอันดับ 11-13 และมีมูลค่ารวม 75,559,308,247 บาท (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมศุลกากร, 2567) ภายในปี 2569 เพิ่มขึ้น 2.2% เมื่อเทียบเป็นรายปี โดยแนวโน้มตลาดการอัดขึ้นรูปอะลูมิเนียมในไทยได้มุ่งเน้นไปที่อุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้นและครอบคลุมกระบวนการอัดขึ้นรูปอะลูมิเนียมทั้งหมด เริ่มตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จึงเป็นส่วนประกอบสำคัญของห่วงโซ่มูลค่าอะลูมิเนียมเพื่อรองรับการใช้งานที่หลากหลาย อนาคตมีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่อง (สำนักเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมกระทรวงพาณิชย์, 2567)

จากการศึกษาข้อมูลบริษัทตัวอย่างอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมดำเนินธุรกิจด้านการผลิตอะลูมิเนียมแบบครบวงจรด้วยมาตรฐานสากล เพื่อสร้างความคุ้มค่าต่อลูกค้าทุกอุตสาหกรรม ซึ่งการผลิตใช้อะลูมิเนียมอัลลอย (Aluminium Alloy 6063) เนื่องจากมีความแข็งแรงสูงและทนทานต่อการกัดกร่อน จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องรับแรงและต้องการความทนทานเป็นพิเศษ และอะลูมิเนียมอัลลอย (Aluminium Alloy 6061) ด้วยคุณสมบัติที่เน้นความสวยงามและการขึ้นรูปทำให้เหมาะสำหรับงานทางสถาปัตยกรรมและงานตกแต่ง และเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น บริษัทตัวอย่างสามารถผลิตสินค้าได้ครบวงจรด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย ได้แก่ งานรีด ชุบ พ่น ด้วยระบบการควบคุมคุณภาพตามมาตรฐานสากล เช่น ชุดบานเลื่อน Euro TARA, ชุดบานเลื่อน G-U TARA, ชุดบานเฟี้ยม และชุดแผงกันแดด เป็นต้น โดยพนักงานบริการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่งคลังสินค้าเป็นการจัดส่งแบบถึงที่ผู้ใช้วิธีการบันทึกข้อมูลลงกระดาษทำให้เกิดปัญหาบ่อยครั้งพนักงานจัดส่งสินค้าทำเอกสารชำรุดและสูญหาย และยากต่อการเข้าถึงข้อมูลที่สำคัญต่อการจัดทำรายงานและการตัดสินใจของหัวหน้างาน ซึ่งทางแผนกจะได้รับข้อมูลการจัดส่งสินค้าหลังจากที่พนักงานขนส่งสินค้ากลับถึงบริษัท เมื่อลูกค้ามีข้อร้องเรียนสินค้าชำรุดระหว่างการขนส่งทางแผนกไม่มีหลักฐานยืนยันกับลูกค้า ไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานได้แบบเรียลไทม์ (Real-time) และระบบการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดพัฒนาระบบการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการใช้โปรแกรมแอปชีต (Appsheet) สนับสนุนการบันทึกข้อมูลแผนกขนส่งคลังสินค้าอย่างเป็นระบบผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์สามารถใช้งานได้ง่าย และรายงานผลได้ถูกต้องและรวดเร็ว

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าโดยโปรแกรมแอปชีต บริษัทตัวอย่างอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยด้านโลจิสติกส์ในประเทศไทยยังไม่พบการประยุกต์ใช้โปรแกรมแอปชีตสำหรับบันทึกข้อมูลกระบวนการขนส่งคลังสินค้าและการลดข้อร้องเรียนของลูกค้าในการขนส่งสินค้า โดยงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทางด้านวิชาการและการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อบันทึกข้อมูลกระบวนการขนส่งคลังสินค้าโดยโปรแกรมแอปชีต (AppSheet)
- 2.2 เพื่อลดข้อร้องเรียนของลูกค้า
- 2.3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกขนส่งคลังสินค้า

3. วิธีการวิจัย

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าข้อมูลทางวิชาการจากบทความ วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลการติดตามกระบวนการขนส่งสินค้า และนำแนวคิด ทฤษฎีมาเป็นแนวทางการทำวิจัยนี้ เพื่อแก้ไขปัญหาการบันทึกข้อมูลการติดตามกระบวนการขนส่งสินค้า ดังนี้

3.1.1 การขนส่ง (Transportation) หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังลูกค้า ซึ่งอาจด้วยพาหนะหรือระบบขนส่ง ได้แก่ รถยนต์ รถไฟ เรือ เครื่องบิน และทางท่อ เป็นต้น การขนส่งที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ ความรวดเร็ว ประหยัด ความน่าเชื่อถือ และการตรงต่อเวลาที่กำหนดไว้ ดังนั้นการขนส่งสินค้าขึ้นยานพาหนะ (Loading) พนักงานต้องทำการตรวจสอบและนับสินค้าให้ครบตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ เพื่อลดความผิดพลาด ด้านจำนวน ชนิดสินค้า และคุณภาพสินค้าที่จะต้องส่งสินค้ากลับคืนจะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น โดยพนักงานจะต้องจัดทำรายงาน (Report) จำนวนสินค้าที่มีการเข้า-ออกของสินค้า และรายงานการบริการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า (วีระศักดิ์ เครือเทพ. 2546; ธรรมวิรัช ประเสริฐ และ วรากรณ์ ธนอนธรรม, 2565)

3.1.2 แนวคิดเกี่ยวกับแอปพลิเคชันแอปชีต (AppSheet) แพลตฟอร์มออนไลน์ด้วยแนวคิดแบบ No-Code/Low-Code ผู้ใช้งานสามารถสร้างแอปพลิเคชันสำหรับอุปกรณ์พกพา (Mobile) และคอมพิวเตอร์ (Web) ได้โดยไม่ต้องมีทักษะการเขียนโปรแกรมขั้นสูงสามารถสร้างแอปพลิเคชันแอปชีตจากแหล่งข้อมูล ซึ่งใช้งานเพียงแคมีข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในรูปแบบสเปรดชีต (Spreadsheet) เช่น Google Sheet, Excel หรือฐานข้อมูลบนคลาวด์ (Cloud Database) สามารถนำมาสร้างเป็นแอปที่มีฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลายได้ทันที ในปัจจุบันองค์กรต้องการเครื่องมือดิจิทัลการทำงานอย่างรวดเร็วและมีต้นทุนต่ำ นอกจากนี้แอปชีตมีข้อดี ได้แก่ เชื่อมต่อข้อมูลได้สะดวกและทำงานร่วมกับฐานข้อมูลอื่น ๆ ได้ทันที การปรับสถานะของข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Realtime) รองรับการทำงานร่วมกัน (Collaboration) ใช้งานได้หลายคนพร้อมกัน พีเจอรอัตโนมัติ (Automation) การแจ้งเตือน การส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) และการรักษาความปลอดภัยสูงอยู่ภายใต้ระบบ Google Cloud เป็นต้น (iCONEXT CO., LTD. 2023.; Google. (n.d.). 2567; นพรัตน์ ประทุมนอก และคณะ. 2565; สุนันท์ ธาติ, 2565)

3.1.3 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยการเขียนแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เป็นการกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ อัตราต้นทุน และอัตราการเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะนำหลักการ 4M 1E กำหนดเป็นกลุ่มปัจจัย (Factor) ได้แก่ Man, Machine, Material, Method และ Environment เพื่อนำไปสู่การแยกสาเหตุและปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง (วิบูลย์ พจนานสงเคราะห์. 2556; วราพรรณ นวารักษ์, 2566)

3.1.4 การวิเคราะห์ Why Why Analysis เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมกันมาก โดยการตั้งคำถาม "ทำไม" สำหรับการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งแต่ละคำถาม "ทำไม" ที่จะทำให้ทราบถึงต้นตอหรือรากเหง้าของปัญหา เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาและการป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำอีกต่อไป (เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. 2557; สุขชาติ อารงสุข, 2564)

3.2 การศึกษาปัญหาของแผนกขนส่งคลังสินค้า บริษัทตัวอย่างอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม

ข้อมูลจากแผนกขนส่งคลังสินค้า ผู้วิจัย พบว่า ปัญหาเอกสารสูญหายและชำรุด ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2567 จำนวน 22 ครั้ง, กรกฎาคม 20 ครั้ง, สิงหาคม 13 ครั้ง, และกันยายน 11 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 4 เดือน ซึ่งมีการขนส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง เอกสารสูญหายและชำรุด 66 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.58 โดยพนักงานส่งเอกสารกลับมาไม่ครบทุกคำสั่งซื้อที่ส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า และการเก็บข้อมูลที่ขาดความต่อเนื่องไม่เป็นปัจจุบัน

3.3 ข้อมูลข้อร้องเรียนจากลูกค้า ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากแผนกขนส่งคลังสินค้า ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน 2567

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลข้อร้องเรียนจากลูกค้า

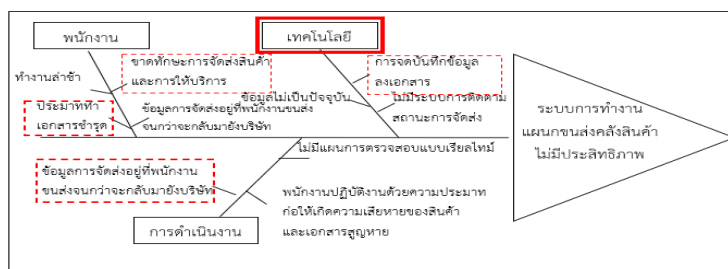
จำนวนรอบจัดส่ง		การจัดส่งสินค้า เดือน มิ.ย. - ก.ย. 2567					
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	รวม	ร้อยละ
		258	243	352	150	1,003	
ปัญหาการร้องเรียนจากลูกค้า							
สินค้าชำรุด	ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร	1	5	8	4	18	1.79
	ร้องเรียนด้วยวาจา	56	44	18	19	137	13.66
การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามี	ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร	1	3	2	2	8	0.79
	พฤติกรรมไม่เหมาะสม	35	24	44	26	129	12.86
รวม						292	29.1

จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า ข้อมูลเดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน 2567 การจัดส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง 1) ปัญหาการร้องเรียนสินค้าชำรุด ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 18 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 137 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 13.66 และ 2) การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามีพฤติกรรม ไม่เหมาะสม ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 8 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 129 ครั้ง รวมจำนวน 292 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 29.1



รูปที่ 1 แสดงข้อร้องเรียนจากลูกค้า

3.4 วิเคราะห์ปัญหาระบบการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ บริษัทตัวอย่าง



รูปที่ 2 แสดงแผนผังก้างปลาระบบการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลาเกี่ยวกับปัญหาระบบการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ บริษัทตัวอย่าง พบว่า 1) เทคโนโลยี ได้แก่ การจัดบันทึกข้อมูลลงเอกสาร ไม่มีระบบการติดตามสถานะการจัดส่ง และข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน 2) พนักงาน ได้แก่ ขาดทักษะการจัดส่งสินค้าและการบริการ ประมาททำเอกสารชำรุด ข้อมูลการจัดส่งอยู่ที่พนักงานขนส่งจนกว่าจะกลับมายังบริษัท และทำงานล่าช้า และ 3) การดำเนินงาน ได้แก่ ข้อมูลการจัดส่งอยู่ที่พนักงานขนส่งจนกว่าจะกลับมายังบริษัท ไม่มีแผนการตรวจสอบแบบเรียลไทม์ และพนักงานปฏิบัติงานด้วยความประมาทก่อให้เกิดความเสียหายของสินค้าหรือเอกสารหาย

3.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้ทฤษฎี ทำไม-ทำไม

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยทฤษฎี ทำไม-ทำไม

ปัญหา	Why	Why	Action
ระบบการทำงานแผนกขนส่งคลังสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ	ข้อมูลการจัดส่งอยู่ที่พนักงานขนส่งจนกว่าจะกลับมายังบริษัท	พนักงานทำงานล่าช้า (กลับมาถึงบริษัทช้า)	บันทึกการจัดส่งสินค้าผ่านโปรแกรมแอปชีต (AppSheet)
	พนักงานขาดทักษะการจัดส่งสินค้าและการให้บริการ	พนักงานขาดการฝึกอบรม	ฝึกอบรมทักษะการทำงานที่เกี่ยวข้อง
	ใช้การจัดบันทึกลงกระดาษ	ข้อมูลการจัดส่งสินค้ารู้เฉพาะพนักงานที่รับผิดชอบ	นำโปรแกรมแอปชีต (AppSheet) มาสนับสนุนการบันทึกข้อมูล
	เอกสารสูญหายและชำรุด	ใช้การจัดบันทึกลงกระดาษ	นำโปรแกรมแอปชีต (AppSheet) มาสนับสนุนการบันทึกข้อมูล
	ข้อมูลการจัดส่งสามารถตรวจสอบได้เมื่อพนักงานจัดส่งถึงบริษัท	ไม่มีระบบติดตามสถานะการจัดส่งแบบเรียลไทม์	นำโปรแกรมแอปชีต (AppSheet) มาสนับสนุนการบันทึกข้อมูล

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ผังก้างปลา และ ทฤษฎี ทำไม -ทำไม ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมแอปชีต (AppSheet) มาสนับสนุนการบันทึกข้อมูล ซึ่งพนักงานสามารถบันทึกข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือและทางแผนกขนส่งคลังสินค้ามีข้อมูลที่ถูกต้องและข้อมูลเป็นปัจจุบัน

3.6 ศึกษาขั้นตอนการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า (ก่อนปรับปรุง) ผู้วิจัย หัวหน้างาน พนักงานร่วมกันเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน 2567 จำนวน 30 ครั้ง (นำมาหาเฉลี่ย) ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนจัดเตรียมสินค้าตามใบสั่งซื้อ/รอบส่ง ถึง พนักงานธุรการดำเนินการเอกสารต่อ รวมทั้งสิ้น 8 ขั้นตอน ดังนี้

แผนภูมิการไหล (Process Chart)									
หัวข้อแผนภูมิ		การจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า (ก่อนการปรับปรุง)					○ การปฏิบัติ (Operation)		
แผนก		ขนส่งคลังสินค้า					➡ การเคลื่อนย้าย (Transportation)		
ผู้รับผิดชอบ		แผนกขนส่งคลังสินค้า					□ การตรวจสอบ (Inspection)		
Summary	Time (min)	682					D การรอ (Delay)		
	Distance (km)	191					▽ การเก็บรักษา (Storage)		
ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	○	➡	D	□	▽	Time (min)	Distance (km)	หมายเหตุ
1	จัดเตรียมสินค้าตามใบสั่งซื้อ/รอบส่ง	●	➡	D	□	▽	91		
2	หัวหน้างานตรวจสอบคุณภาพสินค้า	○	➡	D	■	▽	25		
3	เดินทางจัดส่งสินค้า	○	➡	D	□	▽	90	94.0	
4	พนักงานโหลดสินค้าให้ลูกค้า	●	➡	D	□	▽	46		
5	ลูกค้าตรวจรับสินค้า	○	➡	D	■	▽	15		
6	พนักงานเดินทางกลับบริษัท	○	➡	D	□	▽	152	97.0	
7	พนักงานรอรับเอกสารเพื่อดำเนินงาน	○	➡	■	□	▽	153		
8	พนักงานธุรการดำเนินงานเอกสารต่อ	●	➡	D	□	▽	110		
รวม		3	2	1	2	-	682	191	

รูปที่ 3 แสดงแผนภูมิการไหล (Process Chart) แผนกขนส่งคลังสินค้า บริษัทตัวอย่าง

จากรูปที่ 3 จากแผนภูมิการไหล (Process Chart) (ก่อนการปรับปรุง) แสดงขั้นตอนการทำงาน ทั้งหมด 8 ขั้นตอน โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติ รวม 3 ขั้นตอน, การเคลื่อนย้าย รวม 2 ขั้นตอน, การรอคอย รวม 1 ขั้นตอน และการตรวจสอบ รวม 2 ขั้นตอน ซึ่งใช้เวลา 682 นาที และระยะทาง 191 กิโลเมตร

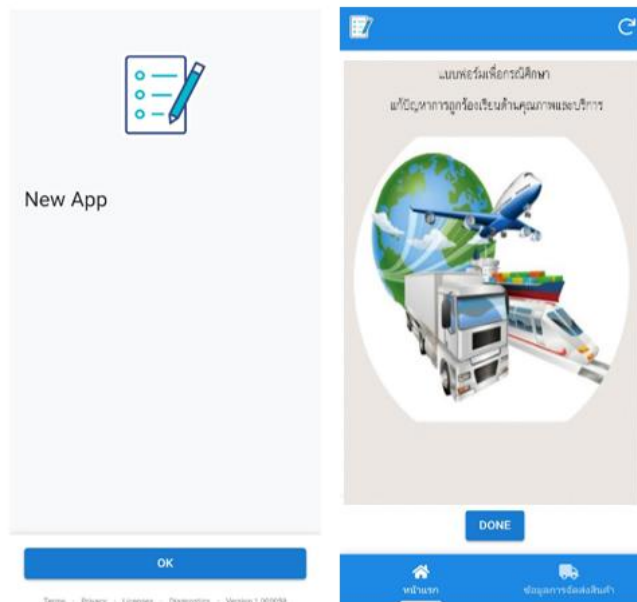
3.7 การออกแบบโปรแกรมแอปซิทแผนกขนส่งคลังสินค้า บริษัทตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ออกแบบแพลตฟอร์มการบันทึกข้อมูลโดยโปรแกรมแอปซิท (AppSheet) ซึ่งมีการออกแบบหลักการทำงาน ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงการออกแบบโปรแกรมแอปซิทแผนกขนส่งคลังสินค้า บริษัทตัวอย่าง

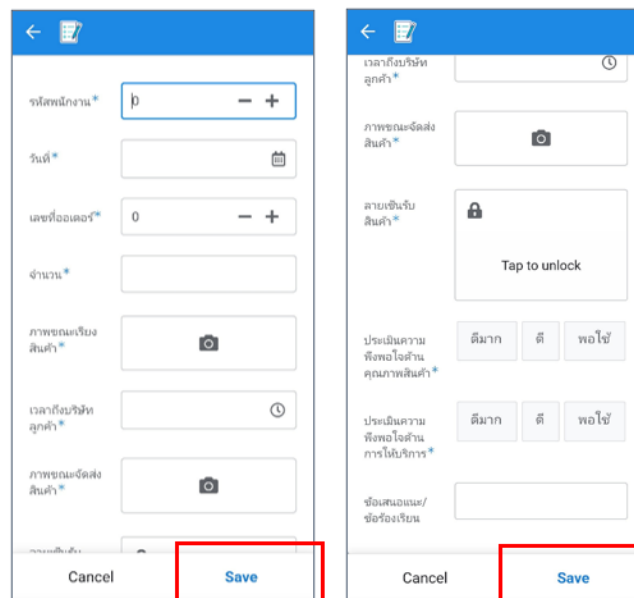
ข้อมูล	ผลลัพธ์
วันที่ปฏิบัติงาน/วันที่จัดส่งสินค้า	วัน/เดือน/ปี
ชื่อลูกค้า/เลขที่ใบสั่งซื้อ	ชื่อบริษัท/ชื่อลูกค้า
ชื่อพนักงานจัดส่ง	ชื่อพนักงาน
ภาพสินค้าขณะจัดเรียงขึ้นรถส่งสินค้า	รูปภาพ
เวลาที่ถึงบริษัทของลูกค้า	เวลา
ภาพขณะจัดส่ง-ลงสินค้า	รูปภาพ
ช่องลายเซ็นรับสินค้า	ลายเซ็น
ประเมินความพึงพอใจด้านสินค้าจากลูกค้า	คะแนน
ประเมินความพึงพอใจด้านบริการจากลูกค้า	คะแนน
ข้อเสนอแนะ/ข้อร้องเรียน	ข้อมูล
รูปภาพแนวการร้องเรียน/ปัญหาที่เกิดขึ้น	รูปภาพ

4. ผลการวิจัย

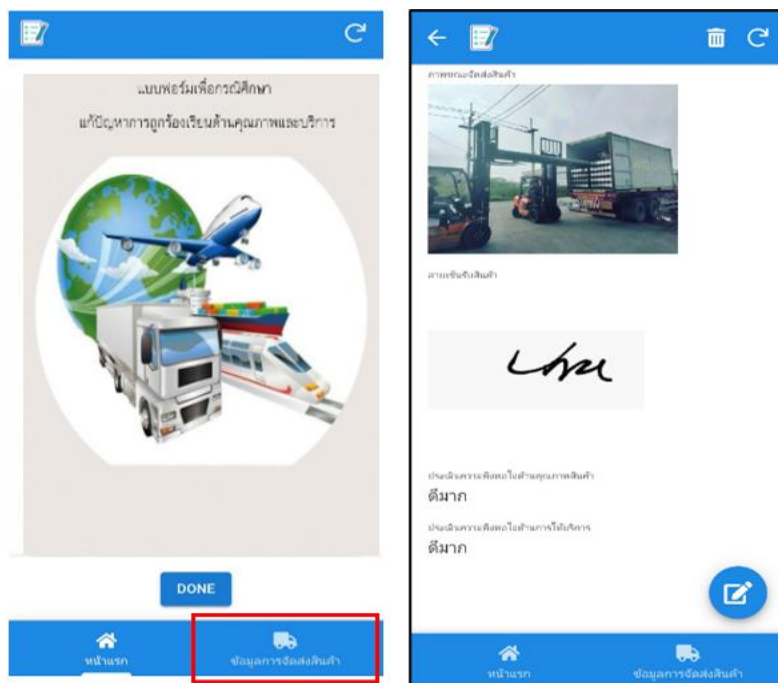
4.1 บันทึกข้อมูลกระบวนการขนส่งคลังสินค้าโดยโปรแกรมแอปชีต (AppSheet) เนื่องจากออกแบบการใช้งานได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว



รูปที่ 4 แสดงการเข้าสู่หน้าโปรแกรมแอปชีต (AppSheet) บันทึกข้อมูล



รูปที่ 5 แสดงการกรอกข้อมูลให้ครบถ้วน จึงกด SAVE เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 6 แสดงข้อมูลการจัดส่งที่บันทึกบนโปรแกรมแอปชีต (AppSheet)

Google Sheets interface showing a spreadsheet titled "แบบบันทึกข้อมูลการจ้างสินค้า". The spreadsheet has columns A through O. The data includes dates, item names, and quantities. The interface also shows the Google Sheets menu, toolbar, and address bar.

รูปที่ 7 แสดงรายละเอียดข้อมูลบน Google Sheet

ข้อมูลจากแผนกขนส่งคลังสินค้า ผู้วิจัย พบว่า ปัญหาเอกสารสูญหายและชำรุด ตั้งแต่เดือนมิถุนายน จำนวน 22 ครั้ง, กรกฎาคม 20 ครั้ง, สิงหาคม 13 ครั้ง, และกันยายน 11 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 4 เดือน ซึ่งมีการขนส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง เอกสารสูญหายและชำรุด 66 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.58 และหลังการปรับปรุง โดยใช้โปรแกรม แอปซีตบันทึกรหัสข้อมูล ตั้งแต่เดือนตุลาคม จำนวน 0 ครั้ง, พฤศจิกายน 0 ครั้ง, ธันวาคม 1 ครั้ง, และมกราคม 1 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 4 เดือน ซึ่งมีการขนส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง เอกสารสูญหายและชำรุด 2 ครั้ง คิดเป็น ร้อยละ 0.19

4.2 การลดการซื้อร้องเรียนของลูกค้า ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากแผนกขนส่งคลังสินค้า ผู้วิจัยพบว่า เดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน 2567 การจัดส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง 1) ปัญหาการร้องเรียนสินค้าชำรุด ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 18 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 137 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 13.66 และ 2) การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามีพฤติกรรมไม่เหมาะสม ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 8 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 129 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 12.86 และหลังการปรับปรุง โดยใช้โปรแกรมแอปชิตเก็บข้อมูลและรายงานข้อมูลให้กับแผนกขนส่งคลังสินค้าและลูกค้าได้แบบเรียลไทม์ ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2567 ถึง เดือนมกราคม 2568 การจัดส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง 1) ปัญหาการร้องเรียนสินค้าชำรุด ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 12 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.20 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 0 ครั้ง และ 2) การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามีพฤติกรรมไม่เหมาะสม ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 0 ครั้ง และ ร้องเรียนด้วยวาจา รวม 0 ครั้ง

4.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกขนส่งคลังสินค้า ผู้วิจัย หัวหน้างาน พนักงานร่วมกันเก็บ ข้อมูล เปรียบเทียบการทำงาน (ก่อนการปรับปรุง) ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน 2567 จำนวน 30 ครั้ง (นำมาหาเฉลี่ย) และ (หลังการปรับปรุง) ระหว่างเดือนตุลาคม 2567 ถึง เดือนมกราคม 2568 ซึ่งดำเนินการเก็บ ข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนจัดเตรียมสินค้าตามใบสั่งซื้อ/รอบส่งถึง พนักงานธุรการดำเนินงานเอกสารต่อ รวมทั้งสิ้น 8 ขั้นตอน ดังนี้

แผนภูมิการไหล (Process Chart)										
หัวข้อแผนภูมิ	การจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า					 การปฏิบัติ(Operation)				
แผนก	ขนส่งคลังสินค้า					 การเคลื่อนย้าย (Transportation)				
ผู้รับผิดชอบ						 การตรวจสอบ(Inspection)				
Summary	Time (min)		682 / 537			 การรอ (Delay)				
	Distance (km)		191 / 191			 การเก็บรักษา (Storage)				
						ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		
ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน						Time (min)	Distance (km)	Time (min)	Distance (km)
1	จัดเตรียมสินค้าตามใบสั่งซื้อ/รอบส่ง						91		91	
2	โฟร์แมนตรวจสอบคุณภาพสินค้า						25		25	
3	เดินทางจัดส่งสินค้า						90	94.00	90	94.00
4	พนักงานโหลดสินค้าให้ลูกค้า						46		46	
5	ลูกค้าตรวจรับสินค้า						15		18	
6	พนักงานเดินทางกลับบริษัท						152	97.00	152	97.00
7	พนักงานรอรับเอกสารเพื่อดำเนินงาน						153		5	
8	พนักงานธุรการดำเนินงานเอกสารต่อ						110		110	
รวม							682	191	537	191

รูปที่ 8 แสดงเปรียบเทียบการทำงานก่อนและหลังของแผนกขนส่งคลังสินค้า โดยใช้โปรแกรมแอปชิต

จากรูปที่ 8 (ก่อนการปรับปรุง) แสดงขั้นตอนการทำงาน ทั้งหมด 8 ขั้นตอน ซึ่งใช้เวลาในการจัดเตรียมสินค้าตามใบสั่งซื้อ/รอบส่ง ถึงพนักงานธุรการดำเนินงานเอกสารต่อ ทั้งหมด 682 นาที ระยะทางรวม 191 กิโลเมตร และ (หลังการปรับปรุง) ลูกค้าสามารถเซ็นเอกสารผ่านโปรแกรมแอปชิตได้ โดยมีขั้นตอน รวม 8 ขั้นตอน ใช้เวลา 537 นาที ระยะทางรวม 191 กิโลเมตร ซึ่งเวลาที่ลดลงเป็นขั้นตอนรอรับเอกสารเพื่อดำเนินงานจากลูกค้า ลดลง 145 นาที คิดเป็นร้อยละ 21.26

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรมแอปชีต (AppSheet) ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interview) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) ซึ่งเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ หัวหน้างาน 1 คน และ พนักงาน 4 คน รวม 5 คน จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มีความคิดเห็นสอดคล้องกัน พบว่า 1) โปรแกรมแอปชีต (AppSheet) ใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน 2) สามารถทำงานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่พร้อมกันได้ต่อเนื่อง 3) การประมวลผลและการแสดงผลที่ได้ถูกต้องอย่างรวดเร็ว 4) การจัดรูปแบบรายงานได้หลากหลาย และ 5) สามารถลดข้อผิดพลาดในการทำงาน

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 บันทึกข้อมูลกระบวนการขนส่งคลังสินค้าโดยโปรแกรมแอปชีต (AppSheet) ข้อมูลจากแผนกขนส่งคลังสินค้า พบว่า ปัญหาเอกสารสูญหายและชำรุด ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง กันยายน 2567 ซึ่งมีการขนส่งสินค้าจำนวน 1,003 ครั้ง เอกสารสูญหายและชำรุด 66 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.58 และหลังการปรับปรุง โดยใช้โปรแกรมแอปชีตบันทึกข้อมูล ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2567 ถึง มกราคม 2568 ซึ่งมีการขนส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง เอกสารสูญหายและชำรุด 2 ครั้ง โดยสามารถลดเอกสารสูญหายและชำรุด คิดเป็นร้อยละ 0.19

5.2 การลดการซื้อเครื่องเรียนของลูกค้า ผู้วิจัยพบว่า ข้อมูลเดือนมิถุนายน ถึง กันยายน 2567 การจัดส่งสินค้าจำนวน 1,003 ครั้ง 1) ปัญหาการร้องเรียนสินค้าชำรุด ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 18 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 137 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 13.66 และ 2) การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามีพฤติกรรมไม่เหมาะสม ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 8 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0.79 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 129 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 12.86 และหลังการปรับปรุง โดยใช้โปรแกรมแอปชีตเก็บข้อมูลและรายงานข้อมูลให้กับแผนกขนส่งคลังสินค้าและลูกค้าได้แบบเรียลไทม์ ข้อมูลเดือนตุลาคม 2567 ถึง มกราคม 2568 การจัดส่งสินค้า จำนวน 1,003 ครั้ง 1) ปัญหาการร้องเรียนสินค้าชำรุด ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 12 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.20 และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 0 ครั้ง และ 2) การบริการของพนักงานจัดส่งสินค้ามีพฤติกรรมไม่เหมาะสม ได้แก่ ร้องเรียนด้วยลายลักษณ์อักษร รวม 0 ครั้ง และร้องเรียนด้วยวาจา รวม 0 ครั้ง

5.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกขนส่งคลังสินค้า จากข้อมูลแสดงขั้นตอนการทำงาน ทั้งหมด 8 ขั้นตอน ซึ่งใช้เวลาในการจัดเตรียมสินค้าตามใบสั่งซื้อ/รอบส่ง ถึงพนักงานธุรการดำเนินงานเอกสารต่อ (ก่อนการปรับปรุง) เวลา รวม 682 นาที ระยะทางรวม 191 กิโลเมตร และ (หลังการปรับปรุง) ลูกค้าสามารถเซ็นเอกสารผ่านโปรแกรมแอปชีตได้โดยมีขั้นตอน 8 ขั้นตอนใช้เวลา 537 นาที ระยะทางรวม 191 กิโลเมตร ซึ่งเวลาที่ลดลงเป็นขั้นตอนรอรับเอกสารเพื่อดำเนินงานจากลูกค้า ลดลง 145 นาที คิดเป็นร้อยละ 21.26

5.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรมแอปชีต (AppSheet) ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interview) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) ซึ่งเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ หัวหน้างาน 1 คน และ พนักงาน 4 คน รวม 5 คน จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มีความคิดเห็นสอดคล้องกัน พบว่า 1) โปรแกรมแอปชีต (AppSheet) ใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน 2) สามารถทำงานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่พร้อมกันได้ต่อเนื่อง 3) การประมวลผลและการแสดงผลที่ได้ถูกต้องอย่างรวดเร็ว 4) การจัดรูปแบบรายงานได้หลากหลาย และ 5) สามารถลดข้อผิดพลาดในการทำงาน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมแอปชีต (AppSheet) กับระบบคลังสินค้าหรือระบบการติดตามการขนส่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแบบองค์รวมของบริษัท

6.2 ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการลงทุน และประเมินความคุ้มค่าของการใช้โปรแกรมแอปชีต (AppSheet)

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้ประกอบการ หัวหน้างาน และพนักงานของบริษัทตัวอย่างที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยและขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธนบุรีที่สนับสนุนงบประมาณการทำการวิจัยนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2557). *การควบคุมคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.
- นพรัตน์ ประทุมนอก, ชัยอนันต์ กิจชัยรัตน์, สราวุฒิ อุบลหอม, กิตติศักดิ์ สิงห์สูงเนิน. (2565). การพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจสอบการเข้าร่วมกิจกรรมด้วยแพลตฟอร์มแอปชิต. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 3(2), 17-28.
- ธรรมวิทย์ ประเสริฐ และ วรากรณ์ ฌอนธรรม. (2565). การจัดการปัญหาเส้นทางขนส่งกรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นรูปอลูมิเนียม. *วารสารเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ*, 1(1), 1-7.
- สำนักเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมกระทรวงพาณิชย์. (2567). BCG กุญแจสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน. *วารสารเศรษฐกิจอุตสาหกรรม*, 20 (76), 8-11.
- วราพรรณ นาวารักษ์. (2566). การเพิ่มประสิทธิภาพด้านการขนส่งประเภทอุปกรณ์และเครื่องใช้สำนักงาน : กรณีศึกษาบริษัท สหออฟฟิศ จำกัด. *วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 7(1), 155-169.
- วิบูลย์ พจนางสงเคราะห์. (2556). *การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- วิระศักดิ์ เครือเทพ. (2546). *การวางแผนคมนาคมขนส่ง (Transportation Planning)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมศุลกากร. (2567). *สินค้าที่มีมูลค่าการนำเข้าสูงสุด 15 อันดับ*.
- สุชาติ อารังสุข, พนิดนาฏ ทองฉิม และ อัยลดา ศรีบุญ. (2564). การเพิ่มผลผลิตการจัดการขนถ่ายสินค้ากรณีศึกษา บริษัท เอ.บี.ซี จำกัด. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 5(1), 62-75.
- สุนันท์ ธาติ, อลงกรณ์ เมืองไหว, ธณิดา โชนงนุช, วิจิต ธรรมพิทักษ์ และเอกชัยสัจจจังกูร. (2565). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ระบบคลาวด์-ทีฟ สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพและจัดการสินค้าคงคลัง. *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 7(1), 12-22.
- iCONEXT CO., LTD. (2023). *Google AppSheet: สร้างแอปโดยไม่ต้องเขียนโค้ด*. <https://iconext.co.th/th/2023/10/06/google-appsheet->
- Google. (n.d.). (2567). *จัดการ AppSheet ในองค์กร*. <https://support.google.com/a/answer/10100275?hl=th>

คุณค่าทางวิชาการ

บริษัทตัวอย่างอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมได้โปรแกรมแอปชิต (AppSheet) นำมาใช้สนับสนุนการทำงานของ บริษัทช่วยแก้ปัญหาเอกสารสูญหายและซ้ำชุด และเก็บข้อมูลและรายงานข้อมูลให้กับแผนกขนส่งคลังสินค้าและลูกค้าได้แบบเรียลไทม์ (real-time) ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาการร้องเรียนจากลูกค้า และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกขนส่งคลังสินค้า และพนักงานมีความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมแอปชิต (AppSheet) โดยบริษัทสามารถประหยัดงบประมาณในการลงทุนซื้อโปรแกรมที่มีราคาสูง



การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบแบบจำลองถดถอยในการพยากรณ์กำลังอัดของคอนกรีต กำลังอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กและน้ำประปาโดยใช้เทคนิคการแปลงข้อมูล เพื่อให้ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ

ธนภัทร มะณีแสง¹ ณัฐพล ภูระหงษ์^{2*} สุธิรา เบญจานุกรม³

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง¹

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์^{2*3}

อีเมล : nuttapon_sam@hotmail.com^{2*}

วันที่รับบทความ 27 สิงหาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 29 ตุลาคม 2568

วันตอบรับบทความ 10 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างพื้นฐานสมัยใหม่ ด้วยคุณสมบัติด้านความทนทานและความยืดหยุ่นในการใช้งาน อย่างไรก็ตามประเด็นเรื่องกำลังรับแรงอัดยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่นักวิจัยมุ่งพัฒนาอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กกับคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำประปา ทำการบ่มคอนกรีตเป็นระยะเวลา 3, 5, 7, 10, 14, 21 และ 28 วัน จากนั้นตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงอัดในแต่ละช่วงเวลา ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า คอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงอายุ 21 และ 28 วัน ซึ่งมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 23% และ 19% ตามลำดับ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Ramachandran และ Sruthi (2021) ที่ระบุว่าการใช้แม่เหล็กทั้งในขั้นตอนการผสมและการบ่มช่วยเพิ่มค่ากำลังอัดของคอนกรีตได้มากกว่าน้ำธรรมดา และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hussain และ Abbas (2024) ที่เสนอว่า พลังงานจากสนามแม่เหล็กอาจทำให้โมเลกุลของน้ำมีขนาดเล็กลงและกระจายตัวได้ดีขึ้น ส่งผลให้กระบวนการไฮเดรชันเกิดขึ้นได้สมบูรณ์และรวดเร็วมากขึ้น ข้อมูลเชิงปริมาณได้รับการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นและการแปลงข้อมูลเพื่อให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์เชิงสถิติ ผลการวิเคราะห์แสดงค่าความแปรปรวนอธิบายในระดับสูง สะท้อนถึงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นแนวทางใหม่ในการปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่เพิ่มภาระด้านต้นทุนหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างที่มุ่งเน้นความยั่งยืน

คำสำคัญ : คอนกรีต น้ำแม่เหล็ก กำลังรับแรงอัด การบ่มคอนกรีต

Comparative Regression Analysis of Concrete Strength Cured with Magnetized and Tap Water Using the Box-Cox Transformation Technique

Thanapat Maneesaeng¹, Nattapon Phurahong^{2*}, Sutira Benchanukrom³
Faculty of Industrial Technology, Muban Chombueng Rajabhat University¹
Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology Phetchabun Rajabhat
University^{2*3}

E – mail : nuttapon_sam@hotmail.com.^{2*}

Received 27 August 2025

Revised 29 October 2025

Accepted 10 November 2025

Abstract

Concrete is a primary construction material that plays a crucial role in modern infrastructure due to its durability and versatility. However, compressive strength remains a key factor that researchers continuously seek to enhance. This study investigates the effect of curing concrete with magnetized water and tap water on compressive strength development. Concrete specimens were cured under controlled conditions for 3, 5, 7, 10, 14, 21, and 28 days, and the compressive strength was measured at each curing age. The experimental results demonstrated that concrete cured with magnetic water consistently exhibited higher compressive strength than the control group, particularly at 21 and 28 days, showing average increases of 23% and 19%, respectively. These findings are consistent with those reported by Ramachandran and Sruthi (2021), who observed that using magnetic water in both the mixing and curing stages enhanced the compressive strength of concrete compared to normal water. Similarly, Hussain and Abbas (2024) suggested that magnetic field energy may reduce the size of water molecule clusters and improve their dispersion, resulting in more efficient and complete hydration. Quantitative data were analyzed using a linear regression model with appropriate data transformation to achieve normality, yielding a high coefficient of determination that reflects strong predictive reliability. This study highlights a promising approach to improving concrete properties effectively without increasing cost or environmental impact, offering potential applications in sustainable construction practices.

Keywords : Concrete, Magnetized Water, Compressive Strength, Concrete Curing



1. บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างหลักที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางเนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถปรับใช้ได้หลากหลาย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาสมบัติเชิงกลของคอนกรีต เช่น กำลังอัด กำลังดึง และกำลังดัด ยังคงเป็นความท้าทายสำคัญของงานวิจัย แนวทางการดั้งเดิมในการปรับปรุงคุณสมบัติเหล่านี้ เช่น การปรับสัดส่วนผสม การเติมสารเคมี หรือการบ่มด้วยเทคนิคพิเศษ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตได้ แต่ก็มักมาพร้อมกับข้อจำกัดทั้งด้านต้นทุน ความซับซ้อน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้มีความสนใจในแนวทางใหม่ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตได้โดยไม่เพิ่มภาระทางเศรษฐกิจหรือสิ่งแวดล้อม หนึ่งในนั้นคือการใช้แม่เหล็ก (Magnetically Treated Water: MTW) ในการผสมและบ่มคอนกรีต มีงานวิจัยจำนวนมากเริ่มยืนยันศักยภาพของ MTW ในการปรับปรุงสมบัติของคอนกรีต เช่น Ahmed และ Manar (2021) รายงานว่าการใช้แม่เหล็กช่วยเพิ่มการไหลตัว 7–26% และกำลังอัด 8–16% อีกทั้งยังทำหน้าที่แทนสารลดน้ำได้ ขณะที่ Abbas et al. (2022) พบว่าคอนกรีตเกรด 25, 35 MPa และ SCC ที่ใช้แม่เหล็กมีกำลังเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9–16% โดยเฉพาะที่อายุ 7 วัน และผลดีที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับสารเคมีผสมเพิ่มในคอนกรีต แสดงว่าแม่เหล็กช่วยเร่งการพัฒนา กำลังของคอนกรีตในช่วงต้นอายุนอกจากนี้ Dharmaraj et al. (2021) พบว่าการใช้แม่เหล็กเพิ่มกำลังอัด ดึง และดัด ได้ประมาณ 14–15% ลดการซึมน้ำ เพิ่มความทนทานต่อการกัดและคลอไรด์ และลดการใช้น้ำได้ถึง 50% นอกจากนี้ได้มีการทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์เชิงบรรณานุกรมโดย Hatem et al. (2024) ชี้ว่าแม่เหล็กช่วยเพิ่มกำลังคอนกรีต 6–24% และปรับปรุงความทนทาน แต่มีค่าที่เหมาะสมคือ 0.9–1.2 Tesla หากสูงกว่านี้ประสิทธิภาพกลับลดลง ในทำนองเดียวกัน Ramalingam et al. (2022) ยืนยันว่าแม่เหล็กลดค่า EC และ TDS ของน้ำ ทำให้การไฮเดรชันสมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้การไหลตัวเพิ่มขึ้น 25% และกำลังอัดสูงขึ้น 24% อีกทั้งยังสามารถใช้แทนสารลดน้ำได้ในคอนกรีตกำลังสูง พร้อมสนับสนุนการใช้วัสดุทดแทนเช่นผงหินแกรนิตเพื่อลดการใช้น้ำซีเมนต์ โดยสรุป งานวิจัยที่ผ่านมาชี้ตรงกันว่าแม่เหล็กสามารถปรับปรุงทั้งการไหลตัว กำลัง และความทนทานของคอนกรีตผ่านกลไกการเร่งไฮเดรชันและการสร้างโครงสร้างจุลภาคที่หนาแน่นขึ้น อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ยังแตกต่างกันไปตามความเข้มข้นแม่เหล็ก ระยะเวลาการบำบัด และค่า w/c ratio ซึ่งทำให้ยังไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจนสำหรับการประยุกต์ใช้จริง โดยเฉพาะภายใต้เงื่อนไขการบ่มคอนกรีตในพื้นที่เป้าหมาย

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อเติมเต็มช่องว่างความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการใช้แม่เหล็กต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีตอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นการปรับเวลาในการสัมผัสกับสนามแม่เหล็กและการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกำลังคอนกรีต เพื่อหาค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง งานวิจัยที่ผ่านมาแม้จะรายงานว่าแม่เหล็กช่วยเพิ่มกำลังและความทนทานของคอนกรีต แต่ยังขาดการวิเคราะห์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับเวลาบ่มที่เหมาะสมและเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้น การศึกษานี้ไม่เพียงแต่มุ่งเปรียบเทียบสมบัติทางกลของคอนกรีตที่บ่มด้วยแม่เหล็กและน้ำประปา แต่ยังจะพัฒนาแบบจำลองทางสถิติสำหรับการพยากรณ์กำลังอัด โดยใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลเพื่อเพิ่มความแม่นยำ และประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวในการระบุเวลาการบ่มที่เหมาะสมเพื่อให้คอนกรีตมีกำลังอัดตามเกณฑ์ที่ต้องการในงานก่อสร้างจริง เพื่อนำไปสู่วิธีการที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นในการปรับปรุงประสิทธิภาพของคอนกรีต ซึ่งจะส่งเสริมเทคโนโลยีการก่อสร้างและความยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาความแตกต่างของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยแม่เหล็กกับคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำประปา

2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางสถิติเพื่อพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลเพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลอง

3. วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตโดยการใช้พลังงานสนามแม่เหล็ก โดยมีขั้นตอนและหลักการดังนี้:

3.1.1 คุณสมบัติของแท่งแม่เหล็ก

ใช้แท่งแม่เหล็กนีโอไดเมียมซึ่งมีความเข้มสนามแม่เหล็กอยู่ระหว่าง 1,500-2,900 เกาส์ ซึ่งเป็นแม่เหล็กที่มีความแรงสูง ทำให้สามารถสร้างสนามแม่เหล็กที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของน้ำ

3.1.2 การออกแบบสถานีทดลอง

เริ่มต้นจากการออกแบบอุปกรณ์การจัดวางแท่งแม่เหล็กนีโอไดเมียมในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้แน่ใจว่าน้ำสามารถไหลผ่านสนามแม่เหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสูง โดยติดตั้งแม่เหล็กนีโอไดเมียมผ่านอะคริลิกให้ขั้วเหนือและขั้วใต้หันเข้าหากัน เว้นช่องว่างสำหรับการวางในภาชนะที่ใช้บ่มคอนกรีตดังภาพที่ 1



รูปที่ 1 แม่เหล็กนีโอไดเมียมที่ติดตั้งลงบนผ่านอะคริลิก

จากนั้นร้อยสายยางผ่านแผ่นอะคริลิกที่ประกอบแม่เหล็กเพื่อให้สามารถไหลผ่านสนามแม่เหล็กได้ เพื่อให้ได้รับพลังงานจากสนามแม่เหล็กก่อนที่จะนำไปใช้ในการบ่มคอนกรีต ดังภาพที่ 2 หลักการคือการให้น้ำไหลผ่านแท่งแม่เหล็กแรงสูงที่ประกอบอยู่ในแผ่นอะคริลิก เมื่อให้น้ำไหลผ่านสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการจัดวางแม่เหล็กให้ขั้วเหนือและขั้วใต้หันเข้าหากัน จะทำให้น้ำได้รับพลังงานจากสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการบ่มคอนกรีตเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 2 แม่เหล็กนีโอไดเมียมที่ติดตั้งลงบนผ่านอะคริลิก

3.2 การออกแบบการทดลองเพื่อหาระยะเวลาการบ่มคอนกรีตโดยใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

ในการทดลองเพื่อหาระยะเวลาการบ่มคอนกรีตจะใช้ลูกปูนทรงลูกบาศก์ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน คอนกรีตถูกบ่มและเก็บผลการทดสอบในช่วงเวลา 3, 5, 7, 10, 14, 21 และ 28 วันตามลำดับ

เนื่องจากคอนกรีตทั่วไป มักเลือกช่วงอายุการบ่มดังกล่าว ซึ่งถือเป็นการออกแบบการทดสอบที่ครอบคลุมพัฒนาการของคอนกรีตในหลายช่วงเวลา โดยเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์เกิดการเปลี่ยนแปลงสำคัญระยะ 3–7 วัน เป็นช่วงเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาและการพัฒนากำลังอัดอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ระยะ 14–28 วันเป็นช่วงที่การพัฒนาเข้าสู่ภาวะคงที่ (Anwar et al., 2022) ในการทดลอง คอนกรีตถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกบ่มด้วยน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวรจากแม่เหล็กนีโอไดเมียม โดยมีความเข้มของสนามแม่เหล็กอยู่ในช่วง 1,500–2,900 เกาส์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีรายงานว่าสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของน้ำได้โดยไม่เกิดผลข้างเคียงทางความร้อน (Wang et al., 2018) ทั้งนี้ระดับความเข้มของสนามแม่เหล็กที่สูงกว่า 3,000 เกาส์มักไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญ และอาจเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำจากผลของการลดแรงตึงผิวและการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำที่รวดเร็วขึ้น ซึ่งหากไม่ได้ควบคุมสภาพการบ่มอย่างเหมาะสมอาจส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำในระยะต้นของการบ่ม ส่วนกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มควบคุม โดยบ่มด้วยน้ำประปาธรรมดาภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลของกำลังรับแรงอัดในแต่ละช่วงอายุการบ่มโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 การออกแบบอัตราส่วนผสมและจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

การออกแบบอัตราส่วนผสมคอนกรีตในงานวิจัยนี้ดำเนินการตามมาตรฐาน ACI 211.1-91 เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดออกแบบที่ต้องการ โดยมีส่วนผสมที่ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย หิน และน้ำ ตามอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของลูกปูน

วัสดุผสม	ปริมาณ
ปูนซีเมนต์	336 kg/m ³
ทราย	960 kg/m ³
หิน	1,581 kg/m ³
น้ำ	180 L/m ³

ตารางที่ 2 จำนวนลูกปูนสำหรับการทดสอบในทรีทเมนต์ต่าง ๆ

วันที่	น้ำปกติ	น้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก
3	3 ลูก (W3)	3 ลูก (M3)
5	3 ลูก (W3)	3 ลูก (M3)
7	3 ลูก (W3)	3 ลูก (M3)
10	3 ลูก (W3)	3 ลูก (M3)
14	3 ลูก (W3)	3 ลูก (M3)
21	3 ลูก (W3)	3 ลูก (M3)
28	3 ลูก (W3)	3 ลูก (M3)

3.2.2 การทดสอบหาค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)

ค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump) การทดสอบนี้ใช้เพื่อทดสอบหาค่าความชันเหลวของคอนกรีตหรือความสามารถในการเท และเพื่อทดสอบปริมาณการใช้น้ำในการผสมคอนกรีต เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการเทและการอัดแน่นของคอนกรีตเข้าแบบ ค่ายุบตัวที่เหมาะสมจะช่วยให้การเทคอนกรีต

เป็นไปอย่างราบรื่นและไม่เกิดโพรงอากาศภายในโครงสร้าง ค่าการยุบตัวของคอนกรีตมีความแตกต่างกันตามประเภทและความซับซ้อนของโครงสร้าง ดังนั้นควรกำหนดค่าการยุบตัวให้เหมาะสมตามข้อกำหนดของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ซึ่งควรมีค่าการยุบตัวไม่เกิน 5 cm โดยการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 อุปกรณ์สำหรับทดสอบ และการทดสอบหาค่ายุบตัวของคอนกรีต

3.2.2.1 เมื่อผสมคอนกรีตได้ตามอัตราส่วนที่ระบุแล้ว ให้นำคอนกรีตใส่ลงในอุปกรณ์สำหรับทดสอบเพื่อหาค่ายุบตัวภาพที่ 3(ก) โดยใส่คอนกรีตลงในกรวยทดสอบประมาณหนึ่งในสามหรือประมาณ 10 cm ของปริมาตรกรวยทดสอบ จากนั้นใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่วผิวของคอนกรีตในกรวยจำนวน 25 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าคอนกรีตแน่นและไม่มีช่องว่าง

3.2.2.2 ใช้แท่งเหล็กปาดขอบผิวบนของกรวยจนคอนกรีตเรียบ จับที่หุยกแล้วยกกรวยขึ้นในแนวตั้งอย่างระมัดระวัง เพื่อไม่ให้กรวยโดนเนื้อคอนกรีตภายใน จากนั้นวัดระยะคอนกรีตที่ยุบตัวเทียบกับความสูงของกรวยดังรูปที่ 3(ข)

ตารางที่ 3 ค่าการยุบตัวของคอนกรีต

การทดสอบ	ค่ายุบตัว (cm)
1	4
2	3
3	3
4	4
เฉลี่ย	3.5

จากการเปรียบเทียบค่าการยุบตัวของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบในตารางที่ 3 กับค่าการยุบตัวที่เหมาะสมตามข้อกำหนดของ วสท. พบว่าค่าการยุบตัวเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบคือ 3.5 cm ซึ่งอยู่ในช่วงค่าที่กำหนดในข้อกำหนดของ วสท. สำหรับคอนกรีตโครงสร้างทุกประเภทงาน

3.2.2.3 การหล่อลูกปูนทดสอบ เริ่มจากผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเคลือบหรือหุ้มผิวของมวลรวมทั้งหมดด้วยซีเมนต์เพสต์ และเพื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังรูปที่ 4(ก) จากนั้นใส่คอนกรีตที่จะทดสอบลงในแบบประมาณ 1/3 หรือประมาณ 5 cm ของ ปริมาตรแบบหล่อ แล้วใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่วผิวของคอนกรีตเพื่อให้แน่ใจว่าคอนกรีตแน่นและไม่มีช่องว่าง ดังภาพที่ 4(ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 ขั้นตอนการหล่อลูกปูนทดสอบ

3.2.2.4 การบ่มคอนกรีต กระบวนการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของคอนกรีตเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต ประการแรกคือป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต เพื่อให้ปฏิกิริยาเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ประการที่สองคือการเพิ่มความชื้นช่วยให้กระบวนการไฮเดรชันดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและเต็มประสิทธิภาพ รูปที่ 5(ก) แสดงถึงการบ่มคอนกรีตด้วยน้ำปกติ ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปในการรักษาความชื้นของคอนกรีตในระหว่างการบ่ม ส่วนในรูปที่ 5(ข) แสดงถึงการบ่มคอนกรีตด้วยน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก



(ก)



(ข)

