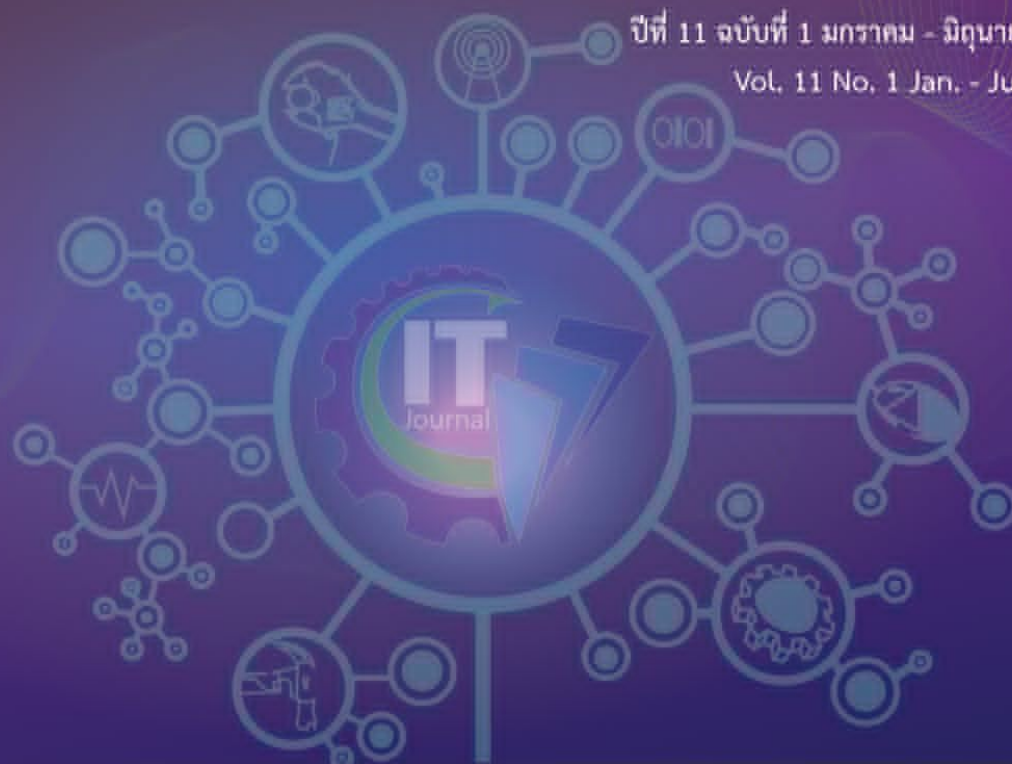




วารสารวิชาการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569

Vol. 11 No. 1 Jan. - Jun. 2026



Industrial Technology Journal
Surindra Rajabhat University

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ISSN (Print) 3027-6314

ISSN (Online) 3027-6322



industrial.journal.ru.ac.th

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เป็นวารสารที่ผ่านการประเมินคุณภาพวารสารที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 5 พ.ศ. 2568-2572 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นปีละ 2 ฉบับเพื่อใช้เป็นแหล่งเผยแพร่บทความทางวิชาการและบทความวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับเพื่อรวบรวม และเผยแพร่ ผลงานทางวิชาการ โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความทางวิชาการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร นวัตกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ของอาจารย์ นักศึกษา และนักวิชาการ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมฉบับนี้เป็นปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569 ประกอบด้วย บทความวิจัยจำนวน 16 บทความ อนึ่งความคิดเห็นจากบทความวิชาการหรือรายงานการวิจัยแต่ละเรื่องที่น่าสนใจในวารสารฉบับนี้เป็นความเห็นจากผู้เขียนหรือผู้วิจัยกองบรรณาธิการมีหน้าที่จัดพิมพ์และเผยแพร่เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการแก่สังคมเท่านั้น กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบุคลากรทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการตลอดจนผู้สนใจโดยทั่วไปจะได้รับสาระประโยชน์จากวารสารฉบับนี้

กองบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569

ISSN 3027 – 6314 (Print)

ISSN 3027 – 6322 (Online)

เจ้าของ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รองคณบดีฝ่ายบริหารและวางแผน

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและกิจกรรมนักศึกษา

รองคณบดีฝ่ายวิจัยนวัตกรรมการบริการวิชาการ

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกกานต์ ลายสนธิ์

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กรินทร์ กาญจนานนท์

รองศาสตราจารย์ ดร.วรัทยา ธรรมกิตติภพ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุมพฏ พงษ์ศักดิ์ศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วงกต ศรีอุไร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัคริย์ พิมพิมูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ มณีวรรณ

รองศาสตราจารย์ยุพดี สีนมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ในพระราชูปถัมภ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

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

การใช้ประโยชน์จากมวลรวมหยาบแอสฟัลท์คอนกรีตรีไซเคิล เพื่อใช้ในงานคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็ว ที่มีส่วนผสมของ เถ้าลอยละเอียด และ ไมโครซิลิกาพัชรพล โพธิ์ศรี ทวีชัย ภูบ่อ่น อธิราช นาสิม อนุรรณวิ เจริญภัณฑารักษ์.....ปริญญา จินดาประเสริฐ.....	1
การพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ ด้วยระบบออฟไลน์ชัยวัฒน์ นึกชนะ อัญญา วรรณกายนต์ สุชาติ ดุมนิล วิรัช อนุชานุรักษ์.....	16
การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้ เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีเกตุวดี หิรัญพงษ์.....	31
การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหมมึงประวิทย์ แก้วหล้า นิคม ลนขุนทด อัญญา วรรณกายนต์ วิรัช อนุชานุรักษ์.....	47
การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับ สถาบันการศึกษาเผด็จ สวิพันธุ์ ทิภาพร ศุภมิตร.....	63
การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ของสรรพสิ่ง เพื่อเพิ่มผลผลิตเห็ดนางฟ้าณัฐพล ภูระหงษ์ ธนภัทร มะณีแสง สุธิรา เบญจานุกรม	78
การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงาน แสงอาทิตย์พงษ์พันธ์ ราชภักดิ์ สุโหลหมาน หมาดโหยด เสน่ห์ รักษ์แก้ว อภิรัฐ จันทรทอง.....รุ่งโรจน์ จินด่วง.....	93
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชนและภูมิ ปัญญาท้องถิ่นของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี โดยใช้รูปแบบเทคโนโลยีความ เป็นจริงเสริมไชยพล กลิ่นจันทร์ ปัญญาชลี เต่าทอง.....	105
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการเข้าถึง ข้อมูลแหล่ง ท่องเที่ยวในพื้นที่ดวงทิพย์ รับพรดี ญาณพัฒน์ ลาภพานิชกุล.....	119
การพัฒนาอ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวปรานิน อินทร์ทอง พงศกร ผ่องแผ้ว พีระพงษ์ คำคุ้ม สายนที จากถิ่น	134
.....ภัทรวรรณ คหะวงศ์ ทัศนีย์ ทองก้านเหลือง.....	

สารบัญ

บทความวิจัย (ต่อ)

การวิเคราะห์ใช้อุปทานและต้นทุนโลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ กรณีศึกษา สวนปันบุญ จังหวัดกาฬสินธุ์ณัฐนิชา วิชาชัย ธัญญาภรณ์ สุพร สวลี อุดรา สมฤดี กลิ่นหอม.....	144
การออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้า สำหรับผลิตภัณฑ์จัก สานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์อนุวัฒน์ เปาพathy ยุพดี สีนมาก อภินันท์ชัย โจมสติ แสงเดือน ธรรมวัตร.....	158
การออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่ : โคกป่นรั้วทัศนียา นิลฤทธิ์ เกียรติภูมิ ดวงศรี พงศกร อุดมพันธ์.....	167
การออกแบบและพัฒนาต้นแบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและ การล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพรัตนสุดา สุภคณัยสร มีนา อยู่เย็น สุนิศา จิตสุนทรชัยกุล อธิวัฒน์ ปานกลาง สุรินทร์ ผลงาม.....	179
ผลของการใช้กิจกรรมกายบริหารเพื่อลดความเมื่อยล้าในการทำงานของพนักงาน ประกอบชิ้นส่วนแวนตา กรณีศึกษาแห่งหนึ่งณัฐชญา พิมพ์ภรณ์ เดโชชัย สาพิมพ์ รัชเมธี รัชตวัฒนกุล พีรเดช จันทโสม.....	193
สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป “กล้วยตาก” ด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ตามหลัก BCG Model อย่างยั่งยืนฐิติวิมลส์ กาญจนพิมาย.....	203

การใช้มวลรวมหยาบจากแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลในคอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูงที่มี ส่วนผสมของเถ้าลอยละเอียดและไมโครซิลิกา

พัชรพล โพธิ์ศรี^{1*} ทวีชัย ภูอบอุ่น² อธิราช นาสิม³ อนรรฆวี เจริญภักขารักษ์⁴ ปริญา จินดาประเสริฐ⁵
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น^{1* 2 3 4}
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น⁵
อีเมล : Patcharapol.po@rmu.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 19 เมษายน 2569

วันแก้ไขบทความ 14 มิถุนายน 2569

วันที่ตอบรับบทความ 24 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการใช้ประโยชน์จากมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล เพื่อใช้ในงานคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็ว ที่มีส่วนผสมของ เถ้าลอยละเอียด และ ไมโครซิลิกา โดยมีส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ สารลดน้ำพิเศษ หยาบแม่น้ำ มวลรวมธรรมชาติ มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล คัดขนาด 4.75 ถึง 19.0 มม. เพื่อใช้เป็นมวลรวมหยาบรีไซเคิล โดยนำไปแทนที่มวลรวมหยาบธรรมชาติ ในปริมาณ 0, 20 และ 40 % โดยน้ำหนักมวลรวมหยาบธรรมชาติ และได้ทำการพัฒนาสมบัติของคอนกรีตให้ดีขึ้นโดยใช้วัสดุเติมแต่งได้แก่ ไมโครซิลิกา เปรียบเทียบกับเถ้าลอยละเอียด โดยแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 15 % โดยน้ำหนัก บ่มตัวอย่างในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ทำการทดสอบกำลังอัด เมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง, 7 วัน และ 28 วัน และทำการทดสอบการดูดซึมน้ำ ปริมาณโพรงอากาศ กำลังรับแรงดัด และโมดูลัสยืดหยุ่น ที่อายุ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมที่ใช้ไมโครซิลิกา 15 % มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล 40 % ให้กำลังรับแรงอัดที่อายุ 1 วัน เท่ากับ 365 ksc และ 28 วัน เท่ากับ 728 ksc ค่าการดูดซึมน้ำ 0.48 % ปริมาณโพรงอากาศ 1.19 % กำลังรับแรงดัด 87.1 ksc และโมดูลัสยืดหยุ่น 29.1 GPa เหมาะสมสำหรับทำคอนกรีตที่รับกำลังอัดรวดเร็ว ประเภทคอนกรีตกำลังสูง ตามมาตรฐาน ACI 363.2R-11 และอัตราส่วนผสมที่ใช้เถ้าลอยละเอียด 15 % มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล 40 % ให้กำลังรับแรงอัดที่อายุ 1 วัน เท่ากับ 305 ksc และ 28 วัน เท่ากับ 504 ksc ค่าการดูดซึมน้ำ 1.02 % ปริมาณโพรงอากาศ 2.50 % กำลังรับแรงดัด 55.4 ksc และโมดูลัสยืดหยุ่น 28.5 GPa เหมาะสมสำหรับทำคอนกรีตที่รับกำลังอัดรวดเร็ว ประเภทผนัง พื้นสำเร็จ ตามมาตรฐาน มอก.848-2546 นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล ร่วมกับเถ้าลอยช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง ลดการใช้ปูนซีเมนต์ และเหมาะสมสำหรับทำคอนกรีตที่รับกำลังอัดรวดเร็ว

คำสำคัญ : คอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูง เถ้าลอยละเอียด มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล ไมโครซิลิกา



Use of Recycled Asphaltic Concrete Coarse Aggregate in High-Early-Strength Concrete Incorporating Fine Fly Ash and Microsilica

Patcharapol Posi^{1*}, Thaweechai Phoo-oboun², Thirang Nasim³,

Anakkhawee Charoenphantharak⁴, Prinya Chindaprasit⁵

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of
Technology Isan, Khon Kaen Campus^{1*,2,3,4}

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University⁵

E – mail : Patcharapol.po@rmuti.ac.th^{1*}

Received 19 April 2026

Revised 14 June 2026

Accepted 24 June 2026

Abstract

This study investigates the utilization of recycled asphalt concrete coarse aggregate in the production of high early strength concrete incorporating fine fly ash and micro silica. The mixtures consisted of ordinary Portland cement, superplasticizer, river sand, natural coarse aggregate, and recycled asphalt concrete coarse aggregate with a particle size range of 4.75–19.0 mm. The recycled aggregate was used to replace natural coarse aggregate at levels of 0, 20, and 40 % by weight. The performance of the concrete was further enhanced using supplementary cementitious materials, namely micro silica and fine fly ash, each used to replace 15 % of cement by weight. All specimens were water-cured at ambient temperature. Compressive strength was evaluated at 24 hours, 7 days, and 28 days, while water absorption, porosity, flexural strength, and modulus of elasticity were determined at 28 days. The results indicate that the mixture containing 15% microsilica and 40% recycled asphalt concrete aggregate achieved a compressive strength of 365 ksc at 1 day and 728 ksc at 28 days, with water absorption of 0.48%, porosity of 1.19%, flexural strength of 87.1 ksc, and a modulus of elasticity of 29.1 GPa. This mixture is suitable for early-strength high-performance concrete in accordance with ACI 363.2R-11. And the mixture incorporating 15% fine fly ash and 40% recycled aggregate exhibited a compressive strength of 305 ksc at 1 day and 504 ksc at 28 days, with water absorption of 1.02%, porosity of 2.50%, flexural strength of 55.4 ksc, and a modulus of elasticity of 28.5 GPa. This mixture is appropriate for precast wall and slab applications in accordance with TIS 848-2546. Furthermore, the combined use of recycled asphalt concrete aggregate and fly ash enhances the utilization of waste materials, reduces cement consumption, and promotes sustainability in the construction industry.

Keywords: high-early-strength concrete, fine fly ash, recycled asphalt concrete coarse aggregate, microsilica

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทั้งภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตรกรรม และภาคบริการ (ท่องเที่ยว) ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเมืองหลวง หัวเมืองใหญ่ ซึ่งการพัฒนาประเทศในช่วงที่ผ่านมา มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นอย่างมากในการก่อสร้าง รวมทั้งการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งทางถนน ทำให้เกิดการขาดแคลนวัสดุตามธรรมชาติ เนื่องจากวัสดุธรรมชาติมีจำนวนจำกัด เมื่อวัสดุเริ่มลดน้อยลงและหายากมากขึ้นทำให้ราคาวัสดุแพงขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งวัสดุ

ถนนสายหลักและถนนสายรองในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นผิวจราจรแอสฟัลต์คอนกรีต ผิวจราจรดังกล่าวจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาหรือบูรณะทาง เพื่อให้ผิวจราจรมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น การปูผิวแอสฟัลต์คอนกรีตทับผิวจราจรเดิม การนำวัสดุผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมและพื้นทางเดิมกลับมาหมุนเวียนใช้เป็นชั้นพื้นทาง (Pavement Recycling) แล้วทำการปูผิวแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ ในกรณีที่ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมมีความหนาเกินข้อกำหนด จะต้องมีการขุดใส่ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมออกก่อน จึงจะสามารถใช้ในงานพื้นทางหมุนเวียนได้ นอกจากนี้ยังมีการขุดใส่ผิวทางเดิมบริเวณที่เป็นร่องล้อหรือพื้นผิวจราจรไม่เรียบออก เพื่อให้ถนนมีความเรียบ สะดวก และปลอดภัยต่อการใช้งาน การบำรุงรักษาหรือบูรณะทางจึงเกิดวัสดุผิวทางแอสฟัลต์เดิม (RAP) ซึ่งเป็นของเสียมากขึ้นทุกวันอย่างต่อเนื่อง

วัสดุผิวทางแอสฟัลต์เดิม (RAP) มีส่วนผสมของมวลรวมธรรมชาติมากถึงร้อยละ 95 จึงได้มีการนำวัสดุผิวทางเดิมบางส่วนมาผสมกับปูนซีเมนต์ เพื่อใช้ในงานบำรุงรักษาถนน นอกจากนี้ยังใช้เป็นมวลรวมหยาบในส่วนผสมคอนกรีตในงานทาง เช่น ขอบคันทางคอนกรีต (Concrete Curb) คอนกรีตกั้นถนน (Barrier Concrete) แต่ก็มีวัสดุผิวทางเดิมคงเหลือเป็นของเสียอีกเป็นจำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงได้นำวัสดุผิวทางแอสฟัลต์เดิม (RAP) มาทำการคัดแยกขนาดมวลรวม และนำมาใช้แทนมวลรวมธรรมชาติ เพื่อผลิตเป็นงานคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของวัสดุมวลรวมหยาบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล (Recycle Asphaltic Concrete Coarse Aggregate) เพื่อใช้ในงานคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) เช่น พื้น หรือผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น

นอกจากนี้ นักวิจัยหลายท่านรายงานว่าแม้ว่าการใช้ RACA จะส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงของคอนกรีต แต่สามารถปรับปรุงคุณสมบัติดังกล่าวได้ด้วยการใช้วัสดุปอซโซลานที่มีความละเอียดสูง เช่น เถ้าลอย (Fly Ash) และไมโครซิลิกา (Microsilica หรือ Silica Fume) โดยวัสดุเหล่านี้สามารถเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดจากการไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ ส่งผลให้เกิดเจลแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) เพิ่มขึ้น ช่วยลดความพรุน เพิ่มความหนาแน่นของโครงสร้างจุลภาค และเพิ่มความแข็งแรงของคอนกรีต (Ergeshov et al., 2025; Phoo-ngernkham et al., 2015; Posi, et al., 2019)

สำหรับไมโครซิลิกา อนุภาคมีขนาดเล็กมากและมีปริมาณซิลิกาอสัณฐานสูง จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มกำลังอัดระยะต้น ขณะที่เถ้าลอยมีต้นทุนต่ำกว่าและสามารถปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตได้ผ่านทั้งกลไกปอซโซลานและผลของการเติมเต็มช่องว่าง (Filler Effect) โดยเฉพาะเมื่อเถ้าลอยถูกบดหรือคัดขนาดให้มีความละเอียดสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการใช้เถ้าลอยละเอียดร่วมกับ RACA ในคอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูงยังมีจำนวนจำกัด และยังขาดข้อมูลเปรียบเทียบโดยตรงกับการใช้ไมโครซิลิกาภายใต้สภาวะการผลิตเดียวกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการใช้มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลร่วมกับเถ้าลอยละเอียดและไมโครซิลิกาในคอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูง เพื่อประเมินผลต่อกำลังอัด กำลังดัด โมดูลัสยืดหยุ่น การดูดซึมน้ำ และความพรุน รวมทั้งเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุปอซโซลานทั้งสองชนิดต่อการชดเชยผลกระทบที่เกิดจากการใช้ RACA และสนับสนุนการใช้วัสดุรีไซเคิลในอุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างยั่งยืน

อีกทั้งในการผลิตคอนกรีตได้รับกำลังอัดได้รวดเร็ว เพื่อเร่งกำลังให้คอนกรีตมีกำลังที่เพียงพอต่อการใช้งานในระยะเวลาอันสั้น โดยส่วนมากจะใช้วัสดุเติมแต่ง เพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านกำลังให้ดียิ่งขึ้น เช่น การเติมไมโครซิลิกา หรือ ไมโครซิลิกา ในส่วนผสมของคอนกรีต แต่ไมโครซิลิกามีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้จึงมี

แนวความคิดที่จะนำวัสดุเติมแต่งชนิดอื่นที่มีราคาถูกมาใช้ในการคอนกรีตที่รับกำลังอัดรวดเร็ว จึงได้นำเถ้าลอยมาทำการร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อที่จะเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น และช่วยเติมเต็มช่องว่างของโพรงอากาศในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น และนำผลการทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้ไมโครซิลิกา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาคูสมบัติของคอนกรีตที่ได้รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบจากแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล เถ้าลอยละเอียด และไมโครซิลิกา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมงานก่อสร้างที่ต้องรับกำลังอัดได้รวดเร็ว และเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนให้มีการนำวัสดุดังกล่าวไปใช้ในงานจริง นอกจากนี้การนำผลิตภัณฑ์ของเสียกลับมาใช้ใหม่ ยังช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดต้นทุนในการซ่อมแซม ลดปริมาณขยะ และยังเป็นการช่วยสนับสนุนการใช้วัสดุรีไซเคิลในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่ยั่งยืนได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาผลของการแทนที่มวลรวมหยาบธรรมชาติด้วยมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลในอัตราร้อยละ 0, 20 และ 40 ต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูง

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้เถ้าลอยละเอียดและไมโครซิลิกาแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักต่อกำลังอัด การดูดซึมน้ำ ความพรุน กำลังดัด และโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

2.3 เพื่อประเมินศักยภาพของส่วนผสมที่พัฒนาขึ้นสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีตสำเร็จรูปที่ต้องการกำลังอัดระยะต้น



รูปที่ 1 มวลรวมหยาบรีไซเคิลจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (RACA)

3. วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุ

3.1.1 ปูนซีเมนต์ เป็นปูนซีเมนต์พอร์ต แลนด์ประเภทที่ 1

3.1.2 ทรายแม่น้ำ เป็นทรายหยาบ มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.64 และ ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.36

3.1.3 มวลรวมหยาบธรรมชาติ เป็นหินปูนย่อย ขนาด 3/4 นิ้ว มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.71

3.1.4 มวลรวมหยาบรีไซเคิลจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ได้จากการขุดใส่ผิวทางเดิม จากแขวงทางหลวงชนบท อำเภอมือง จังหวัดหนองบัวลำภู ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 นิ้ว ค้างเบอร์ 4 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.44 ดังแสดงในรูปที่ 1

3.1.5 ไมโครซิลิกา เกรดห้องปฏิบัติการ

- 3.1.6 แก้วลอย แก้วลอยละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
- 3.1.6 สารลดน้ำ Sikament® NN (W) ประเภท F

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ

Property	Fine Agg.	Coarse Agg.	RACA
ความถ่วงจำเพาะ	2.64	2.71	2.43
ขนาดอนุภาค(มม.)	0.08 – 4.75	4.75 – 19.00	4.75 – 19.00
โมดูลัสความละเอียด	2.28	6.04	6.42
หน่วยน้ำหนัก (กก./ลบ.ม.)	1697.97	1568.99	1496.12
การดูดซึมน้ำ (%)	0.36	0.86	0.26

Fine Agg.=มวลรวมละเอียด, Coarse Agg.=มวลรวมหยาบ, RACA=มวลรวมหยาบที่ใช้เกิดจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี ของ แก้วลอย และไมโครซิลิกา (%)

Chemical	FA	MS
Composition, %		
SiO ₂	36.2	92.4
Al ₂ O ₃	15.52	-
Fe ₂ O ₃	14.25	0.33
CaO	22.57	2.52
K ₂ O	1.63	3.13
Na ₂ O	0.33	-
SO ₃	8.9	0.96
LOI	0.88	0.21

MS = ไมโครซิลิกา, FA = แก้วลอย

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุแสดงในตารางที่ 1 หน่วยน้ำหนักของ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และ RACA มีค่า 1,698, 1,569 และ 1,496 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ RACA ถูกร่อนเพื่อให้ได้ส่วนที่มีขนาดระหว่าง 4.75 ถึง 19.00 มม. และถูกทำให้แห้งที่ผิวหน้าก่อนนำไปใช้ หินกรวดขนาดเล็กกว่าไม่ได้นำมาใช้เนื่องจากมีแอสฟัลต์และสิ่งสกปรกจำนวนมาก ส่วนหินกรวดขนาดใหญ่พบว่ามีแอสฟัลต์เคลือบอยู่บางส่วน 3.5 % องค์ประกอบทางเคมี (XRF) ของแก้วลอย ดังแสดงในตารางที่ 2 แก้วลอยประกอบด้วย SiO₂ 45.23%, Al₂O₃ 19.94%, Fe₂O₃ 13.14%, CaO 15.50% และมีค่า LOI 0.87% เป็นวัสดุปอซโซลาน Class F และไมโครซิลิกา ประกอบด้วย SiO₂ 92.40 %, Al₂O₃ 19.94%, Fe₂O₃ 0.33 %, CaO 2.25 % และมีค่า LOI 0.21%

3.2 สัดส่วนผสมและการผสมตัวอย่างทดสอบ

การทดลองครั้งนี้จะใช้ส่วนผสมทั้งหมด 9 ส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนผสมของคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)

Mixes	OPC	Fine Agg.	NA	RACA	Water	MS	FA	Pla.
00SF - 00RACA	370	670	1060	-	174	-	-	-
15FA - 00RACA	315	670	1060	-	94	-	56	7.4
15SF - 00RACA	315	670	1060	-	94	56	-	7.4
00SF - 20RACA	370	670	848	212	174	-	-	-
15FA - 20RACA	315	670	848	212	94	-	56	7.4
15SF - 20RACA	315	670	848	212	94	56	-	7.4
00SF - 40RACA	370	670	636	424	174	-	-	-
15FA - 40RACA	315	670	636	424	94	-	56	7.4
15SF - 40RACA	315	670	636	424	94	56	-	7.4

OPC = ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, NA = มวลรวมธรรมชาติ, RACA = มวลรวมหยาบรีไซเคิลจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต, MS = ไมโครซิลิกา, FA = เถ้าลอย, Pla. = สารลดน้ำพิเศษ

การผสมคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล เริ่มต้นด้วยการนำปูนซีเมนต์และทรายในสภาพความชื้นอิ่มตัวผิวแห้งใส่ลงไปในเครื่องผสม เปิดเครื่องผสม และผสมให้เข้ากันแล้วทำการเติมมวลรวมหยาบธรรมชาติในสภาพความชื้นอิ่มตัวผิวแห้งและมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลในสภาพความชื้นอิ่มตัวผิวแห้ง ทำการผสมจนเข้ากัน ต่อมานำสารลดน้ำพิเศษและน้ำผสมกันแล้วค่อยๆเติมทีละ 10 เปอร์เซ็นต์ จนน้ำหมดตามที่ออกแบบไว้ ต่อมาทำการทดสอบค่าการทางานได้ โดยควบคุมค่าการยุบตัวที่ 7.5 ± 2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปทำการเติมลงในแบบหล่อโดยใช้แบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15

เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบ ค่ากำลังรับแรงอัด และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และแบบหล่อลูกบาศก์ ขนาด กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบค่าความพรุนและการดูดซึมน้ำ และแบบหล่อนคอนกรีตขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการถอดแบบแล้วนำไปบ่มในน้ำจนครบตามระยะเวลาที่กำหนด

3.3 วิธีการทดสอบ

3.3.1 โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของเถ้าลอยคัดขนาดและไมโครซิลิกา โดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) ทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วัน (Prinya, Pornnapa, Suttipong, & Patcharapol, 2021)

3.3.2 กำลังอัด (Compressive Strength) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง นับเวลาตั้งแต่ผสม ตามมาตรฐาน C 39/C 39M – 20 (ASTM C39/C39M-20, 2018)

3.3.3 ความพรุนและการดูดซึมน้ำ (Porosity and water absorption) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วันตามมาตรฐาน ASTM C642-21 (ASTM C642-21, 2021)

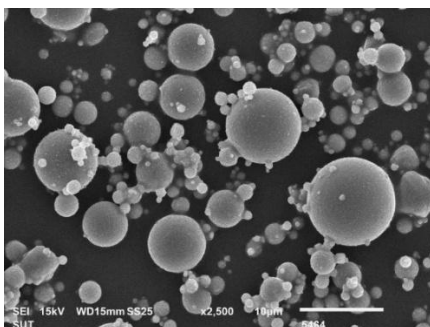
3.3.4 กำลังดัด (Flexural strength) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C78/C78M-16 (ASTM C78 / C78M - 16, 2016)

3.3.5 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 2 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C469/C469M-14 (ASTM C469/C469M-14, 2014)

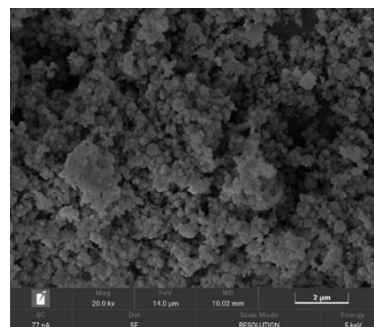
4. ผลการวิจัย

4.1 SEM, XRD ของเถ้าลอยและ ไมโครซิลิกา

ภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง แสดงให้เห็นว่าอนุภาคมีลักษณะเป็นทรงกลมทึบเป็นส่วนใหญ่ และมีขนาดแตกต่างกันไป โดยลักษณะทรงกลมดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2(ก) และภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของไมโครซิลิกาแสดงให้เห็นว่าอนุภาคมีลักษณะเป็นทรงกลมทึบเช่นเดียวกับเถ้าลอย แต่ขนาดของไมโครซิลิกานั้นมีขนาดเล็กกว่าขนาดของเถ้าลอยเป็นอย่างมาก ดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2 (ข) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อวัสดุสารซีเมนต์เมื่อมีขนาดเล็กก็จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ (Posi, Kasemsiri, Lertnimoolchai, & Chindaprasirt, 2019)



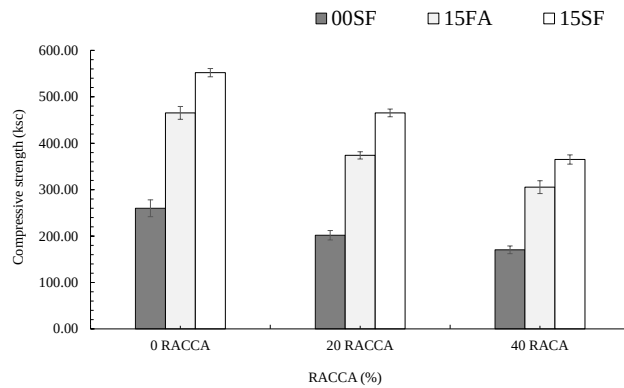
ก) เถ้าลอยแม่เมาะ



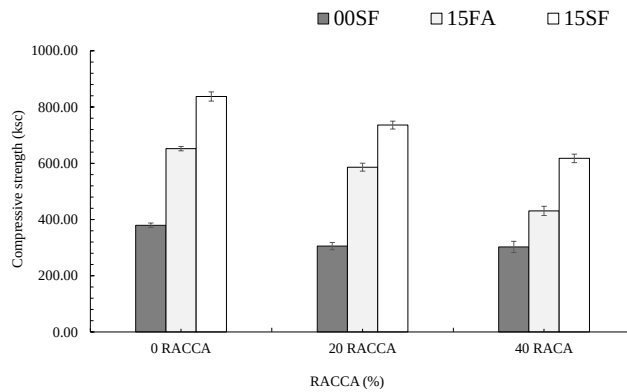
ข) ไมโครซิลิกา

รูปที่ 2 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของ ก) เถ้าลอยแม่เมาะ, ข) ไมโครซิลิกา

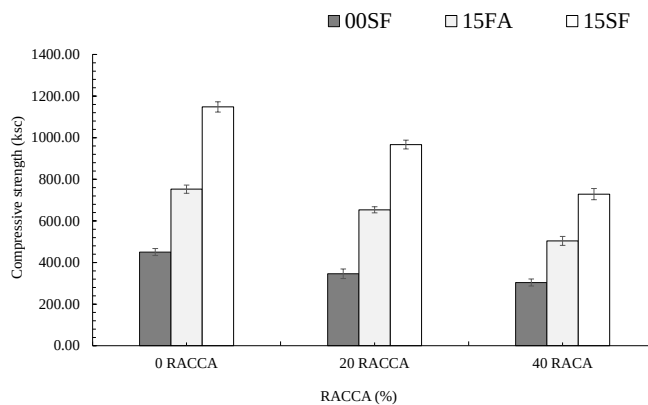
4.2 กำลังรับแรงอัด



ก) ผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่อายุ 1 วัน



ข) ผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่อายุ 7 วัน



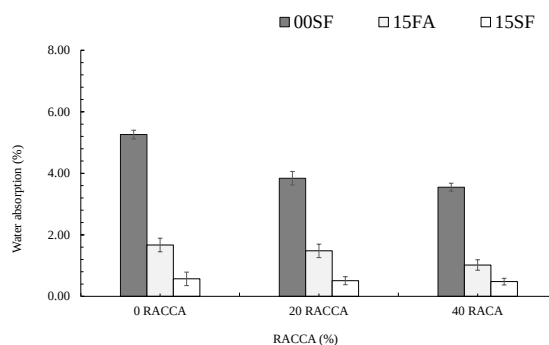
ค) ผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

รูปที่ 3 ผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่อายุ 1, 7 และ 28 วัน

ผลการทดสอบคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลแสดงในรูปที่ 3 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลมากขึ้น กำลังรับแรงอัดจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากกำลังอัดที่ลดลงเนื่องจากมวลรวมแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลมีแอสฟัลต์ซีเมนต์เคลือบที่ผิวมวลรวม ทำให้การยึดเกาะระหว่างสารเชื่อมประสานและมวลรวมมีค่าลดลง (Y. A. Khodair & engineering, 2017) ดังตัวอย่างกำลังรับแรงอัดที่อายุ 1 วัน แสดงดังรูปที่ 3 (ก) เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล ที่ 0, 20 และ 40 % โดยมวล ส่วนผสม 00SF-00RACA, 00SF-20RACA และ 00SF-40RACA มีกำลังอัดเท่ากับ 239.0, 201.8 และ 170.5 ksc ตามลำดับ ที่อายุ 7 วัน แสดงดังรูปที่ 3 (ข) ส่วนผสม 00SF-00RACA, 00SF-20RACA และ 00SF-40RACA มีกำลังอัดเท่ากับ 379.6, 305.7 และ 302.7 ksc ตามลำดับ และที่อายุ 28 วัน แสดงดังรูปที่ 3 (ค) ส่วนผสม 00SF-00RACA, 00SF-20RACA และ 00SF-40RACA มีกำลังอัดเท่ากับ 450.5, 346.0 และ 304.0 ksc ตามลำดับ

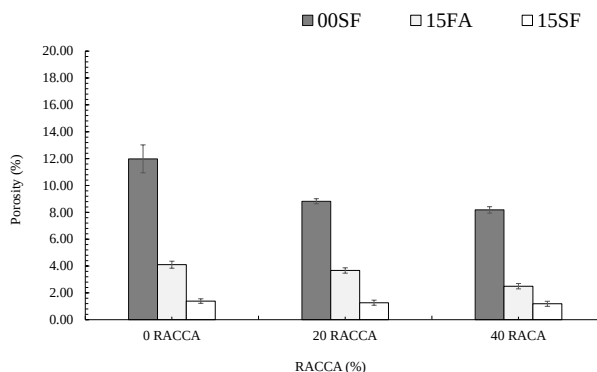
และเมื่อทำการเติมเถ้าลอยขนาดละเอียดแทนปูนซีเมนต์ 15 % โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการเติมไมโครซิลิกา แทนปูนซีเมนต์ 15 % โดยน้ำหนัก พบว่า การแทนปูนซีเมนต์ด้วยไมโครซิลิกาให้กำลังรับแรงอัดที่สูงกว่าการแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยขนาดละเอียด ทุกอายุการทดสอบ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก อนุภาคของไมโครซิลิกามีขนาดเล็กมาก และมีลักษณะเป็นเฟสอสัณฐาน (amorphous phase) ในระดับสูง ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว (Grabiec, Zawal, & Szulc, 2015) ดังตัวอย่างกำลังรับแรงอัดที่อายุ 1 วัน แสดงดังรูปที่ 3 (ก) ส่วนผสม 00SF-20RACA, 15FA-20RACA และ 15SF-20RACA มีกำลังอัดเท่ากับ 201.8, 373.9 และ 434.5 ksc ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการแทนปูนซีเมนต์ ด้วยเถ้าลอยขนาดละเอียด มีต้นทุนในการผลิตคอนกรีตที่ต่ำกว่า เนื่องจากราคาที่สูงของไมโครซิลิกา และกำลังรับแรงอัดก็อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้สำหรับงานโครงสร้างที่รับกำลังอัดได้รวดเร็ว สำหรับงานผนังสำเร็จรูป และสามารถใช้มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล แทนที่มวลรวมธรรมชาติได้ถึง 40 % โดยมีกำลังรับแรงอัดที่ อายุ 1 วัน เท่ากับ 305 ksc ละกำลังอัดที่ 28 วัน เท่ากับ 504 ksc ตามมาตรฐาน มอก. 848-2546 ที่กำหนดกำลังรับแรงอัดที่ อายุ 1 วัน เท่ากับ 204 ksc ละกำลังอัดที่ 28 วัน เท่ากับ 350 ksc ตามลำดับ

4.3 การดูดซึมน้ำและปริมาณโพรงอากาศ



รูปที่ 4 ผลการดูดซึมน้ำของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและปริมาณโพรงอากาศของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล แสดงในรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 5 ผลปริมาณโพรงอากาศของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลมากขึ้น ทำให้การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากลักษณะความหนืดของแอสฟัลต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นผนังที่น้ำซึมผ่านไม่ได้และต้านทานการซึมผ่านของของเหลวได้ (Wongkvanklom, Posi, Kampala, Kaewngao, & Chindaprasirt, 2021) มากกว่านั้นการดูดซึมน้ำและความพรุนของคอนกรีตจะสัมพันธ์กับช่องว่างในซีเมนต์เพสต์และมวลรวม (Y. Khodair & Raza, 2017)

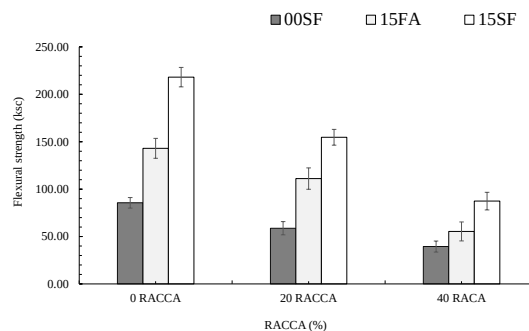
ความพรุนและการดูดซับสูงส่งผลเสียต่อความทนทานต่อการกัดกร่อนของคอนกรีต เนื่องจากของไหล เช่น น้ำซึมเข้าสู่คอนกรีต และทำให้ความเสถียรทางเคมีของคอนกรีตลดลง (Dulsang, Kasemsiri, Posi, Hizirolu, & Chindaprasirt, 2016) ตัวอย่างผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ และปริมาณโพรงอากาศ ที่ 28 วัน แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนผสม 00SF-00RACA, 00SF-20RACA และ 00SF-40RACA มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ ร้อยละ 5.26, 3.84 และ 3.55 ตามลำดับ และค่าปริมาณความพรุนเท่ากับ ร้อยละ 11.98, 8.82, และ 8.18 ตามลำดับ

และเมื่อทำการเติมเถ้าลอยขนาดละเอียดแทนปูนซีเมนต์ 15 % โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการเติมไมโครซิลิกา แทนปูนซีเมนต์ 15 % โดยน้ำหนัก พบว่า การแทนปูนซีเมนต์ด้วยไมโครซิลิกาให้ค่าการดูดซึมน้ำ และปริมาณโพรงอากาศที่ต่ำกว่าการแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยขนาดละเอียด ทุกอายุการทดสอบ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณ ไมโครซิลิกา และเถ้าลอยละเอียด ทำให้เกิดเจลของ C-A-S-H และ C-S-H เพิ่มสูงขึ้น เจลเหล่านี้ทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อสร้าง เมทริกซ์ที่หนาแน่นและเหนียวแน่นมากขึ้น ลดรูพรุนและรอยแตกขนาดเล็ก จึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความทนทาน นอกจากนี้ เมื่อวัสดุปอซโซลานมีขนาดเล็กละเอียด เช่น ไมโครซิลิกา การสร้างเมทริกซ์ที่หนาแน่นไม่ได้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกิดจากการเพิ่มความหนาแน่นของโครงสร้างจุลภาคผ่านการทำงานร่วมกันของรูปร่างอนุภาค อนุภาคของไมโครซิลิกา ที่ละเอียดมากทำหน้าที่เป็นสารเติมเต็ม ส่งผลให้ความหนาแน่นและความสมบูรณ์ทางกลของคอนกรีตดีขึ้น (Ergeshov et al., 2025)

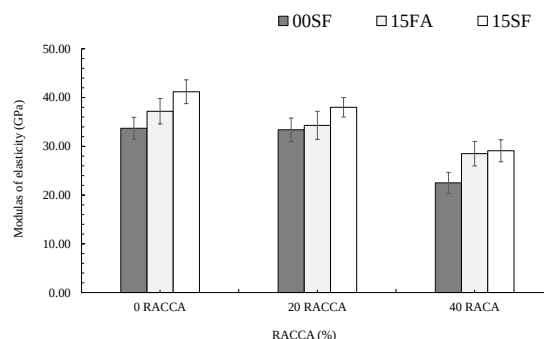
4.4 กำลังรับแรงดัด

ผลการทดสอบกำลังดัดของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล แสดงในรูปที่ 6 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลเพิ่มสูงขึ้นทำให้กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตมีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของบริเวณรอยต่อที่มีการยึดเกาะอ่อน (weak bond) ระหว่างมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล กับเนื้อวัสดุ (matrix) (Prinya, Pornnapa, Sompron, & Patcharapol, 2020) ดังตัวอย่างกำลังดัดของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล ส่วนผสม 00SF-00RACA, 00SF-20RACA และ 00SF-40RACA มีค่ากำลังรับแรงดัดเท่ากับ 85.6, 58.8 และ 39.5 ksc ตามลำดับ

และเมื่อทำการเติมเถ้าลอยขนาดละเอียดแทนปูนซีเมนต์ 15 % โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการเติมไมโครซิลิกา แทนปูนซีเมนต์ 15 % โดยน้ำหนัก พบว่า การแทนปูนซีเมนต์ด้วยไมโครซิลิกาให้ค่ากำลังรับแรงดัดที่สูงกว่าการแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยขนาดละเอียด ทุกอายุการทดสอบ การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงดัดมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยาที่เกิดจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (OPC) และวัสดุปอซโซลาน ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ส่งผลให้กำลังรับแรงดัดดีขึ้น (Phoo-ngernkham et al., 2015; Posi, et al., 2019)



รูปที่ 6 ผลกำลังรับแรงดัดของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน



รูปที่ 7 ผลโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

4.5 โมดูลัสยืดหยุ่น

ผลการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น ของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์ คอนกรีตรีไซเคิล แสดงในรูปที่ 7 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณของมวลรวมมวลรวมหยาบแอสฟัลต์ คอนกรีตรีไซเคิล เพิ่มขึ้น ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีแนวโน้มลดลง โดยแนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับการลดลงของกำลังรับแรงอัด ดังตัวอย่างโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบแอสฟัลต์ คอนกรีตรีไซเคิล ส่วนผสม 00SF-00RACCA, 00SF-20RACCA และ 00SF-40RACCA มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 33.7, 33.4 และ 22.5 GPa ตามลำดับ มากกว่านั้นโมดูลัสยืดหยุ่นได้รับอิทธิพลจากคุณสมบัติของมวลรวม อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน และกำลังรับแรงอัด (Chi, Huang, Yang, & Chang, 2003; Khan, Hao, Hao, & Shaikh, 2018) โดยทั่วไป ค่าของโมดูลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าสำหรับคอนกรีตที่มีกำลังอัดเท่ากัน แสดงถึงคุณภาพของคอนกรีตที่ดีกว่า

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 อภิปรายผล

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแทนที่มวลรวมหยาบธรรมชาติด้วยมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีต รีไซเคิล (RACA) ส่งผลให้กำลังอัด กำลังดัด และโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มปริมาณ RACA จาก 0 เป็น 40% แม้ว่าค่าการดูดซึมน้ำและความพรุนจะมีแนวโน้มลดลงก็ตาม การลดลงของกำลังเชิงกลสามารถอธิบายได้จากลักษณะเฉพาะของ RACA ซึ่งมีชั้นแอสฟัลต์เคลือบอยู่บนผิวมวลรวม ทำให้การยึดเกาะระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์บริเวณรอยต่อ (Interfacial Transition Zone: ITZ) มีประสิทธิภาพต่ำกว่ามวลรวมหินธรรมชาติ เนื่องจากแอสฟัลต์มีลักษณะเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นและมีพลังงานผิวต่ำ ส่งผลให้การถ่ายแรงระหว่างเนื้อคอนกรีตและมวลรวมลดลง เมื่อคอนกรีตได้รับแรงอัดหรือแรงดัด รอยแตกร้าวจึงสามารถเกิดและขยายตัวบริเวณ ITZ ได้ง่ายกว่า ส่งผลให้กำลังอัด กำลังดัด และโมดูลัสยืดหยุ่นลดลง

ในทางตรงกันข้าม ผลการทดลองพบว่าค่าการดูดซึมน้ำและความพรุนลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ RACA ซึ่งไม่ควรตีความว่าโครงสร้างภายในของคอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นโดยตรง เนื่องจากการลดลงดังกล่าวอาจเกิดจากคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic Property) ของชั้นแอสฟัลต์ที่เคลือบผิวมวลรวม ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันการซึมผ่านของน้ำเข้าสู่เนื้อคอนกรีต ส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำที่วัดได้ลดลง แม้ว่าความแข็งแรงเชิงกลของคอนกรีตจะลดลงก็ตาม ดังนั้นการประเมินคุณภาพของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของ RACA จึงควรพิจารณาร่วมกันทั้งสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

สำหรับการใช้ไมโครซิลิกาและเถ้าลอยละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก พบว่าวัสดุทั้งสองชนิดสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตได้ โดยเฉพาะไมโครซิลิกาซึ่งให้ค่ากำลังอัด กำลังดัด และโมดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าเถ้าลอยละเอียดอย่างชัดเจน เนื่องจากไมโครซิลิกามีขนาดอนุภาคเล็กมากและมีปริมาณซิลิกาอสัณฐานสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) ได้รวดเร็ว เกิดการสร้างเจล C-S-H เพิ่มขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างจุลภาคมีความหนาแน่นมากขึ้น

นอกจากนี้ อนุภาคขนาดเล็กของไมโครซิลิกายังทำหน้าที่เป็นวัสดุเติมเต็ม (Filler Effect) โดยสามารถแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างอนุภาคซีเมนต์และมวลรวม ทำให้ลดปริมาณรูพรุนและเพิ่มความต่อเนื่องของเนื้อวัสดุ ส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำและความพรุนลดลง พร้อมทั้งเพิ่มกำลังเชิงกลของคอนกรีตได้พร้อมกัน ในกรณีของเถ้าลอยละเอียด แม้จะให้กำลังอัดต่ำกว่าไมโครซิลิกา แต่การร่อนให้มีขนาดละเอียดมากขึ้นช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะส่งเสริมทั้งปฏิกิริยาปอซโซลานและผลของการเติมเต็มช่องว่าง ส่งผลให้กำลังอัดและความทนทานของคอนกรีตดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ไม่ได้ใช้วัสดุปอซโซลาน ทั้งยังมีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนและความยั่งยืน เนื่องจากเป็นวัสดุผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า จากการศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า แม้การใช้ RACA จะส่งผลให้กำลังเชิงกลลดลงจากผลของชั้นแอสฟัลต์ที่บริเวณ ITZ แต่การใช้วัสดุปอซโซลานที่มีความละเอียดสูง โดยเฉพาะไมโครซิลิกา สามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างจุลภาค ลดความพรุน และชดเชยผลกระทบดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถใช้ RACA ในสัดส่วนสูงถึง 40% สำหรับการผลิตคอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูงได้

5.2 สรุปผล

ผลการศึกษาทั้งหมดของงานวิจัย สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 การเพิ่มปริมาณ RACA จาก 0–40% ส่งผลให้กำลังอัด กำลังดัด และโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตลดลง เนื่องจากชั้นแอสฟัลต์ที่เคลือบผิวมวลรวมลดประสิทธิภาพการยึดเกาะบริเวณรอยต่อระหว่างมวลรวมและซีเมนต์เพสต์ (ITZ)

5.2.2 การเพิ่มปริมาณ RACA ส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำและความพรุนลดลง อย่างไรก็ตาม การลดลงดังกล่าวมีแนวโน้มเกิดจากคุณสมบัติไม่ชอบน้ำของชั้นแอสฟัลต์ มากกว่าการแสดงถึงการพัฒนาโครงสร้างภายในของคอนกรีตในทุกด้าน

5.2.3 การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยไมโครซิลิกาและเถ้าลอยละเอียดร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ช่วยเพิ่มกำลังอัด กำลังดัด และโมดูลัสยืดหยุ่น พร้อมทั้งลดค่าการดูดซึมน้ำและความพรุนของคอนกรีต อันเป็นผลจากปฏิกิริยาปอซโซลานและผลของการเติมเต็มช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต

5.2.4 ส่วนผสม 15SF-40RACA ให้สมบัติที่ดีที่สุด โดยมีกำลังอัดที่อายุ 1 วัน และ 28 วัน เท่ากับ 365 และ 728 ksc ตามลำดับ การดูดซึมน้ำ 0.48% ความพรุน 1.19% กำลังดัด 87.1 ksc และโมดูลัสยืดหยุ่น 29.1 GPa ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดคอนกรีตกำลังสูงของมาตรฐาน ACI 363.2R-11 (ACI 363.2R-11, 2011) ระบุว่า คอนกรีตกำลังสูง ต้องมีกำลังอัดที่ 28 วันต้องไม่น้อยกว่า 550 ksc.

5.2.5 ส่วนผสม 15FA-40RACA ให้กำลังอัดที่อายุ 1 วัน และ 28 วัน เท่ากับ 305 และ 504 ksc ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้อกำหนดของ มอก. 848-2546 สำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูปประเภทผนังและพื้น อีกทั้งยังช่วยลดการใช้น้ำปูนซีเมนต์และการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมก่อสร้างและพลังงาน

5.2.6 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ RACA ร่วมกับวัสดุปอซโซลานที่มีความละเอียดสูง โดยเฉพาะไมโครซิลิกา เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับการผลิตคอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าการนำมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล (RACA) มาใช้ร่วมกับเถ้าลอยละเอียดและไมโครซิลิกา สามารถพัฒนาคอนกรีตกำลังอัดระยะต้นสูงที่มีสมบัติเหมาะสมสำหรับงานคอนกรีตสำเร็จรูปได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกและขยายขอบเขตการประยุกต์ใช้งานในอนาคต ควรมีการศึกษาประเด็นเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

6.1 ก่อนนำมวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลมาใช้ ควรมีการตรวจสอบปริมาณแอสฟัลต์ที่เคลือบผิวมวลรวมและคุณภาพของมวลรวมรีไซเคิลให้มีความสม่ำเสมอ เนื่องจากปริมาณแอสฟัลต์ที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อการยึดเกาะบริเวณรอยต่อระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์ (Interfacial Transition Zone; ITZ) และส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีต

6.2 ควรศึกษาสมบัติด้านความทนทานในระยะยาว (Long-term Durability) ของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของ RACA เพิ่มเติม เช่น การซึมผ่านของคลอไรด์ (Chloride Penetration Resistance) การซึมผ่านน้ำ (Water Permeability) ความต้านทานต่อการกัดกร่อนของเหล็กเสริม ความต้านทานต่อซัลเฟต และการต้านทานการเกิดคาร์บอนเนชัน เพื่อประเมินความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง

6.3 ควรศึกษาพฤติกรรมระยะยาวของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของ RACA เช่น การหดตัว (Drying Shrinkage) การคืบ (Creep) และการแตกร้าวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เนื่องจากสมบัติดังกล่าวมีผลโดยตรงต่ออายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีต

6.4 ควรศึกษาความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริม (Bond Strength between Concrete and Reinforcement) รวมถึงพฤติกรรมของชิ้นส่วนโครงสร้างจริง เช่น คาน เสา และแผ่นพื้น เพื่อยืนยันศักยภาพในการนำไปใช้งานทางวิศวกรรมโครงสร้าง

6.5 ควรศึกษาระดับการแทนที่มวลรวมหยาบแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลที่สูงกว่า 40% หรือการใช้ RACA แทนที่มวลรวมหยาบทั้งหมด เพื่อกำหนดขีดจำกัดการใช้งานและประเมินศักยภาพในการใช้ทรัพยากรรีไซเคิลให้เกิดประโยชน์สูงสุด

6.6 ควรศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพผิวของ RACA ก่อนนำมาใช้ เช่น การล้างทำความสะอาด การกำจัดชั้นแอสฟัลต์บางส่วน การเคลือบผิวด้วยสารปอซโซลาน หรือการปรับสภาพด้วยสารละลายเคมี เพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์ และลดผลกระทบจากชั้นแอสฟัลต์ที่ตกค้างอยู่บนผิวมวลรวม

6.7 ควรมีการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของ RACA ภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง (Field Exposure Test) และการติดตามผลในระยะยาว เพื่อยืนยันความเหมาะสมในการนำไปใช้งานก่อสร้างจริง รวมทั้งประเมินอายุการใช้งานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของวัสดุรีไซเคิลชนิดนี้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ รหัสโครงการ FF69/KKC/057

เอกสารอ้างอิง

- ACI 363.2R-11. (2011). Goide to Quality Control and Assurance of High-Strength Concrete. *ACI Materials Journal*.
- ASTM C39/C39M-20. (2018). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. Annual Book of ASTM Standard, Vol 04.02.
- ASTM C78 / C78M - 16. (2016). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. Annual Book of ASTM Standard, vol 04.02.
- ASTM C469/C469M-14. (2014). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. Annual Book of ASTM Standard, Vol.02.01.
- ASTM C642-21. (2021). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02.
- Chi, J. M., Huang, R., Yang, C. C., & Chang, J. J. (2003). Effect of aggregate properties on the strength and stiffness of lightweight concrete. *Cement and Concrete Composites*, 25(2), 197-205. doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00020-3).
- Dulsang, N., Kasemsiri, P., Posi, P., Hiziroglu, S., & Chindapasirt, P. (2016). Characterization of an environment friendly lightweight concrete containing ethyl vinyl acetate waste. *Materials & Design*, 96, 350-356. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2016.02.037>.
- Ergeshov, Z., Örklemmez, E., Ketema, A., Kwami, M., Ilkentapar, S., Durak, U., Karahan, O., & Atiş, C. (2025). Influence of Silica Fume on the Mechanical and Microstructural Properties and Life Cycle Assessment of Fly Ash-Based Geopolymer Mortar. *Arabian Journal for Science and Engineering*. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s13369-025-10142-9>.
- Grabiec, A., Zawal, D., & Szulc, J. (2015). Influence of type and maximum aggregate size on some properties of high-strength concrete made of pozzolana cement in respect of binder and carbon dioxide intensity indexes. *Construction and Building Materials*, 98, 17-24. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.108>.
- Khan, M. Z. N., Hao, Y., Hao, H., & Shaikh, F. U. A. (2018). Mechanical properties of ambient cured high strength hybrid steel and synthetic fibers reinforced geopolymer composites. *Cement and Concrete Composites*, 85, 133-152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.10.011>.