รูปที่ 5 ขั้นตอนการหล่อลูกปูนทดสอบ

3.3 การทดสอบแรงอัด

ขั้นตอนนี้คือการนำลูกทดสอบที่ครบกำหนดระยะเวลาการ บ่มมาทดสอบด้วยเครื่อง Compressive เพื่อคำนวณหา กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ในการทดสอบเริ่มจากวางลูกปูนทดสอบลงบนเครื่อง Compressive ให้อยู่แนวศูนย์กลางของแท่นกด จากนั้นเพิ่มแรงกระทำกับลูกทดสอบอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเท่ากับ 1.15 - 2.15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ตามมาตรฐาน BS 1881-116:1983 เพื่อประเมินค่ากำลังอัดที่เกิดขึ้นจริงหลังการบ่มในช่วงอายุที่กำหนด ดังรูปที่ 6(ก) และ รูปที่ 6(ข)



(ก)

(ข)

รูปที่ 6 การทดสอบด้วย ทดสอบด้วย Compressive Machine

3.4 การวิเคราะห์

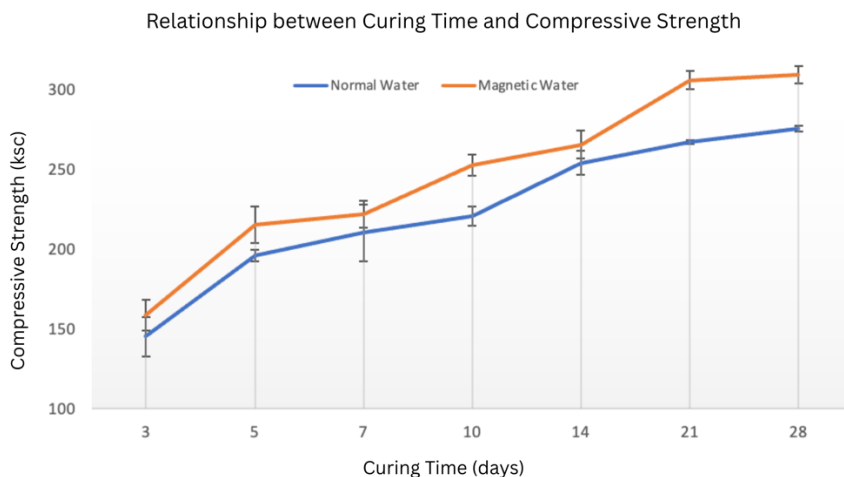
ในการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต โดยเฉพาะค่ากำลังอัดซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมโยธา พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่ากำลังอัด ได้แก่ ประเภทของน้ำที่ใช้ในการผสม และระยะเวลาการบ่ม อย่างไรก็ตาม ลักษณะของข้อมูลกำลังอัดจากการทดลองในหลายกรณี ไม่เป็นไปตามการแจกแจงแบบปกติ และไม่สัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรต้นอย่างชัดเจน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของแบบจำลองทางสถิติและการพยากรณ์ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้เทคนิค Box-Cox Transformation ซึ่งเป็นเทคนิคการแปลงข้อมูลทางสถิติที่ช่วยปรับข้อมูลให้ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ และเพิ่มความสอดคล้องเชิงเส้นระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม เพื่อให้สามารถสร้างแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ที่มีประสิทธิภาพ และใช้ในการพยากรณ์ค่ากำลังอัดของคอนกรีตได้อย่างแม่นยำภายใต้สภาวะการใช้น้ำแม่เหล็กและระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน โดยใช้โปรแกรม Minitab version 16 ออกแบบการทดลอง และความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีต และสร้างแบบจำลองถดถอยทำนายการเพิ่มขึ้นของสามารถในการรับแรงอัด และ การเพิ่มขึ้นของพันธะไฮโดรเจนเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังใช้ช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) และช่วงการทำนาย (prediction interval) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ ทั้งหมดนี้ช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความละเอียด และสามารถนำผลลัพธ์ไปปรับปรุงกระบวนการพัฒนาการบ่มคอนกรีตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาความแตกต่างของคุณสมบัติทางกลระหว่างคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กและคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำประปา

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำปกติและน้ำแม่เหล็กแสดงแนวโน้มว่าการใช้น้ำแม่เหล็กสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดได้ดีกว่าน้ำปกติอย่างชัดเจน ตลอดช่วงเวลา 28 วัน คอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำปกติอย่างสม่ำเสมอ ในช่วงเวลาการบ่ม คอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กแสดงผลการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดอย่างต่อเนื่อง ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าวันที่ 7 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 6% เมื่อเทียบกับน้ำปกติ ในวันที่ 14 การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดสูงขึ้นเฉลี่ยประมาณ 4% ในวันที่ 21 กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 23% และในวันที่ 28 การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดสูงขึ้นถึง 19% จากการ

เพิ่มขึ้นในทุก ๆ 7 วัน จึงสรุปได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำปกติและน้ำแม่เหล็กแสดงแนวโน้มที่ชัดเจนว่าน้ำแม่เหล็กสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดได้ดีกว่าน้ำปกติดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลลัพธ์การทดสอบด้วย Compressive Machine

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดระหว่างน้ำปกติและน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก

ประเภท	ค่าทางสถิติ	ระยะเวลาการบ่ม (วัน)						
		3	5	7	10	14	21	28
น้ำปกติ	ค่าเฉลี่ย (ksc)	145.14	196.23	210.36	220.97	254.12	267.23	275.92
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	12.10	3.49	17.92	6.08	7.46	1.39	1.79
น้ำสนามแม่เหล็ก	ค่าเฉลี่ย (ksc)	158.73	215.65	221.99	252.72	265.78	306.11	309.58
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	9.91	11.43	8.49	6.73	8.83	5.91	5.31

4.2. ผลลัพธ์การพัฒนาแบบจำลองทางสถิติเพื่อพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

4.2.1 การสร้างแบบจำลองถดถอยเพื่อทำนายกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำปกติและน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5 แสดงแบบจำลองการทำนายกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำปกติและน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กเมื่อเวลาผ่านไป 28 วัน โดยพบว่าทั้ง 3 กลุ่มมีค่า p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α ที่กำหนดไว้ จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยโพลีโนเมียลเหมาะสมในการศึกษาความสัมพันธ์นี้ มีค่า R square ของทั้ง 2 สมการสูงถึง 79.57 และ 93.93 % แสดงให้เห็นว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้มานั้นสามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เป็นอย่างดี ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถแบบจำลองทำนายกำลังรับแรงอัดจากสมการถดถอยได้

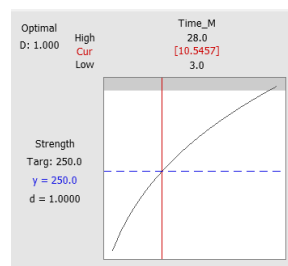
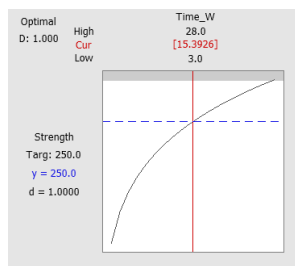
ตารางที่ 5 การสร้างแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นเพื่อทำนายกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำปกติและน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

ประเภท	สมการถดถอย	R-sq	P- value
น้ำประปา	$Strength_W = [(-10.34 + 5.841 \times Time_W) \times 6g^5]^{1/5}$ $\lambda = 6, g = 219.66$ is the geometric mean of Strength	94.93	0.000
น้ำสนามแม่เหล็ก	$Strength_M = [4 \times (241.707)^3 \times (3.02 + 6.271 \times Time_M) + 1]^{1/4}$ $\lambda = 4, g = 241.707$ is the geometric mean of Strength	93.93	0.000

4.2.2 การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยใช้แบบจำลองถดถอยเชิงเส้นสำหรับโครงสร้างอาคารทั่วไป คอนกรีตที่ใช้ต้องมีกำลังอัดที่เหมาะสมเพื่อรับประกันความปลอดภัยและความทนทาน โดยทั่วไปแล้ว กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารทั่วไปควรอยู่ที่ประมาณ 240-300 kg/cm² (Pandey et al., 2023) ดังนั้นจึงใช้ 250 kg/cm² เป็นค่าเป้าหมายในการทดสอบแบบจำลองถดถอยเพื่อทดสอบหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบ่มคอนกรีต ผลการใช้ฟังก์ชัน response optimization แสดงให้เห็นว่า ที่ค่าเป้าหมายกำลังรับแรงอัด 250 kg/cm² การบ่มคอนกรีตโดยใช้น้ำปกติต้องใช้เวลา 15.39 วัน หรือประมาณ 16 วัน โดยที่มีช่วงความเชื่อมั่นที่ 246.88 - 252.92 kg/cm² ส่วนน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก ส่วนการบ่มคอนกรีตโดยใช้น้ำผ่านสนามแม่เหล็กต้องใช้เวลา เพียง 10.46 วัน หรือประมาณ 11 วัน โดยที่มีช่วงความเชื่อมั่นที่ 243.77 - 255.79 kg/cm² ดังตาราง โดยทั้ง 2 รูปแบบ มีโอกาสเป็นไปได้ 100% แต่หากพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นพบว่าผลลัพธ์จากน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กมีช่วงที่แคบกว่าน้ำปกติดังที่แสดงใน ตารางที่ 6 และรูปที่ 8

ตารางที่ 6 ค่าตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด

ประเภทน้ำ	ระยะเวลา	โอกาสที่เป็นไปได้ (%)	ช่วงความเชื่อมั่น (kg/cm ²)	ช่วงการทำนาย (kg/cm ²)
ปกติ	15.39	100	(246.88 , 252.92)	(234.27 , 261.93)
สนามแม่เหล็ก	10.57	100	(243.77 , 255.79)	(216.42 , 273.78)



รูปที่ 8 ผลการทดลองหาค่าตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสม

5. อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

5.1 อภิปรายผล

ผลการทดสอบตลอดช่วงอายุ 28 วันแสดงให้เห็นว่า การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำที่ผ่านการทำให้เป็นแม่เหล็กสามารถเพิ่มค่ากำลังอัดได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการบ่มด้วยน้ำธรรมดา สะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำหลังผ่านสนามแม่เหล็กมีอิทธิพลโดยตรงต่อกระบวนการไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ในระหว่างการบ่ม ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Ramachandran และ Sruthi (2021) ซึ่งรายงานว่าการใช้แม่เหล็กทั้งในขั้นตอนการผสมและการบ่มคอนกรีตช่วยเพิ่มค่ากำลังอัดได้มากกว่าการใช้น้ำธรรมดา โดยเชื่อว่ากลไกหลักเกิดจากการที่น้ำแม่เหล็กมีโครงสร้างโมเลกุลที่แตกตัวเป็นคลัสเตอร์ขนาดเล็กลง ทำให้ซึมผ่านเข้าสู่เนื้อคอนกรีตและผิวเม็ดซีเมนต์ได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันดำเนินต่อไปได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ในระหว่างการบ่ม ในทำนองเดียวกัน Hussain และ Abbas (2024) อธิบายว่า พลังงานจากสนามแม่เหล็กสามารถทำลายโครงสร้างคลัสเตอร์ของน้ำ ทำให้โมเลกุลน้ำมีขนาดเล็กลงและมีพลังงานผิวสูงขึ้น ซึ่งช่วยให้เกิดการกระจายตัวและการแทรกซึมของน้ำในเนื้อคอนกรีตได้ดีขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ส่งผลให้คอนกรีตแข็งตัวเร็วขึ้นและสามารถลดระยะเวลาในการบ่มได้โดยไม่กระทบต่อกำลังอัดสูงสุดในระยะยาวผลลัพธ์ ผลจากงานวิจัยชิ้นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มเดียวกันว่า การบ่มด้วยน้ำแม่เหล็กสามารถช่วยเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ได้จริง ส่งผลให้คอนกรีตมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นในระยะต้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่องในระยะยาว อีกทั้งยังมีศักยภาพในการลดเวลาการบ่มและประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบบ่มคอนกรีตในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นรูปธรรม

5.2 สรุปผล

5.2.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

5.1.1.1 การใช้แม่เหล็กในการบ่มคอนกรีตมีแนวโน้มให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าการบ่มด้วยน้ำปกติในทุกช่วงอายุการบ่ม

5.1.1.2 คอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กมีการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดสูงกว่าในทุกช่วงเวลา

5.2.2 การสร้างแบบจำลองถดถอย

5.2.2.1 แบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยเหมาะสมในการทำนายกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

5.2.2.1 ค่า R-square ของแบบจำลองสูงถึง 79-93 % ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในการทำนาย

5.2.3 การทดลองหาค่าตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสม

5.2.3.1 การใช้แม่เหล็กในการบ่มคอนกรีตลดระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มได้อย่างมีนัยสำคัญ

5.2.3.2 น้ำเพื่อให้ได้กำลังรับแรงอัด 250 kg/cm^2 แม่เหล็กใช้เวลาในการบ่มเพียง 11 วัน ขณะที่น้ำประปาที่ใช้เวลา 19 วัน

5.2.3.3 ช่วงความเชื่อมั่นของกำลังรับแรงอัดสำหรับน้ำแม่เหล็กแคบกว่าน้ำปกติ แสดงถึงความเสถียรของการใช้แม่เหล็กในการบ่มคอนกรีต

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 เนื่องจากกลไกทางวิทยาศาสตร์ของน้ำแม่เหล็กที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตยังไม่ชัดเจน ควรมีการศึกษาระดับโมเลกุลโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง หรือเทคนิควิเคราะห์พันธะไฮโดรเจน เพื่อยืนยันว่าการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างน้ำจริงหรือไม่

6.2 ควรศึกษาการเกิดผลึกของสารประกอบไฮดรอกไซด์ในซีเมนต์ที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กเปรียบเทียบกับน้ำปกติ เพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคมีผลต่อค่ากำลังอัดและความทนทานของคอนกรีตหรือไม่ และในระดับใด

6.3 ควรทดสอบคอนกรีตที่บ่มด้วยน้ำแม่เหล็กภายใต้สภาวะจริงที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือ ชนิดของปูนซีเมนต์ เพื่อประเมินว่าผลของน้ำแม่เหล็กยังคงมีแนวโน้มเพิ่มกำลังอัดในทุกสภาพแวดล้อม

6.4 ควรมีการศึกษาความเข้มข้นแม่เหล็ก ระยะเวลาการบ่ม และการผสมผสานกับเทคนิคอื่น เช่น น้ำหนุมนเวียนหรือสารเร่งการบ่ม เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพโดยไม่อาศัยการตีความกลไกที่ยังไม่ยืนยันทางวิทยาศาสตร์

6.5 ควรทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมจากการใช้น้ำแม่เหล็กในการบ่มคอนกรีต เพื่อให้สามารถตัดสินใจได้ว่าการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมมีความเหมาะสมในเชิงปฏิบัติ และเชิงต้นทุนหรือไม่

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะดังกล่าวเป็นอย่างสูง รวมทั้งขอขอบคุณห้องปฏิบัติการของสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abbas, Z., Al-Baghdadi, H., & Ibrahim, E. (2022). Concrete strength development by using magnetized water in normal and self-compacted concrete. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 31(1), 564–572.
- Ahmed, A. M., & Manar, D. F. (2021). Effect of static magnetic field treatment on fresh concrete and water reduction potential. *Case Studies in Construction Materials*, 14(1), e00535. DOI:10.1016/j.cscm.2021.e00535
- Anwar, A., Tariq, H., Adil, S., & Iftikhar, M. A. (2022). Effect of curing techniques on compressive strength of concrete. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 16(3), 694–710.
- Dharmaraj, R., Arunvivek, G. K., Karthick, A., Mohanavel, V., Perumal, B., & Rajkumar, S. (2021). Investigation of mechanical and durability properties of concrete mixed with water exposed to a magnetic field. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1–9.
- Hatem, W. A., Rashid, F. L., Al-Obaidi, M. A., Dulaimi, A., & Mydin, M. A. O. (2024). A bibliometric analysis and comprehensive review of magnetized water effects on concrete properties. *Asian Journal of Civil Engineering*, 25(1), 5017–5032.
- Hussain, D. M., & Abbas, Z. K. (2024). The efficiency of using magnetized water in concrete: A review. *Journal of Engineering*, 30(12), 65–75.
- Ramachandran, H., & Sruthi, D. K. (2021). An experimental study on the use of magnetized water in concrete with M sand as fine aggregate. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 8(6), 26–32.

- Ramalingam, M., Narayanan, K., Masilamani, A., Kathirvel, P., Murali, G., & Vatin, N. I. (2022). Influence of magnetic water on concrete properties with different magnetic field exposure times. *Materials*, 15(12), 4291.
- Ramalingam, M., Narayanan, K., Sivamani, J., Kathirvel, P., Murali, G., & Vatin, N. I. (2022). Experimental investigation on the potential use of magnetic water as a water reducing agent in high strength concrete. *Materials*, 15(15), 5219.
- Wang, Y., Wei, H., & Li, Z. (2018). Effect of magnetic field on the physical properties of water. *Results in Physics*, 8, 262–267.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้มีคุณค่าทางวิชาการในด้านการสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับผลของการใช้น้ำแม่เหล็กต่อสมบัติทางกลของคอนกรีต โดยมุ่งเน้นทั้งการทดลองเปรียบเทียบกับน้ำประปาและการพัฒนาแบบจำลองทางสถิติสำหรับการพยากรณ์กำลังอัด การใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลช่วยให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ด้านวัสดุก่อสร้าง งานนี้จึงไม่เพียงแต่ยืนยันผลการศึกษาที่ผ่านมา แต่ยังขยายองค์ความรู้ไปสู่การกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมของการบ่มคอนกรีตด้วยน้ำแม่เหล็ก อีกทั้งยังวางรากฐานให้เกิดการประยุกต์ใช้โมเดลเชิงทำนายในการออกแบบและควบคุมคุณภาพคอนกรีตในอนาคต

การศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของอุโมงค์ที่เสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt โดยใช้การทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กและวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์

นราวิชญ์ แดงเขียว^{1*} พงศกร พวงชมพู²

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น^{1*2}

อีเมลล์ : domenarawit2543@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 16 พฤษภาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 7 สิงหาคม 2568

วันตอบรับบทความ 18 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของอุโมงค์โดยการทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite Element Method) โดยพิจารณารูปทรงของอุโมงค์หลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะรูปทรงเกือกม้า (Horseshoe) ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนค่าความชะลุดของช่องเปิด (Slenderness Ratio) และประยุกต์ใช้เทคนิคการเสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการชี้ให้เห็นว่า อุโมงค์รูปทรงเกือกม้าที่มีความสูงช่องเปิดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสามารถรับแรงอัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งยังให้ความปลอดภัยแก่ช่องเปิดและพื้นที่ใช้งานที่เหมาะสม ขณะเดียวกัน การวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ยังแสดงผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการทดลอง ทั้งในด้านรูปแบบการกระจายความเค้น (Stress Distribution) และค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดของโครงสร้าง (Maximum Total Displacement) งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่า การผสมผสานการทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กเข้ากับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการประเมินเสถียรภาพของอุโมงค์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงสร้างอุโมงค์ที่มีการเสริมกำลังได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : อุโมงค์รูปทรงเกือกม้า แบบจำลองขนาดเล็ก การเสริมกำลัง วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์

Load-Bearing Behavior of Tunnels Reinforced with Shotcrete and Rock Bolts Using Small-Scale Model Testing and the Finite Element Method

Naravit Kheaphukhio ^{1*}, Pongsagorn Pongchompu ²

Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan

Khon Kaen Campus ^{1*,2}

E – mail : domenarawit2543@gmail.com ^{1*}

Received 16 May 2025

Revised 7 August 2025

Accepted 18 August 2025

Abstract

This study aims to investigate the load-bearing behavior of tunnels through small-scale model testing combined with numerical analysis using the Finite Element Method (FEM). Various tunnel cross-sectional geometries were examined, with particular focus on the horseshoe-shaped tunnel. The study considers the influence of modifying the slenderness ratio of the tunnel opening and the application of reinforcement techniques using shotcrete and rock bolts. Laboratory testing results revealed that horseshoe-shaped tunnels with optimally proportioned opening heights can efficiently withstand compressive loads while providing structural safety and adequate usable space. Concurrently, numerical analyses using FEM exhibited results consistent with experimental observations, particularly in terms of stress distribution and maximum total displacement of the tunnel structure. The findings demonstrate that the integration of small-scale physical testing and FEM analysis provides a reliable approach for evaluating tunnel stability and offers practical insights for the structural design of reinforced tunnels

Keywords : Horseshoe-shaped tunnel, Small-scale model, Structural reinforcement, Finite Element Method (FEM)

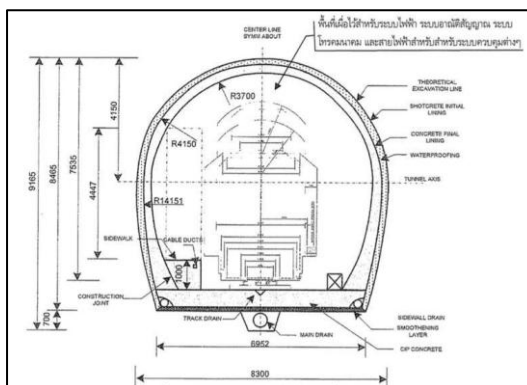
1. บทนำ

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยประสบเหตุการณ์อุโมงค์ถล่มระหว่างการก่อสร้างหลายกรณี โดยเฉพาะในโครงการโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ เช่น รถไฟฟ้าใต้ดิน ระบบระบายน้ำในเขตเมือง และรถไฟความเร็วสูง ซึ่งหนึ่งในกรณีที่ได้รับความสนใจอย่างมากคือการถล่มของอุโมงค์ระหว่างการก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงไทย-จีนในจังหวัดนครราชสีมา เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 ดังรูปที่ 1 เหตุการณ์ดังกล่าวไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดความสูญเสียด้านชีวิตและทรัพย์สินเท่านั้น ดังนั้น ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของอุโมงค์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในประเด็นด้านรูปทรงของอุโมงค์ ลักษณะของช่องเปิด และเทคนิคการเสริมกำลัง ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพของโครงสร้างโดยตรง



รูปที่ 1 เหตุการณ์อุโมงค์รถไฟความเร็วสูงถล่มที่นครราชสีมา
ที่มา: JS100. (2024)

อุโมงค์รูปทรงเกือกม้าหรือ Horseshoe Tunnel ดังรูปที่ 2 เป็นหนึ่งในรูปแบบที่ได้รับความนิยมในการออกแบบโครงสร้างใต้ดิน เนื่องจากสามารถรองรับแรงกระทำด้านข้างจากดินได้ดี มีพื้นที่ใช้สอยที่เหมาะสมกับระบบสาธารณูปโภค และมีความยืดหยุ่นในการออกแบบมากกว่ารูปทรงอื่น อย่างไรก็ตาม เมื่ออุโมงค์ถูกก่อสร้างในพื้นที่ที่มีสภาพทางธรณีวิทยาที่อ่อนแอหรือไม่แน่นอน เช่น ชั้นดินอ่อน อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเสียรูปหรือวิบัติของโครงสร้างได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีอัตราส่วนความขรุขระของช่องเปิด (Slenderness Ratio) มีค่าสูง ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างมีแนวโน้มเกิดการโก่งตัวภายใต้แรงอัด การเสริมกำลังด้วยเทคนิคทางวิศวกรรม เช่น การพ่นคอนกรีต (Shotcrete) ดังรูปที่ 3 (ก) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและกระจายแรงบนผิวผนังอุโมงค์ และการติดตั้ง Rock Bolt ดังรูปที่ 3 (ข) เพื่อช่วยยึดดินโดยรอบและลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มเสถียรภาพของอุโมงค์ ซึ่งจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างให้มีความมั่นคงในด้านความปลอดภัย



รูปที่ 2 อุโมงค์รูปทรงเกือกม้า (Horseshoe Tunnel)

ที่มา: ITD-RT. (2020)



3 (ก) การพ่นคอนกรีต (Shotcrete)



3 (ข) การติดตั้ง Rock Bol

รูปที่ 3 การเสริมกำลังด้วยเทคนิคทางวิศวกรรม

ที่มา: (ก) (Sika Thailand. 2014) และ (ข) (CAN Geotechnical Ltd. 2017)

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของอุโมงค์ งานวิจัยนี้ได้้นำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยโมเดลขนาดเล็กมาใช้ โดยสร้างโครงสร้างอุโมงค์จากอิฐมวลเบา (Q-CON) โดยสามารถขึ้นรูปและตัดแต่งให้ได้ขนาดตามที่กำหนดได้อย่างแม่นยำและสะดวก อีกทั้งยังมีคุณสมบัติการรับแรงอัดที่สม่ำเสมอและเหมาะสมสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับอุโมงค์รูปทรงอื่น ได้แก่ สี่เหลี่ยม วงรี และครึ่งวงกลม เพื่อประเมินอิทธิพลของรูปทรงที่แตกต่างกันต่อพฤติกรรมการรับน้ำหนัก การเสียรูปและเสถียรภาพของโครงสร้าง โดยเฉพาะในรูปทรงเกือกม้า ได้มีการปรับระดับความสูงของช่องเปิดเพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนความชะลูด (Slenderness Ratio) ต่อความมั่นคง และทำการเสริมกำลังด้วยเทคนิค Shotcrete และ Rock Bolt เพื่อประเมินผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของโครงสร้าง การทดสอบดำเนินการด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) เพื่อวัดค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดก่อนเกิดการวิบัติ ส่วนการวิเคราะห์เชิงตัวเลขใช้วิธี Finite Element Method (FEM) ด้วยโปรแกรม Plaxis 2D ผ่าน License ของ Dr. Pongsagorn Pongchompu เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้าง ได้แก่ การกระจายความเค้น (Stress Distribution) และค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดของโครงสร้าง (Maximum Total Displacement) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงเสถียรภาพของโครงสร้างในแต่ละกรณี จากการศึกษาที่ผ่านมา โดย Frank (2024) ได้ทำการวิเคราะห์การกระจายความเค้นใน Shotcrete ของอุโมงค์ที่มีรูปทรงแตกต่างกัน และพบว่าอุโมงค์รูปทรงเกือกม้ามีระดับความเค้นสูงสุดต่ำกว่ารูปทรงวงกลมและวงรี ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการลดการกระจาย

ความเค้น (Stress Distribution) ได้ดีกว่า ขณะที่ Mohammed และ Hruběšová (2018) ศึกษาพฤติกรรมของอุโมงค์รูปทรงเกือกม้าโดยใช้โปรแกรม MIDAS GTS NX ภายใต้แรงสถิตและพลศาสตร์ พบว่ารูปทรงเกือกม้าให้การกระจายความเค้นและรูปแบบการเสียรูปที่สมดุลที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปทรงอื่น ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายเฉพาะจุด ในขณะที่ Clay และ Takacs (1996) ได้เสนอแนวคิดเชิงวิศวกรรมเกี่ยวกับรูปทรงของอุโมงค์ในชั้นดินอ่อน โดยเน้นความสำคัญของการออกแบบช่องเปิดที่มีความสมดุลระหว่างความแข็งแรงและพื้นที่ใช้งาน เพื่อเพิ่มความมั่นคงและลดความเสี่ยงต่อการทรุดตัวของโครงสร้าง ทั้งนี้งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์พฤติกรรมการรับน้ำหนักของอุโมงค์ผ่านการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักและรูปแบบการเสียรูปของอุโมงค์รูปทรงต่าง ๆ โดยเน้นที่อุโมงค์รูปทรงเกือกม้า ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนความสูงของช่องเปิดและเสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt โดยดำเนินการผ่านการทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยโมเดลขนาดเล็กและการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ผ่านโปรแกรม Plaxis 2D

3. วิธีการวิจัย

3.1 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของอุโมงค์ด้วยโมเดลขนาดเล็ก

3.1.1 โมเดลขนาดเล็กอุโมงค์ใช้วัสดุอิฐมวลเบา (Q-CON) ขนาด $30 \times 20 \times 7.5$ เซนติเมตร โดยให้มีรูปทรงของช่องเปิดอุโมงค์ที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะอุโมงค์รูปทรงเกือกม้าที่อ้างอิงในโครงการก่อสร้าง รถไฟความเร็วสูงช่วงมาบะเขา-ชุมทางถนนจิระ เพื่อให้ได้สัดส่วนและพฤติกรรมที่สอดคล้องกับภาคสนาม และมีการเปลี่ยนแปลงความสูงของช่องเปิด เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าความขรุขระ รวมถึงการศึกษากการเสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt โดยกำหนดรายละเอียดรูปแบบของตัวอย่างทดสอบ ดังตารางที่ 1

3.1.2 จัดตำแหน่งโมเดลขนาดเล็กวางบนฐานรับแรงของเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) โดยมีการวางแผ่นเหล็กไว้ระหว่างฐานของเครื่องกับตัวอย่าง เพื่อให้การกระจายแรงกระทำเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และติดตั้งกล้องถ่ายภาพเพื่อใช้ร่วมกับระบบ Digital Image Correlation (DIC) สำหรับวิเคราะห์การเสียรูปของโครงสร้างในระหว่างการทดสอบ ดังรูปที่ 4

3.1.3 การทดสอบใช้วิธี โหลดแรงแนวตั้งแบบต่อเนื่อง (Continuous Loading) โดยอาศัยความเร็วคงที่ในการเพิ่มแรงที่ $54,000 \text{ N/min}$ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของเครื่องทดสอบ UTM เพื่อให้โครงสร้างรับแรงอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งเกิดจุดวิบัติ (Failure) หรือแสดงให้เห็นถึงรูปแบบการเสียรูปอย่างชัดเจน

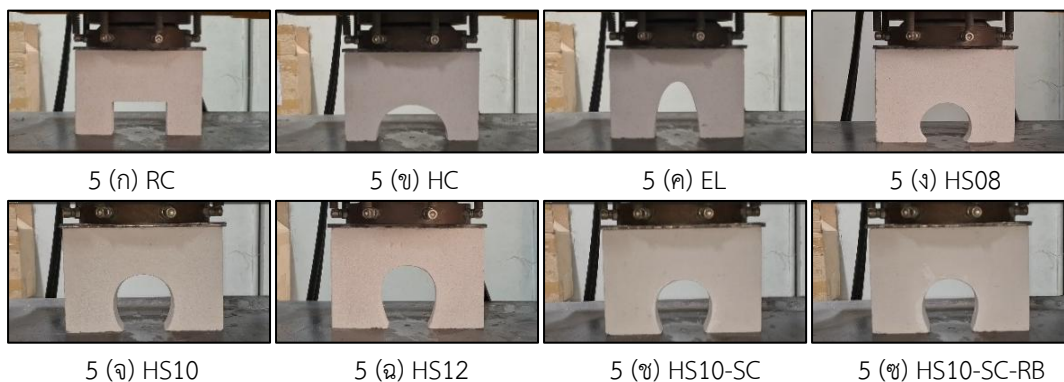
3.1.4 การทดสอบทั้งหมดดำเนินการอ้างอิง มาตรฐาน ASTM C109/C109M ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลสำหรับการทดสอบแรงอัดของวัสดุคอนกรีตในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักและรูปแบบการเสียรูปโดยเริ่มต้นจากการทดสอบ Solid Block (SB) ที่ไม่มีช่องเปิดเพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงเบื้องต้นสำหรับเปรียบเทียบกับอุโมงค์แต่ละแบบ โดยทดสอบจนเกิดการวิบัติ เพื่อให้ได้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางโครงสร้างของอุโมงค์แต่ละรูปทรง ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยเครื่องทดสอบ UTM

ตารางที่ 1 รายละเอียดรูปแบบของตัวอย่างทดสอบ

รูปทรงอุโมงค์	รหัสตัวอย่าง	รูปที่แสดง	หมายเหตุ
Solid Block	SB		ตัวควบคุมอ้างอิงสำหรับค่ากำลังรับแรงอัด
Rectangular	RC	5 (ก)	
Half-Circle	HC	5 (ข)	
Elliptical	EL	5 (ค)	
Horseshoe H = 8 cm	HS08	5 (ง)	อุโมงค์รูปทรงเกือกม้า ความสูงช่องเปิด 10 ซม. อ้างอิงรูปทรงที่ใช้ในโครงการจริง
Horseshoe H = 10 cm	HS10	5 (จ)	
Horseshoe H = 12 cm	HS12	5 (ฉ)	
Horseshoe, Shotcrete	HS10-SC	5 (ช)	Rock Bolt: ใช้แท่งเดียวไฟเบอร์กลาส
Horseshoe, Shotcrete and RockBolt	HS10-SC-RB	5 (ซ)	Shotcrete: ATM107 ผสมหมันโป้วอะครีลิค Wire Mesh: ใช้ตาข่ายไฟเบอร์เมช Weber



รูปที่ 5 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของอุโมงค์ด้วยโมเดลขนาดเล็กในแต่ละรูปทรง

3.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ (Finite Element Method)

3.2.1 การวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ของงานวิจัยนี้ผ่านโปรแกรม Plaxis 2D เพื่อจำลองพฤติกรรมทางโครงสร้างของอุโมงค์ในลักษณะสองมิติ กำหนดให้เป็น Plane Strain Condition ซึ่งเหมาะสมกับอุโมงค์ที่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับหน้าตัด และสามารถลดความซับซ้อนของโมเดลในขณะที่ยังคงความแม่นยำในการวิเคราะห์ไว้ได้อย่างเหมาะสม โดยรายละเอียดแบบจำลองอิงตามรูปทรงของโมเดลขนาดเล็ก

3.2.2 วัสดุของโครงสร้างอุโมงค์ถูกจำลองด้วย โมเดลวัสดุ Mohr–Coulomb เพื่อสะท้อนพฤติกรรมการรับแรงเฉือนและการเสียรูปได้ใกล้เคียงกับอิฐมวลเบาที่ใช้การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของอุโมงค์ด้วยโมเดลขนาดเล็ก โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ทางกล ได้แก่ Young’s Modulus และ Poisson’s Ratio ของวัสดุ ดังตารางที่ 2

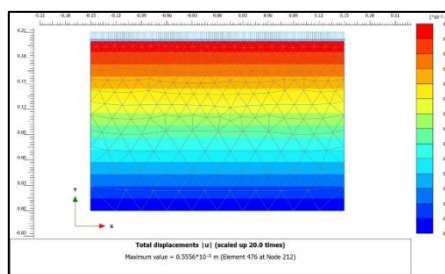
3.2.3 ขนาดของพื้นที่จำลองได้รับการออกแบบให้มีความกว้างและความสูงอย่างเหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากขอบเขตของแบบจำลอง (Boundary Effect) และการสะท้อนของคลื่นความเค้น (Stress Reflection) โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้ช่องเปิดของอุโมงค์ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์สะท้อนพฤติกรรมของโครงสร้างได้อย่างเหมาะสม

3.2.4 การวิเคราะห์ไฟไนท์อีลิเมนต์ใช้การแบ่ง Mesh ในระดับหยาบ (Coarse Mesh) เพื่อเพิ่มความเร็วในการคำนวณเชิงตัวเลข อย่างไรก็ตาม ได้มีการเพิ่มความหนาแน่นของ Mesh เฉพาะบริเวณที่มีความสำคัญทางโครงสร้าง เช่น บริเวณผิวสัมผัสระหว่างดินกับโครงสร้างอุโมงค์ และบริเวณแนวโค้งหรือจุดที่คาดว่าจะเกิดการเสียรูปหรือสะสมความเค้นสูง เพื่อให้สามารถติดตามพฤติกรรมของโครงสร้างในจุดวิกฤตได้

3.2.5 กำหนดแรงกระทำในแนวดิ่งเป็นแบบกระจายสม่ำเสมอ (Uniform Load) เลือกที่ -1000 กิโลนิวตันต่อเมตร โดยพิจารณาจากผลการทดสอบด้วยโมเดลขนาดเล็กรูปทรง Solid Block ซึ่งแสดงค่าการเสียรูปประมาณ 0.50 มิลลิเมตร การเลือกค่าโหลดนี้เพื่อให้ผลการการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์แสดงค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดของโครงสร้าง (Maximum Total Displacement) และรูปแบบการกระจายความเค้น (Stress Distribution) อย่างเหมาะสม ดังรูปที่ 6

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์ไฟไนท์อีลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Plaxis 2D

วัสดุ	E (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	ν	แบบจำลองวัสดุ
คอนกรีตอุโมงค์ (Q-CON)	2.00×10^6	5.88	0.25	Mohr Coulomb
Shotcrete	3.00×10^7	17.60	0.45	Mohr Coulomb
Rock Bolt	5.00×10^4	21.57	0.25	Linear Elastic
Mesh	8.00×10^8	20.00	0.23	Linear Elastic



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์แสดงค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดของโครงสร้าง (Maximum Total Displacement) และรูปแบบการกระจายความเค้น (Stress Distribution)

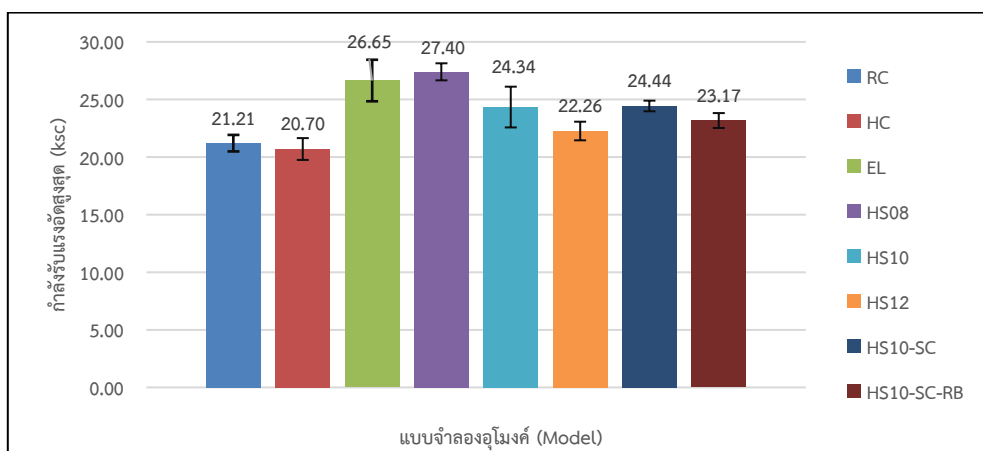
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 จากผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของอุโมงค์ด้วยโมเดลขนาดเล็กตามรูปที่ 7 ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ (FEM) ซึ่งในการศึกษาอุโมงค์รูปทรงต่าง ๆ ได้แก่ RC, HC และ EL มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงสุด 21.21, 20.70 และ 26.65 ksc ตามลำดับ โดยอธิบายผลการวิเคราะห์ด้วย FEM ร่วมกับรูปแบบการวิบัติหลังจากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักในลักษณะเส้นที่อยู่บนโมเดลขนาดเล็ก พบว่าค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดของโครงสร้าง (Maximum Total Displacement) แสดงอยู่ที่ 1.055×10^{-3} , 0.4029×10^{-3} และ 0.8408×10^{-3} เมตร ตามลำดับ ในขณะที่รูปแบบการกระจายความเค้น (Stress Distribution) ของรูปทรง RC ดังรูปที่ 8 (ก) แสดงการกระจายที่ไม่สมดุล ความเค้นถูกสะสมบริเวณกลางและมุมบนของช่องเปิด ส่งผลมีแนวโน้มเกิดรอยวิบัติเริ่มต้นที่มุมนั้น และเกิดการวิบัติในลักษณะรอยร้าวแนวเฉียงจากมุมช่องเปิดพาดขึ้นสู่ด้านบน สำหรับอุโมงค์รูปทรง HC ดังรูปที่ 8 (ข) แสดงการสะสมอยู่บริเวณยอดโค้ง ซึ่งเป็นจุดรับแรงแนวดิ่งในที่ที่ไม่มีโครงสร้างด้านข้างมาช่วยรองรับ ส่งผลให้ความสามารถกำลังรับแรงอัดต่ำ และแสดงการวิบัติในลักษณะออกด้านข้างของแนวโค้งสำหรับ ในส่วนของอุโมงค์รูปทรง EL ดังรูปที่ 8 (ค) มีการกระจายความเค้นจากแรงกดถูกส่งต่อมายังผนังด้านข้างที่ลาดเอียงและฐานที่แคบ ทำให้เกิดการบวมออกทางด้านข้างและการสะสมความเค้นสูงในบริเวณผนังมากกว่าฐาน และแสดงการวิบัติในลักษณะบวมออกด้านข้าง

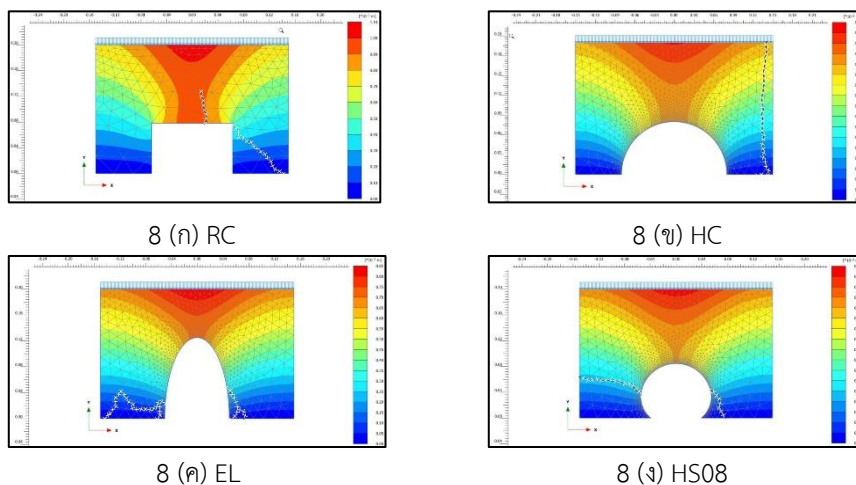
4.2 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ในกรณีการปรับเปลี่ยนความสูงของช่องเปิดในอุโมงค์รูปทรงเกือกม้า ได้แก่ HS08, HS10 และ HS12 พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงสุดลดลงจาก 27.40, 24.34 และ 22.26 ksc ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ด้วย FEM พบว่า ค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดของโครงสร้าง (Maximum Total Displacement) อยู่ที่ 0.8265×10^{-3} , 1.074×10^{-6} และ 1.184×10^{-6} เมตร ตามลำดับ แม้ว่า HS08 ดังรูปที่ 8 (ง) มีค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดแต่รูปแบบการกระจายความเค้น (Stress Distribution) แสดงบริเวณห่างจากช่องเปิดไปยังส่วนบนของโครงสร้าง ซึ่งชี้ว่าจุดที่เคลื่อนตัวไม่กระทบต่อความมั่นคงของช่องเปิดจึงยังสามารถรับแรงได้ดี ขณะที่ HS10 ดังรูปที่ 8 (จ) และ HS12 ดังรูปที่ 8 (ฉ) แม้มีค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดที่ต่ำกว่าแต่เกิดบริเวณใกล้กับขอบด้านบนของช่องเปิด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีโอกาสเกิดการวิบัติ ลักษณะนี้สอดคล้องกับผลทดสอบกำลังรับน้ำหนักของด้วยโมเดลขนาดเล็กที่พบว่า HS08 แม้เกิดการเสียรูปมากแต่พฤติกรรมการแตกร้าวแสดงถึงความสมดุลของแรงและยังสามารถรับแรงได้ดี ในขณะที่ HS12 มีค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดที่น้อยกว่าแต่เกิดบริเวณที่ใกล้ช่องเปิดเด่นชัด จึงสะท้อนว่าตำแหน่งของการเคลื่อนตัวมีผลสำคัญต่อความปลอดภัยของโครงสร้างและ HS10 ที่มีความสูงและพื้นที่ของช่องเปิดอยู่ในระดับที่เหมาะสมทำให้สามารถกระจายแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแสดงการวิบัติในลักษณะรอยร้าวแนวเฉียงจากบริเวณฐานและมุมช่องเปิดพาดขึ้นสู่ด้านบนในระดับที่เหมาะสม ในส่วนของ HS08 มีความสูงของช่องเปิดน้อยจึงทำให้พื้นที่ช่องเปิดในแนวราบมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้รับกำลังอัดได้ดี โดยแสดงลักษณะการวิบัติจากมุมช่องเปิดสู่ฐานและด้านข้างในทางกลับกัน HS12 มีความสูงช่องเปิดมาก ทำให้แรงอัดที่กระทำจากด้านบนไม่สามารถถ่ายลงฐานได้อย่างสมดุล โดยแสดงลักษณะการวิบัติเช่นเดียวกันที่มีแนวเฉียงจากฐานขึ้นสู่มุมบนของช่องเปิดบริเวณด้านข้างและฐานอุโมงค์อย่างชัดเจน

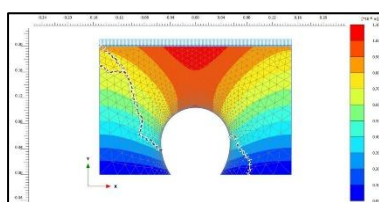
4.3 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เมื่อพิจารณาผลของการเสริมกำลังในอุโมงค์รูปทรงเกือกม้า ได้แก่ HS10-SC และ HS10-SC-RB พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงสุดลดลงจาก 24.436 และ 23.17 ksc ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่าการเสริมกำลังด้วย Shotcrete เพียงอย่างเดียวจะช่วยค้ำยันผิว (Lining) และเพิ่มความแข็งแรงที่ผิวของช่องเปิดทำให้ควบคุมการเกิดรอยร้าว ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมากกว่ารูปที่ไม่เสริมกำลัง (HS10) เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อเสริมกำลังร่วมกับ Rock Bolt จึงเกิดความไม่ต่อเนื่องทำให้มีการสะสมของความเค้น (Stress Concentration) บริเวณรอยต่อส่งผลให้กำลังรับแรงอัดต่ำกว่ารูปทรงที่ไม่เสริมกำลัง (HS10) แต่การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือพฤติกรรมการวิบัติเป็นแบบเหนียว (Ductile) มากขึ้นโดย Rock Bolt ทำหน้าที่คล้ายเสาสมอช่วยยึดเหนี่ยววัสดุไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถรักษารูปทรงและเสถียรภาพโดยรวมไว้ได้ ผลการวิเคราะห์ด้วย FEM พบว่า

ค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดของโครงสร้าง (Maximum Total Displacement) ลดลงจาก 0.4544×10^{-3} และ 0.1319×10^{-3} เมตร ตามลำดับ ในกรณีของ HS10-SC ดังรูปที่ 8 (ข) มีลักษณะการวิบัติคล้ายกับรูปแบบที่ไม่มีการเสริมกำลัง (HS10) แต่การแตกร้าวที่บริเวณผิวของช่องเปิดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการกระจายความเค้น (Stress Distribution) มีการลดความเข้มข้นและกระจายตัวออกจากขอบช่องเปิดมากขึ้น แสดงถึงประสิทธิภาพของ Shotcrete ในการเสริมผิวโครงสร้างและลดการเสียรูป ในส่วนของ HS10-SC-RB ดังรูปที่ 8 (ข) มีลักษณะการวิบัติคล้ายกับรูปแบบที่ผ่านมา แต่ความรุนแรงของการวิบัติบริเวณผิวของช่องเปิดลดลงอย่างชัดเจน โดยมีรูปแบบการกระจายความเค้น (Stress Distribution) ที่ครอบคลุมทั่วแนวโค้งด้านข้าง แสดงถึงความสามารถในการลดการเสียรูปแบบเฉพาะจุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของ Rock Bolt ในการควบคุมการถ่ายแรงภายใน แม้ค่ากำลังอัดลดลง แต่ในภาพรวมการเสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt ร่วมกันมีส่วนสำคัญต่อการเพิ่มเสถียรภาพของอุโมงค์ ซึ่งในทางปฏิบัติหมายถึงความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

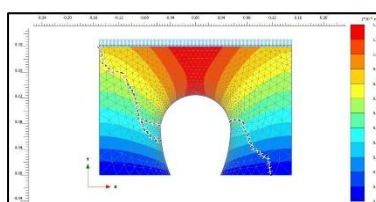


รูปที่ 7 กราฟแสดงค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุโมงค์แต่ละรูปทรง

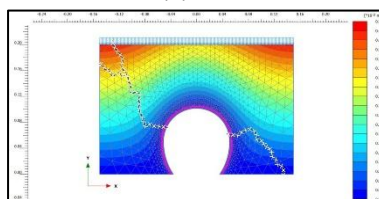




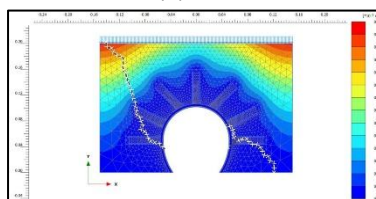
8 (จ) HS10



8 (ฉ) HS12



8 (ช) HS10-SC



8 (ซ) HS10-SC-RB

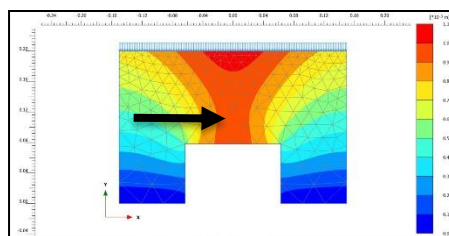
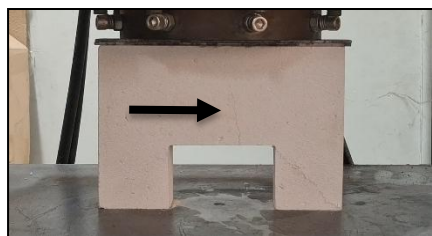
รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ด้วย FEM และลักษณะการวิบัติของอุโมงค์แต่ละรูปทรง

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการศึกษาด้วยการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของอุโมงค์ด้วยโมเดลขนาดเล็กและการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่ารูปทรงของอุโมงค์มีอิทธิพลโดยตรงต่อพฤติกรรมการรับน้ำหนักและรูปแบบการวิบัติ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการกับผลการจำลองได้ดังรูปที่ 9

เมื่อพิจารณาอุโมงค์รูปทรงสี่เหลี่ยม (RC) พบความสอดคล้องโดยภาพถ่ายผลการทดสอบ ดังรูปที่ 9 (ก) จะเห็นแนวการวิบัติขยายตัวในแนวตั้งด้านบนของช่องเปิด ตำแหน่งดังกล่าวสอดคล้องโดยตรงกับผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 9 (ข) ที่แสดงให้เห็นว่าบริเวณด้านบนของช่องเปิดมีการกระจายของความเค้น (Stress Distribution)

การวิเคราะห์นี้ช่วยยืนยันว่าแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถทำนายตำแหน่งและแนวโน้มการวิบัติของโครงสร้างได้และชี้ให้เห็นรูปทรงที่มีมุมเป็นจุดอ่อนสำคัญทางโครงสร้างที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรับน้ำหนัก ซึ่งพฤติกรรมการวิบัตินี้ยังพบในลักษณะที่คล้ายคลึงกันในอุโมงค์รูปทรงอื่น ๆ ที่มีมุมเป็นส่วนประกอบ โดยแสดงการเริ่มต้นของการวิบัติจากบริเวณดังกล่าวอย่างชัดเจน ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในผลการวิจัยข้างต้น



9 (ก) ลักษณะการวิบัติจากการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก 9 (ข) รูปแบบการกระจายความเค้นวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

รูปที่ 9 แสดงลักษณะการวิบัติและรูปแบบการกระจายความเค้นที่สอดคล้องกัน

ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า อุโมงค์รูปทรงเกือกม้า (HS10) มีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 24.34 ksc รองจากรูปทรงวงรี (EL) แต่ให้ความสมดุลที่ดีกว่าในด้านความปลอดภัยของช่องเปิดและประสิทธิภาพในการใช้งานพื้นที่ภายใน ขณะที่ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ อุโมงค์รูปทรงเกือกม้า (HS10) แสดงค่าการเคลื่อนตัว

สูงสุดต่ำที่สุด (1.074×10^{-6} เมตร) และมีการกระจายความเค้นอย่างต่อเนื่องจากแนวโค้งด้านบนลงสู่ฐานโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงถึงความเหมาะสมทั้งในด้านความปลอดภัยและประสิทธิภาพของการใช้งานจริง

การเปรียบเทียบความสูงของช่องเปิดระหว่าง HS08, HS10 และ HS12 แสดงให้เห็นว่า HS10 มีสัดส่วนความสูงของช่องเปิดที่สมดุลที่สุด โดยมีพื้นที่แนวราบและแนวตั้งที่เพียงพอต่อการใช้งาน และสามารถถ่ายแรงลงสู่ฐานได้ดี ในขณะที่ HS08 แม้มีความสามารถในการรับแรงอัดสูงสุด แต่พื้นที่ใช้งานจำกัด และ HS12 แม้มีพื้นที่ภายในมากขึ้นแต่ค่าการเคลื่อนตัวกลับเพิ่มขึ้นในบริเวณที่อาจส่งผลต่อความปลอดภัยของช่องเปิด จึงไม่เหมาะสมในการใช้งานจริง

การเสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt ในอุโมงค์รูปทรงเกือกม้ายังแสดงผลที่ชัดเจนในการเพิ่มความมั่นคงให้กับโครงสร้าง โดย HS10-SC-RB ให้ค่าการเคลื่อนตัวต่ำ (0.1319×10^{-3} เมตร) และแม้ว่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดจะลดลงจากการเกิดความไม่ต่อเนื่องของโครงสร้าง แต่ประโยชน์ที่สำคัญคือพฤติกรรมการวิบัติเป็นแบบเหนียว (Ductile) มากขึ้นโดย Rock Bolt ช่วยยืดเหนียววัสดุไว้ด้วยกันทำให้โครงสร้างสามารถรักษาสภาพและเสถียรภาพโดยรวมไว้ได้ ส่งผลให้เพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดสอดคล้องกับรูปแบบอุโมงค์จากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ของโครงการรถไฟฟ้าช่วงมาบะเปา-ชุมทางถนนจิระ ซึ่งเลือกใช้รูปทรงเกือกม้าความสูงช่องเปิดใกล้เคียงกับอุโมงค์รูปทรงเกือกม้า (HS10) และมีการเสริมกำลังในลักษณะเดียวกัน ยืนยันถึงความเหมาะสมของผลการศึกษานี้ในการนำไปใช้ในงานก่อสร้างอุโมงค์ในพื้นที่จริง