- Khodair, Y., & Raza, M. (2017). Sustainable self-consolidating concrete using recycled asphalt pavement and high volume of supplementary cementitious materials. *Construction and Building Materials*, 131, 245-253. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.044>.
- Khodair, Y. A., & engineering, L. J. J. o. b. (2017). Self-compacting concrete using recycled asphalt pavement and recycled concrete aggregate. *Journal of Building Engineering*, 12, 282-287. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2017.06.007>.
- Phoo-ngernkham, T., Sata, V., Hanjitsuwan, S., Ridditirud, C., Hatanaka, S., & Chindaprasirt, P. (2015). High calcium fly ash geopolymer mortar containing Portland cement for use as repair material. *Construction and Building Materials*, 98, 482-488. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.139>.
- Posi, P., Kasemsiri, P., Lertnimoolchai, S., & Chindaprasirt, P. (2019). effect of fly ash fineness on compressive, flexural and shear strength of high strength-high volume fly ash jointing mortar. *International Journal of GEOMATE*, 16(54), 36-41. doi: <http://dx.doi.org/10.21660/201.54.4662>.
- Prinya, C., Pornnapa, K., Sompron, L., & Patcharapol, P. (2020). Durability of concrete containing recycled asphaltic concrete aggregate and high calcium fly ash. *GEOMATE Journal*, 19(74), 8-14. doi: <http://dx.doi.org/10.21660/2020.74.5541>.
- Prinya, C., Pornnapa, K., Suttipong, P.-a., & Patcharapol, P. (2021). Fluidized bed coal-bark fly ash geopolymer with additives cured at ambient temperature. *GEOMATE Journal*, 16(54), 29-35. doi: <http://dx.doi.org/10.21660/2019.54.4654>.
- Wongkvanklom, A., Posi, P., Kampala, A., Kaewngao, T., & Chindaprasirt, P. (2021). Beneficial utilization of recycled asphaltic concrete aggregate in high calcium fly ash geopolymer concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00615>.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ได้นำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยได้นำเศษวัสดุมวลรวมหยาบแอสฟัลท์คอนกรีตรีไซเคิล มาใช้ในการผลิตคอนกรีตอีกครั้ง และทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของ คอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบแอสฟัลท์คอนกรีตรีไซเคิล เพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่า โดยการนำการนำวัสดุผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตเดิม ที่ได้จากการรื้อถนนแอสฟัลท์ เพื่อซ่อมแซม และสร้างถนนใหม่ จึงมีเศษวัสดุผิวทางแอสฟัลท์เดิม (RAP) ซึ่งเป็นของเสียมากขึ้นทุกวันอย่างต่อเนื่อง นำมาย่อยให้เป็นมวลรวมหยาบแอสฟัลท์คอนกรีตรีไซเคิล และทำการคัดขนาดให้ได้ตามมาตรฐานของมวลรวมหยาบและนำกลับมาใช้งานอีกครั้ง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการก่อสร้าง และเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบแอสฟัลท์คอนกรีตรีไซเคิลอย่างยั่งยืนต่อไป

การพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ ด้วยระบบออฟไลน์

ชัยวัฒน์ นึกชนะ^{1*} อัญญา วรรณกายนต² สุชาติ คุมณิล³ วิรัช อนุชานุรักษ์⁴

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ^{1* 2 3 4}

อีเมล : chaiwat.nukchana2022@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 13 กุมภาพันธ์ 2569

วันแก้ไขบทความ 25 พฤษภาคม 2569

วันตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ และเพื่อหาประสิทธิภาพและประเมินคุณภาพของเครื่องกัดซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น โดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยี 7 ขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่า เครื่องกัดซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติเด่นคือสามารถทำงานแบบออฟไลน์โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีขนาดพื้นที่งานกัด 350x350x120 มิลลิเมตร โครงสร้างทำจากแผ่นอลูมิเนียม ใช้สปีดมอเตอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 800 วัตต์ 24,000 รอบต่อนาที พร้อมปั้มน้ำระบายความร้อน ขับเคลื่อนด้วยสเต็ปมอเตอร์และบอลสกรูทั้ง 3 แกน ใช้ระบบจับยึดชิ้นงาน สายไฟ และดอกกัดอย่างมั่นคง มีระบบควบคุมผ่านบอร์ด Mach3 และหน้าจอทัชสกรีน 7 นิ้ว โดยใช้ซอฟต์แวร์ CAD/CAM ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่กัดชิ้นงานตามแนวแกน X Y Z และการทดสอบกัดชิ้นงานจริงในรูปทรงต่าง ๆ พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.44 เครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย และมีความแม่นยำ สามารถนำไปใช้งานได้จริงในการผลิตชิ้นงานแกะสลักไม้ ช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการเตรียมระบบคอมพิวเตอร์ ลดต้นทุน เพิ่มกำลังการผลิต และยกระดับคุณภาพมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แกะสลักไม้ให้มีขีดความสามารถในการแข่งขัน อีกทั้งยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิตและควบคุมอัตโนมัติให้กับวงการวิชาการอุตสาหกรรมของไทยอีกด้วย

คำสำคัญ : ซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก มินิซีเอ็นซี การแกะสลักไม้ ระบบออฟไลน์

Development of Offline Mini CNC Milling Machine for Wood Carving

Chaiwat Nuekchana^{1*}, Asada Wannakayont², Suchat Dumnil³,
Wirach Anuchanuruk⁴

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

E – mail : chaiwat.nuekchana2022@gmail.com^{1*}

Received 13 February 2026

Revised 25 May 2026

Accepted 15 June 2026

Abstract

This research aims to design and develop a small CNC milling machine for wood carving with an offline system, and to determine the efficiency and evaluate the quality of the developed CNC milling machine. The development process followed a 7-step technological approach. The results showed that the developed CNC milling machine has a unique feature of being able to work offline without requiring a connection to a computer. It has a machining area of 350x350x120 millimeters and a structure made of aluminum sheets. The machine uses an 800-watt, 24,000 rpm water-cooled spindle motor with a cooling pump. It is driven by stepping motors and ball screws on all three axes. The machine employs a robust system for securing the workpiece, wires, and cutting tools. The control system is managed through a Mach3 board and a 7-inch touchscreen, utilizing the ArtCAM software for design and workpiece creation. The efficiency tests of the machining movement along the X, Y, and Z axes, as well as the actual machining tests on various shapes, revealed that the average deviation was at an excellent level. The quality assessment by 5 experts found that the overall quality was at an excellent level, with an average of 4.71 and a standard deviation of 0.44. The developed small CNC milling machine for offline wood carving demonstrates high efficiency, ease of use, and precision. It can be practically applied in the wood carving production industry, reducing the steps and time required for computer system preparation, lowering costs, increasing production capacity, and enhancing the quality and competitiveness of wood carving products. Furthermore, it contributes to the development of knowledge in production technology and automatic control for the Thai industrial academic sector.

Keywords : CNC, CNC milling machine, Mini CNC milling machine, Wood carving, Offline system

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ หรือ ซีเอ็นซี (CNC) มีบทบาทสำคัญยิ่งในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) ที่ต้องการเครื่องจักรขนาดเล็กเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน (สมมาตร และ นพรุจ, 2565; Wasis et al., 2021; Runwal, 2017) แต่เครื่องจักรซีเอ็นซีส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่ ราคาแพง และมีความซับซ้อนในการติดตั้งและใช้งาน (วิทยา และคณะ, 2542; สมมาตร และ นพรุจ, 2565) นอกจากนี้ระบบควบคุมส่วนใหญ่ยังต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา ทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายและใช้งานในพื้นที่จำกัด ดังนั้น การพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กจึงไม่ได้เน้นเพียงการลดขนาดเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการพัฒนาระบบควบคุมให้ทำงานได้แบบออฟไลน์โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและให้ผู้ประกอบการรายย่อยเข้าถึงเทคโนโลยีการผลิตสมัยใหม่ได้ในราคาประหยัด (Wasis et al., 2021; Rastvorova & Klyucherev, 2021) อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมการออกแบบและควบคุมอัตโนมัติ (สมมาตร และ นพรุจ, 2565)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ามีการศึกษาพัฒนาเครื่องซีเอ็นซีขนาดเล็กทั้งด้านการออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุมอย่างกว้างขวาง เช่น งานวิจัยของ Nugroho et al. (2021), Ertekin & Chiou (2013), สมมาตร และ นพรุจ (2565), รัชชานนท์ และ วุฒิพงษ์ (2562) และ Rangel et al. (2011) อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อว่างในการวิจัยที่สำคัญคือความยุ่งยากในการใช้ซอฟต์แวร์ควบคุมที่ซับซ้อนและการต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการพัฒนา "ระบบออฟไลน์" ที่รองรับการอ่านรหัส G-code จากหน่วยความจำภายนอกโดยตรง ซึ่งเป็นการต่อยอดจากงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น การควบคุมผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (สมมาตร และ นพรุจ, 2565) และการใช้คอมพิวเตอร์แผงวงจรเดี่ยว (จักรดาว และ ตะวัน, 2547)

ปัญหาที่ศึกษานี้ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคมโดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมหัตถกรรมแกะสลักไม้ที่ยังคงพึ่งพาช่างฝีมือดั้งเดิม ซึ่งใช้เวลานานในการผลิตและตอบสนองต่อตลาดได้ช้า การขาดแคลนเครื่องจักรซีเอ็นซีราคาถูกที่ผลิตในประเทศทำให้ไทยสูญเสียเงินตราต่างประเทศจากการนำเข้า การพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กพร้อมระบบออฟไลน์จะช่วยให้ผู้ประกอบการ SME และชุมชนสามารถเพิ่มกำลังการผลิตและรักษาคุณภาพชิ้นงานได้เทียบเท่ากับโรงงานใหญ่ ซึ่งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือได้ต้นแบบเครื่องกัดซีเอ็นซีที่ใช้งานง่าย มีความยืดหยุ่นสูง ลดขั้นตอนและเวลาในการเตรียมระบบคอมพิวเตอร์ ช่วยลดต้นทุน เพิ่มรายได้ และยกระดับความสามารถในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์แกะสลักไม้ไทย รวมทั้งเสริมสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการด้านเทคโนโลยีการผลิตและควบคุมอัตโนมัติ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ซึ่งรองรับการทำงานโดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ทรงคุณค่าของชาติต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพ และประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

3. วิธีการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ และแบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

ผู้วิจัยใช้กระบวนการเทคโนโลยี ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554 : 3)

1) ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหาหรือความต้องการ โดยวิเคราะห์สถานการณ์ที่ต้องการพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการผลิต ลดระยะเวลา และต้นทุนการผลิต

การแกะสลักวัตถุดิบจากไม้ถือเป็นงานศิลปหัตถกรรมที่สะท้อนภูมิปัญญาและคุณค่าทางวัฒนธรรมของไทย ซึ่งได้รับความนิยมสืบต่อกันมาอย่างยาวนาน อย่างไรก็ตาม ในบริบทปัจจุบันการผลิตแบบดั้งเดิมกำลังเผชิญกับปัญหาหลายประการที่ส่งผลกระทบต่อพัฒนาและความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมนี้ (1) ปัญหาด้านความแม่นยำและความสม่ำเสมอของชิ้นงาน เนื่องจากการแกะสลักด้วยมือขึ้นอยู่กับทักษะของช่างเป็นหลัก ทำให้รายละเอียด ลวดลาย และความลึกของงานมีความแตกต่างกันในแต่ละชิ้น (2) ระยะเวลาการผลิตที่ยาวนาน โดยเฉพาะเมื่อต้องผลิตจำนวนมาก และหากเกิดความผิดพลาดมักไม่สามารถแก้ไขได้ง่าย ส่งผลให้สูญเสียทั้งเวลาและทรัพยากร นอกจากนี้ ต้นทุนการผลิตยังอยู่ในระดับสูง ทั้งค่าจ้างช่างฝีมือ วัตถุดิบ เครื่องมือ และค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมแรงงานใหม่ อีกทั้งยังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เนื่องจากคนรุ่นใหม่ไม่นิยมสืบทอดอาชีพ และการทำงานที่ใช้เวลานานส่งผลต่อสุขภาพของช่าง สุดท้ายคือความยากในการควบคุมคุณภาพและมาตรฐานการผลิตให้เท่าเทียมกันทุกชิ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคากำหนดและการวางแผนการผลิตโดยรวมของอุตสาหกรรมนี้ จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมด ส่งผลให้การผลิตวัตถุดิบจากไม้แบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดในการพัฒนาเป็นอุตสาหกรรม และไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นได้ การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เครื่องกัดซีเอ็นซี มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จึงเป็นแนวทางสำคัญในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตวัตถุดิบจากไม้ให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป

2) ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูล จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น หลักการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี ระบบควบคุมมอเตอร์ การเขียนโปรแกรม G-Code คุณสมบัติของไม้ชนิดต่าง ๆ ตลอดจนมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้งาน

3) ขั้นที่ 3 การเลือกวิธีการ พิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างเครื่อง โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ขนาดของเครื่อง กำลังมอเตอร์ ความละเอียดในการแกะสลัก ต้นทุนในการสร้าง และความสะดวกในการใช้งาน

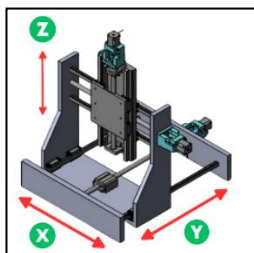
4) ขั้นที่ 4 การออกแบบและปฏิบัติการ เริ่มจากการออกแบบโครงสร้างเครื่อง การวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ ชุดควบคุม หัวกัด ระบบเคลื่อนที่แกน X Y Z จากนั้นลงมือสร้างตามแบบที่วางไว้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กที่ใช้หัวสปินดีลแบบระบายความร้อนด้วยน้ำใช้ระบบควบคุมด้วยบอร์ดคอนโทรล Mach 3 แบบออฟไลน์ โครงสร้างตัวเครื่องผู้วิจัยได้ออกแบบและเลือกใช้เป็นแผ่นอลูมิเนียมที่มีความหนา 12 มิลลิเมตร 10 มิลลิเมตรและ 8 มิลลิเมตร ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก ทนต่อการกัดกร่อน คงทนแข็งแรงเสริมสร้างความแม่นยำของตัวเครื่อง ไม่เกิดสนิม มีน้ำหนักเบา เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการความแข็งแรงและการเคลื่อนย้ายได้ง่ายเพราะมีน้ำหนักเบา เป็นวัสดุ และอุปกรณ์ที่หาซื้อง่าย ราคาไม่สูงมาก สามารถซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย

ในขั้นนี้ ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา เพื่อประกอบเป็นตัวอย่างในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กให้ง่ายแก่ความเข้าใจเพื่อหาขนาดของมอเตอร์ของแกนเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กที่ต้องการใช้เทียบเคียงกับค่าสมรรถนะเพื่อหาประสิทธิภาพที่ต้องการ โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรในการหาค่าตัวแปรเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กเพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ ของขั้นตอนการออกแบบระบบเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กมีทั้งหมด 2

ค่าตัวแปร ประกอบไปด้วย การหาประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X Y Z และการหาประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ที่กีดขวางตามแนวแกน X Y Z

(1) ขั้นตอนการออกแบบระบบ (System Design)

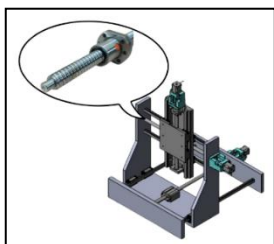
- การออกแบบของโครงสร้างแต่ละแกนของเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก แกน X Y Z โดยใช้โปรแกรม Solid Work 2022 ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก 3 แกน X Y Z

รูปที่ 1 แสดงภาพแบบโครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก ลักษณะโครงสร้างเป็นแบบโครงรอกยกสิ่งของ (Gantry CNC) แบบ 3 แกน X,Y,Z โครงสร้างเครื่องซีเอ็นซีมีขนาดพื้นที่งานกัด แกน X 350 มิลลิเมตร แกน Y 350 มิลลิเมตร แกน Z 120 มิลลิเมตร ทำจากแผ่นอลูมิเนียมหนา 12 มิลลิเมตร 10 มิลลิเมตรและ 8 มิลลิเมตร

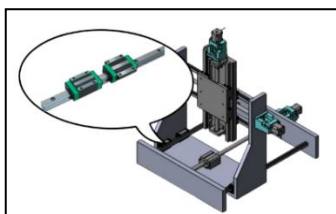
- การใช้โปรแกรม Solid Work 2022 เขียนแบบชิ้นส่วนมาตรฐานของตัวเพลาลูกสกรู ทั้ง 3 แกน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก ที่วาง เพลาลูกสกรู

รูปที่ 2 แสดงภาพแบบโครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กใช้บอลสกรู SFU1605 (Ball Screw SFU1605) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู 16 มิลลิเมตร สกรู (ระยะต่อ 1 รอบการหมุน) 5 มิลลิเมตร ระยะเกลียว Pitch 5 มิลลิเมตร ขนาดร่อง Ball Diameter 3.175 มิลลิเมตร ในการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แกน

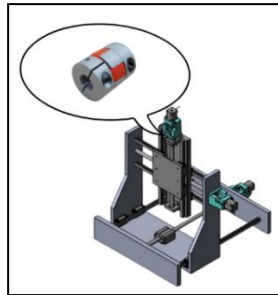
- การใช้โปรแกรม Solid Work 2022 เขียนแบบชิ้นส่วนมาตรฐานของลิเนียร์ไกด์ หรือ ลิเนียร์สไลด์ ทั้ง 3 แกน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก ที่วางลิเนียร์ไกด์ หรือ ลิเนียร์สไลด์

รูปที่ 3 แสดงภาพแบบโครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กมีลิเนียร์ไกด์ หรือ ลิเนียร์สไลด์ HGR15 15 mm. Precision Linear Guide Rail ใช้ร่วมกับ HGH15CA Square Slide Block ขนาด 15 มิลลิเมตร เป็นตัวประกอบกับ เคลื่อนที่ตามแกนให้เกิดความแม่นยำสูงทั้ง 3 แกน

- การใช้โปรแกรม Solid Work 2022 เขียนแบบชิ้นส่วนมาตรฐานของจอร์คัปปลิง (Jaw Couplings) ทั้ง 3 แกน ดังรูปที่ 4

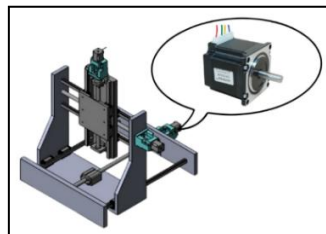


รูปที่ 4 โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กใช้จอร์คัปปลิง (Jaw Couplings)

รูปที่ 4 แสดงภาพแบบโครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กที่ใช้ จอร์คัปปลิง (Jaw Couplings) ชนิดแคลมป์ สำหรับจับยึดระหว่าง สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) กับบอลสกรู (Ball Screw) เส้นผ่านศูนย์กลางรูเพลาลึกสุด 6 มิลลิเมตร/ใหญ่สุด 10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 20 มิลลิเมตร ความยาวรวม 25 มิลลิเมตร

(2) การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ บนตัวโครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก

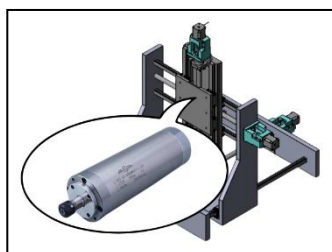
- การวางสเต็ปป์มอเตอร์ในแต่ละแกนของเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การวางสเต็ปป์มอเตอร์ในแต่ละแกนของเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก

รูปที่ 5 แสดงภาพแบบโครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กที่ใช้สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) Nema 23 แรงบิด 1.2 นิวตันเมตร ทั้ง 3 แกน

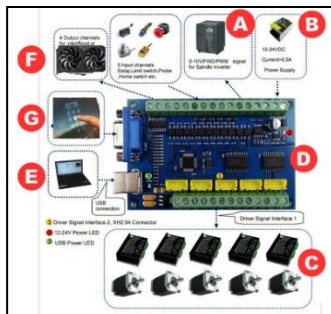
- การวางสปินเดิลมอเตอร์ของเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก ดังภาพที่ 6



รูปที่ 6 สปินเดิลมอเตอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Spindle Motor)

รูปที่ 6 แสดงภาพแบบโครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กที่สปินเดิลมอเตอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Spindle Motor) 800 วัตต์ 220 โวลต์ 24,000 รอบ/นาที ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65X195 มิลลิเมตร

- การวางระบบไฟฟ้าระบบควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก ดังภาพที่ 7



รูปที่ 7 ระบบควบคุม (Controller)

รูปที่ 7 แสดงภาพระบบควบคุม (Controller) ของเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก

A คือ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) สำหรับสปินเดิลมอเตอร์

B คือ สวิตชิงพาวเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) สำหรับชุด Controller

C คือ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor Driver DM542) สำหรับควบคุมสเต็ปมอเตอร์

D คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MACH3 USB 5Axis 100KHz Controller Board

E คือ พอร์ต USB (Universal Serial Bus) ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ หรือเพื่อถ่ายโอนข้อมูล ไฟล์โปรแกรม

F คือ พัดลมระบายความร้อน DC 24 โวลต์ ขนาด 80X80X15 มิลลิเมตร

G คือ จอแสดงผลแบบทัชสกรีน ขนาด 7 นิ้ว

5) ขั้นที่ 5 การทดสอบ ทำการทดสอบการทำงานของระบบต่าง ๆ เช่น ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ ความละเอียดในการแกะสลัก คุณภาพของชิ้นงาน ระยะเวลาในการผลิต และความปลอดภัยโดยรวม

6) ขั้นที่ 6 การปรับปรุงแก้ไข นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงส่วนที่มีปัญหา เช่น การปรับแต่งความเร็วในการตัดเฉือน การปรับปรุงโปรแกรมควบคุม หรือการแก้ไขโครงสร้างเครื่อง

7) ขั้นที่ 7 การประเมินผล ประเมินผลการพัฒนาโดยรวมว่าสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ในด้านประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพชิ้นงาน และความคุ้มค่าในการลงทุน หากพบว่ายังมีจุดที่ต้องพัฒนา ก็สามารถย้อนกลับไปปรับปรุงในขั้นตอนที่เกี่ยวข้องต่อไป

8) ให้ที่ปรึกษาตรวจสอบเนื้อหา ความถูกต้องและความเหมาะสม ตรงตามกรอบแนวคิดกระบวนการเทคโนโลยี แล้วนำมา ปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะของที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

การสร้างแบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง โดยมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ ตามลำดับต่อไปนี้

1) ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่มีการประเมินคุณภาพ ประเมินเครื่องมือ เครื่องมือ เครื่องจักร เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างประเมินคุณภาพ

2) กำหนดประเด็น เนื้อหา และขอบเขตที่จะทำสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3) สร้างแบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ฉบับร่าง ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดรายการแบบประเมินคุณภาพในด้านต่างๆ ไว้ แบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ (1) ด้านการออกแบบ, (2) ด้านการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ (3) ด้านการทำงาน และ (4) ด้านความปลอดภัย

4) แบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ เป็นแบบประเมินชนิดมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) แบ่งระดับออกเป็น 5 ระดับการพิจารณา มีดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

5) นำแบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ฉบับร่างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา สำคัญ ประเด็นข้อคำถามในเรื่องที่ต้องการศึกษา ภาษาที่ใช้ชัดเจนหรือไม่ พิมพ์ผิดหรือสะกดผิดหรือไม่ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำกลับมาปรับปรุงแก้ไข

6) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Consistency : IOC) โดยการจัดส่งแบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ฉบับร่างให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการตรวจสอบตรวจสอบเครื่องมือวิจัย จำนวน 5 คน จากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ พิจารณาความเที่ยงตรงของเนื้อหา ในแต่ละข้อคำถาม

7) นำแบบประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแล้ว จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กต่อไป

3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่กัตขึ้นงานตามแนวแกน X Y Z

1) เตรียมเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กให้พร้อมใช้งานและเช็คความเรียบร้อยให้มีความปลอดภัยในการทดสอบ โดยการตรวจสอบระบบไฟฟ้าและการต่อสายดินของเครื่อง เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ปรับตั้งค่าศูนย์ (Homming) ของเครื่องให้ถูกต้องทั้งสามแกน

2) ติดตั้งเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์สำหรับวัดระยะและเตรียมแบบบันทึกผลการทดสอบให้พร้อม

3) ทำการทดสอบที่ละแกน โดยเริ่มจากแกน X และ Y ที่ระยะ 100, 150 และ 250 มิลลิเมตร ส่วนแกน Z จะทดสอบที่ระยะ 25, 50 และ 100 มิลลิเมตร แต่ละระยะจะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้งเพื่อความแม่นยำ โดยในแต่ละครั้งจะวัดระยะการเคลื่อนที่จริงด้วยเวอร์เนียร์และบันทึกค่าที่วัดได้ เพื่อนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนต่อไป

4) ทดสอบประสิทธิภาพการกัตขึ้นงาน จะเริ่มจากการเตรียมวัสดุทดสอบและติดตั้งดอกกัดที่เหมาะสม พร้อมทั้งตั้งค่าพารามิเตอร์การกัตและเตรียมโปรแกรม G-Code สำหรับการกัดรูปทรงต่างๆ

5) ทำการกัตขึ้นงาน 3 รูปแบบ ได้แก่ วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร สี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 80X100X10 มิลลิเมตร และสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 100X100X10 มิลลิเมตร โดยแต่ละรูปแบบ จะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง วัดขนาดขึ้นงานจริงและบันทึกผลการวัด

6) ทำการวิเคราะห์ผลโดยคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดสอบทั้งหมด และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก (ค่าความคลาดเคลื่อน 0.00-0.20 มิลลิเมตร) ดี (0.21-0.40 มิลลิเมตร) ปานกลาง (0.41-0.60 มิลลิเมตร) น้อย (0.61-0.80 มิลลิเมตร) และควรปรับปรุง (ตั้งแต่ 0.81 มิลลิเมตรขึ้นไป) ตามแนวคิดของมาตรฐานสากล ISO 230-2 โดยกำหนดการแปรผันระยะทางในแนวแกน X, Y (100, 150, 250 มม.) และแกน Z (25, 50, 100 มม.) ควบคู่กับการทดสอบกัตขึ้นงานรูปทรงเรขาคณิตมาตรฐาน (วงกลม สี่เหลี่ยมผืนผ้า และสี่เหลี่ยมจัตุรัส)



7) สรุปผลระดับประสิทธิภาพของเครื่อง

3.3.2 การประเมินคุณภาพเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

1) ติดต่อประสานงานผู้เชี่ยวชาญและจัดเตรียมสถานที่ในประเมินคุณภาพเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

2) ผู้วิจัยทำเรื่องขออนุญาตหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญจากสำนักงานคณะกรรมการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ในการประเมินคุณภาพเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักวัสดุมงคลจากไม้

3) ผู้วิจัยนำหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ เสนอผู้เชี่ยวชาญ นัดวัน เวลา และสถานที่ในการประเมิน

4) ผู้วิจัยได้นำเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ โดยได้ทำการสาธิต แนะนำและอธิบายวิธีการออกแบบ การพัฒนา พร้อมทั้งวิธีการใช้งานเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ให้ผู้เชี่ยวชาญ และตอบคำถามตามที่ผู้เชี่ยวชาญได้ซักถามกับผู้วิจัย

5) ผู้เชี่ยวชาญทำการทดลองใช้เครื่อง และประเมินคุณภาพเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

6) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการประเมินคุณภาพเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์จากผู้เชี่ยวชาญ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.4.1 ค่าร้อยละ การหาร้อยละของระดับคะแนนมีสูตรทางสถิติ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556 : 122-123)

ดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละ (\%)} = \frac{X}{N} \times 100$$

3.4.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean : $\bar{X}$) การหาค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนมีสูตรทางสถิติ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556 : 124) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

3.4.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีสูตรทางสถิติ (ธานินทร์ ธิลปิจารุ, 2549 : 167-168) ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{(N - 1)}}$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องกั๊กซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

เครื่องกั๊กซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติเด่นคือสามารถทำงานแบบออฟไลน์โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ กับคอมพิวเตอร์ มีขนาดพื้นที่งานกัด 350x350x120 มิลลิเมตร โครงสร้างทำจากแผ่นอลูมิเนียมความหนา 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ใช้สปินเดิลมอเตอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 800 วัตต์ 24,000 รอบต่อนาที ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 65x195 มิลลิเมตร พร้อมด้วยปั้มน้ำระบายความร้อนขนาด 50 วัตต์ 3,500 ลิตรต่อชั่วโมง ระบบ ขับเคลื่อนใช้สเต็ปมอเตอร์ Nema 23 แรงบิด 1.2 นิวตันเมตร และบอลสกรู SFU1605 ทั้ง 3 แกน ร่วมกับ

ลิเนียร์ไกด์ HGR15 ขนาด 15 มิลลิเมตร มีระบบจับยึดสปินเดิลมอเตอร์ด้วย Spindle Motor Clamp Mount Bracket พร้อมคอเลท ER11 สำหรับจับยึดดอกกัดขนาด 1-8 มิลลิเมตร และมีรางกระดุกงขนาด 25 มิลลิเมตร สำหรับเก็บสายไฟและสายควบคุมต่าง ๆ ระบบไฟฟ้าประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์สำหรับแปลงไฟ DC เป็น AC ให้สปินเดิลมอเตอร์ สวิตซ์เพาเวอร์สวิตช์พลาซสำหรับแปลงไฟ AC เป็น DC ให้ชุดคอนโทรลเลอร์ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ ไดรเวอร์ DM542 สำหรับควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MACH3 USB 5 แกน 100KHz และพัดลมระบายความร้อน DC 24 โวลต์ และระบบควบคุมใช้บอร์ด Mach3 ระบบออฟไลน์ 5 แกน ผ่านจอทัชสกรีนขนาด 7 นิ้ว โดยใช้ซอฟต์แวร์ CAD/CAM ในการออกแบบและผลิตชิ้นงานด้วย CAD/CAM ทั้งนี้เครื่องกัดซีเอ็นซีดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นโดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยี 7 ขั้นตอน เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสำหรับงานในการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์โดยเฉพาะ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์



รูปที่ 9 การทดสอบเคลื่อนที่ในแนวแกน x ความยาว 100 มิลลิเมตรจำนวน 10 ครั้ง



รูปที่ 10 หน้าจอแสดงผลการเคลื่อนที่ในแนวแกน x (แถบสีเขียว) ความยาว 100 มิลลิเมตร

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์จากการเคลื่อนที่กัดชิ้นงานตามแนวแกน X Y Z

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระยะของแกน X

คำสั่งที่ กำหนดการ เคลื่อนที่	ระยะทางที่เวอร์เนียวัดได้ (มิลลิเมตร)										เฉลี่ย	ค่าความ คลาด เคลื่อน (มม.)	ระดับ ประสิทธิ ภาพ
	ครั้งที่												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
X1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	ดีมาก
X2	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	0.00	ดีมาก
X3	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย												0.00	ดีมาก

หมายเหตุ : X1 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 100.00, X2 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 150.00 และ X3 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 250.00

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการทดสอบระยะการเคลื่อนที่ของแกน X (เฉลี่ย 10 ครั้ง) ที่ระยะ 100, 150 และ 250 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับระยะที่กำหนด ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.00 มิลลิเมตร และมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมากทุกระยะ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระยะของแกน Y

คำสั่งที่ กำหนดการ เคลื่อนที่	ระยะทางที่เวอร์เนียวัดได้ (มิลลิเมตร)										เฉลี่ย	ค่าความ คลาด เคลื่อน (มม.)	ระดับ ประ สิทธิ ภาพ
	ครั้งที่												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Y1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	ดีมาก
Y2	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	0.00	ดีมาก
Y3	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย												0.00	ดีมาก

หมายเหตุ : Y1 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 100.00, Y2 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 150.00 และ Y3 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 250.00

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการทดสอบระยะการเคลื่อนที่ของแกน Y (เฉลี่ย 10 ครั้ง) ที่ระยะ 100, 150 และ 250 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับระยะที่กำหนด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.00 มิลลิเมตร และมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมากทุกระยะ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบระยะของแกน Z

คำสั่งที่ กำหนดการ เคลื่อนที่	ระยะทางที่เวอร์เนียรวัดได้ (มิลลิเมตร)										เฉลี่ย	ค่าความ คลาด เคลื่อน (มม.)	ระดับ ประสิทธิ ภาพ
	ครั้งที่												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Z1	25	50	50	50	50	50	50	50	50	50	25	0.00	ดีมาก
Z2	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0.00	ดีมาก
Z3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย												0.00	ดีมาก

หมายเหตุ : Z1 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 25.00, Z2 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 50.00 และ Z3 กำหนดการเคลื่อนที่ (มม.) เท่ากับ 100.00

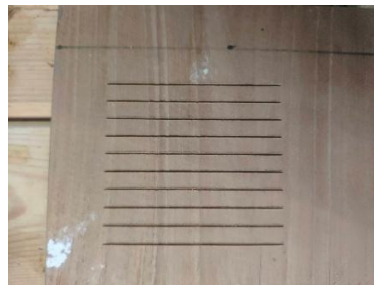
จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบระยะการเคลื่อนที่ของแกน Z (เฉลี่ย 10 ครั้ง) ที่ระยะ 25, 50 และ 100 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับระยะที่กำหนด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.00 มิลลิเมตร และมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมากทุกระยะ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบกัดชิ้นงานจริง

รูปทรง เรขาคณิต	ขนาดของ รูปทรง (มม.)	ระยะทางที่เวอร์เนียวัดได้ (มิลลิเมตร)					ค่าเฉลี่ย	ค่าความคลาดเคลื่อน (มม.)	ระดับประสิทธิภาพ
		ครั้งที่							
		1	2	3	4	5			
1	100	✓	✓	✓	✓	✓	100	0.00	ดีมาก
2	80X100X10	✓	✓	✓	✓	✓	80X100X10	0.00	ดีมาก
3	100X100X10	✓	✓	✓	✓	✓	100X100X10	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย								0.00	ดีมาก

หมายเหตุ : 1 วงกลม ขนาดของรูปทรง (มม.) เท่ากับ 100, 2 สี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดของรูปทรง (มม.) เท่ากับ 80X100X10 และ 3 สี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดของรูปทรง (มม.) เท่ากับ 100X100X10

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการทดสอบกัดชิ้นงานจริงเฉลี่ย 5 ครั้ง ในรูปทรงวงกลม (ขนาด 100 มม.), รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ขนาด 80x100x10 มม.) และรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ขนาด 100x100x10 มม.) มีขนาดผลลัพธ์เท่ากับขนาดที่กำหนด ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.00 มิลลิเมตร ซึ่งมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมากทุกรูปทรง



รูปที่ 11 ชิ้นงานจากการทดสอบการเคลื่อนที่ในแนวแกน x ความยาว 100 มิลลิเมตรจำนวน 10 ครั้ง



รูปที่12 การตรวจสอบความแม่นยำด้วยการใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ตรวจสอบความยาวในแนวแกน x ความยาว 100 มิลลิเมตร ผลการตรวจสอบค่าที่ได้ 100.00 มิลลิเมตร

4.3 ผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ในภาพรวมทุกด้าน

รายการ		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1.	ด้านการออกแบบและความเหมาะสมของเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์	4.68	0.51	ดีมาก
2.	ด้านวัสดุ อุปกรณ์	4.76	0.40	ดีมาก
3.	ด้านความสะดวกในการใช้งานและความปลอดภัย	4.68	0.42	ดีมาก
เฉลี่ยรวม		4.71	0.44	ดีมาก

จากตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ในภาพรวมทุกด้านพบว่า อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44 (เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าต่ำกว่า 1.00 แสดงว่าข้อมูลมีความกระจายตัวน้อย ผู้ประเมินมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกัน ส่งผลให้ระดับผลการประเมินที่ได้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือเชิงสถิติ)

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า อยู่ในระดับที่มีคุณภาพในระดับดีมาก จำนวน 3 ด้าน เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ ด้านวัสดุ อุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40, ด้านการออกแบบและความเหมาะสมเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51, ด้านความสะดวกในการใช้งานและความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.42 แสดงข้อมูลตามลำดับ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการออกแบบและพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ ผู้วิจัยขออภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์และประเด็นสำคัญที่ค้นพบ ดังนี้

ผลการพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กที่มีความแม่นยำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่แกน X, Y และ Z เป็น 0.00 มิลลิเมตร และมีความผิดพลาดในการกัดชิ้นงานจริงรูปทรงเรขาคณิตเป็น 0.00 มิลลิเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nugroho และคณะ (2021) ที่พบว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมเครื่องกัด 3 แกน สามารถให้ความแม่นยำในการกัดและแกะสลักวัสดุไม้ในระดับสูงถึง 98.5% และสอดคล้องกับการศึกษาของ รัชชานนท์ โชติมา และ วุฒิพงษ์ แก้วคำ (2562) ที่ระบุว่าการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสามารถผลิตชิ้นงานที่มีลวดลายชัดเจนและสวยงามได้ตรงตามที่ต้องการแบบไว้ นอกจากนี้ ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.71) ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ สมมาตร พรหมพุ่ม และ นพรุจ เขียวนาค (2565) ที่พบว่าการพัฒนาระบบควบคุมที่ใช้งานง่ายผ่านหน้าจอที่รองรับทุกแพลตฟอร์มช่วยลดปัญหาความยุ่งยากในการติดตั้งโปรแกรมและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้จริง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ความสำเร็จในการสร้างเครื่องจักรที่มีความแม่นยำนี้ เกิดจากการเลือกใช้วัสดุโครงสร้างที่เป็นแผ่นอลูมิเนียมที่มีความหนา 8, 10 และ 12 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแข็งแรงแต่ให้น้ำหนักเบา และไม่เกิดสนิม ผสานกับการเลือกใช้ชุดขับเคลื่อนคุณภาพสูง ได้แก่ เกลาบอลสกรู (Ball Screw) รุ่น SFU1605 และ ลิเนียร์ไกด์ (Linear Guide) รุ่น HGR15 ซึ่งช่วยลดแรงเสียดทานและประคองการเคลื่อนที่ให้มีความแม่นยำสูงในทั้ง 3 แกน อีกทั้งการเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ (Stepping Motor) Nema 23 ที่มีแรงบิดสูงทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอ ประเด็นสำคัญคือการพัฒนาระบบออฟไลน์ผ่านบอร์ดควบคุม Mach 3 และหน้าจอทัชสกรีน 7 นิ้ว ซึ่งช่วยตัดปัจจัยรบกวนจากการเชื่อมต่อ

คอมพิวเตอร์ที่มักสร้างความล่าช้าหรือความไม่เสถียรของสัญญาณ การทำงานในระบบออฟไลน์ยังช่วยลดเวลาในการตั้งค่าเครื่องจักร (Setup time) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการสูญเสียประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เชิงวิชาการและสาธารณะ

6.1.1 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการพัฒนาเครื่องกีดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ไปใช้ในการเรียนการสอนในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น วิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมอุตสาหการ และวิศวกรรมเครื่องกล เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติกับเครื่องมือที่มีความทันสมัย

6.1.2 เผยแพร่ผลการวิจัยในรูปแบบของบทความวิชาการ หรือบทความวิจัยในวารสารวิชาการระดับชาติ หรือนานาชาติ เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปต่อยอดการพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

6.1.3 นำเครื่องกีดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ไปใช้งานจริงในอุตสาหกรรมแกะสลักไม้ เพื่อลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

6.2.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงอุตสาหกรรม หรือสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) ควรมีนโยบายสนับสนุนการนำเทคโนโลยีซีเอ็นซีมาใช้ในการอุตสาหกรรมแกะสลักไม้ เพื่อยกระดับศักยภาพการแข่งขันของผู้ประกอบการ

6.2.2 สถาบันการศึกษาที่มีการเรียนการสอนในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องควรมีนโยบายในการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัย รวมถึงเครื่องกีดซีเอ็นซีขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและการฝึกปฏิบัติของนักศึกษา

6.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

6.3.1 ควรมีการพัฒนาเครื่องกีดซีเอ็นซีขนาดเล็กให้มีขนาดเล็กลงและมีน้ำหนักเบาลง เพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและใช้งานในพื้นที่จำกัด

6.3.2 ควรมีการพัฒนาระบบควบคุมที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต (IoT) เพื่อให้สามารถควบคุมและตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรได้จากระยะไกล

6.3.3 ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในการประยุกต์ใช้เครื่องกีดซีเอ็นซีขนาดเล็กกับวัสดุอื่น ๆ นอกเหนือจากไม้ เช่น โลหะ พลาสติก หรือวัสดุคอมโพสิต เป็นต้น เพื่อขยายขอบเขตการใช้งานให้กว้างขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าของบทความ เอกสาร ตำราและหนังสือ ที่ผู้วิจัยใช้ในการสืบค้น ขอขอบคุณหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ และสาขาวิชาเทคนิคการผลิต วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ ที่ให้การอนุเคราะห์สถานที่ในการออกแบบ พัฒนา ทดสอบประสิทธิภาพ และประเมินคุณภาพเครื่องกีดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ด้วยระบบออฟไลน์ รวมถึงที่ปรึกษางานวิจัย ผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิต่าง ๆ ที่ช่วยประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย ให้คำแนะนำและเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

8. เอกสารอ้างอิง

จักรดาว ประทุมชาติ และ ตะวัน สุจริตกุล. (2547, 18-20 ตุลาคม). การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องกีดซีเอ็นซีด้วยคอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยว. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18*. จังหวัดขอนแก่น.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2549). *การวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติด้วย SPSS*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : วี.อินเตอร์ พรินท์.

- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วิทยา พันธุ์เจริญศิลป์, อดุลย์ พัฒนภักดี และ สถาพร คล้ายคลัง. (2542). *การออกแบบและควบคุมเครื่องกัดชนิด 3 แกน [รายงานการวิจัย]*. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- รัชชานนท์ โชติมา และ วุฒิพงษ์ แก้วคำ. (2562). *การผลิตต้นแบบแม่พิมพ์ท่วงรัดขึ้นด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก* ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมมาตร พรหมพุ่ม และ นพรุจ เขียวนาค. (2565). *การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 4(1), 1-14.*
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *กระบวนการเทคโนโลยี*.
https://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=165
- Ertekin, Y., & Chiou, R. (2013). Interdisciplinary senior design project to develop a teaching tool: Mini CNC mill. *In 120th ASEE Annual Conference & Exposition*. Atlanta, GA.
- Nugroho, W., Rifai, D., Embong, A. H., Aziz, K. A. A., Embong, A. S., Awang, H., & Ibrahim, M. F. (2021). Development of CNC milling machine for small scale industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1068(012017). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1068/1/012017>
- Rastvorova, I. I., & Klyucherev, N. A. (2021). Design and modelling of a universal CNC machine. *Journal of Physics: Conference Series*, 1753(012040). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1753/1/012040>
- Runwal, P., Shelke, A., Udavant, P., Rokade, S., & Baitule, D. A. (2017). Design and manufacturing of mini CNC plotter machine. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 5(IV). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.4149>
- Rangel, D. A., Rojas, F. A., & Arteaga, N. A. (2011). Development of a CNC micro-lathe for bone microimplants. *Revista EIA*, (15), 113-127.
- Wasis, N., Rifai, D., Embong, A. H., Abd Aziz, K. A., Embong, A. S., Awang, H., & Ibrahim, M. F. (2021). Development of CNC milling machine for small scale industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1068(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1068/1/012017>

9. คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้มีคุณค่าทางวิชาการโดยเป็นการบูรณาการองค์ความรู้จากสาขาวิศวกรรมศาสตร์หลายแขนง ทั้งวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาเครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็กสำหรับการแกะสลักไม้ที่มีประสิทธิภาพสูงและตอบโจทย์ความต้องการของภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ในการพัฒนาเครื่องจักรซีเอ็นซีให้สามารถทำงานแบบออฟไลน์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา ซึ่งถือเป็นการแก้ไขข้อจำกัดที่สำคัญของเครื่องจักรซีเอ็นซีในปัจจุบัน ผลงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีคุณค่าในการขยายขอบเขตความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการผลิตด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซี และเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาเครื่องมือที่มีความอิสระและยืดหยุ่นในการใช้งานมากยิ่งขึ้นในอนาคต

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้ เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

เกตุวดี หิรัญพงษ์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

อีเมล : ketwadee.h@lawasri.tru.ac.th

วันที่รับบทความ 17 กุมภาพันธ์ 2569

วันแก้ไขบทความ 14 พฤษภาคม 2569

วันที่รับบทความ 25 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีและแนวคิด BCG Model 2) เพื่อพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์และออกแบบกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว เป็นการวิจัยและพัฒนาด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการอบรมเชิงปฏิบัติการและสัมภาษณ์ความคิดเห็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 20 คน เกี่ยวกับการผลิต ประเภทของผลิตภัณฑ์ ความต้องการบรรจุภัณฑ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นแบบปลายเปิด เลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง สรุปและวิเคราะห์ผลเพื่อนำเป็นแนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ในการวิจัยเชิงปริมาณเป็นการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 5 คน ประเมินความพึงพอใจบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 1 ราย โดยการเลือกแบบเจาะจง สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีต้องการคือ บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์ สะดวกต่อการใช้งาน ให้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจน เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบภายในชุมชนให้มีความสวยงาม ส่งเสริมภาพลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับแนวคิด BCG Model ในด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนที่มุ่งเน้นการนำทรัพยากรในชุมชนมาสร้างมูลค่าตามแนวทางการส่งเสริมเศรษฐกิจฐานราก 2) โครงสร้างบรรจุภัณฑ์และออกแบบกราฟิกสำหรับบรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากกว่ารูปแบบที่ 2 และ 3 โดยมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.14) และด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.12), (S.D.= 0.23) 3) ความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาขึ้น ด้านการใช้งานมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.80), (S.D.= 0.45) และด้านความสวยงามและสร้างสรรค์มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.50), (S.D.= 0.58)

คำสำคัญ : การพัฒนา บรรจุภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร แนวคิด BCG Model



Development of Herbal Product Packaging of Organic Agriculture Community Enterprise of Tha Kae Subdistrict Mueang District Lopburi Province

Ketwadee Hiranpong

Faculty of Industrial Technology Thepsatri Rajabhat University

email: ketwadee.h@lawasri.tru.ac.th¹

Received 17 February 2026

Revised 14 May 2026

Accepted 25 May 2026

Abstract

This research aims to 1) study herbal product packaging of organic agriculture community enterprise of Tha Kae subdistrict Mueang district Lopburi province and BCG model concept, 2) develop pattern of packaging and graphic design for herbal products of organic agriculture community enterprise of Tha Kae subdistrict Mueang district Lopburi province, and 3) evaluate satisfaction of organic agriculture community enterprise of Tha Kae subdistrict Mueang district Lopburi province on developed packaging of herbal products. It is a research and development approach comprising of qualitative research through a workshop training and an opinion interview of 20 participants of the organic agriculture community enterprise on production, types of products, and need for product packaging. The opinion interview is open-ended with selected specific informants. Results of the qualitative research are summarised and are analysed in order to be a guideline to develop product packaging. Quantitative research consists of an evaluation of 5 design experts' opinions, an evaluation of satisfaction of 1 informant on herbal product packaging of organic agriculture community enterprise via specific sampling. The statistics used in the research are information analysis through an average and a standard deviation.

Results reveal that 1) a desirable product packaging pattern of the organic agriculture community enterprise of Tha Kae subdistrict Mueang district Lopburi province is the one suitable for product types, protective, convenient, and informative to elevate products using local materials to reach beauty and brand promoting corresponding to a BCG model concept in an aspect of circular economy focusing on an applied usage of local resources to up-valued prices according to community-based economic promoting policy. 2) Product packaging pattern and graphic design of product packaging number 1 is more suitable than number 2 and number 3 with a high level of suitability (average = 4.20), (S.D.= 0.14) and a high level of suitability on the aspect of packaging graphic (average = 4.12), (S.D.= 0.23), and 3) satisfaction of the community enterprise of Tha Kae subdistrict Mueang district Lopburi province on developed packaging of herbal products is at the highest level of suitability on the aspect of usage (average = 4.80), (S.D.= 0.45) and is at a high level of suitability on the aspect of beauty and creativity (average = 4.50), (S.D.= 0.58).