แนวคิดพื้นฐานในการออกแบบอุโมงค์มุ่งเน้นไปที่การสร้างสมดุลระหว่างความแข็งแรงของโครงสร้างและพื้นที่ใช้งานที่เพียงพอ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและลดความเสี่ยงในการทรุดตัวตามที่เสนอโดย Clay และ Takacs (1996) ในบริบทนี้อุโมงค์รูปทรงเกือกม้าได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงโครงสร้างที่สามารถตอบโจทย์ดังกล่าวได้ดี งานวิจัยเชิงตัวเลขของ Frank (2024) ได้วิเคราะห์และยืนยันว่ารูปทรงเกือกม้าสามารถกระจายความเค้นได้ดีกว่ารูปทรงวงกลมและวงรี ซึ่งส่งผลให้ระดับความเค้นสูงสุดในโครงสร้างต่ำกว่า ในขณะที่เดียวกันการศึกษาของ Mohammed และ Hrubesová (2018) ก็ได้ข้อสรุปที่สอดคล้องกันว่ารูปทรงเกือกม้าให้การกระจายความเค้นและรูปแบบการเสียรูปที่สมดุลที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเพิ่มเติมคือการใช้โมเดลขนาดเล็กเพื่อยืนยันพฤติกรรมดังกล่าวและแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการเสริมกำลังด้วย Shotcrete และ Rock Bolt ในการเพิ่มเสถียรภาพซึ่งเป็นการขยายขอบเขตความรู้และให้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรมได้จริง

6. ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอุโมงค์ให้มีเสถียรภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในด้านการเลือกขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงจากการวิบัติและเพิ่มประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของโครงสร้างได้ต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาพฤติกรรมของอุโมงค์ภายใต้แรงเค้นเฉียง และพัฒนาแบบจำลองในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น เช่น มีแรงดันน้ำใต้ดินหรือแรงกระทำแบบไม่สมมาตร

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการสำหรับการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- บุญเทพ นาเนกรังสรรค์. (2552). *วิศวกรรมฐานรากและการก่อสร้างอุโมงค์*. สำนักพิมพ์วิศวกรรมขอนแก่น.
- พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล. (2563). *คู่มือวิศวกรรมฐานราก*. สำนักพิมพ์วิศวกรรมโยธา.
- สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง. (2550). *วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ในงานวิศวกรรมธรณีเทคนิค*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ITD-RT. (2563). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการระบบรถไฟทางคู่เพื่อการขนส่งและการจัดการโลจิสติกส์ (ระยะที่ 1) แนวเส้นทางช่วงมาบะเปา-ชุมทางถนนจิระ. การรถไฟแห่งประเทศไทย.
- JS100. (2567, 29 สิงหาคม). รายงานดินถล่ม อุโมงค์รถไฟความเร็วสูงไทย-จีน.
<https://www.js100.com/en/site/news/view/143295>
- Sika Thailand. (2014). *Shotcrete products and Sika's tunneling and mining solutions*.
<https://tha.sika.com/en/construction/concrete-admixtures/shotcrete-products.html>
- ASTM International. (2023). *ASTM C109/C109M-23: Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars*. ASTM International.
- CAN Geotechnical Ltd. (2017). *Shute Shelve Tunnel: De-vegetation & rock bolting*.
<https://www.can.ltd.uk/casestudies/shute-shelve-tunnel-de-vegetation-rock-bolting>
- Clay, R. B., & Takacs, A. P. (1996, March 25). *Contractual aspects of testing shotcrete and rock bolts*. Dar Al Handasah. <https://www.academia.edu/11326129>
- Frank, E. (2024, September 9). *Evaluating the impact of tunnel shape on shotcrete lining stress: Implications for tunnel design and construction*. EasyChair Preprint No. 14756
<https://easychair.org/publications/preprint/dqR4>
- Mohammed, K., & Hrubešová, E. (2018, January). *Assessment of static and dynamic stresses in horse-shoe tunnel with connecting gallery using finite element method: A case study*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/330442419>
- Plaxis. (2022). *PLAXIS 2D reference manual (Version 22.01)*. Bentley Systems.
<https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/wiki/46097/download-plaxis-manuals>

คุณค่าทางวิชาการ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการรับน้ำหนักของอุโมงค์รูปทรงต่าง ๆ กับการเสริมกำลังด้วยเทคนิค Shotcrete และ Rock Bolt ผ่านการทดสอบโมเดลขนาดเล็กและการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ จะทำให้เข้าใจประมาณพฤติกรรมของโครงสร้างได้มากยิ่งขึ้น ประโยชน์ที่ได้จะเป็นฐานข้อมูลทางวิศวกรรมเพื่อสนับสนุนการออกแบบอุโมงค์ให้มีความมั่นคง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีชั้นดินอ่อนหรือมีข้อจำกัดด้านพื้นที่และความปลอดภัย ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงสร้างอุโมงค์ในโครงการระบบขนส่งหรือระบบสาธารณูปโภคในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสี ด้วยการอัพไซเคิล

วันเฉลิม จันทร์โชติช่วง^{1*} อริชัย รัตตสาร² ธิรมน สีดา³

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์^{1* 2 3}

อีเมล : pinkfloydthailand@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 28 ตุลาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 19 ธันวาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 25 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยแนวคิดการอัพไซเคิล (Upcycled) 2) สร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทตามแบบที่ออกแบบ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้สวมใส่ที่มีต่อต้นแบบชุดดังกล่าวกลุ่มเป้าหมายเป็นสตรีที่อาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมืองสุรินทร์อายุ 18 ปีขึ้นไป สวมใส่เสื้อผ้าขนาดมาตรฐาน (Size M) จำนวน 15 คน การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การศึกษาอัตลักษณ์ของปลากัดสังกะสีจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า สีที่โดดเด่นคือสีน้ำเงิน - ฟ้ำ และสีดำ - น้ำเงิน ขณะที่รูปทรงเอกลักษณ์ ได้แก่ ครีบหางและพฤติกรรมการต่อสู้ (2) การออกแบบ และสร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทจำนวน 5 แบบ ได้แก่ เสื้อโครปกางเกงขาสั้น เสื้อแขนยาวกระโปรงสั้น เดรสสั้น เสื้อสูดกางเกงขายาว และเสื้อปาดไหล่กระโปรงยาว และ (3) การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบร่างการออกแบบ แบบบันทึกกระบวนการสร้างต้นแบบและแบบประเมินความพึงพอใจวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ชุดต้นแบบทั้ง 5 แบบได้รับการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.54$) เมื่อพิจารณาเป็นรายชุด พบว่า เสื้อโครปกางเกงขาสั้น และเสื้อสูดกางเกงขายาว มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.60$) รองลงมาคือ เสื้อแขนยาวกระโปรงสั้น และเดรสสั้น ($\bar{x} = 4.50$) และเสื้อปาดไหล่กระโปรงยาว ($\bar{x} = 4.13$) ตามลำดับ จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถพัฒนาต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทจากกางเกงยีนส์เก่าจำนวน 5 ชุด ซึ่งสามารถถ่ายทอดอัตลักษณ์ของปลากัดสังกะสีผ่านโครงร่างชุดและรายละเอียดของเสื้อผ้าได้อย่างชัดเจน โดยการใช้สีน้ำเงินของปลากัดสังกะสีมาประยุกต์ร่วมกับวัสดุยีนส์อัพไซเคิลอย่างกลมกลืน

ผลการประเมินความพึงพอใจสะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบแฟชั่นด้วยกระบวนการอัพไซเคิลสามารถสร้างคุณค่าทางสุนทรียภาพควบคู่กับการส่งเสริมแนวคิดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นรูปธรรมจุดเด่นและประโยชน์สำคัญของการออกแบบในครั้งนี้ คือ การลดปริมาณขยะสิ่งทอ การยืดอายุการใช้งานของวัสดุ และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้จนนำไปสู่ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติผ่านกระบวนการออกแบบ และการเลือกใช้วัสดุอย่างมีคุณค่า

คำสำคัญ : การออกแบบเสื้อผ้า ปลากัดสังกะสี แฟชั่นสตรีท การอัพไซเคิล

Street style women's clothing design Inspired by upcycled galvanized fighting fish.

Wanchalerm Janchoungchote^{1*}, Arichai Ratarasan², Thiramon Seeda³

Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan,
Surin Campus^{1*,2,3}

E – mail : pinkfloydthailand @gmail.com^{1*}

Received 28 October 2025

Revised 19 December 2025

Accepted 25 December 2025

Abstract

This research aimed to 1) design women's streetwear inspired by zinc betta fish through the concept of upcycling, 2) develop prototype women's streetwear based on the proposed designs, and 3) investigate wearer satisfaction toward the developed prototypes. The target group consisted of 15 women aged 18 years and older residing in Mueang District, Surin Province, who wear standard-sized clothing (Size M). The research procedure was divided into three stages: (1) studying the identity of zinc betta fish through interviews with experts, which revealed that the distinctive colors were blue–cyan and black–blue, while the unique characteristics included tail fin shapes and aggressive behavior; (2) designing and developing five prototype outfits, namely a crop top with shorts, a long-sleeve top with a short skirt, a short dress, a hoodie with long pants, and an off-shoulder top with a long skirt; and (3) evaluating wearer satisfaction. The research instruments included design sketches, a prototype development record, and a satisfaction assessment questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, including mean and standard deviation. The results indicated that the overall satisfaction toward the five prototype outfits was at the highest level ($\bar{x} = 4.54$). When considered individually, the crop top with shorts and the hoodie with long pants received the highest mean scores ($\bar{x} = 4.60$), followed by the long-sleeve top with a short skirt and the short dress ($\bar{x} = 4.50$), and the off-shoulder top with a long skirt ($\bar{x} = 4.13$), respectively. The study demonstrated that five prototype women's streetwear outfits developed from upcycled denim successfully conveyed the identity of zinc betta fish through garment silhouettes and design details. The use of the characteristic blue tones of zinc betta fish, harmoniously integrated with upcycled denim materials, contributed to both aesthetic value and functional wearability.

Overall satisfaction results reflected that fashion design through the upcycling process can effectively create aesthetic value while simultaneously promoting environmental conservation. The key strengths and benefits of this design approach include reducing textile waste, extending the lifespan of materials, and adding value to discarded resources, thereby contributing to environmental and natural resource sustainability through thoughtful design processes and material selection.

Keywords : Clothing Design, Tin Plakat Fighting Fish, Street Fashion, Upcycling

1. บทนำ

ตลอดช่วง 15 ปีที่ผ่านมา การผลิตเสื้อผ้าทั่วโลกเพิ่มขึ้น 2 เท่า มีสัดส่วนราว 60% ของการผลิตสิ่งทอทั้งหมด ปัจจัยสำคัญมาจากกระแสแฟชั่นแบบ “มาเร็ว ไปเร็ว” (fast fashion) แต่ทั้งผลกระทบไวบนโลกใบนี้ยิ่งมหาศาล ข้อสรุปพบว่า อุตสาหกรรมแฟชั่นสร้างมลภาวะต่อโลกมากเป็นอันดับ 2 รองจากอุตสาหกรรมน้ำมัน โดยเฉพาะการผลิตยีนส์ที่เป็นมิตรกับโลกน้อยสุดถึงแม้จะใช้ฝ้ายที่เป็นเส้นใยจากธรรมชาติจริงแต่ปัญหาที่เกิดจากการใช้น้ำและยาฆ่าแมลงในการปลูก รวมถึงขั้นตอนการทอ การตัดเย็บ ซัก และฟอกสี และสารเคมีสีน้ำเงินจากการฟอกย้อม ไม่แค่ทำลายโลกแต่ยังทำลายสุขภาพของแรงงานอีกด้วย นอกจากนี้ยีนส์ส่วนใหญ่ผลิต ซึ่งมีความต้องการใช้เกือบครึ่งหนึ่งของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าทั้งหมด ก่อให้เกิดฟาสต์แฟชั่นยีนส์ (fast fashion jeans) ทั้งพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้อายุการใช้งานของเสื้อยีนส์สั้นลง ส่วนใหญ่พบว่าเป็น กางเกงยีนส์ มากมายที่ออกสู่ตลาดที่มีกระบวนการผลิตสิ้นค้าคุณภาพต่ำและสวมใส่ไม่กี่ครั้งก่อนจะถูกทิ้ง หรือไม่สวมใส่แล้วสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและอันตราย

จึงทำให้หันออกแบบแฟชั่นจำนวนมากได้ตระหนักและหันมาให้ความสนใจได้มีการปรับตัวให้เข้ากับกระแสแนวโน้มในปัจจุบัน รวมทั้งปรับเปลี่ยนแนวคิดประยุกต์ในการผลิตให้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและตอบโจทย์กลุ่มผู้บริโภคยุคใหม่รวมถึงการออกแบบ ให้แตกต่างไปจากเดิม ให้มีความน่าสนใจเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดย เรียกว่า อัปไซเคิล (Upcycled) (จิตาภา สารชู, 2566) จนกลายเป็นกระแส นิยมอย่าง Fashion Denim (แฟชั่นเดนิม) ที่ใช้ยีนส์เป็นวัตถุดิบหลักบนกระแสนิยมในแฟชั่นมาออกแบบการเอากางเกงยีนส์เก่ามาประยุกต์ขึ้นใหม่เป็นการแต่งกายแนวสตรีท (Street fashion) ที่เป็นกระแสนิยมไม่มีรูปแบบการแต่งกาย เน้นสวมใส่สบายคล่องตัว และมีเสน่ห์ของการแต่งตัว ที่สามารถบ่งบอก เอกลักษณ์ รวมไปถึงวัฒนธรรมการแต่งกายได้เป็นอย่างดีหลากหลายรูปแบบ จากการศึกษาพบว่า การถ่ายทอดแนวคิดและแรงบันดาลใจของนักออกแบบ มักจะนำเสนอผ่านทางโครงร่าง หรือโครงเสื้อ (Silhouette) สี (Color) เนื้อผ้า (Fabric) ขนาดสัดส่วน (Proportion) เทคนิคการตัดเย็บและโครงสร้างของเสื้อผ้า (Pattern & Construction) ลวดลาย (Print) เป็นต้น ในระหว่างขั้นตอนของการออกแบบและผลิตผลงาน จึงได้ศึกษาหาแรงบันดาลใจ ในการทำเสื้อสตรีแนวสตรีท โดยนำปลากัดสีซึ่งเป็นอัตลักษณ์อย่างหนึ่งของประเทศไทยที่มีความสำคัญตามกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้เสนอกรมประมง ดังนี้ ด้านวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ ได้รับการขึ้นทะเบียนให้เป็นมรดกทางวัฒนธรรมของชาติ ด้านความเป็นเจ้าของและควมมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ความสามารถในชั้นเชิงด้านการกัด มีพฤติกรรมดุร้ายก้าวร้าวมากในปลา ชนิดเดียวกันของตัวผู้ปลากัดสีเกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างปลากัดลูกหมอกับปลา กัดลูกทุ่ง ลูกปลาที่ได้จากการผสมในชุดแรก เรียกว่า "ปลากัดสังกะสี" มีผิวหนังที่หนาเกร่งลักษณะครีบทองเป็นรูปมนปาน ลวดลายของครีบทองมีสีเข้มสลับกับอ่อนเป็นเส้นชัดเจน ปัจจุบันอยู่สถานะใกล้สูญพันธุ์เกิดจากปัจจัย สารเคมี ตกค้างในแหล่งน้ำเกิดมลภาวะทางน้ำทำให้มีการลดจำนวนของปลากัดสังกะสีลดน้อยลง

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญและจุดเด่นของปลากัดสังกะสีจึงนำมาเป็นแรงบันดาลใจในการออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled) คือ นำจุดเด่นของปลากัดสังกะสีทั้งคุณสมบัติของผิวหนัง ระดับสี 2-3 ระดับรูปร่าง รูปทรง และพฤติกรรมมาออกแบบ นอกจากนี้ได้นำสีของปลากัดสังกะสี โดยเฉพาะสีน้ำเงิน-ฟ้าและสีน้ำเงินเข้มปนดำ เพราะถือเป็นลักษณะเด่นที่สะท้อนทั้งอัตลักษณ์ทางชีวภาพและคุณค่าทางสุนทรียภาพของปลากัดสังกะสีอย่างชัดเจน สีน้ำเงินดังกล่าวเกิดจากโครงสร้างของผิวหนังและเกล็ดที่มีความหนาและแข็งแรง ส่งผลให้เกิดการสะท้อนแสงในหลายระดับสี ซึ่งสามารถมองเห็นมิติของสีตั้งแต่โทนอ่อนไปจนถึงโทนเข้ม การเลือกใช้สีน้ำเงินของปลากัดสังกะสี จึงเป็นการถ่ายทอดลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตจากธรรมชาติสู่การออกแบบแฟชั่นอย่างเป็นรูปธรรม และในบริบทของการออกแบบแฟชั่นอัปไซเคิล สีน้ำเงินยังมีความสอดคล้องโดยตรงกับ ผ้าเดนิมหรือกางเกงยีนส์เก่า ซึ่งเป็นวัสดุหลัก

ในการสร้างสรรค์ผลงาน เนื่องจากผ้าเดนิมมีพื้นฐานสักรามหรือน้ำเงินตามธรรมชาติ การนำสีน้ำเงินของปลากัดสังกะสีมาใช้เป็นสีหลักในการออกแบบจึงช่วยลดความจำเป็นในการย้อมสีเพิ่มเติม อันเป็นการลดการใช้ทรัพยากรน้ำและสารเคมีในกระบวนการผลิต สอดคล้องกับแนวคิดแฟชั่นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ดังนั้น การเลือกใช้สีน้ำเงินของปลากัดสังกะสีในการออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทด้วยการอัพไซเคิล จึงเป็นการเชื่อมโยงอัตลักษณ์ทางธรรมชาติของปลากัดสังกะสีเข้ากับวัสดุยีนส์เหลือใช้ได้อย่างกลมกลืน ทั้งในด้านรูปแบบสีสันทันและแนวคิด อันนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานแฟชั่นที่มีเอกลักษณ์ ร่วมสมัย และตระหนัก ถึงคุณค่าของสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรมประยุกต์เครื่องแต่งกายชุดสตรีแนวสตรีทด้วยการอัพไซเคิล (Upcycled) จากวัสดุทางเก๋ยีนส์เก่าเพื่อส่งเสริมวงการแฟชั่นให้ตระหนักถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและสร้างเสน่ห์ให้กับการแต่งกายให้ดูทันสมัยและมีความแปลกใหม่มากขึ้น

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล
- 2.2 เพื่อสร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล
- 2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อด้านแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล

3. วิธีการวิจัย

จุดมุ่งหมายของผู้วิจัย คือ ศึกษาแนวทางในการออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล แบ่งขั้นตอนและวิธีการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ โดยแต่ละวิธี จะมีผู้ให้ข้อมูลและวัดผลที่ใช้ในการอ้างอิงประเด็นสำคัญ แต่ละขั้นตอนใช้วิธีการวิจัยแตกต่างกัน ดังนี้ 1) ศึกษาอัตลักษณ์ของปลากัดสังกะสีเพื่อเป็นแรงบันดาลใจสำหรับกำหนดแนวทาง การออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทด้วยการอัพไซเคิลใช้วิธีการเก็บข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านปลากัดสังกะสี และปลาสวยงามมีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี 1 ท่าน 2) พัฒนาแบบร่างและสร้างต้นแบบ โดยใช้ลักษณะ จุดเด่นของปลากัดสังกะสี มาออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทจำนวน 25 แบบ เก็บข้อมูลแบบร่างผ่านกลุ่มเป้าหมายจำนวน 15 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์ผล ความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่คัดเลือกแบบร่าง คัดเลือกแบบร่าง จำนวน 5 แบบ นำไปสร้างต้นแบบ โดยกลุ่มเป้าหมาย เพื่อสร้างต้นแบบชุดสตรี คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการตัดเย็บที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 1 ท่าน และ 3) การวัดผล ความพึงพอใจต่อด้านแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล (Upcycled) เก็บข้อมูลและวัดผลความพึงพอใจของกลุ่มสตรีที่สวมใส่เสื้อผ้าขนาดมาตรฐาน (Size M) ขนาดอก 34-35 นิ้ว, เอว 27-28 นิ้ว, สะโพก 36-37 นิ้ว (จำนวน 15 คน) ผ่านแบบสอบถามจะถูกออกแบบเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อชุดที่ออกแบบขึ้นใช้วัดระดับความพึงพอใจต่อชิ้นงานที่ออกแบบกระบวนการวิจัยทุกขั้นตอนมีการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามลำดับ ประกอบด้วย

3.1 การออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล

3.1.1 กลุ่มเป้าหมาย ผู้เชี่ยวชาญด้านปลากัดสังกะสีและปลาสวยงาม จำนวน 1 ท่าน และกลุ่มสตรี อายุ 18 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 15 คน

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ และแบบร่างชุดสตรีแนวสตรีท

3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านปลากัดสังกะสีเพื่อนำมาใช้ เป็นแนวทางสร้างแบบร่างชุดสตรีแนวสตรีท จำนวน 25 แบบ ประกอบด้วย เสื้อครอปกางเกงขาสั้น 5 แบบ เสื้อแขนยาว กระโปรงสั้น 5 แบบ เดรสสั้น 5 แบบ เสื้อสูทกางเกงขายาว 5 แบบ และเสื้อปาดไหล่กระโปรงยาว 5 แบบ ผู้วิจัย

นำแบบร่างทั้ง 25 แบบ ไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลด้านแบบร่าง จากกลุ่มสตรี ที่อาศัยในอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 15 คน เพื่อคัดเลือกแบบร่างชุดสตรีแนวสตรีท จากแบบที่กลุ่มเป้าหมายพึงพอใจที่สุด จำนวน 5 แบบร่าง

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) วิเคราะห์ข้อมูลด้านแรงบันดาลใจเรียงลำดับความสำคัญจุดเด่นของปลากัดสังกะสี เช่น สี รูปร่าง รูปทรง และพฤติกรรมของปลากัดสังกะสี มาใช้ในการออกแบบ และ 2) วิเคราะห์ข้อมูลด้านแบบร่าง เก็บข้อมูลจากกลุ่มสตรีอายุ 18 ปีขึ้นไป จำนวน 15 คน โดยใช้แบบสอบถาม เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อแบบร่าง ใช้มาตราส่วนประมาณค่า Rating Scale และนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ ใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) หาค่าเฉลี่ยแบบร่างที่มีระดับความพึงพอใจสูงสุดมาสร้างต้นแบบ

3.2 การสร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล

3.2.1 กลุ่มเป้าหมาย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้สร้างแบบตัดและการตัดเย็บ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการตัดเย็บที่มีประสบการณ์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 1 ท่าน และกลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้ทดลองสวมใส่แบบตัด ผ่านกลุ่มสตรีที่สวมใส่เสื้อผ้าขนาดมาตรฐาน (Size M) มีขนาด ออก 34-35 นิ้ว, เอว 27-28 นิ้ว, สะโพก 36-37 นิ้ว

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จากแบบร่างจำนวน 5 แบบ สำหรับการสร้างแบบตัดชุดต้นแบบ จำนวน 5 โครงสร้าง (เช่น เสื้อคอปกกางเกงขาสั้น 1 โครงสร้าง)

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้แบบร่างและแบบตัดเพื่อวิเคราะห์กับผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัด และการตัดเย็บเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างต้นแบบชุดสตรี

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล กระบวนการสร้างต้นแบบและการทดลองสวมใส่จะถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อประเมินความเหมาะสมในการผลิตชุดแฟชั่นที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล

3.3 การศึกษาความพึงพอใจจากการออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสี ด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled)

3.3.1 กลุ่มเป้าหมาย การศึกษาความพึงพอใจจากชุดต้นแบบจะทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย คือกลุ่มสตรี อายุ 18 ปีขึ้นไป ที่สวมเสื้อผ้ามาตรฐาน (Size M) สัดส่วนเอว 31-33 นิ้ว, สะโพก 38-40 นิ้ว, ไหล่ 18 นิ้ว, รอบอก 37-40 นิ้ว ในอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 15 คน

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย แบบสอบถามเพื่อวัดความพึงพอใจต่อการออกแบบ ชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิลและต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีท (สร้างต้นแบบชุดขึ้นจริง)

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนแรก คือ สร้างแบบสอบถามเพื่อใช้ศึกษาความพึงพอใจ ต่อต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีท พิจารณาในประเด็นความสวยงาม ความสะดวกในการสวมใส่ และความเหมาะสมของการออกแบบ ผู้วิจัยกลั่นกรองเนื้อหา ประเด็นคำถาม และข้อเสนอแนะประกอบการสอบถามอย่างเหมาะสม เพื่อให้การตอบแบบสอบถามเป็นไปอย่างเข้าใจง่ายและชัดเจน หลังจากการเก็บข้อมูลแบบสอบถามแล้วผู้วิจัย จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องตามลำดับ

3.3.4 วิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถาม ความพึงพอใจมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต $\bar{X}$ แล้วแปรผลแบบมาตรฐานประมาณค่า (Rating scale) ติความ ระดับความพึงพอใจ และใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ผลต่อไป

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาการออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทจากแรงบันดาลใจของปลากัดสังกะสี จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านปลากัดและปลาสวยงาม จำนวน 1 ท่าน มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี พบว่า ปลากัดสังกะสีมีเอกลักษณ์และจุดเด่นเฉพาะตัว 3 ลักษณะหลักๆ ได้แก่ (1) จุดเด่นด้านสีของปลากัดสังกะสี 2-3 ระดับ ดังที่แสดง

ตารางที่ 1 (2) จุดเด่นด้านรูปร่าง-รูปทรงของปลากัดสังกะสี ดังที่แสดง ตารางที่ 2 และ (3) จุดเด่น ด้านพฤติกรรมของปลากัดสังกะสี ดังที่แสดงตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการแสดงผลลำดับความโดดเด่นสีของปลากัดสังกะสีจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับปลากัดสังกะสี

ลำดับ	รายการ	ลำดับความโดดเด่น
1	สีน้ำเงิน - ฟ้า	1
2	สีดำ - น้ำเงิน	2
3	สีน้ำเงิน - เขียว	3
4	สีฟ้า - เขียว	4

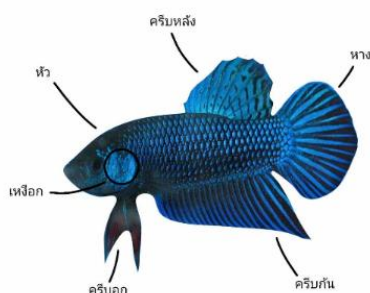
จากตารางที่ 3 สรุปแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสีของปลากัดสังกะสี พบว่า สีที่มีความโดดเด่นมากที่สุด คือ ลำดับที่ 1 สีน้ำเงิน-ฟ้า และรองลงมา ลำดับที่ 2 สีดำ-น้ำเงิน

รูปทรงของปลากัดสังกะสีจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับปลากัดสังกะสี ประกอบด้วย ส่วนหัว ลำตัว เหยือก ครีบอก ครีบหลัง หาง ครีบกัน ผู้เชี่ยวชาญได้ลำดับรูปร่าง รูปทรง ที่โดดเด่นมากที่สุดในปลากัดสังกะสี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการแสดงผลลำดับความโดดเด่นลักษณะและรูปร่าง

ลำดับ	รายการ	ลำดับความโดดเด่น
1	หัว	7
2	ลำตัว	6
3	เหยือก	4
4	ครีบอก	3
5	ครีบหลัง	5
6	หาง	1
7	ครีบกัน	2

จากตารางที่ 2 สรุปแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะและรูปร่าง รูปทรงของปลากัดสังกะสี พบว่า รูปร่าง รูปทรงที่มีความโดดเด่นมากที่สุด คือ ลำดับที่ 6 หาง และรองลงมา ลำดับที่ 7 คือ ครีบกัน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพประกอบรูปร่าง-รูปทรงของปลากัดสังกะสี (ที่มา: Pinterest. ม.ป.ป)

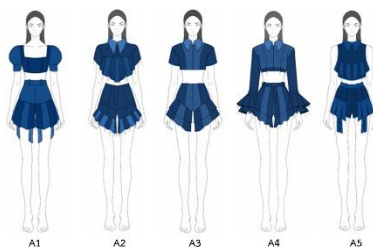
จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับปลากัดสังกะสี คือ พฤติกรรมการต่อสู้ จนบาดเจ็บ และมีเกล็ดหลุด การข่มขู่ต่อสู้ การสร้างรังฟองเพื่อปกป้องไข่ การหายใจที่ผิวน้ำผู้เชี่ยวชาญได้ลำดับพฤติกรรมที่โดดเด่นมากที่สุดในปลากัดสังกะสี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการแสดงผลลำดับความสำคัญด้านพฤติกรรมของปลากัดสังกะสี

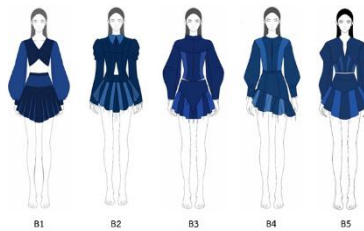
ลำดับ	รายการ	ลำดับความโดดเด่น
1	การข่มขู่ต่อสู้	2
2	การต่อสู้จนบาดเจ็บ และมีเกล็ดหลุด	1
3	การสร้างรังฟอง เพื่อปกป้องไข่	3
4	การหายใจที่ผิวน้ำ	4

จากตารางที่ 3 สรุปแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับพฤติกรรมของปลากัดสังกะสี พบว่า พฤติกรรมที่มีความโดดเด่นมากที่สุด คือ ลำดับที่ 2 การต่อสู้จนบาดเจ็บ และมีเกล็ดหลุด รองลงมา ลำดับที่ 1 การข่มขู่ต่อสู้

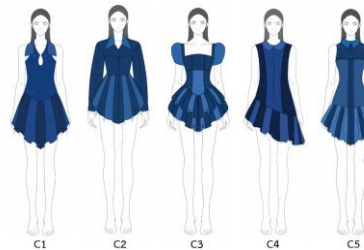
สรุปผลจากตารางแสดงผลลำดับความสำคัญ 3 ตาราง สามารถนำไปกำหนดแนวทางออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทจากแรงบันดาลใจของปลากัดสังกะสี จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ลำดับความสำคัญด้านสีที่โดดเด่นมากที่สุด คือ สีน้ำเงิน-ฟ้า รองลงมา คือ สีดำ-น้ำเงิน ต่อมาส่วนของรูปร่าง-รูปทรงของปลากัดสังกะสี จัดลำดับความสำคัญที่โดดเด่นและชัดเจน เกิดจากเส้นสีเข้มสลับกับสีอ่อน จึงนำไปเป็นแนวทางออกแบบบนตัวชุด คือ ส่วนของครีบทอง และสุดท้ายเป็นจุดเด่นในส่วนของพฤติกรรมของปลากัดสังกะสี ที่โดดเด่นมากที่สุด คือ พฤติกรรมการต่อสู้จนบาดเจ็บ-มีเกล็ดหลุด จากจุดเด่นเหล่านี้ ผู้วิจัยสังเคราะห์จุดเด่นของสีและลวดลายของปลากัดสังกะสีเพื่อถ่ายทอดออกมาในรูปแบบของชุดสตรีแนวสตรีท เกิดจากแรงบันดาลใจที่สะท้อนถึงความกล้าหาญ และความแข็งแกร่งของปลากัด ลักษณะทางท่วงท่าในปรากฏเป็นรูปทรงของชุด จึงออกแบบชุดให้มีลักษณะคล่องตัวเหมาะสมกับ การสวมใส่ในชีวิตประจำวัน ถ่ายทอดผลงานต้นแบบผ่านวัสดุจากกางเกงยีนส์เหลือใช้ (Upcycled) ผู้วิจัยพัฒนาแบบร่างชุด 5 ประเภท จำนวน 25 แบบร่าง และกลุ่มเป้าหมายคัดเลือกแบบร่างที่เหลือจำนวน 1 แบบจากเกณฑ์คะแนนการคัดเลือก ต้องเป็นแบบร่างที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจสูงสุด ผู้วิจัยสรุปผลลัพธ์ รูปที่ 2 ดังนี้



ประเภทชุดที่ 1 กลุ่ม A เสื้อครอปกางเกงขาสั้น (แบบร่าง 3) ค่าเฉลี่ย 4.2 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมาก



ประเภทชุดที่ 2 กลุ่ม B เสื้อแขนยาวกระโปรงสั้น (แบบร่าง B1) ค่าเฉลี่ย 4.13 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมาก



ประเภทชุดที่ 3 กลุ่ม C เดรสสั้นสตรีแนวสตรีท (แบบร่าง C4) ค่าเฉลี่ย 4.33 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมาก



ประเภทชุดที่ 4 กลุ่ม D เสื้อสูดกางเกงยาว (แบบร่าง D2) ค่าเฉลี่ย 4.53 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด



ประเภทชุดที่ 5 กลุ่ม E เสื้อปาดไหล่กระโปรงยาว (แบบร่าง E2) ค่าเฉลี่ย 4.46 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

รูปที่ 2 รวมแบบร่างชุดสตรีแนวสตรีท 5 ประเภท จำนวน 25 แบบร่าง (แยกประเภทที่ 1-5 กลุ่ม A-E)

4.1.3 ผลการเลือกแบบร่างชุดสตรีแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล (Upcycled) คัดเลือกโดยกลุ่มสตรี อายุ 18 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 15 คน ทำการคัดเลือกแบบร่าง จากทั้งหมด 25 แบบ คัดให้เหลือเพียง 5 แบบ แบบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจสูงสุด ผู้วิจัยสรุปผลลัพธ์ ดังตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 สรุปผลสำรวจความพึงพอใจต่อชุดต้นแบบทั้งหมด จำนวน 5 ชุด

ชุด	$\bar{x}$	ความพึงพอใจ
ชุดที่ 1 ชุดต้นแบบ A3 เสื้อโครปกางเกงขาสั้น	4.6	มากที่สุด
ชุดที่ 2 ชุดต้นแบบ B1 เสื้อแขนยาวกระโปรงสั้น	4.5	มากที่สุด
ชุดที่ 3 ชุดต้นแบบ C4 เดรสสั้น	4.6	มากที่สุด
ชุดที่ 4 ชุดต้นแบบ D2 เสื้อสูดกางเกงขายาว	4.4	มาก
ชุดที่ 5 ชุดต้นแบบ E2 เสื้อปาดไหล่กระโปรงยาว	4.6	มากที่สุด
รวม	4.54	มากที่สุด

ตารางที่ 4 สรุปผลสำรวจความพึงพอใจต่อชุดต้นแบบทั้งหมด จำนวน 5 ชุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 คะแนนอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

สรุปผลการคัดเลือกแบบร่างชุดสตรีแนวสตรีท จากคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด จำนวน 5 แบบ แสดงในรูปที่



รูปที่ 3 ต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทจากความพึงพอใจสูงสุด (ผ่านการคัดเลือกแบบร่างจำนวน 5 แบบ)

4.2 การสร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล (Upcycled)

4.2.1 ผลการคัดเลือกแบบร่างชุดสตรีแนวสตรีท ผ่านการคัดเลือกจากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 5 แบบ แล้วนำแบบร่างและแบบตัดมาวิเคราะห์ กับผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและผู้เชี่ยวชาญด้านการตัดเย็บเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างต้นแบบ ควบคู่กับการวิเคราะห์วัสดุอัพไซเคิล (Upcycled) รวมถึง การผสมผสานวัสดุให้โครงสร้างชุดมีลูกเล่น แปลกใหม่และสะดุดตา เกิดภาพจำในชื่อเรียกว่า “ชุดปลากัดสังกะสี” ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษารองรับแรงบันดาลใจสู่การออกแบบในประเด็นข้อ 4.1 เพื่อสร้างแบบตัดเย็บ จำนวน 5 แบบ

ผู้วิจัยขอนำเสนอในมิติของกระบวนการออกแบบแฟชั่นดีไซน์ “สู่การสร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีท” โดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled) จัดลำดับกระบวนการออกแบบ ดังนี้ 1) ภาพแบบร่างชุดที่ผ่านการคัดเลือก 2) ภาพประกอบแบบตัดเย็บ และ 3) ภาพประกอบชุดต้นแบบจริงจำนวน 5 แบบ แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กระบวนการสร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล

4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled)

4.3.1 ผลการศึกษาความพึงพอใจต้นแบบชุด ผู้วิจัยได้นำต้นแบบชุดให้กลุ่มเป้าหมายได้ทดลองสวมใส่และตอบแบบสอบถาม จำนวน 15 คน ผลการศึกษาค้นคว้าที่ 1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเป้าหมาย 4 ด้าน ประกอบด้วย ข้อมูลด้านอายุ ด้านอาชีพ ระดับการศึกษา และด้านรายได้ แสดงในตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเป้าหมาย

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
1. ข้อมูลด้านอายุ		
อายุ 18 - 23 ปี	9	60

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
อายุ 24 - 28 ปี	5	33.33
อายุ 29 - 35 ปี	1	6.67
อายุ 35 ขึ้นไป	-	-
รวม	15	100
2. ข้อมูลด้านอาชีพ		
นักเรียน	-	-
นักศึกษา	11	73.33
ข้าราชการ	1	6.67
ธุรกิจส่วนตัว/เจ้าของธุรกิจ	-	-
พนักงานบริษัทเอกชน	3	20
อื่น ๆ	-	-
รวม	15	100
3. ข้อมูลระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	1	6.67
ปริญญาตรี	9	60
สูงกว่าปริญญาตรี	5	33.33
อื่น ๆ	-	-
รวม	15	100
4. ข้อมูลด้านรายได้		
ต่ำกว่า 8,000 บาท	6	40
8,001 – 10,000 บาท	3	20
10,001 – 12,000 บาท	3	20
12,000 บาท ขึ้นไป	3	20
รวม	15	100

4.3.2 ผลการศึกษาแบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบ จากการศึกษาตอนที่ 2 การสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบทั้ง 5 ชุด ผู้วิจัยนำต้นแบบชุดให้กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 15 คน ได้ทดลองสวมใส่และตอบแบบสอบถาม เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบ ประเด็นคำถามแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านแรงบันดาลใจ และ 2) ความพึงพอใจด้านความคล่องตัวในการสวมใส่ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบ แสดงค่าเฉลี่ยรายชุด จำนวน 5 ชุด

รายการ	ชุดต้นแบบ A3	ชุดต้นแบบ B1	ชุดต้นแบบ C4	ชุดต้นแบบ D2	ชุดต้นแบบ E2
1.1 ความเหมาะสมกับแรงบันดาลใจ	4.6	4.6	4.4	4.5	4.5
1.2 รูปแบบ และรูปทรง	4.8	4.4	4.7	4.6	4.2

ตารางที่ 6 (ต่อ)

รายการ	ชุดต้นแบบ A3	ชุดต้นแบบ B1	ชุดต้นแบบ C4	ชุดต้นแบบ D2	ชุดต้นแบบ E2
1.3 ความสวยงามภาพรวม	4.8	4.6	4.7	4.7	4.5
2.1 ชุดมีความพอดีกับรูปร่าง	4.7	4.5	4.6	4.6	4.9
2.2 การยกแขนขณะสวมใส่	4.7	4.2	4.5	4.2	4.9
2.3 การเคลื่อนไหวไหล่ขณะสวมใส่	4.3	4.6	4.5	4.2	4.6
2.4 การเดินขณะสวมใส่	4.3	4.4	4.5	4.4	4.6
2.5 การย่อตัวขณะสวมใส่	4.3	4.5	4.6	4.4	4.6
2.6 สามารถสวมใส่ชุดนี้ได้ง่าย	4.7	4.5	4.6	4.5	4.7
2.7 สามารถถอดชุดได้ง่าย	4.7	4.5	4.5	4.4	4.5
ค่าเฉลี่ยรวม	4.6	4.5	4.5	4.4	4.6

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยขออภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.1 สรุปอภิปรายผลการวิจัยจากวัตถุประสงค์ของการวิจัย ตอนที่ 1

การออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled) จากการศึกษาแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสี พบว่า สีที่นำมาใช้สีน้ำเงิน-ฟ้า และสีดำ-น้ำเงิน ที่มีเลเซอร์ระดับ 2-3 ระดับ ลวดลายเป็นเส้นเข็มสลับนูนชัดเจนของครีบกาง ปลากัดสังกะสีคือปลาสวยงามที่มีนิสัยดุร้ายที่แสดงพฤติกรรมชัดเจนเมื่อต้องต่อสู้ ช่มชู้ แสดงสีที่เข้มกว่าปกติ การว่ายน้ำอย่างกระฉับกระเฉง หรือการต่อสู้ที่เกิดจากสัญชาตญาณ รวมถึงมีความหมายทางวัฒนธรรมที่สะท้อนถึงความกล้าหาญ และการทดสอบพลัง มีความดุร้าย แข็งแรง การต่อสู้จนร่างกายบาดเจ็บ มีเกล็ดหลุดผิวหนังถลอก เกิดร่องรอย ที่ผ่านเรื่องราวความเป็นนักสู้ และได้นำเรื่องราวที่น่าสนใจนี้มาเป็นแรงบันดาลใจในการถ่ายทอด ผลงานออกแบบเสื้อผ้าสตรีแนวสตรีทให้มีลักษณะที่โดดเด่นจากปลากัดสังกะสีที่มีความแข็งแรง หยาดกระด้าง และการตกแต่งเทคนิคสอยจิกเลื่อมลูกไม้ ให้มีความเหลือมของลูกไม้ และชุดที่ออกแบบต้องมีความคล่องตัวต่อ การสวมใส่ในชีวิตประจำวันได้ ถ่ายทอดผลงานต้นแบบผ่านวัสดุจากกางเกงยีนส์เก่า โดยการนำมาละชิ้นส่วนของ กางเกง และนำมาวางแบบตัดบนพื้นที่ที่จำกัด และคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรให้ได้คุ้มค่าที่สุด เพื่อส่งเสริม วงการแฟชั่นให้ตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและสร้างเสน่ห์ให้กับวงการแต่งกายให้ดูทันสมัย มีความแปลกใหม่และมีเรื่องราวที่น่าสนใจ และนำไปให้กลุ่มเป้าหมายคัดเลือกแบบร่างเพื่อหาความต้องการของเป้าหมายจากทั้งหมด 25 แบบ ให้เหลือจำนวน 5 แบบ และได้ผลการคัดเลือกแบบร่างตามประเภท พบว่า ประเภทที่ 1 กลุ่ม A ถูกเลือกมากที่สุด คือ A3 มีค่าเฉลี่ย 4.2 คะแนน และประเภทที่ 2 กลุ่ม B ถูกเลือกมากที่สุด คือ B1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 คะแนน ประเภทที่ 3 กลุ่ม C ถูกเลือกมากที่สุด คือ C4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 คะแนน ประเภทที่ 4 กลุ่ม D ถูกเลือกมากที่สุด คือ D2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 คะแนนประเภทที่ 5 กลุ่ม E ถูกเลือกมากที่สุด คือ E2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 คะแนน

5.2 การสร้างต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled) จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยตอนที่ 2 แบบร่างที่ได้จากการคัดเลือกมาวิเคราะห์โครงสร้าง และศึกษาความเป็นไปได้กับผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและผู้เชี่ยวชาญด้านการตัดเย็บเพื่อศึกษาขั้นตอน และกระบวนการเทคนิคและวิธีการออกแบบลายผ้า รวมถึงวิธีตกแต่งชุด และการเลือกวัสดุผ้ายีนส์เก่า กางเกงยีนส์มือสอง หรือเหลือใช้มาอัปไซเคิลแบบผสมผสาน ได้แบบตัดและต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจ

จากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled) จำนวน 5 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 ต้นแบบ A3 เสื้อครอบกางเกงขาสั้น ชุดที่ 2 ต้นแบบ B1 เสื้อแขนยาวกระโปรงสั้น ชุดที่ 3 ต้นแบบ C4 เดรสสั้น ชุดที่ 4 ต้นแบบ D2 เสื้อฮู้ดกางเกงขายาว และชุดที่ 5 ต้นแบบ E2 เสื้อปาดไหล่กระโปรงยาว ครบสมบูรณ์เป็นต้นแบบจริงในชุดสตรีแนวสตรีท โดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled)

5.3 การศึกษาความพึงพอใจต้นแบบชุด จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยตอนที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีอายุระหว่าง 18-23 ปี คิดเป็นร้อยละ 60 ข้อมูลด้านอาชีพส่วนใหญ่เป็นนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 73.33 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นวัยเรียนเป็นวัยที่เปิดรับกระแสแฟชั่นสมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี ด้านระดับการศึกษาส่วนใหญ่กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 60 และมีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 8,000 บาท ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 40 ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มวัยรุ่นระดับมหาวิทยาลัย และวัยเริ่มต้นทำงาน มีรสนิยมด้านแฟชั่น อาจจะมีข้อจำกัดด้านกำลังซื้อ แต่ยังให้ความสำคัญกับการเลือกสรรแฟชั่น เสื้อผ้าแนวสตรีท หรือสวมใส่เสื้อผ้าที่ออกแบบอย่างสร้างสรรค์และโดดเด่น

5.3.1 เมื่อพิจารณาผลสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบทั้ง 5 ชุด จากตารางที่ 4 ประด้วย ประเด็นคำถามที่แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านแรงบันดาลใจ และ 2) ความพึงพอใจด้านความคล่องตัวในการสวมใส่ พบว่า ชุดที่ 1 ต้นแบบชุด A3 เสื้อครอบกางเกงขาสั้น และชุดที่ 4 ต้นแบบชุด E2 เสื้อปาดไหล่ มีคะแนนสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 4.6 คะแนน อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงการตอบรับในเชิงบวกทั้งด้านแรงบันดาลใจ ความสวยงาม และความสะดวกคล่องตัวในการสวมใส่ โดยเฉพาะชุดที่ 4 ต้นแบบชุด E2 ต้นแบบเสื้อปาดไหล่ที่มีจุดเด่นด้านความพอดีของสัดส่วนและความสวยงามที่โดดเด่น รองลงมาคือ ชุดที่ 2 ต้นแบบชุด B1 ชุดเสื้อแขนยาวกระโปรงสั้น รวมถึงชุดที่ 3 ต้นแบบชุด C4 เดรสสั้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน 4.5 คะแนน อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด หมายความว่า กลุ่มเป้าหมายเกิดความพึงพอใจต่อดีไซน์ที่ทันสมัยและสวยงาม และชุดสุดท้ายคือ ชุดที่ 4 ต้นแบบชุด D2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 คะแนน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก เมื่อสรุปผลจากค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดจากผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดสตรีแนวสตรีท พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 คะแนน หมายถึง ผลรวมของการประเมินความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ประเด็นสำคัญ คือ การออกแบบชุดสุภาพสตรีแนวสตรีทขึ้น ได้แรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีสู่การพัฒนาการอัปไซเคิลวัสดุทางยีนส์มือสอง กางเกงยีนส์ที่เหลือใช้แล้วมาตัดเย็บด้วยเทคนิคการผสมผสาน และออกแบบลวดลายจากวัสดุตกแต่งมาใช้ประดับบนตัวชุดด้วย เพื่อให้ชุดมีความสะดุดตา แปลกใหม่ และสามารถสวมใส่ได้จริง สร้างสรรค์อัตลักษณ์ที่โดดเด่น เป็นที่จดจำของกลุ่มเป้าหมายและผู้พบเห็นเมื่อได้สวมใส่ในชื่อ “ชุดปลากัดสังกะสี” ชัดเจนว่าการวิจัยนี้สามารถผลักดันศักยภาพด้านการออกแบบแฟชั่นอย่างสร้างสรรค์ผสมผสานแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมเข้ากับแฟชั่นร่วมสมัยได้อย่างลงตัว

5.3.2 สรุปการอภิปรายผลการวิจัย เรื่อง “การออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทที่ได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัปไซเคิล (Upcycled)” สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายของการใช้แนวคิดอัปไซเคิล และความยั่งยืนในงานออกแบบแฟชั่นได้อย่างชัดเจน การใช้วัสดุรีไซเคิลช่วยลดปริมาณขยะและลดการใช้ทรัพยากรใหม่ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นไปตามข้อเสนอของ ปัทมวรรณ ธนภฤต (2562) ที่กล่าวว่า “การใช้วัสดุรีไซเคิลในงานออกแบบแฟชั่นเป็นแนวทางที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนให้ผู้บริโภคตระหนักถึงการใช้งานทรัพยากรอย่างคุ้มค่า” นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้บริโภคเห็นถึงความสำคัญของการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในอุตสาหกรรมแฟชั่น มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ สุภาวดี รัตนพิทักษ์ (2561) ได้ระบุไว้ว่าการออกแบบอัปไซเคิลเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและส่งเสริมการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนในงานวิจัย และผลลัพธ์สำคัญในการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า การนำเอกลักษณ์ของปลากัดสังกะสีมาสร้างสรรค์ ในงาน ออกแบบแฟชั่นชุดของสุภาพสตรีแนวสตรีท สามารถสร้างความโดดเด่นและเป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับงานของ ดนัย วิจิตร (2559) ที่กล่าวว่า “ปลากัดสังกะสีเป็นสัญลักษณ์ของความงามและเอกลักษณ์ในวัฒนธรรมไทยการนำ

มาประยุกต์ในงานออกแบบแฟชั่นจะช่วยสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวัฒนธรรมและสมัยนิยม” ผลการวิจัยจึงแสดงให้เห็นว่าโครงการนี้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.3 นอกจากนี้ การวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้แนวคิดอัพไซเคิลในการแฟชั่นไทย และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุที่ใช้แล้ว ซึ่งสนับสนุนแนวคิดของ เกศมณี สุขแสนเจริญ (2561) ที่กล่าวถึงการออกแบบเพื่อความยั่งยืนในอุตสาหกรรมแฟชั่นว่า อัพไซเคิลเป็นวิธีการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า และยั่งยืนต่อสังคม การนำวัสดุรีไซเคิลมาสร้างสรรค์ในงานออกแบบแฟชั่นช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรที่ใช้แล้ว และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถผลักดันแนวคิดด้านการอนุรักษ์และเกิดความยั่งยืนได้อย่างแท้จริง

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ค้นพบจากการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องราว การออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีด้วยการอัพไซเคิล (Upcycled) ได้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย กล่าวถึง การกำหนด นโยบาย แผน และกลยุทธ์ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

6.1.1 กระบวนการ และเทคนิคใช้เวลาค่อนข้างนานต้องคำนึงถึงผ้าที่ใช้ในการตัดเย็บที่มีพื้นที่อย่างจำกัด และใช้ทรัพยากร ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

6.1.2 เทคนิคการตัดต่อผ้าทำให้การสร้างแบบตัดมีจำนวนหลายชิ้นจึงต้องกำหนดชิ้นแบบให้ชัดเจน

6.1.3 การวางผ้าที่ต้องคำนึงถึงเกรนผ้าในการวางแบบบนพื้นที่ที่มีอย่างจำกัด

6.1.4 เนื่องจากผ้าบางชิ้นมีความยืดหยุ่นทำให้ต้องเย็บกดทุกครั้งก่อนนำชิ้นผ้ามาเย็บต่อกันเพื่อป้องกันสัดส่วนของชุดคลานเคลื่อน

6.1.5 นอกจากสัดส่วนแล้วควรคำนึงถึงความยาวที่เหมาะสมของความยาวกางเกงที่มีความยาวมากเกินไป เนื่องจากผู้สวมใส่มีสัดส่วนมาตรฐาน (Size M) แต่มีช่วงล่างของร่างกายที่สั้นงานวิจัยนี้ได้ข้อสรุปว่าการออกแบบชุดสตรีแนวสตรีทโดยใช้แรงบันดาลใจจากปลากัดสังกะสีและแนวคิดอัพไซเคิลสามารถสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณค่าและสอดคล้องกับแนวทางการสร้างความยั่งยืน ในวงการแฟชั่นได้เป็นอย่างดี

6.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป สำหรับการประยุกต์ใช้ผลงานในอนาคต ผู้วิจัยต้องการการขยายแนวคิดการออกแบบด้วยวัสดุรีไซเคิลเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการผลักดันวงการแฟชั่นไทยให้กว้างขวางขึ้นโดยเน้นการออกแบบสร้างสรรค์จากเอกลักษณ์ท้องถิ่นมาใช้เป็นแรงบันดาลใจ จุดเด่นของงานคือการพัฒนา เทคนิคการใช้วัสดุอัพไซเคิลให้มีความหลากหลายในส่วนของการศึกษาข้อมูลและวิธีการวิจัยอาจจะเพิ่มเติมประเด็นศึกษามุ่งเน้นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และการสำรวจความต้องการของตลาดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแฟชั่นอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

เกศมณี สุขแสนเจริญ. (2561). การออกแบบเพื่อความยั่งยืนในอุตสาหกรรมแฟชั่น: วิธีการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าและยั่งยืนต่อสังคม. *วารสารนวัตกรรมและการพัฒนา*, 7(1), 25-39.

จิตาภา สารชู. (2566). การออกแบบเสื้อผ้าสำหรับสตรีฟลัสซ์. *วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง*, 8(2), 52-58.

จิรวัดน์ พัฒนชนะชล. (2560). การใช้วัสดุรีไซเคิลในงานออกแบบแฟชั่น. *วารสารการออกแบบ*, 12(1), 23-34.

ดนัย วิจิตร. (2559). ปลากัดสังกะสี: สัญลักษณ์ของความงามและเอกลักษณ์ในวัฒนธรรมไทย.

วารสารศิลปวัฒนธรรม, 12(4), 33-48.

ปัทมวรรณ ธนฤต. (2562). การใช้วัสดุอัพไซเคิลในงานออกแบบแฟชั่นเป็นแนวทางที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนให้ผู้บริโภคตระหนักถึงการใช้งานทรัพยากรอย่างคุ้มค่า. *วารสารการออกแบบและสถาปัตยกรรม*, 10(3), 45-60.

สันติ ชนะจิต. (2563). แนวคิดการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม. ใน แฟชั่นยุคใหม่ (น. 67-78). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แฟชั่นดีไซน์.

สุภาวดี รัตนพิทักษ์. (2561). การออกแบบออฟไซเคิล: การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและส่งเสริมการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน. วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษา, 8(2), 77-90.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับสร้างอัตลักษณ์ในออกแบบแฟชั่นได้จริง คุณค่าทางวิชาการเกิดจากการประยุกต์แนวคิดออฟไซเคิล โดยการนำวัสดุทางเกนยีนส์เก่ามาสร้างสรรค์ต้นแบบใหม่ ที่มีคุณค่าและมีเอกลักษณ์มากขึ้น เป็นที่จดจำในชื่อ “ชุดปลากัดสังกะสี” องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ คือ 1) การสร้างเอกลักษณ์และเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์ 2) ขยายเครือข่ายแฟชั่นไทย นำไปต่อยอดองค์ความรู้ด้านการออกแบบแฟชั่นร่วมสมัย ซึ่งจะเกิดประโยชน์สูงสุดในวงกว้างสำหรับ นิสิตนักศึกษาในสายการออกแบบแฟชั่นผู้ประกอบการ และบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจโดยตรง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผ้าไม้ไผ่ขนาดยาวเพื่อการพัฒนาอาชีพอีสานดั้งเดิม สำหรับผู้สูงอายุ

ชัยรัตน์ พิมพ์บุตร^{1*} วีรวัตร คำภู² ชาญชัย นามพล³
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี^{1*,2,3}
อีเมล : chairat.p@ubru.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 22 กันยายน 2568

วันที่แก้ไขบทความ 24 ตุลาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 3 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและพัฒนาเครื่องผ้าไม้ไผ่สำหรับงานจักสานในท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (2) ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผ้าไม้ไผ่โดยผู้เชี่ยวชาญ และ (3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องผ้าไม้ไผ่ โดยกลุ่มเป้าหมายประกอบด้วยผู้ประกอบการ ผู้จำหน่าย และผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากไม้ไผ่ในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 20 ราย ทั้งนี้ได้ดำเนินการออกแบบโดยคำนึงถึงความเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก

จากการวิจัยพบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าเครื่องมีโครงสร้างแข็งแรงทนทาน เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประกอบอาชีพ สามารถส่งเสริมรายได้ให้ชุมชน และเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์จากไม้ไผ่ ค่าเฉลี่ยรวม 22.27 จากคะแนนเต็ม 25 (ร้อยละ 89.07) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 แสดงถึงความเหมาะสมในการนำไปผลิตเป็นต้นแบบ การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีดั้งเดิมกับเครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้น พบว่าเครื่องสามารถลดเวลาในการทำงานได้เฉลี่ยร้อยละ 37-68 มีประสิทธิภาพสูงสุดกับไม้ไผ่ขนาดสั้น และเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก รองรับการผ้าไม้ไผ่หลายขนาด ลดภาระแรงงาน และเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์โดยผู้ใช้งานชุมชน 20 คน พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับในระดับสูงมาก (ค่าเฉลี่ยรวม 4.83, SD = 0.27) ประเด็นที่ได้คะแนนสูงสุด ได้แก่ ความน่าสนใจ ความแข็งแรงทนทาน ความเหมาะสมต่อการประกอบอาชีพ และการส่งเสริมรายได้ ส่วนประเด็นที่ได้คะแนนต่ำสุดคือความปลอดภัยและความสะดวกในการบำรุงรักษา สรุปได้ว่าเครื่องผ้าไม้ไผ่ไม่จำกัดความยาวที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งทางด้านโครงสร้าง ประสิทธิภาพการทำงาน และความยอมรับจากผู้ใช้งาน สามารถต่อยอดการผลิตเพื่อสนับสนุนอาชีพและการอนุรักษ์งานจักสานพื้นบ้านอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : พัฒนาเครื่องผ้าไม้ไผ่ขนาดยาว, งานจักสาน, การพัฒนาอาชีพอีสาน, ผู้สูงอายุ



Design and Development of a Long Bamboo-Splitting Machine to Promote Traditional Occupations in Northeastern Thailand for the Elderly

Chairat Phimpabutr^{1*}, Werawat Kampoo², Chanchai Namphol³

Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University^{1*,2,3}

Email : chairat.p@ubru.ac.th^{1*}

Received 22 September 2025

Revised 24 October 2025

Accepted 3 November 2025

Abstract

This research aimed to (1) design and develop a bamboo-splitting machine for local handicraft production in the Northeastern region of Thailand, (2) evaluate the performance of the bamboo-splitting machine by experts, and (3) assess the satisfaction of users of the developed machine. The target group consisted of 20 participants, including bamboo product entrepreneurs, vendors, and consumers in Ubon Ratchathani Province. The design process was carried out with a specific focus on the elderly, who represent the primary target users.

This study developed an unlimited-length bamboo-splitting machine to support livelihoods and community development. Expert evaluations ($n = 5$) indicated that the machine is strong, durable, suitable for occupational use, and capable of promoting community income. The overall mean score was 22.27 out of 25 (89.07%), exceeding the 80% standard criterion, demonstrating its suitability as a prototype. Comparative tests with traditional methods showed that the machine reduced working time by 37–68%, with the highest efficiency for shorter and smaller-diameter bamboo. It accommodates various bamboo sizes, reduces labor workload, and improves work continuity. A user satisfaction assessment ($n = 20$) revealed very high acceptance (mean = 4.83, SD = 0.27). The most highly rated aspects were product attractiveness, durability, occupational suitability, and income-promoting potential, while safety and ease of maintenance received the lowest scores. Overall, the developed bamboo-splitting machine demonstrates structural soundness, operational efficiency, and strong community acceptance, highlighting its potential for sustainable production, livelihood support, and the preservation of traditional bamboo weaving practices.

Keywords: Long Bamboo-Splitting Machine Development, Bamboo Handicrafts, Northeastern Occupational Development, Elderly

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงสร้างของประชากร ที่พบว่าสังคมไทยก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมสูงวัย มาตั้งแต่ปี 2543 โดยในปี 2563 มีจำนวนประชากรผู้สูงอายุรวมกว่า 11.6 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 17.53 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในปี 2566 ซึ่งเป็นปีเริ่มต้นของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 – 2570) ประเทศไทยกลายเป็น สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ ที่มีประชากรอายุมากกว่า 60 สูงถึงร้อยละ 20.1 ของประชากรทั้งหมด สวนทางกับประชากรวัยเรียนและวัยแรงงานที่มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะกลุ่มอายุ 3-21 ปี ที่จะมีสัดส่วนลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือเพียงร้อยละ 20.66 ของประชากรทั้งหมดในปี 2570 หรือลดลงกว่า 715,000 คน ภายในช่วงระยะเวลาของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 – 2570) การเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยอาจส่งผลกระทบต่อปัญหาความเหลื่อมล้ำในประเทศทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น เนื่องจากกลุ่มผู้สูงอายุจะมีความเหลื่อมล้ำทางรายได้สูงกว่าผู้มีอายุน้อย และการที่ประชากรวัยแรงงานที่มีสัดส่วนลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจนำมาซึ่งปัญหาขาดแคลนกำลังแรงงานในประเทศ ตอกย้ำความจำเป็นในการพึ่งพาแรงงานต่างชาติมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมต่อประเทศไทยอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจความสามารถในการแข่งขัน และผลิตภาพแรงงาน รวมถึงความต้องการงบประมาณเพื่อเป็นสวัสดิการรองรับวัยเกษียณ จากอัตราการพึ่งพิงของผู้สูงอายุต่อวัยแรงงานและภาระทางการคลังในด้านการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ผู้สูงอายุต้องประสบกับการเปลี่ยนแปลงทางจิตใจและร่างกายเข้าสู่ภาวะเสื่อมมากกว่าการเจริญเติบโต ทั้งทางด้านระบบประสาทที่มีความบกพร่องในการรับรู้ปฏิกริยาเริ่มตอบสนองช้าลง ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อไม่มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกระดูกและกล้ามเนื้อลดลง มีความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการทำงานได้ง่ายดังนั้นหากมีวิธีการที่สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำงานหรือกิจกรรม ถือว่าเป็นสิ่งที่น่าศึกษา เรียนรู้และนำไปถ่ายทอดให้กับผู้สูงอายุ

งานหัตถกรรมพื้นบ้านในปัจจุบัน จากกระแสที่เปลี่ยนระหว่างสิ่งเก่ากับสิ่งใหม่ ในอดีตงานหัตถกรรมพื้นบ้านเป็นงานที่มีคุณค่าสูงนอกจากจะเป็นของใช้ในครัวเรือนแล้ว ผู้คนในอดีตแทบทุกคนยังต้องศึกษาเรียนรู้เพื่อการผลิตขึ้นใช้ด้วยตนเอง ดังที่พูดสืบต่อมาว่า ผู้หญิงทอผ้า ผู้ชายจักสาน ฝีมือในการผลิตประณีต สวยงามหรือไม่ จะเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงลักษณะนิสัยของผู้ผลิตว่า มีความเพียร อดทน สุขุม เยือกเย็น มีความละเอียดรอบคอบเพียงใด ทั้งนี้ อาจกล่าวได้ว่า งานหัตถกรรมพื้นบ้าน สามารถบอกเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับคน ซึ่งเป็นผู้ผลิตได้ในหลายแง่มุม

การสร้างแนวความคิดถือเป็นทักษะที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานและมีการฝึกฝนพัฒนา คงไม่สามารถมีแนวความคิดขึ้นมาอย่างเฉียบพลันโดยไม่มีการสะสมประสบการณ์ ความคิดการศึกษาหาความรู้ และการสังเกต เพราะทั้งหมดคือพื้นฐานที่จะพัฒนาความคิดของตนเป็นลำดับขั้นตอน แนวทางในการพัฒนาสินค้าและธุรกิจให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น มีอยู่ 3 แนวทางที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เติบโตความคิดสร้างสรรค์แปลกใหม่ เน้นการออกแบบที่สวยงาม และนำเทคโนโลยีการสร้างผลิตภัณฑ์แบบ 2 มิติและ 3 มิติ มาช่วยในการผลิต ซึ่งทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้อย่างง่าย ถูกต้องและแม่นยำ ผู้ที่สนใจจะนำแบบไปสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาต่อยอดสามารถเข้าใจและสร้างชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เน้นให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองชุมชน ให้มีความเรียบง่าย เน้นการใช้พื้นฐานเป็นหลัก เนื่องจากต้องผลิตตามความต้องการของลูกค้าหรือทางผู้รับเหมาสั่งมาอีกทอดหนึ่ง จึงไม่ได้มีโอกาสที่จะสร้างสรรค์งานอย่างเพียงพอ โดยผลิตภัณฑ์บางชนิดมีข้อจำกัดบางประการและพยายามหลีกเลี่ยงกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน จึงเน้นการออกแบบรูปลักษณะตามที่ผู้บริโภคนิยม ผู้ผลิตส่วนใหญ่ได้รับการฝึกและคำแนะนำจากหัวหน้าชุมชน มีการทำลัทธิรูปแบบเอาไว้ แต่ในเรื่องการออกแบบยังมีการพัฒนาที่ไม่ชัดเจน จึงให้รูปแบบไม่หลากหลายและไม่แตกต่างจากท้องตลาดมากนัก ดังนั้นการศึกษาข้อมูลอย่างจริงจัง และสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่ดีก็จะทำให้เกิดผลสำเร็จ และมีส่วนช่วยเศรษฐกิจภายในชุมชนได้เป็นอย่างดี

จากการศึกษาข้อมูลและปัญหาของการผลิตเครื่องจักสานพบว่ามียุคผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้วัสดุที่ทำขึ้นโดยอาศัยทักษะเฉพาะด้าน หรือความเชี่ยวชาญพิเศษ คือเครื่องจักสานขนาดใหญ่และจะต้องใช้วัสดุสานที่มีความยาว

พอสมควรเช่น สุ่มซังไก่ กะทอ กะชุง เป็นต้น แต่หากปัจจุบันมีผู้ผลิตเครื่องจักสานดังกล่าวกำลังลดลง ที่ยังคงเหลือแต่ผู้สูงอายุ ที่ยังคงมีหลงเหลือทำอยู่บ้าง ด้วยเหตุปัจจัยหลักคือต้องใช้ดอกที่มีขนาดยาวเป็นพิเศษ ทำให้เป็นปัญหาสำหรับผู้ที่จะจักตอกให้ได้ขนาดตามที่จะนำมาผลิตได้ จากการสอบถามกลุ่มผู้ผลิตเครื่องจักสานไม้ไผ่ ตำบลโนนผึ้ง อำเภอรินชาราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าหากสามารถสร้างนวัตกรรมที่สามารถช่วยผลิตเส้นตอกที่ยาวมากๆได้ จะทำให้กลุ่มผลิตเครื่องจักสานได้อย่างต่อเนื่อง ปัญหาอีกประการคือศักยภาพหรือเรี่ยวแรงของผู้สูงอายุที่จักตอกในขนาดที่ยาวตามต้องการก็ลดน้อยลงเช่นกัน ทำให้เป็นอีกปัจจัยหลักที่งานจักสานที่ควรค่าแก่การรักษาไว้ให้ลูกหลานอาจจะลดลงจนสูญหายไปนั่นเอง

จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดที่จะช่วยเหลือกลุ่มผู้สูงอายุโดยสร้างนวัตกรรมช่วยทุ่นแรงในการทำวัสดุมีความง่ายขึ้น เพื่อให้ผู้สูงอายุได้ทำเครื่องจักสานดั้งเดิมของชาวอีสาน และในขณะเดียวกันผู้วิจัยจะทำการรวบรวมขั้นตอน ตลอดจนวิธีการใช้งานนวัตกรรมเครื่องจักสานไม้ไผ่ขนาดยาวให้กับคนรุ่นใหม่เพื่อสืบสานวัฒนธรรมอันดีของชาวอีสานสืบไปด้วย

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักสานไม้ไผ่สำหรับงานจักสานในท้องถิ่นอีสาน
- 2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักสานไม้ไผ่โดยผู้เชี่ยวชาญ
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องจักสานไม้ไผ่

3. วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบเครื่องจักรกล (Machine Design) เป็นกระบวนการที่นำหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ กลศาสตร์ วัสดุศาสตร์ และความปลอดภัย มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แข็งแรงทนทาน และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน หลักการสำคัญของการออกแบบเครื่องจักรกล

3.1.1 ความแข็งแรงและความทนทาน (Strength and Durability) เครื่องจักรต้องมีโครงสร้างที่สามารถรับแรงกระทำ (เช่น แรงดัน แรงเฉือน แรงบิด) ได้โดยไม่เกิดการเสียรูปหรือชำรุดง่าย หลักการนี้สอดคล้องกับ ทฤษฎีความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials Theory) ซึ่งอธิบายว่าวัสดุจะต้องทนต่อความเค้น (Stress) ได้มากกว่าความเค้นสูงสุดที่เกิดจากการใช้งานจริง

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

โดยที่

σ = ความเค้น (Stress)

F = แรงที่กระทำ

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับแรง

หาก σ มีค่าน้อยกว่าความเค้นที่วัสดุรับได้ (Ultimate Strength) แสดงว่าโครงสร้างปลอดภัย

3.1.2 ความปลอดภัยในการใช้งาน (Safety)

เครื่องจักรต้องออกแบบให้มี ค่าปลอดภัย (Factor of Safety: N) เพื่อป้องกันความเสียหายและอุบัติเหตุ

$$N = \frac{\text{ความเค้นที่วัสดุรับได้สูงสุด}}{\text{ความเค้นที่เกิดขึ้นจริง}} \quad (2)$$

หาก $N > 1$ แสดงว่าการออกแบบมีความปลอดภัย ยิ่งค่า N สูง ความปลอดภัยยิ่งมาก แต่ก็อาจทำให้สิ้นเปลืองวัสดุและต้นทุนสูงขึ้น

3.1.3 ความสะดวกในการใช้งานและบำรุงรักษา (Usability & Maintainability) เครื่องจักรที่ดีต้องใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน ผู้ปฏิบัติงานในชุมชนที่ไม่มีทักษะเชิงช่างสูงก็สามารถใช้งานได้ อีกทั้งควรออกแบบให้บำรุงรักษาและซ่อมแซมง่าย เพื่อลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

3.1.4 ประสิทธิภาพในการทำงาน (Efficiency of Operation) การออกแบบต้องคำนึงถึงการถ่ายโอนพลังงาน (Energy Transfer) อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสีย เช่น แรงเสียดทาน ความร้อน หรือแรงที่ไม่ได้ก่อให้เกิดงานจริง

3.1.5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ (Economic Feasibility) แม้เครื่องจักรจะมีประสิทธิภาพสูง แต่ถ้าต้นทุนสูงเกินไปก็ไม่สามารถนำไปใช้ได้จริงในชุมชน ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุและเทคโนโลยีต้องสอดคล้องกับศักยภาพการลงทุนของผู้ใช้งาน

3.2 ทฤษฎีการเพิ่มประสิทธิภาพแรงงานมีพื้นฐานจากแนวคิดการบริหารเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Management) ของ Frederick W. Taylor (1911) ที่กล่าวถึงการปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้นโดยใช้ทรัพยากร (แรงงาน เวลา วัสดุ และพลังงาน)ให้น้อยที่สุด แนวคิดนี้เน้นการวิเคราะห์วิธีการทำงานอย่างเป็นระบบ และการนำเครื่องมือหรือเทคโนโลยีมาช่วยลดภาระของแรงงานคน หลักสำคัญของทฤษฎีนี้ได้แก่ การลดเวลาในการทำงาน (Time Reduction): การออกแบบกระบวนการหรือเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าแรงงานคน เช่น เครื่องจักรกลทางการเกษตรหรืออุตสาหกรรมที่ลดเวลาในการผลิตต่อหน่วยได้อย่างมีนัยสำคัญ การลดความเหนื่อยล้าและความเสี่ยง (Fatigue and Risk Reduction): การใช้เครื่องจักรแทนแรงงานช่วยลดการใช้ร่างกายที่ซ้ำซ้อนและลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากการทำงานด้วยมือ การเพิ่มผลผลิต (Productivity Improvement): การใช้เครื่องมือช่วยทำให้แรงงานคนสามารถผลิตงานได้มากขึ้นในเวลาเท่าเดิม หรือใช้แรงงานคนน้อยลงในการผลิตปริมาณงานเท่าเดิม การสร้างความต่อเนื่องของกระบวนการ (Workflow Continuity): เครื่องจักรช่วยทำให้การทำงานมีความสม่ำเสมอ ลดการหยุดชะงัก และควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องฟอกผ้าไม่ไผ่ไม่จำกัดความยาว จะเห็นได้ว่า เครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถลดเวลาในการทำงานได้เฉลี่ยร้อยละ 37-68 เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม ซึ่งตรงกับหลักการ Time Reduction ลดภาระแรงงานและความเหนื่อยล้าจากการใช้แรงงานคนที่ต้องใช้แรงกดและควบคุมการฟอก ซึ่งสอดคล้องกับ Fatigue Reduction การที่เครื่องสามารถฟอกผ้าไม่ไผ่ได้หลายขนาด ทำให้กระบวนการผลิตต่อเนื่องและมีผลผลิตเพิ่มขึ้นในระยะเวลาเดียวกัน สอดคล้องกับ Productivity Improvement และ Workflow Continuity

3.3 ทฤษฎีการเพิ่มประสิทธิภาพแรงงาน (Work Efficiency Theory) สามารถเชื่อมโยงกับ สูตรหรือสมการทางประสิทธิภาพ (Efficiency Equation) ได้ โดยทั่วไปเราสามารถวัดประสิทธิภาพการทำงานด้วย อัตราส่วนระหว่างผลลัพธ์ที่ได้ (Output) ต่อ ทรัพยากรที่ใช้ (Input)

3.3.1 สูตรทั่วไปของประสิทธิภาพแรงงาน

$$Efficiency(E) = \frac{output}{input} \times 100 \quad (3)$$

Output = ผลผลิตที่ได้ (เช่น จำนวนท่อนไม้ไผ่ที่ฟอกเสร็จในหน่วยเวลา)

Input = ทรัพยากรที่ใช้ (เช่น เวลาแรงงาน ชั่วโมงแรงงาน หรือจำนวนคนที่ใช้)

3.3.2 สูตรเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน หากต้องการวัดว่าเครื่องจักรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพมากกว่าแรงงานคนเท่าไร สามารถใช้สูตร

$$Improvement (\%) = \frac{T_{manual} - T_{machine}}{T_{manual}} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่

T_{manual} = เวลาเฉลี่ยในการทำงานด้วยวิธีดั้งเดิม

$T_{machine}$ = เวลาเฉลี่ยในการทำงานด้วยเครื่องจักร

ผู้วิจัยได้เลือกการออกแบบและพัฒนาเครื่องผ่าไม้แผ่นขนาดยาวเพื่อการพัฒนาอาชีพอีสานดั้งเดิมสำหรับผู้สูงอายุ เพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนดังนี้

3.4 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาก่อนการออกแบบ โดยลงพื้นที่เพื่อสร้างความสัมพันธ์กับชุมชนและทำการสังเกตข้อมูลด้านกายภาพและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ไผ่ โดยใช้แบบสังเกตกับอุปกรณ์การบันทึกภาพ ซึ่งพื้นที่ทำการศึกษาคือ ตำบลโนนผึ้ง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จากการศึกษาสภาพแวดล้อมและส่วนประกอบของไม้ไผ่ ผู้สูงอายุที่ทำเครื่องจักสานจะเลือกไม้ไผ่ที่มีความแก่ เพื่อความเหนียวและคงทนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งลักษณะของไม้ไผ่จะมีผิวมันวาว เรียบ สีน้ำตาลเข้ม กิ่งจะยาวและใบครบทุกกิ่งก้าน จากการสังเกตและรวบรวมข้อมูลผู้สูงอายุมีแนวทางในการออกแบบได้ดังนี้

3.4.1 การจักตอกเพื่องานจักสานขนาดที่แตกต่างกัน ทำให้เป็นแนวทางในการกำหนดขนาดของผลิตภัณฑ์ที่จัดทำการออกแบบพัฒนาให้เกิดความสวยงามโดดเด่นในด้านต่าง ๆ ต่อไป

3.4.2 งานสานเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อการจัดจำหน่าย ถือว่าเป็นบุคคลที่จะกำหนดลักษณะในการออกแบบเพื่อการจัดจำหน่าย ในกรณีนี้ใช้แบบสำรวจจากการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลในส่วน ปริมาณการขายต่อวัน การบริโภคสินค้า และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามแบบของชุมชน ซึ่งไม่ได้เกิดจากการวิเคราะห์และพัฒนาแบบ

3.4.3 กลุ่มผู้บริโภค หมายถึง กลุ่มที่เป็นตัวกำหนดชั้นปลายทาง แต่เป็นข้อมูลย้อนกลับ เพื่อให้ทราบถึงค่านิยมในการบริโภค เพื่อให้กลุ่มผู้ผลิตนั้นสามารถผลิต ผลิตภัณฑ์ออกสู่ท้องตลาดตามความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรคือ กลุ่มผู้ประกอบการจักสานไม้ไผ่ในจังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่างคือ ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยได้กลุ่มผู้สูงอายุจำนวน 5 ราย ที่ทำงานเครื่องจักสานในเขตตำบลโนนผึ้ง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบกลุ่มผู้ประกอบการที่ผลิตเครื่องจักสาน เกี่ยวกับขนาดรูปร่างรูปทรงของงานจักสานจากไม้ไผ่และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่องานจักสานที่ผู้วิจัยจัดทำโดยอาศัยแนวคิดหลักสำหรับการวิจัยแล้วนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในข้อที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบทดสอบแต่ละข้อจากนั้นจึงนำมาคัดเลือกเฉพาะข้อที่มีระดับค่าเฉลี่ย ตั้งแต่ 4.00 ถึง 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.3 ได้จำนวน 15 ข้อ แบ่งเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบ เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในโครงสร้าง การผลิต และกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ จำนวน 5 ข้อ ตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบ เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ จำนวน 5 ข้อ ตอนที่ 3 เป็นแบบทดสอบ เกี่ยวกับความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ ในภาพรวม จำนวน 5 ข้อ

3.6 การออกแบบ ผู้ได้วิจัยได้ทำการออกแบบเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุ ที่ประกอบอาชีพด้านงานจักสานไม้ไผ่ ซึ่งมีข้อจำกัดด้านแรงและความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือแบบดั้งเดิม การออกแบบมุ่งเน้นที่ความปลอดภัย ใช้งานง่าย และมีประสิทธิภาพในการผ่าไม้แผ่นขนาดยาว โดยมีองค์ประกอบหลักดังนี้

3.6.1 ชุดมอเตอร์และสวิตช์ควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานหลักในการหมุนใบมีดผ่าไม้ มีสวิตช์ควบคุมเพื่อเปิด-ปิดเครื่องอย่างปลอดภัย ออกแบบให้ใช้งานง่าย เหมาะกับผู้สูงอายุ

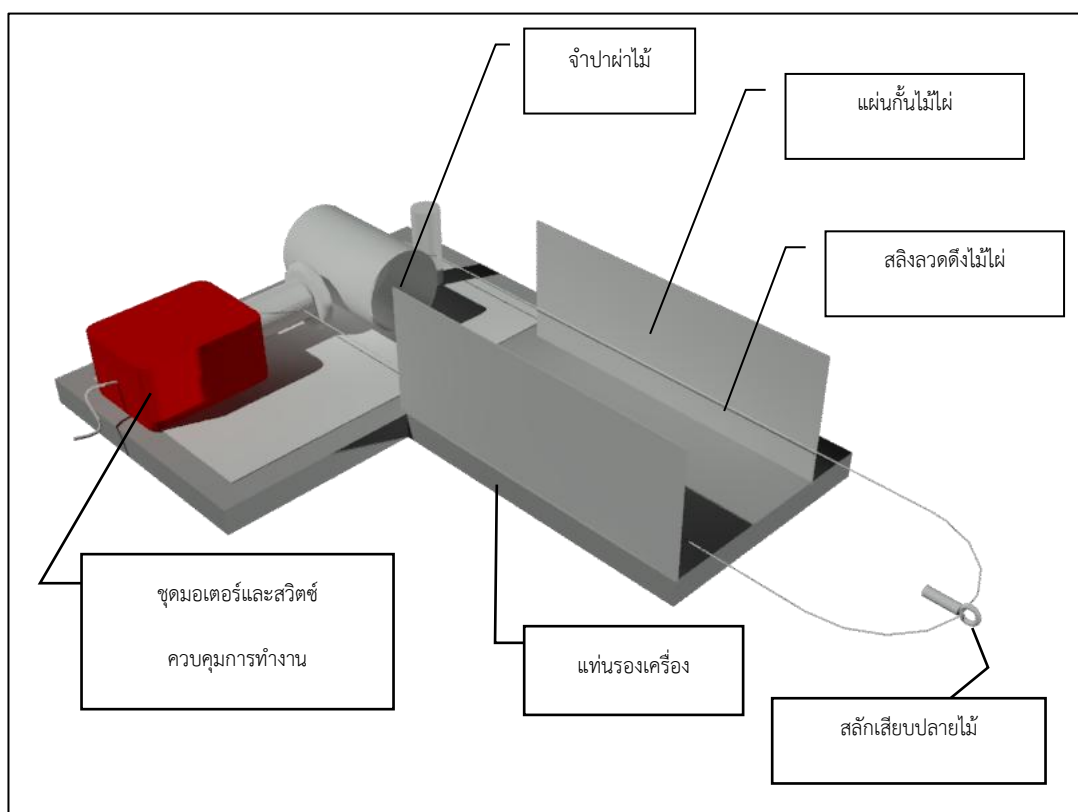
3.6.2 จานผ่าไม้ เป็นใบมีดหรือใบเลื่อยชนิดหมุน ทำหน้าที่ผ่าไม้ฝัดตามแนวยาว ติดตั้งอยู่กับชุดมอเตอร์ เพื่อให้หมุนด้วยความเร็วที่เหมาะสมต่อการตัด

3.6.3 แผ่นกันไม้ไฟ ทำหน้าที่เป็นแนวป้องกันไม่ให้ไม้กระเด็นหรือเคลื่อนออกจากแนวขณะผ่าช่วยรักษาทิศทางการเคลื่อนของไม้ให้ตรงแนวใบมีด

3.6.4 สลิงดูดดึงไม้ไฟ ใช้สำหรับดึงไม้ไฟให้เคลื่อนผ่านใบมีดโดยไม่ต้องใช้แรงมาก ช่วยลดความเหนื่อยล้าของผู้ใช้งานและเพิ่มความปลอดภัย

3.6.5 แท่นรองเครื่อง เป็นฐานรองรับโครงสร้างทั้งหมดของเครื่อง ออกแบบให้มั่นคง แข็งแรง ไม่โยกหรือสั่นขณะเครื่องทำงาน

3.6.6 สลักล็อกปลายไม้ ใช้สำหรับยึดปลายไม้ไฟให้คงที่ระหว่างการผ่า ช่วยให้ได้ตรงแนว ไม่เบี้ยว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบร่างเครื่องผ่าไม้ไฟที่มีความยาวไม่จำกัด

3.6.7 เครื่องผ่าไม้ไฟขนาดยาวทำงานโดยใช้ชุดใบมีดแบบรีซีมที่ติดตั้งอยู่กับหัวผ่าอย่างมั่นคง ทำหน้าที่แหวกและแบ่งเนื้อไม้ฝัดตามแนวยาวให้เป็นหลายเส้นในครั้งเดียว การเคลื่อนที่ของไม้ไฟผ่านหัวผ่าเกิดจากชุดดึงสลึงซึ่งเชื่อมต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีกลไกล่อหมุนควบคุมความตึงของสลึงให้คงที่ พร้อมสลักยึดปลายไม้เพื่อรัดให้แน่น ลดการหลุดขณะดึง เสาเหล็กรองรับแนวไม้ไฟถูกติดตั้งเป็นช่วง ๆ เพื่อประคองให้ไม้ไฟอยู่ในระดับเดียวกับหัวผ่าและลดการบิดงอ ขณะเดียวกันแผ่นประคองสองข้างช่วยบังคับแนวไม้ไฟและป้องกันเศษไม้ดีดออกเพื่อความปลอดภัย ก่อนการผ่าจะต้องเตรียมไม้ไฟโดยตัดปลายให้เรียบ เจาะปากเริ่มผ่าประมาณ 5-10 เซนติเมตรเพื่อช่วยต่อการเข้าสู่หัวผ่า และตัดแต่งปุ่มหรือข้อที่เกะกะออกเล็กน้อย จากนั้นวางไม้ไฟบนเสารองรับให้ตรงกับศูนย์หัวผ่าทั้งในแนวสูง

และแนวยาว ยึดปลายไม้กับสลึงให้แน่นแล้วตั้งค่าความปลอดภัยโดยให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้สังเกตการณ์อยู่ด้านข้างหรือด้านหลังของแผ่นประกอบ เมื่อเปิดมอเตอร์ ชุดดึงสลึงจะค่อย ๆ ดึงไม้ผ่านหัวผ้าที่อยู่ฝั่ง ใบมีดรัศมีจะแหวกเนื้อไม้ไปตามยาวโดยอัตโนมัติ ผู้ปฏิบัติงานควบคุมแรงดึงและความเร็วให้สม่ำเสมอเพื่อลดการกระชาก หากเกิดแรงต้านมากต้องลดความเร็วและตรวจสอบแนวไม้ เส้นตอกที่ได้จะมีความยาวเท่ากับไม้ทั้งลำและมีจำนวนตามที่หัวผ้ากำหนดจำนวน 8 เส้น ซึ่งพร้อมเข้าสู่ขั้นตอนเหลาและไสต่อไป เมื่อผ่าเสร็จสิ้นจะปิดสวิทช์ คลายสลึง ปลดสลัก และรวบรวมเส้นตอกเพื่อใช้งานต่อไป โดยกระบวนการนี้ช่วยให้การผลิตเส้นตอกทำได้รวดเร็ว ปลอดภัย และเหมาะสมกับผู้สูงอายุที่มีกำลังแรงจำกัด ดังรูปที่ 2



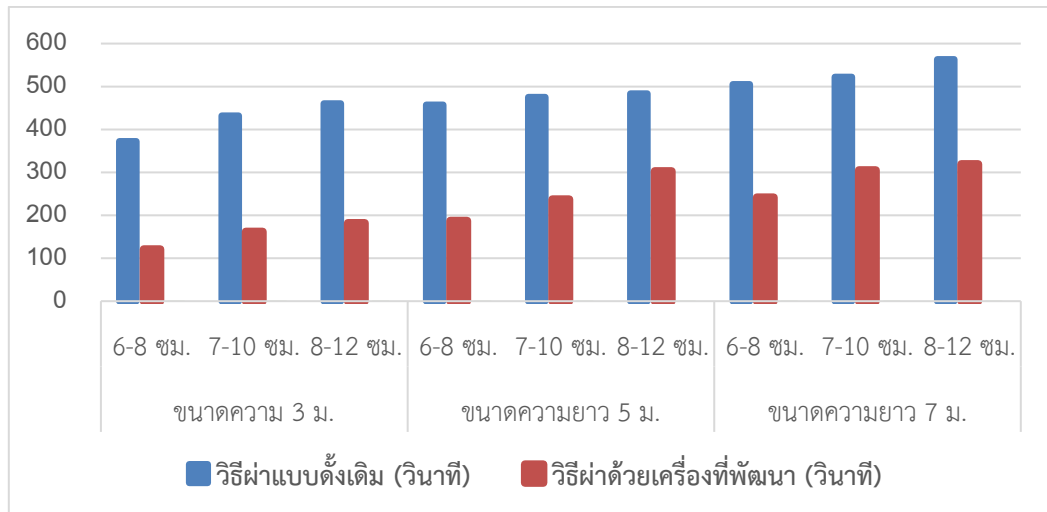
รูปที่ 2 หลักการทำงานของเครื่องตัดไม้ไผ่

4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ผลการให้คะแนนแบบสอบถามก่อนการผลิต การประเมินความสำคัญของเครื่องผ่าไม้ไผ่ไม่จำกัดความยาวโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ประเด็นที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือ 25 คะแนน ได้แก่ โครงสร้างมีความแข็งแรงทนทาน เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประกอบอาชีพ สามารถส่งเสริมรายได้ให้กับชุมชน และการนำไม้ไผ่ที่ได้จากเครื่องผ่าไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มผู้ผลิตหรือชุมชน ลำดับรองลงมาที่ได้รับ 24 คะแนน คือ การที่ชุมชนได้รับการพัฒนา ตามด้วยค่าคะแนน 23 คะแนน ได้แก่ การคำนึงถึงแนวทางการพัฒนา ความยาก-ง่ายในกระบวนการผลิต และความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ต่อผู้บริโภค ประเด็นที่ได้ 22 คะแนน คือ ความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์ ขณะที่ประเด็นที่ได้ 21 คะแนน คือ ความสะดวกในการดูแล บำรุงรักษา และซ่อมแซม สำหรับประเด็นที่ได้ 20 คะแนน ได้แก่ การคงความเป็นเอกลักษณ์และประเพณี การเลือกใช้วัสดุอันเหมาะสม วัสดุใหม่ ๆ ของผลิตภัณฑ์ และความหลากหลายในการทำงานของเครื่อง ส่วนค่าคะแนนที่ต่ำที่สุดคือ 18 คะแนน เกี่ยวกับการเป็นแนวทางพัฒนาศักยภาพผลิตภัณฑ์จากวัสดุอื่นที่เกี่ยวข้อง ผลการวิเคราะห์ภาพรวมพบว่าค่าเฉลี่ยการประเมินผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 22.27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คิดเป็นร้อยละ 89.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่าเครื่องผ่าไม้ไผ่ไม่จำกัดความยาวมีความเหมาะสมและศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปผลิตเป็นต้นแบบเพื่อการพัฒนาต่อไปได้อย่างมั่นใจ

4.2 ผู้วิจัยได้การเก็บข้อมูลการผ่าไม้ไผ่ผู้วิจัยดำเนินการโดยการเปรียบเทียบข้อมูลจากการผ่าไม้ไผ่แบบดั้งเดิมและการผ่าด้วยเครื่องผ่าไม้ไผ่ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพในการผ่าไม้ไผ่ สามารถแปรผลได้ว่าการผ่าไม้ไผ่ด้วยเครื่องผ่ามีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าวิธีการผ่าแบบดั้งเดิม และจากการนำไม้ไผ่มาผ่าเพื่อนำไปพัฒนาเครื่องจักสาน ความยาวไม้ไผ่มีขนาด 3, 5 และ 7 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ได้จากการสอบถามกลุ่ม

ผู้ผลิตเครื่องจักรสานในการนำมาใช้งานจริง ปรากฏว่าการผ้าไหมพื้นนั้นมีปัจจัยที่ทำให้เวลาในการผ้าไหมคงที่เนื่องจากความหนาของเนื้อไหม ความหนาของปล้อง อายุของไหม ความชื้นของเนื้อไหม และลักษณะของลำที่มีทั้งตรงและงอ



รูปที่ 3 เปรียบเทียบวิธีการตัดไหมแบบดั้งเดิมกับวิธีการตัดไหมด้วยเครื่องจักรขั้นสูง

ผลการทดสอบเปรียบเทียบวิธีการผ้าไหมแบบดั้งเดิมกับวิธีการผ้าไหมด้วยเครื่องที่พัฒนาขึ้น สรุปได้ว่าวิธีการผ้าไหมขนาดความยาว 3 เมตร จำนวน 3 ท่อน เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6-8 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหมเพียง 120.67 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหม 372 วินาที สามารถลดเวลาการทำงานได้เฉลี่ยลดลงร้อยละ 60-68 เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7-10 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหมเพียง 161.67 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหม 432 วินาที เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8-12 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหมเพียง 182.33 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหม 460 วินาที และวิธีการผ้าไหมขนาดความยาว 5 เมตร จำนวน 3 ท่อน เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6-8 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาในการผ้าไหมเพียง 187.33 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลา 457 วินาที เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7-10 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหมเพียง 237.33 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหม 475 วินาที เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8-12 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหมเพียง 320.67 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหม 483 วินาที และวิธีการผ้าไหมขนาดความยาว 7 เมตร จำนวน 3 ท่อน เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6-8 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาในการผ้าไหมเพียง 241.67 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิมใช้เวลา 505 วินาที เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7-10 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหมเพียง 305 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหม 522 วินาที เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8-12 เซนติเมตร เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหมเพียง 319 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการผ้าแบบดั้งเดิม ใช้เวลาเฉลี่ยในการผ้าไหม 563 วินาที ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการทดลองเปรียบเทียบเครื่องผ้าไหมที่พัฒนาขึ้นสามารถ ลดเวลาในการผ้าไหมได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม อัตราการลดลงของเวลาอยู่

ในช่วงร้อยละ 37 ถึง 68 ไม่ไฟที่มีขนาดเล็กและสั้นจะได้ประโยชน์สูงสุด เครื่องสามารถรองรับงานที่มีขนาดไม่หลากหลาย และช่วยลดภาระงานแรงงานคนได้เป็นอย่างดี

4.3 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามการประเมินความน่าสนใจในตัวผลิตภัณฑ์เครื่องผ้าไม่ไฟจากผู้ใช้งานในชุมชน

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

ลำดับ	รายละเอียดคำถาม	ปริมาณ (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)
1.	ความน่าสนใจในตัวผลิตภัณฑ์	20	5.00	.000
2.	โครงสร้างมีความแข็งแรงทนทาน	20	5.00	.000
3.	เหมาะกับการนำไปใช้ในการประกอบอาชีพ	20	5.00	.000
4.	ความปลอดภัยในการใช้งาน	20	4.52	.505
5.	คำนึงถึงแนวทางในการพัฒนา	20	4.76	.431
6.	ความสะดวกสบายในกระบวนการผลิต	20	4.76	.431
7.	ส่งเสริมการมีรายได้ให้กับชุมชน	20	5.00	.000
8.	การเลือกใช้วัสดุอื่นมาผสมผสานในการผลิต	20	4.76	.431
9.	รูปลักษณะใหม่ของผลิตภัณฑ์เครื่องผ้าไม่ไฟ	20	4.76	.431
10.	การนำไม่ไฟที่ได้จากเครื่องผ้าไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มผู้ผลิตหรือชุมชน	20	4.78	.418
11.	ผลิตภัณฑ์สามารถดูแลบำรุงรักษาและซ่อมแซมง่าย	20	4.52	.505
12.	ความหลากหลายในการทำงานของผลิตภัณฑ์	20	4.78	.418
13.	ความเหมาะสมในการเลือกผลิตภัณฑ์ให้เข้ากับผู้บริโภค	20	5.00	.000
14.	ชุมชนได้รับการพัฒนา	20	5.00	.000
15.	เป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพผลิตภัณฑ์จากวัสดุอื่นข้างเคียง	20	4.78	.418
รวมทั้งหมด		20	72.42	3.988
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด			4.83	0.27

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์เครื่องผ้าไม่ไฟจากผู้ใช้งานในชุมชน จำนวน 20 คน พบว่าข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.00 ได้แก่ ความน่าสนใจในตัวผลิตภัณฑ์ โครงสร้างมีความแข็งแรงทนทาน เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการประกอบอาชีพ สามารถส่งเสริมการมีรายได้ให้กับชุมชน ความเหมาะสมในการเลือกผลิตภัณฑ์ให้เข้ากับผู้บริโภค และการที่ชุมชนได้รับการพัฒนา รองลงมาคือข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ย 4.78 ได้แก่ การนำไม่ไฟที่ได้จากเครื่องผ้าไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มผู้ผลิตหรือชุมชน ความหลากหลายในการทำงานของผลิตภัณฑ์ และการเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพผลิตภัณฑ์จากวัสดุอื่นข้างเคียง ขณะที่ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 4.52 คือ ความปลอดภัยในการใช้งาน และความสะดวกในการบำรุงรักษา และซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ โดยรวมแล้ว ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ยรวม 4.83 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.27 ซึ่งอยู่ใน

ระดับสูง แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เครื่องผ้าไหมไม่ได้รับการยอมรับในด้านความน่าสนใจและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงในชุมชน

5. อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผ้าไหมสำหรับงานจักสานในท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนานวัตกรรมเครื่องผ้าไหมไม่จำกัดความยาว อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผ้าไหมสำหรับงานจักสานในท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนานวัตกรรมเครื่องผ้าไหมไม่จำกัดความยาว ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลเปรียบเทียบการทำงานของนวัตกรรมและการประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมของจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีการอภิปรายผลดังต่อไปนี้

ผลการวิจัยพบว่า ความเหมาะสมด้านโครงสร้างและการใช้งาน ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่ให้คะแนนสูงด้าน โครงสร้างแข็งแรงทนทาน เหมาะสมต่อการประกอบอาชีพ และส่งเสริมรายได้ชุมชน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนิตา กรพิทักษ์ (2557) ที่ออกแบบเครื่องผ้าไหมไม่มีความแข็งแรง ใช้งานง่าย ซ่อมบำรุงสะดวก และสามารถผ้าไหมได้ตลอดความยาวต้นเพื่อตอบสนองการผลิตในระดับชุมชน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ กล้าณรงค์ สุขใจ และคณะ (2564) ที่เน้นการออกแบบให้เครื่องจักรช่วยลดการใช้แรงงาน ลดอันตราย และเพิ่มผลผลิต เพื่อให้ชุมชนสามารถใช้เป็นเครื่องมือประกอบอาชีพได้จริง

การที่เครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นลดเวลาในการทำงานได้เฉลี่ย 37-68% และมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้กับไหมไม่ขนาดสั้นและเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก สอดคล้องอย่างชัดเจนกับผลการวิจัยของ ธนิตา (2557) ที่รายงานว่าเครื่องผ้าไหมไม่ใช้เวลาเพียง 0.47-2.02 นาทีต่อท่อน ขึ้นอยู่กับความยาวและความหนา ซึ่งเร็วกว่าวิธีใช้แรงงานคนที่ใช้เวลา 4.25-12.14 นาทีต่อท่อน และยังสอดคล้องกับ กล้าณรงค์ฯ (2564) ที่พบว่าประสิทธิภาพการผ้าเพิ่มขึ้นประมาณ 2.6-2.7 เท่าเมื่อเทียบกับแรงงานคน แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถลดภาระแรงงานและเพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตได้จริง

นอกจากนี้ ผลวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าเครื่องสามารถรองรับไหมไม่หลากหลายขนาดและความยาว ซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสในการนำไปประยุกต์ใช้กับการผลิตจักสานและผลิตภัณฑ์ไหมอื่น ๆ ได้อย่างกว้างขวาง ขึ้นสอดคล้องกับข้อค้นพบของ ศุภชัย และคณะ (2564) ที่เน้นว่าความยืดหยุ่นของเครื่องมือเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนและการใช้งานในระยะยาว

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 จากการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องผ้าไหมไม่จำกัดความยาวโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่าประเด็นที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือ โครงสร้างมีความแข็งแรงทนทาน เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประกอบอาชีพ สามารถส่งเสริมรายได้ให้กับชุมชน และการนำไหมที่ได้จากเครื่องผ้าไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มผู้ผลิตหรือชุมชน รองลงมาคือการพัฒนาชุมชน และการคำนึงถึงแนวทางการพัฒนา ความสะดวกในกระบวนการผลิต และความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ต่อผู้บริโภค ผลการประเมินภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 22.27 จากคะแนนเต็ม 25 คิดเป็นร้อยละ 89.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมีความเหมาะสมและศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปผลิตเป็นต้นแบบได้

5.2.2 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผ้าไหมไม่ระหว่างวิธีดั้งเดิมกับเครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ไหมไม่ขนาดความยาว 3, 5 และ 7 เมตร ในเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ พบว่าเครื่องผ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถลดเวลาในการทำงานได้เฉลี่ยร้อยละ 37 ถึง 68 โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้กับไหมไม่ขนาดสั้นและเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ทั้งนี้ยังสามารถรองรับการผ้าไหมไม่หลายขนาด ช่วยลดภาระแรงงานและเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ

5.2.3 การประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์จากผู้ใช้งานในชุมชน จำนวน 20 คน พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับในระดับสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.83 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.27 ข้อคำถามที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์ ความแข็งแรงทนทาน เหมาะสมกับการประกอบอาชีพ การส่งเสริมรายได้ ความเหมาะสมกับผู้บริโภค และการพัฒนาชุมชน ส่วนประเด็นที่ได้คะแนนต่ำสุด ได้แก่ ความปลอดภัยในการใช้งาน และความสะดวกในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม โดยสรุป เครื่องผ้าไม้ไผ่ไม่จำกัดความยาวที่พัฒนาขึ้นมีทั้งความเหมาะสมทางด้านโครงสร้าง ประสิทธิภาพการทำงาน และการยอมรับจากผู้ใช้งานในชุมชน สามารถนำไปต่อยอดการผลิตเพื่อสนับสนุนการประกอบอาชีพและการอนุรักษ์งานจักสานพื้นบ้านได้อย่างยั่งยืน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ด้านการออกแบบและพัฒนาเทคนิค

ควรปรับปรุงระบบความปลอดภัยของเครื่องโดยติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการสัมผัสใบมีดและระบบหยุดการทำงานอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดพลาด รวมถึงออกแบบโครงสร้างที่เอื้อต่อการถอดประกอบและบำรุงรักษาได้สะดวก นอกจากนี้ ควรพิจารณาการใช้วัสดุหรือเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น มอเตอร์ประหยัดพลังงาน ระบบไฮดรอลิก หรือการประยุกต์ใช้ IoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของเครื่อง

6.2 ด้านการประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน

ควรขยายการทดลองกับไม้ไผ่หลายสายพันธุ์ที่มีลักษณะขนาดและความหนาแตกต่างกัน เพื่อกำหนดมาตรฐานการใช้งานที่เหมาะสม อีกทั้งควรศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจโดยเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนระหว่างแรงงานคน เครื่องจักรต้นแบบ และเครื่องจักรเชิงพาณิชย์ พร้อมทั้งดำเนินการทดสอบในหลายพื้นที่เพื่อประเมินผลกระทบจากความแตกต่างทางภูมิประเทศ วัฒนธรรม และรูปแบบการผลิต

6.3 ด้านผู้ใช้งานและการพัฒนาชุมชน

ควรจัดทำคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เช่น คู่มือภาพประกอบหรือสื่อวิดีโอ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้งานของผู้ประกอบการท้องถิ่น นอกจากนี้ควรศึกษาผลกระทบเชิงสังคมและเศรษฐกิจ เช่น การสร้างงาน ลดภาระค่าแรง และเพิ่มรายได้ครัวเรือน รวมถึงการพัฒนาเครื่องในลักษณะนวัตกรรมเปิด (Open Innovation) เพื่อให้ชุมชนสามารถมีส่วนร่วมในการปรับปรุงและดัดแปลงเครื่องให้เหมาะสมกับบริบทของตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอวารินชำราบ และคณาจารย์ในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ เจ้าหน้าที่ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอวารินชำราบ การทำโครงการวิจัยในครั้งนี้จะไม่สำเร็จไปด้วยดี หากไม่ได้รับความกรุณาจากผู้เชี่ยวชาญท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัม พรประเสริฐ นายคงคา วงษาสันต์ นายบุญมา ดาหวีและนางสาวประไพ นามอ่อนสา ที่เป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพของการทำงานของนวัตกรรมเครื่องผ้าไม้ไผ่ไม่จำกัดความยาว

เอกสารอ้างอิง

- กล้านรงค์ สุขใจ, สมชาย ใจดี, และวิชัย พูนผล. (2564). การพัฒนาเครื่องจักรช่วยแรงงานในการผลิตไม้ไผ่เพื่อการประกอบอาชีพชุมชน. *วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม*, 8(1), 23–32.
- ธนต์ถา กรพิทักษ์. (2557). การออกแบบเครื่องผ้าไม้ไผ่สำหรับงานชุมชน: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแรงงาน. *วารสารวิศวกรรมเกษตรและอุตสาหกรรม*, 12(2), 45–53.

- ศุภชัย สมบูรณ์, นันทพล พิทักษ์, ปรีชา จิตตะมิตร. (2564). ความยืดหยุ่นของเครื่องจักรกลในงานจักสานไม้ไผ่: ปัจจัยต่อความคุ้มค่าและการใช้งาน. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 10(3), 57-66.
- สุรศักดิ์ กิจสุวรรณ. (2560). *ความแข็งแรงของวัสดุและการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักร*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570)*. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.). (2555). *มาตรฐานความปลอดภัยเครื่องจักรกล*. กรุงเทพฯ: สำนักงานอุตสาหกรรม.
- อรรถชัย วรรณพฤษ. (2562). *การออกแบบเครื่องจักรกล: หลักการและการประยุกต์ใช้งาน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิศวกรรมศาสตร์.
- เฟรเดอริก วินสโลว์ เทย์เลอร์ (Frederick W. Taylor). (2554). *ทฤษฎีการบริหารเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Management)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2011). *Fundamentals of Machine Component Design (5th ed.)*. New York: Wiley.
- Shigley, J. E., Mischke, C. R., & Budynas, R. G. (2004). *Mechanical Engineering Design (8th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Norton, R. L. (2011). *Design of Machinery (5th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Taylor, F. W. (1911). *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper & Brothers.