Keywords: development, product packaging, herbal products, BCG model concept

1. บทนำ

BCG Model เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่มุ่งเน้นการพัฒนา 3 เศรษฐกิจไปพร้อมกัน ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) มุ่งสร้างมูลค่าเพิ่มของทรัพยากรชีวภาพ เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) คำนึงถึงการใช้ทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่าหรือยาวนานที่สุด และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) การพัฒนาเศรษฐกิจโดยคำนึงถึงความยั่งยืนของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อมกัน เกิดการกระจายรายได้ไปสู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ ชุมชนเข้มแข็ง มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืน (กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2565) จะเห็นได้ว่าในปัจจุบัน BCG Model เป็นกระแสการพัฒนาเศรษฐกิจที่เน้นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากทุนวัฒนธรรมที่คำนึงถึงความยั่งยืนเป็นหลักสำคัญโมเดลนี้เป็นการนำจุดแข็งของ “เศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative Economy)” ที่เน้นการใช้ทุนทางวัฒนธรรมในท้องถิ่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจในรูปแบบของ ศิลปะ วัฒนธรรม การท่องเที่ยว การออกแบบ เป็นต้น ให้เชื่อมโยงกับจุดแข็งของแนวคิด “การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)” ที่เน้นการพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนรุ่นปัจจุบัน โดยคำนึงถึงความต้องการของคนในอนาคต มุ่งเน้นการใช้วัตถุดิบจากแหล่งทรัพยากรที่สามารถทดแทนได้เพื่อลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

ในจังหวัดลพบุรีมีการส่งเสริมให้ในแต่ละชุมชนมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบในท้องถิ่นเพื่อยกระดับคุณภาพสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ สนับสนุนการประกอบอาชีพเพื่อสร้างรายได้ตามพันธกิจในการส่งเสริมและยกระดับเศรษฐกิจฐานรากเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงในชีวิตแก่ประชาชนและชุมชน ในเป้าหมายที่ต้องการให้เศรษฐกิจฐานรากมีความมั่นคง คนในชุมชน มีงาน มีอาชีพ มีรายได้ และมีคุณภาพชีวิตที่ดี (กรมการพัฒนาชุมชน, 2566) จึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย หนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจคือผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรโดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ได้ทำการเกษตรและใช้ผลผลิตที่เป็นพืชสมุนไพรของสมาชิกในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่มีส่วนผสมจากธรรมชาติที่เป็นมิตรกับผู้บริโภค กลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯจึงมีความต้องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อให้มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านการใช้งานและด้านความสวยงาม สอดคล้องกับการพัฒนาและออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศิลปะใช้กำหนดรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ด้านวัสดุ รูปแบบ รูปทรง สีขนาด สมบัติและวิธีการบรรจุเพื่อให้บรรจุภัณฑ์สามารถแปรรูปและขึ้นรูปในอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ คำนึงถึงความปลอดภัยและรักษาคุณภาพของสินค้าจากแหล่งผลิตจนถึงจุดขายรวมทั้งทำหน้าที่เสริมเชิงการตลาด เช่น ให้ความสะดวกในการใช้งานมีความสวยงามดึงดูดความสนใจและส่งเสริมการขายได้ (มยุรี ภาคลำเจียก, 2556)

ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญและประโยชน์ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ให้มีรูปแบบที่สวยงาม น่าสนใจ เหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ สร้างภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อผู้บริโภคตามความต้องการของชุมชน สามารถจัดจำหน่ายได้ทั้งหน้าร้านและช่องทางออนไลน์

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีและแนวคิด BCG Model

2.2 เพื่อพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์และออกแบบกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว

3. วิธีการวิจัย

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

3.1 เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี และแนวคิด BCG Model

3.1.1 แหล่งข้อมูลในการวิจัย คือ การศึกษา สัมภาษณ์ เก็บข้อมูลจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี และศึกษาเอกสาร ทฤษฎีเกี่ยวกับแนวคิด BCG Model

3.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 20 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีจำนวน 5 คน โดยพิจารณาจากผู้ที่มีหน้าที่หลักในการในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ผู้บรรจุและติดฉลาก ผู้ขายผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรทั้งหน้าร้านและช่องทางออนไลน์ โดยเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ที่เกี่ยวกับการผลิต ประเภทของผลิตภัณฑ์ ความต้องการบรรจุภัณฑ์ เป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นแบบปลายเปิด กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 5 คนและจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยแนวคิด BCG Model ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 20 คน โดยมีการสังเกตและบันทึกข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล คือนำข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นแบบปลายเปิด จากตัวแทนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 5 คน ข้อมูลจากการสังเกตในจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ มาวิเคราะห์สรุปประเด็นสำคัญในเชิงพรรณนาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์

3.2 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์และออกแบบกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

3.2.1 แหล่งข้อมูลในการวิจัย คือ ในด้านการพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ใช้การคัดเลือกโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับการบรรจุ การใช้งาน ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดยตัวแทนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ในด้านการออกแบบกราฟิกใช้การศึกษาทฤษฎีในการออกแบบกราฟิกสำหรับบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับคัดเลือก ด้วยหลักการ 4 ประการ คือ SAFE มีความหมาย ดังนี้ Simple หมายถึง เข้าใจง่ายสบายตา Aesthetic หมายถึง มีความสวยงาม ชวนมอง Function หมายถึง ใช้งานได้ง่าย สะดวก Economic หมายถึง ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม (ปูน คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

3.2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ตัวแทนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีจำนวน 5 คน โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนโดยพิจารณาจากผู้ที่มีหน้าที่ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ผู้บรรจุและติดฉลาก ผู้ขายผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรทั้งหน้าร้านและ

ช่องทางออนไลน์ โดยเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์จำนวน 5 คน ที่มีประสบการณ์ทางด้านการออกแบบและการออกแบบบรรจุภัณฑ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ โดยแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมีค่าการวัดดังนี้

4.51 - 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
2.51 - 3.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51 - 2.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1.00 - 1.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยขอบเขตด้านการพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ออกกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิชาชีพชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ดังนี้

3.2.3.1 พัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์น้ำยาทำความสะอาดเอนกประสงค์สูตรจุลินทรีย์มะกรูดและสับปะรดเข้มข้น จำนวน 1 รูปแบบ

3.2.3.2 พัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แชมพูผสมครีมนวดผมมะกรูด จำนวน 1 รูปแบบ

3.2.3.3 พัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์สบู่เหลวอาบน้ำมะขามน้ำผึ้ง จำนวน 1 รูปแบบ

3.2.3.4 พัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์สมุนไพรพอกหน้าผง่าน จำนวน 1 รูปแบบ

3.2.3.5 พัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์สเปรย์สมุนไพรป้องกันยุงจำนวน 1 รูปแบบ

3.2.3.6 พัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ผงสีฟันสมุนไพร จำนวน 1 รูปแบบ

3.2.3.7 ออกแบบกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์แชมพูผสมครีมนวดผมมะกรูด ผลิตภัณฑ์สบู่เหลวอาบน้ำมะขามน้ำผึ้ง ผลิตภัณฑ์สมุนไพรพอกหน้าผง่าน ผลิตภัณฑ์สเปรย์สมุนไพรป้องกันยุงและผลิตภัณฑ์ผงสีฟันสมุนไพร จำนวน 3 รูปแบบ ประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์และนำรูปแบบที่มีผลการประเมินมากที่สุด จำนวน 1 รูปแบบมาจัดทำต้นแบบบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิชาชีพชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี เพื่อการจัดจำหน่ายต่อไป

3.2.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางและความเรียง

3.3 วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิชาชีพชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว

3.3.1แหล่งข้อมูลในการวิจัย คือ กลุ่มวิชาชีพชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

3.3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ประธานกลุ่มวิชาชีพชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิชาชีพชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว โดยแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมีค่าการวัด ดังนี้

4.51 - 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
2.51 - 3.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51 - 2.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางและความเรียง

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัย เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีและแนวคิด BCG Model สามารถนำมาวิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญ ดังนี้

จากการอบรมเชิงปฏิบัติการแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยแนวคิด BCG Model โดยวิทยากรผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาชุมชนจำนวน 1 คน ด้านการออกแบบจำนวน 1 คน พบว่า สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรโดยใช้วัตถุดิบหลักจากผลผลิตทางการเกษตรของตนเองที่เป็นเกษตรปลอดภัย เช่น มะกรูด ขมิ้นชัน มะขาม เป็นต้น ซึ่งมีผลผลิตในปริมาณมากการแปรรูปจึงเป็นการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นถึงจุดแข็งของกลุ่มฯ จากประเด็นดังกล่าวสอดคล้องแนวทางของเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งเป็นหนึ่งในภายใต้แนวคิด BCG Model อันประกอบด้วย เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) (กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. 2565)

ในด้านการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สมาชิกของกลุ่มฯ ต้องการพัฒนาในด้านการใช้งานและด้านความสวยงามโดยคำนึงถึงต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ให้สัมพันธ์กับราคาของผลิตภัณฑ์ สีที่ใช้นั้นความเป็นธรรมชาติสื่อถึงผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร แสดงรายละเอียด ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ให้ชัดเจน มีภาพและรูปแบบของฉลากไปในทิศทางเดียวกัน ต้องการให้ดูมีความทันสมัยมากขึ้น



รูปที่ 1 การอบรมเชิงปฏิบัติการแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยแนวคิด BCG Model และบรรจุภัณฑ์เดิมของผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ที่ต้องการพัฒนา

4.2 ผลการวิจัย เพื่อพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์และออกแบบกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี สามารถนำมาวิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญ ดังนี้

1) ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค คือ ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์น้ำยาทำความสะอาดอเนกประสงค์สูตรจูลินทรีย์มะกรูดและสับปะรดเข้มข้น ผลิตภัณฑ์แชมพูผสมครีมขนาดผมมะกรูด ผลิตภัณฑ์สบู่เหลวอาบน้ำมันมะขามนำผึ้ง ผลิตภัณฑ์สมุนไพรพอกหน้าผงถ่าน ผลิตภัณฑ์สเปรย์สมุนไพรป้องกันยุงและผลิตภัณฑ์ผงสีฟันสมุนไพร

2) เหตุผลที่ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ มีสรรพคุณของผลิตภัณฑ์ตรงความต้องการของผู้บริโภคเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3) ความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร สร้างความโดดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ บ่งชี้ถึงประเภทของผลิตภัณฑ์ สร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ปกป้องผลิตภัณฑ์ อำนวยความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้บริโภค สีสันที่ความเหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์ คือ สีที่บ่งชี้ถึงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์

4)การแสดงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่ต้องการ คือ ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ น้ำหนักสุทธิ ส่วนประกอบ วิธีใช้และข้อควรระวังสรรพคุณ และตราสัญลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

5)รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการมีดังนี้ ผลิตภัณฑ์น้ำยาทำความสะอาดอเนกประสงค์สูตรจุลินทรีย์มะกรูด และสับปะรดเข้มข้น คือ ขวดพลาสติกฝา 2 ชั้น ขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร, ขวดพลาสติกฝากดขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร, ขวดพลาสติกฝาปั๊มขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร, ขวดพลาสติกสเปรย์ ขนาดบรรจุ 30 มิลลิลิตร, กระปุกพลาสติกขนาดบรรจุ 100 และ 50 กรัมตามลำดับ เหตุผลในการคัดเลือกรูปแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจ คือ ความง่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์มีฝาสองชั้นสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำยาทำความสะอาดอเนกประสงค์ ผลิตภัณฑ์สมุนไพรพอกหน้าผง่านและผลิตภัณฑ์ผงสีฟันสมุนไพรเพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์หกหรือรั่วซึม การใช้ฝาปิดสำหรับผลิตภัณฑ์แชมพู ฝาปั๊มสำหรับผลิตภัณฑ์สบู่เหลวและหัวสเปรย์สำหรับผลิตภัณฑ์สเปรย์สมุนไพร ป้องกันยุงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานของผลิตภัณฑ์และต้องการโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงมีขนาดบรรจุที่เหมาะสม

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในข้างต้นได้สรุปและคัดเลือกรูปแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ดังนี้



รูปที่ 2 โครงสร้างบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ที่ได้รับการคัดเลือก

จากข้อมูลความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจในข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ดังนี้



รูปที่ 3 แนวทางการออกแบบกราฟิกสำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

ผู้วิจัยได้จัดทำ Mock Up บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรกลุ่มวิสาหกิจ จำนวน 3 รูปแบบและนำไปประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ มีผลการวิจัย ดังนี้



รูปที่ 4 Mock Up บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิทยาศาสตร์ รูปแบบที่ 1

แนวความคิดในการออกแบบคือ ใช้สีหลักในการออกแบบเป็นสีเขียว สีเหลือง สีส้ม น้ำตาล ที่บ่งชี้ถึงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ ให้น้ำหนักสีอ่อนที่มีความนุ่มนวล เพื่อสื่อถึงความเป็นธรรมชาติ สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ภาพที่ใช้เป็นภาพลายเส้นที่ลดทอนโดยใช้รูปร่างธรรมชาติร่วมกับรูปร่างเรขาคณิตจากส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ มะกรูด สับปะรด น้ำผึ้ง มะขาม ขมิ้นชัน เป็นต้น ที่คงลักษณะเด่นไว้เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำ

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ สำหรับบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิทยาศาสตร์ รูปแบบที่ 1

รายการประเมิน	บรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 1		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.ด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์			
1.1 มีความเหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์	4.20	0.58	มาก
1.2 สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหาย	4.40	0.58	มาก
1.3 สะดวกต่อการใช้งาน	4.00	0.68	มาก
1.4 ง่ายต่อการจัดจำหน่าย	4.20	0.69	มาก
1.5 ส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์	4.20	0.58	มาก
รวม	4.20	0.14	มาก
2.ด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์			
2.1 สีที่ใช้มีความสวยงามและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.20	0.14	มาก
2.2 ตัวอักษรที่ใช้มีรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม	3.80	0.83	มาก
2.3 ภาพที่ใช้มีความสวยงามและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์	4.20	1.13	มาก
2.4 ข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.00	0.71	มาก
2.5 สามารถบอกประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน	4.40	0.89	มาก
รวม	4.12	0.23	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรนี้มีผลดังนี้ บรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 1 ด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.14) บรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหายมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.40), (S.D.= 0.58) รองลงมาคือ มีความเหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.58) สะดวกต่อการใช้งาน ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย =

4.40), (S.D.= 0.68) ง่ายต่อการจัดจำหน่าย ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.69) และส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.80), (S.D.= 0.58) ตามลำดับ

ด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก(ค่าเฉลี่ย = 4.12), (S.D.= 0.23) ด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ที่สามารถบอกประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจนมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.40), (S.D.= 0.89) รองลงมาคือ สีที่ใช้มีความสวยงามและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.14) ภาพที่ใช้มีความสวยงามและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 1.13)

ข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์ชัดเจนและเข้าใจง่าย ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) และตัวอักษรที่ใช้มีรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.80), (S.D.= 0.83) ตามลำดับ

ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.14) และด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.12), (S.D.= 0.23) ตามลำดับ



รูปที่ 5 Mock Up บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจฯ รูปแบบที่ 2

แนวความคิดในการออกแบบคือ ใช้สีเขียว สีเหลือง สีส้ม น้ำตาล ที่บ่งชี้ถึงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เป็นสีหลักในการออกแบบ ภาพหลักที่ใช้เป็นภาพถ่ายเพื่อสื่อถึงความสมจริงถึงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร จัดวางองค์ประกอบภาพและตัวอักษรให้เกิดความสมดุล เน้นความเรียบง่าย สบายตา

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ สำหรับบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจฯ รูปแบบที่ 2

รายการประเมิน	บรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 2		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.ด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์			
1.2 มีความเหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์	4.00	0.71	มาก
1.2 สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหาย	4.40	0.55	มาก
1.3 สะดวกต่อการใช้งาน	4.00	0.71	มาก
1.4 ง่ายต่อการจัดจำหน่าย	4.00	0.71	มาก
1.5 ส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์	4.00	0.71	มาก
รวม	4.08	0.18	มาก

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รายการประเมิน	บรรจุกัญชีรูปแบบที่ 2		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
2.ด้านกราฟิกบนบรรจุกัญชี			
2.1 สีที่ใช้มีความสวยงามและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	3.20	1.10	ปานกลาง
2.2 ตัวอักษรที่ใช้มีรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม	3.00	0.71	ปานกลาง
2.3 ภาพที่ใช้มีความสวยงามและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์	3.20	1.10	ปานกลาง
2.4 ข้อมูลบนบรรจุกัญชีชัดเจนและเข้าใจง่าย	3.40	1.14	ปานกลาง
2.5 สามารถบอกประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน	4.00	1.00	มาก
รวม	3.36	0.38	ปานกลาง

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุกัญชีที่มีต่อบรรจุกัญชีผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรผลดังนี้ บรรจุกัญชีรูปแบบที่ 2 ด้านโครงสร้างบรรจุกัญชีค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.08), (S.D.= 0.18) บรรจุกัญชีสามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหายมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.40), (S.D.= 0.55) รองลงมาคือ มีความเหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) สะดวกต่อการใช้งาน ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) ง่ายต่อการจัดจำหน่าย ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) และส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) ตามลำดับ

ด้านกราฟิกบนบรรจุกัญชีค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.36), (S.D.= 0.38) ด้านกราฟิกบนบรรจุกัญชีที่สามารถบอกประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจนมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 1.00) รองลงมาคือ ข้อมูลบนบรรจุกัญชีชัดเจนและเข้าใจง่าย ระดับความเหมาะสมปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.40), (S.D.= 1.14) สีที่ใช้มีความสวยงามและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.20), (S.D.= 1.10) ภาพที่ใช้มีความสวยงามและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ระดับความเหมาะสมปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.20), (S.D.= 1.10) และตัวอักษรที่ใช้มีรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม ระดับความเหมาะสมปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.00), (S.D.= 0.71) ตามลำดับ

ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมด้านโครงสร้างบรรจุกัญชีมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.08), (S.D.= 0.18) และด้านกราฟิกบนบรรจุกัญชีค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.36), (S.D.= 0.38) ตามลำดับ



รูปที่ 6 Mock Up บรรจุกัญชีผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจฯ รูปแบบที่ 3

แนวความคิดในการออกแบบคือ ใช้สีเขียว สีเหลือง สีส้ม ที่บ่งชี้ถึงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เป็นสีหลักในการออกแบบ ให้น้ำหนักสีเข้ม สีทองเพื่อสร้างความน่าสนใจของพื้นผิวและเน้นความสำคัญ ใช้ภาพประกอบเป็น

ภาพถ่ายที่ตกแต่งด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ความรู้สึกถึงสมจริงที่เน้นความชัดเจนของภาพและสีในการออกแบบขององค์ประกอบโดยรวม

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจรูปแบบที่ 3

รายการประเมิน	บรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 3		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.ด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์			
1.3 มีความเหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์	4.20	0.45	มาก
1.2 สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหาย	4.40	0.55	มาก
1.3 สะดวกต่อการใช้งาน	4.00	0.71	มาก
1.4 ง่ายต่อการจัดจำหน่าย	4.00	0.71	มาก
1.5 ส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์	4.00	0.71	มาก
รวม	4.12	0.18	มาก
2.ด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์			
2.1 สีที่ใช้มีความสวยงามและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.00	0.71	มาก
2.2 ตัวอักษรที่ใช้มีรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม	3.80	0.84	มาก
2.3 ภาพที่ใช้มีความสวยงามและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์	4.20	0.45	มาก
2.4 ข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.00	0.71	มาก
2.5 สามารถบอกประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน	4.00	0.71	มาก
รวม	4.00	0.14	มาก

จากตารางที่3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรมีผลดังนี้ บรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 3 ด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.12), (S.D.= 0.18) บรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหายมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.40), (S.D.= 0.55) รองลงมาคือ มีความเหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์ (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.45) สะดวกต่อการใช้งาน ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) ง่ายต่อการจัดจำหน่าย ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) และส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) ตามลำดับ

ด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.14) ภาพที่ใช้มีความสวยงามและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.20), (S.D.= 0.45) รองลงมาคือ สีที่ใช้มีความสวยงามและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) ข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์ชัดเจนและเข้าใจง่าย มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) สามารถบอกประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจนมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) และตัวอักษรที่ใช้มีรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.71) ตามลำดับ

ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.12), (S.D.= 0.18) และด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.14) ตามลำดับ

4.3 ผลการวิจัยเพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรีที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว



รูปที่ 7 บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว

รายการประเมิน	ความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาแล้ว		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.ด้านการใช้งาน			
1.1 รูปแบบบรรจุภัณฑ์เหมาะสมในการวางจัดจำหน่าย	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 รูปแบบบรรจุภัณฑ์สะดวกต่อการใช้งาน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ดึงดูดผู้บริโภค	4.00	0.00	มาก
1.4 ราคาของบรรจุภัณฑ์เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และง่ายต่อการผลิต	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 แสดงข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์ได้ครบถ้วนและชัดเจน	5.00	0.00	มาก
รวม	4.80	0.45	มากที่สุด
2.ด้านความสวยงามและสร้างสรรค์			
2.1 รูปแบบสวยงาม น่าสนใจ	4.00	0.00	มาก
2.2 สีที่ใช้สวยงามและเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 องค์ประกอบโดยรวมสวยงามและสื่อถึงผลิตภัณฑ์	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 สร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์	4.00	0.00	มาก
รวม	4.50	0.58	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้วมีผลดังนี้

บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว ด้านการใช้งานค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.80), (S.D.= 0.45) รูปแบบบรรจุภัณฑ์เหมาะสมในการวางจัดจำหน่ายมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 5.00), (S.D.= 0.00) รูปแบบบรรจุภัณฑ์สะดวกต่อการใช้งานมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 5.00), (S.D.= 0.00) ราคาของบรรจุภัณฑ์เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และง่ายต่อการผลิตมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 5.00), (S.D.= 0.00) แสดงข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์ได้ครบถ้วนและชัดเจนมีระดับความเหมาะสมมาก

ที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 5.00), (S.D.= 0.00) รูปแบบบรรจุภัณฑ์ดึงดูดผู้บริโภคมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.00) ตามลำดับ

ด้านความสวยงามและสร้างสรรค์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.50), (S.D.= 0.58) ใช้สวยงามและเหมาะสมมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 5.00), (S.D.= 0.00) ประกอบโดยรวมสวยงามและสื่อถึงผลิตภัณฑ์มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 5.00), (S.D.= 0.00) รูปแบบสวยงาม น่าสนใจมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.00) สร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00), (S.D.= 0.00) ตามลำดับ

ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมด้านการใช้งานมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.80), (S.D.= 0.45) และด้านความสวยงามและสร้างสรรค์ค่าเฉลี่ยรวมมีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.50), (S.D.= 0.58) ตามลำดับ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 การศึกษาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี พบว่า รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีความต้องการคือ บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหาย สะดวกต่อการใช้งาน องค์ประกอบในภาพรวมมีความสวยงาม ทันสมัยมากขึ้น ส่งเสริมภาพลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งสะท้อนให้ผู้บริโภคสนใจในผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นด้วยผลผลิตที่ปลูกเองจากแปลงของสมาชิกเกษตรกรภายใต้แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในครัวเรือนและจำหน่าย ลดเสียจากผลผลิตที่เหลือใช้ อันเป็นจุดแข็งที่จะสามารถต่อยอดสู่การยกระดับและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรต่อไปในอนาคต สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพจน์ ศรีตัน (2564) เรื่อง โครงการนวัตกรรมทางสังคมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่กล่าวถึง ความสัมพันธ์ของแนวคิด BCG Model กับการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากโดยเฉพาะการส่งเสริมให้ชุมชนสามารถประกอบอาชีพและพึ่งพาตนเองได้ตลอดจนการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นอย่างคุ้มค่าสามารถนำไปต่อยอดให้เกิดประโยชน์แก่คนในชุมชนด้วยกระบวนการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่มีการกระบวนการสำคัญดังนี้ 1) ใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างรู้คุณค่าโดยพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบในท้องถิ่น 2) กระจายรายได้อย่างทั่วถึงโดยการคิดต่อยอดผลิตภัณฑ์ให้เกิดการแปรรูปเพื่อทำให้เกิดเศรษฐกิจหมุนเวียน 3) ยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียงโดยยึดหลักการพึ่งพาตนเองได้โดยการใช้สิ่งที่มีอยู่ในท้องถิ่น 4) การวางแผนให้เกิดศักยภาพการผลิตโดยคุณภาพและการผลิตสินค้าต้องคงที่ 5) การจัดการของเสียให้เป็นศูนย์โดยการวางแผนการผลิตอย่างรอบคอบเพื่อไม่เกิดของเสียสู่ชุมชนให้ได้มากที่สุด

5.2 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ได้นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของกลุ่มวิสาหกิจ มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบในด้านการใช้งานให้สอดคล้องกับรูปแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพจน์ ศรีตัน (2564) เรื่อง โครงการนวัตกรรมทางสังคมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่กล่าวถึง ส่วนของการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในด้านการปรับเปลี่ยนรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ใหม่จากเดิมเป็นกระปุกฝาเกลียวธรรมดาเป็นกระปุกพลาสติกฝาซิล ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สวยงามน่าซื้อมากขึ้น สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานมากขึ้น ในด้านความสวยงามและสร้างสรรค์ได้ออกแบบโดยคำนึงถึงความสวยงามน่าสนใจ การสื่อความหมายเพื่อส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์พบว่า บรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยออกแบบเป็นภาพลายเส้นที่ลดทอนโดยใช้รูปร่างธรรมชาติร่วมกับรูปร่างเรขาคณิตจากส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ มะกรูด สับปะรด น้ำผึ้ง มะขาม ขมิ้นชัน เป็นต้น ที่ยังคงลักษณะเด่นไว้เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำ แสดงถึงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสามารถสื่อถึงส่วนผสมที่เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุตาภัทร คงเกิด และ จิรภัทร กิตติวรากุล (2563) เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์

และการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการใช้สมุนไพรในการเพิ่มมูลค่า ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลบ้านธิ อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน ที่กล่าวถึง การปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์สมุนไพรด้านโลโก้ ใช้ลายเส้นน้อยในการออกแบบโลโก้ ภาพ มีระยะห่างหรือพื้นที่ว่างเพื่อการจดจำง่าย ใช้โทนสีน้ำตาลเข้มทั้งหมดเพื่อให้เหมาะกับสมุนไพรที่มาจากธรรมชาติและการปรับปรุงประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรด้านโลโก้ ใช้รูปปลีกล้วยเป็นหลักเพื่อสื่อถึงส่วนประกอบที่สำคัญคือปลีกล้วย ในการใช้สีในการออกแบบใช้โทนสีเขียวเป็นสีหลักและสีที่บ่งชี้ถึงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เป็นสีรองในการออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับภาพประกอบ ทิศทางการออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์มีรูปแบบที่สัมพันธ์ในแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อความเป็นเอกภาพในการออกแบบ การใช้ตัวอักษรเน้นแบบตัวอักษรที่ง่ายสบายตา มีความชัดเจน และแสดงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ รูปแบบและขนาดของฉลากออกแบบให้เหมาะสมกับโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ในแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อความสวยงามน่าสนใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของ มียอง ขอ (2565) เรื่อง การสร้างตราสัญลักษณ์และการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามมาชีพ บ้านเขาใหญ่ ตำบลพลวงทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี ที่กล่าวถึง กราฟิกพื้นหลังของบรรจุภัณฑ์ใช้ภาพธรรมชาติซึ่งเป็นอัตลักษณ์ในพื้นที่ใช้โทนสีเขียวเป็นหลักจัดวางรูปภาพตะไคร้และข้าวไร่ด้านซ้ายและด้านขวาของบรรจุภัณฑ์เพื่อดึงดูดความสนใจและสื่อสารความเป็นจากธรรมชาติ จัดวางองค์ประกอบให้สื่อสารง่าย ใช้อักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้โทนสีเขียวสื่อสารความเป็นธรรมชาติของพื้นที่และสมุนไพร

5.3 ประเมินความพึงพอใจของของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตรอินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลำพูนที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่พัฒนาแล้ว พบว่ารูปแบบบรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากความเสียหาย สะดวกในการใช้งาน อีกทั้งราคาของบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมไม่เพิ่มต้นทุนในการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ฉลากง่ายต่อการจัดพิมพ์ โครงสร้างบรรจุภัณฑ์สามารถหาได้ในท้องตลาดในราคาที่ไม่สูง บรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงามสื่อถึงผลิตภัณฑ์ทั้งการใช้สีและภาพประกอบ สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ มีความเป็นมิตรกับผู้บริโภค สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพจน์ ศรีตัน (2564) เรื่อง โครงการนวัตกรรมทางสังคมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่กล่าวถึง การปรับเปลี่ยนรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ปรับเปลี่ยนฉลากใหม่โดยการออกแบบทั้งตราสินค้าและฉลากสินค้าออกจากรูปแบบเดิมยังเพิ่มการแสดงส่วนประกอบแสดงวันผลิตหมดอายุนับเป็นการสร้างแบรนด์จากการที่บ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์และพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้สวยงามส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจและเพิ่มโอกาสสั่งซื้อเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประภาพร ยางประยงค์ (2566) เรื่อง การออกแบบฉลากและบรรจุภัณฑ์สำหรับวิสาหกิจชุมชน: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสมุนไพร ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลาที่กล่าวถึง ผลการศึกษาศักยภาพผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสมุนไพร ทำให้ทราบจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางคือ ฉลากและบรรจุภัณฑ์ โดยฉลากไม่สามารถแสดงรายละเอียดข้อมูลส่วนประกอบที่ครบถ้วน สมบูรณ์ตราสินค้าไม่มีจุดเด่น ซึ่งไม่สามารถแสดงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน ผลจากการพัฒนาทำให้เกิดฉลากและบรรจุภัณฑ์ใหม่ที่มีความโดดเด่น สะดุดตา ทันสมัย ดึงดูดใจผู้บริโภค

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

6.1.1 ในการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างรู้คุณค่าซึ่งเป็นหนึ่งในหลักสำคัญของแนวทางของเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นหนึ่งในภายใต้แนวคิด BCG Model อันประกอบด้วย เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจ สีเขียว (Green Economy) ซึ่งเป็นจุดแข็งของวิสาหกิจชุมชนนั้น หากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งการใช้วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การแปรรูป การพัฒนาบรรจุภัณฑ์และการตลาดจะทำให้วิสาหกิจชุมชนมีความเข้มแข็ง หมุนเวียนรายได้ในชุมชนสู่การต่อยอดและยกระดับผลิตภัณฑ์ได้อย่างยั่งยืน

6.1.2 การคัดเลือกรูปแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ควรคำนึงถึงความเหมาะสมกับการบรรจุผลิตภัณฑ์ หากเป็นบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะทำให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ได้ตามความต้องการในการใช้งานและต้นทุนการผลิตซึ่งเหมาะกับวิสาหกิจชุมชนที่มีต้นทุนไม่มากหรือต้องการทดลองตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งจะทำให้สามารถทดลองการใช้งาน การบรรจุและผลตอบรับจากผู้บริโภคได้ในต้นทุนที่ไม่สูงเพื่อปรับปรุงบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาต่อไป

6.1.3 การออกแบบกราฟิกสำหรับบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรโดยการใช้ภาพส่วนผสมที่บ่งชี้ถึงผลิตภัณฑ์สามารถเน้นถึงจุดแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ หากต้องการความสมจริงควรใช้ภาพถ่ายการใช้ภาพลายเส้นที่ลดทอนให้มีความเรียบง่ายแต่ยังคงลักษณะเด่นของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรจะทำให้ง่ายต่อการจดจำและมีความเป็นมิตร ทันสมัย ตัวอักษรควรใช้ตัวอักษรที่อ่านง่าย ชัดเจน แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ให้ครบถ้วน ควรจัดวางภาพและตัวอักษรให้เกิดความสมดุล เน้นความเรียบง่าย สบายตา

6.2 ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาโครงสร้างและกราฟิกบรรจุภัณฑ์ควรมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชุดหรือออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับเทศกาลสำคัญเพื่อสร้างทางเลือกและเพิ่มความหลากหลายให้กับผู้บริโภค

ควรจัดกลุ่มประเภทของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกันเพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีความเป็นเอกภาพ สวยงาม และดึงดูดผู้บริโภค

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการวิจัย นวัตกรรม เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและนำไปใช้ประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2566 ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เอกสารอ้างอิง

กรมการพัฒนาชุมชน. (2566). *แผนปฏิบัติการราชการระยะ 5 ปี พ.ศ.2566-2570 ของกรมการพัฒนาชุมชน*

กระทรวงมหาดไทย. <https://plan.cdd.go.th/th/content/page/index/id/280130>

กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2565). *โมเดลเศรษฐกิจ BCG . แผนปฏิบัติการด้านการ*

ขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทยด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG พ.ศ.2564-2570. <https://bcg.in.th/bcg-action-plan/>

ปูน คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). *บรรจุภัณฑ์อาหาร*. กรุงเทพฯ: เพคเมทส์.

ประภาพร ยางประยงค์. (2566, 1-4 กุมภาพันธ์). การออกแบบฉลากและบรรจุภัณฑ์สำหรับวิสาหกิจชุมชน:

กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสมุนไพร ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. การประชุมวิชาการ การพัฒนาชุมชน ท้องถิ่นและสังคมระดับชาติ (CDS สัมพันธ์) ครั้งที่ 21. (1-9). มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, จังหวัดบุรีรัมย์, ประเทศไทย

พรพจน์ ศรีดัน. (2564). *โครงการนวัตกรรมทางสังคมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่การแข่งขัน*

เชิงพาณิชย์ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน: รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ, สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มียอง ขอ. (2565). *การสร้างตราสัญลักษณ์และการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพร กลุ่ม*

วิสาหกิจชุมชนส้มมาชีพ บ้านเขาใหญ่ ตำบลพลวงทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี: รายงานการวิจัย. ชลบุรี, มหาวิทยาลัยบูรพา.

มยุรี ภาคลำเจียก. (2556). *เอกสารการสอนชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ (หน่วยที่ 10 การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์, น. 10-6-10-8)*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.



สุตาภัทร คงเกิด และ จิรภัทร กิตติวรากล. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการปรับภาพลักษณ์โดยใช้สมุนไพร ในการเพิ่มมูลค่าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลบ้านธิ อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน. *วารสารสังคมศาสตร์และ มานุษยวิทยาเชิงพุทธ*, 5(8), 67-88.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์การเรียนรู้เกษตร อินทรีย์ ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ให้ สอดคล้องและตรงตามความต้องการของชุมชน

การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

ประวิทย์ แก้วหล้า^{1*} นิคม ลนขุนทด² อธิภา วรรณกายนต์³ วิรัช อนุชานรัชย์⁴

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1*234}

อีเมล : Yootana_k@hotmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 13 กุมภาพันธ์ 2569

วันแก้ไขบทความ 3 มิถุนายน 2569

วันตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยใช้ระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีงเพื่อเป็นทางเลือกในการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน การศึกษาเริ่มจากการกำหนดปัญหาหรือความต้องการ จากนั้นดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบส่งกำลังด้วยสายพานไหม้มีง ซึ่งมีข้อดีคือการถ่ายทอดกำลังที่มีประสิทธิภาพสูง ลดการสึกหรอ และลดเสียงรบกวน กระบวนการพัฒนาประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างรถ การเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสม การคำนวณอัตราทดเกียร์และขนาดสายพาน รวมถึงการติดตั้งระบบควบคุมและแบตเตอรี่

ผลการวิจัย พบว่า 1) รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ถึง 100 กิโลกรัม ความเร็วสูงสุด 45.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่านขนาดเท่ากับ 3,000 วัตต์, กล่องคอนโทรลเลอร์ 100 แอมป์, กล่อง DC to DC คอนเวอร์เตอร์, แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ขนาดเท่ากับ 72 โวลต์ 30 แอมป์, ชุดส่งกำลังผ่านสายพานไหม้มีง และอัตราทดเฟืองสายพานมีค่าเท่ากับ 3.714 : 1, ความเร็วรอบเพลาเท่ากับ 58.786 rpm 2) ผลการทดสอบสมรรถนะในการวิ่งทดสอบบนถนนลาดยางระยะ 200 เมตร พบว่า เมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มจาก 0-100 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เพิ่มจาก 18.37 เป็น 25.37 วินาที ความเร็วสูงสุดลดจาก 45.33 เป็น 38.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เวลาเร่ง 0-20 เมตร เพิ่มจาก 3.17 เป็น 5.50 วินาที ระยะเบรกเพิ่มจาก 2.5 เป็น 4.40 เมตร กระแสไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มจาก 45.33 เป็น 69 แอมป์ และการใช้พลังงานเพิ่มจาก 32.17 เป็น 55.83 วัตต์ต่อชั่วโมง และการวิ่งทดสอบบนถนนดินอัดแห้ง สมรรถนะลดลง เมื่อเทียบกับถนนลาดยาง โดยเวลาที่ใช้เพิ่มเป็น 22.27-35.70 วินาที ความเร็วสูงสุดลดเหลือ 38.73-27.43 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กระแสไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มเป็น 66.33-112.33 แอมป์ และการใช้พลังงานเพิ่มเป็น 51.90-99.17 วัตต์ต่อชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นผิวถนนและน้ำหนักบรรทุกส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของรถ

คำสำคัญ : รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า การพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า



Development of an Electric Three-Wheeled Motorcycle with a Timing Belt Drive System

Prapawis Kaewla^{1*}, Nikom Lonkuntosh², Asada Wannakayont³, Wirach Anuchanuruk⁴

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

E – mail : Yootana_k@hotmail.com^{1*}

Received 13 February 2026

Revised 3 June 2026

Accepted 15 June 2026

Abstract

This research aims to develop an electric three-wheeled motorcycle using a timing belt power transmission system as an environmentally friendly and energy-efficient alternative for goods transportation. The study began with identifying problems and requirements, followed by designing and developing a timing belt power transmission system, which offers advantages including high power transfer efficiency, reduced wear, and noise reduction. The development process comprised vehicle structure design, selection of appropriate electric motors, calculation of gear ratios and belt sizes, as well as installation of control systems and batteries.

Research findings revealed that: 1) The developed electric three-wheeled motorcycle was capable of carrying a maximum load of 100 kilograms and achieved a top speed of 45.33 kilometers per hour. The vehicle was powered by a 3,000-watt brushless motor and equipped with a 100-ampere controller, a DC-to-DC converter, and a 72-volt 30-ampere-hour lithium iron phosphate battery. The power transmission system utilized a timing belt drive with a transmission ratio of 3.714:1, while the shaft rotational speed was 58.786 rpm. 2) The performance test conducted on a 200-meter asphalt road revealed that when the load increased from 0 to 100 kilograms, the travel time increased from 18.37 to 25.37 seconds, while the maximum speed decreased from 45.33 to 38.50 kilometers per hour. The acceleration time over 0–20 meters increased from 3.17 to 5.50 seconds, the braking distance increased from 2.5 to 4.40 meters, the maximum electric current increased from 45.33 to 69 amperes, and energy consumption increased from 32.17 to 55.83 watt-hours. In the dry compacted dirt road test, the vehicle performance decreased compared to the asphalt road condition. The travel time increased to 22.27–35.70 seconds, the maximum speed decreased to 38.73–27.43 kilometers per hour, the maximum electric current increased to 66.33–112.33 amperes, and energy consumption increased to 51.90–99.17 watt-hours. These results indicate that road surface conditions and load weight directly affect the operational performance of the vehicle.

Keywords : Three-Wheeled Motorcycle, Electric Energy, Electric Vehicle, Development

1. บทนำ

ปัจจุบันมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปภายในก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากสารประกอบตะกั่ว (Tetraethyl Lead) ที่ผู้ผลิตเติมในน้ำมันเบนซินเพื่อเพิ่มค่าออกเทน การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ส่งผลให้สารประกอบตะกั่วถูกปล่อยสู่บรรยากาศ ซึ่งเมื่อมนุษย์สูดดมเข้าสู่ร่างกาย อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพหลายประการ ได้แก่ เบื่ออาหาร อาเจียน ภาวะโลหิตจาง อาการปวดศีรษะ และความเสียหายต่อเนื้อเยื่อสมอง นอกจากนี้ตะกั่วยังสามารถสะสมในกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อน โดยเฉพาะในสมอง ไต และอวัยวะอื่นๆ ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาว (วิจิตร บุญยะโทระ, 2567) จากรายงานสถิติการขนส่งของกรมการขนส่งทางบก ณ วันที่ 30 กันยายน 2566 พบว่ามีรถจักรยานยนต์จดทะเบียนสะสม 22,490,445 คัน คิดเป็นร้อยละ 52.54 ของจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมทั่วประเทศ (กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน, 2566) ประเทศไทยจึงนับเป็นประเทศที่มีการใช้รถจักรยานยนต์มากที่สุดในโลก รองจากประเทศเวียดนาม สะท้อนให้เห็นว่าจักรยานยนต์เป็นพาหนะที่ได้รับความนิยมสูงในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชีย (มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง, 2566) ขณะเดียวกัน ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัย (Aged Society) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 โดยในปี พ.ศ. 2564 มีประชากรผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่า 12 ล้านคน และมีแนวโน้มที่จะเป็นสังคมสูงวัยแบบสมบูรณ์เนื่องจากอัตราการเกิดที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีจำนวนการเกิดเพียงประมาณ 6 แสนคนต่อปี (วิรัช เกษมทรัพย์, 2564) ในบริบทดังกล่าว รถจักรยานยนต์สามล้อได้กลายเป็นพาหนะที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุในชุมชน เนื่องจากโครงสร้างแบบสามล้อช่วยเพิ่มความมั่นคงในการขับขี่ ทำให้ผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมกับสภาพร่างกายและข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามิจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนายานพาหนะไฟฟ้าหลายชิ้น เช่น งานวิจัยของจักรมาส เลหาวิช (2566) ที่พัฒนารถสามล้อไฟฟ้าระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 500 กิโลกรัม มีระยะทางต่อการชาร์จ 40 กิโลเมตร และความเร็วสูงสุด 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สอดคล้องกับงานของวิรุณ โมนะตระกูล (2566) ที่ออกแบบยานยนต์อเนกประสงค์ไฟฟ้ารับน้ำหนักบรรทุกได้ถึง 600 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เน้นการใช้งานเฉพาะทาง เช่น งานของธนารักษ์ แต่สุวรรณ (2562) ที่พัฒนาวิลแชร์ไฟฟ้าแบบไร้สาย และงานของธัญญาเรศ ศรีพราย (2563) ที่พัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบการพัฒนาจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ยานพาหนะในชุมชน โดยเฉพาะทั้งที่เป็นกลุ่มที่มีความต้องการความปลอดภัยและประหยัดค่าใช้จ่าย รถจักรยานยนต์สามล้อที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในปัจจุบันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาระค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้ยานพาหนะที่มีข้อจำกัดด้านรายได้ ทั้งจากราคาน้ำมันเบนซินที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและปัญหาการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ที่ซับซ้อน การพัฒนาจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากระบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้านอกจากจะช่วยลดมลพิษและประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาวแล้ว ยังมีข้อได้เปรียบในด้านการบำรุงรักษาที่ง่ายกว่าด้วยจำนวนชิ้นส่วนที่น้อยกว่าและไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง เพื่อเป็นพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับผู้ใช้งานพาหนะในชุมชน โดยคำนึงถึงการออกแบบที่เน้นความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน ความทนทาน และการบำรุงรักษาที่ง่าย นวัตกรรมดังกล่าวคาดว่าจะช่วยลดต้นทุนการเดินทางในระยะยาว ทั้งด้านค่าใช้จ่ายพลังงานและค่าบำรุงรักษา การที่เลือกระบบส่งกำลังเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ ระบบโซ่และเฟือง ซึ่งแม้ว่าจะสามารถส่งกำลังได้ดีและรองรับแรงบิดสูง แต่มีข้อจำกัดในด้านการสึกหรอ การยืดตัวของโซ่ การเกิดเสียงรบกวน และความจำเป็นในการหล่อลื่นและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ การใช้งานในสภาวะที่มีฝุ่นละอองหรือความชื้นอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังลดลงและอายุการใช้งานสั้นลง ระบบส่งกำลังด้วยสายพานไหม้มีงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากมีข้อดีด้านการส่งกำลังที่แม่นยำ ไม่เกิดการลื่น

ไกลระหว่างสายพานและเฟือง ทำงานเงียบ ลดแรงสั่นสะเทือน ไม่จำเป็นต้องหล่อลื่น และมีความต้องการบำรุงรักษา น้อยกว่าระบบโซ่ อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการความสะอาดและประสิทธิภาพในการใช้งานได้เป็นอย่างดีแล้ว ยังจะก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการพัฒนาระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าสำหรับยานพาหนะ ขนาดเล็กที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับยานพาหนะประเภทอื่น ๆ ในอนาคต อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ยานพาหนะและชุมชนควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง
- 2.2 เพื่อทดสอบสมรรถนะรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

3. วิธีการวิจัย

3.1 การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง มีวิธีการดำเนินการวิจัยได้นำกระบวนการเทคโนโลยีที่เป็นขั้นตอนการทำงาน พัฒนาสิ่งของเครื่องใช้ เพื่อใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการของมนุษย์ มาใช้ในการพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ (สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566)

3.1.1 ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดปัญหาหรือความต้องการ โดยวิเคราะห์สถานการณ์ที่ต้องการพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง เพื่อลดมลพิษ ประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.1.2 ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูล จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบแบตเตอรี่ การใช้ระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง โครงสร้างและน้ำหนักของรถ ตลอดจนมาตรฐานความปลอดภัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

3.1.3 การเลือกวิธีการ พิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการดัดแปลง โดยคำนึงถึงปัจจัยข้อดีและข้อเปรียบเทียบต่าง ๆ เช่น ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า และระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง มีดังนี้

- มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้เป็นพลังงานกล เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายด้านเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

1) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง มอเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูงกว่าเครื่องยนต์น้ำมัน โดยสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ประมาณ 85-95% ขณะที่เครื่องยนต์สันดาปภายในมีประสิทธิภาพเพียงประมาณ 30-40% ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนน้อยกว่า

2) ให้แรงบิดสูงตั้งแต่เริ่มต้น มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถสร้างแรงบิดได้ทันทีตั้งแต่เริ่มหมุน จึงช่วยให้รถออกตัวได้ดี สามารถรองรับการบรรทุกน้ำหนักและการขับขึ้นทางลาดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะกับรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่ต้องการแรงขับเคลื่อนต่อเนื่อง

3) ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน พลังงานไฟฟ้ามีต้นทุนต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้งานต่อระยะทางต่ำกว่า อีกทั้งยังช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายระยะยาวของผู้ใช้งาน

4) มีเสียงรบกวนต่ำ มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานเงียบกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจากไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง จึงช่วยลดมลภาวะทางเสียงและเพิ่มความสะอาดสบายในการใช้งาน

- ข้อดีของระบบส่งกำลังด้วยสายพานไหม้มีง เมื่อเปรียบเทียบกับโซ่ส่งกำลัง สามารถสรุปได้ดังนี้

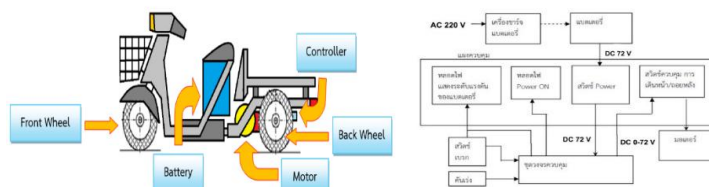
1) มีเสียงรบกวนน้อยกว่า สายพานไหม้มีงทำงานเงียบกว่าโซ่ส่งกำลัง เนื่องจากไม่มีการกระทบกระแทกของโซ่กับเฟือง จึงช่วยลดเสียงขณะขับเคลื่อน เหมาะสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการความเงียบในการใช้งาน

- 2) ไม่ต้องหล่อลื่น ระบบสายพานไทมมิ่งไม่จำเป็นต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นเหมือนระบบโซ่ส่งกำลัง ทำให้ลดการสึกหรอจากคราบฝุ่นและสิ่งสกปรก อีกทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
- 3) บำรุงรักษาง่าย สายพานไทมมิ่งมีโครงสร้างเรียบง่าย ไม่ต้องปรับตั้งหรือดูแลบ่อยเหมือนโซ่ส่งกำลัง จึงสะดวกต่อการใช้งานและลดระยะเวลาการซ่อมบำรุง
- 4) น้ำหนักเบา สายพานไทมมิ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าโซ่ส่งกำลัง ส่งผลให้ระบบขับเคลื่อนมีน้ำหนักรวมลดลง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
- 5) ถ่ายทอดกำลังได้ต่อเนื่องและนุ่มนวล สายพานไทมมิ่งสามารถส่งกำลังได้อย่างต่อเนื่อง

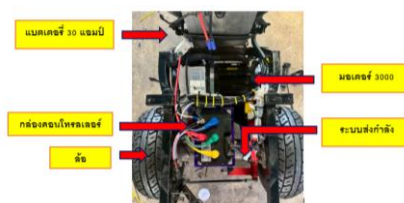
3.1.4 การออกแบบและพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไทมมิ่ง เริ่มจากการออกแบบระบบไฟฟ้าและกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์หลัก ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ ระบบควบคุม และระบบส่งกำลัง จากนั้นดำเนินการดัดแปลงโดยถอดเครื่องยนต์เดิมออกและติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าใหม่ รถใช้ระบบควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์สั่งการมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านชุดเฟืองและสายพานไทมมิ่งเพื่อส่งกำลังไปยังล้อขับเคลื่อน โครงสร้างรถพัฒนาจากรถจักรยานยนต์สามล้อเครื่องยนต์ 2 จังหวะ พร้อมเสริมความแข็งแรงบริเวณรับแรงบิดเพื่อรองรับการบรรทุกในชุมชนและท้องถนน มีการออกแบบระบบขับเคลื่อนเดินหน้า-ถอยหลัง และคัดเลือกวัสดุรวมถึงอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย มีต้นทุนต่ำ และสามารถซ่อมบำรุงรักษาได้สะดวก

ในขั้นนี้ ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา เพื่อประกอบเป็นตัวอย่างในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทมมิ่ง ให้ง่ายแก่ความเข้าใจ เพื่อหาขนาดของมอเตอร์กำลังวัตต์ของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทมมิ่งที่ต้องการใช้ เทียบเคียงกับค่าสมรรถนะเพื่อหาประสิทธิภาพที่ต้องการ โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรในการหาค่าตัวแปรของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทมมิ่ง เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ ของขั้นตอนการออกแบบระบบรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทมมิ่งมีทั้งหมด 3 ค่าตัวแปร ประกอบไปด้วย หาขนาดของมอเตอร์, หาขนาดแบตเตอรี่ให้เพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า, หาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า, หาอัตราทดระบบส่งกำลังของระบบส่งกำลังสายพานไทมมิ่ง

- 1) การออกแบบของชุดมอเตอร์ที่ติดตั้งลงบนตัวรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทมมิ่ง



รูปที่ 1 การออกแบบรถจักรยานยนต์และเครื่องยนต์สามล้อ และระบบวงจรไฟฟ้าภายในรถ



รูปที่ 2 การออกแบบรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า

2) การคำนวณเพื่อหาขนาดของมอเตอร์เพื่อใช้ในการขับเคลื่อน (บนถนนดินอัดแห้งปานกลาง)
ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์สามล้อ
ไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง

- หาแรงต้านการเคลื่อนที่ จากการหมุนของล้อ

จากสมการ

$$R_r = K_r \times W \quad (1)$$

เมื่อ

R_r = แรงต้านการหมุนของล้อ หน่วยเป็น N

K_r = สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ มีค่าเท่ากับ 0.06 (ค่าการออกแบบที่ไม่คืด
น้ำหนัก) อ้างอิง แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 2556)

W = น้ำหนักของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า และผู้ขับขี่ 280 กิโลกรัม

เนื่องจากมีทั้งหมดสามล้อ ดังนั้น $W = m \times g = (280)(9.81)/3 = 915.6$ N (ได้จากการหารทั้งหมดสามล้อ)
แทนค่าในสมการ

$$R_r = 0.06 \times 915.6$$

$$R_r = 54.936 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงต้านการหมุนสามล้อจะมีค่าเท่ากับ 54.936 N

- หาแรงต้านจากอากาศเมื่อมีการเคลื่อนที่

กำหนด

1) ความเร็วของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง
ขนาดเล็กสูงสุดในการออกแบบและใช้งานในชุมชนที่มีความปลอดภัยเท่ากับ 40 km/hr

2) น้ำหนักบรรทุกรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง
รวมกับผู้ขับขี่ 280 กิโลกรัม

3) วิ่งบนถนนดินอัดแน่นระดับปานกลาง

หาขนาดของมอเตอร์จากสมการ

$$P = \frac{F_R R}{\eta} \quad (2)$$

$$F_R = \mu mg + \frac{1}{2} C_d \rho V^3 A \quad (3)$$

P = กำลังมอเตอร์ (w)

M = มวลของรถ (kg)

V = ความเร็วของรถ (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของรถ (m^2)

η = ประสิทธิภาพเกียร์

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

Fr = แรงต้านทั้งหมด (N)

C_d = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ

μ = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ล้อ

R = แรงต้านการหมุนของล้อ (N)

การหาแรงต้านรวมของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง

กำหนด - รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง มีมวล 280 kg
(รวมถึงคนขับน้ำหนัก และอุปกรณ์ส่วนควบและชุดแบตเตอรี่)

- ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน เท่ากับ 0.060 (ค่าคงที่ระหว่างล้อกับถนนดินอัดแห้งระดับปานกลาง) (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 2556)
 - สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ เท่ากับ 0.22 (ค่าทางการออกแบบและวิจัย) (ณัฐพล นาสาธิต, 2565)
 - พื้นที่หน้าตัดของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มี $A = (1.2\text{m})(1.5\text{m})(1.41\text{m}) = 2.11 \text{ m}^2$
 - ความหนาแน่นของอากาศ $1.2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
 - ความเร็วของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีที่ต้องการสูงสุดในการใช้งาน 40 km/hr หรือ 11.11 m/s
- แทนค่าจากสมการที่ (3)

$$F_r = (0.060)(280)(9.81) + \frac{1}{2}(0.22)(1.2)(11.11^2)(2.11)$$

$$F_r = 199.186 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงต้านรวมของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มี มีค่าเท่ากับ 199.186 N หาขนาดของมอเตอร์จากสมการที่ (2)

- แรงต้านรวม 199.186 N
- ความเร็วสูงสุดของรถในการออกแบบ 40 m/s
- ประสิทธิภาพอัตราทดเกียร์ของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มี เท่ากับ 4

$$P = \frac{(199.168)(40)}{4}$$

$$P = 1.99 \text{ kW}$$

ดังนั้น ขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ในรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีจะต้องมีขนาด 1.99 kW หรือ 1991.86 W

4) ค่าความปลอดภัยในการออกแบบมอเตอร์ ด้านความปลอดภัยเนื่องจากการไหลหรือสภาวะการทำงานที่ไม่คาดคิดที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ การออกแบบมอเตอร์ส่วนใหญ่ควรเลือกปัจจัยด้านความปลอดภัยประมาณ 1.5 ถึง 2.25 นี้หมายถึงตัวคูณสำหรับปริมาณแรงที่มอเตอร์ควรจ่ายและจะมีพลังงานเพียงพอ

ขนาดของมอเตอร์ที่คำนวณได้ 1.91 kW นำมาคูณกับค่าความปลอดภัยในการออกแบบ 1.5 ค่าความปลอดภัยในการออกแบบมอเตอร์ $1.91 \times 1.5 = 2.865 \text{ kW}$ ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 3.0 kW หรือ 3000 W

5) การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ หากการคำนวณหาแบตเตอรี่ (Battery) อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อ การชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง สำหรับวิธีการนี้จะพิจารณาประเมินจากระยะเวลาในการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ เพื่อใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบ ส่งกำลังสายพานไหม้มี ซึ่งเวลาในการจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่ได้จากสมการที่ 4

ค่า P ของมอเตอร์ไฟฟ้าเท่ากับ 3000 วัตต์

ค่า P ของแบตเตอรี่เท่ากับ 2160 วัตต์

จากสมการ

$$\text{Time} = \left(\frac{P_{\text{Battery}} \times 100}{(P_{\text{electronic}} \times 100)} \right) \quad (4)$$

แทนค่าในสมการที่ (4)

$$\text{Time} = \left(\frac{2,160 \times 100\%}{3,000 \times 100\%} \right) = 0.7 \text{ ชั่วโมง หรือเป็นเวลา 42 นาที}$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้า

ค่า P ของแบตเตอรี่ สามารถหาได้จากสมการที่ 5

จากสมการ

$$P = V \times I \quad (5)$$

แทนค่าในสมการที่ (5)

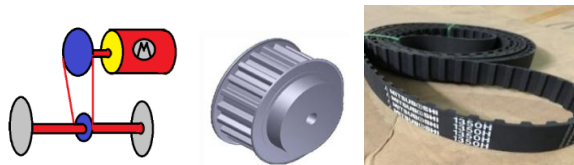
ค่า P ของแบตเตอรี่

$$P = 72 \times 30$$

$$P = 2,160 \text{ W}$$

ดังนั้น แบตเตอรี่ขนาด 72 V 30 A จะสามารถใช้งานได้เต็มที่เป็นเวลาเท่ากับ 0.7 ชั่วโมง หรือ คิดเป็นนาทีเท่ากับ 42 นาที

ค่า P แบตเตอรี่ จะตัดไฟก่อนแบตเตอรี่หมดหรือไม่ ขึ้นอยู่กับ BMS (Battery Management System) โดยจะมีฟังก์ชันหลักการทำงานประกอบด้วย ควบคุมความปลอดภัย ปรับสมดุลเซลล์แบตเตอรี่ ประเมินสถานะแบตเตอรี่ การจัดการความร้อน ซึ่งโดยหลักการแล้วจะสามารถบริหารจัดการแบตเตอรี่ให้ใช้งานหมด ขึ้นอยู่กับการตั้งค่า BMS



รูปที่ 4 ระบบส่งกำลังจากชุดมอเตอร์ถึงชุดล้อขับเคลื่อนระบบสายพานไทมิ่ง

6) หาอัตราทดของสายพานไทมิ่งและเฟืองสายพานส่งกำลัง จากการส่งกำลังเฟืองสายพาน a ไปที่เฟืองสายพาน b ที่ความเร็วรอบที่ใช้เมื่อตั้งค่าของมอเตอร์ไฟฟ้า 1000 rpm ดังนี้

กำหนด

i = อัตราทด ความเร็วรอบการส่งกำลังเฟืองสายพาน a มีค่า เท่ากับ 1000 rpm (ค่าการทำงานที่ตั้งไว้ในกล่องควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า)

- เฟืองสายพาน a มีขนาด 14 ฟัน ส่งกำลังผ่านสายพานไทมิ่งกับเฟืองสายพาน b ที่มีขนาด 52 ฟัน แทนค่าในสมการ

$$i = \left(\frac{T_b \times T_d}{T_a \times T_c} \right) \quad i = \left(\frac{52}{14} \right) \quad i = 3.714 \quad (7)$$

ดังนั้น อัตราทดของสายพานไทมิ่งและเฟืองสายพานมีค่าเท่ากับ 3.714 : 1

จากนั้นมีการใช้ชุดเกียร์ที่เลือกใช้เพื่อทดรอบให้ลดลง ให้เหมาะสมกับรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง คืออัตราทดที่เท่ากับ 1 : 3.714 เพื่อคำนวณความเร็วรอบของเพลาก็จะได้ความเร็วรอบดังนี้

จากสมการ

อัตราเร็วรอบของเพลาล (rpm) = อัตราเร็วของเครื่องยนต์ (rpm) / อัตราทดเฟือง (8)
แทนค่าในสมการที่ (8)

$$\text{อัตราเร็วของเพลาล} = \left(\frac{1000}{16} \right) - 7.8 = 58.786 \text{ rpm}$$

ดังนั้น ความเร็วรอบ มีค่าเท่ากับ 58.786 rpm

3.1.5 ขั้นที่ 5 การทดสอบ ทำการทดสอบการทำงานของระบบต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการใช้งานรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง ทดสอบโดยการขับขึ้นทางตรงพื้นที่ถนนลาดยาง, ถนนบนถนนดินอัดแห้งปานกลาง เป็นระยะทาง 200 เมตร และแต่ละการทดสอบภาคพื้นดินจะต้องบรรทุกน้ำหนัก 0, 25, 50, 75, 100 จำนวนการทำงานชนิดละ 3 ชั่วโมงแล้วหาค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการทำงาน โดยมีการทดสอบดังต่อไปนี้ (1) เวลาที่ใช้ (2) ความเร็วสูงสุด (3) เวลาเร่ง 0-20 เมตร (4) ระยะเบรกที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (5) กระแสไฟฟ้าสูงสุด (6) อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.1.6 ขั้นที่ 6 การปรับปรุงแก้ไข นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงส่วนที่มีปัญหา เช่น การปรับแต่งระบบควบคุมความเร็ว หรือการปรับปรุงระบบชาร์จแบตเตอรี่ ได้แก้ไข ตามรายละเอียดที่ได้บันทึกไว้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ ให้มีความสมบูรณ์ต่อไป

3.1.7 ขั้นที่ 7 การประเมินผล ประเมินผลการดัดแปลงโดยรวมว่าสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ในด้านสมรรถนะ หากพบว่ายังมีจุดที่ต้องพัฒนา ก็สามารถย้อนกลับไปปรับปรุงในขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัยในการทดสอบสมรรถนะรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง

3.2.1 ดำเนินการทดสอบและเก็บผลบนถนนลาดยาง และบนถนนดินลูกรังในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์

3.2.2 ทดสอบความเร็วสูงสุดภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกัน โดยการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก 0, 25, 50, 75 และ 100 กิโลกรัม วิ่งบนถนนลาดยาง และบนถนนดินอัดแห้งปานกลาง เป็นระยะทาง 200 เมตร มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุกทั้งหมด 5 ระดับ เช่น 0 กิโลกรัม, 25 กิโลกรัม, 50 กิโลกรัม, 75 กิโลกรัม และ 100 กิโลกรัม โดยการทำ 3 ชั่วโมง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

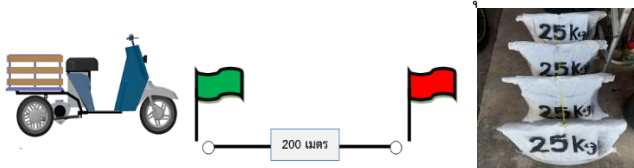
3.2.3 ผลข้อมูลที่ได้ได้แก่ เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที), ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง), เวลาเร่ง 0-20 เมตร (วินาที), ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร (เมตร), กระแสไฟฟ้าสูงสุด (แอมป์), อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ต่อชั่วโมง)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง โดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยี 7 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง เป็นรถต้นแบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาโดยมีขนาด ความกว้าง 1.2 เมตร ความยาว 1.5 เมตร ความสูง 1.4 เมตร โครงสร้างรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า น้ำหนักรวมน้ำหนักบรรทุก 280 กิโลกรัม ขนาดล้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50 เซนติเมตร เพลาส่งกำลังมีขนาดเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่านขนาดเท่ากับ 3,000 วัตต์, กล่องคอนโทรลเลอร์, กล่อง DC to DC คอนเวอร์เตอร์, แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ขนาดเท่ากับ 72

โวลต์ 30 แอมป์ ระบบส่งกำลังใช้สายพานไทม์มิ่งร่วมกับเฟืองสายพาน โดยมีอัตราทดเท่ากับ 3.714 : 1 ส่งผลให้ความเร็วรอบเพลาขับมีค่า 58.786 รอบต่อนาที

ผลการทดลองภายใต้น้ำหนักบรรทุกสูงสุด พบว่าระบบส่งกำลังด้วยสายพานไทม์มิ่งยังสามารถถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ไปยังล้อขับเคลื่อนได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ โดยไม่พบอาการสั่นไถลของสายพานหรือการสูญเสียกำลังที่ส่งต่อการเคลื่อนที่ของรถอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสายพานไทม์มิ่งและชุดเฟืองสายพานที่ออกแบบมีความสามารถรองรับแรงดึงและแรงบิดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 4 การออกแบบรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า และการทดสอบสมรรถนะบรรทุกน้ำหนัก

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร ไม่มีน้ำหนักบรรทุก (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	0	18.5	45.2	3.2	2.5	45	32.5
2	0	18.2	45.5	3.1	2.4	46	31.8
3	0	18.4	45.3	3.2	2.6	45	32.2
ค่าเฉลี่ย	0	18.37	45.33	3.17	2.5	45.33	32.17

จากตารางที่ 1 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 0 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 18.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 45.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.17 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 45.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 32.17 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 25 กิโลกรัม (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	25	19.8	44.1	3.5	2.8	48	35.6
2	25	19.5	44.3	3.4	2.7	50	36.2
3	25	19.6	44	3.5	2.8	49	35.8
ค่าเฉลี่ย	25	19.63	44.13	3.47	2.77	49	35.87

จากตารางที่ 2 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 25 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 19.63 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 44.13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.47 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.77 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 49 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 35.87 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	50	21.2	42.5	4.1	3.2	55	40.5
2	50	21	42.8	4	3.1	56	41.2
3	50	21.3	42.4	4.2	3.3	54	40.8
ค่าเฉลี่ย	50	21.17	42.57	4.10	3.20	55	40.83

จากตารางที่ 3 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 50 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 21.17 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 42.57 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 55 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 40.83 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 75 กิโลกรัม (บนถนนดินลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	75	23.5	40.2	4.8	3.8	62	48.2
2	75	23.8	39.8	4.9	3.9	63	49.5
3	75	23.6	40	4.8	3.8	62	48.8
ค่าเฉลี่ย	75	23.63	40	4.83	3.83	62.33	48.83

จากตารางที่ 4 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 75 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 23.63 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 62.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 48.83 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัม (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	100	25.4	38.5	5.5	4.4	68	55.2
2	100	25.2	38.8	5.4	4.3	70	56.5
3	100	25.5	38.2	5.6	4.5	69	55.8
ค่าเฉลี่ย	100	25.37	38.50	5.50	4.40	69	55.83

จากตารางที่ 5 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 100 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 25.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 38.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.50 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 69 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 55.83 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร ไม่มีน้ำหนักบรรทุก (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	0	22.4	38.5	4.5	3.8	65	52
2	0	22.1	39	4.4	3.6	68	51.5
3	0	22.3	38.7	4.5	3.7	66	52.2
ค่าเฉลี่ย	0	22.27	38.73	4.47	3.70	66.33	51.90

จากตารางที่ 6 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 0 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 22.27 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 38.73 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 66.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 51.90 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 25 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	25	24.5	36.2	5.1	4.2	72	58.4
2	25	24.2	36.8	5	4	75	59.2
3	25	24.4	36.5	5.1	4.1	74	58.8
ค่าเฉลี่ย	25	24.37	36.50	5.07	4.10	73.67	58.80

จากตารางที่ 7 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 25 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 24.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 36.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.07 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 73.67 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 58.80 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	50	27.8	33.4	6.2	4.9	82	68.5
2	50	27.5	33.9	6	4.7	85	69.8
3	50	27.9	33.2	6.3	5	83	69.2
ค่าเฉลี่ย	50	27.73	33.50	6.17	4.87	83.33	69.17

จากตารางที่ 8 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 50 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 27.73 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 33.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.17 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 83.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 69.17 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 75 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	75	31.2	30.5	7.5	5.8	92	82.4
2	75	31.5	30.2	7.8	6	95	84.1
3	75	31.4	30.4	7.6	5.9	94	83.2
ค่าเฉลี่ย	75	31.37	30.37	7.63	5.90	93.67	83.23

จากตารางที่ 9 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 75 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 31.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 30.37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.63 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 93.67 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 83.23 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็วระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้าสูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	100	35.8	27.4	9.2	6.8	110	98.5
2	100	35.4	27.8	9	6.6	115	99.8
3	100	35.9	27.1	9.4	6.9	112	99.2
ค่าเฉลี่ย	100	35.70	27.43	9.20	6.77	112.33	99.17

จากตารางที่ 10 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 100 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 35.70 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 27.43 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.20 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.77 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 112.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 99.17 วัตต์ต่อชั่วโมง

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการทดสอบสมรรถนะพบว่า รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นโดยใช้มอเตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ และระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง สามารถทำความเร็วสูงสุดบนถนนลาดยางได้เฉลี่ย 45.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในสภาวะไม่บรรทุก และความเร็วจะลดลงเหลือ 38.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อบรรทุกน้ำหนัก 100 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัสฎางค์ บุญศรี (2564) ที่พบผลคล้ายกันว่า เมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก จะส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยของการขับเคลื่อน และทำระยะทางได้น้อยลง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิริยุทธ เดิมสวัสดิ์ และ จักรกฤษณ์ จันทศิริ (2562) ที่ระบุว่าประเภทของถนนมีผลต่อสมรรถนะความเร็ว โดยถนนลาดยางจะสามารถทำความเร็วได้สูงกว่าถนนลูกรัง เนื่องจากมีความต้านทานการวิ่งที่น้อยกว่า และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ มงคล ลาดชูย์ (2564) ในด้านการเลือกใช้มอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่าน และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้พลังงานเชิงกลและเหมาะสมกับยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เชิงวิชาการและสาธารณะ

6.1.1 ประโยชน์เชิงสาธารณะ

6.1.1.1 ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ควรให้ความสำคัญกับระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งจะช่วยลดเสียงรบกวน ลดการสึกหรอ และลดการบำรุงรักษาเมื่อเทียบกับระบบโซ่ ส่งผลให้เกิดองค์ความรู้ด้านการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าและสามารถนำไปต่อยอดทางวิชาการและอุตสาหกรรมได้

6.1.1.2 ด้านการศึกษาและการเรียนรู้ ควรนำงานวิจัยไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในสาขาช่างยนต์ ช่างไฟฟ้า และเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

6.2.1 การส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ควรผลักดันนโยบาย "ยานพาหนะคาร์บอนต่ำ" โดยสนับสนุนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานสะอาดในภาคยานยนต์ พร้อมส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานและระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยพลังงานหมุนเวียน

6.2.2 การสร้างมาตรฐานและการควบคุมคุณภาพ ควรกำหนดมาตรฐานการผลิตรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งที่ครอบคลุมทั้งด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัย จัดตั้งหน่วยงานกำกับ

ดูแลเฉพาะทางเพื่อตรวจสอบและรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ พร้อมพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลการใช้งานในระยะยาว

6.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

6.3.1 ควรศึกษาการใช้พลังงานทดแทนร่วมกับระบบรถไฟฟ้า เช่น การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อช่วยชาร์จพลังงาน ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด

6.3.2 ควรศึกษาระบบส่งกำลังรูปแบบอื่นเปรียบเทียบกับสายพานไทม์มิ่ง เช่น ระบบโซ่ หรือระบบเฟือง เพื่อเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพ ความทนทาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และความเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าของบทความ เอกสาร ตำราและหนังสือ ที่ผู้วิจัยใช้ในการสืบค้น ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และผ่านยานพาหนะมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้การอนุเคราะห์สถานที่ในการออกแบบ พัฒนา และสร้างรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง ที่ให้การอนุเคราะห์การทดสอบบนถนนทั้ง 2 ชนิด เพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งรวมถึง อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิต่าง ๆ ที่ให้คำแนะนำและเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

8. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน. (2566). รายงานสถิติการขนส่งจากกรมการขนส่งทางบกในปีงบประมาณ 2562–2566. กรมการขนส่งทางบก : กรุงเทพฯ.
- จักรมาส เลหาณิช. (2566). การออกแบบและพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 17(1) : 89-101.
- ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. (2556). วิศวกรรมยานยนต์. พิมพ์ครั้งที่ 13 น. 35. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วิทย์พัฒน์, บจก
- ธนารักษ์ แต่สุวรรณ. (2562). การพัฒนาและออกแบบวีลแชร์ไฟฟ้าแบบไร้สาย. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ัญญาเรศ ศรีพราย. (2563). การพัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มงคล ลาดชูย์. (2564). การออกแบบและพัฒนารถไฟฟ้าต้นแบบ. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี, 1(1), 19-29.
- มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง. (2566). ไทยครองแชมป์ ประเทศที่มีการใช้รถมอเตอร์ไซด์มากที่สุดในโลก. <https://home.maefahluang.org/18045104/thailand-mostbike>
- วิจิตร บุญยะโทตระ. (2567). มลภาวะจากท่อไอเสีย. <https://shorturl.asia/LZaps>
- วิรัช เกษมทรัพย์. (2564). เราเตรียมพร้อมกันหรือยัง กับการดูแลผู้สูงอายุอย่างมีคุณภาพและครอบคลุม. <https://op.mahidol.ac.th/ga/posttoday-22-2/>
- วิรุณ โมนะตระกูล. (2566). การออกแบบและพัฒนาต้นแบบยานยนต์เนกประสงค์ไฟฟ้า. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ, 9(2) : 87 – 102.
- วิรัช เต็มสวัสดิ์ และ จักรกฤษณ์ จันทศิริ. (2562). การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา. (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

- สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). กระบวนการเทคโนโลยี. https://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=1094
- Electric motors', Dana TM4. (2566). มอเตอร์ไฟฟ้า. https://www.nectec.or.th/wp-content/uploads/2022/09/NECTEC-EV-motor_epub.pdf
- Hema Latha, K. (2019). Design and Development of Solar Powered Vehicle. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(8), 608-615.
- Herrindra, R. P., Setiawan, S., & Wijaya, A. P. (2022). Desain Sepeda Motor Listrik untuk Aktivitas City Touring bagi Penggemar Sepeda Motor Bergaya Neo-Klasik. *Jurnal Desain Indonesia*, 5(1), 73-102.

9. คุณค่าทางวิชาการ

การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง มีคุณค่าทางวิชาการในการบูรณาการเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและพลังงานสะอาด เพื่อลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยประยุกต์ใช้ระบบส่งกำลังที่มีประสิทธิภาพพร้อมกับเทคโนโลยีการควบคุมสมัยใหม่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดต้นทุน และยกระดับมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้า นอกจากนี้ ยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านการออกแบบและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า เพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่และการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในอนาคต

การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

เผด็จ สวิพันธุ์^{1*} ทิภาพร ศุภมิตร²

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน^{1*}

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต²

อีเมล : tipaporn.sup@kbu.ac.th²

วันที่รับบทความ 11 ธันวาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 13 กุมภาพันธ์ 2569

วันที่ตอบรับบทความ 19 มีนาคม 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ ระบบนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลวิทยานิพนธ์ด้วยฐานข้อมูล MySQL การอัปโหลดไฟล์ PDF ข้อมูลวิทยานิพนธ์ พร้อมประมวลผล Embedding เพื่อแปลงข้อมูลเป็นเวกเตอร์สำหรับค้นหาเชิงความหมาย และระบบ AI Chatbot สำหรับตอบคำถามด้วยเทคโนโลยี Natural Language Processing (NLP) กระบวนการพัฒนาระบบใช้รูปแบบ Web Application ทำงานร่วมกับ PHP และ phpMyAdmin โดยมีเครื่องมือค้นหาหลากหลาย เช่น การค้นหาตามชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ ผู้แต่ง และการค้นหาแบบ Semantic Search ซึ่งช่วยให้ระบบมีเข้าใจความหมายของคำถามผู้ใช้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการค้นหาโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ให้ความแม่นยำสูงกว่าระบบแบบดั้งเดิมและลดเวลาในการค้นคว้าได้อย่างชัดเจน การประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง 30 คน โดยใช้แบบสอบถามระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ พบว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับ “มาก” ค่าเฉลี่ยรวม 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 โดยผู้ใช้งานส่วนใหญ่ไม่เห็นว่าการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาและสนับสนุนการเรียนรู้ ระบบนี้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในสถาบันการศึกษา และช่วยยกระดับการจัดการองค์ความรู้ทางวิชาการได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ปัญญาประดิษฐ์ ระบบสืบค้นวิทยานิพนธ์ การค้นหาเชิงความหมาย เอ็มดีเจ เอไอแชทบอท



Development of an Intelligent Thesis Retrieval System Using AI for Educational Institutions

Padet Sawipan^{1*}, Thipaporn Supamid²

Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology^{1*}

Faculty of Engineering, Kasembundit University²

E – mail: tipaporn.sup@kbu.ac.th²

Received 11 December 2025

Revised 13 February 2026

Accepted 19 March 2026

Abstract

This research aims to develop an intelligent Thesis Retrieval System using artificial intelligence (AI) for educational institutions, to test the system's effectiveness, and to evaluate user satisfaction. The system consists of three main parts: a thesis data storage and management system using a MySQL database, PDF file uploading with embedding for data conversion into semantic search vectors, and an AI chatbot for answering questions using Natural Language Processing (NLP). The system was developed as a web application using PHP and phpMyAdmin, offering various search tools such as title, year of publication, author, and semantic search, enabling the system to understand user queries. Experimental results show that AI-powered searching is significantly more accurate than traditional systems and reduces search time. A satisfaction survey of 30 users using a 5-level satisfaction scale revealed a high level of satisfaction (average score of 4.52, standard deviation of 0.56). Most users felt the system improved research efficiency and supported learning. The system is suitable for implementation in educational institutions and significantly enhances academic knowledge management.

Keywords : Artificial intelligence, Thesis search system, Semantic search, Embedding, AI Chatbot.

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันมีเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีผลต่อระบบการศึกษาและการจัดการองค์ความรู้เป็นอย่างมาก เนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นปัจจัยหลักที่จะขับเคลื่อนสำคัญ ทำให้การเข้าถึงข้อมูลวิชาการมีความสะดวก รวดเร็ว และใช้งานได้อย่างสะดวก โดยเฉพาะภาคของสถาบันอุดมศึกษา ที่จะต้องดูแลและบริหารจัดการองค์ความรู้ต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นงานวิจัย ผลงานวิทยานิพนธ์ บทความวิชาการ และเอกสารสำคัญทางวิชาการอื่น ๆ และวิทยานิพนธ์ข้อมูลที่มีคุณค่ามาก เนื่องจากเป็นผลลัพธ์จากการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ มีการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อสาขาวิชานั้น ๆ (นฤเบศร์ ลือเรือง ปริญาณุชย์ อุ่นใจ และพิกุล มีมานะ, 2568) ไม่ว่าอย่างไรก็ตาม ถึงแม้ข้อมูลดังกล่าวจะมีทางด้านวิชาการที่สูง แต่ในหลายสถาบันกลับมีปัญหา ด้านการจัดเก็บและสืบค้น ทำให้ข้อมูลที่มีอยู่ไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างเพียงพอ

ระบบสืบค้นวิทยานิพนธ์แบบดั้งเดิมส่วนใหญ่ ทำงานบนพื้นฐานของการค้นหาด้วยคำสำคัญ (Keyword-based Search) ซึ่งจำเป็นต้องใช้คำค้นที่ตรงกับเนื้อหาในฐานข้อมูลแบบอักษรต่ออักษร ทำให้ผู้ใช้งานที่ไม่ทราบ คำค้นที่ถูกต้อง หรือไม่รู้จักโครงสร้างเนื้อหาของวิทยานิพนธ์อาจจะต้องใช้เวลาค้นหาค้นหานาน และอาจไม่ได้ผลลัพธ์ที่ สอดคล้องกับความต้องการที่มีอยู่จริง อีกทั้งข้อมูลภายในไฟล์ PDF ของวิทยานิพนธ์จำนวนมากยังไม่ถูกนำมาใช้ใน กระบวนการสืบค้น จึงทำให้ระบบค้นหาจำกัดเฉพาะข้อมูลเชิงโครงสร้าง เช่น ชื่อเรื่อง ผู้แต่ง ปีพิมพ์ หรือบทคัดย่อ ส่งผลให้ไม่สามารถค้นหาความสัมพันธ์เชิงความหมายที่ซับซ้อนได้ ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นทำให้ระบบสืบค้นแบบเดิมจึงไม่ ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานในยุคปัจจุบัน ที่อาจจะคาดหวังความแม่นยำ ความเร็ว และความสามารถใน การทำความเข้าใจของคำถามได้อย่างลึกซึ้ง (ดิชิตชัย เมตตาริกานนท์, 2558)

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และการ ประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) (Stryker and Holdsworth, 2022) ได้ ก้าวหน้าไปมาก ทำให้ระบบสามารถตีความและทำความเข้าใจภาษามนุษย์ในระดับความหมาย (semantic level) ได้ดียิ่งขึ้น แนวคิดสำคัญที่เข้ามามีบทบาทในการพัฒนาระบบสืบค้นคือ Semantic Search ซึ่งมีความแตกต่างจาก แบบค้นหาด้วยคำสำคัญตรง ที่ระบบสามารถวิเคราะห์ความหมายของคำถาม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา และค้นหาข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงเชิงความหมายถึงแม้ไม่ปรากฏคำค้นแบบตรงตัว การทำโมเดล Embedding ซึ่งเป็นเทคโนโลยีหลักใน Semantic Search มีส่วนช่วยแปลงข้อความเป็นเวกเตอร์ตัวเลข (Vector Representation) ที่สะท้อนความหมายของข้อความได้เป็นอย่างดี ทำให้ระบบสามารถคำนวณค่าความคล้ายคลึง (Similarity Score) ระหว่างคำถามของผู้ใช้และเนื้อหาภายในวิทยานิพนธ์ได้ด้วยความแม่นยำสูง (Mitchell, 2024)

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ เป็นในรูปแบบของระบบถามตอบ (AI Chatbot) มีส่วนช่วยเพิ่ม ความสามารถในการระบบค้นคว้า โดยการใช้ Chatbot สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางรับคำถามของผู้ใช้ วิเคราะห์ ความหมาย และเลือกตอบข้อมูลที่เหมาะสม จากฐานข้อมูลหรือผลการสืบค้นเชิงความหมาย ทำให้ผู้ใช้สามารถ ค้นคว้าข้อมูลได้แบบเป็นธรรมชาติ (Natural Interaction) และลดเวลาในการค้นกรองข้อมูลได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับ สถาบันการศึกษา โดยผสมผสานระบบฐานข้อมูล ระบบประมวลผลข้อมูลเอกสาร และปัญญาประดิษฐ์เข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถตอบโต้ปัญหาจากระบบเดิมที่ผ่านมา ทั้งด้านประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และ ประสบการณ์ผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี โดยผู้วิจัยมีความประสงค์พัฒนาระบบจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

1. ระบบบริหารจัดการข้อมูลวิทยานิพนธ์ ซึ่งใช้ฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเก็บข้อมูลเชิงโครงสร้าง ทำให้ สามารถบริหารจัดการวิทยานิพนธ์ไม่ว่าจะเป็น เพิ่ม ลบ แก้ไข หรือค้นหาเบื้องต้นได้อย่างดี
2. ระบบการอัปโหลดและประมวลผลไฟล์ PDF พร้อมเพิ่มระบบ Embedding ในการช่วยแปลงเนื้อหา ภายในไฟล์เป็นเวกเตอร์สำหรับการค้นหาเชิงความหมายได้ดี

3. ระบบ AI Chatbot สำหรับการถามตอบแบบเรียลไทม์ ที่ใช้ภาษาธรรมชาติ ในการวิเคราะห์คำถามและดึงข้อมูลสำคัญจากฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการสร้างคำตอบที่ถูกต้องและสอดคล้องกับบริบทของคำถามให้มากที่สุด

โดยระบบทั้งหมดถูกพัฒนาในลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ภาษา PHP และออกแบบแนวคิดสถาปัตยกรรม MVC (Model-View-Controller) (Saketkumr. 2025) เพื่อแยกโครงสร้างการทำงานให้ชัดเจน ซึ่งง่ายต่อการบำรุงรักษาและขยายระบบในอนาคต การนำระบบ Embedding มาใช้ในการค้นหา มีส่วนช่วยให้ระบบสามารถดึงข้อมูลจากเนื้อหาภายในไฟล์ PDF ได้ทันที แบบไม่จำกัดเพียงมีข้อมูล Metadata ที่ทำให้สามารถตอบคำถามยาก ๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น “งานวิจัยนี้ใช้วิธีการเก็บข้อมูลอย่างไร” หรือ “ผลการวิจัยหลักคืออะไร” ซึ่งระบบค้นหาแบบคำสำคัญไม่สามารถทำได้ เป็นต้น

นอกจากการพัฒนาเรียบร้อยแล้ว งานวิจัยนี้ยังให้ความสำคัญการประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งานอีกด้วย สามารถใช้การทดสอบกับผู้ใช้จริง ซึ่งประกอบด้วย นักศึกษาและบุคลากรทางด้านศึกษา เพื่อวัดความแม่นยำของการค้นหาข้อมูล มีความสะดวกในการใช้งาน ความรวดเร็วและความพึงพอใจระบบข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงในอนาคต

โดยสรุป การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา มีความสำคัญทั้งในด้านการค้นหาข้อมูลและองค์ความรู้ทางการศึกษา อีกทั้งสอดคล้องกับระบบปัญญาประดิษฐ์ ที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมากในปัจจุบัน ระบบที่พัฒนาขึ้นไม่เพียงช่วยแก้ปัญหาระบบสืบค้นแบบเดิม แต่ยังเป็นส่วนสำคัญสู่การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ มาใช้ในงานวิชาการอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยใช้ แนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) (โม นัทมล, 2567) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน (Planning), การวิเคราะห์ (Analysis), การออกแบบ (Design), การพัฒนาและติดตั้งใช้งาน (Implementation) และการบำรุงรักษา (Maintenance) เพื่อนำมาใช้พัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์ที่ใช้งานเทคโนโลยี AI และ Embedding เพื่อค้นหาเชิงความหมาย ดังนี้

3.1 การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี AI โดยใช้ SDLC

3.1.1 การวางแผนโครงการ (Project Planning) ในขั้นตอนแรก ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลักการใช้งานปัญญาประดิษฐ์ ปัญหาระบบและความต้องการของผู้ใช้ ได้แก่ นักศึกษา อาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา โดยสำรวจปัญหาที่พบว่าระบบสืบค้นวิทยานิพนธ์รูปแบบเดิม มีปัญหาไม่ว่าจะเป็น การค้นหาใช้เวลานาน ค้นหาไม่ตรงประเด็น คำค้นไม่ตรงกับเนื้อหา ไม่มีระบบค้นหาเชิงความหมาย ไม่มีระบบถามตอบ (QA) จากเนื้อหาในไฟล์ PDF โดยผู้ที่มีความต้องการระบบที่สามารถค้นหาวิทยานิพนธ์ได้ทั้งแบบคำสำคัญและความหมายได้ พร้อมมีระบบ AI ช่วยสรุปและตอบคำถามจากเนื้อหาในเอกสาร PDF ได้โดยตรง จึงกำหนดขอบเขตการพัฒนาได้ดังนี้

1) ระบบฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ (MySQL) รองรับแล้วใน MySQL 8.0.36 ขึ้นไป มีการเพิ่ม Vector Data Type สำหรับงานด้าน AI / Semantic Search โดยเฉพาะ

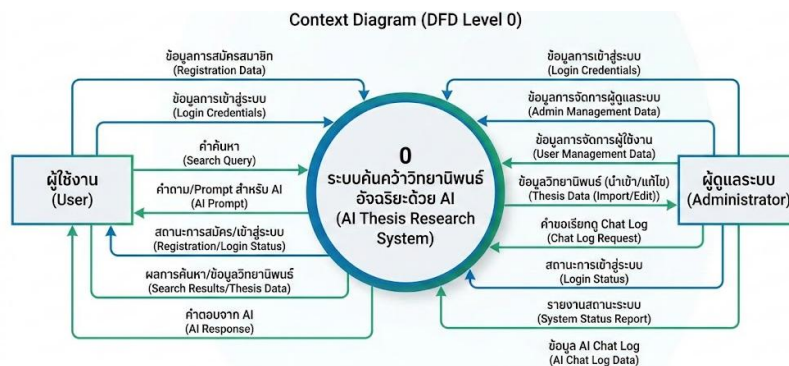
2) การอัปโหลด PDF และประมวลผล Embedding ในการอัปโหลด PDF จะทำโดยแปลงไฟล์เป็นข้อความ (Text Extraction) แล้วแบ่งเป็นช่วง (chunk) ก่อนส่งเข้าสู่โมเดล Embedding เช่น text-embedding-3-large จาก OpenAI ซึ่งเป็นโมเดลแบบ Transformer-based ขนาดเวกเตอร์ 3,072 มิติ รองรับหลายภาษา (Multilingual) รวมถึงภาษาไทยได้ดี เหมาะสำหรับงานค้นหาเชิงความหมาย (Semantic Search) ในฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ โดยสามารถนำเวกเตอร์ที่ได้ไปจัดเก็บในระบบที่รองรับ VECTOR และใช้คำนวณความใกล้เคียงของเนื้อหาได้

(1) ระบบสืบค้น AI แบบ Semantic Search

(2) ระบบ AI Chatbot ที่ตอบคำถามจากข้อมูลจริงในฐานข้อมูลและไฟล์ PDF

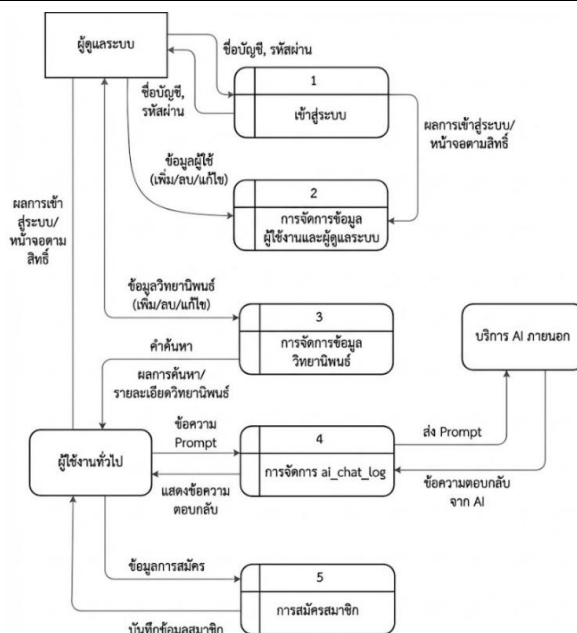
3.1.2 การวิเคราะห์ระบบ (Analysis) หลังจากได้ทำการรวบรวมความต้องการผู้ใช้ (User Requirement) และวิเคราะห์การสร้างข้อมูล โดยศึกษากระบวนการทำงานในปัจจุบัน จากนั้นจึงกำหนดโครงสร้างข้อมูล (Data Structure) ไม่ว่าจะเป็น ข้อมูลวิทยานิพนธ์ ข้อมูลไฟล์ PDF ข้อมูล AI Embedding (Vector) ข้อมูลผู้ใช้งาน และจัดทำแผนภาพบริบท (Context Diagram) แผนภาพกระแสข้อมูล (DFD) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของการทำงานระบบ โดยส่วนสำคัญจะพัฒนาระบบดังนี้ ผู้ใช้ส่งคำถาม → ระบบ AI วิเคราะห์ → ไปค้นหาในฐานข้อมูล → ส่งผลลัพธ์กลับมาให้ผู้ใช้

ในการออกแบบระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา มีส่วนประกอบของระบบที่สามารถเก็บข้อมูลวิทยานิพนธ์ ได้แก่ รหัสวิทยานิพนธ์ ชื่อเรื่องภาษาไทย ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ผู้จัดทำ / ผู้วิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา ปีที่ตีพิมพ์ หมวดหมู่หรือสาขา บทคัดย่อ ชื่อไฟล์ PDF ที่อัปโหลด วันที่เพิ่มข้อมูลวันที่แก้ไขล่าสุดโดยอัปเดตอัตโนมัติ และการวางแผนพัฒนาทั้งด้านอุปกรณ์ Hardware และ Software รวมถึงการเตรียมข้อมูลและและประสานระบบกับผู้ใช้งาน



รูปที่ 1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) ระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

ในรูปที่ 1 ได้ออกแบบ แผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการที่เกี่ยวข้อง 2 กลุ่ม คือ ผู้ใช้งาน และผู้ดูแลระบบ โดยสามารถแยกกระบวนการทำงานต่างๆ ดังนี้ 1.เข้าสู่ระบบ 2.การจัดการผู้ดูแลระบบ 3.การจัดการผู้ใช้งาน 4.การจัดการข้อมูลวิทยานิพนธ์ 5.การจัดการ ai_chat_log 6.การสมัครสมาชิก



รูปที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูล (DFD) ระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

ในรูปที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูล (DFD) ของระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา สามารถอธิบายได้ดังนี้

กระบวนการที่ 1 เข้าสู่ระบบ เป็นกระบวนการเข้าระบบเพื่อใช้งาน ระบบระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา โดยจำแนกสิทธิ์การใช้งาน แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้ดูแลระบบ เมื่อเข้าสู่ระบบมีการใช้งาน ชื่อบัญชีผู้ใช้ รหัสผ่าน ก็จะได้หน้าจอที่เข้าสู่ระบบตามสิทธิ์ของผู้ใช้งานนั้น

กระบวนการที่ 2 การจัดการข้อมูลผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ เป็นกระบวนการที่ผู้ดูแลระบบ ในการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูล ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้ดูแลระบบ ในการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล ได้แก่ รหัสผู้ใช้งาน ชื่อ บัญชีผู้ใช้ รหัสผ่าน ชื่อ-นามสกุลผู้ใช้ บทบาทผู้ใช้ (แอดมิน/ผู้งานใช้ทั่วไป) และวัน-เวลาที่สร้าง

กระบวนการที่ 3 การจัดการข้อมูลวิทยานิพนธ์ เป็นกระบวนการที่ผู้ดูแลระบบ ในการจัดการข้อมูลวิทยานิพนธ์ ในการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นข้อมูล รหัสวิทยานิพนธ์ ชื่อเรื่องภาษาไทย ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ผู้จัดทำ / ผู้วิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา ปีที่ตีพิมพ์ หมวดหมู่หรือสาขา บทความย่อ ชื่อไฟล์ PDF ที่อัปโหลด วันที่เพิ่มข้อมูล วันที่แก้ไขล่าสุดโดยอัปเดตอัตโนมัติ แต่ ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถค้นหาข้อมูลและแสดงรายละเอียดข้อมูลวิทยานิพนธ์ได้

กระบวนการที่ 4 การจัดการ ai_chat_log เป็นกระบวนการที่ผู้ใช้งานทั่วไป ใช้งานแชทผ่าน AI สร้างลงในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ

กระบวนการที่ 5 การสมัครสมาชิก เป็นกระบวนการที่สมาชิก มีการสมัครลงทะเบียนการใช้งาน ระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

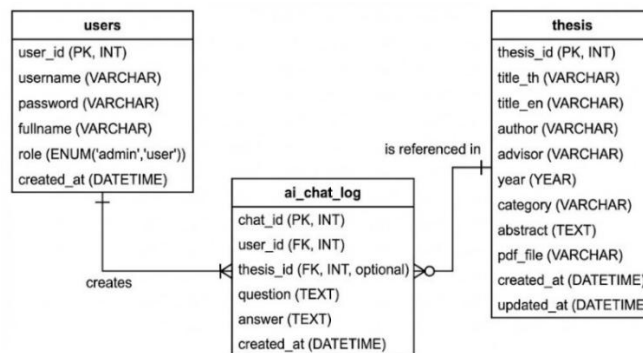
3.1.3 การออกแบบระบบ (Design)

การออกแบบแบ่งเป็น 2 ส่วน

1) การออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design) การออกแบบเชิงตรรกะของระบบ ประกอบด้วย โครงสร้างฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงข้อมูลวิทยานิพนธ์ ผ่านปัญญาประดิษฐ์ อย่างเป็นระบบ กระบวนการ Embedding มาใช้ในการแปลงข้อความของข้อมูลวิทยานิพนธ์เป็นแบบเวกเตอร์ เพื่อรองรับการค้นหาเชิงความหมาย ผู้ใช้งาน สามารถค้นหาด้วยคำถามธรรมชาติได้ โดยระบบจะเปรียบเทียบเวกเตอร์ของคำถามกับเวกเตอร์ของเอกสาร วิทยานิพนธ์ด้วยความคล้ายคลึงและส่งผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้อง ส่วนการติดต่อผู้ใช้งานจะถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย เพื่อให้ ค้นหาข้อมูลได้รวดเร็วและถูกต้อง

2) การออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design) ระบบถูกออกแบบโครงสร้างเทคโนโลยีที่รองรับ การประมวลผลข้อมูลและการทำงานของระบบปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้ภาษา PHP และ JavaScript ในการพัฒนา ระบบอยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เชื่อมโยงฐานข้อมูล MySQL สำหรับจัดเก็บข้อมูลวิทยานิพนธ์ ผู้ใช้งาน และ ประวัติการสนทนา อยู่ในรูปโมดูล AI Embedding และ Chat Completion (Mitchell. 2024) โดยอาศัยเทคโนโลยี จาก OpenAI เพื่อใช้ประมวลผลข้อมูลภายในไฟล์ PDF ข้อมูลวิทยานิพนธ์ และนำไปสร้างเวกเตอร์ข้อมูลเชิง ความหมาย (Semantic Embedding) สำหรับใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลวิทยานิพนธ์ เมื่อผู้ใช้งานตั้ง คำถาม ระบบจะส่งข้อความไปยังโมเดล Chat Completion ของ OpenAI เพื่อทำการวิเคราะห์ความหมายของ คำถาม และสร้างคำตอบที่สอดคล้องกับเนื้อหาในฐานข้อมูล ทำให้การค้นหามีความแม่นยำสูง และสามารถตอบ คำถามเชิงลึกได้ ส่วนไฟล์ PDF ข้อมูลวิทยานิพนธ์จะถูกจัดเก็บในโฟลเดอร์บนเซิร์ฟเวอร์โดยตรง โครงสร้างหน้าจอ เว็บไซตใช้ Bootstrap ในการพัฒนา เพื่อให้รองรับทุกอุปกรณ์ ผู้ใช้งานสามารถทำงานทั้งหมดผ่านหน้าเว็บเดียว ได้แก่ ค้นหาวิทยานิพนธ์ ดูรายละเอียดข้อมูล ตั้งคำถามให้ AI โดยการออกแบบเชิงกายภาพนี้ช่วยให้ระบบทำงาน เสถียร เข้าถึงง่าย และรองรับผู้ใช้งานได้ดี

Chat Completion ไม่ได้ทำหน้าที่เปรียบเทียบเวกเตอร์โดยตรง ในระบบ Embedding และ Retrieval-Based AI การเปรียบเทียบเวกเตอร์จะเกิดขึ้นขั้นตอน Vector Similarity Search (เช่น cosine similarity) หลังจาก สร้าง embedding แล้ว ส่วน Chat Completion ใช้สร้างคำตอบจากข้อมูลที่ถูกต้องมา (RAG) ตรวจสอบได้คือ 1.ดูสถาปัตยกรรมระบบว่าแยก Embedding, Vector Search และ Generation และ 2.ตรวจสอบโค้ดว่ามีขั้นตอน คำนวณ similarity ก่อนเรียก Chat Completion



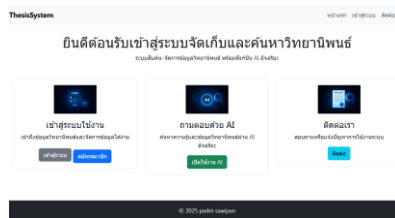
รูปที่ 3 ER- Diagram ระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

ตารางที่ 1 Data Dictionary ระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา

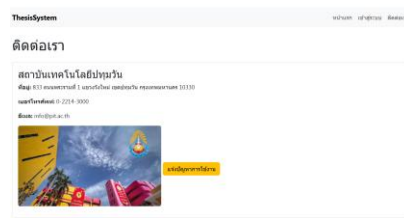
ตาราง ai_chat_log			
ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คีย์	คำอธิบาย
chat_id	INT(11)	PK	เลขลำดับรายการสนทนา
user_id	INT(11)	FK→users.user_id	รหัสผู้ใช้ที่ทำการถาม
thesis_id	INT(11)	FK→thesis.thesis_id	วิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับคำถาม (ถ้ามี)
question	TEXT	-	ข้อความคำถามที่ผู้ใช้ส่งให้ AI
answer	TEXT	-	คำตอบที่ AI ตอบกลับผู้ใช้
created_at	DATETIME	-	วันที่-เวลาที่บันทึกการสนทนา
ตาราง thesis			
ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คีย์	คำอธิบาย
thesis_id	INT(11)	PK	รหัสวิทยานิพนธ์
title_th	VARCHAR(255)	-	ชื่อเรื่องภาษาไทย
title_en	VARCHAR(255)	-	ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ
author	VARCHAR(255)	-	ผู้จัดทำ / ผู้วิจัย
advisor	VARCHAR(255)	-	อาจารย์ที่ปรึกษา
year	YEAR(4)	-	ปีที่ตีพิมพ์
category	VARCHAR(100)	-	หมวดหมู่หรือสาขา
abstract	TEXT	-	บทคัดย่อ
pdf_file	VARCHAR(255)	-	ชื่อไฟล์ PDF ที่อัปโหลด
created_at	DATETIME	-	วันที่เพิ่มข้อมูล
updated_at	DATETIME	-	วันที่แก้ไขล่าสุดโดยอัปเดตอัตโนมัติ
ตาราง users			
ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คีย์	คำอธิบาย
user_id	INT(11)	PK	รหัสผู้ใช้งาน
username	VARCHAR(100)	-	ชื่อบัญชีผู้ใช้
password	VARCHAR(255)	-	รหัสผ่าน (เข้ารหัสแล้ว)
fullname	VARCHAR(255)	-	ชื่อ-นามสกุลผู้ใช้
role	ENUM('admin','user')	-	บทบาทผู้ใช้ (แอดมิน/ผู้ใช้ทั่วไป)
created_at	DATETIME	-	วันที่-เวลาที่

การออกแบบและการพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) หน้าแรก ซึ่งจะเป็นหน้าแรกของการใช้งานของระบบ เมื่อผู้ใช้งานเปิดขึ้นมา จะเป็นหน้าแรก จะมีปุ่มให้เข้าสู่ระบบหรือสมัครสมาชิก การใช้งานระบบฯ และมีปุ่มเปิดใช้งาน AI และปุ่มติดต่อเรา ดังรูปที่ 4(ก)
- (2) หน้าติดต่อเรา จะแสดงรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลสถาบันฯ ดังรูปที่ 4(ข)



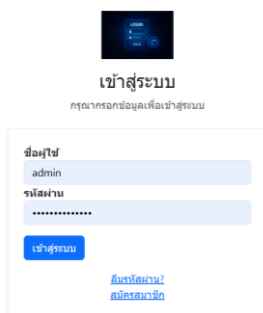
(ก)



(ข)

รูปที่ 4 (ก) หน้าแรกของระบบฯ (ข) หน้าติดต่อเราของระบบฯ

- (3) หน้าจอเข้าสู่ระบบ เป็นหน้าจอที่ให้ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้ดูแลระบบ กรอกข้อมูลชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน เพื่อเข้าระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา ดังรูปที่ 5 (ก)
- (4) หน้าจอสมัครสมาชิก เป็นหน้าจอที่ให้ผู้ใช้งานทั่วไปสมัครสมาชิกใน การใช้งานระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา ดังรูปที่ 5 (ข)



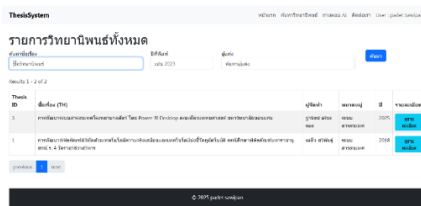
(ก)



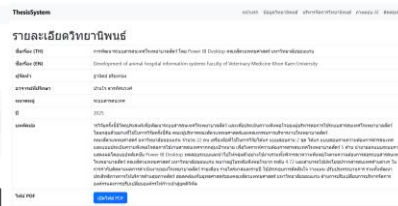
(ข)

รูปที่ 5 (ก) หน้าจอเข้าสู่ระบบ ของระบบฯ (ข) หน้าจอสมัครสมาชิก ของระบบฯ

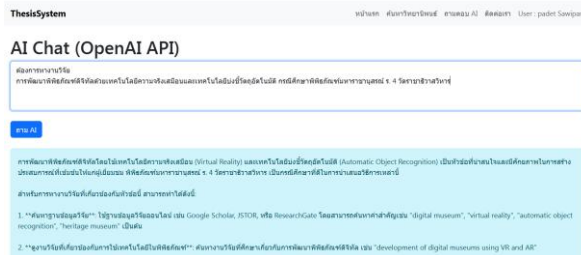
- (5) หน้าจอการค้นหาวิทยานิพนธ์ เป็นหน้าจอสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ได้เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว สามารถค้นหาข้อมูลวิทยานิพนธ์ ได้จาก ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ ผู้แต่ง ในการค้นหา ดังรูปที่ 6 (ก) หน้าจอรายละเอียดข้อมูลวิทยานิพนธ์ เมื่อผู้ใช้งานทั่วไปเลือกข้อมูลวิทยานิพนธ์สนใจ ทำการกดปุ่มรายละเอียด เมื่อกดปุ่มรายละเอียดข้อมูลวิทยานิพนธ์ แล้วระบบจะแสดงผลข้อมูลวิทยานิพนธ์ ดังรูปที่ 6 (ข) หน้าจอค้นหาข้อมูลวิทยานิพนธ์ ด้วย AI Chat หากต้องการ ค้นหาข้อมูลวิทยานิพนธ์ถามตอบ AI ให้ทำการเลือกเมนู ถามตอบAI ระบบจะแสดงผล ให้ผู้ใช้งานทั่วไปสอบถาม AI ผ่านการถาม และ AI จะทำการหาข้อมูลวิทยานิพนธ์ ตามที่ผู้ใช้งานถาม ดังรูปที่ 6 (ค)



(ก)



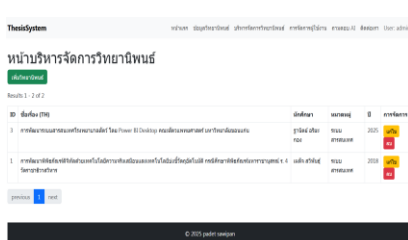
(ข)



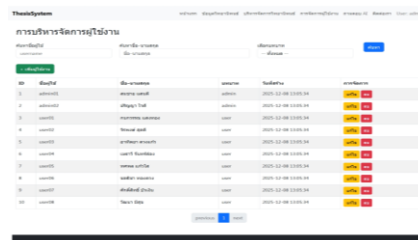
(ค)

รูปที่ 6 (ก) หน้าจอการค้นหาวินยานิพนธ์ ของระบบฯ (ข) หน้าจอรายละเอียดข้อมูลวิทยานิพนธ์ ของระบบฯ
(ค) หน้าจอค้นหาข้อมูลวิทยานิพนธ์ ด้วย AI Chat ของระบบฯ (สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป)