การออกแบบและสร้างเครื่องผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็ก เพื่อใช้ในกลุ่มสตรีปลูกหม่อนเลี้ยงไหมอนุรักษ์พันธุ์ไทยพื้นบ้าน

พงศ์ไกร วรรณตรง^{1*} ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร² ศุภชัย แก้วจันทร์³

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1*2 3}

อีเมล : pongkrai2348@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 20 พฤษภาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 14 สิงหาคม 2568

วันตอบรับบทความ 25 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

บทความวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็ก เพื่อใช้ในกลุ่มสตรีปลูกหม่อนเลี้ยงไหมอนุรักษ์พันธุ์ไทยพื้นบ้าน ตำบลตาเบา อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ และหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็ก ในการออกแบบผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็ก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นถังผสม ส่วนที่สองเป็นชุดใบกวน และส่วนที่สามเป็นชุดมอเตอร์ที่ทำงานผ่านชุดเฟืองทด ในอัตราทด 70:1 โดยใช้สัดส่วนในการทดลองผสมวัตถุดิบ จำนวน 10 กิโลกรัม แบ่งเป็นถ่านชีวภาพจากต้นหม่อน 4 กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 3 กิโลกรัม และปุ๋ยคอก 3 กิโลกรัม มีรอบหมุนที่เพลาลูกเบี้ยวของตัวทดเป็น 20 รอบต่อนาที ได้ปริมาณอินทรีย์วัตถุบำรุงดินหลังการผสมเฉลี่ยที่ 9.89 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 98.90 จากวัตถุดิบทั้งหมดก่อนผสม ใช้เวลา 25 นาที จากนั้นนำวัตถุดิบหลังการผสมไปวิเคราะห์ค่าแร่ธาตุของอินทรีย์วัตถุบำรุงดิน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอตามเกณฑ์ค่า (Coefficient of Variation : CV) พบว่า ค่า CV (Nitrogen) = 3.04% มีค่าน้อยกว่า 10% ประสิทธิภาพการผสมเข้ากันของเครื่องผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ค่า CV (Phosphorus) = 9.29% มีค่าน้อยกว่า 10% ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข หากต้องการให้วัตถุดิบมีการผสมเข้ากันมากกว่านี้ต้องเพิ่มเวลาผสมอีก 20-30% และค่า CV (Potassium) = 5.30% มีค่าน้อยกว่า 10% ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข สรุปได้ว่าวัตถุดิบที่ผ่านเครื่องผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็กมีประสิทธิภาพการผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอตามเกณฑ์

คำสำคัญ : อินทรีย์วัตถุบำรุงดิน เครื่องผสม ปลูกหม่อน



Design and Construction of a Small-Scale Organic Soil Conditioner Mixer for a Local Women's Group Engaged in Traditional Thai Mulberry and Silkworm Cultivation

Pongkai wannatrong^{1*}, Panumet Suksrisiriwat², Suphachai Kaeochan³

Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University^{1*,2,3}

E – mail : pongkrai2348@gmail.com^{1*}

Received 20 May 2025

Revised 14 August 2025

Accepted 25 August 2025

Abstract

This research aimed to design and construct a small-scale organic soil conditioner mixer intended for use by the local women's group cultivating Thai native silkworms in Tabo Subdistrict, Prasat District, Surin Province. The study also evaluated the performance efficiency of the mixer. The machine consists of three main components: (1) a mixing tank, (2) an agitator blade system, and (3) a motor unit connected to a gear reducer with a 70:1 reduction ratio. The mixing experiment used 10 kilograms of raw materials, including 4 kilograms of biochar derived from mulberry trees, 3 kilograms of soybean meal, and 3 kilograms of manure. The output shaft rotated at 20 revolutions per minute (rpm).

After the mixing process, the average yield of organic soil conditioner was 9.89 kilograms, accounting for 98.90% of the total input material, with a total mixing time of 25 minutes. The mixed product was then analyzed for nutrient content to assess the uniformity of mixing using the Coefficient of Variation (CV) criterion. The results showed that the CV for Nitrogen was 3.04%, Phosphorus 9.29%, and Potassium 5.30%—all values below 10%, indicating good mixing efficiency. No modification to the machine is required. However, to achieve greater homogeneity, an increase in mixing time by 20–30% is recommended. In conclusion, the small-scale organic soil conditioner mixer effectively produced a uniformly mixed product in accordance with the accepted standards for nutrient distribution.

Keywords : Organic Soil Conditioner, Mixing Machine, Mulberry Cultivation

1. บทนำ

กลุ่มสตรีปลูกหม่อนเลี้ยงไหมอนุรักษ์พันธุ์ไทยพื้นบ้านตำบลตาเบา ตำบลตาเบา อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์ เป็นกลุ่มที่มีการปลูกหม่อนโดยใช้ปุ๋ยคอกเป็นหลักในการเพาะปลูก จึงทำให้ดินขาดแร่ธาตุและไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูกหม่อน และที่ผ่านมาเคยใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกเป็นระยะเวลานานทำให้ดินเสื่อมสภาพ จึงทำให้การปลูกหม่อนไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร อาทิเช่น ต้นไม้โต ใบแห้งหยิก ใบมีสีเหลือง ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดจากแร่ธาตุในดินไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นหม่อน จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็กสำหรับใช้ในกลุ่มสตรีปลูกหม่อนเลี้ยงไหมอนุรักษ์พันธุ์ไทยพื้นบ้าน และประยุกต์ใช้กับหม่อนที่เป็นของเสียเหลือทิ้งมาเผาทำถ่านชีวภาพร่วมกับวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นเพื่อผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดินสำหรับใช้ในการเพาะปลูกในชุมชน จากการศึกษาการออกแบบเครื่องผสมชนิดต่าง ๆ ทำให้ทราบว่าเครื่องผสม 2 ลักษณะ คือแบบแนวตั้ง และแบบแนวนอนจึงได้แนวคิดในการออกแบบเครื่องผสมอินทรีย์วัตถุบำรุงดินขนาดเล็ก ใช้อินทรีย์วัตถุบำรุงดินที่ส่วนผสมของถ่านไบโอชาร์ ซึ่งคุณสมบัติของถ่านไบโอชาร์ทำหน้าที่ปรับปรุงโครงสร้างของดิน ช่วยในการกักเก็บแร่ธาตุในดินมา สร้างความอุดมสมบูรณ์ให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูก โดย ออกแบบและสร้างเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดินที่มีส่วนผสมไบโอชาร์จากต้นหม่อน เพื่อนำกิ่งหม่อนที่เป็นของเสียเหลือทิ้งที่มีอยู่ในวิสาหกิจชุมชนปลูกหม่อนเลี้ยงไหมของกลุ่มสตรีปลูกหม่อนเลี้ยงไหมอนุรักษ์พันธุ์ไทยพื้นบ้านตำบลตาเบา มาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับอินทรีย์วัตถุชนิดอื่น ๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของดินและเพื่อแก้ไขปัญหาของเสียจากการตัดแต่งกิ่งหม่อนและเพิ่มมูลค่าให้กับกิ่งหม่อนที่เป็นของเสีย เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างรายได้เสริมให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตภัณฑ์ชุมชนตำบลตาเบา โดยคณะผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยในครั้งนี้จะสามารถแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาได้ สามารถใช้งานได้จริงและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนต่อไป



ก.ก่อนเผา (กิ่งแห้ง)



ข.หลังเผา (ถ่านไบโอชาร์)

รูปที่ 1 เศษวัสดุทางเกษตรเหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งหม่อน

2. วัตถุประสงค์

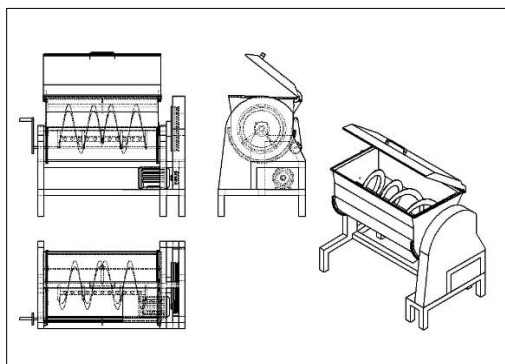
เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดิน

3. วิธีการวิจัย

3.1 กระบวนการสร้างเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดิน

ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการปลูกหม่อน โดยการลงพื้นที่สอบถามกับกลุ่มสตรีปลูกหม่อนเลี้ยงไหมอนุรักษ์พันธุ์ไทยพื้นบ้านตำบลตาเบาถึงวิธีการและปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม ทำให้รู้กระบวนการทั้งหมด เพื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม เมื่อทราบถึงปัญหาจึงได้ออกแบบและสร้างเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์วัตถุบำรุงดิน จากทฤษฎีและหลักการ การออกแบบเครื่องจักร

sdrtgkjld โดยมีเพลาสําหรับขับเคลื่อนใบพายผสมแบบริบบิ้น ทำหน้าที่กวนวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบจะต้องอยู่ในรูป วัตถุดิบแห้ง ไม่เปียก หลักการผสมหรือคลุกเคล้าวัตถุดิบให้เข้ากันอาศัยการกวนวัตถุดิบโดยใช้เพลามีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางที่ 40 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับหลักประกอบใบพายผสมแบบริบบิ้น ใช้หลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชุด ลักษณะการผสมจะกวนวัตถุดิบเข้ามายังตรงกลางห้องผสม และใบพายผสมจะทำหน้าที่ ผลักวัตถุดิบให้ออกไปยังด้านข้างของตัวถังเพื่อกวนมาใหม่อีกรอบ ใช้ความเร็วรอบในการขับเคลื่อนเพลาสําหรับผสมแบบ ริบบิ้น ที่อัตราทด 70:1 ขณะที่มีมอเตอร์ใช้ความเร็วรอบที่ 1450 รอบ/นาที



ก. แบบร่าง 2 มิติ



ข. โครงสร้างเครื่อง



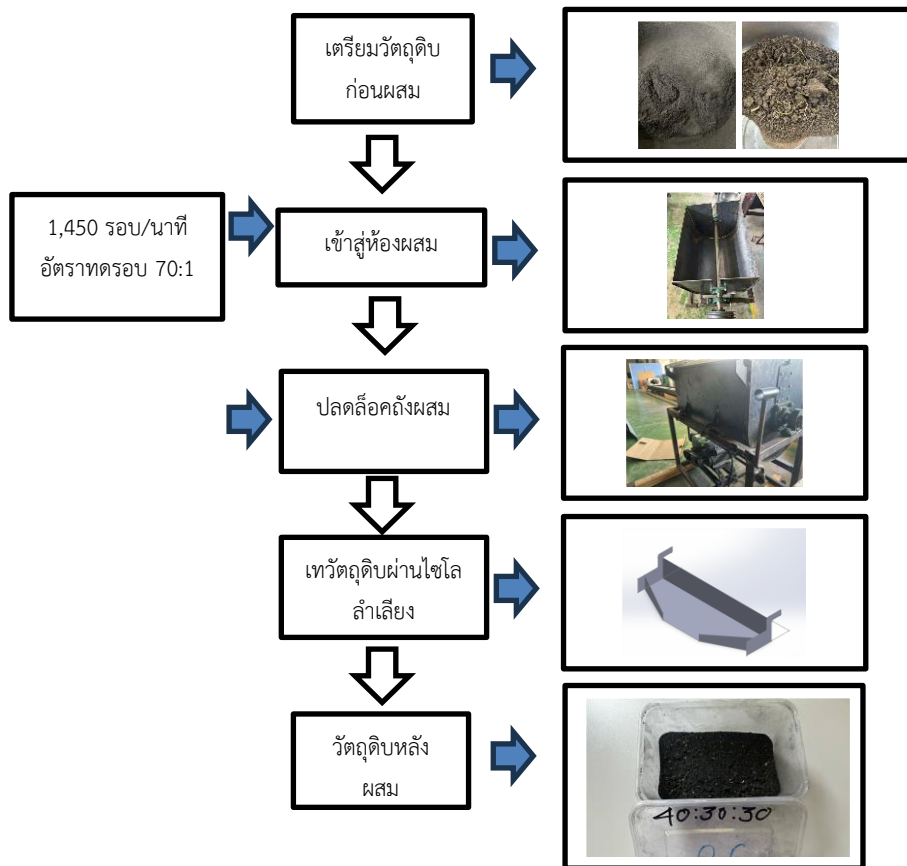
ค. ชุดใบพายผสมแบบริบบิ้น



ง. ตัวทดรอบ

รูปที่ 1 เทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน

โดยการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน จะทำงานเมื่อมีการเปิดระบบไฟของมอเตอร์ขับเคลื่อนเพลาสําหรับผสมแบบริบบิ้น ทำหน้าที่ผสมหรือคลุกเคล้าวัตถุดิบให้เข้ากัน ลักษณะการกวน จะกวนวัตถุดิบเข้ามายัง ตรงกลางห้องผสม และใบพายผสมจะทำหน้าที่ผลักวัตถุดิบให้ออกไปยังด้านข้างของตัวถังเพื่อกวนมาใหม่อีกรอบ ทำงานคงที่ ที่ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที อัตราทดรอบสําหรับเพลาสําหรับขับเคลื่อน 70:1



รูปที่ 2 หลักการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน

3.2 การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน

ผู้วิจัยศึกษาถึงกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน โดยศึกษา 2 วิธี คือ วิธีที่1 ประสิทธิภาพการผลิต และวิธีที่2 ประสิทธิภาพการผสมอย่างเข้ากัน โดยมีกระบวนการทดสอบการทำงานดังนี้

3.2.1 ประสิทธิภาพการผลิต คือ การทดสอบเก็บข้อมูลปริมาณวัตถุดิบก่อนและหลังการผสมอินทรีย์บำรุงดิน เพื่อศึกษาถึงปริมาณวัตถุดิบที่ผลิตออกมาผ่านเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินว่ามีประสิทธิภาพการผลิตกว่าร้อยละ 80 หรือไม่ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ หาได้จากสมการที่ (1)

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักวัตถุดิบก่อนผสม}}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบหลังผสม}} \times 100 \quad (1)$$

3.2.2 ประสิทธิภาพการผสมอย่างเข้ากัน คือ การสุมวัตถุดิบไปทดสอบหาค่าแร่ธาตุหลังการผสม เพื่อนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (CV) ในการเปรียบเทียบถึงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการผสมว่าเข้ากันหรือไม่ตามเกณฑ์ ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,450 รอบ/นาที

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{y}} \right) \times 100$$

(2)

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนและประสิทธิภาพของเครื่องผสม

ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%)	ประสิทธิภาพของเครื่องผสม	การแก้ไข
< 10	ดีมาก	ไม่ต้องแก้ไข
10-15	ดี	เพิ่มเวลาผสมอีก 20-30%
15-20	พอใช้	เพิ่มเวลาผสมอีก 50% และตรวจสอบเครื่องผสมและรึบปั่นหรือใบพายว่ามีรอยแหวนหรือบิ่นหรือไม่
>20	แย่มาก	ติดต่อบริษัทเจ้าของเครื่องผสม ที่อาจมีวัสดุอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย

ที่มา : (Herman and Behnke:1994)

ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบผล ใช้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ผล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการผสมของข้อมูลที่ได้เพื่อวิเคราะห์ผล โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างอินทรีย์วัตถุสำหรับทดลองปริมาณ 10 กิโลกรัม แบ่งเป็น ถ่านชีวภาพบด 4 กิโลกรัม ปุ๋ยคอก 3 กิโลกรัมและกากถั่วเหลือง 3 กิโลกรัม จำนวน 9 ชุด
2. แบ่งตัวอย่างอินทรีย์วัตถุเป็น 3 ชุด จากวัตถุดิบทั้งหมด 9 ชุด โดยแต่ละชุดจะทำการผสมที่เวลา 20/25/30 นาที ตามลำดับ จำนวน 3 ครั้งเพื่อหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยหลังผสม จากนั้นนำค่าน้ำหนักเฉลี่ยก่อนและหลังผสมในแต่ละช่วงเวลาไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการผลิต ในขณะความเร็วรอบมอเตอร์ขับเคลื่อนใบพายผสมที่ 1,450 รอบ/นาที
3. สุ่มตัวอย่างอินทรีย์วัตถุหลังการผสมด้วยวิธีแบ่งสุ่มส่วนเท่ากัน (Herman, 2001b) เลือกใช้เฉพาะสองส่วนที่อยู่ตรงข้ามกัน จากนั้นนำมาแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง เพื่อนำไปตรวจสอบค่าแร่ธาตุ NPK สำหรับนำไปวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และศึกษาค่าการผสมเข้ากัน

4. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินตามกรณีศึกษา 2 วิธี ได้ผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน

ความเร็วรอบ มอเตอร์ (รอบ/นาที)	เวลาที่ใช้ (นาที)	น้ำหนักก่อน ผสม (กก.)	น้ำหนักหลัง ผสม (กก.)	ประสิทธิภาพการผลิต
1450	20	10.00	9.85	98.30
		10.00	9.82	
		10.00	9.83	
	เฉลี่ย	10.00	9.83	98.90
	25	10.00	9.95	
		10.00	9.87	
		10.00	9.85	
	เฉลี่ย	10.00	9.89	
	30	10.00	9.87	98.50
		10.00	9.84	
		10.00	9.86	
	เฉลี่ย	10.00	9.85	

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินขณะมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนแบบความเร็วรอบที่ 1,450 รอบ/นาที อัตราทด 70:1 ผสมจากปริมาณตัวอย่าง 10.00 กิโลกรัม/ครั้ง ในปริมาณของถ่านชีวภาพ 4 กิโลกรัม ปุ๋ยคอก 3 กิโลกรัมและกากถั่วเหลือง 3 กิโลกรัม พบว่าเวลาที่ 20 นาทีในการผสม มีประสิทธิภาพการผลิตปริมาณอินทรีย์บำรุงดินอยู่ที่ร้อยละ 98.30 เวลาที่ 25 นาทีในการผสม มีประสิทธิภาพการผลิตปริมาณอินทรีย์บำรุงดินอยู่ที่ร้อยละ 98.90 และเวลาที่ 30 นาทีในการผสม มีประสิทธิภาพการผลิตปริมาณอินทรีย์บำรุงดินอยู่ที่ร้อยละ 98.50 ซึ่งถ้าเปรียบจากปริมาณวัตถุดิบที่ผลิตออกมาในแต่ละช่วงเวลา เวลาในการผสมที่ 25 นาที สูญเสียปริมาณวัตถุดิบน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการผสมอย่างเข้ากันของอินทรีย์บำรุงดิน

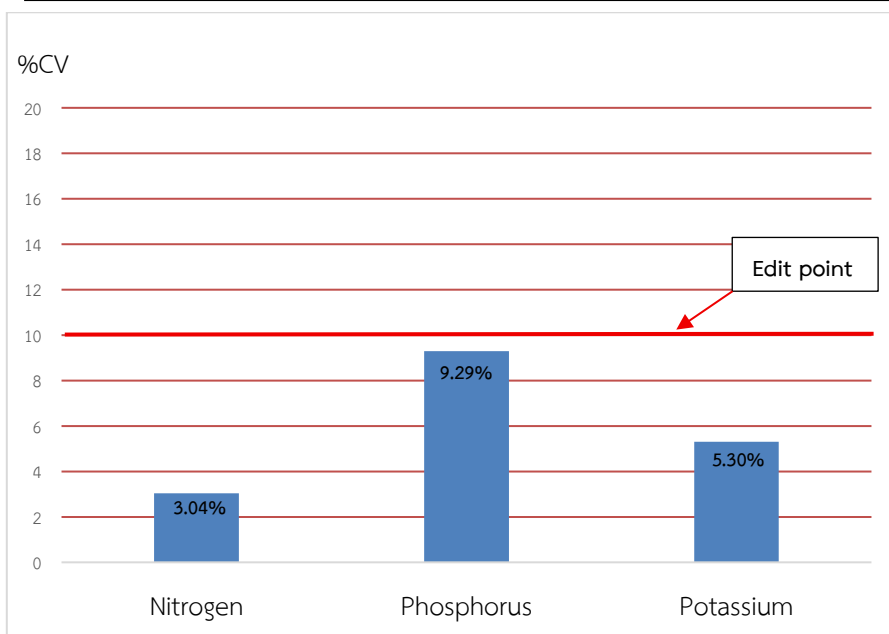
ตัวอย่าง	ค่าแปรธาตุ (%) (y)			ค่าแปรธาตุ (%) (y ²)		
	N	P	K	N	P	K
1	2.61	0.24	1.11	6.81	0.057	1.23
2	2.56	0.21	1.09	6.55	0.044	1.18
3	2.43	0.22	1.08	5.90	0.048	1.16
4	2.32	0.23	1.09	5.38	0.052	1.18
5	2.42	0.24	1.01	5.85	0.057	1.02
6	2.51	0.24	1.02	6.30	0.057	1.04

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ค่าแร่ธาตุ (%) (y)			ค่าแร่ธาตุ (%) (y ²)		
	N	P	K	N	P	K
7	2.39	0.23	1.04	5.71	0.052	1.08
8	2.52	0.22	1.10	6.35	0.048	1.21
9	2.34	0.22	1.09	5.47	0.048	1.18
10	2.45	0.21	1.07	6.00	0.044	1.14
Total(y)	24.55	2.26	10.70	60.32	0.507	11.42
Aver.	2.45	0.22	1.07	6.03	0.050	1.14
CV (N) =3.04%		CV (P) =9.29%		CV (K) =5.30%		

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการผสมอย่างเข้ากัน สามารถวิเคราะห์ได้ถึงประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินในเชิงเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการผสม โดยอิงกับตารางค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Herman and Behnke) พบว่า เมื่อนำกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่าแร่ธาตุ NPK เพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน ได้ค่า CV (N) =3.04% ค่าที่คำนวณได้ <10% ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข ค่า CV (P) =9.29% ค่าที่คำนวณได้ <10% ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข หากต้องการให้วัตถุดิบมีการผสมเข้ากันมากกว่านี้ต้องเพิ่มเวลาผสมอีก 20-30% ค่า CV (K) =5.30% ค่าที่คำนวณได้ <10% ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข

สามารถนำผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการผสมอย่างเข้ากันมาแสดงเป็นแผนภูมิภาพเพื่อแสดงให้เห็นถึงเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการผสม โดยอิงกับตารางค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Herman and Behnke) ได้ดังแผนภูมิภาพที่ 1



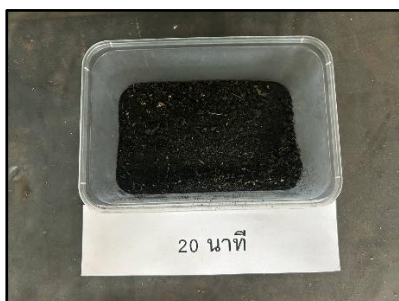
แผนภูมิภาพที่ 1 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการผสมอย่างเข้ากัน

เมื่อพิจารณาจากแผนภูมิภาพที่ 1 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการผสมอย่างเข้ากันของเครื่องเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินจะพบว่าค่าแร่ธาตุ NPK มีการกระจายตัวในอินทรีย์วัตถุ ไม่กระจุกในส่วนใดส่วนหนึ่ง นั่นหมายความว่าเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินมีประสิทธิภาพการคลุกเคล้าในเกณฑ์ดี เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่า 10% เมื่อเปรียบเทียบกับตารางค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนและประสิทธิภาพของเครื่องผสม (Herman and Behnke:1994)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินตามกรณีศึกษา 2 วิธีพบว่า วิธีที่1 การทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิต กำลังการผลิตที่ 10 กิโลกรัม มอเตอร์ทำความเร็วรอบที่ 1,450 รอบ/นาที อัตราทดรอบ 70:1 สามารถผลิตอินทรีย์บำรุงดินโดยเกิดการสูญเสียวัตถุดิบน้อย เนื่องจากอัตราทดรอบที่สูง ปริมาณวัตถุดิบที่พอเหมาะต่อการผสม และขนาดกำลังที่เหมาะสมของมอเตอร์ขับ จึงทำให้ทั้ง 3 ช่วงเวลา 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการผลิตอยู่ที่ 98.30%, 98.90% และ 98.50% ตามลำดับ วิธีที่2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการผสมอย่างเข้ากัน จะพบว่า เมื่อนำตัวอย่างอินทรีย์บำรุงดินไปสุ่มตรวจค่าแร่ธาตุเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพอินทรีย์บำรุงและวิเคราะห์ถึงการผสมอย่างเข้ากันโดยเปรียบเทียบกับตารางประสิทธิภาพการคลุกเคล้าของเครื่องผสม Herman and Behnke ค่า %CV (N) =3.04% ค่าที่คำนวณได้ <10% ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข %ค่า CV (P) =9.29% ค่าที่คำนวณได้ <10% ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข หากต้องการให้วัตถุดิบมีการผสมเข้ากันมากกว่านี้ต้องเพิ่มเวลาผสมอีก 20-30% ค่า %CV (K) =5.30% ค่าที่คำนวณได้ <10% ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่ต้องแก้ไข แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยี

การผลิตอินทรีย์บำรุงดินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถผลิตอินทรีย์บำรุงดินที่มีการกระจายตัวของส่วนผสมได้อย่างมีคุณภาพ



ก. ผสมที่ 20 นาที



ข. ผสมที่ 25 นาที



ค. ผสมที่ 30 นาที

รูปที่ 3 ผลการทดสอบการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดิน

6. ข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยนำเสนอข้อเสนอแนะจากการวิจัย และการวิจัยในอนาคต ดังนี้

- 6.1 ออกแบบและสร้างห้องผสมให้มีขนาดกว้าง เพื่อที่จะสามารถผสมในปริมาณที่มากขึ้น
- 6.2 เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าสำหรับควบคุมการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์วัตถุ เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานขณะที่เครื่องมีการทำงาน
- 6.3 ปรับระบบการทำงานของมอเตอร์ให้สามารถหมุนกลับของเพลาดได้แบบหลายทิศทาง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการคลุกเคล้าดีที่สุด

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินที่มีส่วนผสมไบโอชาร์จากต้นหม่อน รหัสโครงการ FF 193936 ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) ภายใต้แผนงาน “การพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมที่เหมาะสมกับชุมชนท้องถิ่น เพื่อยกระดับเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม” ประจำปีงบประมาณ 2567

เอกสารอ้างอิง

- กรมหม่อนไหม. (2567). การปลูกหม่อนใบสำหรับเลี้ยงไหม. https://qsds.go.th/newqsissout/?page_id=2504
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2567). ความรู้เรื่องดิน. http://oss101.idd.go.th/web_soils_for_youth/s_fertilizer.htm
- ภานุภา ออยู่อุณพะเนา. (2559). การใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรถ่านชีวภาพ (ไบโอชาร์) เพื่อลดการสูญเสียไนโตรเจน และเพิ่มผลผลิตผักคะน้า. คลังข้อมูลการวิจัยการเกษตรไทย
- มานพ ต้นตระกูลบัณฑิตย์. (2560). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. (2565). ผลการวิเคราะห์ pH และธาตุอาหารหลักในมูลสัตว์. กลุ่มงานวิชาการและคลังความรู้ กองวิชาการและแผน

คุณค่าทางวิชาการ

ผลลัพธ์สำคัญที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้ ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม และนักวิชาการ สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้สำหรับการเพิ่มกำลังการเพาะปลูกต้นหม่อนหรือพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการสร้างอาชีพและการสร้างรายได้ของชุมชน รวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอินทรีย์บำรุงดินที่มีส่วนผสมไบโอชาร์จากต้นหม่อนให้กับผู้ที่สนใจ เพื่อส่งเสริมการปลูกหม่อนในอนาคต อีกทั้งยังสามารถบูรณาการร่วมกับการเรียนการสอนในชั้นเรียนก่อเป็นองค์ความรู้ให้กับนักศึกษาและสถาบันทางการศึกษาต่อไป

การออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ศรัณยู เหลาพา^{1*} วิราวรรณ พุทธมาตย์²

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและโลจิสติกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ^{1*}

สาขาวิชาการศึกษา คณะครุศาสตร์และการพัฒนามนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ²

อีเมล : saranyu.la@cpru.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 26 สิงหาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 3 ตุลาคม 2568

วันตอบรับบทความ 20 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC (Programmable Logic Controller) สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมเครื่องกล นอกจากนี้ยังมุ่งหาคุณภาพของชุดฝึกและประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ชุดฝึกนี้ประกอบด้วยโครงสร้างตู้อบแห้งที่ทำจากแผ่นอะคริลิกและอลูมิเนียม และระบบควบคุมหลักที่ใช้ PLC (FX3U) ในการประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

ผลการทดลองอบแห้งพริกแสดงให้เห็นว่า ชุดฝึกสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการอบ 6 ชั่วโมงเลียนแบบการอบตามธรรมชาติและได้พริกคุณภาพสูง การลดระยะเวลาอบเหลือ 4 ชั่วโมงโดยใช้การควบคุมอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็ให้ผลผลิตที่มีความแห้งใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม การอบที่อุณหภูมิสูงเกินไปในระยะเวลาสั้น (2 ชั่วโมง) ส่งผลให้คุณภาพของพริกลดลง ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนจากนักศึกษาวิศวกรรมเครื่องกล 9 คน พบว่าชุดฝึกมีคุณภาพในระดับมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวม 4.74 จาก 5 ผู้เรียนเห็นว่าชุดฝึกนี้ช่วยให้เข้าใจองค์ประกอบต่างๆ ได้ง่าย และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้าน PLC ได้จริง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดฝึกนี้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเรียนการสอนวิชา PLC

คำสำคัญ : การอบแห้ง ชุดฝึก ตัวควบคุมตรรกะโปรแกรม

Design and Development of an Automated Temperature Control Trainer for a Solar Dryer for PLC Education in Mechanical Engineering

Saranyu Laopa^{1*}, Wirawan Puttamat²

Industrial and Logistics Engineering Program, Faculty of Arts and Science, Chaiyaphum
Rajabhat University^{1*}

Education Program, Faculty of Education and Human Development,
Chaiyaphum Rajabhat University²

E – mail : saranyu.la@cpru.ac.th^{1*}

Received 26 August 2025

Revised 3 October 2025

Accepted 20 October 2025

Abstract

This research aims to design and develop an automated temperature control trainer for a solar dryer for PLC (Programmable Logic Controller) education in mechanical engineering. It also seeks to evaluate the quality of the trainer and assess student satisfaction. The trainer consists of a dryer structure made from acrylic and aluminum sheets, with a core control system utilizing a PLC (FX3U) to process data from temperature and humidity sensors.

The results of a chili drying experiment demonstrate the trainer's effective temperature control. A 6-hour drying period, mimicking natural solar drying, produced high-quality chilies. Reducing the drying time to 4 hours by increasing the temperature through PLC control also resulted in a similar level of dryness. However, a short, high-temperature drying period (2 hours) led to a decrease in chili quality. The satisfaction evaluation from 9 mechanical engineering students showed that the trainer was of the highest quality, with an average score of 4.74 out of 5. Students found the trainer's components to be clear and easy to understand, and believed it effectively helped them apply their PLC knowledge in a real-world context. This confirms that the trainer is an effective instructional tool for PLC education.

Keywords : Drying Training, Package, Programmable logic controller

1. บทนำ

ในปัจจุบัน PLC มีความสำคัญเป็นอย่างมากในงานโรงงานอุตสาหกรรม เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร เครื่องมือกล และเครื่องท่อนแรง PLC มีระบบการใช้งานที่ง่ายสามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ Input และ Output ได้โดยตรง โดยที่เราสามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งเข้า PLC ที่สามารถใช้งานได้ทันทีตามที่ต้องการ หรือหากต้องการเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของเครื่องจักรใหม่ ก็สามารถทำได้ง่ายเพียงแค่เปลี่ยนแปลงโปรแกรมคำสั่งใหม่เท่านั้นเอง ดังนั้นการเรียนการสอนในปัจจุบันจึงต้องพัฒนาตามการเปลี่ยนแปลงซึ่งล้วนแล้วแต่ต้องใช้ครุภัณฑ์ประกอบการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และสามารถลงมือปฏิบัติงานได้จริง โดยมีการใช้สื่อการสอนหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้สื่อการสอนชุดฝึกทักษะในการจัดการเรียนรู้ซึ่งจะเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเริ่มจากให้ผู้เรียนได้ดูการสาธิตขั้นตอนการปฏิบัติ ซึ่งนำเสนออย่างมีสีสันและดึงดูดความสนใจในรูปแบบตัวอักษรที่ชัดเจนและการใช้อุปกรณ์ชุดต่อสายวงจรไฟฟ้าที่มีความสะดวกในการใช้งานสามารถมองเห็นภาพรวมของวงจรได้ รวมทั้งการบรรยายประกอบเป็นการถ่ายทอดความรู้ ทศนคติ ทักษะและประสบการณ์ไปสู่ผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรงจากการนำเสนอสื่อที่ได้จัดเรียงไว้เป็นลำดับขั้นตอนให้แก่ผู้เรียนได้เรียนรู้และทบทวนบทเรียนด้วยตนเอง โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา ตัวอย่างวงจร ใบงาน ที่ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสได้ตอบกับผู้สอน ซึ่งจะประหยัดเวลาในการทำความเข้าใจเนื้อหาต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ ชุดฝึกปฏิบัติถือเป็นตัวกลางที่สำคัญในการเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้ไปสู่ผู้เรียน ให้มีความเข้าใจในเรื่องที่ต้องการจะศึกษา การสร้างชุดฝึกเป็นกระบวนการแก้ปัญหาในการถ่ายทอด สามารถทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย สามารถทำเรื่องที่ยากซับซ้อนให้สามารถเข้าใจได้ง่าย (ลัดดา ศุขปรีดี, 2522 และ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542)

อย่างไรก็ตาม การเรียนการสอนรายวิชา PLC มักประสบปัญหาในการเชื่อมโยงองค์ความรู้หลายแขนงเข้าด้วยกัน เช่น ระบบกลศาสตร์ อิเล็กทรอนิกส์ และระบบควบคุม หากขาดสื่อหรือชุดฝึกที่เหมาะสม ผู้เรียนจะเข้าใจได้ยากและไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จริงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น ในการศึกษาวิชาการ PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีความรู้หลายแขนง ทั้งการออกแบบระบบทางกล การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการออกแบบระบบควบคุม

ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้าง ชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติด้วย PLC เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานของระบบควบคุมอย่างเป็นรูปธรรม เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริงได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อสร้างและออกแบบชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

2.2 เพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

3. วิธีการวิจัย

3.1 ออกแบบชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล การออกแบบวงจรในการสร้างชุดฝึกและโครงร่างของชุดฝึกโดยใช้โปรแกรม Solid Work โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 การออกแบบทางกล

- ศึกษาตู้อบที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดเพื่อให้ทราบถึงขนาดของตู้อบที่จะนำมาออกแบบ
- ศึกษาฉนวนกันความร้อนเพื่อใช้ในตู้อบ เพื่อให้มีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม
- ศึกษาประเภทและหลักการทำงานของตัวฮีตเตอร์เพื่อใช้ในตู้อบได้อย่างเหมาะสม
- ศึกษาการไหลเวียนของอากาศว่ามีผล ต่อการทำงานของตู้อบอย่างไร
- ออกแบบตู้อบโดยโปรแกรม Solid Work

3.1.2 การออกแบบส่วนควบคุมการทำงาน

การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน ของตู้อบ เริ่มจากการออกแบบ Flow Chart การทำงานของระบบ โดยการใช้ Universal Temperature Controller และ Arduino เพื่อเปรียบเทียบการทำงาน

3.1.3 การออกแบบทางไฟฟ้า

เมื่อทำการออกแบบ Flow Chart ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าและการเขียนวงจรโดยใช้โปรแกรม Proteus ในที่นี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ เทอร์โมคัปเปิล แบบ K รวมกับ MAX 6675 ในการวัดอุณหภูมิของตู้อบ ใช้ Arduino Mega รวมกับจอ LCD และ Encoder Switch ในการรับข้อมูลค่าอุณหภูมิและสั่งงานฮีตแบบ PID และมีการใช้ Universal Temperature Controller เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของทั้งสองประเภท และทำการเขียนโค้ด PID ลงใน microcontroller

3.2 ออกแบบคู่มือและใบงานปฏิบัติ

โดยมีการศึกษาเนื้อหาการสร้างใบงานจากเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งใบงานการปฏิบัติจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก ๆ ดังนี้ 1) ชื่อเรื่อง 2) วัตถุประสงค์ 3) ทฤษฎีหรือเนื้อหาเบื้องต้น 4) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 5) ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน 6) ตารางบันทึกค่าหรือผลการปฏิบัติงาน

3.3 การสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล ตามที่ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 2

3.4 การประเมินคุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

เมื่อทำการสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล พร้อมคู่มือการใช้งานและใบงานเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำไปประเมินหาคุณภาพของชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อประเมินว่าชุดฝึกมีคุณภาพเหมาะสมและสามารถนำไปทดลองใช้ประกอบการเรียนการสอนได้หรือไม่ มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating Scale) แล้ววิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยนำไปเทียบกับเกณฑ์

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

3.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนใช้สอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาหลังจบการทดลอง

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้ (1) ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎีรูปแบบ วิธีการสร้างแบบสอบถาม ความพึงพอใจจากหนังสือเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2) นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสร้าง แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เรียนที่ เรียนโดยใช้ชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล และตอนที่ 2 ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ มีลักษณะแบบมาตราส่วนค่า 5 ระดับ คือ 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด 2 หมายถึง พึงพอใจ 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 4 หมายถึง พึงพอใจมาก และ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด โดยใช้เกณฑ์การแปลระดับความคิดเห็น ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 สร้างและออกแบบและหาคุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ผลการวิจัยครอบคลุม 3 ส่วนหลัก ดังนี้

4.1.1 การสร้างและออกแบบชุดฝึก (Design and Fabrication)

ชุดฝึกที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ โครงสร้างตู้อบ วงจรขยายสัญญาณ และระบบควบคุม PLC

4.1.2 การออกแบบโครงสร้างและวงจร

- โครงสร้างตู้อบแห้ง สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้วัสดุหลักคือ แผ่นอะคริลิกใส และ แผ่น/ฉากอลูมิเนียมเป็นโครง มีการติดตั้งตะแกรงอลูมิเนียมภายใน

- บล็อกไดอะแกรม ระบบควบคุมมี PLC (FX3U) เป็นหัวใจหลักในการประมวลผล โดยรับค่าจาก Temperature Sensor และ Humidity Sensor

- วงจรขยายแรงดัน (Non-Inverting Amplifier) ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อขยายแรงดันค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ ก่อนส่งสัญญาณเข้า PLC

- อุปกรณ์ขับโหลด PLC ควบคุมการทำงานของขดลวดทำความร้อน (2000W), พัดลม AC เป่าลมร้อน และพัดลม AC ดูดอากาศผ่านทาง SSR (Solid State Relay 40 DA) และ Relay 220VAC ตามลำดับ

4.1.3 ฟังก์ชันการควบคุม (Control Function)

ระบบถูกออกแบบให้ควบคุมการทำงานเป็นช่วงเวลา โดยใช้ Switch 2 position 2 ตัว ตัวแรกเลือกชนิดของวัตถุ และตัวที่สองควบคุมปริมาณแรงดันที่ส่งออกมาตามชนิดของวัตถุในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

4.2 คุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองใน 3 รูปแบบเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ (PLC) ในการอบแห้งพริก

การทดลองที่	ระยะเวลา (นาที/ ชั่วโมง)	อุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ (Tmax) (°C)	อุณหภูมิเป้าหมายที่ปรับใช้ (°C)	ประสิทธิภาพและคุณภาพผลผลิตที่ปรับปรุง
1	360 นาที (6 ชั่วโมง)	52	45 - 55	อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วม: อุณหภูมิที่เหมาะสมช่วยรักษาสีและคุณภาพของพริกได้ดีที่สุด (คุณภาพสูง)
2	240 นาที (4 ชั่วโมง)	65	55 - 65	ลดเวลาการอบ: ระบบ PLC สามารถควบคุมและเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยได้สำเร็จ ทำให้พริกแห้งเทียบเท่าการอบ 6 ชั่วโมง (ความเร็วปานกลาง, คุณภาพสูง)
3	120 นาที (2 ชั่วโมง)	72	65 - 70	การอบด่วน/ทดสอบขีดจำกัด: อุณหภูมิสูงเกินไป (72°C) ทำให้พริกแห้งเร็ว แต่ คุณภาพลดลง (สีคล้ำ, สูญเสียความเผ็ดร้อน) (ความเร็วสูง, คุณภาพต่ำ)

จากตารางที่ 1 พบว่า การทดลองระยะ 6 ชั่วโมง (360 นาที) แสดงให้เห็นว่าระบบ PLC สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตูบได้จริง โดยเลียนแบบการทำงานของตูบพลังงานแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ ซึ่งผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพสูงเนื่องจากใช้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการรักษาสีและคุณภาพของพริก

การควบคุมโดย PLC โดยปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการอบลงเหลือ 4 ชั่วโมง (240 นาที) ได้ โดยยังคงให้ระดับความแห้งของพริกที่ใกล้เคียงกับการอบ 6 ชั่วโมง แสดงถึงประสิทธิภาพของชุดฝึกในการยับยั้งระยะเวลาการผลิต

การอบด้วยอุณหภูมิสูงมากในระยะเวลาสั้นเพียง 2 ชั่วโมง (120 นาที) แม้จะทำให้พริกแห้ง แต่ส่งผลให้คุณภาพของวัตถุดิบลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไป (72°C) เน้นย้ำว่าชุดควบคุมจำเป็นต้องรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิต

4.3. ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตูบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 9 คน

ลำดับที่	หัวข้อการประเมิน (ด้านคุณภาพชุดฝึก)	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับคุณภาพ
1	ความชัดเจนขององค์ประกอบชุดฝึก (โครงสร้าง/วงจร)	4.89	0.33	มากที่สุด
2	ความสามารถในการทำงานของระบบควบคุม PLC	4.78	0.44	มากที่สุด
3	ความเหมาะสมของระบบควบคุมอุณหภูมิในการทดลองจริง	4.67	0.5	มากที่สุด
รวม	ด้านคุณภาพของชุดฝึก	4.78	0.42	มากที่สุด
4	ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ PLC/วิศวกรรม	4.67	0.5	มากที่สุด
5	ความน่าสนใจในการเรียนรู้และการส่งเสริมทักษะ	4.89	0.33	มากที่สุด
6	ความสะดวกในการใช้งานและการบำรุงรักษา	4.56	0.53	มากที่สุด
รวม	ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.71	0.45	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยทั้งหมด	คุณภาพและความพึงพอใจโดยรวม	4.74	0.44	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.74 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านคุณภาพชุดฝึก ชุดฝึกได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงมาก ($\bar{X} = 4.78$) โดยเฉพาะหัวข้อความชัดเจนขององค์ประกอบ ($\bar{X} = 4.89$) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนเห็นว่าชุดฝึกมีการออกแบบที่ชัดเจนและส่วนประกอบต่าง ๆ (เช่น วงจร, PLC, ตัวขับโหลด) สามารถทำความเข้าใจและนำไปศึกษาได้ง่าย

2. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ผู้เรียนมีความพึงพอใจสูงต่อการประยุกต์ใช้ความรู้ ($\bar{X} = 4.67$) และความน่าสนใจในการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.89$) ซึ่งยืนยันว่าชุดฝึกนี้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เพราะช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงทฤษฎีการควบคุมอัตโนมัติเข้ากับการประยุกต์ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้จริง

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การสร้างและออกแบบชุดฝึก ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งได้จริง โดยมี PLC (Programmable Logic Controller) เป็นหัวใจหลัก ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์และควบคุมอุปกรณ์ทำความร้อน/พัดลมเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิที่ต้องการ การออกแบบวงจรขยายแรงดันยังเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้สัญญาณจากเซ็นเซอร์สามารถประมวลผลโดย PLC ได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมยังทำให้ชุดฝึกมีความทนทานและปลอดภัยสำหรับการเรียนรู้ การใช้ PLC ในการควบคุมตู้อบแห้งนี้สอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยสมัยใหม่ที่เน้นการใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้ง งานวิจัยของ ศรายุทธ เมาฬี (2564) ก็ได้พัฒนาตู้อบแห้งพริกที่ใช้ระบบอัตโนมัติควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wattanasri, S., et al. (2021) ที่ใช้ PLC ในการควบคุมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เช่นกัน ซึ่งยืนยันว่า PLC เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมในลักษณะนี้

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกในการอบพริก ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของชุดฝึกในการอบแห้งพริกภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน การอบแบบ 6 ชั่วโมง ระบบสามารถเลียนแบบการอบแห้งตามธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง การอบแบบ 4 ชั่วโมง ระบบ PLC สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นได้เมื่อลดระยะเวลาการอบ ซึ่งช่วย ลดเวลาการผลิต ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ การอบแบบ 2 ชั่วโมง การทดลองนี้ชี้ให้เห็น ข้อจำกัด ของการอบด้วยอุณหภูมิที่สูงเกินไป (72°C) เนื่องจากทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง (พริกสีคล้ำ) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบแห้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Santoso, P. P. A., Sanubary, I., & Mahmuda, D. (2023) ซึ่งพบว่าตู้อบแห้งที่มีระบบควบคุมสามารถลดเวลาในการอบพริกได้กว่าการตากแดดธรรมชาติ นอกจากนี้ ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิสูงเกินไปส่งผลเสียต่อคุณภาพพริก ยังสอดคล้องกับงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์อาหารของ Chaji, H., e al. (2024) ที่ระบุว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการรักษาสีและคุณภาพของพริกแห้ง

การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนพบว่าชุดฝึกมีคุณภาพและเหมาะสมกับการเรียนการสอนในระดับมากที่สุด โดยผู้เรียนเห็นว่าชุดฝึกช่วยให้สามารถนำความรู้ด้าน PLC มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความน่าสนใจในการเรียนรู้ การใช้ชุดฝึกเพื่อการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (hands-on) เป็นแนวทางที่สอดคล้องกับงานวิจัยด้านการศึกษาจำนวนมากที่กล่าวถึงความสำคัญของการเรียนรู้เชิงปฏิบัติเพื่อพัฒนาทักษะทางวิศวกรรม Abdulaziz A. Alsati, e al. (2022) ชุดฝึกของคุณยังช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงหลักการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติในบริบทของพลังงานทางเลือก ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของอุตสาหกรรมในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีสีเขียวและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรพิจารณาเพิ่มแหล่งพลังงานความร้อนอื่น ๆ นอกเหนือจากขดลวดทำความร้อน เช่น การใช้พลังงานความร้อนจากแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับ Heat Pump หรือการใช้ระบบสะสมความร้อน (Thermal Storage) เช่น หินบะซอลต์ หรือวัสดุที่เปลี่ยนสถานะ (Phase Change Material - PCM) เพื่อกักเก็บความร้อนไว้ใช้ในเวลากลางคืนหรือวันที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

6.2 งานวิจัยในครั้งนี้นับเป็นการควบคุมอุณหภูมิเป็นหลัก ควรมีการพัฒนาให้ระบบสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ภายในตู้อบได้ด้วย เนื่องจากความชื้นมีผลโดยตรงต่ออัตราการคายน้ำของวัตถุดิบ การควบคุมความชื้นจะช่วยให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกสภาพอากาศ

6.3 ควรมีการพัฒนาซอฟต์แวร์หรือระบบเพื่อ บันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นแบบเรียลไทม์ และแสดงผลเป็นกราฟบนหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือ HMI (Human Machine Interface) ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้อย่างละเอียดและสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ลัดดา ศุขปรีดี. (2522). เทคโนโลยีทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์พิมพ์เนมศ.
- ศรายุทธ เมหาพี. (2564). ตู้อบแห้งพริกชี้ฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยรังสีอินฟราเรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- Abdulaziz A. Alsati, e al. (2022). Design and Development of a Low-Cost PLC Trainer Using Siemens Logo for Educational Purposes. *International Journal of Software & Hardware Research in Engineering (IJSHRE)*, 10(6), 90 – 95.
- Chaji, H., e al. (2024). Drying Kinetics and Quality Attributes of Solar-Dried RedPeppers: A Comparative Study with Traditional andIndustrial Methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, Volume 2024, 1-11.
- Santoso, P. P. A., Sanubary, I., & Mahmuda, D. (2023). Performance Test of Chili Dryer with Greenhouse Effect System based On Solar Panel. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science 2023. Indonesian Society of Applied Science*, 1127 – 1137.
- Wattanasri, S., et al. (2021). Development of an Automatic Control System for Solar Drying Cabinet. *Suan Sunandha Science and Technology Journal*, 9(1), 1-4.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยเรื่อง การสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนรู้วิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล มีคุณค่าทางวิชาการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณค่าด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม

งานวิจัยนี้ได้สร้างชุดฝึกต้นแบบที่เป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีการบูรณาการองค์ความรู้จากหลายสาขาวิชา ได้แก่ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมควบคุม การผสมผสานองค์ความรู้เหล่านี้ทำให้เกิดสื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมและใช้งานได้จริง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาด้านวิศวกรรม

2. คุณค่าด้านการประยุกต์ใช้ความรู้

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงการนำความรู้เชิงทฤษฎีในวิชา PLC มาประยุกต์ใช้กับโจทย์จริงในงานวิศวกรรม นั่นคือการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่พบได้บ่อยในอุตสาหกรรม การทดลองที่ครอบคลุมในหลายช่วงเวลา (2, 4, และ 6 ชั่วโมง) ยังสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสำคัญ (อุณหภูมิ, เวลา) และผลลัพธ์ที่ได้ (คุณภาพของผลผลิต) ซึ่งช่วยเพิ่มความเข้าใจในหลักการควบคุมกระบวนการ (Process Control) ให้กับผู้เรียน

3. คุณค่าด้านการศึกษาและการเรียนรู้

ชุดฝึกที่สร้างขึ้นถือเป็น เครื่องมือการเรียนการสอน (Instructional Tool) ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญได้แก่ การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Hands-on Learning) การเชื่อมโยงทฤษฎีสู่ปฏิบัติ และการฝึกทักษะการแก้ปัญหา

เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในจังหวัดเลย

จุไรรัตน์ อางแก้ว^{1*} ศักดิ์ชัย พวงจันทร์² ศศิวรรณ สมบัติ³ สุจิตรานันท์ มังคละไชยา⁴

ภัสราภา ชากำนัน⁵

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย^{1* 3 4}

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย^{2 5}

อีเมล : jurairat.ard@lru.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 1 ธันวาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 10 ธันวาคม 2568

วันตอบรับบทความ 16 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทย แต่เกษตรกรยังคงประสบปัญหาผลผลิตต่อไร่ต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมตามหลักการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) ในการบริหารจัดการปัจจัยการผลิตที่สำคัญ คือ ธาตุอาหารพืชและน้ำ ประกอบด้วยเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและระบบน้ำหยดอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในแปลงต้นแบบทั้ง 10 แปลง ตั้งอยู่ในพื้นที่ 5 อำเภอของจังหวัดเลย วิธีการศึกษาประกอบด้วย การออกแบบปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก (N, P, K) และอินทรีย์วัตถุ (OM) ของแต่ละแปลง การออกแบบและติดตั้งระบบน้ำหยดตามคุณลักษณะของแปลง การปลูกมันสำปะหลังตามเทคโนโลยีที่ออกแบบไว้ในฤดูกาลผลิตปี 2567/2568 และการประเมินประสิทธิภาพการผลิตโดยวัดผลผลิตหัวมันสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และปริมาณแป้งต่อไร่

ผลการวิจัยพบว่า การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมทำให้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยเท่ากับ 7,275.23 กก./ไร่ สูงกว่าวิธีการปลูกของเกษตรกรโดยเพิ่มขึ้น 3,905.23 กก./ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 53.68 นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 26.10 % เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.66 และปริมาณแป้งต่อไร่เฉลี่ย 1,902.08 กก./ไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 57.47 โดยทุกแปลงต้นแบบมีผลผลิตเพิ่มขึ้น แปลงที่ 3 ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุด 7,866.44 กก./ไร่ ในขณะที่แปลงที่ 9 มีความแตกต่างจากวิธีของเกษตรกรมากที่สุด 4,644.72 กก./ไร่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงว่าผลผลิตหัวมันสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และปริมาณแป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เทคโนโลยีที่เหมาะสมนี้สามารถนำไปขยายผลเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังและเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: เทคโนโลยีที่เหมาะสม มันสำปะหลัง ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ระบบน้ำหยด เกษตรแม่นยำ

Appropriate Technology for Cassava Production Efficiency Improvement in Loei Province

Jurairat Ardkaew^{1*}, Sakchai Phuangjan², Sathirawan Sombate³, Sujittranan Mungkalachaiya⁴
Phatsarapha Chakamnan⁵

Science and Technology Faculty, Loei Rajabhat University^{1*, 3, 4}

Engineering and Industrial Technology Faculty, Loei Rajabhat University^{2, 5}

E-mail : jurairat.ard@lru.ac.th^{1*}

Received 1 December 2025

Revised 10 December 2025

Accepted 16 December 2025

Abstract

Cassava is an important economic crop for Thailand, yet the farmers continue to face the problem of low yield per unit area. This research aimed to apply appropriate technology based on precision agriculture concept to deal with major factors, nutrients and water. This consists of fertilizer design based on soil analysis and drip irrigation system to improve cassava production efficiency in 10 demonstration plots located in 5 districts of Loei Province. The research methodology included soil analysis of major nutrients (N, P, K) and organic matter (OM) in each plot, design and installation of drip irrigation systems based on field properties. Cassava was cultivated according to the proposed technology during the 2024/2025 growing season. Production efficiency was evaluated by measuring fresh tuber yield, starch percentage, and starch yield per unit area.

Results showed that application of appropriate technology produced an average fresh tuber yield of 7,275.33 kg/rai, which was higher than the farmer's method by 3,905.23 kg/rai or 53.68 % higher. Additionally, starch percentage was 26.13 %, or 7.66 % higher, and starch yield per unit area was 1,902.08 kg/rai or 57.47 % higher. All demonstration plots showed increased yields, with plot 3 achieving the highest fresh tuber yield of 7,866.44 kg/rai, while plot 9 showed the greatest difference from the farmer's method at 4,644.72 kg/rai. Analysis of variance revealed significant differences in fresh tuber yield, starch percentage, and starch yield at the 0.05 significance level.

This appropriate technology approach provides a viable strategy for widespread adoption to increase cassava production and farmer income sustainably.