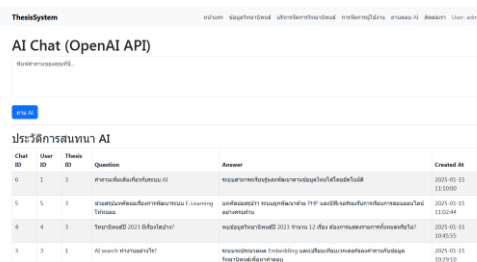
(ง) หน้าจอการบริหารการจัดการวิทยานิพนธ์ เป็นหน้าจอสำหรับผู้ดูแลระบบ ได้เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว สามารถสร้าง ลบ แก้ไข และค้นหา ข้อมูลวิทยานิพนธ์ ดังรูปที่ 7 (ก) หน้าจอการบริหารจัดการผู้ใช้งาน ผู้ดูแลระบบ สามารถสร้าง ลบ แก้ไข ผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบได้ ดังรูปที่ 7 (ข) หน้าจอค้นหาข้อมูลวิทยานิพนธ์ เมื่อผู้ดูแลระบบ ทำการเข้าเมนู AI Chat ระบบจะแสดงผล Chat AI และประวัติการสนทนา Chat AI ของผู้ใช้งานที่ใช้งานแชท AI ดังรูปที่ 7 (ค)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 7 (ก) หน้าจอการบริหารการจัดการวิทยานิพนธ์ ของระบบฯ (ข) หน้าจอการบริหารจัดการผู้ใช้งาน ของระบบฯ (ค) หน้าจอค้นหาข้อมูลวิทยานิพนธ์ ด้วย AI Chat และประวัติการสนทนา Chat AI ของระบบฯ (สำหรับผู้ดูแลระบบ)

3.1.4 การพัฒนาและนำไปใช้ (Implementation) ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบตามแบบที่กำหนดไว้ ประกอบด้วยโมดูลอัปโหลดไฟล์ PDF ระบบแปลงเนื้อหา PDF เป็น Embedding ระบบฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ การเชื่อมต่อ API ของปัญญาประดิษฐ์ Open AI เพื่อรองรับการสืบค้นแบบ Semantic Search และการตอบคำถามได้ทันที พร้อมจัดการข้อมูลและการค้นหอย่างเป็นระบบ

ภายหลังการพัฒนา ระบบได้ถูกนำไปทดสอบการใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาจารย์มหาวิทยาลัย เกษมบัณฑิต จำนวน 10 คน นักวิจัย จำนวน 10 คน และนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน จำนวน 10 คน (แบบเจาะจง) รวมทั้งสิ้น จำนวน 30 คน เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจต่อการทำงานของระบบในด้าน ความถูกต้อง ความสะดวกในการใช้งาน และประสิทธิภาพโดยรวม ผลจากการทดสอบนี้ มีส่วนช่วยให้ผู้วิจัยสามารถระบุข้อบกพร่องและนำไปปรับปรุงก่อนนำระบบไปใช้งานจริง เพื่อให้มีความเสถียรและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้มากยิ่งขึ้น

3.1.5 การบำรุงรักษา (Maintenance) หลังจากนำระบบไปใช้งานจริง ได้ดำเนินการบำรุงรักษาระบบ เพื่อให้ระบบคงประสิทธิภาพและรองรับการใช้งานในระยะยาว กิจกรรมที่ จ้างดำเนินการ ได้แก่ การแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน การปรับปรุงโมเดล Embedding เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการสืบค้น การเพิ่มข้อมูลวิทยานิพนธ์ใหม่เข้าสู่ฐานข้อมูล การอัปเดตระบบให้สามารถรองรับไฟล์ PDF ที่มีขนาดใหญ่ยิ่งขึ้น และการปรับปรุงด้านความเร็วในการค้นหาข้อมูล นอกจากนี้ระบบยังเปิดโอกาสให้ผู้ใช้เสนอแนะความคิดเห็น ซึ่งจะถูกพิจารณาไปพัฒนาระบบให้ตอบสนองความต้องการผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 เตรียมระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วย AI

3.2.2 รวบรวมไฟล์วิทยานิพนธ์และข้อมูลจริงจำนวน 500 รายการ

3.2.3 อัปโหลดไฟล์ PDF และสร้าง Embedding

3.2.4 ทำการทดสอบระบบ 4 ด้าน ด้านละ 10 ครั้ง ได้แก่

- ความแม่นยำของการค้นหา (%)
- ความถูกต้องต่อคำถามเชิงความหมาย
- เวลาเฉลี่ยในการสืบค้น (วินาที)
- การเชื่อมโยงคำถามกับเนื้อหา PDF

3.2.5 บันทึกผลในตารางผลการทดสอบ

3.2.6 ทำการประเมินพึงพอใจผู้ใช้งาน และสรุปผล

3.2.7 วิเคราะห์ผลด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่

- ค่าร้อยละ
- ค่าเฉลี่ย (ปริญา เรื่องทิพย์, 2565)

3.2.8 สรุปผลเพื่อนำเสนอในงานวิจัย

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา ได้สรุปผลการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

4.1 เพื่อพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา ผลการพัฒนาบบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยระบบจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลวิทยานิพนธ์ มีการรองรับการเพิ่ม แก้ไข ลบ และค้นหาข้อมูลได้ดี พร้อมฟังก์ชันอัปโหลดไฟล์ PDF และประมวลผลเนื้อหาเพื่อจัดเก็บในรูปแบบ Embedding คือทั้งโมเดลและกระบวนการ โมเดลทำหน้าที่

แปลงข้อความเป็นตัวเลขหลายมิติ เช่น text-embedding-3-large จาก OpenAI ซึ่งสร้างเวกเตอร์ขนาดหลายพันมิติ กระบวนการคือการนำข้อความเข้าสู่โมเดลเพื่อสร้างเวกเตอร์แทนความหมายของข้อความนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกจัดเก็บในรูปแบบเวกเตอร์ในฐานข้อมูลที่รองรับ VECTOR เพื่อนำไปคำนวณความใกล้เคียง (similarity search) สำหรับงานค้นหาเชิงความหมายและระบบ Retrieval-Based AI เพื่อใช้ในการค้นหาเชิงความหมายได้ และนอกจากนี้ ระบบมีการพัฒนาโมดูล AI Semantic Search และ AI Chat สามารถทำความเข้าใจคำถามและเชื่อมโยงกับเนื้อหาของเอกสารได้อย่างถูกต้อง รวมถึงมีระบบบริหารจัดการการใช้งาน

ระบบทั้งหมดทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชันบน PHP และฐานข้อมูล MySQL พร้อมการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX) ด้วย Bootstrap เพื่อให้ใช้งานง่าย เป็นมิตรต่อผู้ใช้ต่อผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานทั่วไป และรองรับการทำงานบนอุปกรณ์หลากหลาย ผลการพัฒนาระบบแสดงให้เห็นว่าระบบมีความสมบูรณ์ เหมาะสมต่อการนำไปใช้สนับสนุนการเรียนรู้และการจัดการองค์ความรู้ในสถาบันการศึกษา

4.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา ผลการทดสอบประสิทธิภาพ โดยให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบระบบ จำนวน 30 คน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความแม่นยำของการค้นหา (Accuracy) (2) เวลาในการประมวลผล (Response Time) และ (3) ความสามารถในการค้นหาเชิงความหมายโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ทดสอบด้วยข้อมูลวิทยานิพนธ์ จำนวน 500 ชุด เปรียบเทียบระหว่างวิธีค้นหาแบบคีย์เวิร์ดดั้งเดิมกับระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Semantic Search ในการใช้ฐานข้อมูลและไฟล์ PDF ชุดเดียวกัน ไม่เปลี่ยนข้อมูลระหว่างทดสอบ ใช้ชุดคำค้น/คำถามเดียวกัน จำนวนเท่ากัน ลำดับเหมือนกัน ควบคุมผู้ทดสอบให้กลุ่มเดียวกันหรือคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ใช้อุปกรณ์ เครือข่าย และเกณฑ์วัดผล (Accuracy, เวลา) เดียวกันทุกครั้ง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา (n = 30)

รายการทดสอบ	วิธีค้นหาแบบคีย์เวิร์ด (ค่าเฉลี่ย)	ระบบ AI แบบ Semantic Search (ค่าเฉลี่ย)	สรุปผล
ความแม่นยำของการค้นหา (%)	63.5%	89.4%	ระบบ AI มีความแม่นยำสูงกว่า
ความถูกต้องต่อคำถามเชิงความหมาย	ต่ำ	สูงมาก	ระบบ AI เข้าใจคำถามเชิงบริบทดี
เวลาเฉลี่ยในการสืบค้น (วินาที)	1.82	1.35	ระบบ AI ทำได้ดีกว่า
การเชื่อมโยงคำถามกับเนื้อหา PDF	ทำไม่ได้	ทำได้	ระบบ AI เชื่อมโยงข้อมูลได้ดี

ผลการทดสอบในตารางที่ 2 พบว่าปัญญาประดิษฐ์แบบ Semantic Search มีความแม่นยำการค้นหาที่สูงถึง 89.4% ในขณะที่วิธีค้นหาแบบคีย์เวิร์ดธรรมดาได้เพียง 63.5% แสดงให้เห็นว่าความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงความหมายได้ดีกว่าระบบเดิมอย่างชัดเจน นอกจากนี้ปัญญาประดิษฐ์ สามารถตอบคำถามที่มีเชิงซับซ้อนได้ ในขณะที่วิธีค้นหาแบบเดิมไม่สามารถทำได้ เวลาเฉลี่ยในการค้นหายุปัญญาประดิษฐ์แบบ Semantic Search อยู่ที่ 1.35 วินาที ซึ่งเร็วกว่าระบบแบบดั้งเดิมที่ใช้เวลาเฉลี่ย 1.82 วินาที

โดยรวมแล้ว ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าระบบปัญญาประดิษฐ์แบบ Semantic Search มีประสิทธิภาพที่ดี สามารถค้นหาข้อมูลได้รวดเร็ว แม่นยำ และตอบโจทย์การใช้งานด้านการสืบค้นข้อมูลวิทยานิพนธ์มากกว่าวิธีการค้นหาแบบดั้งเดิมอย่างชัดเจน

4.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ ผู้วิจัยได้นำเอกสารประเมินพึงพอใจให้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ประเมินด้วยแบบสอบถามมาตราส่วน 5 ระดับ (Likert Scale) ผลการประเมินพบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจ “ระดับมาก” ทุกด้าน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา (n = 30)

ด้านที่ประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งาน	4.60	0.52	มาก
ความเร็วของระบบ	4.55	0.55	มาก
ความถูกต้องของการค้นหา	4.50	0.57	มาก
ความสามารถของ AI ในการตอบคำถาม	4.48	0.59	มาก
ความสวยงามและเหมาะสมของ UI/UX	4.47	0.56	มาก
ความพึงพอใจรวม	4.52	0.56	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับ “มาก” ทุกด้าน โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับมาก ด้านที่ผู้ใช้ให้คะแนนสูงสุดคือ ความสะดวกในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 รองลงมาคือ ความเร็วของระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 และ ความถูกต้องของการค้นหา มีค่าเฉลี่ย 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 แสดงให้เห็นว่าระบบตอบโจทย์ในการใช้งาน ในด้านความสามารถของ AI ในการตอบคำถาม มีค่าเฉลี่ย 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 แสดงถึงความเชื่อมั่นของผู้ใช้งานในการค้นหาเชิงความหมาย ขณะที่ด้านความสวยงามและความเหมาะสมของ UI/UX ได้คะแนนเฉลี่ย 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 ซึ่งระบบนี้มีการออกแบบมีความเป็นมิตรต่อผู้ใช้ โดยรวมแล้ว ผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับ “มาก” ทุกตัวชี้วัด สะท้อนว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการการค้นคว้าวิทยานิพนธ์ได้เป็นอย่างดีและใช้งานได้อย่างสะดวก

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษา ได้ดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาระบบแบบวัฏจักรชีวิตระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบสารสนเทศ ส่งผลให้ระบบที่ได้มีความถูกต้อง แม่นยำ และตอบโจทย์ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ทั้งนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ โม นัทมล (2567) ที่ระบุว่า SDLC ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ของระบบที่พัฒนาได้อย่างเป็นระบบ

ผลการพัฒนาระบบพบว่า ระบบสามารถจัดเก็บ จัดการ และสืบค้นข้อมูลวิทยานิพนธ์ได้ครบถ้วน รวมถึงรองรับการอัปโหลดไฟล์ PDF และประมวลผล Embedding เพื่อนำไปใช้ในการค้นหาเชิงความหมาย (Semantic Search) ด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ทำให้ระบบสามารถตีความคำถามของผู้ใช้ได้อย่างลึกซึ้งและตรงตามบริบท

มากกว่าวิธีค้นหาแบบคีย์เวิร์ดดั้งเดิม สอดคล้องกับงานของ ไดนามิก อินเทลลิเจนซ์ เอเชีย (2567) และ Laurence M. (2020) ที่ชี้ว่าปัญญาประดิษฐ์ สามารถเพิ่มความรวดเร็วและความแม่นยำของระบบค้นหาได้อย่างดี

ผลการทดสอบระบบโดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่าฟังก์ชันระบบปัญญาประดิษฐ์ แบบ Semantic Search และ Embedding มีความแม่นยำสูงกว่าการค้นหาแบบปกติ ทั้งในด้านความถูกต้อง การเชื่อมโยงความหมาย และเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเพชร จุลลาบุตดี และกุลธิดา ท้วมสุข (2564) ที่ระบบสืบค้นข้อมูลเชิงความหมายสำหรับข้อมูลวิจัยทางสารสนเทศศาสตร์สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบสำหรับข้อมูลวิจัยในสาขาวิชาอื่นได้ นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจพบว่าผู้ใช้มีระดับความพึงพอใจ “มาก” ทุกด้าน โดยเฉพาะด้านความสะดวก ความรวดเร็ว และความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ ในการตอบคำถาม ซึ่งเป็นแนวคิดของ International Organization for Standardization (2018) ว่าระบบที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้และมีประสิทธิภาพสูงจะช่วยสร้างประสบการณ์การใช้งานเชิงบวกได้อย่างมั่นคง

โดยสรุป การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับสถาบันการศึกษาสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีค้นหาแบบเดิม และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนามีความเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษา และสามารถต่อยอดพัฒนาเพื่อรองรับฟังก์ชันขั้นสูงได้ในอนาคตได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรพัฒนาฟังก์ชันของระบบเพิ่มขึ้น เช่น การแนะนำวิทยานิพนธ์ (Recommendation), ระบบกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้ และการเพิ่มข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อให้ระบบปัญญาประดิษฐ์ ตอบคำถามได้ดียิ่งขึ้น

6.2 ควรปรับปรุงการใช้งานของผู้ใช้ โดยจัดทำคู่มือ อบรมการใช้งานระบบ และเพิ่มมาตรการความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูล

6.3 ควรวิจัยต่อยอด ไม่ว่าจะเป็นการนำ Machine Learning มาวิเคราะห์งานวิจัย พัฒนาระบบให้รองรับหลายภาษา และเชื่อมต่อกับระบบห้องสมุดดิจิทัลในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ ผู้ให้คำแนะนำ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันมีคุณค่าในการพัฒนางานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประเมินระบบ ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้งานและตอบแบบสอบถามจนทำให้งานวิจัยนี้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน และมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ที่สนับสนุนทรัพยากรและโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบฯ ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ไดนามิก อินเทลลิเจนซ์ เอเชีย. (2567). *การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในด้านต่าง ๆ ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน*. <https://www.dia.co.th/articles/ai-in-daily-life/> HTML
- ดิชิตชัย เมตตาริกานนท์. (2558). *เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการจัดการสารสนเทศ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นฤเบศร์ ลือเรือง, ปรีญานุชย์ อุ๋นใจ และพิกุล มีมานะ. (2568, มกราคม - เมษายน). การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการส่งเสริมการศึกษาตลอดชีวิต. *วารสารเศรษฐวิทย์ปริทัศน์*. 5(1) : 1-10.
- ปริญญา เรืองทิพย์. (2565). *การเลือกใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยและพัฒนางานด้านนโยบายและสาธารณสุข*. https://spd.moph.go.th/wp-content/uploads/2022/08/2.1_1.pdf HTML

โม นัทมล. (2567). รู้จักกับ “SDLCวงจรชีวิตซอฟต์แวร์ระยะพัฒนา” คืออะไร ?.

<https://www.foxbith.com/blog/what-is-sdlc>. HTML

สมเพชร จุลลาบุตติ และกุลธิดา ท้วมสุข. (2564, กรกฎาคม - กันยายน). ระบบสืบค้นเชิงความหมายสำหรับข้อมูลวิจัยทางสารสนเทศศาสตร์. *วารสารวิจัยและปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์สารสนเทศ*. 39(3) : 43-61.

International Organization for Standardization. (2018). *Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts (ISO 9241-11:2018)*.

<https://www.iso.org/standard/63500.html>

Laurence M. (2020). *AI and Machine Learning for Coders: A Programmer's Guide to Artificial Intelligence*. 1st ed. Core Function

Mitchell, T. (2024). *What are Embedding Models? An Overview*.

<https://www.couchbase.com/blog/embedding-models/>

Saketkumr. (2025). *MVC Design Pattern*. <https://www.geeksforgeeks.org/system-design/mvc-design-pattern/>

Stryker, C. and Holdsworth, J. (2022). *What is NLP (natural language processing)?*

<https://www.ibm.com/think/topics/natural-language-processing>

คุณค่าทางวิชาการ

การพัฒนาระบบค้นคว้าวิทยานิพนธ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์สำหรับสถาบันการศึกษา โดยประยุกต์ใช้แนวคิด เทคโนโลยี AI, NLP, Embedding และ Semantic Search เพื่อแก้ปัญหาการสืบค้นวิทยานิพนธ์แบบดั้งเดิมถือเป็นหัวข้อที่มีความทันสมัย สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาระบบสารสนเทศทางการศึกษาในยุคดิจิทัล แนวคิดและวัตถุประสงค์ของงานมีความชัดเจน แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานอย่างเป็นระบบ อีกทั้งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริงในเชิงเทคนิค และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของสถาบันการศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ในเชิงวิชาการ งานวิจัยนี้ยังมีโอกาสพัฒนาเพิ่มเติมในด้านระเบียบวิธีวิจัย การออกแบบกระบวนการทดลอง และการวิเคราะห์ผลให้มีความละเอียดและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น รวมถึงการอธิบายกลไกการทำงานของระบบ AI ให้มีความลึกซึ้งทางเทคนิคมากขึ้น ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความน่าเชื่อถือ ความเข้มแข็งทางวิชาการ และความสามารถในการตรวจสอบซ้ำของงานวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในอนาคต

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มผลผลิตเห็ดนางฟ้าในระดับกึ่งพาณิชย์

ณัฐพล ภูระหงษ์¹ ธนภัทร มะณีแสง^{2*} สุธิรา เบญจามกรม³
 คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์^{1 2* 3}
 อีเมล : nazzdex.man@pcru.ac.th^{2*}

วันที่รับบทความ 23 มีนาคม 2569

วันแก้ไขบทความ 14 พฤษภาคม 2569

วันตอบรับบทความ 25 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ต่อผลผลิตเห็ดนางฟ้าในระดับกึ่งพาณิชย์ โดยดำเนินการทดลองในโรงเรือนขนาด 60 ตารางเมตร รองรับความจุ 2,000 ก้อน เปรียบเทียบระหว่างโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ และโรงเรือนสภาวะปกติ ใน 3 ช่วงเวลา การเก็บข้อมูลทำโดยสุ่มตัวอย่างก่อนเห็ดเพื่อนำมาชั่งน้ำหนักผลผลิต และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ Independent Samples t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการทดลองพบว่า โรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าโรงเรือนสภาวะปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกช่วงเวลาการทดลอง สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติในการเพิ่มผลผลิตและลดความผันผวนของการผลิต อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาด้วย One-way ANOVA พบว่า ช่วงเวลาที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยช่วงฤดูร้อนให้ผลผลิตต่ำกว่าสองช่วงเวลาแรกอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าปัจจัยภูมิอากาศภายนอกยังคงมีอิทธิพลต่อระบบ แม้จะมีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในแล้วก็ตาม ผลการศึกษาในครั้งนี้จึงยืนยันเชิงประจักษ์ว่าการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงเรือนขนาดกึ่งพาณิชย์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดนางฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : โรงเรือนอัจฉริยะ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เห็ดนางฟ้า การควบคุมสภาพแวดล้อม

Development of an Automated Environmental Control System Using Internet of Things Technology to Enhance Semi-Commercial Phoenix Mushroom Productivity

Nuttapon Phurahong¹, Thanapat Maneesaeng^{2*}, Sutira Benchanukrom³

Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology

Phetchabun Rajabhat University^{1,2*,3}

E – mail : nazzdex.man@pcru.ac.th^{2*}

Received 23 March 2026

Revised 14 May 2026

Accepted 25 May 2026

Abstract

This study aimed to evaluate the effectiveness of a smart greenhouse control system utilizing IoT technology on oyster mushroom yield under semi-commercial production conditions. The experiment was conducted in a 60-square-meter greenhouse with a capacity of 2,000 substrate bags, comparing an automatically controlled environmental system with a conventional (uncontrolled) greenhouse across three production periods. Yield data were collected by randomly sampling substrate bags and measuring fresh weight. Differences in mean yield were analyzed using the Independent Samples t-test at a significance level of 0.05. The results indicated that the automatically controlled greenhouse produced significantly higher mean yields than the conventional greenhouse in all production periods ($p < 0.05$), demonstrating the effectiveness of the automated control system in enhancing productivity and reducing yield variability. However, further analysis using One-way ANOVA revealed that production period had a significant effect on yield ($p < 0.05$). The summer period exhibited noticeably lower yields than the first two periods, indicating that external climatic factors continue to influence production performance despite internal environmental control. These findings provide empirical evidence that implementing an automated control system in a semi-commercial greenhouse significantly improves oyster mushroom production efficiency.

Keywords : Environmental control, IoT technology, Phoenix Mushroom, Smart greenhouse

1. บทนำ

เห็ดนางฟ้าจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจฐานรากของประเทศไทย เนื่องจากมีวงจรการผลิตสั้นและสามารถสร้างรายได้หมุนเวียนได้ตลอดปี อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการผลิตปัจจุบันกำลังเผชิญกับความท้าทายจากสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อเสถียรภาพของระบบนิเวศภายในโรงเรือน (กรมวิชาการเกษตร, 2564) โดยเฉพาะในช่วงเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงรอยต่อฤดูกาลที่มีความผันผวนของมวลอากาศเย็นสลับกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระหว่างวัน กลายเป็นปัจจัยเร่งที่ดึงดูดและเอื้อต่อการแพร่กระจายของศัตรูพืชอย่างรุนแรง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561) ปัญหาที่วิกฤตที่สุดคือการระบาดของหนอนแมลงวันเขียว (Sciarid fly) ความชื้นและสภาพแวดล้อมของวัสดุเพาะที่มีการเจริญของเส้นใยสามารถปล่อยสารระเหย (volatile organic compounds) ซึ่งมีบทบาทในการดึงดูดแมลงวันเขียวให้เข้ามาวางไข่ โดยพบว่าสารระเหยจากเชื้อราและวัสดุเพาะมีผลทั้งต่อการดึงดูดและกระตุ้นพฤติกรรมการวางไข่ของตัวเต็มวัย (Cloonan et al., 2016; Kecskeméti et al., 2020) ขณะเดียวกัน ตัวอ่อนจะเข้าทำลายเส้นใย และตัวเต็มวัยสามารถเป็นพาหะนำเชื้อรา เช่น *Trichoderma aggressivum* ส่งผลให้เกิดการสูญเสียผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ (Anderson, 2024; Marčić, 2025) ความเสียหายดังกล่าวส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้ระบบโรงเรือนปิดจึงเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ปัญหาความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและการระบาดของหนอนแมลงวันเขียว โดยพบว่าสามารถลดความเสียหายจากศัตรูพืชได้ถึงร้อยละ 70 หัวใจสำคัญของระบบนี้คือการตัดวงจรการเข้าถึงของแมลงและการรักษาเสถียรภาพของปัจจัยแวดล้อมให้เหมาะสม โดยตัวโรงเรือนจะทำหน้าที่เป็นปราการป้องกันควบคุมทางเข้าและออกของระบายอากาศอย่างมิดชิด ป้องกันแมลงวันเข้าวางไข่ในวัสดุเพาะ ส่วนในด้านการจัดการอากาศ ระบบมีการระบายอากาศที่สามารถควบคุมระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไม่ให้สะสมเกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอาจส่งผลให้ดอกเห็ดเกิดการผิดปกติหรือเน่าเสีย (จาริณี จงปลื้มปิติ และคณะ, 2568)

จากแนวโน้มดังกล่าว มีงานวิจัยจำนวนมากในประเทศไทยที่นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะเห็ด ลดความเสียหายจากศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น วีรศักดิ์ ฟองเงิน และคณะ (2561) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในโรงเรือนเห็ดนางฟ้า จำนวน 300 ก้อน และพบว่า การรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิและความชื้นสามารถเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยของดอกเห็ดได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับระบบดั้งเดิม (วีรศักดิ์ ฟองเงิน และคณะ, 2564) สอดคล้องกับแนวคิดของ Bunluewong และ Surinta (2021) ที่พัฒนาระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันเพื่อลดภาระแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามสภาวะแบบเรียลไทม์ (Bunluewong และ Surinta, 2021) นอกจากนี้ด้านซอฟต์แวร์แล้วการพัฒนาโปรแกรมวงจรการควบคุมการให้อาหารเห็ดในโรงเรือนเชิงวิศวกรรม โดยปริษา ทุมมะ และคณะ (2564) ได้นำเสนอการใช้ระบบทำความเย็นแบบท่อใต้ดินร่วมกับระบบพ่นหมอกอัตโนมัติในโรงเรือนขนาดเล็ก ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ถึง 4–5 °C และรักษาความชื้นสัมพัทธ์ได้สูงกว่าร้อยละ 80 อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 23 (ปริษา ทุมมะ และ คณะ, 2564) ปัจจุบันงานวิจัยได้ก้าวเข้าสู่ยุคการควบคุมพารามิเตอร์ที่แม่นยำ ดังจะเห็นได้จากงานของ เอนกวงศ์ ยอดดำนิน และ สุริยา ต๊ะศรีเรือน (2568) ที่มีการบูรณาการเซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ผ่านโปรโตคอล MQTT ซึ่งให้ความแม่นยำในการสั่งการสูง (เอนกวงศ์ ยอดดำนิน และ สุริยา ต๊ะศรีเรือน, 2568) ควบคู่ไปกับงานของ

ชัยสิทธิ์ แก้วจรรูญ และ อภิสิทธิ์ ชิตวาณิช (2568) ที่เน้นการควบคุมในโรงเรือนขนาดเล็ก กับการผลิตก่อนเชื้อจำนวน 120 ก่อน โดยสามารถบริหารจัดการให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและประหยัดพลังงานไปพร้อมกัน (ชัยสิทธิ์ แก้วจรรูญ และ อภิสิทธิ์ ชิตวาณิช, 2568) งานวิจัยเหล่านี้ล้วนสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนผ่านสู่การบริหารจัดการเชิงข้อมูล เพื่อสร้างความมั่นใจในคุณภาพและปริมาณผลผลิตท่ามกลางความผันผวนของสภาพอากาศ

แม้การทบทวนวรรณกรรมข้างต้นจะชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี IoT ในการยกระดับการผลิตเห็ดนางฟ้า แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่มักจำกัดอยู่ในโรงเรือนทดลองขนาดเล็ก ซึ่งยังไม่สามารถสะท้อนสภาวะการผลิตจริงในโรงเรือนระดับกึ่งพาณิชย์ที่มีความหนาแน่นสูงได้ นอกจากนี้ ความผันผวนของภูมิอากาศยังเป็นตัวแปรสำคัญที่ท้าทายความเสถียรของระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยเฉพาะในด้านการตัดวงจรศัตรูพืชอย่างหนอนแมลงวันเหียว ซึ่งยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ยืนยันถึงประสิทธิภาพของระบบ IoT ในโรงเรือนขนาดมาตรฐาน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมในโรงเรือนขนาดมาตรฐาน (6 × 10 เมตร) ซึ่งรองรับการผลิตที่ความจุ 2,000 ก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนสภาวะการเพาะปลูกระดับกึ่งพาณิชย์อย่างแท้จริง การศึกษานี้ไม่เพียงแต่มุ่งทดสอบความเสถียรของนวัตกรรม IoT ท่ามกลางสภาพอากาศที่แปรปรวน แต่ยังมุ่งเป้าไปที่การสร้างมาตรฐานการบริหารจัดการโรงเรือนที่สามารถควบคุมปัจจัยแวดล้อมและตัดวงจรศัตรูพืชได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งผลลัพธ์จากงานวิจัยจะเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สำคัญในการยกระดับขีดความสามารถของเกษตรกรไทยให้สามารถผลิตเห็ดนางฟ้าที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและสร้างความมั่นคงทางรายได้ที่ยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าขนาดเชิงพาณิชย์

2.2 เพื่อการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างโรงเรือนแบบเปิดและโรงเรือนควบคุมระบบปิด

3. วิธีการวิจัย

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโรงเรือนแบบดั้งเดิมและโรงเรือนที่มีระบบควบคุม

3.1 พื้นที่ดำเนินการและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 สถานที่ทดลอง: ฟาร์มเห็ดนางฟ้าแห่งหนึ่งในจังหวัดเพชรบูรณ์

3.1.2 โรงเรือน:

3.1.2.1 โรงเรือนในสภาวะปกติ โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าขนาด 60 ตารางเมตร ถูกออกแบบมาเป็นทรงจั่วซึ่งช่วยให้การระบายความร้อนในพื้นที่เขตร้อนทำได้ดีเนื่องจากอากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นสู่ที่สูง โดยภายในมีการบรรจุก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 2,000 ก้อน โครงสร้างหลักมุงด้วยหลังคาสังกะสีและใช้สแลนสีดำกรุผนังเพื่อทำหน้าที่พรางแสงและควบคุมการไหลเวียนของอากาศให้เหมาะสมต่อการออกดอกตั้งรูปที่ 1

3.1.2.2 โรงเรือนในสภาวะที่มีการควบคุม โครงสร้างภายนอกของโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะถูกออกแบบเป็นอาคารทรงจั่วขนาด พื้นที่รวม 60 ตารางเมตร โดยมีลักษณะเป็นโครงสร้างถาวรที่ฐานรากและผนังส่วนล่างก่อด้วยอิฐบล็อก หลังคามุงด้วยวัสดุแผ่นเมทัลชีทซึ่งมีความคงทนต่อสภาพอากาศและเอื้อต่อการไหลเวียนของมวลอากาศร้อนให้ลอยตัวขึ้นสู่ที่สูงตามสัดส่วนของรูปทรงจั่ว นอกจากนี้ ผนังส่วนบนยังได้รับการปรับปรุงจากโรงเรือนสแลนแบบเดิมให้กลายเป็นระบบปิดที่มีมิดชิดเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูเห็ด ดังรูปที่ 2 ภายในมีชั้นสำหรับวางก้อนเห็ดทั้งหมด 4 แถว โดยสามารถบรรจุเห็ดได้ทั้งหมดประมาณ 2,000 ก้อน

3.1.3 กลุ่มตัวอย่าง: เห็นนางฟ้าจำนวนรวม 2,000 ก้อนต่อการทดลองเพื่อเปรียบเทียบภายใต้สภาวะควบคุมและสภาวะปกติ



รูปที่ 1 โรงเรือนที่อยู่ในสภาวะปกติที่ไม่มีการควบคุม



รูปที่ 2 โรงเรือนที่อยู่ในสภาวะที่มีการควบคุม

3.2 การพัฒนาระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน

ระบบควบคุมภายในโรงเรือนทำงานโดยมีบอร์ด Arduino NodeMCU ESP32 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลร่วมกับเซนเซอร์วัดค่าสภาวะแวดล้อมเพื่อส่งการอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ ดังนี้:

3.2.1 การตรวจวัดและประมวลผล: ระบบใช้เซนเซอร์ SHT20 ในการตรวจวัดอุณหภูมิ (รองรับช่วง -45 ถึง 120 °C) และความชื้นสัมพัทธ์ (0-100% RH) ซึ่งเป็นรุ่นที่สามารถกันน้ำได้ พร้อมทั้งติดตั้งเซนเซอร์ MH-Z14A เพื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วง 0–5,000 PPM โดยผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมในโรงเรือนผ่านตู้ควบคุมได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตู้ควบคุมการทำงาน และหน้าจอแสดงผล

3.2.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน: เมื่อตรวจพบความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ ระบบจะสั่งการให้ปั๊มแรงดันต่ำขนาด 36 วัตต์ ทำงานผ่านหัวพ่นหมอกขนาด 0.2 มิลลิเมตร จำนวน 60 หัว ซึ่งความพิเศษของระบบนี้คือการใช้น้ำจากบ่อน้ำใต้ดินที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นดินถึง 7 °C มาช่วยเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะหยุดทำงานเมื่อความชื้นสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ 5% RH ควบคู่กับระบบลดอุณหภูมิแบบระเหย (Evaporative Cooling System) ที่จะสั่งให้ปั๊มน้ำหอยโข่งขนาด 350 วัตต์ สูบน้ำเย็นเข้าสู่แผงทำความเย็น (Cooling Pad) และหน่วงเวลา 20 วินาทีเพื่อให้แผงชุ่มน้ำ ก่อนที่พัดลมดูดอากาศขนาด 36 นิ้วจะเริ่มทำงานเพื่อกระจายไอน้ำให้ทั่วถึงทุก โดยระบบจะตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ 3 °C โดยรูปที่ 4 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน

3.2.4 ระบบระบายและรักษาคุณภาพอากาศในโรงเรือน: ในกรณีที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะสั่งให้พัดลมดูดอากาศทำงานทันทีเพื่อระบายก๊าซออกจากโรงเรือน และจะหยุดทำงานเมื่อค่า CO_2 ลดลงต่ำกว่าจุดที่กำหนด 50 PPM ดังรูปที่ 5 เนื่องจากในระบบโรงเรือนแบบปิด เมื่อเห็ดหายใจจะมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ออกมาอย่างต่อเนื่อง หากไม่มีการระบายอากาศที่เหมาะสมจะเกิดการสะสมของก๊าซในปริมาณสูง ส่งผลให้ดอกเห็ดเจริญเติบโตผิดปกติ มีลักษณะก้านยาว ดอกเล็กลีบ หรือหยุดการเจริญเติบโตเนื่องจากขาดก๊าซออกซิเจน นอกจากนี้ระบบระบายอากาศอัตโนมัติยังมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสุขอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน โดยจะช่วยเจือจางปริมาณสปอร์เห็ดนางฟ้าที่ลอยอยู่ในอากาศภายในโรงเรือนปิด ซึ่งหากเกษตรกรสูดดมเข้าไปในปริมาณมากอาจส่งผลเสียต่อระบบทางเดินหายใจและก่อให้เกิดอาการแพ้ได้



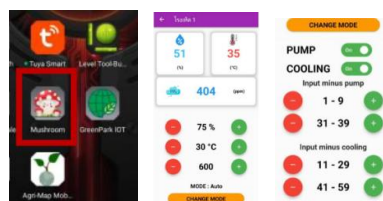
รูปที่ 5 ระบบระบายและรักษาคุณภาพอากาศในโรงเรือน

3.3 ระบบการเก็บและการเข้าถึงเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ

3.3.1 การเก็บข้อมูล ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้วางระบบการจับเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนอย่างเป็นระบบ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

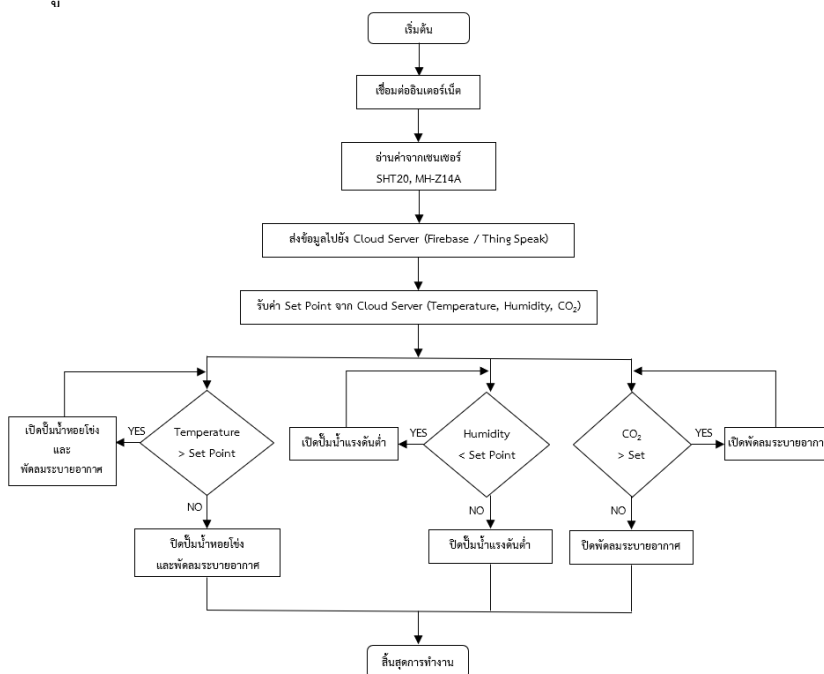
3.3.1.1 กระบวนการส่งข้อมูล (Data Transmission): ข้อมูลสภาวะแวดล้อมที่วัดได้จากเซนเซอร์ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ควบคุม (ปั้มน้ำพ่นหมอก, ปั้มน้ำหอยโข่ง และพัดลมดูดอากาศ) จะถูกส่งผ่านการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) จากบอร์ด ESP32

3.3.1.2 ตัวกลางและการจัดเก็บ (Cloud Storage): ระบบจะส่งข้อมูลไปยัง Firebase ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Middleware) ในการรับส่งข้อมูลแบบ Real-time จากนั้นข้อมูลจะถูกนำไปจัดเก็บไว้ในระบบ Cloud Server บนแพลตฟอร์ม ThingSpeak ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ระบบการเก็บและการเข้าถึงเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ

3.3.2 การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ ผู้ใช้งานระบบทั้งเกษตรกรและผู้วิจัยสามารถเข้าถึงและตรวจสอบค่าสภาวะการเพาะปลูกย้อนหลังรวมถึงสถิติต่างๆ ได้แบบเรียลไทม์ผ่านทางเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์และกำหนดสภาวะการเพาะปลูกที่เหมาะสมที่สุด โดยแอปพลิเคชันดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Python เพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับตั้งค่าควบคุม (Set point) สภาพแวดล้อม ทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้สอดคล้องกับความต้องการของเห็ดในแต่ละช่วงวัย ซึ่งระบบจะมีความถี่ในการอัปเดตข้อมูลสูง โดยเซนเซอร์จะทำการส่งค่าสภาวะแวดล้อมไปยังบอร์ดประมวลผล Arduino NodeMCU ESP32 ทุกๆ 10 วินาที เพื่อการแสดงผลและการตัดสินใจที่แม่นยำ ดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 6 และ แผนผังการทำงานของระบบในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือน

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมสภาวะแวดล้อมเชิงเปรียบเทียบระหว่างโรงเรือนในสภาวะปกติและโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุม

3.4.1 การทดสอบการทำงานของระบบ ในขั้นตอนการทดลองจะทำการบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อประเมินเสถียรภาพของระบบ โดยกำหนดช่วงเวลาการทำงานและเก็บข้อมูลหลักตั้งแต่เวลา 06.00 – 18.00 น. ของทุกวัน ข้อมูลที่จัดเก็บประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ที่วัดจากเซนเซอร์ SHT20 รวมถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM) ที่วัดจากเซนเซอร์ MH-Z14A การบันทึกข้อมูลด้วยความถี่ระดับนี้จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างละเอียด เพื่อนำไปใช้ประเมินประสิทธิภาพการตอบสนองของระบบควบคุมอัตโนมัติ

3.4.2 การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างโรงเรือนแบบเปิดและโรงเรือนควบคุมระบบปิด

3.4.2.1 การสุ่มตัวอย่างการทดลอง ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดขนาดตัวอย่างโดยอ้างอิงหลักการวิเคราะห์กำลังการทดสอบทางสถิติ (power analysis) สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองกลุ่มด้วย Independent t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ และกำลังการทดสอบ (Power) เท่ากับ 0.90 เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการตรวจพบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างโรงเรือนที่มีและไม่มีระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

ทั้งนี้จากการประมาณค่าความแตกต่างของผลผลิตเฉลี่ยที่คาดหวังประมาณ 50 กรัมต่อก้อน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 80 กรัม คำนวณได้ค่า effect size (Cohen's d) ประมาณ 0.63 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ส่งผลให้ต้องใช้ตัวอย่างอย่างน้อยประมาณ 70 ก้อนต่อกลุ่ม เพื่อให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นในการทดลอง 3 รอบ จึงกำหนดสุ่มเก็บข้อมูลรอบละ 25 ก้อนต่อโรงเรือน รวมทั้งสิ้น 75 ก้อนต่อโรงเรือน หรือ 150 ตัวอย่างตลอดการศึกษา เพื่อให้เพียงพอต่อการวิเคราะห์ทางสถิติและลดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง

ตารางที่ 1 รอบการทดลองเพาะเห็ดนางฟ้า

รอบการเพาะเลี้ยง	ช่วงเดือนโดยประมาณ
รอบที่ 1	กันยายน – พฤศจิกายน
รอบที่ 2	ธันวาคม – กุมภาพันธ์
รอบที่ 3	มีนาคม – พฤษภาคม

3.4.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลผลิตระหว่างโรงเรือนควบคุมและโรงเรือนสภาวะปกติในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลผลิตเห็ดนางฟ้าต่อก้อน (กรัม) ระหว่างโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมกับโรงเรือนสภาวะปกติ โดยใช้สถิติ Independent Samples t-test ผ่านโปรแกรม Minitab เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (เป็นโรงเรือนคนละแห่ง) การวิเคราะห์ทั้งหมดกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ 0.05 ก่อนดำเนินการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ได้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูล (assumptions) โดยทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test เพื่อยืนยันว่าข้อมูลมีการกระจายตัวใกล้เคียงปกติ

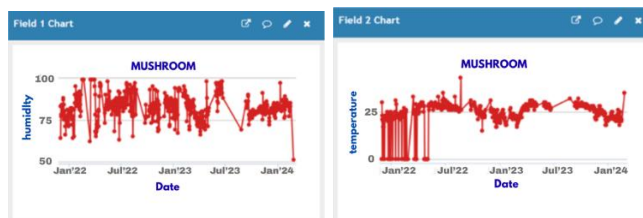
2) การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลผลิตตามช่วงเวลาในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลผลิตระหว่าง 3 ช่วงเวลา โดยใช้สถิติ One-way ANOVA เพื่อทดสอบว่าฤดูกาลหรือช่วงเวลาการผลิตส่งผลต่อปริมาณผลผลิตหรือไม่ ภายใต้ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยกำหนดให้ช่วงเวลาเป็นตัวแปรอิสระ และผลผลิต (กรัมต่อก้อน) เป็นตัวแปรตาม หากผลการทดสอบพบค่า p-value น้อยกว่า 0.05 จะสรุปได้ว่ามีอย่างน้อยหนึ่งช่วงเวลาที่ทำให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตแตกต่างจากช่วงอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ เพื่อให้การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสมรรถนะของระบบเป็นไปอย่างครบถ้วน การแสดงผลลัพธ์ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงกลไกการบริหารจัดการข้อมูลสถานะแวดล้อมภายในโรงเรือน ซึ่งประกอบด้วยค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมในระบบพ่นหมอกและระบบลดอุณหภูมิ โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งผ่านเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) ไปยังฐานข้อมูล Firebase เพื่อทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการประสานข้อมูลแบบเรียลไทม์ก่อนจะนำไปบันทึกไว้อย่างเป็นระบบบน Cloud Server

4.1.1 การควบคุมความชื้น ในช่วงการทดลองวันที่ 22-24 การรักษาสีเขียวภาพของความชื้น ข้อมูลส่วนใหญ่ในแผนภูมิแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงอยู่ในช่วง 70% ถึง 95% RHอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งเป็นช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า การที่กราฟมีการแกว่งตัวในลักษณะฟันปลา (Oscillation) สะท้อนถึงการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติที่สั่งการให้ชุดพ่นหมอกทำงานทันทีเมื่อความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ และตัดการทำงานเมื่อความชื้นสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ 5% RH เพื่อรักษาความสมดุล และแม้สภาวะอากาศภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลง แต่ระบบยังคงสามารถรักษาค่าความชื้นกลับเข้าสู่เกณฑ์มาตรฐานได้เสมอ

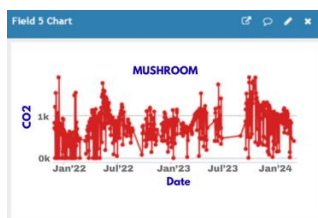
4.1.2 การควบคุมอุณหภูมิ ในช่วงการทดลองวันที่ 22–24 ระบบสามารถรักษาเสถียรภาพอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 18°C ถึง 28°C โดยมีค่าเฉลี่ยคงที่ประมาณ 25°C ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดต่อการพัฒนาของดอกเห็ดความสำเร็จนี้เกิดจากประสิทธิภาพของบอร์ด NodeMCU ESP32 ที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ SHT20 ทุก 10 วินาทีเพื่อสั่งการระบบ Evaporative Cooling ที่ใช้น้ำหอยโข่งร่วมกับพัดลมดูดอากาศขนาด 36 นิ้ว โดยมีระบบหน่วงเวลาพัลซม 20 วินาทีเพื่อให้แผงความเย็นชุ่มน้ำก่อน ทำให้การลดอุณหภูมิเป็นไปอย่างแม่นยำและรวดเร็ว



รูปที่ 7 ตัวอย่างผลลัพธ์การควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือน

4.1.3 การควบคุมและรักษาคุณภาพอากาศในโรงเรือน

ระบบบริหารจัดการคุณภาพอากาศถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันการสะสมของก๊าซเสียจากการหายใจของก้อนเห็ดในเกณฑ์มาตรฐาน จากแผนภูมิในรูปที่ 8 พบว่าระบบสามารถควบคุมปริมาณ CO₂ ส่วนใหญ่ให้คงอยู่ในช่วง 400 ถึง 1,000 PPM อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสรีรวิทยาของเห็ดนางฟ้า การที่กราฟมีการแกว่งตัวขึ้นลงอย่างรวดเร็วแสดงถึงการทำงานของเซนเซอร์ MH-Z14A ที่ส่งค่าไปยังบอร์ด NodeMCU ESP32 ทุก 10 วินาที เพื่อประมวลผลและตัดสินใจระบายอากาศแบบเรียลไทม์ เมื่อปริมาณก๊าซ CO₂ พุ่งสูงขึ้นเกินเกณฑ์ที่กำหนด (Set point) ระบบจะสั่งการให้พัดลมดูดอากาศขนาด 36 นิ้วทำงานทันที จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อค่า CO₂ แต่ละระดับประมาณ 1,000 PPM จะมีการดึงค่ากลับลงมาสู่ระดับปกติอย่างรวดเร็ว และระบบจะหยุดทำงานเมื่อค่าลดลงต่ำกว่าจุดที่กำหนด 50 PPM เพื่อประหยัดพลังงานและรักษาความชื้นภายในโรงเรือนไปพร้อมกัน



รูปที่ 8 ตัวอย่างผลลัพธ์การควบคุมปริมาณ CO₂ ในโรงเรือน

4.2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างโรงเรือนแบบเปิดและโรงเรือนควบคุมระบบปิด

จากตารางผลผลิตเห็ดนางฟ้าต่อก้อนในแต่ละช่วงเวลา โดยผลลัพธ์ทั้งหมดแสดงในตารางที่ 2 และ สามารถอธิบายภาพรวมได้ดังนี้

4.2.1 ผลลัพธ์โดยภาพรวม

4.2.1.1 ช่วงกันยายน–พฤศจิกายน โรงเรือนควบคุมให้ผลผลิตสูงกว่าสภาวะปกติค่อนข้างชัดเจนเกือบทุกก้อน โดยกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่อยู่ราว 340–440 กรัม ขณะที่สภาวะปกติอยู่ประมาณ 200–280 กรัม แสดงให้เห็นแนวโน้มว่าการควบคุมสภาพแวดล้อมช่วยเพิ่มผลผลิตได้

4.2.1.2 ช่วงธันวาคม–กุมภาพันธ์ เป็นช่วงที่ผลผลิตโดยรวมค่อนข้างสูงทั้งสองแบบ แต่โรงเรือนควบคุมยังให้ค่ามากกว่าอย่างสม่ำเสมอ หลายก้อนอยู่ในช่วงประมาณ 380–420 กรัม ขณะที่สภาวะปกติส่วนใหญ่อยู่ราว 220–310 กรัม แนวโน้มความแตกต่างยังเห็นได้ชัด

4.2.1.3 ช่วงมีนาคม-พฤษภาคม เป็นช่วงหน้าร้อนที่เกษตรกรมักหลีกเลี่ยงเนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยส่งผลให้ผลผลิตของโรงเรือนสภาวะปกติลดลงชัดเจน หลายก้อนต่ำกว่า 200 กรัม ในขณะที่โรงเรือนทั้ง 3 ช่วงเวลา โรงเรือนควบคุมให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าสภาวะปกติอย่างต่อเนื่อง และช่วงมีนาคม-พฤษภาคมดูเหมือนจะมีความแตกต่างชัดที่สุด อย่างไรก็ตาม สิ่งที่กล่าวมานี้เป็นเพียงการดูแนวโน้มจากตัวเลขเท่านั้น จึงจำเป็นต้องทดสอบทางสถิติ เช่น Independent Samples t-test ในแต่ละช่วงเวลา และใช้ One-way ANOVA เพื่อวิเคราะห์ผลผลิตระหว่างช่วงเวลาเพื่อยืนยันว่าความแตกต่างที่เห็นนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 9 การเพาะเห็ดในโรงเรือนควบคุม

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การสุ่มก้อนเห็ดเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างโรงเรือนแบบเปิดและโรงเรือนควบคุมระบบปิด

ก้อนที่	เดือน กันยายน. - พฤศจิกายน		ธันวาคม - กุมภาพันธ์		มีนาคม - พฤษภาคม	
	ปกติ (กรัม)	ควบคุม (กรัม)	ปกติ (กรัม)	ควบคุม (กรัม)	ปกติ (กรัม)	ควบคุม (กรัม)
1	224.7	376.53	246.92	377.21	206.77	296.8
2	246.84	344.04	275.14	411.18	235.7	338.1
3	235.96	364.74	259.91	408.0	159.64	298.2
4	225.23	360.48	247.62	375.77	186.78	312.13
5	227.9	363.22	249.17	413.22	206.47	311.65
6	227.16	368.54	250.63	409.66	280.00	260.00
7	272.29	352.88	301.47	404.38	258.78	320.45
8	207.57	348.83	228.70	412.8	149.09	320.11
9	279.53	380.69	310.00	391.53	236.73	313.92
10	232.64	387.36	258.53	399.97	130.63	308.64
11	237.4	373.95	263.14	363.36	173.55	339.16
12	238.65	381.67	258.62	409.29	181.02	270.90
13	221.85	375.67	248.04	410.83	173.12	340.27
14	202.08	362.56	220.05	391.37	206.89	309.53
15	212.17	347.31	229.70	419.38	130.46	294.81
16	206.22	372.06	223.25	375.14	147.37	340.23
17	249.9	345.12	274.74	373.83	247.22	332.57
18	200.22	358.08	216.35	393.93	211.3	325.78
19	228.36	395.0	252.43	380.08	204.27	286.72
20	220.23	446.48	243.61	412.4	198.51	315.52
21	230.32	428.06	255.82	425.56	125.71	335.84
22	239.94	439.44	261.53	404.34	203.39	323.15
23	280.0	430.07	304.13	401.66	203.64	281.61

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ก่อนที่	เดือน กันยายน. – พฤศจิกายน		ธันวาคม - กุมภาพันธ์		มีนาคม – พฤษภาคม	
	ปกติ (กรัม)	ควบคุม (กรัม)	ปกติ (กรัม)	ควบคุม (กรัม)	ปกติ (กรัม)	ควบคุม (กรัม)
24	215.62	442.72	240.67	382.62	235.13	309.52
25	209.68	441.34	229.52	395.09	209.98	305.64

จากตารางที่ 2 พบว่า การใช้ระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะสามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดได้อย่างชัดเจนในทุกช่วงฤดูกาล เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย พบว่าในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 230.90 เป็น 383.47 กรัม หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 152.58 กรัม (ร้อยละ 66.10) ช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ค่าเฉลี่ยผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 253.99 เป็น 397.70 กรัม หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 143.72 กรัม (ร้อยละ 56.59)

ช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ค่าเฉลี่ยผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 196.09 เป็น 311.65 กรัม หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 115.56 กรัม (ร้อยละ 58.93) โดยภาพรวม ระบบควบคุมสามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยได้ประมาณ 137.28 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 60.54 เมื่อเทียบกับการเพาะแบบปกติ

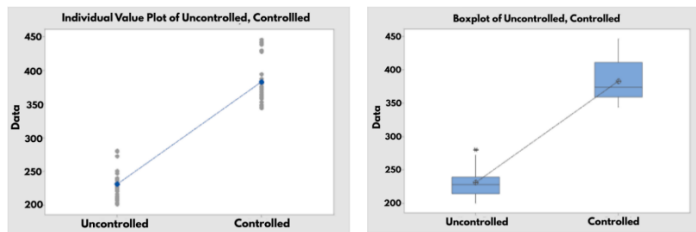
4.2.2 การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างโรงเรือนแบบเปิดและโรงเรือนควบคุมระบบปิดในการศึกษาเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของโรงเรือนที่ปรับปรุงใหม่ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลผลิตเห็ดนางฟ้าต่อก่อนระหว่างโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติและโรงเรือนสภาวะปกติ (ไม่มีการควบคุม) โดยใช้สถิติ Independent Samples t-test (Welch's t-test) ผ่านโปรแกรม Minitab ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งสามารถอธิบายผลลัพธ์โดยดั่งต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตระหว่างการจัดการแบบปกติและการจัดการแบบควบคุมในแต่ละช่วงเดือนด้วยการทดสอบค่าที (t-test)

ช่วงเดือน	กลุ่ม	<i>n</i>	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	Δ (ปกติ - ควบคุม)	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> – value
ก.ย. – พ.ย.	ปกติ	25	230.90	21.53	152.57	-18.87*	41	< .001
	ควบคุม	25	383.47	33.27				
ธ.ค. – ก.พ.	ปกติ	25	253.99	24.33	143.71	-24.08*	41	< .001
	ควบคุม	25	397.70	16.22				
มี.ค. – พ.ค.	ปกติ	25	196.09	40.04	115.56	-12.50*	36	< .001
	ควบคุม	25	311.65	21.17				

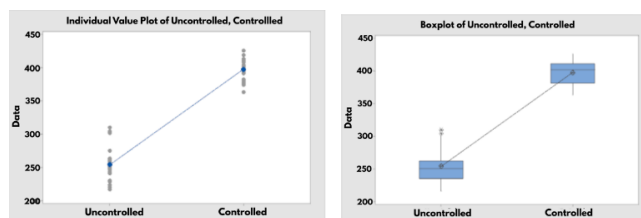
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2.2.1 ช่วงระยะเวลาแรก (กันยายน. – พฤศจิกายน) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลผลิตระหว่างโรงเรือน Uncontrolled และ Controlled พบว่าโรงเรือน Uncontrolled มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 230.9 หน่วย ขณะที่โรงเรือน Controlled มีค่าเฉลี่ย 383.5 หน่วย โดยค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Uncontrolled – Controlled) เท่ากับ -152.58 หน่วย มีค่าสถิติ *t* = -18.87 และค่า *p*-value < 0.001 ซึ่งต่ำกว่า 0.05 อย่างชัดเจน จึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ และสรุปได้ว่าโรงเรือน Controlled ให้ผลผลิตสูงกว่าโรงเรือน Uncontrolled อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ เมื่อพิจารณาจากกราฟ Individual Value Plot และ Boxplot ในรูปที่ 10 พบว่า กลุ่ม Controlled มีค่าผลผลิตสูงกว่ากลุ่ม Uncontrolled อย่างเห็นได้ชัด ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของกลุ่ม Controlled อยู่สูงกว่า โดยข้อมูลส่วนใหญ่กระจุกตัวในช่วงประมาณ 350–420 หน่วย ขณะที่กลุ่ม Uncontrolled อยู่ราว 200–250 หน่วย แม้ว่าการกระจายตัวของกลุ่ม Control จะกว้างกว่าเล็กน้อย แต่ช่วงข้อมูลของทั้งสองกลุ่มแทบไม่ทับซ้อนกัน



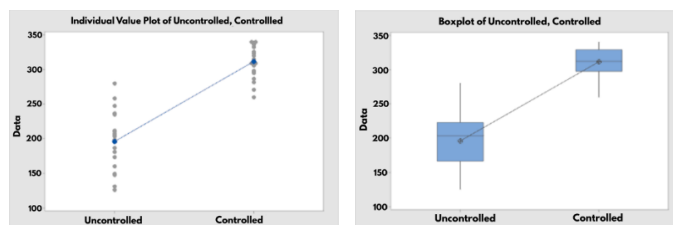
รูปที่ 10 ความแตกต่างค่าเฉลี่ยผลผลิตระหว่างโรงเรือน Uncontrolled และ Controlled ในช่วงระยะเวลาแรก

4.2.2.2 ช่วงระยะเวลาที่สอง (ธันวาคม - กุมภาพันธ์) ผลการทดสอบความแตกต่างพบว่า Uncontrolled และ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 254.0 หน่วย ขณะที่โรงเรือน Controlled มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 397.7 หน่วย และค่า $p\text{-value} < 0.001$ ซึ่งน้อยกว่า 0.05 อย่างมีนัยสำคัญ จึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ และสรุปได้ว่าโรงเรือน Controlled ให้ผลผลิตสูงกว่าโรงเรือน Uncontrolled อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับในช่วงระยะเวลาแรก และหากพิจารณาจากกราฟ Individual Value Plot ในรูปที่ 11 พบว่าค่าผลผลิตของโรงเรือน Controlled สูงกว่า Uncontrolled อย่างชัดเจน โดยค่าเฉลี่ยของ Controlled อยู่ประมาณ 400 หน่วย ขณะที่ Uncontrolled อยู่ประมาณ 250 หน่วย และกลุ่มข้อมูลแทบไม่ทับซ้อนกัน ส่วน Boxplot แสดงให้เห็นว่าค่ามัธยฐานของ Controlled สูงกว่าอย่างเด่นชัด



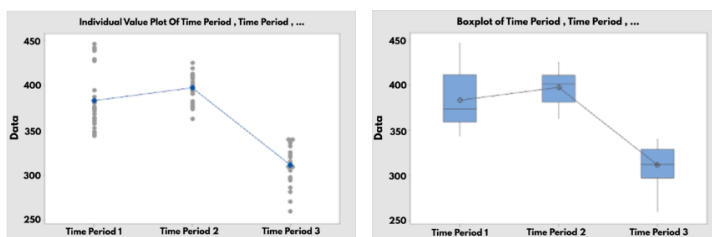
รูปที่ 11 ความแตกต่างค่าเฉลี่ยผลผลิตระหว่างโรงเรือน Uncontrolled และ Controlled ในช่วงระยะเวลาที่สอง

4.2.2.3 ช่วงระยะเวลาที่สาม (ธันวาคม - กุมภาพันธ์) ผลการทดสอบความแตกต่าง พบว่าโรงเรือน Uncontrolled มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 196.1 หน่วย ขณะที่โรงเรือน Controlled มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 311.6 หน่วย และค่า $p\text{-value} < 0.001$ ซึ่งน้อยกว่า 0.05 อย่างมีนัยสำคัญ จึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ และสรุปได้ว่าโรงเรือน Controlled ให้ผลผลิตสูงกว่าโรงเรือน Uncontrolled อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับทั้ง 2 ช่วงเวลา และกราฟ Individual Value Plot ในรูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตของโรงเรือน Controlled สูงกว่าโรงเรือน Uncontrolled และจุดข้อมูลของทั้งสองกลุ่มแยกออกจากกันค่อนข้างชัดเจน ส่วน Boxplot แสดงให้เห็นว่าค่ามัธยฐานของ Controlled สูงกว่าอย่างเด่นชัด เช่นเดียวกัน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า กลุ่ม Uncontrolled มีความแปรปรวนของผลผลิตสูงกว่ากลุ่ม Controlled อย่างชัดเจน โดยช่วงการกระจายของข้อมูลกว้างและมีค่าผลผลิตกระจายตั้งแต่ระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง สะท้อนถึงความไม่สม่ำเสมอของผลผลิตภายใต้สภาวะที่ไม่มีการควบคุมสิ่งแวดล้อม ในขณะที่กลุ่ม Controlled มีการกระจายตัวของข้อมูลแคบกว่าและมีแนวโน้มสม่ำเสมอมากกว่า แสดงให้เห็นว่าการควบคุมสภาพแวดล้อมอาจช่วยลดความผันผวนของผลผลิตและเพิ่มเสถียรภาพในการผลิตได้



รูปที่ 12 ความแตกต่างค่าเฉลี่ยผลผลิตระหว่างโรงเรือน Uncontrolled และ Controlled ในช่วงระยะเวลาที่สาม

4.2.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลผลิตในโรงเรือนที่มีการควบคุมตามช่วงเวลา จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลผลิตเห็ดนางฟ้าระหว่าง 3 ช่วงเวลา พบว่าช่วงเวลามีผลต่อปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 84.35$, $p < 0.001$) โดยผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ ช่วงเวลาที่ 2 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดที่ 397.70 กรัม รองลงมาคือช่วงเวลาที่ 1 (383.47 กรัม) และช่วงเวลาที่ 3 (311.62 กรัม) ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่เท่ากับ 70.09% ยังชี้ให้เห็นว่าปัจจัยด้านช่วงเวลาสามารถอธิบายความแปรปรวนหรือความผันแปรของปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้นได้ถึงร้อยละ 70 จึงสรุปได้ว่าสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลามีอิทธิพลสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตเห็ดนางฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 13 การกระจายของข้อมูลดิบและเส้นเชื่อมค่าเฉลี่ยของแต่ละช่วงเวลา

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 สรุปผล จากการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโรงเรือนทั้งสองระบบ พบว่าผลผลิตจากการสุมตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลา เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ Independent Samples t-test ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด โดยโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ (Controlled) สามารถทำผลผลิตเฉลี่ยได้สูงกว่าโรงเรือนสภาวะปกติ (Uncontrolled) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกช่วงเวลาการทดลอง ผลลัพธ์นี้จึงเป็นการยืนยันอย่างชัดเจนว่าระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้จริงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาการผลิต พบประเด็นสำคัญว่าปัจจัยภายนอกตามฤดูกาลยังคงมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่พบว่าปริมาณผลผลิตลดต่ำกว่าสองช่วงเวลาแรกอย่างเห็นได้ชัด

5.2 อภิปรายผล จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่า โรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อม (Controlled System) มีสมรรถนะในการผลิตเห็ดนางฟ้าสูงกว่าโรงเรือนสภาวะปกติ (Uncontrolled) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.001$) ซึ่งสอดคล้องกับภาพแสดงการกระจายตัวของข้อมูลในกลุ่ม Controlled ที่มีความสม่ำเสมอมากกว่าอย่างชัดเจน ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลโดยตรงจากการที่ระบบสามารถรักษาเสถียรภาพของปัจจัยจำกัด (Limiting factors) โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ใน

สถานะที่เหมาะสมต่อสรีรวิทยาของเห็ดนางฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง การควบคุมผ่านระบบ Evaporative Cooling และการพ่นหมอกอัตโนมัติช่วยลดความเครียดทางความร้อน ของก้อนเห็ด ส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมและการเจริญเติบโตของดอกเห็ดเป็นไปอย่างเต็มประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แม้ระบบควบคุมอัตโนมัติจะสามารถยกระดับผลผลิตได้ แต่ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัยด้านช่วงเวลา ยังคงมีอิทธิพลต่อความผันแปรของผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 84.35$, $p < 0.001$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงถึง 70.09% ซึ่งสะท้อนว่าปริมาณผลผลิตยังคงแปรผันตามอิทธิพลแฝงจากสภาวะภูมิอากาศภายนอกตามฤดูกาล โดยเฉพาะในช่วงที่มีความชื้นแสงหรืออุณหภูมิภายนอกพุ่งสูงเกินขีดความสามารถของระบบระบายอากาศ

แนวทางการเปลี่ยนจากการเพาะปลูกแบบดั้งเดิมมาสู่ระบบเกษตรอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงทิศทางการพัฒนาที่สอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับในประเทศไทย โดยเฉพาะประเด็นการควบคุมสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มศักยภาพของผลผลิต ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อค้นพบของ วีรศักดิ์ พองเงิน และคณะ (2561) และ ปรีชา ทุมมะ และคณะ (2564) ที่เน้นย้ำว่าการจัดการความร้อนและอุณหภูมิด้วยระบบวิศวกรรม คือปัจจัยหลักที่ช่วยให้เห็ดเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน การนำเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซ CO_2 และระบบคลาวด์มาใช้ในการบริหารจัดการโรงเรือนขนาด 2,000 ก้อนในการศึกษานี้ ถือเป็นก้าวที่ยอดเยี่ยมนวัตกรรมเรื่องความแม่นยำและการลดภาระแรงงานที่ เอนกวงศ์ ยอดดำเนิน และสุริยา ต๊ะศรีเรือน (2568) รวมถึง Bunluewong และ Surinta (2021) ได้เคยนำเสนอไว้ แม้ในความเป็นจริงเราจะพบว่าระบบควบคุมยังไม่สามารถตัดขาดอิทธิพลของฤดูกาลภายนอกได้ทั้งหมด แต่การเลือกใช้โซลูชันที่ช่วยกระจายความชื้นได้อย่างทั่วถึงและประหยัดพลังงานตามแนวทางของ ชัยสิทธิ์ แก้วจรรยา และอภิสิทธิ์ ชิตวานิช (2568) ก็เป็นเครื่องยืนยันว่า การบริหารจัดการฟาร์มโดยใช้ข้อมูลที่เที่ยงตรง (Data-Driven) คือหัวใจสำคัญที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถรับมือกับความผันผวนของสภาพอากาศในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การพัฒนาระบบควบคุมแบบปรับตัวตามสภาพภูมิอากาศภายนอก (Adaptive and Predictive Control) เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าปัจจัยฤดูกาลยังคงส่งผลต่อผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 70.09\%$) การวิจัยในก้าวถัดไปควรเปลี่ยนจากการตั้งค่าแบบคงที่ (Fixed Setpoint) มาเป็นการใช้ Machine Learning เพื่อพยากรณ์อากาศล่วงหน้าและปรับระดับการทำงานของระบบ Evaporative Cooling ล่วงหน้าก่อนที่ความร้อนภายนอกจะเข้าสู่โรงเรือน เพื่อลดค่าความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อน

6.2 เมื่อมีการขยายขนาดการผลิต การทำงานของปั๊มน้ำและพัดลมดูดอากาศขนาดใหญ่มีผลต่อต้นทุนค่าไฟฟ้าโดยตรง ควรมีการศึกษาริวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ระบบปรับความเร็วรอบพัดลมตามความจำเป็นจริง หรือการนำพลังงานหมุนเวียน มาบูรณาการร่วมกับระบบ IoT เพื่อประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน (ROI) และหาจุดสมดุลระหว่างปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

6.3 เพื่อให้ระบบมีความแม่นยำในระดับสูงสุด (Precision Farming) งานวิจัยถัดไปควรเพิ่มเซนเซอร์ที่ตรวจวัดความสมบูรณ์ของดอกเห็ดโดยตรง เช่น การใช้การประมวลผลด้วยภาพ (Image Processing) เพื่อวิเคราะห์ขนาดและสีของดอกเห็ดในโรงเรือน แล้วนำข้อมูลนั้นมาสั่งการให้ระบบปรับค่า CO_2 หรือการให้ความชื้นสอดคล้องกับระยะการเจริญเติบโตของเห็ดแต่ละรุ่น ซึ่งจะช่วยลดความผันผวนของน้ำหนักเห็ดต่อก้อนให้ดียิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณอุดหนุนทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ประเภททุนอุดหนุนงานวิจัย โดยงบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม รหัสโครงการสัญญา 182071 ผ่านสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนที่ให้การสนับสนุนจนการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2561). *เห็นสกุลนางรมเตรียมรับมือ 2 หนอนแมลงวัน*. เว็บไซต์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <https://www.moac.go.th/news-preview-401091791039>.
- จารีณี จงป้อมปิติ วาริ ศรีสอน พิรณัฐ อันสุรีย์ ทยาวิ หนูบุญ ดารณี เปล่งสันเทียะ และพลเทพ เวสูงเนิน. (2568). ระบบโรงเรือนเพาะเห็ดนางรมดำแบบปรับตัวได้ด้วยการควบคุมการเปิด-ปิดอัตโนมัติตามระดับคาร์บอนไดออกไซด์. *FEAT Journal (Farm Engineering and Automation Technology Journal)*, 11(2), 23–33.
- ชัยสิทธิ์ แก้วจรรยา และอภิสิทธิ์ ชิตวานิช. (2568). นวัตกรรมระบบไอโอทีสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าแบบการกระจายความชื้นด้วยผ้าเปียก. *RMUTTO Research Journal*, 18(2).
- ปรีชา ทুমมะ, ธนากร กองบาง, คมสัน มูลเพียและวีรชาติ คงทวี. (2564). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทำความเย็นแบบท่อใต้ดินเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 31(4), 624–637.
- วีรศักดิ์ ฟองเงิน สุรพงษ์ เพ็ชรหาญ และรัฐสิทธิ์ ยะจ่อ. (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม*, 5(1), 172–182.
- เอนกวงค์ ยอดดำเนิน และสุรียา ต๊ะศรีเรือน. (2568). โรงเห็ดขนาดเล็กออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 20(2), 163–176.
- Bunluewong, K., & Surinta, O. (2021). Semi-automated mushroom cultivation house using Internet of Things. *Engineering Access*, 7(2), 181–188.
- Cloonan, K. R., Andreadis, S. S., Chen, H., Jenkins, N. E., & Baker, T. C. (2016). Attraction, oviposition and larval survival of the fungus gnat, *Lycoriella ingenua*, on fungal species isolated from adults, larvae, and mushroom compost. *PLOS ONE*, 11(12), e0167074.
- Cloyd, R. A. (2015). Ecology of fungus gnats (*Bradysia* spp.) in greenhouse production systems associated with ornamental plants. *Insects*, 6(3), 597–613.
- Kecskeméti, S., Molnár, B. P., Keszthelyi, S., & Tóth, M. (2020). Fungal volatiles as olfactory cues for female fungus gnats. *Scientific Reports*, 10, 9350.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้มีคุณค่าทางวิชาการในฐานะหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันประสิทธิภาพของระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะในระดับกึ่งพาณิชย์ โดยผลการวิเคราะห์ทางสถิติช่วยเสริมความน่าเชื่อถือของการประยุกต์ใช้ IoT ในการผลิตเห็ด และชี้ให้เห็นอิทธิพลของปัจจัยฤดูกาล ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญต่อการพัฒนาระบบให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศจริง ในเชิงบริการวิชาการ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้สู่กลุ่มผู้เพาะเห็ดผ่านการอบรมและการใช้งานจริง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดความผันผวนของผลผลิต และเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์ในระยะยาว

การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

พงษ์พันธ์ ราชักดิ์^{1*} สุโหลหมาน หมาดไทย² เสน่ห์ รักษ์เกื้อ³ อภิรัฐ จันทรทอง⁴ รุ่งโรจน์ จินด้วง⁵

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย^{1* 5}

สาขาวิชาสัตวแพทยศาสตร์ คณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย²

สาขาวิศวกรรมเกษตรอัจฉริยะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย³

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย⁴

อีเมล: Pongpun.r@rmutsv.ac.th^{*}

วันที่รับบทความ 17 มีนาคม 2569

วันแก้ไขบทความ 11 พฤษภาคม 2569

วันที่ตอบรับบทความ 25 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ในการศึกษาได้เลือกใช้เซนเซอร์ที่มีความสำคัญต่อการเลี้ยงปลา 3 ชนิด ได้แก่ เซนเซอร์วัดออกซิเจน เซนเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนคุณภาพน้ำในกระชังผ่านไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรนได้เมื่อค่าปริมาณค่าออกซิเจนในน้ำเมื่อมีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยระบบตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำ สามารถวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าอุณหภูมิในน้ำได้แบบเวลาจริง มีค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีความผิดพลาดอยู่ไม่เกิน 4% ค่าอุณหภูมิมีความผิดพลาดน้อยกว่า 3% และค่า pH มีความผิดพลาดน้อยกว่า 2% ผลทดสอบพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.57 ผลตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำพบว่าสามารถดูข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือและแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชันได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังสามารถป้องกันความเสียหายจากความผิดปกติของคุณภาพน้ำในกระชัง ที่ทำให้ช่วยป้องกันการรื้อถอนน้ำตายของปลาที่เลี้ยงในกระชังได้

คำสำคัญ : ระบบเลี้ยงปลาในกระชัง การตรวจวัดคุณภาพน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์



Development of Water Quality Measuring System for Fish Cage Culture with Solar cell

Pongpun Ratchapakdee^{1*}, Sulaiman Madyod², Sanae Rukkur³, Apirun chanthong⁴,

Rougrote Geendoung⁵

Department of Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya^{1*, 5}

Department of Veterinary Science, Rajamangala University of Technology Srivijaya²

Department of Agri-Intelligence Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya³

Electrical Engineering College of Industrial Technology and Management, Rajamangala

University of Technology Srivijaya⁴

E – mail: Pongpun.r@rmutsv.ac.th^{1*}

Received 17 March 2026

Revised 11 May 2026

Accepted 25 May 2026

Abstract

This study proposes the development of a solar-powered water quality monitoring system for cage culture with a measurement of water quality system using the Internet of Things technology (IoT) application. It is intended for measurement of water quality for the cage culture. In this study, there are three types of sensors that are important for the fish farming in cages were selected such as Dissolved Oxygen (DO) sensor, pH sensor and water temperature sensor. These sensors are connected to the microcontroller based on the IoTs platform. The detected signals are monitored on the application platform and the data notification is sent through the Line application platform and a siren alarm when the dissolved oxygen level drops below 3 mg/L. The system can monitor and the analyze the value of oxygen content the Dissolved Oxygen, amount of acid – base and the temperature in the water in real-time. The dissolved oxygen measurements showed an error of not more than 4%, while the temperature measurements had an error of less than 3%, and the pH measurements had an error of less than 2%. The test results showed that the power obtained from the solar cell was about 67.57 watts and the instrument can properly control the DO concentration in a designed range. This system makes for the fish farmers in cages can prevent damage the water quality faults in the cage culture, thereby reducing the risk of fish.

Keywords: Fish Cage Culture, Measurement of Water Quality, Dissolved in Water, Solar Cell System

1. บทนำ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำเป็นการติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังสำหรับการเลี้ยงปลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันเป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความหนาแน่นสูง เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้มากขึ้น ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมักประสบปัญหาของเสียในระบบการเลี้ยง ส่งผลให้สัตว์น้ำเกิดความเครียด อ่อนแอ เป็นเหตุให้เกิดปัญหาการระบาดของโรคได้ง่ายและมักประสบปัญหาการแปรปรวนของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น เกิดอุทกภัย ระดับน้ำที่แปรปรวน การเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ ระดับออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอ การรั่วไหลของสารเคมี การติดเชื้อโรค การปล่อยน้ำเสีย สารกำจัดศัตรูพืช ล้วนเป็นสาเหตุการป่วย ตายของสัตว์น้ำ จึงมีแนวทางในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นระบบปิดกำจัดความแปรปรวนของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ (กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, 2566) การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการเลี้ยงปลาในลักษณะพื้นที่ปิด เป็นอาชีพที่ได้รับความนิยมแพร่หลายบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำสำคัญทั่วประเทศ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาที่ให้ผลผลิตสูง ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิงเศรษฐศาสตร์และการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั่วไประวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิตและมีการลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงอื่น ๆ ในขณะที่ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาในกระชังอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อมหากไม่มีการคำนึงถึงปริมาณและที่ตั้งของกระชัง (พิมรินทร์ พิมรินทร์ ศิริรินทร์ และคณะ, 2566) ตลอดจนความเหมาะสมของพื้นที่ลำนํ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคใต้ของประเทศไทย เกษตรกรมีการเลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำตาปีกันอย่างแพร่หลาย ทั้งการเลี้ยงปลาในเชิงพาณิชย์หรือเลี้ยงปลาไว้เพื่อบริโภคภายในครัวเรือนและปัจจัยในการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาที่ให้ผลผลิตสูงในเชิงเศรษฐศาสตร์ และการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั่วไประวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิตและมีการลงทุนต่ำกว่ารูปแบบการเลี้ยงอื่น ๆ ให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง ทั้งนี้การเลี้ยงปลาในกระชังนั้นก็มีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น ปัญหาโรคพยาธิที่มักกับน้ำซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนั้นยังอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อมหากไม่มีการคำนึงถึงปริมาณและที่ตั้งของกระชัง ตลอดจนความเหมาะสมของพื้นที่ลำนํ้า โดยปริมาณออกซิเจนในน้ำนั้นถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากที่บ่งบอกถึงคุณภาพของแหล่งน้ำ (โชคชัย เหลืองธวัชพรานิต, 2548) (บริษัทแฮปปี้ฟาร์มเกิดผล จำกัด, 2568) ในกรณีบ่อเลี้ยงปลามีปริมาณออกซิเจนที่น้อยจะส่งผลให้สารอินทรีย์ที่ อยู่ในน้ำมีปริมาณสูงและทำให้ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ มีปริมาณลดลง และในที่สุดจะทำให้เกิดสภาวะที่ไร้ออกซิเจน จึงส่งผลเสียต่อปลาหรือสัตว์ต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำทำให้อยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจนและตายในที่สุด ดังนั้นจำเป็นต้องเติมออกซิเจนในบ่อจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง (พลพจน์ กิตติสุวรรณ, 2547)

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาในกระชังในลุ่มแม่น้ำตาปีของกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ต.นาเกาะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช เป็นชุมชนหนึ่งที่มีการประกอบอาชีพเลี้ยงปลาในกระชัง เช่น การเลี้ยงปลานิลและปลาตะเพียน จากการสำรวจข้อมูลในส่วนการเลี้ยงปลากระชังเบื้องต้น พบว่าชุมชนได้มีการรวมกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือกันในการเลี้ยงปลาในกระชัง หลังได้รับผลกระทบต่อการเลี้ยงปลาในกระชังจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแม่น้ำตาปี เปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมที่เกิดจากน้ำท่วมหรือภัยแล้ง ซึ่งในช่วงที่เกิดภัยแล้งหรือช่วงหน้าร้อนจะทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำลดลงและเริ่มอุบ้งไม่มีการไหลเวียน อุณหภูมิจะสูงขึ้นและอากาศจะร้อนจัดในตอนกลางวัน โดยอาจต่อเนื่องยาวจนถึงปลายเดือนพฤษภาคม จากสภาวะดังกล่าวอาจทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นรวมทั้งปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำกว่ามาตรฐานอีกทั้งไม่มีการไหลเวียนของกระแสน้ำ เกษตรกรจะต้องเฝ้าสังเกตสีของตัวปลาเพื่อป้องกันการน็อคน้ำตายของปลาในกระชัง ทำให้การเลี้ยงปลาในกระชังยังคงมีความเสี่ยงสูงต่อการสูญเสียหากเกิดปัญหาคูณภาพน้ำต่ำเกินกว่าที่ปลาจะรับได้ (นฤมล นฤมล นาคมี และคณะ, 2560) ในการจัดการคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ของน้ำอยู่หลายตัวแปร เช่น ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO) pH, อุณหภูมิ, อัลคาไลน์, แอมโมเนีย เป็นต้น แต่ค่า DO, pH และอุณหภูมิเป็นค่าที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอันดับต้น เนื่องจากปลาจะได้รับผลกระทบอย่างรวดเร็วหากพารามิเตอร์ทั้งสามของน้ำในกระชังมีความไม่เหมาะสม (ชิตชัย แก้วตา และ

คณะ, 2561) ซึ่งน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่า DO ไม่ต่ำกว่า 3 mg/L ค่า pH ควรอยู่ระหว่าง 7.5 - 8.5 โดยที่ตอนเช้าไม่ควรต่ำกว่า 7.5 และตอนบ่ายไม่ควรเกิน 8.5 อุณหภูมิควรอยู่ระหว่าง 25 - 30 °C (สุพรรณ จันทรหอม, 2564) จากการศึกษางานที่เกี่ยวข้อง มีการพัฒนาระบบโดยนำแนวคิดกระบวนการเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบพร้อมด้วยเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ประเมินคุณภาพระบบเกษตรอัจฉริยะเพิ่มมากขึ้น (พรทิพย์ และคณะ, 2565) มีการศึกษาการพัฒนาเครื่องต้นแบบของระบบติดตามและประเมินคุณภาพน้ำเบื้องต้นที่ใช้อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง การวัดค่าคุณภาพน้ำประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 4 ตัว คือ (1) ความเป็นกรด-ด่าง (2) อุณหภูมิ (3) ออกซิเจนละลายน้ำ และ (4) การนำไฟฟ้า โดยที่ข้อมูลคุณภาพน้ำ วันที่ เวลา และสถานที่จะถูกเก็บรวบรวมไว้ นอกจากนี้บอร์ด Arduino ที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์และ NodeMCU จะประมวลผลข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปเก็บในฐานข้อมูลและเว็บแอปพลิเคชันใช้สำหรับแสดงผลและประเมินคุณภาพน้ำ (จันทนา และคณะ, 2564) มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำและพัฒนาระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ และค่าความขุ่นได้ ผลการวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเครื่องมือทั่วไปและเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำสามารถแสดงผลข้อมูลออกมาในรูปแบบของตาราง กราฟได้ (รวันา รัตนชูโชค, 2562) การศึกษาการสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (Aqua IOT) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถบันทึกและรายงานค่าพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ และความเป็นกรดเป็นด่าง ได้อย่างเป็นปัจจุบันผ่านทางโทรศัพท์มือถือทำให้เกษตรกรสามารถดำเนินการ แก้ไขปัญหาในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ทันทีเมื่อค่าคุณภาพน้ำเบี่ยงเบนจากค่าที่เหมาะสม งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของ การใช้เครื่อง Aqua IOT ต่อผลผลิต ต้นทุน ผลตอบแทนและกำไรของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระดับฟาร์ม โดยแบ่งบ่อเลี้ยงกุ้ง ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่ใช้เครื่อง Aqua IOT) และกลุ่มทดลอง (ใช้เครื่อง Aqua IOT) กลุ่มละ 3 บ่อ ทั้งสองกลุ่มอยู่ใน พื้นที่บริเวณเดียวกัน (จังหวัดจันทบุรี) ปล่อกุ้งในอัตราความหนาแน่นเท่ากัน (100,000 ตัว/ไร่) เลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลาใกล้เคียงกัน (ประมาณ 3 เดือน) ผลการศึกษาพบว่าทั้งสองกลุ่มมีต้นทุนการผลิตที่ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ใช้เครื่อง Aqua IOT ได้กุ้งที่มีขนาดเฉลี่ย 19.88±0.59 ก. ผลผลิตรวม 1,368±52 กก./ไร่ ผลตอบแทน 266,578±5,098 บาท/ไร่ และกำไร 92,747±4,703 บาท/ไร่ สูงกว่ากลุ่ม ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ปริเยศ และคณะ, 2566) การศึกษาการใช้ระบบการ ตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอินูโน ทำงานร่วมกับ เซนเซอร์ออกซิเจนที่ ละลายในน้ำ เซนเซอร์ความเป็นกรด-ด่าง และเซนเซอร์อุณหภูมิ ออกแบบให้ตรวจวัดคุณภาพ น้ำแบบเรียลไทม์ ผลการวิเคราะห์ทาง สถิติ พบว่าปลากะพงขาวในชุดที่ให้อาหารอัตโนมัติมีน้ำหนักหลังสิ้นสุดการ ทดลองสูงกว่าการให้ด้วยแรงงานคน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ฐิติ อุ๋นใจ, 2565)

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยทำจึงงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ที่สามารถวัดปริมาณปริมาณออกซิเจนในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบส และวัดค่าอุณหภูมิ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจนในสารละลาย (DO Sensor) เซนเซอร์ วัดค่ากรด-ด่าง (pH Sensor) และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ (Water Temperature Sensor) ซึ่งสามารถวัดค่าและ แจ้งเตือนให้ทราบผ่านไลน์แอปพลิเคชันผ่านเสียงไซเรนเพื่อให้ผู้เกษตรกรที่เลี้ยงปลาในกระชังรู้ถึงคุณภาพน้ำ เพื่อที่ เกษตรกรจะสามารถตอบสนองและบริหารจัดการได้อย่างเหมาะสมและทันเวลา ทำให้อัตราการรอดตายสูง ประหยัด ต้นทุนด้านอาหาร จะทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนมา ใช้ เป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 1 ปลาในกระชังน็อคน้ำตายในช่วงหน้าแล้ง



รูปที่ 2 การเฝ้าระวังสังเกตสีน้ำและพฤติกรรมของปลาในกระชัง

2. วัตถุประสงค์

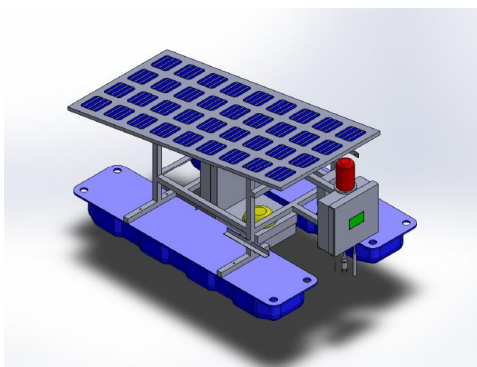
2.1 เพื่อออกแบบและสร้างระบบวัดและแจ้งเตือนคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

2.2 เพื่อศึกษาสมรรถนะทดสอบการทำงานของระบบระบบวัดและแจ้งเตือนคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพในการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

3. วิธีการวิจัย

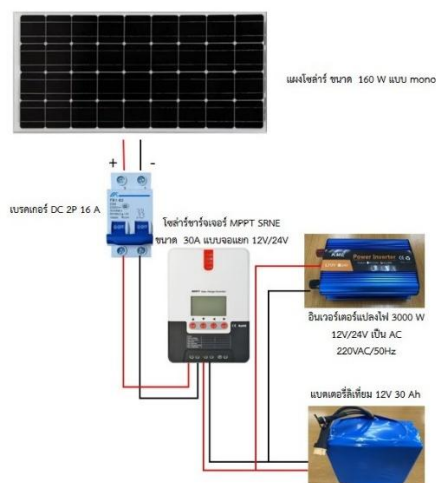
โครงการวิจัยต้องการพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง รวมทั้งลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง คณะผู้วิจัยจึงมีกรอบแนวคิดที่จะพัฒนาออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลานิลในกระชังแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $4 \times 2 \times 1.5$ เมตร ที่ประกอบไปด้วยชุดเซ็นเซอร์ วัดค่าออกซิเจน ค่ากรด-ด่าง และค่าอุณหภูมิในน้ำ สามารถดูข้อมูลได้แบบเวลาจริงผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือและแสดงผลการแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรน โดยมีชุดต้นกำลังใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เนื่องจากพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณลุ่มแม่น้ำตาปีมีการตั้งกระชังในพื้นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี และโดยการทดสอบการใช้งานของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 3 การออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

3.1 การออกแบบชุดต้นกำลัง

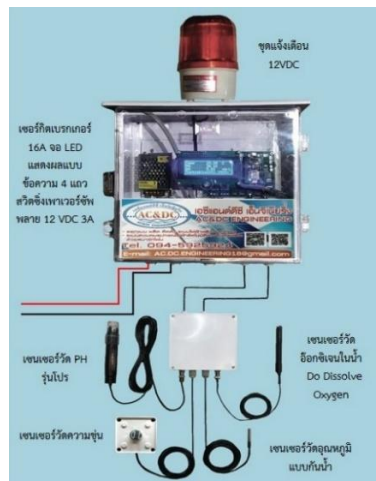
การออกแบบชุดต้นกำลัง ใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 160 W Mono solar cell แบตเตอรี่แบบลิเธียม 12 V 15/30 Ah ใช้ solar charger MPPT รุ่น ML-2430 30A 12/24V และอินเวอร์เตอร์ 12/12V แปลงเป็นไฟฟ้าเป็น AC 220 V AC/50Hz ในการออกแบบวงจรการควบคุมระบบการตรวจวัดน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มระบบโซลาร์เซลล์ระบบประจุแบตเตอรี่ และใช้ระบบอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟขนาด 220 VAC ให้กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 5 A ในการตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า โดยมีระบบเครื่องจ่ายไฟแบบสวิตชิง (Switching Power Supply) ลดระดับแรงดันจาก 220 VAC เป็น 12 VDC เพื่อจ่ายให้ชุดเซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน ค่ากรด-ด่างและค่าอุณหภูมิในน้ำ และจ่ายให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ จากนั้นข้อมูลในการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสัญญาณไวไฟ พร้อมแสดงผลข้อมูลได้แบบเวลาจริงผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือและแสดงผลการแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรนต่อไป



รูปที่ 4 ชุดต้นกำลัง

3.2 การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบที่จัดสร้างขึ้นเป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมาจากเซนเซอร์ โดยรับข้อมูลจากเซนเซอร์โดยการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน DO sensor ชนิด Analog Sensor Meter for Arduino รุ่น SEN0237-A V1.0 วัดค่า ในช่วง 0-20 mg/L ค่ากรด-ด่างใช้เซ็นเซอร์แบบ pH Probe Junction วัดค่า pH ได้ในช่วง 0 - 14 และค่าอุณหภูมิในน้ำใช้เซ็นเซอร์อุณหภูมิ แล้วแสดงผลผ่านสามารถดูข้อมูลได้แบบเวลาจริง (Realtime) ผ่านแอปพลิเคชันไลน์บนมือถือ และแสดงผลการแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรน โดยกำหนดให้ระบบทำงานแจ้งเตือนค่าปริมาณค่าออกซิเจนในน้ำเมื่อมีค่าต่ำกว่า 3 mg/L จะส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรน



รูปที่ 5 ระบบวัดค่าคุณภาพน้ำ

3.3 การทดสอบระบบ

การทดสอบความถูกต้องของการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าความถูกต้องของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดมาตรฐานในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผลการวัดค่าคุณภาพน้ำ

3.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำรับการเลี้ยงปลาในกระชังที่สร้างขึ้น
ทำการทดลองที่กระชังเลี้ยงปลานิลของกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ต.นาเกาะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช โดยทดสอบค่าการประจุพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์และการทำงานของระบบตรวจวัด

คุณภาพน้ำในกระชังแสดงผลบนผ่านแอปพลิเคชันไลน์บนมือถือ และแสดงผลการแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชัน และผ่านเสียงไซเรน



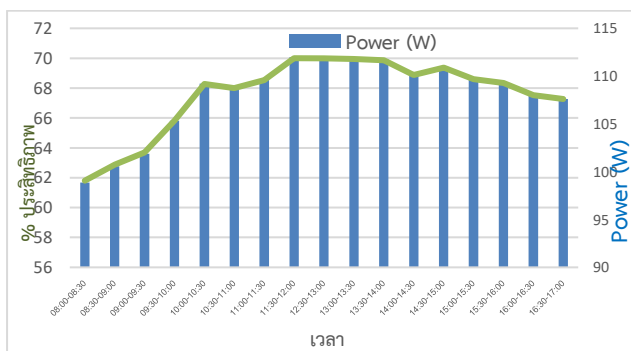
รูปที่ 7 การทดสอบการใช้งาน

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองระบบการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังที่สร้างขึ้น ณ กลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ต.นากะชะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช โดยทดสอบค่าการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์และการทำงานของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในกระชัง แสดงผลบนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ และแสดงผลการแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรน

4.1 ผลการทดสอบความถูกต้องของการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าความถูกต้องของระบบ ตรวจวัดคุณภาพน้ำเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดมาตรฐานในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พบว่ามีค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีความผิดพลาดอยู่ไม่เกิน 4% ค่าอุณหภูมิมีความผิดพลาดน้อยกว่า 3% และค่า pH มีความผิดพลาดน้อยกว่า 2%

4.2 ผลการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 160 W การทดสอบประสิทธิภาพของการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ที่เป็นต้นกำลังของระบบการตรวจวัดน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น เริ่มทดสอบเวลา 08:00 น. และหยุดทดสอบเวลา 17:00 น. การทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 160 W ทำการวัดแรงดันและกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์ ทุกๆระยะเวลา 30 นาที ผลการทดลองเป็นดังนี้



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพการประจุไฟฟ้าแผงโซลาร์เซลล์

จากผลการทดลองแสดงในรูปที่ 8 เป็นผลทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 160 W Mono solar cell พบว่า ค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 11:30-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 11.0 W คิดเป็นประสิทธิภาพการประจุพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 70% เนื่องจากว่าเป็นช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูงส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์สูงตามไปด้วย และได้ค่าประจุพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยร้อยละ 67.57 และพบว่าสภาวะของอากาศส่งผลให้ประสิทธิภาพที่ลดลงเป็นบางช่วงเวลาด้วย เช่น การที่มีเมฆมากจะทำให้ประสิทธิภาพการประจุลดลง

4.3 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและการแจ้งเตือน ในการทำการทดสอบในกระชังเลี้ยงปลา จากข้อมูลผลการวัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงและแสดงผลเป็นกราฟเส้นข้อมูลการวัดค่าคุณภาพน้ำ ที่ส่งข้อมูลขึ้นไปแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ เป็นข้อมูล Realtime จากข้อมูลพบว่าเมื่ออุณหภูมิในน้ำสูงขึ้นในช่วงเวลากลางวัน ค่าออกซิเจนในน้ำและค่ากรด-ด่างมีค่าต่ำลง เมื่ออุณหภูมิในน้ำในช่วงเวลากลางคืนมีค่าต่ำกว่าในช่วงกลางวัน ค่าออกซิเจนในน้ำและค่ากรด-ด่าง มีค่าสูงขึ้นกว่าในช่วงกลางวัน ผลการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรน เมื่อวัดค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าต่ำกว่า 3 mg/L ได้อย่างถูกต้อง



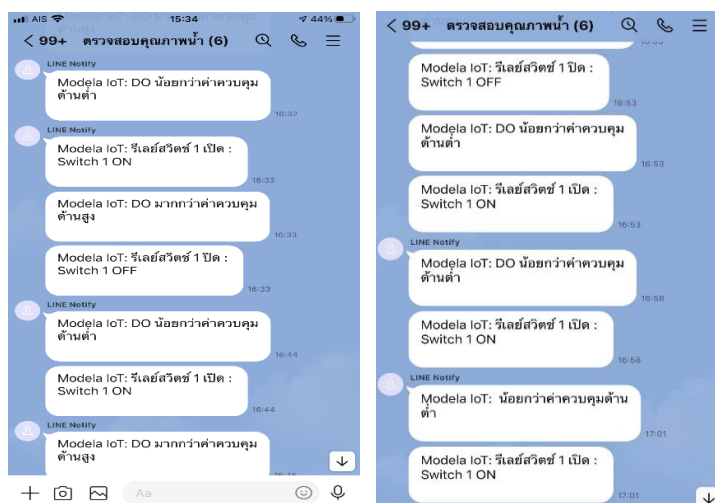
รูปที่ 9 แสดงผลค่าออกซิเจนในน้ำที่วัดได้



รูปที่ 10 แสดงผลค่าวัดค่า pH ในน้ำที่วัดได้



รูปที่ 11 แสดงผลค่าวัดค่าอุณหภูมิในน้ำที่วัดได้



รูปที่ 12 การแจ้งเตือนค่าออกซิเจนในน้ำผ่านไลน์แอปพลิเคชัน

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 160 W มีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 11:30-12:00 น. มีค่าเท่ากับ 11.0 W คิดเป็นประสิทธิภาพการประจุพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 70% เนื่องจากว่าเป็นช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูงส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์สูงตามไปด้วย และได้ค่าประจุพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยร้อยละ 67.57 ส่วนระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถวัดปริมาณค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และวัดค่าอุณหภูมิในน้ำแบบเวลาจริง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ ได้แก่ pH Sensor, DO Sensor และ Water Temp Sensor สามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีความผิดพลาดอยู่ไม่เกิน 4% ค่าอุณหภูมิมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 3% และค่า pH มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 2% การตรวจวัดคุณภาพน้ำแต่ละครั้งจะแสดงผลเป็นกราฟเส้นผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ สามารถดูค่าการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและแจ้งเตือนไป

ยังไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรน เมื่อค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าต่ำกว่า 3 mg/L ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้เลี้ยงปลาในกระชังสามารถแก้ไขปัญหาได้ทันทั่วทั้งที่ เพื่อลดปัญหาการเจริญเติบโตช้าและลดอัตราการน็อคน้ำตายของปลาที่เลี้ยงในกระชังได้ ผลลัพธ์ดังกล่าวสนับสนุนแนวคิดและสอดคล้องกับงานวิจัย (สรารุณ บุญเกิดรัมย์, 2560) (กำธร และคณะ, 2563) และการทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 160 W และค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.57

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาให้ตัวเรือสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้แบบอัตโนมัติเพื่อควบคุมทิศทางการเพิ่มออกซิเจนในน้ำ และการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำที่ต่อเนื่อง เพื่อสามารถนำมาใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในกระชังได้

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนเครื่องมือสำหรับวัดค่าคุณภาพน้ำ และกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ต.นาเกาะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช ที่สนับสนุนพื้นที่สำหรับการวิจัยและงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมประจำปี พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

กำธร สารวรรณ และคณะ. (2563). “การพัฒนาระบบสมาร์ตฟาร์มสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อ”.

วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 31(4), 185-194.

กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. (2566). *สถิติฟาร์มเลี้ยงปลาน้ำกร่อยประจำปี 2565*. เอกสารฉบับที่ 8/2566. กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จันทนา ปัญญารารณ และคณะ. (2564). “ระบบติดตามและประเมินคุณภาพน้ำบนพื้นฐาน IoT”.

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: เทพสตรี I-TECH, 16(2), 87-96.

ชัชชัย แก้วตา ชัชวาล ชันติคเชนชาติ และยุทธศักดิ์ ทองแสน. (2561). “พัฒนาระบบสมองกลฝังตัวเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำผ่านระบบเครือข่ายระยะไกลแบบอัตโนมัติ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 20(3), 73-89.

โชคชัย เหลืองธูปราณี. 2548. *หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ*. โฟร์เพช, กรุงเทพมหานคร.

ฐิติ อุ้นใจ. (2565). “ระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม”.

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม, 11(3), 1-11.

นฤมล นาคมี และคณะ. (2560). “ผลกระทบจากการเลี้ยงปลาในกระชังต่อคุณภาพน้ำในลำน้ำน่าน จังหวัดพิษณุโลก”. *Life Sciences and Environment Journal*, 12(2), 18-31.

บริษัทแฮปปี้ฟาร์มเกิดผล จำกัด. (2568). *ระบบควบคุมคุณภาพน้ำอัตโนมัติ*. <https://www.happyfarm.co.th/>.

ปรีเยศ ผลวงษ์ และคณะ. (2566). ผลของการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (Aqua IOT) ต่อประสิทธิภาพการผลิตและผลกำไรในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม. *KHON KAEN AGRICULTURE JOURNAL SUPPL.* 1, 353-360.

พินรินทร์ ศิริรินทร์ และคณะ. (2566). ระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*. 19(1), 1-13.

พลพจน์ กิตติสุวรรณ. 2547. คุณสมบัติน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. *PET-MAG*, 7 (84).

- พรทิพย์ กัญญา และคณะ. (2565). การพัฒนาเกษตรอัจฉริยะ. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 7(1), 33-45.
- พรพนา รัตนชูโชค. (2562). การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(1), 78-92.
- สรารุณี บุญเกิดรัมย์. (2560). การพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบไร้สายโดยใช้ซิกบี. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 17(1), 92-103.
- สุพรรณษา จันทรหอม. (2564). การพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบอัจฉริยะด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและระบบแผนที่ออนไลน์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ภาควิทยาศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้เป็นการบูรณาการระบบการเติมอากาศในน้ำเข้ากับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำพร้อมทั้งแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยในการแก้ไขข้อจำกัดระบบเติมอากาศแบบเดิม โดยการพัฒนาภายใต้กรอบแนวคิดเชิงวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงปลาในกระชังพร้อมทั้งตรวจวัดพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยง ได้แก่ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าอุณหภูมิในน้ำ และมีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนคุณภาพน้ำในกระชังผ่านไลน์แอปพลิเคชันและผ่านเสียงไซเรนได้เมื่อค่าปริมาณค่าออกซิเจนในน้ำเมื่อมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เพื่อลดปัญหาการเจริญเติบโตช้าและลดอัตราการน็อคน้ำตายของปลาที่เลี้ยงในกระชังได้

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

ไชยพล กลิ่นจันทร์^{1*} ปัญญชลิ เต่าทอง²

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี^{1*2}

อีเมลล์ : Punchalee.t@lawasri.tru.ac.th ^{1*}

วันที่รับบทความ 4 เมษายน 2569

วันแก้ไขบทความ 23 มิถุนายน 2569

วันที่ตอบรับบทความ 25 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. พัฒนาระบบสารสนเทศในรูปแบบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่แสดงผลร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) เพื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม 2. ประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี 3. ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น การพัฒนาระบบสารสนเทศใช้หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามวงจรการพัฒนา (SDLC) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มชาติพันธุ์ จำนวน 20 คน 2) นักท่องเที่ยวผู้ใช้งานระบบ จำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น แบบประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า 1) ข้อมูลกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรีทั้ง 4 กลุ่ม มีอัตลักษณ์ที่โดดเด่นและได้รับการจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลสารสนเทศที่ถูกต้องและทันสมัย ได้จำนวนแหล่งท่องเที่ยวของกลุ่มชาติพันธุ์ที่ได้ทำการสร้างสัญลักษณ์ระบุตำแหน่งตรวจจับภาพ (AR Marker) จำนวน 25 แห่ง 2) ระบบสารสนเทศมีประสิทธิภาพโดยรวมจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.22, S.D. = 0.66) และ 3) นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.21, S.D. = 0.61) สรุปได้ว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างประสบการณ์การรับรู้เชิงลึกและทำหน้าที่เป็นเครื่องมือนวัตกรรมดิจิทัลในการอนุรักษ์มรดกวัฒนธรรมและขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

The Development of an information system for cultural tourism using augmented reality technology for ethnic communities in Lopburi Province

Chaiyapol Klinchan^{1*}, Punchalee Taothong²

Faculty of Information Technology Thepsatri Rajabhat University ^{1*,2}

E – mail : Punchalee.t@lawasri.tru.ac.th ^{1*}

Received 4 April 2026

Revised 23 June 2026

Accepted 25 June 2026

Abstract

This research aims to 1. Develop a mobile application-based information system using augmented reality (AR) technology to present cultural tourist attractions; 2. Evaluate the effectiveness of the augmented reality-based cultural tourism information system for ethnic communities in Lopburi Province; and 3. Study user satisfaction with the developed information system. The information system development utilized the Systems Development Life Cycle (SDLC) principles. The research sample consisted of two groups: 1) 20 members of ethnic groups, and 2) 100 tourists using the system. The research instruments included the developed information system, an information system effectiveness evaluation form, and a user satisfaction questionnaire. Statistical analysis included percentages, means ($\bar{X}$), and standard deviations (S.D.). The research findings showed that: 1) The information on the four ethnic groups in Lopburi Province possesses distinctive identities and has been compiled into an accurate and up-to-date information database. The results show that: 1) 25 ethnic group tourist attractions have been equipped with augmented reality (AR) markers; 2) The information system has an overall high efficiency rating, as assessed by 5 experts ($\bar{X}$ =4.22, S.D.=0.66); and 3) Tourists' overall satisfaction with the system is also high ($\bar{X}$ =4.21, S.D.=0.61). In conclusion, the developed information system is effective, capable of creating immersive sensory experiences, and serves as a digital innovation tool for preserving cultural heritage and driving sustainable grassroots economic development.