Keywords: appropriate technology, cassava, fertilizer design based on soil analysis, drip irrigation system, precision agriculture

1. บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อภาคเกษตรกรรมและเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในฐานะวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแป้งมัน อาหารสัตว์ และพลังงานทดแทน ประเทศไทยจัดเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมถึงจังหวัดเลยที่เป็นแหล่งผลิตสำคัญ แม้ว่าปริมาณการผลิตโดยรวมจะสูง แต่เกษตรกรยังประสบปัญหาผลผลิตต่อไร่ต่ำ (Yield Gap) เนื่องจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ภัยแล้ง และดินเสื่อมโทรม (Sassapol et al., 2020) ทำให้ต้นทุนการผลิตต่อไร่สูงขึ้น รายได้สุทธิของเกษตรกรลดลง การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้องใช้หลักการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการปัจจัยการผลิตที่สำคัญ คือ ธาตุอาหารพืชและน้ำ

ปัจจัยเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชในดินคือ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีสูตรสำเร็จตามความเคยชิน โดยไม่ได้คำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่เดิมในดิน จึงเป็นการใช้ปุ๋ยเกินความจำเป็น หรือไม่ตรงกับความต้องการของพืช ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย (Nutrient Use Efficiency) ต่ำ และสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจึงเป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเติมธาตุอาหารที่ขาดในดินแต่ละแปลงให้ระดับอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามความต้องการของพืช ซึ่งมีรายงานการศึกษาพบว่าการจัดการธาตุอาหารแบบเฉพาะเจาะจงสามารถตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยตามค่ามาตรฐานทั่วไป (Kaweewong et al., 2013 : 14 ; Leitch et al., 2023 : 2)

ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับน้ำคือ มันสำปะหลังเป็นพืชที่มักปลูกในเขตเกษตรน้ำฝน (Rainfed Agriculture) ซึ่งมีความเสี่ยงสูงจากภาวะฝนทิ้งช่วง การขาดน้ำในช่วงวิกฤตของการเจริญเติบโตส่งผลกระทบต่อการสะสมแป้งและน้ำหนักหัวสด การนำระบบชลประทานน้ำหยด (Drip Irrigation) มาใช้จึงเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงดังกล่าว ระบบน้ำหยดไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำแต่ยังสามารถเพิ่มผลผลิตหัวสดได้สูงถึง 2 เท่า เมื่อเทียบกับการปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้ง ซึ่งเป็นปัจจัยกำหนดราคาซื้อขายด้วย (Piyachomkwan and Tanticharoen, 2011 : 160 ; Food and Agriculture Organization, 2013 : 57)

จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีทั้งสองนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของมันสำปะหลังได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาการใช้เทคโนโลยีทั้งสองร่วมกันในแปลงของเกษตรกรอย่างเป็นรูปธรรม งานวิจัยนี้จึงบูรณาการเทคโนโลยีการใช้น้ำตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการบริหารจัดการน้ำด้วยระบบน้ำหยดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดเลย โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่เหมาะสมกับบริบทท้องถิ่น ประหยัด เข้าถึงได้ และมีความยั่งยืน โดยนำมาใช้ในแปลงเกษตรกรต้นแบบในจังหวัดเลย อันจะเป็นแนวทางในการขยายผลเพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในระดับพื้นที่ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในแปลงต้นแบบ
- 2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในแปลงต้นแบบด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม

3. วิธีการวิจัย

3.1 เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ประกอบด้วยเทคโนโลยี 2 อย่าง คือ เทคโนโลยีการใช้น้ำตามค่าวิเคราะห์ดินและเทคโนโลยีระบบน้ำหยด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 เทคโนโลยีการใช้น้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน

หลักการของการใช้น้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน คือการออกแบบปุ๋ยตามธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดโดยคำนึงถึงคุณสมบัติของดินและปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่แล้วในดินเฉพาะแปลง โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก

ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) และอินทรีย์วัตถุ (OM) จึงเป็นการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องนำข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินและปริมาณธาตุอาหารของแต่ละแปลงมาใช้ในการออกแบบอัตราส่วนของแม่ปุ๋ย 3 อย่าง คือ ยูเรีย (Urea 46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP 18-46-0) และ มิวรีเอทออฟโพแทช (MOP 0-0-60) ตามความต้องการของไม้สำหรับหลัง (ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และคณะ, 2564 : 46) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกไม้สำหรับหลังแต่ละแปลงโดยสุ่มกระจายทั้งแปลง แปลงละ 15-20 จุด วิธีเก็บตัวอย่างดินให้ทำความสะอาดผิวดินแล้วใช้จอบขุดดินเป็นรูปตัววีเพื่อเก็บดินที่ความลึก 15 ซม. และ 30 ซม. แล้วนำมาผสมกัน ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

3.1.1.2 การวิเคราะห์ดิน ประกอบด้วยองค์ประกอบต่อไปนี้

สีดิน นำดินตัวอย่างมาเทียบกับสมุดเทียบสีดิน (Munsell Color Company, 2016)

เนื้อดิน นำดินตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการสัมผัส (Feel Method) โดยนำดินขนาดเท่าไข่ไก่มาฉีดน้ำให้เปียกชุ่มแล้วคลึงปั้นให้เป็นเส้นเพื่อเปรียบเทียบความยาวกับลักษณะเนื้อดิน (สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร. 2564)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดค่า pH ด้วย Test Kit ของกรมพัฒนาที่ดิน โดยนำตัวอย่างดินมาใส่ในภาชนะแล้วหยดน้ำยาทดสอบจนดินอิ่มตัว นำแถบสีมาตรฐานมาเทียบเพื่อแปลผลเป็นค่า pH (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547)

ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ใช้ชุดตรวจสอบดิน NPK Test Kit for Soil ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้น้ำยาสกัดดิน 20 มิลลิลิตร แล้วกรองกากดินออก นำสารละลายมาเทียบค่าปริมาณ NPK โดยใช้แผ่นสีมาตรฐาน (Colorimetric Calibration Chart) เพื่อแปลผลปริมาณธาตุอาหารเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง สูง (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ใช้ชุดทดสอบ Soil Organic Matter Test kit ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยนำตัวอย่างดินมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่กำหนดเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำน้ำสีไปเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐานเพื่อแปลผลเป็นปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (เสาวนุช ถาวรพฤษ และคณะ, 2557) เป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง สูง

3.1.1.3 นำค่าผลวิเคราะห์ดินมาออกแบบอัตราส่วนปุ๋ยที่แนะนำ โดยใช้ค่า OM P และ K ซึ่งแสดงเป็น 3 ระดับคือ ต่ำ ปานกลาง สูง มาออกแบบปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินซึ่งเป็นค่าแนะนำตามตารางของสถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร (2564) ซึ่งระบุอัตราส่วนปริมาณแม่ปุ๋ย 3 อย่างเป็นกิโลกรัมต่อไร่ เช่น Urea : DAP : MOP เท่ากับ 2 : 17 : 7 กิโลกรัมต่อไร่

3.1.1.4 การผสมปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ผสมแม่ปุ๋ยตามอัตราส่วนที่แนะนำต่อไร่ และพื้นที่ของแปลงไม้สำหรับหลังแต่ละแปลง โดยชั่งน้ำหนักแม่ปุ๋ยที่ต้องการแล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

3.1.1.5 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ใส่ปุ๋ยในช่วงอายุ 1-3 เดือน โดยใส่ใกล้ราก ไม่เกินรัศมีพุ่มใบแล้วกลบดิน ในช่วงที่ดินมีความชื้นหรือหลังฝนตก

3.1.2 เทคโนโลยีระบบน้ำหยด

ระบบน้ำหยดอัตโนมัติประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แหล่งน้ำ ระบบปั๊ม ท่อส่งน้ำ ไทเมอร์ อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำ และท่อเก็บน้ำ ขั้นตอนการใช้เทคโนโลยีระบบน้ำหยดมีดังต่อไปนี้

3.1.2.1 การสำรวจแปลง เพื่อเก็บข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ ได้แก่ ค่าพิกัดที่ตั้งแปลง ขนาด รูปทรง ความลาดชัน ที่ตั้งและขนาดของแหล่งน้ำ สภาพดิน เป็นต้น โดยใช้เครื่องมือสำรวจ ได้แก่ เทปวัดระยะ กล้องวิดีโอโดรน ภาพถ่ายทางอากาศที่มีอุปกรณ์จีพีเอสเพื่อระบุพิกัดที่ตั้งของแปลง

3.1.2.2 ออกแบบระบบน้ำหยดในแปลงมันสำปะหลัง โดยนำข้อมูลด้านภูมิศาสตร์จากการสำรวจมาวิเคราะห์พิกัดทางราบแล้วพล็อตลงในผังด้วยโปรแกรม AutoCAD เพื่อให้ได้ขนาดและรูปทรงของแปลงตามอัตราส่วนที่ถูกต้อง รวมทั้งขนาด ตำแหน่ง ค่าระดับ และระยะห่างของแหล่งน้ำจากแปลง แล้วจึงออกแบบระบบท่อที่ส่งและกระจายน้ำเข้าสู่แปลงมันสำปะหลัง ทั้งแนวท่อและขนาดของท่อประธาน ท่อรอง และท่อน้ำหยดที่เหมาะสม รวมทั้งกำหนดขนาดและตำแหน่งของเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์เพื่อส่งน้ำเข้าสู่แปลงอย่างเพียงพอ

3.1.2.3 การติดตั้งระบบน้ำหยดในแปลงมันสำปะหลังตามผังการวางท่อ ระบบปั๊มและอุปกรณ์ เช่น วาล์ว กรองเศษกรวด หัวน้ำหยด วาล์วน้ำหยด เป็นต้น

3.1.2.4 กำหนดคาบเวลาและและระยะเวลาการจ่ายน้ำเข้าสู่แปลงตามความต้องการของมันสำปะหลัง วิเคราะห์จากอัตราการคายระเหยอ้างอิงของพื้นที่จังหวัดเลย (ET_0) (กรมชลประทาน, 2568) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์พืชมันสำปะหลัง (K_c) เพื่อหาอัตราการคายระเหยของมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดเลย (ET_c) เท่ากับ 1.3 มม./วัน และจึงหาปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่มันสำปะหลังคาบเวลา 7 วัน เท่ากับ 9.2 มม. หรือ 14.7 ลบ.ม. ต่อไร่ และจึงให้น้ำในคาบเวลาที่มีฝนตก ทั้งนี้คาบเวลาของการให้น้ำหาได้จากความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (AWHC, Available Water Holding Capacity) ของแปลงมันสำปะหลังเท่ากับ 16.5 mm (Xie, 2018 : 42) ถูกใช้ไปครึ่งหนึ่งด้วยอัตราการคายระเหยของมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดเลย (ET_c) ภายในเวลา 6-8 วัน

3.2 การผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมในแปลงต้นแบบ

3.2.1 แปลงมันสำปะหลังต้นแบบ

แปลงมันสำปะหลังต้นแบบจำนวน 10 แปลง ตั้งอยู่ในพื้นที่ 5 อำเภอของจังหวัดเลย ได้แก่ อำเภอเมืองเลย วังสะพุง นาด้วง เอร่าวัน และผาขาว ที่คัดเลือกโดยนักวิจัยร่วมกับหน่วยงานภาคีสํานักงานเกษตรอำเภอโดยพิจารณาจากความพร้อมในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ได้แก่ แหล่งน้ำ สภาพดิน สภาพภูมิประเทศ เส้นทางขนส่ง การใช้ที่ดิน ด้านทรัพยากรการผลิต ได้แก่ ท่อนพันธุ์ เงินทุน เครื่องมือเครื่องจักร แรงงาน ปุ๋ยและสารเคมี แหล่งรับซื้อ เป็นต้น และด้านการส่งเสริมเทคโนโลยีที่เหมาะสมได้แก่ การเก็บข้อมูล การให้ใช้ข้อมูล การเข้าร่วมกิจกรรม เป็นต้น โดยแต่ละแปลงมีขนาด รูปทรง และคุณลักษณะแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2

3.2.2 การผลิตมันสำปะหลังในแปลงต้นแบบด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ดำเนินการปลูกมันสำปะหลังในแปลงต้นแบบในฤดูกาลผลิตปี 2567/2568 โดยปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เดือน พ.ค. – มิ.ย. 2567 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.2.1 การเตรียมแปลง ปรับสภาพดินด้วยการไถและไถแปรพร้อมยกร่องแปลงปลูกระยะห่าง 1.0-1.2 ม. และปรับปรุงดินด้วยวัสดุปรับปรุงดินใช้มูลวัวผสมขี้เถ้าอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 500 – 2000 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับปริมาณ OM ในดิน ถ้าดินมีค่า pH ต่ำกว่า 5 ให้หว่านโดโลไมท์ 100 กิโลกรัมต่อไร่

3.2.2.2 เตรียมท่อนพันธุ์ขนาด 2 ซม.ขึ้นไป ความยาว 20-25 ซม. มีตา 5-7 ตาต่อท่อน แห่ท่อนพันธุ์ในสารไทอะมีโทแซม 25% เป็นเวลา 10 นาที เพื่อกำจัดเพลี้ยแป้ง

3.2.2.3 ติดตั้งระบบน้ำหยดตามแบบที่กำหนดไว้ และให้น้ำตามคาบเวลาและระยะเวลาที่ออกแบบ

3.2.2.4 ปลูกมันสำปะหลัง โดยปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงลึก 10-15 ซม. ระยะห่าง 0.8 ม. บนสันร่อง

3.2.2.5 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามปริมาณที่ออกแบบไว้ โดยใส่เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1-3 เดือน

3.2.2.6 บำรุงรักษาแปลงด้วยการ กำจัดวัชพืชโดยพ่นสารกำจัดวัชพืชหลังปลูก และเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1-2 เดือน คอยตรวจแปลงไม่ให้วัชพืชปกคลุม และเฝ้าระวังแมลงศัตรูพืช

3.3 การประเมินประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ประสิทธิภาพการผลิตหมายถึง ผลผลิตต่อไร่ของแปลงมันสำปะหลังต้นแบบ โดยผลผลิตวัดจาก ผลผลิตหัวมันสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และปริมาณแป้ง ดังนี้

3.3.1 ผลผลิตหัวมันสดต่อไร่ เก็บตัวอย่างหัวมันสดเมื่อมันสำปะหลังอายุ 10 เดือนหลังปลูก โดยให้แต่ละแปลงต้นแบบเป็นหน่วยทดลองหลัก และในแต่ละแปลงต้นแบบกำหนดขนาดพื้นที่ที่จะสุ่มเก็บหัวมันสดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวน 8 แถว ๆ ละ 2 ต้น รวม 16 ต้น (คิวิวรรณ เฟื่องเพียร และคณะ, 2550 : 3) จำนวน 6 พื้นที่กระจายในแต่ละแปลงต้นแบบเป็นการสุ่มย่อยเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของแปลง โดยนำค่าน้ำหนักต่อพื้นที่ย่อยมาเทียบเป็นค่าน้ำหนักต่อไร่จะได้ผลผลิตหัวมันสด (กก./ไร่) ส่วนผลผลิตหัวมันสดต่อไร่ในกรณีของเกษตรกรได้มาจากการข้อมูลการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกรในฤดูกาลก่อนโดยได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกร ที่ปลูกในแปลงเดียวกัน ภายใต้บริบทเดียวกัน และใช้พันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์เดิม ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 ระยะของ 5 ระยะของ 72 และพวงเพชร จึงถือว่าเป็นตัวแปรควบคุม ต่างกันที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและการใช้ระบบน้ำหยดซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรต้น

3.3.2 เปอร์เซนต์แบ่ง วัดด้วยใช้เครื่องมือวัดเปอร์เซนต์แบ่งที่ทำงานโดยใช้หลักการวัดค่าความถ่วงจำเพาะ โดยอาศัยสเกลไลมาน (Reimann scale) เป็นตัวสอบเทียบเปอร์เซนต์แบ่งในหัวมัน (สุกรร หาดสูงเนิน, 2557 : 30) โดยสุ่มใช้ตัวอย่างหัวมันสด 5 กิโลกรัม มาสับเป็นท่อนยาวประมาณ 5-7 เซนติเมตร นำหัวมันซึ่งน้ำหนักในน้ำ อ่านค่าปริมาณแบ่งในหัวมันสำปะหลังสดหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้มีวัดเปอร์เซนต์แบ่งซ้ำ 3 ครั้ง ในทุกแปลงต้นแบบ

3.3.3 ปริมาณแบ่งต่อไร่หรือผลผลิตแบ่งต่อไร่ คำนวณจากสูตร (สายน้ำ อุดพัย และคณะ, 2567 : 21)

$$\text{ผลผลิตแบ่ง (กก./ไร่)} = (\text{ผลผลิตหัวมันสด (กก./ไร่)} \times \text{เปอร์เซนต์แบ่ง}) / 100 \quad (1)$$

แล้วจึงนำข้อมูลประสิทธิภาพการผลิตได้แก่ ผลผลิตหัวมันสดต่อไร่ เปอร์เซนต์แบ่ง และปริมาณแบ่งต่อไร่ของแปลงมันสำปะหลังต้นแบบทั้ง 10 แปลง มาวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้านต่าง ๆ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) แล้วทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน เพื่อทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparison) ด้วยวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2025)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยด้านการทดลองผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม

การสำรวจและเก็บตัวอย่างดินจากแปลงต้นแบบแล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในดินรายแปลง จากนั้นจึงนำมาออกแบบปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแต่ละแปลงดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ผลการออกแบบปุ๋ยพบว่าแปลงที่ 6, 8 และ 10 มีความอุดมสมบูรณ์ดินต่ำ ได้สูตรปุ๋ย Urea: DAP: MOP = 28 : 17 : 13 กก./ไร่ และแปลงที่ 7 และ 9 มีความอุดมสมบูรณ์ดินปานกลาง ได้สูตรปุ๋ย Urea: DAP: MOP = 5 : 9 : 7 กก./ไร่ ส่วนแปลงที่ 2 มีความอุดมสมบูรณ์ดินปานกลาง ได้สูตรปุ๋ย Urea: DAP: MOP = 5 : 9 : 7 กก./ไร่ และแปลงที่ 4 และ 5 มีความอุดมสมบูรณ์ดินปานกลาง ได้สูตรปุ๋ย Urea: DAP: MOP = 2 : 7 : 13 กก./ไร่ ส่วนแปลงที่ 3 มีความอุดมสมบูรณ์ดินค่อนข้างสูง ได้สูตรปุ๋ย Urea: DAP: MOP = 2 : 17 : 7 กก./ไร่ และแปลงที่ 1 มีความอุดมสมบูรณ์ดินมากที่สุด ได้สูตรปุ๋ย Urea: DAP: MOP = 5 : 9 : 7 กก./ไร่ โดยคุณสมบัติทางกายภาพและรายละเอียดการผลิตมันสำปะหลัง รวมทั้งการติดตั้งระบบน้ำหยดของแต่ละแปลงได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการออกแบบปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของแปลงต้นแบบ

แปลงที่	ระดับค่าวิเคราะห์ดิน			การออกแบบปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (กก./ไร่)		
	OM	P	K	Urea 46-0-0	DAP 18-46-0	MOP 0-0-60
1	สูง	ปานกลาง	สูง	5	9	7
2	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	11	17	13
3	สูง	ต่ำ	สูง	2	17	7
4	สูง	ต่ำ	ปานกลาง	2	17	13
5	สูง	ต่ำ	ปานกลาง	2	17	13
6	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	28	17	13
7	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	31	9	7
8	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	28	17	13
9	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	5	9	7
10	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	28	17	13

ตารางที่ 2 รายละเอียดการผลิตและการติดตั้งระบบน้ำหยดในแปลงมันสำปะหลังต้นแบบ

รายการ	แปลงที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
พื้นที่ปลูก (ไร่)	1	3	1	9	3	17	4	3	1	2
ระยะการปลูก (ม.)	0.8 x 1.00	0.8 x 1.00	0.8 x 1.20	0.8 x 1.00	0.8 x 1.00	0.8 x 1.20	0.8 x 1.20	0.8 x 1.20	0.8 x 1.20	0.8 x 1.20
จำนวนโซน	1	2	1	3	2	4	2	2	1	1
ระยะห่างจากแหล่งน้ำ (ม.)	40	20	50	30	100	10	57	10	70	67
ความกว้างแปลง (ม.)	28	90	50	150	80	180	85	52	31	40
ความยาวแปลง (ม.)	44	80	36	145	58	183	76	83	59	86
กำลังปั๊ม (hp)	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1
ปริมาณน้ำต่อโซน (ลบ.ม.)	14.7	22.1	14.7	44.1	22.1	62.5	29.4	22.1	14.7	29.4
ขนาดท่อประธาน (นิ้ว)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
คาบการให้น้ำ (วัน)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
ระยะเวลาให้น้ำ (ชั่วโมง)	2.72	4.08	2.72	4.90	4.08	6.94	5.44	4.08	2.72	5.44
อำเภอที่ตั้งแปลง	เมืองเลย	เมืองเลย	เมืองเลย	นาด้าง	นาด้าง	วังสะพุง	วังสะพุง	เอราวัณ	เอราวัณ	ผาขาว
วันที่ปลูก	13/5/67	8/5/67	15/5/67	14/5/67	19/5/67	23/5/67	19/5/67	20/5/67	1/6/67	4/6/67

4.2. ผลการวิจัยด้านการประเมินประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ผลการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมทำให้มีผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ย 7,275.23 กก./ไร่ ส่วนวิธีของเกษตรกรมีผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ย 3,370.00 กก./ไร่ โดยการใช้เทคโนโลยีทำให้ผลผลิตสูงขึ้น 3,905.23 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาเรียงรายทั้ง 10 แปลงพบว่า ทุกแปลงมีผลผลิตหัวมันสดต่อไร่เพิ่มขึ้น โดยแปลงต้นแบบที่ 3 ได้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยสูงสุด คือ 7,866.44 กก./ไร่ และแปลงที่ 9 ได้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยต่างจากการปลูกวิธีของเกษตรกร มากที่สุดถึง 4,644.72 กก./ไร่ และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมทำให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 26.10 % ส่วนวิธีของเกษตรกรมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 24.10 % ซึ่งการใช้เทคโนโลยีทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงเพิ่มขึ้น 2.00 % เมื่อพิจารณาเรียงรายทั้ง 10 แปลงพบว่า ทุกแปลงมีผลผลิตเปอร์เซ็นต์แป้งเพิ่มขึ้น โดยมันสำปะหลังของแปลงที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด คือ 28.48 % และมันสำปะหลังของแปลงที่ 7 มีผลผลิตเปอร์เซ็นต์แป้งต่างจากการปลูกวิธีของเกษตรกรมากที่สุด เท่ากับ 2.96 % การใช้เทคโนโลยีทำให้มีปริมาณแป้งเฉลี่ย 1,902.08 กก./ไร่ ส่วนวิธีของเกษตรกรมีปริมาณแป้งเฉลี่ย 812.63 กก./ไร่ ซึ่งการใช้เทคโนโลยีทำให้ปริมาณแป้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,093.07 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาเรียงรายทั้ง 10 แปลงพบว่า ทุกแปลงมีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น โดยแปลงที่ 3 มีปริมาณแป้งสูงที่สุด คือ 2,246.06 กก./ไร่ และแปลงที่ 9 มีปริมาณแป้งต่างจากการปลูกวิธีของเกษตรกรมากที่สุดเท่ากับ 1,287.95 กก./ไร่ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลผลิตมันสำปะหลังของแปลงต้นแบบ

แปลง ที่	ผลผลิตมันสำปะหลัง								
	หัวมันสด (กก./ไร่)			เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)			ปริมาณแป้ง (กก./ไร่)		
	ใช้ เทคโนโลยี	วิธีของ เกษตรกร	ปริมาณที่ เพิ่มขึ้น	ใช้ เทคโนโลยี	วิธีของ เกษตรกร	เปอร์เซ็นต์ แป้ง เพิ่มขึ้น	ใช้ เทคโนโลยี	วิธีของ เกษตรกร	ปริมาณที่ เพิ่มขึ้น
1	7,613.75	3,500.00	4,113.75	25.88	23.50	2.38	1,970.44	822.50	1,147.94
2	6,983.73	3,300.00	3,683.73	26.11	23.45	2.66	1,823.45	773.85	1,049.60
3	7,866.44	3,500.00	4,366.44	28.48	27.50	0.98	2,246.06	962.50	1,283.56
4	6,990.00	3,800.00	3,190.00	25.70	23.70	2.00	1,796.43	900.60	895.83
5	6,996.25	3,200.00	3,796.25	26.12	23.20	2.92	1,827.42	742.40	1,085.02
6	7,643.75	3,300.00	4,343.75	27.15	25.35	1.80	2,075.28	836.55	1,238.73
7	7,705.19	3,600.00	4,105.19	26.41	23.45	2.96	2,034.94	844.20	1,190.74
8	6,528.11	3,100.00	3,428.11	24.55	23.50	1.05	1,602.65	728.50	874.15
9	7,844.72	3,200.00	4,644.72	26.31	24.25	2.06	2,063.95	776.00	1,287.95
10	6,580.33	3,200.00	3,380.33	24.28	23.10	1.18	1,580.22	739.20	841.02
เฉลี่ย	7,275.23	3,370.00	3,905.23	26.10	24.10	2.00	1,902.23	812.63	1,093.07

ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตน้ำมันหัตถ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาความแตกต่างน้ำมันหัตถ์พบว่า น้ำมันหัตถ์แตกต่างกัน 2 กลุ่ม ๆ ละ 5 แปลง กลุ่มแรกประกอบด้วย แปลงที่ 3, 9, 7, 6 และ 1 ซึ่งมีน้ำมันหัตถ์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7,613.75 - 7,866.44 กก./ไร่ กลุ่มที่สอง ประกอบด้วยแปลงที่ 5, 4, 2, 8 และ 10 ซึ่งมีน้ำมันหัตถ์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6,508.33 - 6,996.25 กก./ไร่ และพบว่าเปอร์เซ็นต์แป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาความแตกต่างเปอร์เซ็นต์แป้งรายแปลง พบว่า เปอร์เซ็นต์แป้งมีความแตกต่างกัน 4 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ แปลงที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงสุด 28.48 % กลุ่มที่ 2 คือแปลงที่ 6 เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 27.15 % กลุ่มที่ 3 มี 6 แปลง ประกอบด้วยแปลงที่ 7, 9, 5, 2, 1 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.70 - 26.47 % กลุ่มที่ 4 มี 2 แปลง ประกอบด้วยแปลงที่ 10 และ 8 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24.28 - 24.55 % นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณแป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาความแตกต่างปริมาณแป้งรายแปลง พบว่า ปริมาณแป้งมีความแตกต่างกัน 7 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ แปลงที่ 3 มีปริมาณแป้งสูงสุด 2,246.06 กก./ไร่ กลุ่มที่ 2 คือแปลงที่ 9 และ 6 มีปริมาณแป้ง 2,063.95 - 2,075.28 กก./ไร่ กลุ่มที่ 3 แปลงที่ 7 มีปริมาณแป้ง 2,034.94 กก./ไร่ กลุ่มที่ 4 คือ แปลงที่ 1 มีปริมาณแป้ง 1,970.44 กก./ไร่ กลุ่มที่ 5 คือ แปลงที่ 2 และ แปลงที่ 5 มีปริมาณแป้ง 1,823.45 - 1,827.42 กก./ไร่ กลุ่มที่ 6 คือ แปลงที่ 4 มีปริมาณแป้ง 1,796.43 กก./ไร่ และกลุ่มที่ 7 มี 2 แปลง ประกอบด้วย แปลงที่ 10 และ 8 มีปริมาณแป้ง 1,580.22 - 1,602.65 กก./ไร่

ตารางที่ 4 ผลผลิตน้ำมันหัตถ์ เปอร์เซ็นต์แป้ง และปริมาณแป้งของแปลงต้นแบบ

แปลงที่	ผลผลิตมันสำปะหลัง		
	หัวมันสด (กก./ไร่)	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	ปริมาณแป้ง (กก./ไร่)
1	7,613.75 ^a ± 154.39	25.88 ^{bc} ± 0.15	1,970.44 ^{bc} ± 39.96
2	6,983.73 ^b ± 39.94	26.11 ^{bc} ± 0.38	1,823.45 ^{bcd} ± 10.43
3	7,866.44 ^a ± 45.07	28.48 ^a ± 0.40	2,246.06 ^a ± 12.84
4	6,990.00 ^b ± 33.85	25.70 ^{bc} ± 0.28	1,796.43 ^{cd} ± 8.70
5	6,996.25 ^b ± 20.95	26.12 ^{bc} ± 0.23	1,827.42 ^{bcd} ± 5.47
6	7,643.75 ^a ± 260.34	27.15 ^{ab} ± 0.74	2,075.28 ^{ab} ± 70.68
7	7,705.19 ^a ± 32.41	26.41 ^{bc} ± 0.28	2,034.94 ^{abc} ± 8.56
8	6,528.11 ^b ± 34.24	24.55 ^c ± 0.23	1,602.65 ^d ± 8.41
9	7,844.72 ^a ± 25.11	26.31 ^{bc} ± 1.16	2,063.95 ^{ab} ± 6.61
10	6,508.33 ^b ± 31.41	24.28 ^c ± 0.47	1,580.22 ^d ± 7.63
F-test	4.56*	6.15*	7.94*
% CV	6.88	4.34	10.26

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยผลผลิตมันสำปะหลัง ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงต่างกันในแต่ละสัณภูมิ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

โดยภาพรวมการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในแปลงต้นแบบมีผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ย 7,275.23 กก./ไร่ หรือคิดเป็นผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้น 53.68 % และผลผลิตน้ำหนักหัวมันสดต่อไร่เพิ่มขึ้นทุกแปลง โดยแปลงต้นแบบที่ 3 ได้ผลผลิตมันสดหัวมันสดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 7,866.44 กก./ไร่ และแปลงต้นแบบที่ 9 มีผลผลิตหัวมันสดต่างจากการปลูกวิธีของเกษตรกรมากที่สุดถึง 4,644.72 กก./ไร่ สอดคล้องกับการศึกษาของสรวิษา ประวันเน (2558 : 30) ที่พบว่าการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้น้ำหยดสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการปลูกมันสำปะหลังโดยอาศัยน้ำฝนถึง 26.69 % นอกจากนั้น Polthanee and Srisutham (2018 : 554) ได้กล่าวว่าการใส่ปุ๋ยและการให้น้ำเป็นปัจจัยในการเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกมันสำปะหลัง

ส่วนผลผลิตด้านเปอร์เซ็นต์แป้งมีค่าเฉลี่ย 26.10 % เทียบกับวิธีของเกษตรกรมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 24.10 % การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมทำให้ผลผลิตมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงขึ้น 7.66 % เมื่อพิจารณารายแปลงทั้ง 10 แปลงพบว่า ทุกแปลงมีผลผลิตเปอร์เซ็นต์แป้งเพิ่มขึ้น โดยแปลงที่ 7 มีผลผลิตเปอร์เซ็นต์แป้งต่างจากการปลูกวิธีของเกษตรกรมากที่สุดคือ 2.96 % เมื่อการเปรียบเทียบความแตกต่างรายแปลง เปอร์เซ็นต์แป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาพรวมของผลผลิตด้านปริมาณแป้งเมื่อใช้เทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ย 1,902.08 กก./ไร่ เทียบกับวิธีของเกษตรกรมีปริมาณแป้งเฉลี่ย 812.63 กก./ไร่ การใช้เทคโนโลยีทำให้ผลผลิตปริมาณแป้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,093.07 กก./ไร่ หรือเพิ่มขึ้น 57.47 % เมื่อพิจารณารายแปลงทั้ง 10 แปลงพบว่า ทุกแปลงมีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น

โดยสรุป การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมทำให้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้น 53.68 % สูงกว่าวิธีของเกษตรกร และสอดคล้องกับการศึกษาของสุพัตรา ขาวงังจักร และคณะ (2566 : 116) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 38.3% และสอดคล้องการศึกษาของวัลลีย์ อมรพล และคณะ (2556 : 177) เกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังอย่างชัดเจน โดยให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด 6,255 และ 2,579 กก./ไร่ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของเอนกพงศ์ จำปา และวิทยา ตรีโลเกศ (2561 : 60) ที่พบว่าการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลัง 6,290 กก./ไร่

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 เทคโนโลยีระบบน้ำหยดมีต้นทุนถูกลงมาก เป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่ายขึ้น จึงควรส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีนี้เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

6.2 หน่วยงานที่สามารถวิเคราะห์ดินในพื้นที่มีอยู่จำกัดทำให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีได้ยาก หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีได้มากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนอุดหนุนในการดำเนินงานวิจัยนี้ รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เกษตรกรต้นแบบผู้ปลูกมันสำปะหลัง บุคลากรสำนักงานเกษตรจังหวัดเลย บุคลากรสำนักงานเกษตรอำเภอ ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล ร่วมขับเคลื่อนการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในแปลงต้นแบบ

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. (2568). ปริมาณการใช้น้ำของพื้นที่อ้างอิง.

<https://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/ETo/index.htm>

วัลลีย์ อมรพล, เทอดศักดิ์ อนาคต, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และคณะ. (2556, พฤษภาคม-สิงหาคม). การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตมันสำปะหลังในดินทรายชุดดินสัดที่บ. วารสารวิชาการเกษตร, 31(2), 167-179.

ศิริวรรณ เพื่องเพียร และคณะ. (2550). ขนาดและตัวอย่างลุ่มที่เหมาะสมสำหรับประเมินผลผลิตมันสำปะหลังในไร่เกษตรกรจังหวัดระยองและจังหวัดใกล้เคียง. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, สมฤทัย ต้นเจริญ, ชัยชนพร เกื้อหนู และคณะ. (2564). คำแนะนำในการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ: เอกสารวิชาการ. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กองวิจัยพัฒนาการผลิตทางการเกษตร.

สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร. (2564). เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยี. ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

สรचना ประวันเน. (2558). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินเพื่อการลงทุนในระบบน้ำหยดสำหรับการเพาะปลูกการผลิตมันสำปะหลัง : กรณีศึกษาอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี. [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต] มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สายน้ำ อุดพัย, จินณจารี หาญเศรษฐสุข และ วลัยพร ศะศิประภา. (2567). ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพแป้งของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย จังหวัดกำแพงเพชร. วารสารเกษตรและอาหารมรรอ, 3(1), 17-27.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. (2547). คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.

สุพัตรา ชาววงจักร์, นิมิตร วงศ์สุวรรณ, ศศิธร ประพรม และ คณะ. (2566). ลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมี และเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ด้วยเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยในแหล่งปลูกจังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารแก่นเกษตร, suppl (1), 116-123.

สุภกร หาญสูงเนิน. (2557). เทคนิคใหม่ในการวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดโดยอาศัยคุณสมบัติความเป็นฉนวน: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

เสาวนุช ถาวรพุกษ์, สุเทพ ทองแพ และ เพชรดา ปินใจ. (2557). KU Research Weekly. ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินภาคสนาม ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอนกพงศ์ จำปา และวิทยา ตริโลเทศ. (2561). การประยุกต์ใช้อัตราและสูตรปุ๋ยเคมีที่แตกต่างกันในการปลูกมันสำปะหลัง ku 50 ในดินทราย. วารสารดินและปุ๋ย, 40(1), 45-54.

Food and Agriculture Organization. (2013). *Save and grow: Cassava: A guide to sustainable production intensification*. FAO.

Kaweewong, J., Kongkeaw, T., Tawornprek, et al. (2013). Nitrogen requirements of cassava in selected soils of Thailand. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 114(1), 13-19.

- Leitch, A., Anusontpomperm, S., Thanachit, S., et al. (2023, May). Cassava Response to Phosphorus Fertilizer in Warin Soil Series Amended with Cassava Tails and Stalk-Bentonite Mixture. *Trends in Sciences*, 20(5), 4885.
- Munsell Color Company. (2016). *Munsell soil color chart [PDF]*. <https://soils.uga.edu/files/2016/08/Munsell.pdf>
- Piyachomkwan, K., and Tanticharoen, M. (2011). Cassava industry in Thailand: Prospects. *Journal of the Royal Institute of Thailand*, 3(1), 160–170.
- Polthanee, A. and Srisutham, M. (2018). Growth, yield and water use of drip irrigated cassava planted in the late rainy season of Northeastern Thailand. *Indian journal of agriculture research*, 53(5), 554-559.
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing [Computer software]*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Sassapol, O., Kaewprachum, A., and Chareonrat, T. (2020). Factors affecting cassava yield gap in Thailand. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(Suppl. 1), 1135–1142.
- Xie, X. (2018). *Fertigation for cassava production under drip irrigation system*. Degree of Doctor of Philosophy in Crop Science, Suranaree University of Technology.

คุณค่าทางวิชาการ

บทความนี้เสนอผลการศึกษาที่ใช้หลักการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) ในการผลิตมันสำปะหลัง โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ และการใช้ระบบน้ำหยดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ โดยใช้ข้อมูลเฉพาะแปลงในการออกแบบการให้ธาตุอาหารและการให้น้ำแก่พืช รวมถึงการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังอย่างเป็นรูปธรรมในแปลงต้นแบบ ทำให้เทคโนโลยีที่เหมาะสมนี้ช่วยลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรอย่างยั่งยืน

นวัตกรรมอินโฟกราฟิกและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน

เฉลิมเจษฎ์ สมานหัตถ์¹ นิคม ลนขุนทด² เทียงธรรม สิทธิจันทเสน³

อัษฎา วรรณกายนต์^{4*} วิชัย แหวนเพชร⁵

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1 2 3 4*}

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช⁵

อีเมล : asada2518@hotmail.com^{4*}

วันที่รับบทความ 1 สิงหาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 31 ตุลาคม 2568

วันตอบรับบทความ 11 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้มุ่งสร้างสื่ออินโฟกราฟิกและถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิก ประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก ถ่ายทอดเทคโนโลยี และประเมินความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี กลุ่มเป้าหมายประกอบด้วยสมาชิกวิสาหกิจชุมชนและเกษตรกรในพื้นที่ตำบลโคกกลาง อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ และที่ปรึกษากฎหมายในจังหวัดสุรินทร์ จำนวน 60 คน

ผลการวิจัยพบว่า อินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อในการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถสื่อสารข้อมูลทางกฎหมายที่ซับซ้อนผ่านภาพกราฟิกและข้อความกระชับ ซึ่งช่วยเพิ่มความเข้าใจและการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ผลการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกโดยผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการออกแบบ โดยมีค่าเฉลี่ยคุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.45) ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีพบว่า กลุ่มเป้าหมายมีความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับวิสาหกิจชุมชนและบทบาทของที่ปรึกษากฎหมาย นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างคล่องแคล่ว โดยผลการประเมินความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.75$, S.D. = 0.41)

คำสำคัญ : อินโฟกราฟิก การถ่ายทอดเทคโนโลยี วิสาหกิจชุมชน เว็บแอปพลิเคชัน ที่ปรึกษากฎหมาย

An Infographic Innovation and Technology Transfer for Enhancing the Efficiency of Community Enterprise Legal Consultation Web Application

Chalermjade Samanuhat¹, Nikom Lonkuntosh², Teangtum Sittichantasen³

Asada Wannakayont^{4*} Wichai Vanpetch⁵

Faculty of Industrial Technology Surindra Rajabhat University^{1,2,3,4*}

Nakornsriathammarat Rajabhat University⁵

Email: asada2518@hotmail.com^{4*}

Received 1 August 2025

Revised 31 October 2025

Accepted 11 November 2025

Abstract

This research and development project aimed to create infographics and transfer technology for enhancing the efficiency of community enterprise legal consultation web application. The objectives were to design and create infographics, evaluate their quality, transfer technology, and assess satisfaction with the technology transfer. The target group consisted of 60 participants, including community enterprise members and farmers from Khok Klang Subdistrict, Lam Plai Mat District, Buriram Province, and legal consultants from Surin Province.

The research findings indicate that the developed infographics served as an effective medium for technology transfer, communicating complex legal information through graphics and concise text, which enhanced understanding and facilitated quick access to information. The quality assessment of the infographics by experts demonstrated the effectiveness of the design, with the overall quality rating at the highest level ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.45). The technology transfer results indicated that the target group gained significantly increased knowledge and understanding of laws related to community enterprises and the role of legal consultants. Additionally, they were able to use the web application proficiently. The overall satisfaction assessment of the technology transfer was at the highest level ($\bar{X} = 4.75$, S.D. = 0.41).

Keywords: Infographics, Technology Transfer, Community Enterprises, Legal Advisory, Web Application

1. บทนำ

วิสาหกิจชุมชนในประเทศไทยประสบปัญหาในการเข้าถึงและทำความเข้าใจข้อมูลทางกฎหมายที่มีความซับซ้อน ส่งผลต่อการบริหารจัดการและการพัฒนาธุรกิจอย่างยั่งยืน แม้ว่าจะมีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนเพื่อแก้ไขปัญหาทางกฎหมายที่วิสาหกิจชุมชนเผชิญอยู่ เช่น ปัญหาทางกฎหมายด้านการบริหารจัดการ การตลาด การเงิน และภาษี (เฉลิมเจษฎ์ สมานหัตถ์, 2567) แต่จากการสำรวจพบว่าผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดในการใช้เทคโนโลยีและการทำความเข้าใจข้อมูลทางกฎหมาย ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเว็บแอปพลิเคชันดังกล่าวได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างในการเข้าถึงและการใช้งานเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

อินโฟกราฟิกทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการอธิบายข้อมูลที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสามารถแปลงข้อมูลที่ซับซ้อน เช่น สถิติ ความรู้ และข้อมูลตัวเลขให้เป็นการนำเสนอในรูปแบบภาพที่เข้าใจได้ง่าย แนวทางนี้มีคุณค่าอย่างยิ่งในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศปัจจุบัน ที่ผู้ใช้จำเป็นต้องเข้าถึงและทำความเข้าใจข้อมูลที่ซับซ้อนภายในเวลาที่จำกัด การออกแบบอินโฟกราฟิกให้ประสบความสำเร็จนั้น นักออกแบบควรพิจารณาวัตถุประสงค์ วิธีการ และผลลัพธ์ที่ต้องการจากการออกแบบอย่างรอบคอบ หลักการออกแบบที่สำคัญประกอบด้วย การรักษาความเรียบง่าย การนำเสนอข้อมูลตัวเลขเฉพาะที่จำเป็น การสร้างคำบรรยายที่น่าสนใจ การนำเสนอเนื้อหาที่กระชับและชัดเจน และการใช้ฟอนต์ขนาดเล็กเพื่อการไหลลื่นภาพที่รวดเร็ว (นพดล พรหมณี, 2560)

การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) เป็นกระบวนการที่นำเทคโนโลยีจากที่เดิมมาใช้หรือพัฒนาในสถานที่หรือองค์กรอื่น ๆ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ (ทิพวัลย์ เวชการณีย์, 2567) กระบวนการนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาองค์กรและชุมชน เนื่องจากช่วยให้ผู้รับสามารถนำความรู้ เทคนิค วิธีการ และนวัตกรรมใหม่ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนางานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิผลช่วยลดเวลาในการเรียนรู้ ต้นทุน และความผิดพลาดในการดำเนินงาน ขณะเดียวกันก็ช่วยยกระดับความสามารถของบุคลากรให้ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ การถ่ายทอดเทคโนโลยีสามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบ เช่น การฝึกอบรม การสาธิต การให้คำปรึกษา การพัฒนาคู่มือหรือสื่อการเรียนรู้ การศึกษาดูงาน และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้ใช้ แต่ละรูปแบบมีข้อดีและความเหมาะสมสำหรับกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน การเลือกวิธีการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยให้มั่นใจได้ว่าความรู้และทักษะจะถูกถ่ายทอดอย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการ และศักยภาพของผู้รับ

อินโฟกราฟิกที่ออกแบบอย่างดีและวิธีการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมนำเสนอทางออกที่สำคัญสำหรับการเผยแพร่ข้อมูล อินโฟกราฟิกสามารถเพิ่มความสนใจและลดเวลาที่ต้องใช้ในการทำความเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ประภาพร กุลลิมรัตนชัย และสุคนธ์ทิพย์ คำจันทร์, 2564) การออกแบบอินโฟกราฟิกที่ดีช่วยจัดระเบียบและโครงสร้างข้อมูลที่ซับซ้อนให้เป็นการนำเสนอภาพที่เข้าใจง่าย (วรวิทย์ คำนธ์สุวรรณ, 2563) แนวทางนี้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการอธิบายข้อมูลทางกฎหมายที่มักซับซ้อนและเข้าใจยากเมื่อผสมผสานกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการนำเทคโนโลยีที่พัฒนาแล้วไปสู่ผู้ใช้ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2567) แนวทางนี้สามารถยกระดับความสามารถผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนให้ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเต็มศักยภาพ

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ายังมีช่องว่างทางองค์ความรู้ที่สำคัญ กล่าวคือ แม้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาอินโฟกราฟิก (ภานนท์ คุ่มสุภา, 2564; นันทรัตน์ กลิ่นหอม และคณะ, 2565) และการถ่ายทอดเทคโนโลยีในบริบทต่าง ๆ (วัชร สุขแสง และคณะ, 2566; กิตติพงศ์ พิทักษ์กิตติสกุล และคณะ, 2566) แต่ยังไม่มีการศึกษาที่บูรณาการองค์ความรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ อินโฟกราฟิก การถ่ายทอดเทคโนโลยี และกฎหมายวิสาหกิจชุมชน เพื่อพัฒนาสื่อและกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนโดยเฉพาะ นอกจากนี้ ยังไม่มีการศึกษาถึงความต้องการและลักษณะเฉพาะของผู้ใช้งานที่เป็นวิสาหกิจชุมชน

ในการออกแบบสื่ออินโฟกราฟิกสำหรับการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันกฎหมาย ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิก และถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนสามารถเข้าถึง เข้าใจ และนำความรู้ทางกฎหมายไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน
- 2.2 เพื่อประเมินคุณภาพของสื่ออินโฟกราฟิกที่พัฒนา
- 2.3 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

3. วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ยื่นขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เลขที่ HE 662056 ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยที่ผสมองค์ความรู้ด้านการพัฒนาอินโฟกราฟิก การถ่ายทอดเทคโนโลยี และกฎหมายวิสาหกิจชุมชน เพื่อออกแบบและสร้างสื่อที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันให้กับผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชน

3.2 กลุ่มเป้าหมายและผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก

3.2.1 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยที่ใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน จำนวน 60 คน ได้แก่ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนและเกษตรกร ตำบลโคกกลาง อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ พิจารณาเลือกจากผู้เข้าร่วมโครงการผู้เข้าร่วมโครงการ นวัตกรรมกฎหมายออนไลน์ การจดทะเบียนจัดตั้งสหกรณ์ และ วิสาหกิจชุมชนเพื่อประกอบธุรกิจการเลี้ยงโคเนื้อของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ตำบลโคกกลาง อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ และ ที่ปรึกษากฎหมายในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 30 คน พิจารณาเลือกจากที่ปรึกษากฎหมายที่มีประสบการณ์เป็นที่ปรึกษากฎหมายไม่น้อยกว่า 5 ปี และมีสถานประกอบการ หรือปฏิบัติงานในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ มีประสบการณ์เป็นที่ปรึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี

3.2.2 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก จำนวน 5 คน ซึ่งมีคุณสมบัติและวิธีการคัดเลือก ดังนี้

- 1) ตัวแทนสมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 1 คน มีประสบการณ์ในการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนมาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมาย จำนวน 1 คน มีประสบการณ์ในการให้คำปรึกษาทางกฎหมายมาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี
- 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิก จำนวน 3 คน มีประสบการณ์ด้าน การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกมาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 อินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน พัฒนาขึ้นโดยใช้หลักการออกแบบอินโฟกราฟิกที่เน้นความเรียบง่าย ชัดเจน และเข้าใจง่าย

3.3.2 แบบประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกสำหรับผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุมการประเมิน 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก ซึ่งครอบคลุม 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านภาษา ด้านภาพประกอบ/สื่อ และด้านการนำเสนอ และตอนที่ 2 เป็นส่วนของข้อเสนอแนะ

3.3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน เป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยประเด็นการประเมิน 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ครอบคลุม 3 ด้าน คือ ความรู้ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ และความพึงพอใจในการถ่ายทอดความรู้ ตอนที่ 2 เป็นส่วนของข้อเสนอแนะ

3.4 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของอินโฟกราฟิก ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ รวมจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ตัวแทนสมาชิกวิสาหกิจชุมชนที่มีประสบการณ์ในการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมายที่มีประสบการณ์ในการให้คำปรึกษาทางกฎหมายไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน

3.4.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินและแบบสอบถาม ดำเนินการโดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน และการตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

3.5 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 การออกแบบและสร้างสื่ออินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน

การออกแบบและสร้างสื่ออินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิกฯ โดยการประยุกต์กระบวนการออกแบบอินโฟกราฟิกของ ทิซพร นามวงศ์ (2560 : 21-23) โดยเริ่มจากการเลือกหัวข้อและกำหนดขอบเขตการนำเสนอเป็น 3 ชุด ตามกลุ่มผู้ใช้งาน ได้แก่ บุคคลทั่วไป สมาชิก และที่ปรึกษากฎหมายการวางแผนให้มีความสำคัญกับการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ในแต่ละกลุ่มและการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลในขั้นตอนการสร้างแผนที่ความคิด ได้ร่างโครงสร้างเนื้อหาที่ประกอบด้วย 6 ส่วนหลักสำหรับทุกกลุ่มผู้ใช้งาน ได้แก่ ลิงค์เข้าสู่ระบบ การค้นหาที่ปรึกษากฎหมาย การค้นหาบทบัญญัติกฎหมาย การค้นหาหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ฟังก์ชันเฉพาะของแต่ละกลุ่ม และลิงค์คู่มือการใช้งาน โดยมีการปรับเปลี่ยนรายละเอียดให้เหมาะสมกับแต่ละกลุ่มผู้ใช้งานการค้นหาข้อมูลและแรงบันดาลใจได้มาจากการศึกษาเอกสารวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสำรวจรูปแบบการนำเสนอข้อมูลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล รวมถึงการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบอินโฟกราฟิก จากนั้นจึงแปลงข้อมูลเป็นภาพผ่านการสเก็ตซ์ภาพโครงร่างที่ผสมผสานระหว่างอินโฟกราฟิกแบบลำดับขั้นและแบบกระบวนการทำงานการออกแบบดิจิทัลได้ยึดหลักการสำคัญ 3 ประการ คือ ความชัดเจนในการสื่อสาร การใช้สีและตัวอักษรที่เหมาะสม และการจัดวางองค์ประกอบที่ดึงดูดความสนใจ ก่อนนำไปใช้งานจริง อินโฟกราฟิกได้ผ่านการประเมินและปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชื่อสื่ออินโฟกราฟิก	ชื่อสื่ออินโฟกราฟิก	ชื่อสื่ออินโฟกราฟิก
ผู้ใช้งานทั่วไป	ผู้ใช้งานสมาชิก	ผู้ใช้งานที่ปรึกษากฎหมาย
รายการที่ 1 รายละเอียด ภาพประกอบ	รายการที่ 1 รายละเอียด ภาพประกอบ	รายการที่ 1 รายละเอียด ภาพประกอบ
รายการที่ 2 รายละเอียด ภาพประกอบ	รายการที่ 2 รายละเอียด ภาพประกอบ	รายการที่ 2 รายละเอียด ภาพประกอบ
รายการที่ 3 รายละเอียด ภาพประกอบ	รายการที่ 3 รายละเอียด ภาพประกอบ	รายการที่ 3 รายละเอียด ภาพประกอบ
รายละเอียดอื่น ๆ	รายละเอียดอื่น ๆ	รายละเอียดอื่น ๆ

รูปที่ 1 ภาพสเก็ชโครงร่างอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมาย
 วิสาหกิจชุมชน

3.5.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน
 ที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน

การสร้างแบบประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน
 ที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน มีกระบวนการดำเนินการอย่างเป็นระบบเพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพและ
 ความน่าเชื่อถือ โดยเริ่มจากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการสร้างแบบประเมินคุณภาพ
 สื่อต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบประเมิน จากนั้นได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพ
 โดยกำหนดประเด็นเนื้อหาและขอบเขตการประเมินออกเป็น 2 ตอนหลัก ได้แก่ ตอนที่ 1 การประเมินคุณภาพ
 อินโฟกราฟิก ซึ่งครอบคลุม 4 ด้านสำคัญ คือ ด้านเนื้อหา ด้านภาษา ด้านภาพประกอบ/สื่อ และด้านการนำเสนอ
 และตอนที่ 2 เป็นส่วนของข้อเสนอแนะ เมื่อได้แบบประเมินฉบับร่างแล้ว ได้นำเสนอต่อที่ปรึกษางานวิจัยเพื่อ
 พิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและประเด็นข้อคำถาม พร้อมทั้งรับฟังข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มี
 ความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน
 ด้วยการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา กับสิ่งที่ต้องการศึกษา (IOC) ซึ่งผลการประเมินพบว่า ข้อคำถามมี
 ค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ย 0.99 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 0.5 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับ
 วัตถุประสงค์ของการวิจัยและสามารถนำไปใช้ได้ (สุรศักดิ์ อมรัตน์ศักดิ์, บุญมี พันธุ์ไทย และสมจิตรา เรืองศรี,
 2557 : 328-340) ขั้นตอนสุดท้าย นำแบบประเมินที่ปรับแก้แล้วไปผ่านการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
 จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ และได้รับการรับรองภายใต้รหัส
 โครงการวิจัย HE 662056 จึงสามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน
 เว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัย

3.5.3 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการใช้งานเว็บแอป
 พลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน

การสร้างแบบความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน ได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนโดยเริ่มจากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบและหลักการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือที่เหมาะสมกับงานวิจัย ในการสร้างแบบสอบถาม ได้กำหนดขอบเขตการประเมินออกเป็น 2 ตอนหลัก โดยตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ซึ่งครอบคลุมประเด็นสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ และความพึงพอใจในการถ่ายทอดความรู้ ส่วนตอนที่ 2 เป็นส่วนของข้อเสนอแนะ แบบสอบถามฉบับร่างได้ผ่านการพิจารณาจากที่ปรึกษางานวิจัยเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาและประเด็นข้อคำถาม จากนั้นได้ทำการทดสอบความเที่ยงตรงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ด้วยการตรวจสอบค่า IOC ซึ่งผลการประเมินพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องรวมเท่ากับ 1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 0.5 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและสามารถนำไปใช้ได้ (สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์, บุญมี พันธุ์ไทยและสมจิตรา เรืองศรี, 2557 : 328-340) การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือได้ดำเนินการโดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 30 คน และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีของครอนบราก ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 0.6 แสดงว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ได้ (สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์, บุญมี พันธุ์ไทย และสมจิตรา เรืองศรี, 2557 : 325) หลังจากการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของที่ปรึกษางานวิจัย แบบสอบถามได้ผ่านการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ และได้รับการรับรองภายใต้เลขที่ HE 662056 จึงสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัย

3.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเป็น 2 ระยะ ดังนี้

3.6.1 ระยะที่ 1 การประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก

- 1) ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน
- 2) ทำเรื่องขออนุญาตหนังสือราชการ เพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน จากสำนักงานคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
- 3) ผู้วิจัยนำหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน เสนอผู้เชี่ยวชาญ นัดวัน เวลา และสถานที่ ในการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก
- 4) ก่อนการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก ผู้วิจัยชี้แจงสิทธิต่าง ๆ ให้กับผู้เชี่ยวชาญที่จะไม่ตอบคำถาม รวมถึงสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยนี้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และขออนุญาตบันทึกภาพของผู้เชี่ยวชาญเป็นไฟล์ข้อมูลดิจิทัลด้วยการเข้ารหัสปกปิดข้อมูล
- 5) ผู้วิจัยได้ดำเนินการอธิบายวิธีการออกแบบ การพัฒนา วิธีการใช้งานอินโฟกราฟิก พร้อมทั้งตอบคำถามตามที่ได้ซักถาม
- 6) ผู้วิจัยแจกแบบประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก พร้อมอธิบายรายละเอียดในการประเมินให้ทราบ
- 7) ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก

3.6.2 ระยะที่ 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน

- 1) ติดต่อประสานงานกับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย นัดวันเวลาและสถานที่

2) จัดเตรียมสถานที่ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น PowerPoint นำเสนอ Router WiFi เป็นต้น

3) เริ่มถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมาย
วิสาหกิจชุมชน

(1) ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายวิธีการออกแบบ การพัฒนา วิธีการใช้งาน พร้อมทั้งให้กลุ่มเป้าหมาย
ทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน

(2) ผู้วิจัยสาธิตวิธีการใช้งานและให้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายด้านวิสาหกิจ
ชุมชน ตามวิธีที่แสดงไว้ในอินโฟกราฟิก ให้กับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย และตอบคำถามตามที่กลุ่มเป้าหมายในการ
วิจัยได้ซักถาม

4) ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน
เว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนให้กับกลุ่มเป้าหมาย พร้อมทั้งอธิบาย ตอบแบบสอบถาม และแจ้ง
สิทธิ์ผู้ตอบแบบสอบถาม

5) กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

6) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก วิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2549)

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี วิเคราะห์โดยใช้
ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2549)

3.7.3 การแปลผลข้อมูลจากแบบประเมินและแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า
5 ระดับ มีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (เพ็ญแข ศิริวรรณ และคณะ. 2551)

คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพ/ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีคุณภาพ/ความพึงพอใจในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีคุณภาพ/ความพึงพอใจในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีคุณภาพ/ความพึงพอใจในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีคุณภาพ/ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

3.8 การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ได้คำนึงถึงหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยมีการ
ดำเนินการดังนี้

3.8.1 ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.8.2 ชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบก่อนการเก็บข้อมูล

3.8.3 เคารพสิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยให้สิทธิในการไม่ตอบคำถามหรือถอนตัวจากการวิจัยได้โดย
ไม่มีผลกระทบใด ๆ

3.8.4 รักษาความลับของข้อมูลโดยไม่เปิดเผยข้อมูลเป็นรายบุคคลและเก็บรักษาข้อมูลไว้ในที่ปลอดภัย

3.8.5 ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกนำเสนอในภาพรวมและจะถูกทำลายภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยและการ
ตรวจสอบ

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง นวัตกรรมอินโฟกราฟิกและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิก

อินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน โดยมีการออกแบบการนำเสนอเนื้อหาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เนื้อหาภายในอินโฟกราฟิกประกอบด้วยข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานระบบ นำเสนอในรูปแบบที่กระชับและชัดเจน ครอบคลุมกระบวนการสำคัญ อาทิ วิธีการค้นหาและติดต่อที่ปรึกษากฎหมาย การเข้าถึงฐานข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับวิสาหกิจชุมชน และขั้นตอนการขอรับคำปรึกษาทางกฎหมาย การออกแบบอินโฟกราฟิกให้ความสำคัญกับการใช้องค์ประกอบทางทัศนศิลป์ โดยผสมผสานภาพประกอบที่สื่อความหมาย การเลือกใช้โทนสีที่เหมาะสม เพื่อดึงดูดความสนใจ และการจัดลำดับข้อมูลอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ อินโฟกราฟิกยังถูกออกแบบให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายด้าน ทั้งการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและการเผยแพร่ผ่านช่องทางดิจิทัล เพื่อขยายการเข้าถึงและสร้างความเข้าใจในการใช้งานระบบให้แก่กลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุม



รูปที่ 2 สื่ออินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน

จากภาพที่ 2(ก) แสดงภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน สำหรับผู้ทั่วไป แบ่งเนื้อหาเป็น 6 ส่วน ได้แก่ 1) ลิงค์เข้าสู่เว็บแอปพลิเคชัน 2) ขั้นตอนการค้นหาที่ปรึกษากฎหมาย 3) ขั้นตอนการค้นหาคำตอบข้อกฎหมาย 4) ขั้นตอนการค้นหาหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 5) ขั้นตอนการลงทะเบียนใช้งานสมาชิก และที่ปรึกษากฎหมาย และ 6) ลิงค์คู่มือการใช้งาน

จากภาพที่ 2(ข) แสดงภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน สำหรับสมาชิก แบ่งเนื้อหา เป็น 6 ส่วน ได้แก่ 1) ลิงค์เข้าสู่เว็บแอปพลิเคชัน 2) ขั้นตอนการค้นหาที่ปรึกษากฎหมาย 3) ขั้นตอนการค้นหาคำตอบข้อกฎหมาย 4) ขั้นตอนการค้นหาหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 5) ขั้นตอนการใช้กระดานสนทนาถามตอบกับที่ปรึกษากฎหมาย และ 6) ลิงค์คู่มือการใช้งาน

จากภาพที่ 2(ค) แสดงภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน สำหรับที่ปรึกษา แบ่งเนื้อหาเป็น 6 ส่วน ได้แก่ 1) ลิงค์เข้าสู่เว็บแอปพลิเคชัน 2) ขั้นตอนการค้นหาที่ปรึกษากฎหมาย 3) ขั้นตอนการค้นหาคำตอบข้อกฎหมาย 4) ขั้นตอนการค้นหาหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 5) ขั้นตอนการใช้กระดานสนทนาถามตอบกับที่ปรึกษากฎหมาย และ 6) ลิงค์คู่มือการใช้งาน

4.2 ผลการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนในภาพรวม

ด้านที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับคุณภาพ
		($\bar{X}$)	(S.D.)	
1	ด้านเนื้อหา	4.60	0.44	มากที่สุด
2	ด้านภาษา	4.52	0.45	มากที่สุด
3	ด้านภาพประกอบ/สื่อ	4.56	0.44	มากที่สุด
4	ด้านการนำเสนอ	4.64	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.58	0.45	มากที่สุด

การประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีคุณภาพในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.58, S.D. 0.45) ซึ่งสะท้อนถึงความสำเร็จในการออกแบบอินโฟกราฟิกที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่า ด้านการนำเสนอได้รับการประเมินสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.64, S.D. 0.45) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอินโฟกราฟิกมีการออกแบบที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย มีลำดับขั้นตอนการนำเสนอที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยเฉพาะการนำเสนอข้อมูลที่ซับซ้อนทางกฎหมายให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าถึงได้สำหรับผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนซึ่งอาจไม่คุ้นเคยกับศัพท์เฉพาะทางกฎหมาย ด้านเนื้อหาได้รับการประเมินในระดับรองลงมา (ค่าเฉลี่ย 4.60, S.D. 0.44) แสดงให้เห็นว่าอินโฟกราฟิกสามารถสื่อสารข้อมูลทางกฎหมายที่ถูกต้องและครบถ้วน ในขณะที่ด้านภาพประกอบ/สื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.56, S.D. 0.44) และด้านภาษา (ค่าเฉลี่ย 4.52, S.D. 0.45) ก็ได้รับการประเมินในระดับมากที่สุดเช่นกัน สะท้อนถึงความสำเร็จในการบูรณาการองค์ประกอบต่างๆ ของอินโฟกราฟิกให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนประสบความสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถวัดผลความรู้ความเข้าใจที่ได้หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันของผู้เข้าร่วมที่สามารถเข้าถึงและใช้งานระบบได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี และอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นอีกทั้งการถ่ายทอดเทคโนโลยียังส่งผลให้ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความรู้ความเข้าใจทั้งในด้านการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันและความรู้ด้านกฎหมายวิสาหกิจชุมชน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติตามกฎหมายและการจัดการวิสาหกิจชุมชนของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี จากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนและเกษตรกร และที่ปรึกษากฎหมายในภาพรวม

ด้านที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับคุณภาพ
		$(\bar{X})$	(S.D.)	
1	ด้านความรู้ความเข้าใจ	4.65	0.45	มากที่สุด
2	ด้านการนำความรู้ไปใช้	4.77	0.42	มากที่สุด
3	ด้านความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี	4.83	0.38	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.75	0.41	มากที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากสมาชิกวิสาหกิจชุมชน เกษตรกร และที่ปรึกษากฎหมาย พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.75, S.D. 0.41) โดยด้านที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือด้านความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ค่าเฉลี่ย 4.83, S.D. 0.38)

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิก จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกัน กล่าวคือคุณภาพด้านการนำเสนอของอินโฟกราฟิกที่ได้คะแนนสูงสุดสอดคล้องกับความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่สูงเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าการออกแบบอินโฟกราฟิกที่มีประสิทธิภาพส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ด้านการนำความรู้ไปใช้ได้รับความพึงพอใจในระดับรองลงมา (ค่าเฉลี่ย 4.77, S.D. 0.42) สะท้อนถึงการที่ผู้เข้าร่วมเห็นประโยชน์และคุณค่าของเทคโนโลยีที่ได้รับการถ่ายทอด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทของตนเอง ส่วนด้านความรู้ความเข้าใจ (ค่าเฉลี่ย 4.65, S.D. 0.45) ที่ได้รับการประเมินในระดับสูงเช่นกันนั้นสามารถยืนยันได้จากการความรู้ความเข้าใจที่ได้หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันของผู้เข้าร่วมที่สามารถเข้าถึงและใช้งานระบบได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน และการตอบคำถามเกี่ยวกับกฎหมายวิสาหกิจชุมชนได้อย่างถูกต้อง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกที่มีคุณภาพจะส่งผลต่อความสำเร็จในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนอย่างมีนัยสำคัญ ช่วยให้ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนสามารถเข้าถึงคำปรึกษาด้านกฎหมายได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนในระยะยาว การบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารข้อมูลทางกฎหมายผ่านสื่ออินโฟ

กราฟิกที่ออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนให้สามารถดำเนินกิจการได้อย่างถูกต้องตามกฎหมายและมีความยั่งยืนต่อไป

5. อภิปรายผล

การออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน ได้ประยุกต์ใช้หลักการกระบวนการสร้างอินโฟกราฟิกของ ทิษพร นามวงศ์ (2560) ร่วมกับการผสมผสานรูปแบบอินโฟกราฟิกแบบลำดับขั้นตอนและแบบกระบวนการทำงานตามแนวคิดของสถาบันนวัตกรรมและธรรมาภิบาลข้อมูล (2565) ทำให้สามารถนำเสนอข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ส่งผลให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจเนื้อหาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของสำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา (2561) ที่ระบุว่า การสื่อสารด้วยอินโฟกราฟิกช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงและเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น เนื่องจากข้อมูลผ่านการสรุปให้กระชับและตรงประเด็น กลไกสำคัญที่ทำให้อินโฟกราฟิกช่วยเพิ่มการเข้าใจเนื้อหากฎหมายที่ซับซ้อนคือการแปลงข้อมูลเชิงตัวอักษรให้เป็นภาพ (Converting Information to Image) และการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล (Hierarchical Structure) ซึ่งช่วยแบ่งแยกเนื้อหาตามระดับความสำคัญ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของข้อมูลและจดจำสาระสำคัญได้ดีกว่าการนำเสนอในรูปแบบข้อความล้วน การผสมผสานระหว่างภาพ สี และตัวอักษรที่ออกแบบอย่างเหมาะสมยังช่วยกระตุ้นความสนใจและดึงดูดสายตา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการรับรู้ข้อมูล

ผลการประเมินคุณภาพอินโฟกราฟิกที่อยู่ในระดับมากที่สุดนั้น สอดคล้องกับแนวคิดของพัชรา วาณิชวดีน (2558) ที่กล่าวถึงประสิทธิภาพของอินโฟกราฟิกในการสร้างความน่าสนใจและความเข้าใจ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพิชญ์นันท์ รักษาวงศ์ (2562) และพรปภัสสร ปริญาญกุล และคณะ (2566) ที่พบว่า การพัฒนาอินโฟกราฟิกโดยใช้หลักการที่เหมาะสมส่งผลให้ได้สื่อที่มีคุณภาพในระดับมากที่สุด ทั้งนี้ อนุพันธ์ ฉลุทอง และบุญรัตน์ แผลงศร (2567) ได้อธิบายว่า อินโฟกราฟิกไม่เพียงช่วยในการถ่ายทอดข้อมูลที่ซับซ้อน แต่ยังสามารถสร้างแรงดึงดูดและกระตุ้นความสนใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการวิจัยที่พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนิคม ลนขุนทด และคณะ (2562) ที่พบว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพช่วยสร้างการเรียนรู้และการปรับเปลี่ยนทัศนคติที่ดี เช่นเดียวกับงานวิจัยของอัษฎา วรรณกายนต์ และคณะ (2566) และวีรวิธ เลพล และคณะ (2562) ที่แสดงให้เห็นว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยให้ผู้ใช้งานนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงและเกิดการพัฒนายั่งยืน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการผสมผสานระหว่างการออกแบบอินโฟกราฟิกที่มีประสิทธิภาพและการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม

เมื่อวิเคราะห์ผลการวิจัยในเชิงลึกพบว่า คุณภาพสื่อในด้านการนำเสนอที่ได้รับคะแนนสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.64) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ค่าเฉลี่ย 4.83) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าองค์ประกอบด้านการนำเสนอ เช่น การจัดวางข้อมูลที่เป็นลำดับขั้นตอน การใช้สีที่สอดคล้องกับเนื้อหา และการออกแบบที่ดึงดูดความสนใจ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเข้าใจและความพึงพอใจของผู้ใช้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของเฉลิมชัย วิโรจน์วรรณ (2565) ที่ศึกษาการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกเพื่อการเรียนทางด้านรู้กฎหมาย พบว่ามีความสอดคล้องในประเด็นความสำคัญของการออกแบบการนำเสนอ แต่งานวิจัยครั้งนี้มีจุดเด่นที่แตกต่างคือการบูรณาการอินโฟกราฟิกเข้ากับเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งช่วยเพิ่มช่องทางการเข้าถึงข้อมูลและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับเนื้อหา

องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้คือแนวทางการออกแบบอินโฟกราฟิกที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายทอดความรู้ด้านกฎหมายในชุมชน โดยเฉพาะในบริบทของวิสาหกิจชุมชนซึ่งมีความต้องการเฉพาะ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การออกแบบอินโฟกราฟิกสำหรับกลุ่มเป้าหมายนี้ควรเน้นการใช้ภาพที่เกี่ยวข้องกับบริบท

ของชุมชน การใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน และการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบขั้นตอนที่ชัดเจน ซึ่งช่วยลดช่องว่างในการเข้าถึงความรู้ทางกฎหมายที่มักมีศัพท์เฉพาะและโครงสร้างซับซ้อน นอกจากนี้ การจัดทำอินโฟกราฟิกแยกตามกลุ่มผู้ใช้งาน (บุคคลทั่วไป สมาชิก และที่ปรึกษา) ยังเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการตอบสนองความต้องการเฉพาะของแต่ละกลุ่ม

จากผลการวิจัยที่พบว่า อินโฟกราฟิกและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชนได้ผลในระดับดีมาก มีสาเหตุสำคัญมาจากการออกแบบและการพัฒนาที่เป็นระบบ โดยการสร้างอินโฟกราฟิกได้ประยุกต์ใช้หลักการร่วมกับการผสมผสานรูปแบบอินโฟกราฟิกทั้งแบบลำดับขั้นตอนและแบบกระบวนการทำงาน ส่งผลให้การนำเสนอข้อมูลมีความกระชับ ตรงประเด็น และเข้าใจได้ง่าย อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับการใช้ไอคอนประกอบทางทัศนศิลป์ที่ดึงดูดความสนใจ นอกจากนี้ กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพยังช่วยสร้างการเรียนรู้และปรับเปลี่ยนทัศนคติที่ดี ทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงและเกิดการบูรณาการระหว่างอินโฟกราฟิกและการถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ทำให้เนื้อหาครอบคลุม ทั้งการใช้งานระบบและความรู้ด้านกฎหมาย รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายช่องทาง สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในแง่ของการเข้าถึงและเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง และการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินที่พบว่า ทั้งคุณภาพอินโฟกราฟิกและความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะในด้านการนำความรู้ไปใช้และความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่าการลดช่องว่างในการเข้าถึงความรู้ด้านกฎหมายวิสาหกิจชุมชน สามารถทำได้ผ่านการออกแบบสื่อที่เหมาะสม โดยเฉพาะอินโฟกราฟิกที่มีการออกแบบโดยคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของกลุ่มเป้าหมาย การสังเคราะห์ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของการถ่ายทอดเทคโนโลยีไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับวิธีการนำเสนอและการสื่อสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้เข้าถึงได้ง่าย ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมการสื่อสารเพื่อสังคมต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 จากผลการประเมินที่พบว่า ด้านการนำเสนอมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย (4.64) ควรต่อยอดด้วยการพัฒนา UX (User Experience) และ UI (User Interface) เพิ่มเติม และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสื่อประเภทอื่นๆ เช่น วิดีทัศน์ คู่มือการใช้งาน เพื่อค้นหารูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการถ่ายทอดความรู้ด้านกฎหมาย ควรส่งเสริมการสร้างชุมชนออนไลน์และจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

6.2 จากความพึงพอใจ ด้านการนำความรู้ไปใช้ออยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.77) ควรศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับและผลกระทบระยะยาวของการใช้ระบบ รวมถึงศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้คำปรึกษากฎหมาย และพัฒนาแนวทางการออกแบบมาตรฐานสำหรับสื่อกฎหมายในบริบทชุมชน

6.3 จากผลความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.75) ควรส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับความสำคัญของความเข้าใจด้านกฎหมายในการดำเนินกิจการวิสาหกิจชุมชน ผลักดันการสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง และสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เพื่อส่งเสริมการใช้งานระบบเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

7. เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงศ์ พิทักษ์กิตติสกุล, นิคม ลนขุนทด, เทียงธรรม สิทธิจันทเสน และ อัญญา วรรณกายนต์. (2566). การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการใช้งานระบบกำหนดตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติ. *วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์*, 8(3), 545-554.
- เฉลิมเจษฎ์ สมานหัตถ์. (2567). *การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายด้านวิสาหกิจชุมชน*. [วิทยานิพนธ์หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- ทิชพร นามวงศ์ (2560). การออกแบบอินโฟกราฟิกเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์. *Veridian E-Journal Science and Technolog Silpakorn University*. 4(4), 14-25.
- ทิพวัลย์ เวชการณีย์. (2567). *ความสำคัญของการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการพัฒนานวัตกรรม*. http://clinictech.ops.go.th/online/cmo/site_blog_show.asp?id=496
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2549). *การวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติด้วย SPSS*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : วี.อินเตอร์ พรินท์.
- นพดล พรามณี. (2560). การออกแบบและการประยุกต์ใช้สื่ออินโฟกราฟิกในปัจจุบัน. *วารสารเทคโนโลยีภาคใต้*, 10(1), 159-168.
- นิคม ลนขุนทดและคณะ. (2562). การถ่ายทอดเทคโนโลยีแอปพลิเคชันการท่องเที่ยว เศรษฐกิจชุมชนและสินค้า OTOP จังหวัดสุรินทร์. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 13(2), 93-104.
- นันทรัตน์ กลิ่นหอม และคณะ. (2565). การพัฒนาวิดีโอสื่ออินโฟกราฟิกเป็นความรู้เรื่องปัญหาการเรียนออนไลน์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชอร์อีสต์บางกอก*, 2(2), 12-24.
- ภานนท์ คุ่มสุภา. (2564). อินโฟกราฟิกเพื่อตอบสนองความต้องการผู้บริโภค ในยุคการตลาดเชิงเนื้อหา. *วารสารนิเทศศาสตร์และนวัตกรรม นิด้า*, 2(1), 155-171.
- ประภาพร กุลลิมรัตนชัย และสุคนธ์ทิพย์ คำจันทร์. (2564). การออกแบบอินโฟกราฟิก: เทคนิควิธี เครื่องมือ และการประยุกต์ใช้งาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 15(2), 1-14.
- พรปภัสสร ปริญชาญกล, กุลธิดา ธรรมวิวัฒน์, ชลิตา แทนเอี่ยม และ ปิยชัย อิมจิต. (2566). การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชอร์อีสต์บางกอก*, 3(2), 1-13.
- พิชญนันท์ รักษาวงศ์. (2562). รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาอินโฟกราฟิก เรื่อง ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- พัชรา วาณิชวสิน. (2558). ศักยภาพของอินโฟกราฟิก (Infographic) ในการเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้. *วารสารปัญญาวัฒน์*, 7(ฉบับพิเศษ), 227-240.
- เพ็ญแข ศิริวรรณ และคณะ. (2551). *สถิติเพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น.
- วรวิทย์ จันทรสุวรรณ. (2563). *อินโฟกราฟิก (แนวคิดเบื้องต้น) : Infographic*. https://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=1991
- วีรวิธ เลพล, ชัยพงษ์ศักดิ์ อยู่พุ่ม และศุภวิชญ์ ตีสัม. (2562). รูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานทดแทนแบบชุมชนมีส่วนร่วม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*, 3(1), 66-74.

วัชร สุธแสง, สุชาติ คมนิล, นิคม ลนขุนทด, สุรเชษฐ์ วรศรี, เทียงธรรม สิทิจันทเสน, อภิชัย ไพรสินธุ์ และ อัมภา วรรณกายนต์. (2566). การถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรในการเพาะเห็ดด้วยโรงเรือนเพาะเห็ด. *วารสารพุทธศาสตร์ มจร อุบลราชธานี*, 5(3), 475-484.

สถาบันนวัตกรรมและธรรมาภิบาลข้อมูล. (2565). *สรุปชัด! Infographic คืออะไร มีรูปแบบ และหลักการออกแบบที่ดี*. <https://digi.data.go.th/blog/what-is-infographic>

สุรศักดิ์ อมรัตน์ศักดิ์, บุญมี พันธุ์ไทยและสมจิตรา เรืองศรี. (2557). *ระเบียบวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา. (2561). *เทคนิคการจัดทำและการนำเสนอข้อมูลทางวิชาการในรูปแบบ อินโฟกราฟิก*. กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.

อนุพันธ์ ฉลุดทอง และบุญรัตน์ แผลงศร. (2567). การออกแบบสื่อการสอนอินโฟกราฟิก. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 47(3), 1-6.

อัมภา วรรณกายนต์และคณะ. (2566). การพัฒนาสื่อเพื่อการเรียนรู้ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรในการ ทำห้วเชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติ. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 8(1), 85-96.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้สร้างคุณค่าทางวิชาการ โดยผสมความรู้จาก 3 ด้านเข้าด้วยกัน ได้แก่ การออกแบบอินโฟกราฟิก การถ่ายทอดเทคโนโลยี และกฎหมายวิสาหกิจชุมชน พัฒนารูปแบบใหม่ในการนำเสนอความรู้ในการใช้งานเว็บ แอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน ผ่านสื่อภาพที่เข้าใจง่าย จุดเด่นของงานวิจัยคือ การสร้างรูปแบบการ ออกแบบอินโฟกราฟิกที่ใช้หลักการ UX (ประสบการณ์ผู้ใช้) และ UI (ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้) ที่ออกแบบเฉพาะสำหรับผู้ใช้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ประชาชนทั่วไป สมาชิกวิสาหกิจชุมชน และที่ปรึกษากฎหมาย แต่ละ กลุ่มมีความต้องการข้อมูลและวิธีเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้แนะนำเสนอวิธีการถ่ายทอดความรู้ในรูปแบบใหม่ที่ช่วยให้ข้อมูลการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น พร้อมกันนี้ยังสร้างเกณฑ์การประเมินผล ที่ครอบคลุมทั้งด้านความเข้าใจเนื้อหา การจดจำ และความสามารถในการนำไปใช้จริง งานนี้ยังเชื่อมโยงทฤษฎี การออกแบบข้อมูลเข้ากับหลักการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ในบริบทของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบ ภาพที่ดีช่วยให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ มีความเข้าใจในขั้นตอนการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ปรึกษากฎหมายวิสาหกิจชุมชน ที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น นอกจากนี้ ผลงานนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะ ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ การสื่อสาร และการพัฒนาชุมชน ช่วยให้สถาบันการศึกษาสามารถเตรียมผู้เชี่ยวชาญ ที่จะสนับสนุนวิสาหกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Analysis of the Worthiness from Investing in the Program Reporting Results of and Investigating Traffic Light Violations Based on the Principle of Economic Engineering

Jetsada Kumphong

Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan

Khon Kaen Campus

E – mail : Jetsada.ku@rmuti.ac.th

Received 16 July 2025

Revised 26 August 2025

Accepted 2 September 2025

Abstract

This article was aimed at analyzing the worthiness from investing in the program to report the results of and investigate traffic light violations by comparing monetary and non-monetary data. The data was collected by interviewing a start-up company and the Office of Khon Kaen Provincial Police. An analysis was done on the initial cost and payback using the engineering economics tools, i.e., Equivalent Uniform Annual Worth (EUAW) and Benefit Cost Ratio (BCR) values; and the means in evaluating losses from road accidents. The study sites included 3 intersections in Khon Kaen urban area. The study results showed EUAW of 219,583.80 Baht – the value higher than 0 – indicating the worthiness of the Project. BCR is 2.2, which is higher than 1, showing also the Project worthiness. The loss value from road accidents was analyzed, and it was shown that the Project could reduce 12 cases of and 8 injured people from accidents per year. The yearly loss value from road accidents was 3,597,352 Baht (for major injury cases) or 458,648 Baht per year (for minor injury cases). The break-even of the Project was achieved within the first year after installation. In order to evaluate social benefit, a comparative study was carried out, and it indicated that the Project could reduce losses and create higher payback than the invested money. This research is thus proposed as a means underling policy decision related to traffic safety and development of start-ups of sustainable social technologies.

Keywords : Minor injury, Traffic safety, EUAW, Benefit Cost Ratio, Road accidents.

1. Introduction

The problem of road accidents still stands as a world challenge. The World Health Organization (WHO) (WHO, 2018) indicated that in a year, over 1.35 million people died from road accidents, or 3–5% of the Gross Domestic Product (GDP) of many countries (Byaruhanga, C.B. and Evdorides, H. 2021). In Thailand, the Thailand Development Research Institute (TDRI) (TDRI, 2024) assessed that the economic losses from road accidents amount to 2–3% of GDP, with over 20,000 deaths annually. There is thus a call for preventive measures and reduction of traffic violations, especially violations of traffic lights, the main cause leading to losses of life and assets.

Analyses have been performed internationally to show the worthiness of road safety measures, both in the form of investments on infrastructures and measures to control road users' behaviors. A study by Calvo-Poyo, F., et al. (2020) showed that an investment in road maintenance and in controlling measures over illegal actions can significantly reduce death. Another study by Ofori-Yeboah, A., et al. (2021) indicated that the use of engineering economics tools such as Cost-Benefit Analysis (CBA) and Net Present Value (NPV) have an important role in evaluating socio-economic paybacks from safety projects.

Thailand surveys of death rates indicated that road accidents stand among the highest three causes of death. Most road accidents occurred from drivers' behaviors, such as reckless driving or traffic violations. These accidents lead to losses in various aspects, both at individual and social levels (Klinjun, N., et al., 2021).

Khon Kaen is listed the sixth in the Northeast as far as the size is concerned, while its population ranks the third in the country, being 1,802,872 in total (Data of the Office of Central Registration, 2019). In 2019, Khon Kaen Province reported 6,891 road accidents, with 7,818 people injured and dead (Accident Center, 2019). The road accidents in Khon Kaen were caused from many things, particularly traffic illegal actions, such as failure to follow traffic lights or wear helmet.

A start-up has developed a program to follow-up and report illegal actions from traffic light violations. The program records an image during the course of the accidents or the picture showing the number plate of the wrongdoer's vehicle and then files it in its database. Police tickets will then be issued at a later stage. This lessens the burden from an officer working in controlling traffic regulations. The program was presented to agencies with the purchasing power, including Khon Kaen Provincial Administrative Center, Khon Kaen Municipality and the Provincial Police Office. The problem found was related to the investment worthiness that could not be clearly identified, making it hard for those agencies to decide. (Daowadueng P. and Kumphon J., 2022; Kumphon J. and Chawapattanayoth N., 2024; Satiennam, T., et al., 2020)

The program was created to automatically retrieve the video visual from each frame for identifying traffic light infractions. Its operational concept is based on the application's ability to recognize the traffic light's color. When the signal changes to red, the system monitors any vehicle that enters the intersection zone, which is recognized as a breach of the traffic signal. Following this, the application emits a warning beep and captures a video segment featuring a frame around the offending vehicle. Subsequently, the application transmits a command to an additional camera

to photograph the vehicle's license plate and stores that image. Both images are archived in its database along with other essential details for future police citation issuance, which includes the date, timing, and location of the intersection where the incident takes place (Wonghabut, P., et al., 2018).

Past studies of worthiness from investment of road engineering in Thailand were directed to cost and profit analyses. Two major road projects were carried out to assess economic returns. The Chiangmai's Sanpa Tong - Hang Dong Bypass Project showed the overall Profit Value (PV) of 286.59 million Baht from economization of expenditure and reduction of traveling time. Compared to the initial cost of 132.65 million Baht, the Net Profit Value was 153.94 million Baht, an amount higher than zero, which indicated investment appropriateness. The Benefit and Cost (B/C) Ratio) was 2.16%, and the Internal Return Ratio (IRR) was 25.2%, both higher than the investment cost. Meanwhile, NPV of the intersection of Highway Project No. 331 – Nong Khla, Chonburi, was found at 233.69 million Baht, with the B/C Ratio of 3.20 and IRR of 35.9%, which were 12 percent higher than the initial cost. The two projects demonstrated worthiness and investment appropriateness according to the economic evaluation criteria. (Laopuangsak P., et. al., 2013; Laopuangsak P., et. al., 2011)

Nevertheless, present assessment of losses from road accidents commenced by setting a conceptual framework and types of relevant costs. The assessment covers both direct costs – namely, medical treatment, repair of assets, and compensation of losses – and indirect costs, e.g., economic value of loss from death or working capabilities of the accident victims. In this research, the primary data was collected by the questionnaire and indepth interviewing was performed with related organizations such as hospital personnel, rescue teams and police officers. The secondary data included accident statistics, traffic reports and related research. The Cost-Benefit Analysis, the Value of Statistical Life (VSL) or Human Capital Approach were conducted. Thus, the evaluation results reflected loss values in the dimension of economy, social and qualitative impacts. In order to obtain adequate information for road safety policy decision, evaluation is carried out annually and project by project, after which approaches in reducing losses are presented systematically as well as sustainably. (TDRI, 2024)

From the above issues, the team made a report on the worthiness from investing in the program that reports and investigates traffic light violations. Quantitative data was collected through interviewing agencies that have the decision power over the worthiness from installation of the program, based on engineering economics; after which losses from road accidents were evaluated.

2. Research Objectives

To analyze the worthiness from investing in the program that reports and investigates traffic light violations and compares both monetary and non-monetary data.

3. Methods

3.1 Population and Sample Size

The principle population included start-up entrepreneurs and clients who used the program that reports and investigates traffic light violations, namely, officers from Khon Kaen Provincial police Office or relevant officers. Peoples were purposively selected for the sample group.

3.2 Research Tools

The questionnaire was used to collect the following data: costs of the program (equipment, personnel and IT system) and benefit evaluation costs (decreased number of accidents, rewards for those behind ticket issuance).

3.3 Engineering Economics Analysis (To evaluate monetary data)

1). Analysis of Baseline Data in Engineering Economics

From Table 1, the items for engineering economics analysis included 1) Payback Period – the Project pays back within 2 years, 2) Net Present Value (NPV) from evaluation of worthiness and payback of the Project at 750,542.85 Baht, and 3) Internal Rate of Return (IRR) or the discount ratio that made the net present value of cash inflow and outflow all through the Project life zero. IRR was 48.8%, higher than the discount ratio of 6.60%, and the Project investment cost is 450,000 Baht. (Daowadueng P. and Kumphong J., 2022)

Table 1 Net Cash of the Organization

Year	Cash inflow	Cash outflow	Net cash flow
2017*	66,330	17,600	48,730
2018	535,688	116,811	418,877
2019	353,926	102,014	251,912
2020	892,500	145,794	746,706

Remark: In 2017, from the beginning of the program to report violations and investigate traffic lights, i.e., November and December (Daowadueng P. and Kumphong J., 2022)

2). Analysis of Benefit Cost Ratio (BCR)

The analysis of Benefit Cost Ratio (BCR) is an engineering economics approach used for evaluating the appropriateness and worthiness of a project and its costs in implementation. The objective is to compare the benefits arising from the project and the implementation costs. The approach firstly compiles the direct costs, for example, cost of construction design, operation and maintenance; and the indirect costs such as opportunity cost and environmental impact.

Meanwhile, the quantitative and qualitative benefits are evaluated, for instance, saving from traveling costs, decrease of energy cost, and increase of safety. Next, the cost and benefit values obtained are calculated into the present value, with the use of suitable discount ratio. The total benefit value is then divided by the total cost to find the Benefit and Cost Ratio (BCR). If the ratio is higher than 1, it indicates the project worthiness, as seen in Equation 1. (Cotter, T. S., 2021)

$$B/C = \sum B_t / \sum C_t \quad (1)$$

Where B_t = total benefit of the present year,

C_t = total cost of the present year.

3). Analysis of the Equivalent Uniform Annual Worth (EUAW)

The analysis of the Equivalent Uniform Annual Worth (EUAW) is an engineering economics method that evaluates the investment worthiness of a project by transforming the cash flow during the project course into uniform values each year. This provides convenience in comparing between projects with different life and initial cost patterns. The step begins by compiling expenditures and benefits of the project in terms of initial cost, operation cost, maintenance cost, and payback of each year. Next, the Net Present Value (NPV) of all cash flows are calculated to find EUAW, with the use of suitable Discount Rate. If EUAW is positive, it shows the project worthiness, as seen in Equation 2. (Pattanawasanporn, P. and Lekrungrongid, N., 2021)

$$EUAW = NPV \times (A/P, i, n) \quad (2)$$

Where $(A/P, i, n)$ is the coefficient that transform present value to annual value,

i = interest rate,

n = investment period (years).

3.4 Evaluation of Losses from Road Accidents (For non-monetary data)

To obtain the values that truly reflect reality, evaluation of the Value of Statistical Life (VSL) has been used to assess economic values in the price pattern socially accepted to prevent loss of a life, which is non-identified. However, such value cannot reflect the Actual Value of Life that is psychological. Moreover, real life value can only be realized by the life owner who can evaluate, build, and preserve the value. It cannot reflect the value that a person has accumulated all through his life through upbringing and education. See Table 2. (TDRI, 2024)

Table 2 Comparison of average losses per person (TDRI, 2024)

Severity of symptom	Average loss values (Baht/person)	
	Bangkok and the greater Bangkok	Upcountry
Death	4,477,981	3,256,304
Disability	5,760,601	4,537,509
Major injury	477,401	449,669
Minor injury	58,142	57,331

The Accident Frequency Method was applied in this research by counting the number of injured victims and deaths occurring at the intersections and then comparing the numbers of injured people and deaths. The data of road accidents from Khon Kaen Center Hospital was used (2017-2020).

Table 3 compares the average loss per person in Khon Kaen. Since the recorded data did not present the degrees of severity, the research analyzed injuries into two types: major and minor injuries.

Table 3 Statistics of deaths and injured people at the study sites (the intersections)

Year	Prior to the Project			During the Project								
	2017			2018			2019			2020		
Intersection	Number of cases	Injuries	Death	Number of cases	Injuries	Death	Number of cases	Injuries	Death	Number of cases	Injury	Death
1. Mitrapap – Lao Nadee	21	23	0	24	28	2	15	17	0	21	23	0
2. Mitrapap – Srichan	24	24	0	15	18	0	22	25	0	16	20	1

Table 3 (continued)

Year	Prior to the Project			During the Project								
	2017			2018			2019			2020		
Intersection	Number of cases	Injuries	Death	Number of cases	Injuries	Death	Number of cases	Injuries	Death	Number of cases	Injury	Death
3.Mitrapap - Khon Kaen University Gate	11	12	1	10	11	0	5	5	0	4	5	0

Remark: The Program was implemented in November and December, 2017. For equal monthly ratio, the data of November and December of each year were not compared.

4. Results

The study on the start-up group showed that the start-up offered a price of 150,000 Baht for the software for analyzing and investigating traffic light violations per one intersection. The development team worked on the use of this software at three intersections: 1) Mitrapap - Lao Nadee Intersection, 2) Mitrapap - Srichan Intersection, and 3) Mitrapap - Khon Kaen University Gate Intersection. The investment budget for analysis and investigation of traffic light violation is overall 450,000 Baht. Additionally, the derived data were computerized to evaluate the investment worthiness of the software, including the Payback Period, the Net Present Value (NPV), and the Internal Rate of Return (IRR). The results are as follows:

4.1 Results of Engineering Economics Analysis

4.1.1 Result from Analysis of Benefit and Cost Ratio (BCR)

The interview with police officers in Khon Kaen showed that the cash inflow of the police offices is from fining violators of traffic lights based on the ticket orders. In addition, the team obtained the data of the number of tickets issued by the violation report system and investigated traffic light violations from the number of fine payers (Revenue). The data was then computerized. Expenditures of the organization comes from those related to ticket issuance, including the initial cost of 450,000 Baht, the Internet cost, purchasing or renting cost for a printer, paper and postage service (Expense). Therefore, the total outcome of the analysis of cost and benefit ratio (BCR) is 2.2. If BCR is higher than 1, the Project is economic worth to invest, as shown in Table 4.

Table 4 Analysis of benefit/cost ratio (BCR)

Year	Total benefits	Expenses	BCR
Project initial investment cost		450,000	
2017	66,330	17,600	
2018	535,688	116,811	
2019	353,926	102,014	
2020	892,500	145,794	
Total	1,848,444	832,219	2.2

4.1.2 Analysis of Equivalent Uniform Annual Worth (EUAW)

Monetary value of each period was taken into account. As far as the discount ratio was concerned, the team conducted a study by the Mass Transit Authority in 2016 on the payback analysis project to replace NGV buses by electric buses. Tax benefits were also studied from businesses producing hard disk drives and parts promoted by BOI to see the worthiness and appropriateness of the promotion sector in 2018. It was found that the study applied the means to determine discount from the interest rate for loaning of big good clients (Minimum Loan Rate: MLR), which is the information from Thailand commercial banks. Thus, the team used the interest rate applied with big clients in 2017 (Thailand National Bank) as the discount rate, which was 6.60%. This rate was set stable all through the Project life, from the initial project investment cost of 450,000 Baht and the payback period by the year 2019.

Table 5 depicts the Net Present Value (NPV) all through 4 years of the Project at 750,542.85 Baht, which is higher than 0. This indicates that this Project provides higher payback than the investment cost. The Equivalent Uniform Annual Worth (EUAW) from the analysis is 219,583.80 Baht, showing a positive value of EUAW.

Table 5 Equivalent Uniform Annual Worth (EUAW)

Year	Initial investment cost (Baht)	Net cash flow (Baht)	Net cash flow Discounted as the present value (Baht)
2017	(450,000)	48,730	45,712.95
2018		418,877	368,614.24
2019		251,912	207,958.77
2020		746,706	578,256.90
NPV			750,542.85
A			0.0852
P			0.2913
EUAW			219,583.80

4.2 Evaluation of loss values from road accidents

The accidents occurring at the intersections under the Project were analyzed based on the frequencies of deaths and injured victims recorded by Khon Kaen Center Hospital under the Road Accident Data category (2017-2020). Table 6 depicts the analysis of road accidents based on occurrence frequencies. The highest number of deaths was found at the intersection of Mitrapap - Lao Nadee, indicating it as the dangerous intersection. Table 7 depicts the overall analytical results of accidents before and during the Project. Yearly data demonstrated that the Project decreased 12 cases of road accidents and 8 injuries in one year.

Table 6 Analysis of accidents before and during the Project

Intersection	Before the Project			During the Project			Total		
	Number of accidents	Injury	Death	Number of accidents	Injury	Death	Number of accidents	Injury	Death
1 Mitrapap - Lao Nadee	21	23	0	60	68	2	81	91	2
2 Mitrapap - Srichan	24	24	0	53	63	1	77	87	1
3 Mitrapap - Khon Kaen University Gate	11	12	1	19	21	0	30	33	1

Table 7 Overall analyses of accidents before and during the Project

Period	Number of accidents per year	Number of injured cases per year	Number of deaths per year
Before the Project	56.0	59.0	1.0
During the Project	44.0	50.7	1.0
Difference	12.0	8.3	0
Percentage of decrease (%)	21	14	0

Table 8 illustrates the evaluative results of losses from road accidents, in an average of losses (Baht/person). The program resulted in a decrease of 8 injured victims per year. It can be seen that the government can save 3,597,352 Baht from major injury cases, and 458,648 Baht for minor injury cases yearly. Considering the Project investment of 450,000 Baht, the payback period will be by 2019. The arithmetic rule of three was applied to find the payback period, which is 1 year.

Table 8 Project evaluation of losses from road accidents

Degree of severity of injury	Average loss value (Baht/person)	Value of losses from accidents per year
	Khon Kaen	8 persons per year
Major injury	449,669	3,597,352
Minor injury	57,331	458,648

5. Discussion and Conclusion

The analyses to find the investment worthiness of the program to report and investigate traffic light violations by comparing monetary and non-monetary data demonstrates that the engineering economics analysis of BCR was 2.2 and EUAW of 219,583.80 Baht. This furthered the analyses of the payback period, Net Present Value, and Internal Profit Rate. If an amount of 450,000 Baht is invested for the three intersections under study, the approximate payback period will be 2 years. The Net Present Value is 750,542.85 Baht, which is higher than 0 and shows that this Project yields higher return than the amount invested. This finding correlates to past research that showed positive parameters of NPV and EUAW, hence indicating that the return from this Project is higher than what is invested. With BCR of 2.2, which is higher than, it can be concluded that this Project yields higher returns than the cost and is a profitable project. (Daowadueng P. and Kumphong J., 2022)

From above, it can be seen that this Project is worth investing. It is a highway engineering project that correlates to Thailand's engineering projects, i.e., the Analysis of Initial Cost and Benefits of San Pa Tong - Bypass, Chiangmai and the Analysis of Economic Worthiness of the Intersection of Highway 331 - Nong Khla Intersection, Sri Racha District, Chonburi. Both of these projects proved the worthiness from investment, showing positive Net Present Value and higher Internal Payback Rate than the investment. (Laopuangsak P., et. al., 2013; Laopuangsak P., et. al., 2011)

Additionally, from evaluation of losses from road accidents, it was found that the Project led to a decrease of 12 accident cases and 8 injured people per year. Considering the injury cases, the payback period of this Project is 1 year. It is interesting to say that the evaluation of economics payback of this Project is based on an international approach, i.e., the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR), which are the approach widely accepted for project investment decision (Wijnen et al., 2009; Elvik, R., 2001; Bahamonde-Birke et al., 2015). A study by Byaruhanga, C.B. and Evdorides, H. (2021) reported that road accidents raised 3-5% of GDP of losses in many countries, and led to very high economic expenses if no preventive measures are taken. When



compared to an investment in the program to report violations, the program can be shown to use supporting technologies rather than to directly control drivers, 80% of whom are that major cause of accidents (TDRI, 2024). Although many of previous studies emphasized analyses of the worthiness of road structure improvements or safety equipment and devices (Calvo-Poyo, F., et al., 2020), what is still lacking is an integration of programs to investigate violating behaviors using IT systems and road safety index to evaluate paybacks that are based on efficiency (Pajković, V. and Grdinić-Rakonjac, M., 2021). Moreover, this research points out the limitations in the standard evaluation of VoSL (Value of Statistical Life (VoSL) in Thailand, which differs from the evaluation approach of the European Union that has been clearly spelled out (Wijnen, W., et al., 2009; Bahamonde-Birke, F., et al., 2015). In terms of policy, the impact from the analyses indicates that if a provincial organizations and the government sector use the data from the program that reports violations in order to develop controlling measures, the road accidents can be significantly decreased, especially when considering the expense incurred from accidents which amounts to 200,000 million Baht yearly (TDRI, 2024). This program can be called an only program to prevent road accidents and is worth investing owing to its efficiency and appropriateness for operations in urban areas where the quantity of vehicles and the statistics of traffic light violations are high.

The analytical study on the worthiness from investing in the program to report and investigate traffic light violations and compares monetary with non-monetary data of the three intersections in Khon Kaen urban area demonstrates that the investment money of 450,000 Baht is paid back through the use of the program in 2 years. The EUAW was found at 219,583.80 Baht and the BCR was 2.2, proving that the Project has the potentiality to raise higher payback than the amount invested and the worthiness in creating profits which are higher than the initial cost and is worth allocating resources. Besides, the evaluation of losses from road accidents showed that the Project could decrease 12 cases of accidents and 8 injuries per year. The yearly loss value is 3,597,352 Baht (in cases of major injuries) or 458,648 Baht (in cases of minor injuries). The program break-even point is within the first year of installation. It has an additional quality in integrating the real time data of violations and reporting the results to support ticket issuance systematically.

6. Suggestion

6.1 It is recommended, from the results of this research, that the governmental sector, local organizations or the local administrative organizations apply the outcomes from the engineering economics approach, for example, Payback Period, NPV, and IRR as the principle indicators for decision making in purchasing the program with technology to detect violations of traffic lights in order to reduce recurrences, officers' burden, and to increase safety of road users. Additionally, a

center database network should be supported to link violation results to the database of the Police Office and relevant agencies for increasing efficiency of law enforcement.

6.2 Academically, further research should be conducted to set the appropriate values of Accident Reduction Factor (ARF) and VoSL in Thai context. The principle of willingness-to-pay (WTP) should be developed alongside the damage-cost approach so that the economics evaluation shall cover all dimensions of direct and indirect values (Bahamonde-Birke, F., et al., 2015; Wijnen, W., et al., 2009).

6.3 The standard model of analysis of initial cost and profits from the investment in road safety should be activated for long-term road safety (Byaruhanga, C.B. and Evdorides, H., 2021).

6.4 This study suggests that future research should incorporate additional methodological approaches, including sensitivity analysis and Social Return on Investment (SROI), to enhance analytical rigor and practical relevance. Furthermore, it is advisable to address long-term system maintenance by providing detailed considerations of periodic software and firmware updates, data management strategies, and cybersecurity measures for both the system and its associated servers. Such inclusions would strengthen the sustainability and reliability of the proposed framework.

7. Acknowledgements

The research team is grateful to Assistant Professor Piyada Daowadueng, PhD. and Khun Warittha Leelayuwat, for their support over the implementation of the Project. This article has been completed owing to the “Capital investment analysis for the product of startup enterprise case study: the detecting program for traffic light violation” (HE633212) - This work is dedicated to and in good remembrance of my belated elder brother, Mr. Vutidach Kumphong, who passed away from a road accident.

References

- Accident Center. (2019). *Road accident reporting information*. <http://www.thairsc.com/>
- Bahamonde-Birke, F. J., Kunert, U., & Link, H. (2015). The Value of a Statistical Life in a Road Safety Context. *Transport Reviews*, 35(4), 488–511.
- Byaruhanga, C. B., & Evdorides, H. (2021). A systematic review of road safety investment appraisal models. *Cogent Engineering*, 8(1), 1993521.
- Calvo-Poyo, F., Navarro-Moreno, J., & de Oña, J. (2020). Road Investment and Traffic Safety: An International Study. *Sustainability*, 12(16), 6332.
- Cotter, T. S. (2021). Benefit–cost ratio analysis. In *Engineering managerial economic decision and risk analysis: economic decision-making and risk analysis* (pp. 333-351). Cham: Springer International Publishing.
- Daowadueng P. and Kumphong J. (2022). Capital Investment Analysis for the Product of a Startup Company Case Study: Detection Program for Traffic Light Violations. *Journal of Management Science Chiangrai Rajabhat University*, 17(2), 163-186.



- Elvik, R. (2001). Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies. *Accident Analysis & Prevention*, 33(1), 9–17.
- Klinjun, N., Kelly, M., Praditsathaporn, C. and Petsirasan, R. (2021). Identification of factors affecting road traffic injuries incidence and severity in Southern Thailand based on accident investigation reports. *Sustainability*, 13(22), 12467.
- Kumphong J. and Chawapattanayoth N. (2024). Developing A CCTV-AI System with The Capability to Accurately Detect and Recognize Individuals Who Are Wearing Helmets, Specifically Targeting Riders and Passengers. *Industrial Technology Journal Surindra Rajabhat University*. 9(2): 210-224.
- Laopuangsak P, Chantaranamchoo N and Dithawiroon N.(2011). Cost-Benefit Analysis of Sanpatong-Hangdong (Phase 1) Bypass Project, Chiangmai. *Journal of Business, Innovation and Sustainability (JBIS)*, 6(2), 68–79.
- Laophungsak P, Chantaranamchoo N and Dithawiroon N. (2013). Economic Value Analysis of Highway No.331 Intersection Project, Bannongkhla, Sriracha district, Chonburi. Songklanakarin. *Journal of Management Sciences*, 30(1), 1-22.
- Ofori-Yeboah, A., Addo-Quaye, R., Oseni, W., Amorin, P., & Agangmikre, C. (2021). Cyber supply chain security: A cost benefit analysis using net present value. In *2021 International Conference on Cyber Security and Internet of Things (ICSIoT)* (pp. 49-54). IEEE.
- Pattanawasanporn, P. and Lekrungronggid, N. (2021). Breakeven point analysis for investment in machinery for design of material handling systems in the production line of animal feed a case study of betagro company. *Engineering Journal of Research and Development*, 32(3), 97-112.
- Pajković, V. and Grdinić-Rakonjac, M. (2021). Evaluation of road safety performance based on self-reported behaviour data set. *Sustainability*, 13(24), 13837.
- Satiennam, T., Kumphong, J., Satiennam, W., Klungboonkrong, P., Jaensirisak, S. and Ratanavaraha, V. (2020). Change in helmet use behavior enforced by CCTV cameras with automatic helmet use detection system on an urban arterial road. *Traffic injury prevention*, 21(7), 494-499.
- Thailand Development Research Institute (TDRI). (2024). *Loss of Value from Road Accidents in Thailand (TDRI Report No. 209)*.(In Thai)
- Wijnen, W., Wesemann, P. and de Blaeij, A. (2009). Valuation of road safety effects in cost-benefit analysis. *Evaluation and Program Planning*, 32(4), 326–331.
- World Health Organization. Global Status Report on Road Safety (2018). *Global Status Report on Road Safety 2018*. 2018; 2:227-249.
- Wonghabut, P., Kumphong, J., Ung-arunyawee, R., Leelapatra, W. and Satiennam, T. (2018). Traffic light color identification for automatic traffic light violation detection system. In *2018 international conference on engineering, applied sciences, and technology (ICEAST)*, IEEE, pp. 1-4).