Keywords: Information systems, cultural tourism destinations, augmented reality technology

1. บทนำ

จังหวัดลพบุรีมีประวัติศาสตร์ยาวนานและเป็นพื้นที่ ที่มีผู้คนอาศัยมาตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ มีความเจริญรุ่งเรืองทางศิลปวัฒนธรรมมาหลายสมัย และมีความหลากหลายทางศิลปวัฒนธรรมที่แตกต่างกันไปตามกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีอัตลักษณ์โดดเด่น เช่น กลุ่มไทยเบิ้ง, ลาวแง้ว, มอญ, ไทยพวน และจีน (วนิดา ทรงศิริ, 2559) การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นในประเทศไทย จากรายงานของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยปี พ.ศ.2566 และกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา พ.ศ.2567 พบว่าการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นเศรษฐกิจ และประเทศไทยเว็บไซต์ U.S. News & World Report ได้ประกาศรายชื่อการจัดอันดับ “ประเทศที่ร่ำรวยมรดกทางวัฒนธรรมมากที่สุดในโลก” ประจำปี 2567 ประเทศไทยคว้าอันดับที่ 8 ในการจัดอันดับ ที่ศิลปะและวัฒนธรรมโบราณเข้ากับความสำเร็จทันสมัยของเมือง มีรากฐานทางประวัติศาสตร์ มาอย่างยาวนาน พร้อมแหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์และภูมิศาสตร์อันหลากหลาย รัฐบาลให้ความสำคัญกับนโยบายในการขับเคลื่อน Soft Power สร้างเสน่ห์วิถีไทย ครองใจคนทั้งโลก (กรมประชาสัมพันธ์, 2567) โดยกระทรวงวัฒนธรรม ได้ประกาศยกระดับเทศกาลประเพณีไปสู่ระดับชาติและนานาชาติ โดยนำวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นมาต่อยอดในการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ (กุลธิดา สมศรี, 2567)

ซึ่งในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีการนำระบบสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องและมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อแหล่งท่องเที่ยวในหลายมิติ ตั้งแต่การบริหารจัดการพื้นที่ การยกระดับประสบการณ์ของนักท่องเที่ยว ไปจนถึงการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในชุมชน ในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม จากการวิเคราะห์ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2566) และข้อค้นพบจากงานวิจัยของ ฉลองศรี พิมลสมพงศ์ (2566) บ่งชี้ว่าการยกระดับเศรษฐกิจท้องถิ่นผ่านอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวจำเป็นต้องอาศัยการพัฒนาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างเป็นระบบ การบูรณาการแพลตฟอร์มดิจิทัลและระบบสารสนเทศที่ทันสมัยจึงถือเป็นกลไกสำคัญในการสร้างจุดเชื่อมโยงระหว่างความต้องการของนักท่องเที่ยวกับวิถีชีวิตและภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเป็นมรดกทางวัฒนธรรมดิจิทัล(Digital heritage) โดยมีการสร้างพิพิธภัณฑ์และโบราณสถานเสมือนจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่การขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากและการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมได้อย่างยั่งยืน

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจหรือการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว จึงมีความสำคัญอดุล ทองแกมและคณะ (2568) ได้พบว่านักท่องเที่ยวมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ความพึงพอใจต่อการให้บริการและการกระจายรายได้ไปยังผู้ประกอบการในท้องถิ่น สะท้อนให้เห็นว่าแพลตฟอร์มดิจิทัลสามารถเป็นกลไกสำคัญในการกระตุ้นเศรษฐกิจในระดับชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรมแพลตฟอร์มสามารถส่งผลกระทบเชิงบวกต่อการท่องเที่ยวในพื้นที่ได้จริง ปณิธิ แก้วสวัสดิ์ (2565) ได้แสดงการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวหากนักท่องเที่ยว มีการสืบค้นข้อมูลก่อนเพื่อช่วยตัดสินใจโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน โดยมีการยอมรับการใช้งานความจริงเสมือนผ่านรูปแบบต่าง ๆ เช่น สื่อแผ่นพับ แอปพลิเคชัน เว็บไซต์ โดยทำงานร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และแอปพลิเคชันที่ใช้ในการรับชมข้อมูลประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้และเกิดความสนใจในแหล่ง

อย่างไรก็ตาม พบว่างานวิจัยการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมนั้น มุ่งเน้นการพัฒนาระบบสำหรับแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ขนาดใหญ่หรือแหล่งเรียนรู้ทางวัฒนธรรมในเขตเมือง เช่น งานของกนกกาญจน์ เสน่ห์ นเมหุต (2568) ศึกษาการพัฒนาและส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมที่พระราชวังจันทน์และชุมชนสระสองห้องแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลก โดยเมื่อนักท่องเที่ยวเดินทางไปยังสถานที่จริง หากต้องการศึกษาข้อมูลเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และวิถีชีวิต ผ่านการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์และความจริงเสมือนเพื่อสร้างระบบที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถ เรียนรู้และเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและเสมือนจริง ช่วยเพิ่มการรับรู้และความเข้าใจในคุณค่าของมรดกทางวัฒนธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ในบริบทที่เหมาะสม ในด้านการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมและการส่งเสริมการท่องเที่ยวอัจฉริยะได้ และงานของอดุลย์ ทองแกมและคณะ (2568) ได้พัฒนา

แพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและเศรษฐกิจท้องถิ่น: กรณีศึกษาอุทยานประวัติศาสตร์ ภูพระบาท แหล่งมรดกโลก จังหวัดอุดรธานี จะเห็นได้ว่ายังขาดการศึกษาที่บูรณาการการสืบค้นและสังเคราะห์ อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในระดับท้องถิ่นอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดลพบุรีซึ่งมี ชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ที่หลากหลายกระจายกันอยู่เป็นกลุ่มในหลายท้องที่ แต่ยังคงขาดสื่อดิจิทัลที่นำเสนอข้อมูล วัฒนธรรมและเข้าถึงได้ง่าย และสามารถประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่และตำแหน่งทางกายภาพของนักท่องเที่ยวได้ ทันทีแบบเวลาจริง (Real-time) เพื่อแสดงเนื้อหาข้อมูลวัฒนธรรมแบบ Immersive ซึ่งตอบสนองพฤติกรรม การท่องเที่ยวยุคดิจิทัลและสนับสนุนการอนุรักษ์มรดกวัฒนธรรม ประโยชน์ของระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนี้ยัง ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทาง การแสดงตารางกิจกรรม ประเพณี และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ แบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้และซึมซับคุณค่าทางวัฒนธรรม อันจะนำไปสู่การอนุรักษ์ ส่งเสริม การท่องเที่ยวในจังหวัดลพบุรี และขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 พัฒนาระบบสารสนเทศในรูปแบบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่แสดงผลร่วมกับเทคโนโลยี ความเป็นจริงเสริม (AR) เพื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

2.2 ประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริง เสริมสำหรับชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

2.3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มชาติพันธุ์ของ จังหวัดลพบุรี นำมาพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวของจังหวัดลพบุรี

3.1 เครื่องมือการวิจัย

3.1.1 แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview Guidelines) เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่ผู้วิจัย สร้างขึ้นเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน โดยมีประเด็นคำถามครอบคลุม อัตลักษณ์ทาง วัฒนธรรม วิถีชุมชน ภูมิปัญญาท้องถิ่น ประเพณี และแหล่งท่องเที่ยวสำคัญของ 4 กลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบเนื้อหาของระบบสารสนเทศ

3.1.2 ระบบสารสนเทศเพื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่น ระบบ ที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Application) โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR) ประเภท Marker Based เชื่อมต่อกับเว็บไซต์ ร่วมกับ Vuforia Engine เพื่อนำเสนอ แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

3.1.3 แบบประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศสำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบ คุณภาพของระบบด้วยวิธีการทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing) ครอบคลุมด้านเนื้อหา (Content) ด้าน เทคนิค และด้านการแสดงผลเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3.1.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ (สำหรับนักท่องเที่ยว) เป็นแบบสอบถาม ที่ใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจำนวน 100 คน เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แบบสอบถามดังกล่าวผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และมีค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือเท่ากับ 0.74 โดยเป็นแบบสอบถามจำนวน 3 ด้าน ดังนี้ ด้านคุณภาพของเนื้อหา ด้านการออกแบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องออกเป็น 2 กลุ่ม ตามขั้นตอนของกระบวนการวิจัยพัฒนาระบบ ดังนี้

3.2.1 ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพกลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจากกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีความรู้ด้านวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น จำนวน 20 คน ประกอบด้วย 4 กลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

3.2.2 ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจำนวน ประชากรคือจำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือนแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดลพบุรี จำนวน 125 คน โดยเป็นนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2565

3.2.3 กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานระบบ ได้แก่ นักท่องเที่ยวที่มาเยือนแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดลพบุรี มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คือ เป็นนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเที่ยวในพื้นที่ช่วงที่มีการเก็บข้อมูล มีสมาร์ทโฟนส่วนบุคคลที่รองรับการใช้งานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) และมีทักษะทางดิจิทัลที่มีความสามารถใช้งานระบบสารสนเทศได้ จากประชากร 125 คน มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จำนวน 100 คน โดยดำเนินการเก็บข้อมูลใน 4 สถานที่สำคัญของกลุ่มชาติพันธุ์

3.2.4 ผู้เชี่ยวชาญด้านประสิทธิภาพระบบที่ทำการประเมิน ประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จำนวน 5 คน แบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยวและวัฒนธรรม จำนวน 2 คน

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยและพัฒนาตามแนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) มี 5 ขั้นตอน (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2560 : 46-53) มาใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะหลัก ดังนี้

3.3.1 ระยะที่ 1 การศึกษาข้อมูลและสืบค้นอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรม เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาใช้เป็นเนื้อหาในระบบสารสนเทศ ซึ่งอยู่ในวงจรพัฒนาระบบขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ความต้องการของระบบ

3.3.1.1. การทบทวนวรรณกรรม ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม วิถีชีวิต และภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

3.3.1.2 การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ลงพื้นที่สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ซึ่งเป็นตัวแทนจาก 4 กลุ่มชาติพันธุ์ จำนวน 20 คน ได้แก่ กลุ่มชาติพันธุ์ลาวเงี้ยว (ตำบลหนองเมือง อำเภอบ้านหมี่) กลุ่มชาติพันธุ์ไทยพวน (ตำบลบ้านทราย อำเภอบ้านหมี่) กลุ่มชาติพันธุ์มอญ-บางขันหมาก (อำเภอเมืองลพบุรี) ชุมชนวัฒนธรรมไทยเบ็ญบ้านโคกสลุ (อำเภอพัฒนานิคม)

3.2.2 ระยะที่ 2 การออกแบบพัฒนาระบบสารสนเทศด้วยการวิเคราะห์ระบบที่จะพัฒนาและออกแบบระบบตามวงจรพัฒนาระบบขั้นตอนที่ 2 การออกแบบระบบ และขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ

3.2.2.1 วิเคราะห์ระบบที่พัฒนาจากข้อมูลเชิงคุณภาพในระยะที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูลแบบบูรณาการจากข้อมูลเชิงคุณภาพที่เก็บจากตัวแทน 4 กลุ่มชาติพันธุ์ ทั้งในส่วนการรับข้อมูลเข้าและส่วนการแสดงผลข้อมูล ตลอดจนองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง โดยจัดทำแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) เพื่อจำลองโครงสร้างเชิงตรรกะที่แสดงรายละเอียดการทำงานของระบบฐานข้อมูลอย่างครบถ้วนเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบงานจริงให้มีประสิทธิภาพ

3.2.2.2 การพัฒนาระบบ จากการค้นพบว่าข้อมูลกลุ่มชาติพันธุ์ของจังหวัดลพบุรียังไม่มีการรวบรวมจัดเก็บอย่างเป็นระบบและน่าสนใจ มีความสะดวกในการเข้าถึงจากแหล่งเรียนรู้เดียว ดังนั้นเพื่อเป็นการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและน่าสนใจผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile

Application) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สร้างสัญลักษณ์ระบุตำแหน่ง (Marker) หรือ AR Code การพัฒนาใช้โปรแกรมยูนิตี(Unity) ร่วมกับ Vuforia Engine และพัฒนาเว็บไซต์ (Web site) โดยประยุกต์ใช้ภาษา HTML5 เป็นเครื่องมือหลักในการกำหนดโครงสร้างและส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานร่วมกับภาษา PHP สำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ส่วนของการบริหารจัดการฐานข้อมูล ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL และเชื่อมต่อแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Application) โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR) ประเภท Marker Based เชื่อมต่อกับเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถแสดงข้อมูลสารสนเทศ แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่น ได้บนโทรศัพท์มือถืออย่างน่าสนใจและมองเห็นภาพจากแหล่งข้อมูลเป็นการรับรู้เชิงลึก

3.2.3 ระยะที่ 3 การประเมินผลและตรวจสอบคุณภาพระบบตามวงจรพัฒนาระบบขั้นตอนที่ 4 การทดสอบโปรแกรม และขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการบำรุงรักษาระบบ

3.2.3.1 นำระบบไปติดตั้งจากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ในด้านเนื้อหา เทคนิค และฟังก์ชันการใช้งาน นำมาปรับปรุงแก้ไขระบบตามคำแนะนำ ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.3.2 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ นำแบบสอบถามไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ

3.2.3.3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ นำระบบไปทดสอบใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวจำนวน 100 คน ในช่วงเดือนมกราคม 2565 ถึงเดือนมีนาคม 2565

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2560)

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 จากการสืบค้นข้อมูลวิถีชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี จากสัมภาษณ์เชิงลึกกับปราชญ์ชาวบ้านและผู้นำกลุ่มชาติพันธุ์จำนวน 20 ท่าน พร้อมทั้งสืบค้นจากเอกสารต่าง ๆ ผู้วิจัยสามารถรวบรวมข้อมูลที่เป็นอัตลักษณ์สำคัญของ 4 กลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี ได้แก่

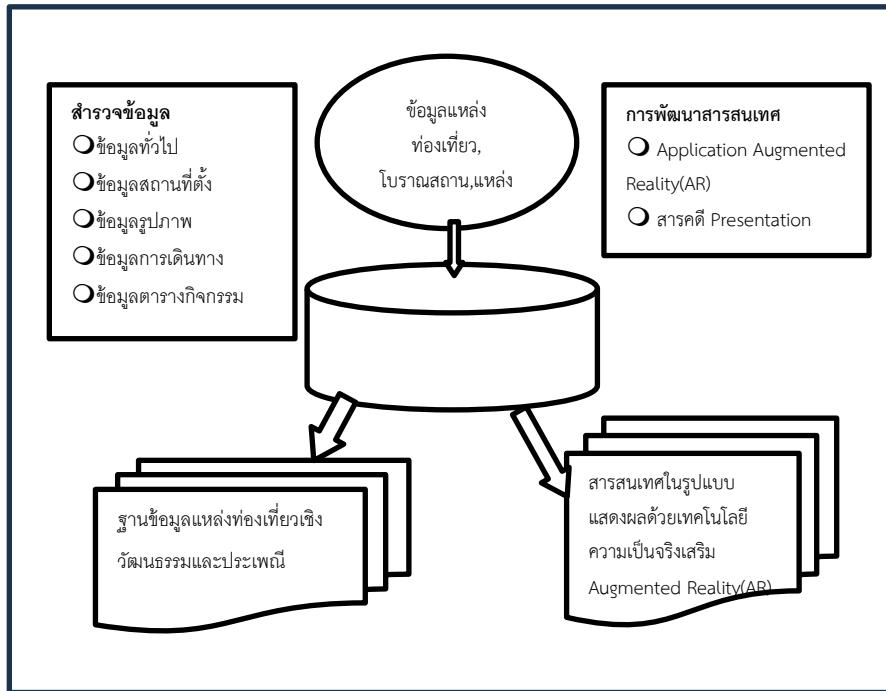
4.1.1 กลุ่มชาติพันธุ์ลาวแกว (ตำบลหนองเมือง อำเภอบ้านหมี่) ได้ข้อมูลด้านเกษตรกรรม งานจักสาน และการอนุรักษ์สืบสานประเพณี

4.1.2 กลุ่มชาติพันธุ์ไทยพวน (ตำบลบ้านทราย อำเภอบ้านหมี่) ได้ข้อมูลประเพณีเทศกาลและความยึดมั่นในพุทธศาสนา

4.1.3 กลุ่มชาติพันธุ์มอญ-บางขันหมาก (อำเภอเมืองลพบุรี) ได้ข้อมูลวัฒนธรรมมรดกน้ำและประเพณีของชาวมอญบางขันหมาก

4.1.4 ชุมชนวัฒนธรรมไทยเบ็ญบ้านโคกสูง (อำเภอพัฒนานิคม) ได้ข้อมูลวิถีชีวิตดั้งเดิมและวัฒนธรรมพื้นถิ่น จากข้อมูลที่ได้รวบรวมอันได้แก่ ประวัติสถานที่, พิกัดตำแหน่ง, ภาพถ่าย, และวิดีโอสารคดีที่ถ่ายทำจากเหตุการณ์จริง เพื่อนำไปจัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศที่มีความถูกต้องแม่นยำตามอัตลักษณ์ของชุมชน

4.2 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี โดยใช้รูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยระบบสารสนเทศได้ถูกจัดทำขึ้นในรูปแบบเว็บไซต์ที่เชื่อมต่อกับโมบายแอปพลิเคชันซึ่งสามารถใช้งานได้จากสมาร์ทโฟนระบบไอโอเอส (IOS) และแอนดรอยด์(Android) โดยในระบบประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ข้อมูลรูปภาพ กิจกรรม ปฏิทินการท่องเที่ยว และตำแหน่งสถานที่ และสารคดีนำเสนอแหล่งท่องเที่ยววัฒนธรรมและประเพณีแต่ละแห่ง



รูปที่ 1 แสดงแนวคิดของระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

จากรูปที่ 1 ระบบสารสนเทศมีกระบวนการในการสำรวจข้อมูลในด้านทั่วไป สถานที่ตั้งรูปภาพ การเดินทาง และข้อมูลกิจกรรมทางวัฒนธรรมต่าง ๆ ประกอบกับข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว โบราณสถานและวัฒนธรรมประเพณี และพัฒนาระบบสารสนเทศและใช้รูปแบบการนำเสนอด้วยความเป็นจริงเสริม จัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบ และพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเผยแพร่ข้อมูลโดยมีการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาช่วยในการเรียนรู้ให้เข้าถึงง่ายและมีความน่าสนใจ



รูปที่ 2 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศ

จากรูปที่ 2 ผลการพัฒนากระบบสารสนเทศ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นข้อมูลของกลุ่มชาติพันธุ์ 4 กลุ่ม ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ ข้อมูลภาพจิตรกรรมฝาผนังในจังหวัดลพบุรี และข้อมูลเส้นทางท่องเที่ยว โดยข้อมูลในระบบประกอบไปด้วย ข้อมูล 1. กลุ่มชาติพันธุ์ไทยพวน ตำบลบ้านทราย อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี 2. ชุมชนวัฒนธรรมไทยเบิ้ง บ้านโคกสูง ตำบลโคกสูง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี 3. กลุ่มชาติพันธุ์ลาวแง้ว ตำบลหนองเมือง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี 4. กลุ่มชาติพันธุ์มอญ ตำบลบางขันหมาก อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี และมีการแสดงข้อมูลของแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ในเรื่องของ อาหาร ประเพณี การแต่งกาย เส้นทางท่องเที่ยว



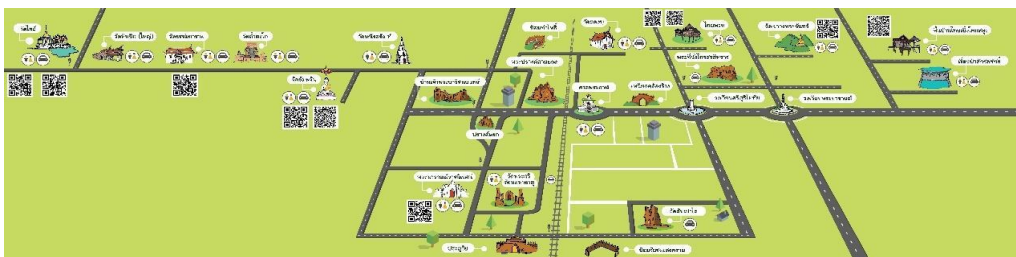
รูปที่ 3 ข้อมูลในระบบสารสนเทศ

จากรูปที่ 3 มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเพณีและการละเล่นของแต่ละชาติพันธุ์ อาหารและวัฒนธรรม ตารางกิจกรรม ตำแหน่งและเส้นทางท่องเที่ยว เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการท่องเที่ยวและเรียนรู้วัฒนธรรมจากแหล่งท่องเที่ยวของชาติพันธุ์



รูปที่ 4 แสดงภาพมาร์คเกอร์บนแผนที่ของระบบสารสนเทศ

จากรูปที่ 4 แสดงตัวอย่างภาพมาร์คเกอร์และการใช้กล้องสแกน MR Code หรือมาร์คเกอร์ (marker) ด้วยการนำสมาร์ตโฟนเพื่อเข้าใช้งานระบบในส่วนที่สนใจเรียนรู้แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมต่างๆ สร้างมาร์คเกอร์และเชื่อมโยงข้อมูลกับภาพ และสารคดีท่องเที่ยว ด้วยโปรแกรมยูนิตี้(Unity) ให้แสดงข้อมูลผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง ในรูปแบบโมบายแอปพลิเคชันและสร้าง AR Code ในแผนที่ของระบบสารสนเทศ จำนวน 25 แห่ง



รูปที่ 5 แสดงแผนที่และมาร์คเกอร์ของระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR)

จากรูปที่ 5 แสดงแผนภาพรวมแหล่งเรียนรู้ทั้งหมดของกลุ่มชาติพันธุ์ทั้ง 4 กลุ่ม โดยเป็นแผนภาพที่แสดงมาร์คเกอร์จำนวน 25 แห่ง และแสดงแหล่งที่ตั้งตามสถานที่จริงของแหล่งเรียนรู้เสมือนเป็นแผนที่แสดงข้อมูลเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวตามแหล่งเรียนรู้เชิงวัฒนธรรมในรูปแบบด้วยการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเข้ามาช่วยให้การท่องเที่ยวดูน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านการออกแบบและส่วนติดต่อผู้ใช้			
1.1 ความเหมาะสมในการเลือกใช้นาฬิกาตัวอักษรบนจอภาพ	4.12	0.45	มาก
1.2 ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4.12	0.45	มาก
1.3 ความเหมาะสมในการใช้ข้อความ สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ	4.20	0.84	มาก
1.4 ความเหมาะสมในการจัดวางองค์ประกอบของจอภาพ	4.10	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.14	0.57	มาก
2. ด้านประสิทธิภาพและการทำงานของระบบ			
2.1 ความง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้งานทั่วไป	4.32	1.02	มาก
2.2 เวลาในการโหลดข้อมูลในการนำเสนอข้อมูลและสื่อต่างๆ	3.91	0.54	มาก
2.3 ความถูกต้องของระบบกับการเชื่อมโยงข้อมูล	4.20	0.64	มาก
2.4 ความเหมาะสมในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล	3.90	0.63	มาก
2.5 ความแม่นยำในการตรวจจับมาร์คเกอร์	4.20	0.54	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.10	0.67	มาก
3. ด้านเนื้อหาและคุณค่าทางการท่องเที่ยว			
3.1 ความเหมาะสมของข้อมูลและระบบสารสนเทศที่นำเสนอ	3.89	1.02	มาก
3.2 ความถูกต้องและความทันสมัยของระบบสารสนเทศ	4.53	0.85	มากที่สุด
3.3 ระบบมีการนำเสนอสื่อสารสนเทศที่หลากหลาย	4.52	0.53	มากที่สุด
3.4 ความมีคุณค่าของสื่อสารสนเทศที่นำเสนอ	4.30	0.84	มาก
3.5 ระบบสามารถช่วยในการเลือกแหล่งท่องเที่ยวที่ต้องการได้	4.61	0.64	มากที่สุด
รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
3.6 ระบบสามารถใช้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวได้	4.52	0.53	มากที่สุด
3.7 ระบบสามารถช่วยตัดสินใจในการท่องเที่ยว	4.00	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.34	0.71	มาก
โดยรวม	4.22	0.66	มาก

จากตารางที่ 1 จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบเพื่อทดสอบระบบว่าสามารถใช้งานได้ตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ การศึกษาวิจัยพบว่า ระบบสารสนเทศเพื่อนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชน และภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี โดยใช้รูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีประสิทธิภาพในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.22$, S.D.=0.66) ด้านเนื้อหาและคุณค่าทางการ

ท่องเที่ยว ได้รับการประเมินสูงที่สุดในระดับมาก ($\bar{X} = 4.34$) โดยเฉพาะในประเด็นความสามารถของระบบในการช่วยเลือกแหล่งท่องเที่ยวตามความต้องการ ($\bar{X} = 4.61$) และความถูกต้องทันสมัยของข้อมูล ($\bar{X} = 4.53$) ซึ่งถือเป็นจุดแข็งสำคัญที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและส่งเสริมการท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ ด้านการออกแบบและส่วนติดต่อผู้ใช้ และด้านประสิทธิภาพและการทำงานของระบบ อยู่ในระดับมาก เช่นกัน ($\bar{X} = 4.14$ และ 4.08 ตามลำดับ) สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบองค์ประกอบภาพและการเลือกใช้สีมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตาม แม้ระบบจะมีความปลอดภัยและให้ความรวดเร็วในระดับที่ดี แต่ควรให้ความสำคัญกับการรักษาความเสถียรและความรวดเร็วในการนำเสนอสื่อให้ดียิ่งขึ้นเพื่อยกระดับประสบการณ์ของผู้ใช้งานให้ครอบคลุมในทุกมิติ

ผลการวิจัยยืนยันว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงในการเป็นเครื่องมือดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์และเผยแพร่วัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ ควบคู่ไปกับการกระตุ้นเศรษฐกิจการท่องเที่ยวในจังหวัดลพบุรีได้อย่างเป็นรูปธรรม

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ จำนวน 100 คน

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านคุณภาพของเนื้อหา			
1.1 ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมถูกต้องและทันสมัย	4.53	0.54	มากที่สุด
1.2 สื่อสารคดีมีความถูกต้องสวยงาม	4.60	0.50	มากที่สุด
1.3 หน้าจอมีคำอธิบายข้อมูลประกอบเพียงพอ	4.01	0.68	มาก
1.4 ระบบสามารถช่วยให้เข้าใจวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นได้	4.35	0.61	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.37	0.58	มาก
2. ด้านการออกแบบ			
2.1 รูปแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลเหมาะสม	4.20	0.65	มาก
2.2 การจัดวางองค์ประกอบภายในหน้าจอมีความเหมาะสม	4.12	0.59	มาก
2.3 มีการอธิบายหน้าที่ของฟังก์ชันการทำงานได้อย่างชัดเจน	4.10	0.62	มาก
2.4 ระบบมารถใช้งานได้ง่ายส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยว	3.82	0.74	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.06	0.65	มาก
3. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์			
3.1 ระบบโดยรวมสามารถใช้งานได้ง่าย ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยว	4.20	0.49	มาก
3.2 ระบบมีความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล	3.98	0.72	มาก
3.3 ระบบมีความเสถียรในการใช้งาน	3.90	0.70	มาก
3.4 ระบบสามารถช่วยในการเลือกวันเวลาในการท่องเที่ยว	4.12	0.62	มาก
3.5 ระบบสามารถช่วยในการเลือกแหล่งท่องเที่ยวที่ต้องการได้	4.15	0.59	มาก
3.6 ระบบสามารถใช้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวได้	4.61	0.50	มากที่สุด
3.7 ระบบสามารถช่วยตัดสินใจในการท่องเที่ยวได้	4.53	0.59	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.21	0.61	มาก
โดยรวม	4.21	0.61	มาก

จากตารางที่ 2 จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศในตารางที่ 2 พบว่าในภาพรวม ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านคุณภาพของเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{X} = 4.37$) โดยเฉพาะในส่วนของสื่อสารคดีที่มีความถูกต้องสวยงาม ($\bar{X} = 4.60$) และความถูกต้องทันสมัยของข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ($\bar{X} = 4.53$) ระบบสามารถนำเสนอคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับด้านการนำไปใช้ประโยชน์ และด้านการออกแบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.21$ และ 4.06 ตามลำดับ) โดยในเรื่องการใช้ระบบเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว ($\bar{X} = 4.61$) และการช่วยตัดสินใจในการท่องเที่ยว ($\bar{X} = 4.53$) มีคะแนนอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงถึงระบบสารสนเทศที่มีการนำเอาเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการใช้งานระบบ สามารถช่วยสนับสนุนข้อมูลในการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามพบว่าระบบโดยรวมจะใช้งานได้ง่าย แต่ประเด็นด้านการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยว ($\bar{X} = 3.82$ $\bar{X}$) และความเสถียรของระบบ ($\bar{X} = 3.90$) ยังเป็นส่วนที่มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างน้อยกว่าข้ออื่น ซึ่งเกิดจากเป็นจุดที่ควรพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้กับระบบให้ดียิ่งขึ้น

ผลความพึงพอใจในมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงทั้งสองตาราง ยืนยันว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นบรรลุวัตถุประสงค์ในการนำเสนอแหล่งท่องเที่ยว ช่วยอนุรักษ์และเผยแพร่ชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ ช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดลพบุรีได้โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน โดยช่วยเพิ่มระดับการรับรู้ข้อมูลทางวัฒนธรรมผ่านการเรียนรู้แบบเต็มตัว ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้จะเป็นรากฐานสำคัญในการส่งเสริมการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมและสร้างรายได้ให้แก่กลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรีอย่างยั่งยืนต่อไป และการประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศจากตารางที่ 1 และการประเมินความพึงพอใจของระบบในตารางที่ 2 นั้น ผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ มีผลเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากทั้ง 2 ตารางอันแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศที่ได้พัฒนาขึ้น

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การวิจัยนี้ได้พัฒนาและออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี

5.1 จากการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรีนั้นระบบสามารถแสดงข้อมูลเชิงลึกที่ผ่านการรวบรวมและสังเคราะห์เกี่ยวกับวิถีชีวิตและภูมิปัญญาของกลุ่มชาติพันธุ์ทั้ง 4 กลุ่มในจังหวัดลพบุรี โดยมีความเป็นมา ประเพณีดั้งเดิม และอัตลักษณ์เฉพาะตัวของแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ ข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่น อาหารพื้นบ้าน การแต่งกายพื้นเมือง งานหัตถกรรม และการแสดงทางวัฒนธรรมที่หาชมได้ยาก นักท่องเที่ยวสามารถสืบค้นและเข้าถึงข้อมูลเชิงพื้นที่เช่นเส้นทางการท่องเที่ยว ตารางกิจกรรมและประเพณี โดยการใช้กระบวนการออกแบบและพัฒนาระบบ (SDLC) และได้นำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการสร้างความน่าสนใจในการสนับสนุนการท่องเที่ยวมากยิ่งขึ้น สร้างแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ประเภท Marker Based เชื่อมต่อกับเว็บไซต์ระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถแสดงข้อมูลสารสนเทศ แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างเป็นระบบ ทำให้มีแหล่งข้อมูลของกลุ่มชาติพันธุ์ของจังหวัดลพบุรีที่ถูกรวบรวมไว้และเข้าถึงได้ง่าย และยังสร้างความสนใจมากยิ่งขึ้นด้วยการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาเป็นส่วนสร้างความน่าสนใจ ดังเช่นงานวิจัยของ Chanpum et al. (2023) ที่พัฒนาแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสริม สำหรับนำเสนอข้อมูลมรดกวัฒนธรรมไทยผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟน โดยพบว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถกระตุ้นประสบการณ์ที่จดจำและเหมาะสมกับการเรียนรู้เชิงโต้ตอบ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับแผ่นพับแบบเดิม ช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย รวดเร็ว และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ให้กับนักท่องเที่ยวในยุคดิจิทัล เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Numtip Trakulmaykee et al. (2025) ที่พัฒนาแอปพลิเคชัน

AR สำหรับเส้นทาง Street Art จังหวัดสงขลา โดยพบว่าผู้ใช้ให้ความพึงพอใจสูงในด้านความง่ายในการใช้งาน ความสนุก และสร้างประสบการณ์ที่ดื่มด่ำ ซึ่งตรงกับประเด็นที่ระบบสารสนเทศที่ได้พัฒนาที่มุ่งเน้นในด้านการเข้าถึงข้อมูล วัฒนธรรมของกลุ่มชาติพันธุ์ผ่านอุปกรณ์มือถือที่ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาช่วยให้ระบบสารสนเทศน่าสนใจมากขึ้น สนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าระดับความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.22 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ให้ความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของการทำงานของระบบ ระบบสามารถช่วยเลือกแหล่งท่องเที่ยวได้ตรงตามความต้องการค่าเฉลี่ย 4.61 และค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.64 และระบบใช้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวได้ มีค่าเฉลี่ย 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 แต่พบว่าความเร็วในการนำเสนอข้อมูลและสื่อต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ย 3.91 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.54 แสดงถึงระบบใช้ระยะเวลาในการโหลดข้อมูลเพื่อนำเสนอข้อมูลและสื่อนานเกินไป แต่จากการที่ระบบช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวนั้นเพราะมีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาช่วยสร้างความน่าสนใจในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลและยังช่วยสร้างโอกาสให้นักท่องเที่ยวได้ลองเข้าชม สํารวจผ่านระบบความเป็นจริงเสริม เพื่อช่วยตัดสินใจในการเลือกแหล่งท่องเที่ยวที่กำลังจะเดินทางไปท่องเที่ยวว่าตรงกับความต้องการของตนเองหรือไม่ซึ่งเป็นจุดเด่นของระบบสารสนเทศนี้ โดยกนกกาญจน์ เสน่ห์ นมะหุต และคณะ (2025) ที่ชี้ว่าความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) กับการเรียนรู้วัฒนธรรมช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยว โดย AR ทำหน้าที่เป็นสื่อที่น่าสนใจ ถ่ายทอดเรื่องราวประวัติศาสตร์ให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นผลการวิจัยพบว่า AR ช่วยเพิ่มการรับรู้ข้อมูลและความเข้าใจในประวัติศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สนับสนุนการท่องเที่ยวให้กับนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ โดยการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบมัลติมีเดีย เช่น เสียงบรรยาย วัตถุโบราณจำลอง และภาพสถาปัตยกรรม 3 มิติ ซึ่งช่วยอธิบายเนื้อหาที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น โดยเฉพาะในด้าน การสนับสนุนการตัดสินใจและความถูกต้องของข้อมูล เทคโนโลยี AR สามารถนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวได้อย่างมีมิติและสร้างประสบการณ์ใหม่ที่ที่น่าสนใจให้นักท่องเที่ยวได้จริง ช่วยให้ข้อมูลการท่องเที่ยวมีความน่าสนใจและเข้าถึงได้ง่ายขึ้นผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ส่วนบุคคล และแสดงถึงระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วย

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบสารสนเทศ พบว่าอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวม 4.23 โดยเฉพาะด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยวมีค่าเฉลี่ย 4.61 และความถูกต้องของข้อมูลมีค่าเฉลี่ย 4.53 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี AR มีบทบาทสำคัญในการช่วยตัดสินใจวางแผนการเดินทาง และเพิ่มความมั่นใจให้กับนักท่องเที่ยวให้มีการตัดสินใจในการเดินทางท่องเที่ยวและสามารถใช้งานได้ง่าย ช่วยให้อยากเดินทางท่องเที่ยวและส่งเสริมการท่องเที่ยว เมื่อเห็นสถานที่จากแอปพลิเคชันทำให้เกิดการเรียนรู้และช่วยตัดสินใจในการเดินทางไปท่องเที่ยวได้อย่างสนุก และแม่นยำมากยิ่งขึ้นใช้ประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการท่องเที่ยว โดยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาโดย Aziz at al. (2024). ที่พัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมวัฒนธรรมใน ชายแดนไทย-มาเลเซีย พบว่าผู้ใช้งานประเมินว่าแอปพลิเคชันสามารถช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวได้จริง ใช้งานง่าย และมีข้อมูลที่ถูกต้องทันสมัย สร้างประสบการณ์แบบดื่มด่ำ ซึ่งไม่เพียงแต่จะช่วยให้การท่องเที่ยวหลังสถานการณ์โรคระบาด แต่ยังช่วยเชื่อมความสัมพันธ์และส่งเสริมการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมระหว่างประเทศไทยและมาเลเซียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนาต่อเนื่องในส่วนของความเสถียรของระบบและการนำทางที่สะดวกขึ้นเมื่อเกิดปัญหาขัดข้อง ควรศึกษาและแก้ไขปัญหาคำถามไม่คุ้นชินของผู้ใช้กับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

6.2 เพิ่มช่องทางการพัฒนาให้ระบบการนำทางที่ใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น หรือการเพิ่มฟีเจอร์การซื้อขายสินค้า

ออนไลน์ (E-commerce) เพื่อช่วยเศรษฐกิจชุมชน

6.3 ใช้เทคโนโลยี AI Recommendation แนะนำเส้นทางท่องเที่ยว GIS Integration เชื่อมข้อมูลแผนที่การท่องเที่ยวที่ตรงกับความสนใจของคุณ โดยวิเคราะห์จากประวัติพฤติกรรมและความชอบส่วนบุคคล

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อนำเสนอและช่วยตัดสินใจในการเดินทางแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม วิถีชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดลพบุรี โดยใช้รูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงร่วมกับการอ้างอิงตำแหน่ง ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยและกลุ่มชาติพันธุ์ทุกกลุ่ม ผู้ที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

กนกกาญจน์ เสน่ห์ นมะหุด, เกษวดี พุทธิภูมิพิทักษ์, และจักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะหุด. (2568). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันความจริงเสริม (AR) เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม.

วารสารบริหารธุรกิจบูรพา. 14(1) : 1-23.

กรมประชาสัมพันธ์. (2567). Soft Power วัฒนธรรมไทยดั่งระดับนานาชาติ ไทยติดอันดับ 8 ของโลก ประเทศที่ร่ำรวยมรดกทางวัฒนธรรมมากที่สุดในโลก ปี 2567.

<https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/id/39/iid/336686>

กุลธิดา สมศรี. (2567). วัฒนธรรม เศรษฐกิจ Soft Power: บทบาทกระทรวงวัฒนธรรมในการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจด้วย Soft Power. สำนักงบประมาณของรัฐบาลสำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.

https://www.parliament.go.th/assets/portals/82/news/1491/1_1491.pdf

ฉลองศรี พิมลสมพงศ์. (2566). ระบบการท่องเที่ยว:สู่การเป็นอุตสาหกรรม. วารสารเทคโนโลยีภาคใต้, 16(1), 135-148.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2560). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
ปณิธิ แก้วสวัสดิ์. (2565). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เพื่อการท่องเที่ยวในจังหวัดเพชรบุรีด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม. วารสารวิชาการ DEC JOURNAL. 1(1), 50-75.

วนิดา ทรงศิริ. (2559). ลาวในเมืองไทย กลุ่มชาติพันธุ์ที่คลุมเครือ. <https://lek-prapai.org/home/view.php?id=790>

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจและสังคมสืบค้นจาก <https://www.nesdc.go.th>

อดุลย์ ทองแกม, วิชาญ แสนปาง, ปณิษฐา พรธณวิเชียร, สำเริง นนศิริ, กิตติกรณ์ หนองหารพิทักษ์, และวศิน หาสอดส่อง. (2568). การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและเศรษฐกิจท้องถิ่น: กรณีศึกษาอุทยานประวัติศาสตร์ภูพระบาท แหล่งมรดกโลก จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิชาการวิทยาลัยสันตพล, 11(2), 184-195.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

Aziz, N.,Hamzah, S.S., Ahmad, S.Z., Matcha, W., Binsaleh, S. (2024). Augmented Reality Mobile Application for Promoting Culture and Heritage in Thailand and Malaysia: The Prototype Development and Heuristic Evaluation. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*,18(14), 72-89.
<https://doi.org/10.3991/ijim.v18i14.48381>

- Chanpum, P., Maneechotpeeti, P., and Laksanaboonsong, J. (2022). "Augmented Reality Mobile Application for Thailand's Heritage Tourism Promotion." in *Proc. IEEE Int. Conf. Cybern. Intell. Syst. (CIS) & IEEE Int. Conf. Robot. Autom. Mechatronics (RAM)*, 162-167, doi: 10.1109/CIS-RAM54341.2022.9904229.
- Likert, R. (1967). *The human organization: Its management and value*. New York: McGraw – Hill.
- Sirisawat, T., Wongphacha, L., & Sirisawat, A. (2023). *The development of augmented reality (AR) to present tourist information of Ban Tharua Nawa District Nakhonphanom Province*. (Preprint No. 10860). EasyChair.
- Trakulmaykee, N., Pratan, T., Hnuchek, K., & Dittavichai, R. (2025). Augmented reality of street art route for tourism, Thailand. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 58(1), 257–265. <https://doi.org/10.30892/gtg.58122-1407>

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้นำเสนอนวัตกรรมการบูรณาการเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) กับระบบสารสนเทศเพื่อการอนุรักษ์มรดกวัฒนธรรมชาติพันธุ์ในลพบุรี โดยประยุกต์ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบและวงจรการพัฒนาระบบ สร้างฐานข้อมูลดิจิทัลที่บันทึกอัตลักษณ์และภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างแม่นยำ ผลการศึกษาสะท้อนประสิทธิภาพของ AR ในการยกระดับประสบการณ์การเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่

ดวงทิพย์ รัษฎา¹ ญาณพัฒน์ ลาภพาณิชย์กุล^{2*}

สาขาวิชาเทคโนโลยีมีลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี^{1 2*}

อีเมล : yanapat.l@lawasri.tru.ac.th^{2*}

วันที่รับบทความ 6 กุมภาพันธ์ 2569

วันแก้ไขบทความ 4 เมษายน 2569

วันตอบรับบทความ 17 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบกรอบแนวคิดและสถาปัตยกรรมของระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศสำหรับการจัดการและการแสดงผลข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ 2) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศที่รองรับการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม และสามารถจัดการข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวผ่านระบบหลังบ้านได้อย่างต่อเนื่อง และ 3) ทดสอบการทำงานของระบบและประเมินความเหมาะสมของระบบในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา โดยประยุกต์แนวคิดด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการออกแบบระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ ผ่านกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์และการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ งานวิจัยใช้แนวทางการวิจัยเชิงพัฒนา โดยดำเนินการตั้งแต่การกำหนดกรอบแนวคิดเชิงระบบ การออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ Client-Server พัฒนาด้วยภาษา JavaScript ร่วมกับเฟรมเวิร์ค React สำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้ และใช้ Node.js ร่วมกับฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS สำหรับระบบหลังบ้าน และการทดสอบการทำงานของระบบในเชิงวิศวกรรม ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวบนแผนที่เชิงโต้ตอบ รองรับการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม และสามารถจัดการข้อมูลผ่านระบบหลังบ้านได้อย่างต่อเนื่อง

ผลการทดสอบการทำงานของระบบพบว่าฟังก์ชันหลักทั้งหมดสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ และมีเวลาในการโหลดและแสดงผลข้อมูลอยู่ภายในเกณฑ์ที่กำหนดไม่เกิน 5 วินาที นอกจากนี้ ระบบสามารถรองรับการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ประมาณ 50 จุดได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดความล่าช้า การประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจริงจำนวน 65 คน โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ พบว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.71, S.D. = 0.49) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา

คำสำคัญ : เว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การท่องเที่ยวเชิงพื้นที่
การพัฒนากระบวนสารสนเทศ



Development of a Geographic Information Web Application to Support Access to Tourism Information in the Study Area

Duangthip Rubporndee¹, Yanapat Lappanitchyakul^{2*}

Multimedia Technology Faculty of Information Technology Thepsatri Rajabhat University^{1,2*}

E – mail : yanapat.l@lawasri.tru.ac.th ^{2*}

Received 6 February 2026

Revised 4 April 2026

Accepted 17 April 2026

Abstract

This research aims to: 1) design a conceptual framework and system architecture for a geospatial web application for systematic management and display of spatial tourism data; 2) develop a cross-platform geospatial web application capable of continuous tourism data management via a back-end system; and 3) test the system performance and evaluate its suitability for practical implementation within the study area. The study applies computer engineering principles and spatial information system design through software architecture design and relational database management integrated with spatial data. Adopting a Research and Development (R&D) approach, the study encompasses system conceptualization, client-server architecture design, and web application development using JavaScript with the React framework for the user interface, and Node.js with PostgreSQL/PostGIS for the back-end system, followed by engineering performance testing. The developed system features interactive map displays for tourist attractions, supports cross-platform compatibility, and enables seamless data management through a back-end administrative system.

The system performance evaluation revealed that all core functions operated correctly as designed, with map loading and information display times within the specified threshold of no more than 5 seconds. In addition, the system was able to continuously handle and display approximately 50 spatial locations without performance degradation. User satisfaction was evaluated using a five-point Likert scale questionnaire with 65 participants. The results indicated a very high level of overall satisfaction, with a mean score of 4.71 and a standard deviation of 0.49. These findings demonstrate that the developed geographic information web application is effective and suitable for real-world deployment in the study area.

Keywords : Geographic Information Web Application, Geographic Information System, Spatial Tourism, Information System Development

1. บทนำ

ปัจจุบันการจัดการข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในระดับพื้นที่ยังคงประสบปัญหาด้านโครงสร้างระบบและการบูรณาการข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีแหล่งท่องเที่ยวจำนวนมากแต่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายสารสนเทศ ส่งผลให้ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวกระจุกกระจาย ขาดความเชื่อมโยงเชิงพื้นที่ และไม่สามารถเข้าถึงได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ปัญหาดังกล่าวทำให้การตัดสินใจเดินทางของนักท่องเที่ยวอาศัยข้อมูลเพียงบางส่วน และลดโอกาสในการรับรู้แหล่งท่องเที่ยวรองหรือกิจกรรมในพื้นที่ใกล้เคียงจากมุมมองเชิงวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ปัญหานี้สะท้อนถึงการขาดระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศที่มีการออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ การจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ และกลไกการปรับปรุงข้อมูลแบบเป็นระบบเพื่อรองรับการใช้งานจริงในระดับพื้นที่ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อกรกระจายรายได้สู่ชุมชนฐานรากที่ไม่ใช่แหล่งท่องเที่ยวหลัก ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีนี้จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนเพื่อใช้เป็นเครื่องมือดิจิทัลในการเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันและสร้างความเท่าเทียมในการเข้าถึงข้อมูลให้กับทุกภาคส่วนในสังคม

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว พบว่า พรพิมล สมหมาย และคณะ (2568) มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาเป็นเครื่องมือหลักในการจัดการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพและเสนอเส้นทางท่องเที่ยวเชิงนิเวศและวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช และ นาสุดา วงษ์บุญงาม และคณะ (2566) เสนอการจัดการฐานข้อมูลท่องเที่ยวชุมชนแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งสอดคล้องกับที่ Šoltésová, M. et al. (2025) นำเสนอการประยุกต์ใช้โปรแกรม QGIS เพื่อวางแผนการท่องเที่ยวที่ยั่งยืนผ่านแผนที่เชิงโต้ตอบในระดับสากล นอกจากนี้ วิมลพร ระวังวัลย์ และศรารัตน์ หมั่นปรุ (2567) ยังมีการยกระดับประสบการณ์นักท่องเที่ยวด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยการพัฒนาสื่อดิจิทัล AR และ VR แบบสามภาษาเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวบึงบอระเพ็ด รวมถึง อังคณา จัดตามาศ และคณะ (2566) ใช้ AR ร่วมกับ GIS เพื่อกระตุ้นการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในพื้นที่ห้วยหิน และ Wimolsittichai, N. (2024) นำเสนอการสื่อสารคุณค่าของแหล่งท่องเที่ยวผ่านอินโฟกราฟิกที่เข้าใจง่ายในชุมชนบ้านปะดิง จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนภาคภูมิ คงนิล และคณะ (2566) มีการพัฒนาระบบให้บริการได้มีการสร้างเว็บแอปพลิเคชันบนแผนที่ภูมิศาสตร์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ในจังหวัดอุดรดิตถ์ และการเพิ่มขีดความสามารถด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวแบบเฉพาะบุคคลในจังหวัดราชบุรี นำเสนอโดย กิตติโชค คุ่มครอง และคณะ (2568) ตลอดจน กวี ภูพิพัฒน์ และคณะ (2568) มีการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวแบบหลายจุดหมาย ขณะเดียวกัน ประเทือง วงษ์ทอง และคณะ (2566) ยังมีการบูรณาการคลังข้อมูลเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ สุดท้าย Hamouda et al. (2022) สอดคล้องกับปัจจัยความสำเร็จในการใช้งานเทคโนโลยีเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมรับและทัศนคติของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ

เมื่อพิจารณาเชิงลึกในมุมมองเทคโนโลยีสารสนเทศและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ พบว่างานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดด้านการออกแบบระบบในระดับสถาปัตยกรรมและพฤติกรรมของระบบ โดยมีมุ่งเน้นการนำเสนอข้อมูลหรือการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นหลัก ขาดการอธิบายแบบจำลองเชิงวิศวกรรม เช่น กรอบแนวคิดเชิงระบบ สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ การไหลของข้อมูล และกลไกการจัดการข้อมูลผ่านระบบหลังบ้านที่รองรับการปรับปรุงข้อมูลอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังไม่ให้ความสำคัญกับบริบทพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านการเชื่อมต่อเครือข่ายงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศบนพื้นฐานแนวคิดวิศวกรรมซอฟต์แวร์ โดยบูรณาการกรอบแนวคิดเชิงระบบ การออกแบบสถาปัตยกรรม ฟังก์ชันการทำงาน และโครงสร้างข้อมูล เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของงานเดิมและเพิ่มศักยภาพของระบบในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ท่องเที่ยวอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการจัดการข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวมีความถูกต้องและเป็นปัจจุบัน ส่งผลดีต่อสังคมในการยกระดับขีดความสามารถของชุมชนให้สามารถใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อการประชาสัมพันธ์ และสร้างโอกาสในการกระจายรายได้สู่แหล่งท่องเที่ยวรายย่อยผ่านการเข้าถึงข้อมูลที่สะดวกและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบกรอบแนวคิดและสถาปัตยกรรมของระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศสำหรับการจัดการและการแสดงผลข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ

2.2 เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศที่รองรับการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม และสามารถจัดการข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวผ่านระบบหลังบ้านได้อย่างต่อเนื่อง

2.3 เพื่อทดสอบการทำงานของระบบและประเมินความเหมาะสมของระบบในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา ทั้งในด้านประสิทธิภาพการทำงานและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

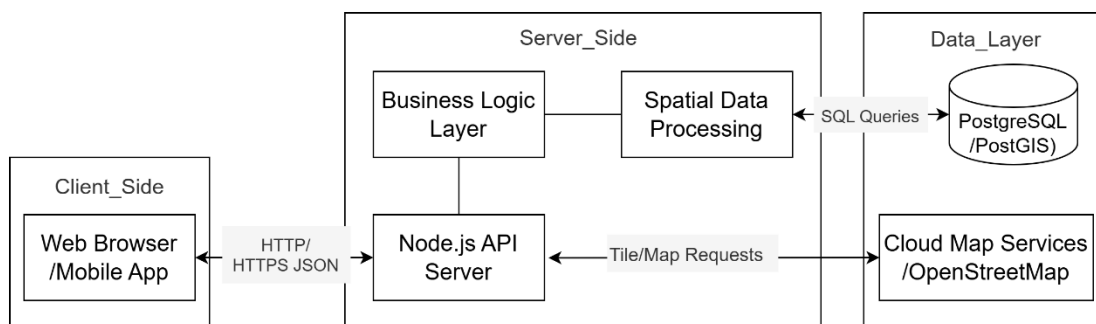
3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงพัฒนาและเชิงวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศอย่างเป็นระบบก่อนการพัฒนา เพื่อให้ได้ระบบที่มีโครงสร้างชัดเจน รองรับการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ การขยายระบบในอนาคต และการนำไปใช้งานจริงในบริบทพื้นที่ศึกษา วิธีการวิจัยในส่วนนี้จึงมุ่งนำเสนอแบบจำลองการออกแบบระบบในหลายมุมมอง ได้แก่ กรอบแนวคิดเชิงระบบ การออกแบบสถาปัตยกรรมและฟังก์ชันการทำงาน และการออกแบบโครงสร้างข้อมูลและกระบวนการทำงาน ซึ่งใช้เป็นข้อกำหนดหลักในการพัฒนาและทดสอบระบบ

3.1 กรอบแนวคิดและแบบจำลองเชิงระบบ

การออกแบบระบบเริ่มต้นจากการกำหนดกรอบแนวคิดเชิงระบบ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้า กระบวนการประมวลผล และผลลัพธ์ของระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศ กรอบแนวคิดดังกล่าวถูกออกแบบในลักษณะ Input-Process-Output-Feedback โดยข้อมูลนำเข้าประกอบด้วยข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ และข้อมูลประเภทสถานที่ กระบวนการประมวลผลประกอบด้วยการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ การประมวลผลตรรกะของระบบ และการแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ผลลัพธ์ของระบบอยู่ในรูปของแผนที่แสดงตำแหน่งสถานที่พร้อมข้อมูลประกอบและฟังก์ชันสนับสนุนการนำทาง

นอกจากนี้ กรอบแนวคิดยังรวมกลไกการป้อนกลับผ่านระบบหลังบ้าน ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถปรับปรุงเพิ่มเติม และจัดการข้อมูลสถานที่ได้อย่างต่อเนื่อง กรอบแนวคิดเชิงระบบดังกล่าวถูกนำเสนอในรูปแบบแผนภาพกรอบแนวคิดการออกแบบระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1 และใช้เป็นแนวทางหลักในการออกแบบสถาปัตยกรรม ฟังก์ชัน และกระบวนการทำงานของระบบในขั้นตอนถัดไป