Academic Value

The academic value of this research is extremely high as it applied engineering economics approach to analyze the worthiness of investment in the start-up technology in road safety. It incorporates monetary analyses, namely, the Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR), the Benefit-Cost Ratio (B/C), and the Equivalent Uniform Annual Worth (EUAW), with evaluation of loss value from accidents by the Human Capital Approach and Accident Frequency Method. Thus, the analytical framework led to accuracy and concreteness and can be extended to standard research work in traffic safety or other infrastructure investment projects. In terms of social benefits, this research encourages relevant agencies to acquire evident data that support their decision for investment of a detecting system and report of traffic regulation violations. With such system, officers' burden can be decreased, law enforcement can be made more efficient, and accident rate can be sustainably reduced. It can also truly promote start-up development in social innovations, leading to creation of safe and model cities in development of road safety policy both at the local and national levels.

รายละเอียดและคำแนะนำการเตรียมบทความเสนอการตีพิมพ์
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Industrial Technology Journal, Surindra Rajabhat University

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ได้เปิดรับบทความจากนักวิชาการ นักวิจัยและนักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย มีกำหนดการตีพิมพ์ปีละ 2 ครั้ง คือ ในรอบเดือน มกราคม – มิถุนายน และรอบเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม โดยยินดีรับบทความที่มีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวข้องกับศาสตร์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและสหวิทยาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยทุกบทความจะได้รับ การตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 3 ท่าน

ขั้นตอนการดำเนินงานจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1. รับผิดชอบจากผู้สนใจตีพิมพ์บทความผ่านระบบ ThaiJo (<https://www.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/login>)
2. กองบรรณาธิการตรวจสอบความสมบูรณ์ความถูกต้องและคุณภาพของบทความต้นฉบับ
3. กองบรรณาธิการเตรียมต้นฉบับจัดส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviews) ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง ไม่น้อยกว่าสองท่านต่อหนึ่งบทความ ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่ง (Authors) จะไม่ทราบชื่อซึ่งกันและกัน (Double – blind Peer Reviews) โดยบทความที่ลงตีพิมพ์นั้นจะต้องผ่านความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสอง ท่านหรือสองในสามท่าน
ทั้งนี้ ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทความมีดังนี้
 - Accept Submission = รับผิดชอบบทความโดยให้กองบรรณาธิการพิจารณาอีกครั้ง
 - Revisions Required = แก้ไขบทความโดยให้บรรณาธิการพิจารณาอีกครั้ง
 - Resubmit for Review = ผู้แต่งต้องแก้ไขบทความส่งกลับมาให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบอีกครั้ง
 - Resubmit Elsewhere = ปฏิเสธรับผิดชอบบทความ กรณีที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ขอบเขตของวารสาร และการเตรียมบทความ ทั้งนี้ให้ผู้แต่ง ส่งบทความตีพิมพ์ในวารสารอื่น
 - Decline Submission = ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ
 - See Comments = พิจารณาข้อเสนอแนะของผู้ประเมินบทความ
4. กองบรรณาธิการส่งต้นฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมสรุปผลการประเมินคุณภาพต้นฉบับและจัดส่งผู้แต่ง เพื่อปรับแก้ไข พร้อมให้ชี้แจงการปรับแก้ไขกลับมายังกองบรรณาธิการ
5. กองบรรณาธิการตรวจสอบการปรับปรุงแก้ไขความถูกต้อง และรูปแบบการเขียนต้นฉบับ
6. บรรณาธิการตอบรับการตีพิมพ์และเผยแพร่ต้นฉบับดังกล่าวผ่านระบบฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์กลาง (<https://www.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/login>) จากนั้น จะออกหนังสือตอบรับการตีพิมพ์ บทความอย่างเป็นทางการจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์อีกครั้ง
7. กองบรรณาธิการรวบรวมต้นฉบับและตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนจัดส่งโรงพิมพ์เพื่อจัดทำวารสารฉบับร่าง
8. กองบรรณาธิการตรวจสอบความถูกต้องของวารสารฉบับร่างจากโรงพิมพ์อีกครั้ง จากนั้นจึงส่งตีพิมพ์ เผยแพร่

9. กองบรรณาธิการเผยแพร่วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผ่านระบบฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์กลาง (<https://www.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/login>) และจัดส่งวารสารฉบับตีพิมพ์ให้กับผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้แต่ง และหน่วยงานอื่น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ทางวิชาการต่อไป

หลักเกณฑ์ในการส่งบทความของวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1. บทความที่ผู้แต่งส่งมาเพื่อตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์จากวารสารอื่น ๆ
2. เนื้อหาในบทความต้องไม่คัดลอก ลอกเลียนแบบ หรือไม่ตัดทอนจากบทความอื่นโดยเด็ดขาด (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่งเท่านั้น)
3. ผู้แต่งต้องเขียนบทความตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับผู้เขียนบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์” ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
4. การพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จะพิจารณาเฉพาะบทความที่ได้รับการประเมินให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิเท่านั้น
5. กรณีมีข้อเสนอนี้จากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้แต่งต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอนี้ของผู้ทรงคุณวุฒิ และชี้แจงการแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการ

คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับผู้เขียนบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ รับบทความที่มีขอบเขตเนื้อหาในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยรับบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทความที่รับพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารฯ มีสองลักษณะ และความยาวของบทความควรเป็นดังนี้

- 1) บทความวิจัย (Research Article) ประมาณ 15 หน้า ต่อบทความ
- 2) บทความทางวิชาการ (Article) ประมาณ 10 หน้า ต่อบทความ

ผู้เขียนสามารถจัดเตรียมต้นฉบับเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่บทความภาษาไทยจะต้องมีชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด อีเมล บทคัดย่อและคำสำคัญเป็นภาษาอังกฤษด้วย โดยบทความที่เสนอจะต้องพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK กำหนดตั้งค่าหน้ากระดาษซ้าย 2 เซนติเมตร ขวา 1.5 เซนติเมตร บน 2 เซนติเมตร ล่าง 1.5 เซนติเมตร กำหนดการตั้งแท็บ คือ 1.00 1.59 2.06 2.54 และ 3.02 เซนติเมตร ลงบนกระดาษขนาด B5 (182 x 257 mm) พิมพ์ต้นฉบับแบบขาว - ดำ โดยยึดรูปแบบการพิมพ์ตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารนี้ โดยขนาดและรูปแบบให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบตัวอักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

รายการ	แบบอักษรและขนาด	การจัดตำแหน่ง	ลักษณะตัวอักษร
ชื่อเรื่อง	TH Sarabun PSK 18 pt	กึ่งกลาง	ตัวหนา
ชื่อและที่อยู่ผู้เขียน	TH Sarabun PSK 14 pt	กึ่งกลาง	ตัวหนา
หัวข้อ	TH Sarabun PSK 14 pt	ชิดซ้าย	ตัวหนา
เนื้อเรื่อง	TH Sarabun PSK 14 pt	กระจายแบบไทย	ตัวธรรมดา
ชื่อรูป	TH Sarabun PSK 14 pt	ชิดซ้าย	ตัวหนาเฉพาะคำว่า รูปที่ x
ชื่อตาราง	TH Sarabun PSK 14 pt	ชิดซ้ายอยู่เหนือตาราง	ตัวหนาเฉพาะคำว่า ตารางที่ x
ชื่อเอกสารอ้างอิง	TH Sarabun PSK 14 pt	ชิดซ้าย	ตัวธรรมดา

บทความภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน โดยหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยในข้อความ และถ้าในบทความมีศัพท์เทคนิคหรือศัพท์เฉพาะให้ใช้คำทับศัพท์ และ/หรือ ศัพท์บัญญัติ พร้อมวงเล็บคำศัพท์ภาษาอังกฤษนั้นด้วย

การเขียนภาษาอังกฤษเพื่ออธิบายศัพท์ทางเทคนิคให้เขียนในวงเล็บภาษาอังกฤษต่อท้ายคำศัพท์นั้น ๆ โดยอธิบายเพียงครั้งแรกที่ศัพท์นั้นปรากฏในบทความ โดยใช้ตัวพิมพ์เล็ก (Small Letter) ยกเว้นชื่อเฉพาะ ชื่อคน หรือ อักษรย่อที่ต้องใช้หรือขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ (Capital Letter)

การพิมพ์จะไม่มีการเว้นบรรทัด เว้นแต่หากต้องการขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้นหนึ่งบรรทัดหรือการแทรกตารางหรือรูปภาพและเว้นอีกหนึ่งบรรทัดก่อนจะขึ้นย่อหน้าใหม่หลังการแทรกตารางหรือรูปภาพดังกล่าว

การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่องให้ใช้เลขกำกับนับเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีหัวข้อย่อยให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 1.1 เป็นต้น

สำหรับการอ้างอิงเอกสารต้องมีรูปแบบเดียวกันทั้งบทความ ทั้งนี้ให้ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 11 เอกสารอ้างอิง (References)

เอกสารต้องมีรูปแบบเดียวกันทั้งบทความ ทั้งนี้บทความประเภทต่าง ๆ ในวารสารเล่มนี้ มีหัวข้อโดยประมาณ ดังนี้

บทความวิจัย (Research Article)	บทความวิชาการ (Article)
1. ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ	1. ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. รายชื่อผู้เขียน (Authors) สถานที่ทำงาน (Addresses) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และที่อยู่อีเมลของนักวิจัยหลัก (E - mail Address)	2. รายชื่อผู้เขียน (Authors) สถานที่ทำงาน (Addresses) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และที่อยู่อีเมลของนักวิจัยหลัก (E - mail Address)
3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ	3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. บทนำ (Introduction)	4. ประเด็นหัวข้อ/เนื้อหาสาระ
5. วัตถุประสงค์ (Research Objectives)	5. สรุป (Conclusion)
6. วิธีการวิจัย (Methodology)	6. เอกสารอ้างอิง (References)
7. ผลการวิจัย (Results)	
8. อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion)	
9. ข้อเสนอแนะ (Suggestion)	
10. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) - ถ้ามี	
11. เอกสารอ้างอิง (References)	
12. คุณค่าทางวิชาการ (Academic Value)	

1. ชื่อเรื่อง (Title)

ควรกะทัดรัดไม่ยาวจนเกินไป ถ้าบทความเป็นภาษาไทย ชื่อเรื่องต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2. รายละเอียดผู้แต่งบทความ

2.1 รายชื่อผู้เขียน (Authors) ให้เขียนชื่อเต็ม นามสกุลเต็ม ของผู้แต่งครบทุกคน ทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2.1.1 ไม่ใส่ตำแหน่งทางวิชาการ ยศ ตำแหน่งทางทหาร สถานภาพทางการศึกษา หรือ คำนำหน้าชื่อ หรือท้ายชื่อ และไม่ต้องระบุสถานภาพผู้แต่ง เช่น นักศึกษาปริญญาเอก หรืออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นต้น

2.1.2 ให้ใส่ตัวเลขเป็นตัวยกกำกับท้ายนามสกุลของผู้แต่งทุกคน และใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะผู้รับผิดชอบบทความ (คนที่ 1)

2.2 สถานที่ทำงาน (Addresses) ระบุชื่อคณะและสถาบันการศึกษาของผู้เขียนบทความทุกคนในกรณีที่มีผู้เขียนหลายคน ให้ใส่ตัวเลขเป็นตัวยกกำกับท้ายสถานที่ทำงานของผู้แต่งทุกคน และใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะสถานที่ทำงานของผู้รับผิดชอบบทความ (คนที่ 1)

2.3 ที่อยู่อีเมลของนักวิจัยหลัก (E - mail Address) ระบุอีเมลที่ใช้ติดต่อของผู้รับผิดชอบบทความหลัก ทั้งนี้ตัวอย่างการเขียนรายละเอียดผู้แต่งบทความ

ในบทความภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษให้พิมพ์เช่นเดียวกับรายละเอียดผู้แต่งบทความเพียงแต่แปลเป็นภาษาอังกฤษ ดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2

บัญชา ชื่นจิต^{1*} นวัตร โพธิสาร²
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1*}
คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์²
อีเมล : Bancha@srru.ac.th^{1*}

รูปที่ 1 ตัวอย่างการพิมพ์รายละเอียดผู้แต่งบทความเป็นภาษาไทย

Bancha Chunjit^{1*} Nawattakorn Phothisar²
Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University^{1*}
Faculty of Management technology, Rahanangala University of
Technology Isan Surin Campus²
E - mail : Bancha@srru.ac.th^{1*}

รูปที่ 2 ตัวอย่างการพิมพ์รายละเอียดผู้แต่งบทความเป็นภาษาอังกฤษ

3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

บทคัดย่อภาษาไทย และบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ต้องมีความยาวระหว่าง 200 ถึง 350 คำ และมีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด โดยพิมพ์เว้นที่ว่าง 1 บรรทัดต่อจากรายละเอียดผู้แต่งบทความ และเป็นบทคัดย่อบทคัดย่อประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์ (Objective) วิธีการวิจัย (Methods) สรุปผลการวิจัย (Conclusion) และคุณค่าหรือการนำไปใช้ประโยชน์

คำสำคัญ (Keywords) มีคำสำคัญ 3 - 5 คำ ที่ครอบคลุมชื่อเรื่องที่ศึกษา เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นคำค้นหาข้อมูลและจัดเรียงคำสำคัญตามตัวอักษร ส่วนการเขียน Keywords ภาษาอังกฤษ ควรถูกต้องและชัดเจนตามหลักภาษา สอดคล้องกับคำสำคัญภาษาไทย โดยพิมพ์เว้นที่ว่าง 1 บรรทัดต่อบทคัดย่อ

4. บทนำ (Introduction)

เป็นส่วนของเนื้อหาที่อธิบายถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย ทั้งนี้ ควรอ้างอิงเอกสารและงานวิจัยที่มีความทันสมัยและความถูกต้องที่เกี่ยวข้องด้วยเพื่อให้มีน้ำหนักและเกิดความน่าเชื่อถือ โดยเป็นการอ้างอิงแทรกในเนื้อหา (In - text Citation) แบบนามปีที่ใช้ระบบ APA (American Psychological Association citation style)

5. วัตถุประสงค์ (Research Objectives)

วัตถุประสงค์มีความชัดเจนสอดคล้องกับชื่อบทความและอยู่ในกรอบของเรื่องที่ศึกษาวิจัย ไม่ควรเกิน 3 ข้อ

6. วิธีการวิจัย (Methodology)

อธิบายถึงกระบวนการวิจัยอย่างละเอียดและชัดเจน เช่น ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ขอบเขตการศึกษา เครื่องมือที่ใช้และการเก็บรวบรวมข้อมูล และสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งถ้าต้องมีการอ้างถึงสมการ ผู้แต่งต้องพิมพ์ด้วยฟังก์ชันในการเขียนสมการในเวิร์ดโปรเซสเซอร์ เช่น Math Type หรือเครื่องมือสมการอื่น ๆ และห้ามบันทึกสมการเป็นรูปภาพเด็ดขาด โดยรูปแบบอักษรในสมการต้องเป็น Times New Roman ขนาด 12 point

สมการทุกสมการจะต้องมีหมายเลขที่อยู่ในวงเล็บกำกับและเรียงตามลำดับ หมายเลขสมการต้องอยู่ชิดขอบขวาของคอลัมน์ โดยพิมพ์เว้นที่ว่าง 1 บรรทัด ก่อนและหลังการเขียนสมการ ดังตัวอย่าง

$$f_{mnp}^{TM^z} = \frac{\sqrt{\left(\frac{x_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{x_{mn}}{b}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{L}\right)^2}}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (1)$$

การนิยามและอธิบายตัวแปรในสมการให้ใช้รูปแบบอักษรหรือสัญลักษณ์ที่เหมือนกันกับที่ปรากฏในสมการทั้งแบบอักษรและขนาดอักษร

7. ผลการวิจัย (Results)

เสนอผลการวิจัยที่ตรงประเด็นตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยการบรรยายในเนื้อเรื่อง หรือแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมด้วยภาพประกอบ ตาราง กราฟ หรือแผนภูมิ ตามความเหมาะสม

7.1 ข้อกำหนดเกี่ยวกับรูป ต้องมีความกว้างไม่เกินขอบหน้ากระดาษ โดยบรรทัด 1 บรรทัด ก่อนและหลังรูป กรณีที่เป็นรูปขนาดใหญ่จะลงเต็มหน้ากระดาษทางขวาก็ได้ โดยให้จัดรูปแบบให้เหมาะสมและชัดเจน รูปกราฟหรือแผนภูมิต่าง ๆ ควรวาดด้วยลายเส้นคมชัดบนพื้นที่สีขาว รูปถ่ายต้องเป็นรูปจริงและเป็นรูปขาวดำเท่านั้น รูปประกอบแต่ละรูปจะต้องมีหมายเลขกำกับและมีคำบรรยายประกอบที่มีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด โดยจัดชิดซ้ายได้รูปที่ หากรูปมีตัวอักษร ขนาดของอักษรต้องมีความอ่านได้และไม่ควรมีขนาดเล็กกว่าขนาดอักษรที่เป็นเนื้อเรื่อง (14 point) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 สายอากาศในการทดลองโดยมีสายโพรบเป็นสายวัดที่ต่อเข้ากับ Network Analyzer

7.2 ข้อกำหนดเกี่ยวกับตาราง เว้นที่ว่าง 1 บรรทัด ก่อนและหลังการเขียนตาราง ใช้ขนาดของตัวเลขและตัวอักษร 14 point ควรตีเส้นในตารางให้เรียบร้อย ตารางแต่ละตารางจะต้องมีหมายเลขกำกับและมีคำบรรยายตารางความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด พิมพ์ชิดขอบซ้ายเหนือตารางนั้น ๆ ดังตัวอย่างในตารางที่ 1 - 2

8. อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

ชี้แจงผลวิจัยว่าตรงกับวัตถุประสงค์หรือสมมุติฐานการวิจัย วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิจัยให้เข้ากับหลักทฤษฎีสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการวิจัยของผู้อื่นที่มีอยู่ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

9. ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

ระบุข้อเสนอแนะหรือการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทั้งประเด็นคำถามวิจัยซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

10. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) – ถ้ามี

ระบุสั้น ๆ ว่างานนี้ได้รับทุนสนับสนุนและความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง (ถ้ามี) โดยให้ละเว้นการกล่าวขอบคุณบุคลากรหรืออาจารย์ที่ปรึกษา

11. เอกสารอ้างอิง (References)

การเขียนบรรณานุกรมแบบ APA 7th เป็นรูปแบบการเขียนอ้างอิงแบบนาม-ปี โดยการระบุชื่อผู้เขียนและตามด้วยปีที่เขียน

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนก่อนข้อความ

	ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย
ผู้แต่ง 1 คน	Last Name (Year) or Organization (Year)	ชื่อ นามสกุล (ปีพิมพ์) หรือ องค์กร (ปีที่พิมพ์)
ตัวอย่าง	Abrams (2018)	สรญา แสงเย็นพันธ์ (2565)
ผู้แต่ง 2 คน	Last Name ¹ and Last Name ² (Year)	ชื่อ นามสกุล ¹ และ ชื่อ นามสกุล ² (ปีพิมพ์)
ตัวอย่าง	Wegener and Petty (1994)	ธีรศักดิ์ อุปรมัย อุปไมยอริชัย และ สุชาติ บางวิเศษ (2563)
ผู้แต่ง 3+ คน	Last Name et al., (Year)	ชื่อ นามสกุล และคณะ (ปีที่พิมพ์)
ตัวอย่าง	Harris et al., (2018)	สรญา แสงเย็นพันธ์ และคณะ (2565)

- กรณีไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ ให้ใส่ (ม.ป.ป.) หรือ (n.d.)
- กรณีพิมพ์ครั้งที่ 1 ไม่ต้องระบุครั้งที่พิมพ์
- กรณีไม่ปรากฏสถานที่พิมพ์ ให้ใส่ (ม.ป.ท.) หรือ (n.p.)

การลงชื่อผู้เขียน

ผู้เขียน 1 คน

ชื่อ นามสกุล./ (ปีพิมพ์)/ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)/สำนักพิมพ์.

Author, A. A. (Year)./Title of the book/(Edition ed.)/Publisher.

ผู้เขียน 2 คน

ชื่อ นามสกุล¹ และชื่อ นามสกุล²./ (ปีพิมพ์)/ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)/สำนักพิมพ์.

Author, A. A.¹ & Author, B. B.² (Year)./Title of the book/(Edition ed.)/Publisher.

ผู้เขียน 3-20 คน (โดยให้ใส่ชื่อ นามสกุลให้ครบทุกคน)

ชื่อ นามสกุล¹, ชื่อ นามสกุล^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19}, และชื่อ นามสกุล²⁰./ (ปีพิมพ์)/
//////ชื่อเรื่อง(พิมพ์ครั้งที่)/สำนักพิมพ์.

Author, A. A.¹, Author, B. B.^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19}, และ Author, U. U.²⁰./
////// (Year)./ชื่อเรื่อง (พิมพ์ครั้งที่)/สำนักพิมพ์.

ผู้เขียนมากกว่า 21 คน

ชื่อ นามสกุล¹, ชื่อ นามสกุล^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, ...}ชื่อ นามสกุล^N./ (ปีพิมพ์).
 /////ชื่อเรื่อง (พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

Author, A. A.¹, Author, B. B.^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, ...} Author, Z. Z.^N./ (Year).
 /////ชื่อเรื่อง (พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

1. หนังสือ

ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง./ (พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

Author, A. A. (Year)./Title of the book/(Edition ed.)/Publisher

ตัวอย่าง

ชำนาญ ปาณาวัช. (2567). *ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ : จากแนวคิดทฤษฎีสู่การปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 3).
 /////สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชัยรัตน์ มदनาค. (2567). *แคลคูลัส 1*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

Schmidt, N. A., & Brown, J. M. (2017). *Evidence-based practice for nurses: Appraisal and application of research* (4th ed.). Jones & Bartlett Learning, LLC.

กรณีผู้แต่งเป็นนิติบุคคล เช่น หน่วยงาน องค์กร บริษัท หรือเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์ ใส่ชื่อย่อ ในส่วนของสำนักพิมพ์ หรือผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์ได้ เช่น WHO, มหาวิทยาลัย, สถาบัน, กรม, โรงพยาบาล กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). *คู่มือการตรวจสอบการออกแบบและก่อสร้างอาคาร*
 /////เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรม.

World Health Organization. (2021). *World Health Statistics report 2021 monitoring health for the*
 /////SDGs, sustainable development goals. WHO

1.1 บทความหรือบทในหนังสือ (Book chapter)

ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทหรือชื่อบทความ./ใน/ชื่อบรรณาธิการ./ (บ.ก.), ชื่อหนังสือ./ (น./xx-xxx).
 /////สำนักพิมพ์.

Author, A. A. (Year)./Title of the chapter./In Editor/(Eds.)/Title of the book/
 /////pp./xx-xxx)/Publisher.

ตัวอย่าง

วัลลภ สุขสวัสดิ์. (2561). แนวความคิดเรื่องชนชั้นนำทางการเมืองของกิตาโน มอสก้า กับชนชั้นนำทางการเมืองไทยในยุคมาลันนาไทย. ใน *วัชรพล ศุภจักรวัฒนา และวัชรพล พุทธิรักษา* (บ.ก.), *ว่าด้วยทฤษฎีรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ร่วมสมัย* (พิมพ์ครั้งที่ 2). (น. 47-68). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.
 วรวรรณ จิตต์ธรรม. (2565). โรคหัวใจพิการแต่กำเนิดที่พบได้บ่อย. ใน *วรวรรณ จิตต์ธรรม, จิรนนท์ วีรกุล, ญาณิณี อภิรักษ์นภานนท์ และชุตินา ผ่องสุมัญ* (บ.ก.), *กุมารเวชศาสตร์ในเวชปฏิบัติ Pediatrics in practice*. (น. 243-280). พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

1.2 หนังสือแปล

ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่องหนังสือภาษาต้นฉบับ/[ชื่อหนังสือภาษาไทย]/ (พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

แบร์รี สมาร์. (2555). *Michel Foucault* [มิเชล ฟูโกต์]. ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน).

1.3 E-book

1.3.1 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ไม่มี DOI

ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ./ (พิมพ์ครั้งที่). /URL

Author, A. A. (Year). /Title of the book./ (Edition ed.) /URL

ตัวอย่าง

จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ. (2562). พฤติกรรมสุขภาพ : แนวคิด ทฤษฎี และการประยุกต์ใช้.

//////// (พิมพ์ครั้งที่ 3). <https://www.ookbee.com>

Haslam, S. (2003). *Research Methods and Statistics in Psychology* (SAGE Foundations

//////// of Psychology series). <http://www.amazon.com>

1.3.2 บทความหรือบทในหนังสือ (Book chapter) ในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้แต่งในบท./ (ปีพิมพ์). /ชื่อบท./ ใน /ชื่อบรรณาธิการ./ (บ.ก.). /ชื่อหนังสือ (พิมพ์ครั้งที่, น. /xx-xx). /URL

Author, A. A. / (Year). /Title of the chapter. / In Editor/ (Eds.). /Title of the book/ (Edition ed.,

//////// pp. /xx-xxx). /URL

ตัวอย่าง

วัลลภ สุขสวัสดิ์. (2561). แนวความคิดเรื่องชนชั้นนำทางการเมืองของกิตาโน มอสกา กับชนชั้นนำทางการเมือง

//////// เมืองไทยในยุคมาลามาไทย. ใน วัชรพล ศุภจักรวัฒนา และวัชรพล พุทธิรักษา (บ.ก.). *ว่าด้วยทฤษฎี*

//////// รัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ร่วมสมัย (พิมพ์ครั้งที่ 2, น. 47-68).

//////// <https://www.mebmarket.com/ebook-273573-ว่าด้วยทฤษฎีรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์>

//////// ร่วมสมัย.

1.3.3 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มี DOI

ชื่อ นามสกุล./ (ปีพิมพ์). /ชื่อหนังสือ./ (พิมพ์ครั้งที่). /<https://doi.org/xxxxxxx>

Author, A. A. (Year). /Title of the book./ (Edition ed.) /<https://doi.org/xxxxxxx>

ตัวอย่าง

Chu, Z. (2022). *People-Oriented Education Transformation*. <https://doi.org/10.1007/978-981-16->

//////// 6353-6

2. วิทยานิพนธ์

2.1 วิทยานิพนธ์ปริญญาโทและวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกฉบับพิมพ์ที่ไม่ได้ตีพิมพ์

Unpublished thesis or dissertations are usually sourced directly from the university in print form. Reference format

ชื่อ นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่). /ชื่อวิทยานิพนธ์/ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับพิมพ์ที่ไม่ได้ตีพิมพ์หรือวิทยานิพนธ์

//////// ปริญญาเอกฉบับพิมพ์ที่ไม่ได้ตีพิมพ์]. /ชื่อมหาวิทยาลัย.

Author, A. A. (Year). /Title/ [Unpublished doctoral or master's thesis]. /Name of the Institution

//////// awarding the degree.

ตัวอย่าง

สรญา แสงเย็นพันธ์. (2559). *การพัฒนาแบบการเขียนบรรณานุกรมออนไลน์* [วิทยานิพนธ์ปริญญา

//////// มหบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร

Stewart, Y. (2000). *Dressing the tarot* [Unpublished master's thesis]. Auckland University of Technology.

2.2 วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตจากเว็บไซต์ ไม่อยู่ในฐานข้อมูลเชิงพาณิชย์

ชื่อ นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิต หรือวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ชื่อมหาวิทยาลัย]./ชื่อเว็บไซต์./URL

ตัวอย่าง

วันชนะ จุบรรจง. (2560). ระบบสนับสนุนการประมาณการสัมผัสแคดเมียมผ่านการบริโภคอาหาร (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร). ThaiLIS. https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php

Miller, T. (2019). *Enhancing readiness: An exploration of the New Zealand Qualified Firefighter Programme* [Master's thesis, Auckland University of Technology]. Tuwhera. <https://openrepository.aut.ac.nz/handle/10292/12338>

2.3 วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตจากฐานข้อมูลเชิงพาณิชย์

ชื่อ นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/(หมายเลข UMI หรือ เลขลำดับอื่น ๆ) [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิต หรือวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ชื่อมหาวิทยาลัย]./ชื่อฐานข้อมูล

ตัวอย่าง

Becker, J. C. (2013). *Landscape-level influences on community composition and ecosystem function in a large river ecosystem* (Publication No. 3577776) [Doctoral dissertation, Graduate Council of Texas State University – San Marcos]. ProQuest Dissertations and Theses Global.

3. วารสาร

3.1 วารสารแบบเล่ม

ชื่อผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร,/เลขของปีที่/(เลขของฉบับที่),/เลขหน้า.

ตัวอย่าง

วิชัย พานิชย์สวาย, สุนัน ไวยบุญญา, พัชรพร ศุภกิจ, และรัตนกร หลวงแก้ว. (2562). ผลของการใช้บทเรียน PISA ที่มีต่อความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารการวิจัยพัฒนาชุมชน (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 12(3), 133-160.

3.2 วารสารออนไลน์

3.2.1 กรณีไม่มีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร,/เลขของปีที่/(เลขของฉบับที่),/เลขหน้า. สืบค้นจาก หรือ <https://www.xxxxxxxx>

ตัวอย่าง

Pattaratumrong, M., & Wongkhamhaeng, K. (2019). The Molecular Identification of Nephtys
///// species (Polychaeta: Phyllodocida) from Songkhla Lake, Southern Thailand. *Naresuan
///// University Journal: Science And Technology (NUJST)*, 27(3), 1-9.
///// <https://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/Vol-27-No-3-2019-1-9>

3.2.2 กรณีมีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่/(เลขของฉบับที่)/เลขหน้า.
///// <https://doi: xxxxxxxx>

ตัวอย่าง

Chantana, C. (2019). A Cooling System for a Mushroom House for Use in the Upper Central
///// Region Climate of Thailand. *Naresuan University Journal: Science And Technology
///// (NUJST)*, 27(3), 10-19. <https://doi:10.14456/nujst.2019.22>

4. รายงานการประชุมเชิงวิชาการที่มี Proceeding

4.1 ในรูปแบบรูป Book Chapter

ชื่อ นามสกุล./ (ปี)./ชื่อบทความ./ใน/ชื่อบรรณาธิการ./ (บ.ก.)./ชื่อการประชุม./ (น./เลขหน้า)./
/////สถานที่.
Contributor, A. & Contributor, B./ (Year)./Title./In/ Editor / (Ed. หรือ Eds.), *Conference Name./*
///// (pp./xx-xxx)./Location.

กรณีมีเลข DOI หรือ URL ให้เติมต่อท้ายจากฐานข้อมูล ตัวอย่าง [ฐานข้อมูล./https://doi.org/xxxx](https://doi.org/xxxx)

ตัวอย่าง

วิเศษ กลัปลา, อลิสา คู่เคี่ยม, และอมลวรรณ วีระธรรมโม. (2553). ผลการพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูป
/////เรื่อง ภาษาไทยถิ่นใต้ ตำบลเตราะบอน อำเภอสายบุรีจังหวัดปัตตานี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.
/////ใน มนัส สุวรรณ.(บ.ก.), *การจัดการเรียนรู้ การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. รายงานสืบเนื่องจาก
/////การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53. (น. 3-14). บัณฑิตวิทยาลัย
/////มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.*

Bedenel, A.-L., Jourdan, L., & Biernacki, C. (2019). Probability estimation by an adapted genetic
/////algorithm in web insurance. In R. Battiti, M. Brunato, I. Kotsireas, & P. Pardalos (Eds.),
/////Lecture notes in computer science: Vol. 11353. *Learning and intelligent optimization.*
///// (pp. 225-240). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05348-2_21

4.2 ในรูปแบบวารสาร

ชื่อ นามสกุล./ (ปี)./ชื่อเรื่อง./ชื่อเรื่องย่อ./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)/เลขหน้า./URL
Contributor, A. & Contributor, B./ (Year)./Title:/ Sub-title./Journal./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)/
/////เลขหน้า./URL

ตัวอย่าง

Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(34), 12593-12598. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0805417105>

5. เอกสารประกอบการประชุม/การประชุมวิชาการ ที่ไม่มี proceeding (Symposium)

ชื่อ นามสกุล./ (วันที่/เดือน/ปี)./เรื่องการประชุม./ใน/ชื่อ/(ประธาน)/ชื่อการประชุม/[Symposium]./ชื่องานที่จัด
 /ประชุม./สถานที่ประชุม
 Contributor, A. & Contributor, B./ (Year./Month/day)./Title of contribution./In/Chair name/(Chair),/
 /Title of the Symposium/[Symposium]./Conference Name./Location.

ตัวอย่าง

Cochrane, T. & Narayan, V. (2019, February 14–15). Evaluation the CMALT cMOOC: An agile and scalable professional development framework. In R. Shekhawat (Chairs). *Breakout session* [Symposium]. Scholarship of Technology Enhanced Learning Symposium, Auckland, New Zealand.

6. การนำเสนองานวิจัยหรือการนำเสนอโปสเตอร์ (Paper/ Poster Presentation)

ชื่อ นามสกุล./ (วัน./เดือน/ปี)./ชื่อเอกสาร หรือโปสเตอร์/[เอกสารนำเสนอในที่ประชุม หรือ โปสเตอร์นำเสนอ
 /ในที่ประชุม]./ชื่อการประชุม./สถานที่.
 Presenter, A & Presenter, B./ (Year./Month/day)./Title of conference paper or poster/[Paper
 /presentation or Poster presentation]./Conference Name./Location.

กรณีมีเลข DOI หรือ URL ให้เติมต่อท้ายจากสถานที่ ตัวอย่าง ชื่อสถานที่./<https://doi.org/xxx>

6.1 Paper presentation

ตัวอย่าง

Mason, I. & Missingham, R. (2019, October 21–25). *Research libraries, data curation, and workflows* [Paper presentation]. eResearch Australasia Conference, Brisbane, QLD, Australia. <https://bit.ly/2v1CjRg>

6.2 Poster presentation

ตัวอย่าง

McGoudall, J., Durbin, P., Schlatter, T., McGale, M. & Jerabek, A. (2019, October 21–25). *Dataverse 'Installation Personas': A UX concept adopted to enable the navigation of Dataverse installations, for the purpose of sharing ideas and technical experiences by the international community* [Poster presentation]. eResearch Australasia Conference, Brisbane, QLD, Australia. https://conference.eresearch.edu.au/wp-content/uploads/2019/10/Janet-McDougall-eRA2019_McDougall_Janet.pdf

7. รายงานการประชุม/การสัมมนา/อภิปราย

ชื่อหน่วยงานที่จัดประชุม./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่องการประชุม./ชื่อการประชุม./สถานที่จัดประชุม.

ตัวอย่าง

ที่ประชุมคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยของรัฐ. (2565). การประชุมสามัญที่ประชุมคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
////////มหาวิทยาลัยของรัฐ และมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับ.
////////บัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53. มหาวิทยาลัยนเรศวร

8. หนังสือพิมพ์และหนังสือพิมพ์ออนไลน์

ชื่อผู้แต่ง./ (วัน/เดือน/ปี)./ชื่อคอลัมน์./ชื่อหนังสือพิมพ์./เลขหน้า.

ตัวอย่าง

ทีมาวไรตี้. (21 กุมภาพันธ์ 2565). จับตามผลกระทบโควิดระลอกสามทำคนไทยหนีท่วม. เดลินิวส์. 1.

9. เว็บไซต์

ชื่อ นามสกุลผู้เขียน./ (วัน/เดือน/ปีที่เผยแพร่)./ชื่อบทความ./ชื่อเว็บไซต์./URL

Author, A. A./ (Year, Month date)./Title of the work: Subtitle./Website name./URL

ตัวอย่าง

สุรชาติ บำรุงสุข. (7 สิงหาคม 2566). สงครามยูเครน : สงครามร้อนแรกในสงครามเย็นใหม่. สำนักพิมพ์
////////มหาวิทยาลัยนเรศวร. <https://www.nupress.grad.nu.ac.th/สงครามยูเครน>

สรญา แสงเย็นพันธ์. (2566). 10 เว็บไซต์จับคู่สื่อ ออกแบบงานได้สวยทันตา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
////////นเรศวร. <https://www.nupress.grad.nu.ac.th/จับคู่สื่อ/hypedxup.com>

วรารัตน์ มหามนตรี. (2565). เทคนิคการสรุปความ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
////////<https://www.nupress.grad.nu.ac.th/การสรุปความ>

Sparks, D. (2019). *Women's wellness: Lifestyle strategies ease some bladder control problems*.
////////Mayo Clinic. [https://newsnetwork.mayoclinic.org/discussion/womens-wellness-lifestyle-](https://newsnetwork.mayoclinic.org/discussion/womens-wellness-lifestyle-strategies-ease-some-bladder-control-problems/)
////////[strategies-ease-some-bladder-control-problems/](https://newsnetwork.mayoclinic.org/discussion/womens-wellness-lifestyle-strategies-ease-some-bladder-control-problems/)

กรณีที่ไม่มีวันที่เผยแพร่ปรากฏ ให้ใส่ (ม.ป.ป.) หรือ (n.d.)

กรณีที่มีปรากฏเฉพาะ พ.ศ. หรือ ค.ศ. ให้ใส่แค่ (ปี) เท่านั้น

กรณีชื่อผู้เขียนและชื่อเว็บไซต์เป็นชื่อเดียวกัน ให้ตัดชื่อเว็บไซต์ออก

9.1 เว็บไซต์ไม่ระบุปีที่เผยแพร่

ตัวอย่าง

Athletics New Zealand. (n.d.). *Form a new club*. <http://www.athletics.org.nz/Clubs/>
////////Starting-a-New-Club

9.2 Wikipedia

ชื่อเรื่อง./ (วัน/เดือน/ปีที่เผยแพร่)./ใน วิกีพีเดีย./URL

Title./ (Year, Month date)./In Wikipedia./URL

ตัวอย่าง

Oil painting. (2019, December 8). In *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?/////////title=Oil_painting&oldid=929802398

หนูท้องขาว. (10 มีนาคม 2556). หนูท้องขาว. ใน *วิกิพีเดีย*. [https://th.wikipedia.org/wiki/หนูท้องขาว////////\(วันเดือนปีเผยแพร่จะอยู่ล่างสุดของเว็บไซต์_This_page_was_last_edited_on_....\)](https://th.wikipedia.org/wiki/หนูท้องขาว////////(วันเดือนปีเผยแพร่จะอยู่ล่างสุดของเว็บไซต์_This_page_was_last_edited_on_....))

10. Social media

10.1 Twitter ตัวอักษร

Author, A. A./[@username]./(Year./Month/date หรือ n.d.)./เนื้อหาของโพสต์ 20 คำแรก./[Tweet].
/////////Twitter./URL

ตัวอย่าง

Ardern, J. [@jacindaardern]. (2018, October 15). *I salute you, @Kereru4PM #BirdOfTheYear*
//////// [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/jacindaardern/status/1051569120066469889>

10.2 Twitter รูปภาพและวิดีโอ

Author, A. A./[@username]./(Year./Month/date หรือ n.d.)./เนื้อหาของโพสต์ 20 คำแรก./[Image or
/////////Video attached] [Tweet]. Twitter./URL

ตัวอย่าง

Figure.NZ [@figurenz]. (2019, October 15). *Looking forward to resting up over the holidays?*
/////////[sleeping face emoji] [beach with umbrella emoji] NZ #Health Survey figures show about
/////////70% of adults meet sleep duration... [Image attached] [Tweet]. Twitter.
/////////https://twitter.com/FigureNZ/status/1207422765986279424

10.3 Facebook post

Author, A. A./[@username]./(Year./Month/date หรือ n.d.)./เนื้อหาของโพสต์ 20 คำแรก./[Video or Image attached].
/////////Facebook./URL

ตัวอย่าง

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2565). [Book Overview] ศิลปะและวิทยาศาสตร์ของการลงทุนเน้นคุณค่าโดย
/////////ผศ. ดร.สัมพันธ์ เนตยานันท์... [Video]. Facebook. <https://www.facebook.com/NU.publishing.house/videos/500261141462779>

10.4 Instagram

Author, A. A./[@username]./(Year./Month/date หรือ n.d.)./เนื้อหาของโพสต์ 20 คำแรก./[Photograph].
/////////Instagram./URL

New Zealand Police [newzealandpolice]. (2019, November 15). *Class of 2019 // Wellington dog*
/////////section [paw prints emoji] #fridayfloof [Photograph]. Instagram.
/////////https://www.instagram.com/p/B43CL_-J9pN/

10.5 YouTube หรือ streaming video

Uploader, U. U./ (Year, Month Day)./Title of work./[Video]./YouTube.URL

ตัวอย่าง

MSNBC. (2020, January 7). *Julián Castro endorses Elizabeth Warren*. [Video]. YouTube.

/////////https://www.youtube.com/watch?v=Uk2Tzc8H5po

11. ราชกิจจานุเบกษา

ชื่อกฎหมาย./ (วัน/เดือน/ปี)./ราชกิจจานุเบกษา/เล่ม/ตอนที่/หน้า/เลขหน้า.

ตัวอย่าง

ประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่ง

/////////ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ พ.ศ. 2564. (7 มกราคม 2565).

/////////ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 139 ตอนพิเศษ 4 ง หน้า 22-50.

12. โปรแกรมซอฟต์แวร์/แอปพลิเคชัน

12.1 มีเวอร์ชัน

ชื่อผู้พัฒนา. (ปีที่เผยแพร่). ชื่อโปรแกรม (เวอร์ชัน) [ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์, แอปพลิเคชันมือถือ,

/////////เว็บแอปพลิเคชัน]. ผู้ให้บริการ. URL

Author. (Year). *Title of Software* (Version number) [Computer software, Mobile application,

/////////Web application]. Publisher. URL

ตัวอย่าง

กรณีที่ผู้พัฒนาเป็นองค์กร

- IBM Corporation. (2023). SPSS Statistics (Version 29.0) [Computer software]. IBM Corporation. <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>
- Meta Platforms. (2024). Facebook (Version 479.1.0) [Mobile App]. Meta Platforms, Inc. <https://apps.apple.com/th/app/facebook/id284882215>
- Trello, Inc. (2023). Trello (Version 4.0) [Web application]. Atlassian. <https://www.trello.com>

ตัวอย่าง

กรณีที่ผู้พัฒนาเป็นบุคคล

- Smith, J. (2022). DataAnalyzer (Version 20.0)[Computer software]. Data Solutions. <https://www.datasolutions.com/analyzer>

กรณีที่ไม่มีผู้พัฒนาหรือผู้ให้บริการที่ชัดเจน

- GIMP. (2023). GIMP (Version 10.0.1) [Computer software]. <https://www.gimp.org>

12.2 ไม่มีเวอร์ชัน

ชื่อผู้พัฒนา. (ปีที่เผยแพร่). ชื่อโปรแกรม. [ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์, แอปพลิเคชันมือถือ, เว็บแอปพลิเคชัน].

/////////ผู้ให้บริการ. URL

Author. (Year). *Title of Software* Computer software. [Mobile application, Web application].

/////////Publisher. URL

ตัวอย่าง

กรณีที่ผู้พัฒนาเป็นองค์กร

- อินสไปก้า. (2015). *อักขราวิสุทธิ*. [เว็บแอปพลิเคชัน]. อินสไปก้า. <https://www.akarawisut.com>
- Slack Technologies. (2022). *Slack*. [Web application]. Salesforce. <https://www.slack.com>

ตัวอย่าง

กรณีที่ผู้พัฒนาเป็นบุคคล

- Smith, J. (2022). *DataAnalyzer*. [Computer software]. Data Solutions. <https://www.datasolutions.com/analyzer>

ตัวอย่าง

กรณีที่ไม่มีผู้พัฒนาหรือผู้ให้บริการที่ชัดเจน

- GIMP. (2023). *GIMP*. [Computer software]. <https://www.gimp.org>

13. Generative AI

ชื่อบริษัทผู้พัฒนา/ผู้เขียนโมเดลนี้. (ปีที่ใช้). ชื่อของโมเดล (version ที่ใช้) [Large language model].

////////URL for AI

ตัวอย่าง

OpenAI. (2024). *ChatGPT* (September 16 version) [Large language model].

////////<https://chat.openai.com/chat>

Anthropic. (2024). *Claude* (September 20 version) [Large language model]. <https://claude.ai/new>

การอ้างอิงในเนื้อหา (In-Text Citation)

การอ้างอิงแบบท้ายประโยค หรือวงเล็บ (parenthetical citation) : (OpenAI, 2023)

การอ้างอิงแบบบรรยาย (narrative citation) : OpenAI (2023)

รูปแบบของบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์
ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ขนาด 18 pt
ตัวหนา

เว้น 1 บรรทัด

ชื่อ – สกุล ผู้แต่งบทความคนที่^{1*} ชื่อ – สกุล ผู้แต่งบทความคนที่²
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1*}
คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์²
อีเมล : Bancha@sru.ac.th^{1*}

ขนาด 14 pt
ตัวหนา

เว้น 1 บรรทัด

บทคัดย่อ

ขนาด 14 pt ตัวหนา

การจัดพิมพ์เอกสารต้นฉบับ ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดตามรูปแบบที่กำหนด ในกรณีบทความเป็นภาษาไทย
ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาไทย ควรมีย่อหน้าเดียวไม่ควรเกิน 250 คำ บทคัดย่อควรกล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของ
บทความ ผลลัพธ์ หรือสรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย คำสำคัญที่เป็นภาษาไทยต้องมีเครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่าง
คำ

ขนาด
14 pt
ตัวบาง

เว้น 1 บรรทัด

คำสำคัญ : คำสำคัญ1 คำสำคัญ2 คำสำคัญ3

ขนาด 14 pt

A Manuscript Preparation Guideline for Paper Submitted to Industrial Technology Academic Journal, Surindra Rajabhat University

ขนาด 18 pt
ตัวหนา

Author^{1*}, Author²

Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University^{1*}

Faculty of Management Technology, Rajamangala University of

Technology Isan Surin Campus²

E – mail : Bancha@srru.ac.th^{1*}

ขนาด 14 pt
ตัวหนา

Abstract

ขนาด 14 pt ตัวหนา

This Is an instruction for manuscript preparation. Please follow this guideline strictly. For a Thai article, an abstract in English must accompany the Thai version. The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important.

ขนาด
14 pt
ตัวบาง

Keywords : Keywords1, Keywords2, Keywords3

ขนาด 14 pt

บทนำ {ขนาด 14 pt ตัวหนา

Introduction {14 pt bold

.....
..... {ขนาด 14 pt ตัวบาง
.....

วัตถุประสงค์ {ขนาด 14 pt ตัวหนา

Research Objectives {14 pt bold

.....
..... {ขนาด 14 pt ตัวบาง
.....

วิธีการวิจัย {ขนาด 14 pt ตัวหนา

Methods {14 pt bold

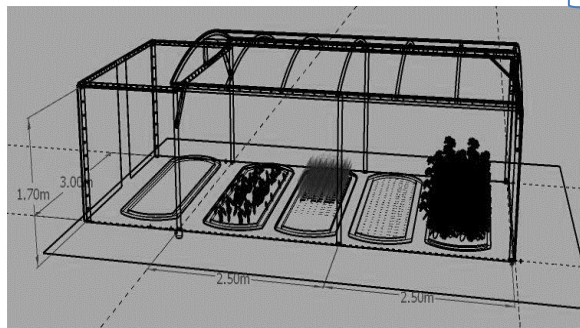
.....
..... {ขนาด 14 pt ตัวบาง
.....

ผลการวิจัย {ขนาด 14 pt ตัวหนา

Results {14 pt bold

.....
..... {ขนาด 14 pt ตัวบาง
.....

{เว้น 1 บรรทัด



{เว้น 1 บรรทัด

รูปที่ 1 การออกแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำเกษตรปลอดสารพิษของผู้สูงอายุ

ตารางที่ 1 ข้อมูลแสดงตารางผสมปฏิภาคคอนกรีต
[เว้น 1 บรรทัด]

ส่วนผสม	ปฏิภาคส่วนผสม(กก./ม ³)				ค่ายุบตัว คอนกรีต (ม.ม.)
0.61	น้ำ	ซีเมนต์	หิน	ทราย	90
	200	327	1056	740	

หมายเหตุ : ในส่วนหมายเหตุใช้ TH SarabunPSK ขนาด 12 pt ตัวธรรมดา

อภิปรายผลและสรุปผล [ขนาด 14 pt ตัวหนา]

Discussion and Conclusion [14 pt bold]

.....
.....
.....

[ขนาด 14 pt ตัวบาง]

ข้อเสนอแนะ [ขนาด 14 pt ตัวหนา]

Suggestion [14 pt bold]

.....
.....
.....

[ขนาด 14 pt ตัวบาง]

กิตติกรรมประกาศ [ขนาด 14 pt ตัวหนา]

(ถ้ามี).....

.....
.....
.....

[ขนาด 14 pt ตัวบาง]

เอกสารอ้างอิง [ขนาด 14 pt ตัวหนา]

References [14 pt bold]

1 ชม.
.....
.....

[ขนาด 14 pt ตัวบาง]

คุณค่าทางวิชาการ [ขนาด 14 pt ตัวหนา]

Academic Value [14 pt bold]

.....
.....
.....

[ขนาด 14 pt ตัวบาง]

จริยธรรมการตีพิมพ์

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร (Editor Roles and Responsibility)

1. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ และไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว
2. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีระเบียบวิธีวิจัยที่ถูกต้อง และให้ผลที่น่าเชื่อถือ โดยนำผลของการวิจัยมาเป็นตัวชี้ว่า สมควรตีพิมพ์เผยแพร่หรือไม่
3. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง
4. เมื่อบรรณาธิการตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่น จะต้องระงับการประเมินและติดต่อผู้เขียน เพื่อพิจารณาตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์
5. หากบรรณาธิการตรวจพบว่า บทความมีการลอกเลียนบทความอื่นโดยมิชอบ หรือมีการปลอมแปลงข้อมูล ซึ่งสมควรถูกถอดถอน แต่ผู้เขียนปฏิเสธที่จะถอนบทความ บรรณาธิการสามารถดำเนินการถอนบทความ ได้โดยไม่ต้องได้รับความยินยอมจากผู้เขียน ซึ่งถือเป็นสิทธิและความรับผิดชอบต่อบทความของ บรรณาธิการ
6. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียน และผู้ประเมินบทความแก่บุคคลอื่น ๆ
7. บรรณาธิการต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนบทความและผู้ประเมินบทความ

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียนบทความ (Author Ethical Responsibilities)

1. บทความที่จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อนและไม่ส่งต้นฉบับ บทความซ้ำซ้อนกับวารสารอื่น
2. เนื้อหาของบทความจะต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวารสาร
3. บทความต้องไม่คัดลอกผลงานของผู้อื่น
4. ผู้เขียนบทความต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในบทความของตนเอง เช่น ภาพ ตาราง เป็นต้น
5. ผู้เขียนบทความต้องตรวจสอบความถูกต้องของรายการเอกสารอ้างอิง ทั้งในแง่ของรูปแบบและเนื้อหา
6. ผู้เขียนบทความจะต้องปรับบทความตามรูปแบบและขนาดตัวอักษรตามแบบฟอร์ม (template) ของวารสาร
7. ผู้เขียนบทความที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการดำเนินการบทความจริง
8. ผู้เขียนบทความไม่ควรนำเอกสารวิชาการที่ไม่ได้อ่านมาอ้างอิง หรือใส่ไว้ในเอกสารอ้างอิง และควรอ้างอิง เอกสารเท่าที่จำเป็นอย่างเหมาะสม ไม่ควรอ้างอิงเอกสารที่มากเกินไป
9. การกล่าวขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือในกิจกรรมประชานั้น หากสามารถทำได้ผู้เขียนบทความควรขออนุญาตจากผู้ที่ถูกเขียนประสงค์จะขอบคุณเสียก่อน

10. ในบทความ ผู้เขียนบทความจะต้องไม่รายงานข้อมูลที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างข้อมูลเท็จ หรือการปลอมแปลง บิดเบือน รวมไปถึงการตกแต่ง หรือ เลือกแสดงข้อมูลเฉพาะที่ สอดคล้องกับข้อสรุป

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ (Reviewer Roles and Responsibilities)

1. ผู้ประเมินบทความต้องไม่เปิดเผยข้อมูลในบทความแก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการ ประเมินบทความ
2. ผู้ประเมินบทความควรรับประเมินบทความเฉพาะสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ และหากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือนกัน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่นๆ ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการ ทราบ
3. หากผู้ประเมินบทความมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนบทความ ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ

คณะกรรมการจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ พวงไพบูลย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิวันท์ชัย โจมสติ

อาจารย์ธาริณี มีเจริญ

นายพงศกร เดชศิริ

ดร.วณดา เผ่าศิริ

นายสังเวียน ก้อนทอง

นางสาวกนิษฐา ชิมทอง

นายโปเสก ภาณุรัตน์

นางสมจิตร ปานทอง

นางวิศราภรณ์ อารยางกูร

นางสาวสุนทราภรณ์ เนินแก้ว

นางสาวแสงเดือน ธรรมวัตร

เทคโนโลยีสร้างสรรค์
มุ่งเน้นวิชาการ
บริการท้องถิ่น



INDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

186 ม.1 ถนนสุรินทร์ - ปราสาท ต.นอกเมือง
อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000
Tel. 044-514601 Fax : 044-514601
www.industrial-journal.srru.ac.th

Graphic Design By : Apinanthichai Jomsati
Design Innovation