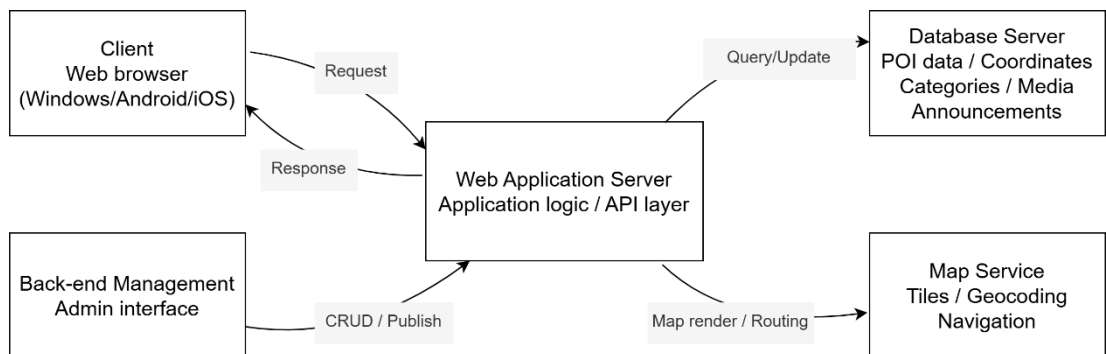


รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการออกแบบระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศ

จากรูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการออกแบบระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศ ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้า กระบวนการจัดการและประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ ผลลัพธ์การแสดงผลผ่านแผนที่เชิงโต้ตอบ และกลไกการปรับปรุงข้อมูลผ่านระบบหลังบ้าน

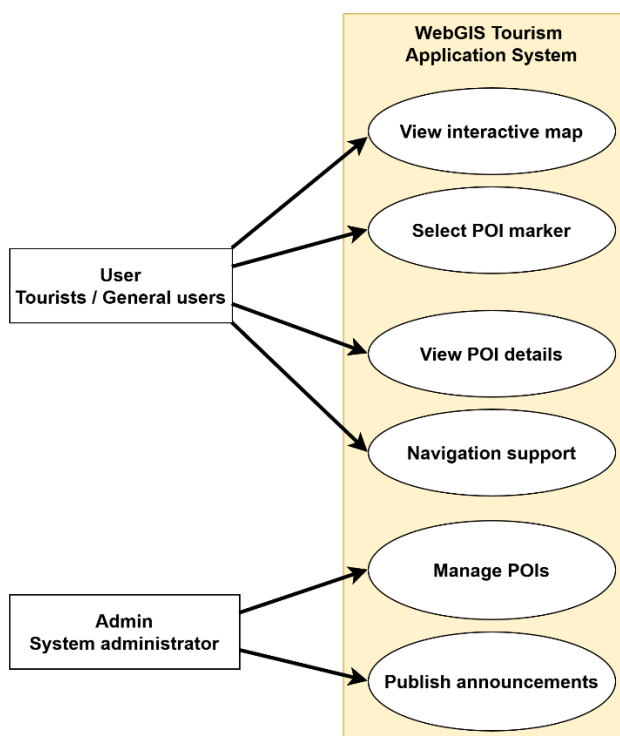
3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมและฟังก์ชันของระบบ

จากกรอบแนวคิดเชิงระบบ ได้ดำเนินการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบเว็บแอปพลิเคชันในลักษณะ Client-Server เพื่อแยกความรับผิดชอบของส่วนประกอบหลักอย่างชัดเจน ส่วนผู้ใช้งานทำหน้าที่แสดงผลและโต้ตอบกับระบบผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ส่วนประมวลผลกลางทำหน้าที่จัดการตรรกะของระบบ การร้องขอข้อมูล และการประสานงานระหว่างโมดูล ส่วนฐานข้อมูลทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลสถานที่ ข้อมูลพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการระบบ ทั้งนี้ ระบบยังเชื่อมโยงกับบริการแผนที่เพื่อสนับสนุนการแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิสารสนเทศ สถาปัตยกรรมของระบบถูกแสดงในแผนภาพสถาปัตยกรรมระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพสถาปัตยกรรมระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศ

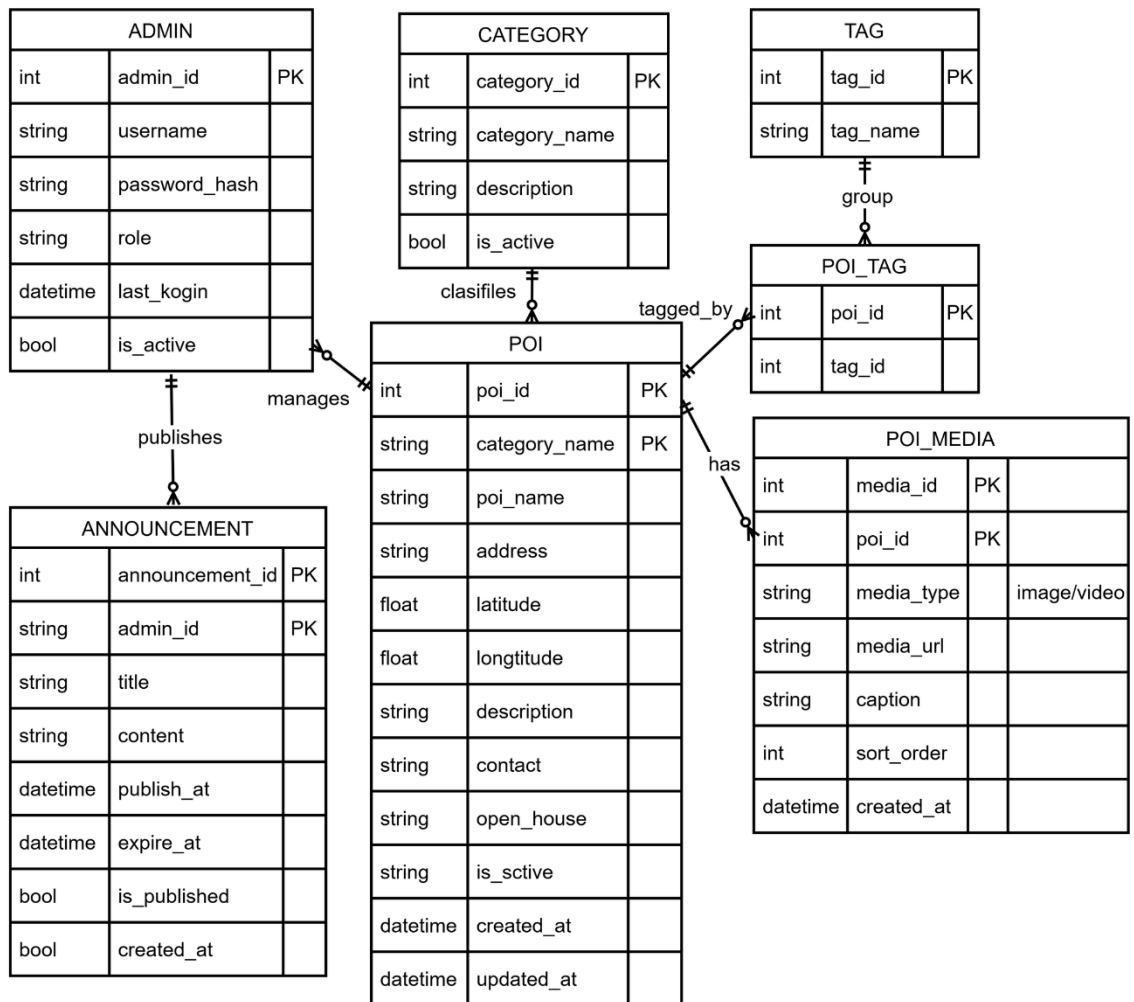
ในด้านฟังก์ชันการทำงาน ได้ออกแบบแบบจำลองกรณีการใช้งานเพื่อกำหนดขอบเขตของระบบและบทบาทผู้ใช้งาน โดยระบบมีผู้ใช้งานหลักสองกลุ่ม ได้แก่ ผู้ใช้ทั่วไปและผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเรียกดูแผนที่เลือกหมวดสถานที่ และดูรายละเอียดสถานที่ รวมถึงใช้ฟังก์ชันนำทาง ขณะที่ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลสถานที่ เพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูล เพิ่มแหล่งท่องเที่ยวใหม่ และจัดการประกาศประชาสัมพันธ์ แบบจำลองฟังก์ชันดังกล่าวถูกนำเสนอในรูปแบบแผนภาพกรณีการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3 เพื่อใช้เป็นข้อกำหนดเชิงหน้าที่สำหรับการพัฒนาระบบ



รูปที่ 3 แผนภาพกรณีการใช้งานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน

3.3 การออกแบบโครงสร้างข้อมูลและกระบวนการทำงาน

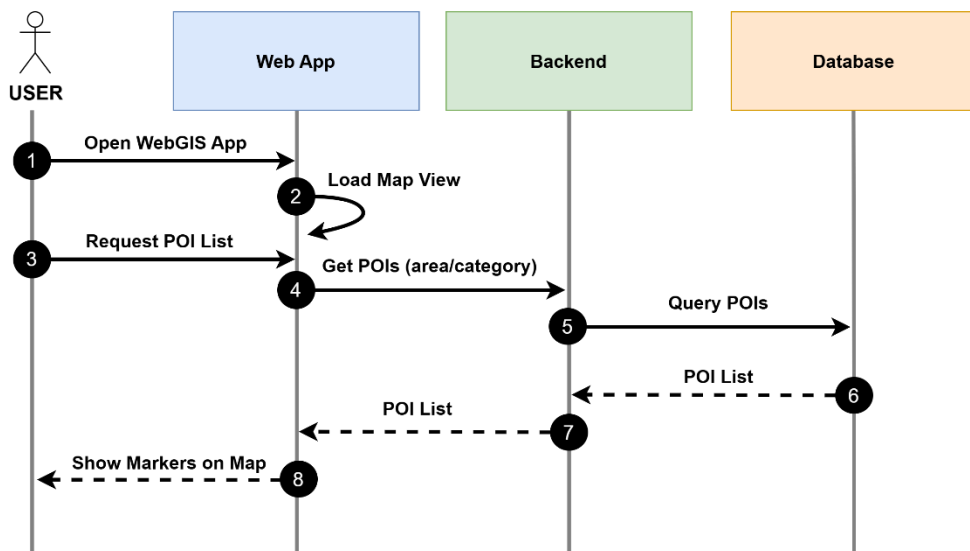
เพื่อให้การจัดการข้อมูลเชิงภูมิสารสนเทศเป็นไปอย่างเป็นระบบ ได้ออกแบบโครงสร้างข้อมูลของระบบ โดยกำหนดเอนทิตีหลัก ได้แก่ สถานที่ท่องเที่ยว ประเภทสถานที่ พิกัดภูมิศาสตร์ ผู้ใช้งาน และข้อมูลประกาศ ประชาสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีถูกกำหนดเพื่อรองรับการจัดเก็บ การสืบค้น และการขยายข้อมูลในอนาคต โครงสร้างข้อมูลดังกล่าวถูกนำเสนอในรูปแบบแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี ดังแสดงในรูปที่ 4



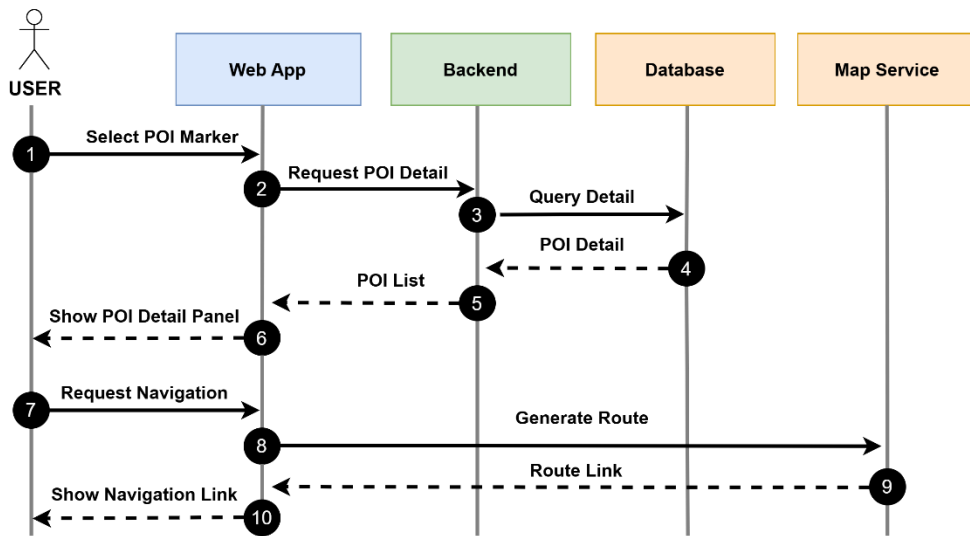
รูปที่ 4 แผนภาพความสัมพันธ์เอนทิตีของฐานข้อมูลระบบ

จากรูปที่ 4 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีหลักของระบบ ได้แก่ ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว หมวดหมู่ สื่อประกอบ และประกาศประชาสัมพันธ์ เพื่อรองรับการจัดเก็บ การสืบค้น และการปรับปรุงข้อมูลผ่านระบบหลังบ้านอย่างเป็นระบบ

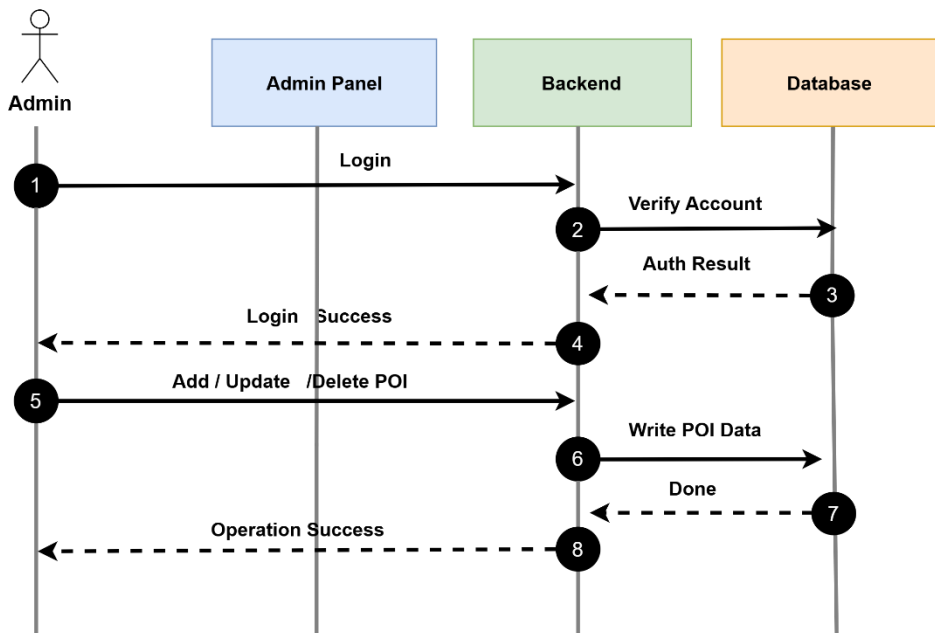
ควบคู่กับการออกแบบโครงสร้างข้อมูล ได้ออกแบบกระบวนการทำงานของระบบในเชิงลำดับขั้นเพื่ออธิบายการไหลของข้อมูลตั้งแต่การกระทำของผู้ใช้ การประมวลผลของระบบ การเข้าถึงฐานข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน กระบวนการดังกล่าวถูกแสดงในรูปแบบแผนภาพการทำงานของระบบ (Flowchart) ดังแสดงในรูปที่ 5-7 ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา ตรวจสอบความถูกต้องของตรรกะ และการทดสอบระบบ



รูปที่ 5 User Access and POI Search Sequence



รูปที่ 6 POI Detail and Navigation Sequence



รูปที่ 7 Admin POI Management Sequence

จากรูปที่ 5-7 แสดงกระบวนการทำงานของระบบตั้งแต่การเข้าถึงเว็บแอป การสืบค้นและแสดงผลข้อมูลสถานที่บนแผนที่ การเรียกดูรายละเอียดและการนำทาง รวมถึงกระบวนการจัดการข้อมูลผ่านระบบหลังบ้านที่เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลเพื่อปรับปรุงข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

3.4 การทดสอบและการประเมินผลระบบ

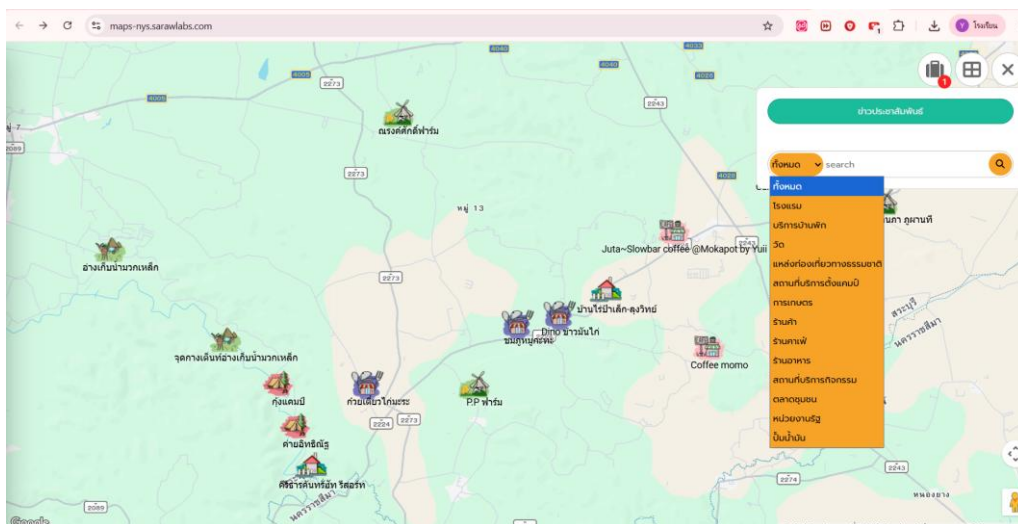
ในขั้นตอนการตรวจสอบความสมบูรณ์ของระบบตามแนวทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานร่วมกับผู้ใช้งานทั่วไปและผู้เชี่ยวชาญรวมจำนวน 65 ราย เพื่อยืนยันว่าสถาปัตยกรรมและฟังก์ชันที่ออกแบบไว้สามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงในบริบทพื้นที่ที่ศึกษาได้ โดยคัดเลือกผู้เข้าร่วมทดสอบที่มีประสบการณ์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หรือเป็นผู้ที่เดินทางท่องเที่ยวในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วยผู้ใช้งานจากในพื้นที่ร้อยละ 40 และผู้ใช้งานจากนอกพื้นที่ร้อยละ 60 ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20-40 ปี การทดสอบมุ่งเน้นการประเมินใน 3 ด้านหลัก ได้แก่ ประสิทธิภาพในการประมวลผลความง่ายต่อการใช้งานและความถูกต้องของข้อมูล โดยใช้แบบประเมินเชิงเทคนิคเพื่อรวบรวมข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงระบบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้งานจริง

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในส่วนนี้นำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศตามวัตถุประสงค์การวิจัยที่กำหนดไว้ โดยมุ่งเน้นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในเชิงวิศวกรรม และการตรวจสอบความเหมาะสมของระบบในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา การนำเสนอผลการวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ผลการทดสอบการทำงานของระบบ และผลการนำระบบไปใช้งานจริงร่วมกับการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

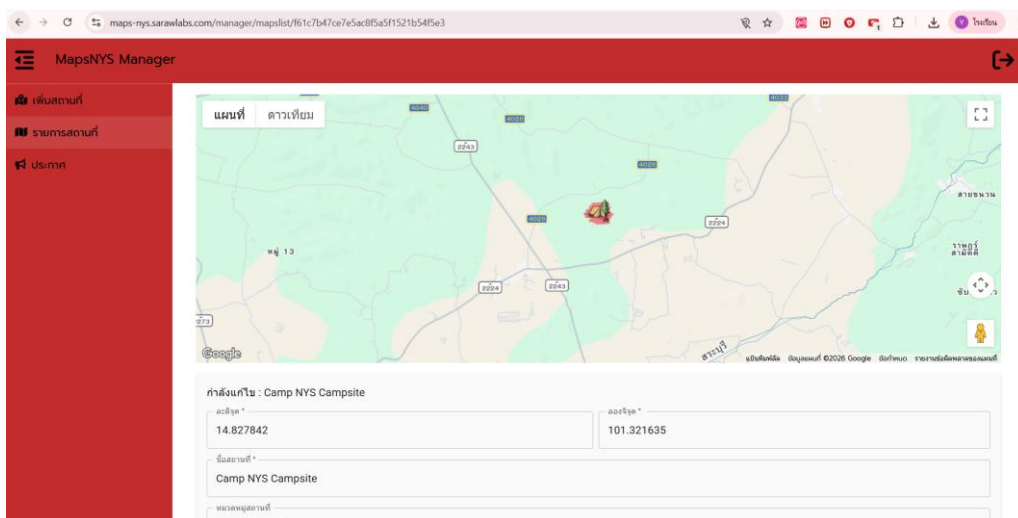
4.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ จากการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศตามวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ผลงานที่ได้คือระบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจัดการและแสดงผลข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงพื้นที่

ซึ่งประกอบด้วยส่วนแสดงผลสำหรับผู้ใช้งานทั่วไปและระบบหลังบ้านสำหรับการจัดการข้อมูล โดยหน้าจอหลักของระบบแสดงแผนที่เชิงโต้ตอบพร้อมหมุดสถานที่ท่องเที่ยว และสามารถเรียกดูข้อมูลรายละเอียดของสถานที่แต่ละแห่งผ่านแถบข้อมูลด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 หน้าจอรระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

ในส่วนของระบบหลังบ้าน ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว รวมถึงเพิ่มแหล่งท่องเที่ยวใหม่และเผยแพร่ประกาศประชาสัมพันธ์ผ่านอินเทอร์เน็ตสำหรับการจัดการข้อมูล โดยข้อมูลที่มีการปรับปรุงสามารถแสดงผลบนระบบฝั่งผู้ใช้งานได้ทันที ซึ่งสะท้อนถึงการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างส่วนจัดการและส่วนแสดงผลของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 หน้าจอรระบบหลังบ้านสำหรับการจัดการข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว

การทดสอบการทำงานของระบบดำเนินการโดยการทดสอบฟังก์ชันตามสถานการณ์การใช้งานจริง ทั้งในส่วนของผู้ใช้งานทั่วไปและระบบหลังบ้าน โดยกำหนดกรณีทดสอบตามฟังก์ชันหลักของระบบ และบันทึกผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง การทดสอบในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประเมินการทำงานในระดับระบบ (System-level testing) ครอบคลุมด้านฟังก์ชันการทำงาน ความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ และประสิทธิภาพการใช้งานภายใต้สภาพแวดล้อมการใช้งานปกติ

ผลการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามฟังก์ชันหลักที่ออกแบบไว้ ทั้งการแสดงผลแผนที่เชิงโต้ตอบ ความถูกต้องของตำแหน่งสถานที่ การเรียกดูข้อมูล การจัดการข้อมูลผ่านระบบหลังบ้าน และการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบ

ประเด็นการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการทดสอบ
การแสดงผลแผนที่	โหลดแผนที่และหมวดสถานที่	แสดงผลครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	ผ่าน
ความถูกต้องของตำแหน่ง	เปรียบเทียบพิกัดกับข้อมูลฐาน	พิกัดตรงตามข้อมูล	ผ่าน
การเรียกดูข้อมูลสถานที่	เลือกหมวดและแสดงรายละเอียด	ข้อมูลแสดงครบถ้วน	ผ่าน
การอัปเดตข้อมูลผ่านหลังบ้าน	เพิ่ม/แก้ไขข้อมูลสถานที่	ข้อมูลอัปเดตทันที	ผ่าน
การเพิ่มแหล่งท่องเที่ยวใหม่	เพิ่มข้อมูลสถานที่ใหม่	หมวดใหม่แสดงบนแผนที่	ผ่าน
การเผยแพร่ประกาศ	สร้างและแสดงประกาศ	แสดงผลถูกต้อง	ผ่าน
การใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม	ทดสอบบน Windows, Android, iOS	ระบบทำงานได้ปกติ	ผ่าน

จากผลการทดสอบฟังก์ชันตามตารางที่ 1 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความถูกต้องของการออกแบบกรอบแนวคิดและสถาปัตยกรรมระบบ และมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 และข้อที่ 2

นอกจากนี้ ได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพและความเสถียรของระบบเพื่อประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง โดยผลการทดสอบสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพและความเสถียรของระบบ

ประเด็นการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ตัวชี้วัด	ผลการทดสอบ
เวลาในการโหลดแผนที่	วัดเวลาโหลดหน้าแรก	≤ 5 วินาที	ผ่าน
เวลาในการแสดงข้อมูลสถานที่	เลือกหมวดหลายตำแหน่ง	แสดงผลต่อเนื่อง	ผ่าน
การรองรับข้อมูลจำนวนมาก	แสดงหมวดประมาณ 50 จุด	ระบบไม่ค้าง	ผ่าน
การใช้งานต่อเนื่อง	ใช้งานระบบต่อเนื่อง	ระบบเสถียร	ผ่าน
การเชื่อมต่อบริการแผนที่	เรียกใช้บริการนำทาง	เชื่อมต่อสำเร็จ	ผ่าน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพและความเสถียรของระบบตามตารางที่ 2 พบว่าระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศมีเวลาในการโหลดและการแสดงผลข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 5 วินาที ภายใต้อสภาพแวดล้อมการใช้งานปกติ อีกทั้งสามารถรองรับข้อมูลเชิงพื้นที่จำนวนมากได้อย่างต่อเนื่องและทำงานได้อย่างเสถียรบนแพลตฟอร์มที่หลากหลาย ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 ในด้านการทดสอบประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบสำหรับการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Šoltésová et al. (2025) ที่ให้ความสำคัญกับความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวนั้น พบว่าประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเชิงวิศวกรรมที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ ความสามารถในการจัดการข้อมูลพิกัดสถานที่ท่องเที่ยว (POI) จำนวนมากได้อย่างเสถียร ยังมีความสอดคล้องกับแนวทางการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ของ Wimolsittichai (2024) ที่มุ่งเน้นความถูกต้องและเป็นปัจจุบันของข้อมูลเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้งานในระดับพื้นที่

4.2 ผลการนำระบบไปใช้งานจริงและการประเมินความพึงพอใจ หลังจากพัฒนาและทดสอบการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศแล้ว ได้ดำเนินการนำระบบไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา โดยเปิดให้ผู้ใช้งานเข้าถึงระบบผ่านคิวอาร์โค้ดที่ติดตั้งในจุดท่องเที่ยวสำคัญ เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบจากมุมมองของผู้ใช้งานจริง การประเมินความพึงพอใจดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 65 คน การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานจากมุมมองผู้ใช้ ดำเนินการร่วมกับผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวน 65 ราย โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุมประเด็นด้านความสอดคล้องกับความต้องการผู้ใช้ การออกแบบระบบ ความถูกต้องของการทำงาน ความสะดวกในการใช้งาน และความปลอดภัยของข้อมูล ผลการทดสอบการใช้งานสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานระบบจากมุมมองผู้เข้าร่วมทดสอบ (n = 65)

ด้านการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
Requirement Test (ความต้องการผู้ใช้)	4.63	0.57	ดีมาก
Design Test (การออกแบบระบบ)	4.69	0.56	ดีมาก
Functional Test (ความถูกต้องของระบบ)	4.80	0.40	ดีมาก
Usability Test (การใช้งานระบบ)	4.68	0.47	ดีมาก
Security Test (ความปลอดภัยของข้อมูล)	4.74	0.44	ดีมาก
รวม	4.71	0.49	ดีมาก

จากผลการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.71) โดยเฉพาะด้านความถูกต้องของระบบและความปลอดภัยของข้อมูล ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมี ความพร้อมและมีความเหมาะสมทางเทคนิค ต่อการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 ในด้านการทดสอบประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การอภิปรายผลการวิจัยมุ่งเชื่อมโยงผลการพัฒนาและทดสอบระบบเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศกับวัตถุประสงค์การวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสะท้อนความเหมาะสมของระบบในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษา

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามกรอบแนวคิดและสถาปัตยกรรมที่ออกแบบไว้ ทั้งด้านการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ การแสดงผลแผนที่เชิงโต้ตอบ และการสนับสนุนการนำทาง โดยเฉพาะประสิทธิภาพด้านความเร็วในการตอบสนองที่อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Šoltésová et al. (2025) ที่ระบุว่าความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเชิงพื้นที่ของผู้ใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า งานวิจัยนี้ได้ต่อยอดโดยเน้นการออกแบบระบบเชิงเทคโนโลยีและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะการจัดการข้อมูลผ่านระบบหลังบ้านที่มีความยืดหยุ่นในการปรับปรุงข้อมูลพิกัดสถานที่ให้เป็นปัจจุบันได้ทันที ซึ่งเป็นการปิดช่องว่างของงานวิจัยเดิมที่มักเน้นเพียงการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบสื่อประชาสัมพันธ์หรืออินโฟกราฟิกตามแนวทางของ Wimolsittichai (2024) ผลการทดสอบและการประเมินจากผู้เข้าร่วมทดสอบยืนยันว่า ระบบที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องคำนึงถึงทั้งความสามารถเชิงเทคนิคของสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์และประสบการณ์การใช้งานของผู้ใช้ควบคู่กัน

5.2 สรุปผลการวิจัย

สรุปได้ว่าการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเชิงภูมิสารสนเทศบนพื้นฐานแนวคิดทางเทคโนโลยีสารสนเทศและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงพื้นที่ และรองรับการใช้งานจริงในบริบทพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายสารสนเทศ ระบบสามารถจัดการและแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างเป็นระบบ รองรับการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม และตอบสนองต่อวัตถุประสงค์การวิจัยได้ครบถ้วนทุกประการ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือผู้บริหารจัดการแหล่งท่องเที่ยว สามารถนำรูปแบบสถาปัตยกรรมระบบหลังบ้านไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวให้เป็นปัจจุบัน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการประชาสัมพันธ์ข้อมูลเชิงพื้นที่แก่นักท่องเที่ยวได้อย่างแม่นยำ และในการนำระบบไปใช้งานจริงในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านสัญญาณเครือข่าย ควรพิจารณาการติดตั้งจุดเข้าถึงข้อมูล (เช่น QR Code) ในตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่อเสถียรหรือพัฒนาฟังก์ชันการเก็บข้อมูลสำรองเพื่อให้ระบบยังคงทำงานได้ในสถานะที่มีความเข้มข้นของสัญญาณอินเทอร์เน็ตต่ำ

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรขยายความสามารถของระบบให้รองรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ขั้นสูง เช่น การคำนวณเส้นทางท่องเที่ยวที่เหมาะสมที่สุด (Route Optimization) หรือการพัฒนาระบบแนะนำแหล่งท่องเที่ยวตามความสนใจเฉพาะบุคคล (Personalized Recommendation) และควรบูรณาการข้อมูลร่วมกับเทคโนโลยี IoT หรือข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อให้การแสดงผลข้อมูลมีความหลากหลายและเป็นปัจจุบันแบบเรียลไทม์มากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี พร้อมทั้งขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลหนองย่างเสือ อำเภอเมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่วิจัยและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- กวี ภูพิพัฒน์, บุญฤทธิ์ คุ่มเขต, และ นรเศรษฐ์ วิชัยพาณิชย์. (2568). การพัฒนาแอปพลิเคชันวางแผนเส้นทางการท่องเที่ยวแบบหลายจุดหมาย. *Journal of Industrial Education*, 24(2), 53-66.
- กิตติโชค คุ่มครอง, อุบลรัตน์ ศิริสุขโกคา, และ ไพศาล สิมาลาเตา. (2568). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันให้บริการแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวด้วยปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับระบบบริหารจัดการข้อมูลบนแผนที่ภูมิศาสตร์กรณีศึกษาจังหวัดราชบุรี. *วารสารวิทยาสารสนเทศและเทคโนโลยี*, 6(1), 43-55.
- นาถสุดา วงษ์บุญงาม, ภัทราพร สร้อยทอง, นฤมล อินทวิเชียร, และ ประสาร อินทเจริญ. (2566). การประยุกต์ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อจัดการการท่องเที่ยวชุมชนแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. *Journal of Humanities and Social Sciences Review (JHSSR)*, 25(2), 146-160.
- ประเทือง วงษ์ทอง, กรมวุฒิ นงนุช, พีรภัทร ฤกษ์สุวรรณ, ชนาพร สุภรัตน์, จักรพรรดิ ธรรมรัตน์, และ อันนา ทรัพย์สมบูรณ์. (2566). การบูรณาการคลังข้อมูลและระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์กิจกรรมผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในบริบทของการท่องเที่ยวในประเทศไทย [รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- พรพิมล สมหมาย, ณัฏฐา จุลเพชร, หยตฟ้า ราชมณี, และ มโนรส บริรักษ์อรารินท์. (2568). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและวัฒนธรรม ในอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารสังคมศาสตร์และวัฒนธรรม*, 9(12), 302-318.
- ภาคภูมิ คงนิล, สุวิมล มรรควิบุลย์ชัย, อุบลรัตน์ ศิริสุขโกคา, และ ไพศาล สิมาลาเตา. (2566). การพัฒนาต้นแบบเว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์และธรรมชาติของจังหวัดอุดรดิตถ์บนแผนที่ภูมิศาสตร์. ใน *วิจัยและพัฒนา บนฐานเศรษฐกิจ BCG สู่การพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15*, 442-452. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- วิมลพร ระเวงวัลย์ และ ศราธรณ์ หมั่นปฐ. (2567). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีดิจิทัล AR และ VR สามภาษา (ไทย-อังกฤษ-จีน) เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์อย่างยั่งยืน (อุทยานนกน้ำนครสวรรค์) ในเขตพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม*, 14(2), 240-255.
- อังคณา จัดตามาศ, ภัทราวดี เขยสวัสดิ์, ชนัตตา เสือใหญ่, สุธาสินี กลิ่นหอม, และ อัชมาพร กว้างสาสวัสดิ์. (2566). การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการหลังสถานการณ์โควิด-19 ในพื้นที่อำเภอด่านซ้ายด้วยการใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์. *วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 2(1), 16-36.
- Hamouda, M. (2022). Mobile applications in tourism: Examining the determinants of intention to use. *International Journal of Technology and Human Interaction*, 18(1), 1-13. <https://doi.org/10.4018/IJTHI.293198>
- Šoltésová, M., Iannaccone, B., Štrba, L., & Sidor, C. (2025). Application of GIS Technologies in Tourism Planning and Sustainable Development: A Case Study of Gelnica. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(120), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ijgi14030120>
- Wimolsittichai, N. (2024). Values of Infographics for Promoting Cultural Learning Resources and Tourist Attractions: A Case of Patum Village in Thailand. *Journal of Information Science Theory and Practice*, 12(1), 21-38. <https://doi.org/10.1633/JISTaP.2024.12.1.2>

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้มีคุณค่าทางวิชาการในด้านการประยุกต์องค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดยบูรณาการแนวคิดการออกแบบระบบซอฟต์แวร์เชิงระบบร่วมกับเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐาน งานวิจัยให้ความสำคัญกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตั้งแต่กรอบแนวคิด สถาปัตยกรรมระบบ การจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านระบบหลังบ้าน ไปจนถึงการทดสอบประสิทธิภาพของระบบในระดับระบบ นอกจากนี้ งานวิจัยยังนำเสนอแนวทางการประเมินระบบที่ผสมผสานการทดสอบเชิงเทคนิคกับการประเมินจากผู้ใช้งานจริง ซึ่งช่วยเติมเต็มข้อจำกัดของงานวิจัยเดิมที่มักขาดการประเมินในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริง ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นต้นแบบเชิงวิชาการสำหรับการพัฒนา WebGIS ในบริบทอื่น และเป็นฐานในการต่อยอดงานวิจัยด้านการออกแบบและประเมินระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ในอนาคต

การพัฒนาอ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว

ปธานิน อินทร์ทอง¹ พงศกร ผ่องแผ้ว² พิระพงษ์ คำคัม³ สายนที จากถิ่น⁴ ภัทรารวรรณ คหะวงศ์⁵

ทักษิณี ทองก้านเหลือง^{6*}

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี^{1 2 3 4 5 6*}

อีเมล : Thadsanee.tho@sru.ac.th^{6*}

วันที่รับบทความ 15 เมษายน 2569

วันแก้ไขบทความ 15 มิถุนายน 2569

วันตอบรับบทความ 24 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาอ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว จากการสะท้อนปัญหาของกลุ่มผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบทและไม่มีผู้ดูแลตลอดเวลา พบว่ามีความต้องการเกี่ยวกับเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการรักษาสุขอนามัยส่วนบุคคลในส่วนของ การทำความสะอาดมือและใบหน้า ที่ทำได้ด้วยตนเอง มีความสะดวก และการลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น อ่างล้างมือเคลื่อนที่ต้นแบบจึงถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดการออกแบบที่ยืดการออกแบบเพื่อทุกคน หลักการยศาสตร์ ความสะดวก และประสิทธิภาพในการใช้งาน อ่างล้างมือที่พัฒนาขึ้นมีระบบจ่ายน้ำและระบายน้ำในตัว ไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบประปาถาวร ส่งผลให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ความสูงของอ่างได้รับการออกแบบให้เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งานที่ใช้รถเข็นหรืออยู่ในท่านั่งที่ระดับความสูง 45-50 เซนติเมตร รวมถึงการใช้งานข้างเตียงที่ระดับความสูง 65-70 เซนติเมตร จากการทดสอบการใช้งานจริงพบว่าอ่างล้างมือเคลื่อนที่ที่พัฒนาขึ้นสามารถลดการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน เพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน และลดการพึ่งพาผู้ดูแล ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติกิจกรรมด้านสุขอนามัยประจำวันดีขึ้น ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับตามวิธีของลิเคอร์ทแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่ออ่างล้างมือเคลื่อนที่ในระดับสูงที่ค่าเฉลี่ย 4.4 ± 0.62 อ่างล้างมือเคลื่อนที่ดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ได้ในครัวเรือน สถานพยาบาล และสถานดูแลผู้สูงอายุ รวมทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์อำนวยความสะดวกเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ที่มีข้อจำกัดทางการเคลื่อนไหวต่อไป

คำสำคัญ : อ่างล้างมือเคลื่อนที่ ผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว การออกแบบเพื่อทุกคน การประเมินการใช้งาน

Development of a Mobile Handwashing Unit for Individuals with Mobility Limitations

Patanin Inthong¹, Phongsakon Phongphaew², Phiraphong Damkhum³,
Sainatee Chakthin⁴, Patarawan Kahawong⁵, Thadsanee Thongkanluang^{6*}

Industrial Technology Program, Faculty of Science and Technology,

Suratthani Rajabhat University^{1,2,3,4,5,6*}

E-mail : Thadsanee.tho@sru.ac.th^{6*}

Received 15 April 2026

Revised 15 June 2026

Accepted 24 June 2026

Abstract

This study focuses on the development of a mobile handwashing unit for individuals with mobility impairments. Based on feedback from mobility-limited individuals living in rural areas without full-time caregivers, a need was identified for assistive tools that enhance the ability to independently maintain personal hygiene, specifically for hand and face cleaning, while ensuring convenience and minimizing unnecessary movement. The mobile handwashing prototype was therefore developed using principles of universal design, ergonomics, convenience, and functional efficiency. The developed unit integrates its own water supply and drainage systems, eliminating the need for permanent plumbing installation and thereby providing high flexibility. The sink height was designed to accommodate wheelchair users or those in seated position at a height of 45–50 cm, and 65–70 cm for bedside use. The real-world usability testing results indicate that the prototype reduces user movement, enhances safety, and decreases dependence on caregivers, thereby improving the efficiency of daily hygiene practices. User satisfaction was evaluated using a questionnaire employing a five-point Likert rating scale. The findings demonstrated a high level of satisfaction with the mobile handwashing station, with a mean score of 4.4 ± 0.62 . The mobile handwashing unit can be applied in households, healthcare and elderly care facilities. It also provides a guideline for the development of assistive devices aimed at enhancing the quality of life for individuals with mobility limitations.

Keywords : Mobile Handwashing Basin, Mobility Limitations, Universal Design, Usability Evaluation

1. บทนำ

ประเทศไทยเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ (complete aged society) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 โดยมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20 ของพลเมืองทั้งหมด และคาดว่าจะกลายเป็นสังคมสูงวัยระดับสุดยอด (super-aged society) ในปี พ.ศ. 2576 ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจจากการลดลงของวัยแรงงานและภาระค่าใช้จ่ายด้านสาธารณสุขเป็นอย่างสูง จากผลสำรวจจากกระทรวงสาธารณสุข ในกลุ่มผู้สูงอายุเองมีจำนวนผู้ที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพกว่า 1 ล้านคน ส่วนหนึ่งเป็นผู้ป่วยติดเตียงที่จำเป็นต้องมีผู้ดูแลอยู่ตลอดเวลา ในขณะเดียวกันผู้สูงอายุที่ต้องอยู่ลำพังไร้คนดูแลก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (จับตามนโยบายสาธารณะ, 2567) โดยส่วนใหญ่ผู้สูงอายุจะมีปัญหาหรือมีขีดจำกัดในการเคลื่อนไหวไม่มากนักน้อย อาจจะสามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้แต่ช้า หรือรุนแรงถึงขั้นที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ นอกจากไปจากผู้สูงอายุแล้ว ยังมีกลุ่มผู้พิการ กลุ่มผู้ป่วยหรือผู้ที่อยู่ในระยะพักฟื้นบางประเภทอาการที่จัดรวมอยู่ในกลุ่มผู้มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวได้เช่นกัน การที่ต้องอยู่ในภาวะที่ต้องพึ่งพาผู้ดูแลส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของทั้งตัวผู้ป่วยเองและผู้ดูแลอย่างมีนัยสำคัญ (สุวรรณ วุฒิธรณฤทธิ์ และ วลัยนารี พรหมลา, 2564) ความพยายามในการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพแนวทางหนึ่งคือ การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามาช่วยผ่อนแรงหรือทดแทนแรงงานคน ตัวอย่างที่สำคัญคือการสร้างและพัฒนาเครื่องมืออุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่มีข้อจำกัดเคลื่อนไหวร่างกายได้ยากในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ด้วยตัวเอง เพิ่มความปลอดภัย และช่วยลดภาระของผู้ดูแล (Modern form healthcare, 2568)

ในบรรดากิจกรรมพื้นฐานในชีวิตประจำวันที่ควรส่งเสริมให้ผู้ที่มีข้อจำกัดเคลื่อนไหวร่างกายทำได้ด้วยตัวเองคือการทำความสะอาดร่างกายเพื่อรักษาสุขภาวะที่ดี การส่งเสริมให้มีการสร้างอ่างล้างมือที่ออกแบบมาด้วยความเข้าใจในข้อจำกัดของการเคลื่อนไหวนับเป็นหนึ่งในเป้าหมายเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของทั้งคนกลุ่มพิเศษดังกล่าวรวมทั้งผู้ดูแล จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐาน เช่น อ่างล้างมือในพื้นที่อยู่อาศัยและที่สาธารณะ โดยส่วนใหญ่ได้รับการออกแบบตามหลักสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับคนทั่วไปที่สามารถยืนและเคลื่อนไหวได้อย่างปกติ แต่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดทางการเคลื่อนไหว เช่น ผู้สูงอายุ ผู้พิการทางร่างกาย ผู้ใช้รถเข็นหรือผู้ป่วยแล้ว การใช้งานอ่างล้างมือในรูปแบบเดิมมักเป็นเรื่องยากและไม่สะดวก ส่งผลให้เกิดปัญหาในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจนำไปสู่การพึ่งพาผู้อื่น มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และลดคุณภาพชีวิตโดยรวม งานวิจัยหลายชิ้นได้ให้ข้อมูลและหลักฐานสนับสนุนปัญหาและความสำคัญของการออกแบบที่เข้าถึงได้ (accessible design) สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดดังกล่าว ตัวอย่างเช่น งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยนิวเซาท์เวลส์ (University of New South Wales, UNSW) รายงานว่าอ่างล้างมือในห้องน้ำหลายแห่งในปัจจุบันที่ตั้งใจออกแบบให้ “เข้าถึงได้” สำหรับผู้ใช้รถเข็น ยังไม่สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ยังต้องปรับแก้ไขเรื่องปัญหาความสูงของอ่างที่ไม่เหมาะสมและไม่มีความกว้างเพียงพอ (Sclar, Penakalapati, Caruso et al., 2018) ในมุมมองของการออกแบบระดับสากล ต่างมุ่งไปในแนวทางการออกแบบเพื่อคนทุกกลุ่ม (universal design) ส่งเสริมการใช้งานที่ปลอดภัยและเท่าเทียมมากยิ่งขึ้น งานวิจัยและแนวปฏิบัติเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงอ่างล้างมือสำหรับผู้เคลื่อนไหวได้ยากไม่ใช่เพียงเรื่องความสะดวกเท่านั้น แต่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมสุขภาวะ ความเป็นอิสระ และศักดิ์ศรีของผู้ใช้งานทุกคน

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาอ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว
- 2.2 เพื่อทดสอบการใช้งานอ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว

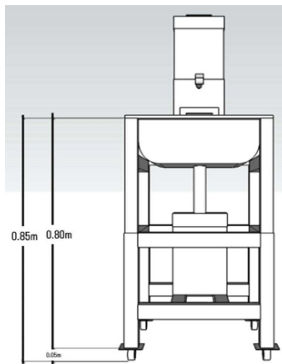
3. วิธีการวิจัย

กระบวนการพัฒนาอย่างล้ามือเคลื่อนที่ดำเนินตามขั้นตอนการวิจัยตั้งแต่การออกแบบ เตรียมชิ้นส่วน ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ และทดสอบการใช้งาน

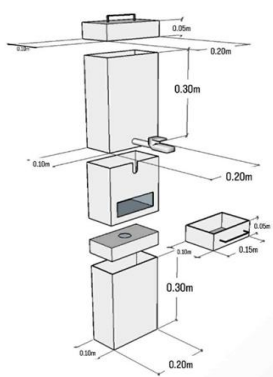
3.1 ขั้นตอนการออกแบบอย่างล้ามือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว

อ่างล้างมือเคลื่อนที่ได้ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงความสามารถในการตอบสนองความต้องการใช้งานของผู้เคลื่อนไหวกาย โดยสามารถใช้ได้ทั้งในและนอกอาคาร เข้าถึงได้แม้ในพื้นที่จำกัด มีส่วนขาที่ปรับความสูงขึ้นลงให้เหมาะกับระดับการเคลื่อนไหวกายของแขนและมือ มีล้อที่ปรับยึดกับที่ได้ไม่ลื่นไถล มีก๊อกน้ำเปิด-ปิดง่าย มีถังเก็บน้ำสะอาดและน้ำเสียขนาดกะทัดรัด สำหรับประเดินเรื่องสุขลักษณะและความปลอดภัย อ่างล้างมือทั้งชิ้นทำด้วยเหล็กสแตนเลส ลดปัญหาการเป็นสนิม ทำความสะอาดง่าย ภูมิไม่แหลมคม มีลิ้นชักสำหรับเก็บอุปกรณ์

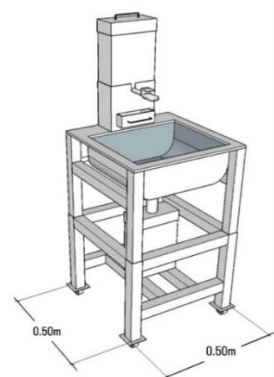
รูปที่ 1 แสดงรายละเอียดการออกแบบแต่ละองค์ประกอบของอ่างล้างมือ ในรูปที่ 1 ก แสดงโครงสร้างขาที่เคลื่อนที่ได้ สามารถปรับระดับความสูงได้ 3 ระดับ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละบุคคล ตัวอ่างผลิตจากวัสดุเหล็กสแตนเลสทั้งหมด เพื่อความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน ในรูปที่ 1 ข แสดงถึงน้ำขนาดบรรจุ 6 ลิตรพร้อมฝาดูเปิด-ปิดง่าย มีถึงน้ำทั้งด้านล่างที่สะดวกต่อการถอดเข้าออก และทำความสะอาดได้ง่าย อ่างล้างมือที่ประกอบเสร็จแสดงในรูปที่ 1 ค



ก. โครงสร้างขาและล้อ



ข. ถังน้ำดีและถังน้ำทิ้ง



ค. อ่างล้างมือที่ประกอบเสร็จ

รูปที่ 1 ส่วนประกอบและขนาดของอ่างล้างมือเคลื่อนที่ได้

3.2 ขั้นตอนการทำอ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว

การเตรียมชิ้นส่วนและการประกอบชิ้นงานในบางขั้นตอนแสดงในรูปที่ 2



ก.การเตรียมชิ้นส่วนสแตนเลส



ข.การเชื่อมโยงส่วนประกอบ



ค.การติดตั้งล้อ

รูปที่ 2 แสดงการเตรียมชิ้นส่วนและการประกอบชิ้นงาน

การเตรียมชิ้นส่วนและการประกอบชิ้นงานมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การเตรียมเครื่องมือแสดงในรูปที่ 2 ก สำหรับโครงสร้างขา ใช้เหล็กสแตนเลสกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว นำมาตัดขนาดความยาว 150 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น, 70 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น และ 80 เซนติเมตร จำนวน 4 เส้น ตัดเหล็กสแตนเลสกล่องขนาด 1 x 1 นิ้ว ให้ได้ขนาดความยาว 142.6 เซนติเมตร จำนวน 3 เส้น และ 62.6 เซนติเมตร จำนวน 5 เส้น

3.2.2 การทำพื้นโต๊ะด้วยแผ่นเหล็กสแตนเลสขนาด ยาว 150 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร โดยพับขอบแผ่นขึ้น 10 เซนติเมตร 1 ด้าน และพับลง 3.7 เซนติเมตร 3 ด้าน จากนั้นตัดเพื่อทำช่องสำหรับใส่อ่างล้างหน้า ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร

3.2.3 การทำถังบรรจุน้ำ ขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร และสูง 27.78 เซนติเมตร ตามที่คำนวณไว้ โดยในการตัดแผ่นสแตนเลสตามขนาดที่ต้องการต้องรวมการเพิ่มขอบสำหรับการเชื่อมด้วย

3.3.4 การใช้เครื่องพับในการพับขอบแผ่นด้านข้างให้ได้มุม 90 องศา พับขอบด้านล่างขึ้นมาและยึดเข้ากับด้านข้าง เชื่อมยึดส่วนประกอบเข้าด้วยกัน แสดงในรูปที่ 2 ข

3.3.5 การเชื่อมประกอบชิ้นส่วนของโครงสร้าง ใส่ล้อที่ขาทั้งสี่ แสดงในรูปที่ 2 ค

3.5.6 ตรวจสอบความเรียบร้อยและขัดผิวชิ้นงาน ทดสอบการใช้งาน

อ่างล้างมือต้นแบบที่สร้างขึ้นมีต้นทุน 5,930 บาท ประกอบด้วยแผ่นเหล็กสแตนเลสหนา 1.2 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น ราคา 2,500 บาท เหล็กสแตนเลสกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว จำนวน 2 เส้น ราคา 1,800 บาท เหล็กสแตนเลส กล่องขนาด 1 x 1 นิ้ว จำนวน 1 เส้น ราคา 1,120 บาท อ่างล้างหน้าขนาด 50 x 40 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น ราคา 410 บาท ล้อขนาด 2 นิ้ว จำนวน 4 ชิ้น ราคา 100 บาท

3.3 ขั้นตอนการทดสอบการใช้งาน

การทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่ หมู่ที่ 4 ต.ควนทอง อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช ประกอบด้วยผู้ที่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวหลายรูปแบบจำนวน 10 คน โดยใช้แนวทางการสร้างแบบสอบถามความเหมาะสมเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาอ่างล้างมือสำหรับผู้ที่มีความเคลื่อนไหวได้ยาก

อ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีความข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวที่ถูกพัฒนาขึ้นแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 อ่างล้างมือสำหรับผู้ที่มีความเคลื่อนไหวได้ยาก

อ่างล้างมือต้นแบบผลิตจากวัสดุสแตนเลส เพื่อความแข็งแรง ปลอดภัยและทนทาน สามารถปรับระดับความสูงอ่างได้ 3 ระดับ ที่ 60, 70 และ 80 เซนติเมตร ตัวอ่างกว้าง 50 เซนติเมตร มีถังบรรจุน้ำขนาด 6 ลิตร ขนาด 20 x 30 x 10 เซนติเมตร ฝาครอบถังน้ำขนาด 20.2 x 10.2 x 5 เซนติเมตร ออกแบบให้เปิด-ปิดได้ง่าย แข็งแรง และสะดวกต่อการเติมน้ำหรือทำความสะอาด การเชื่อมชิ้นส่วนเข้าด้วยกันได้ทำได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้ แนวเชื่อมเรียบสวยงาม

4.2 ผลการทดลองใช้งานอ่างล้างมือสำหรับผู้ที่เคลื่อนไหวได้ยาก

ตารางที่ 1 แสดงผลค่าเฉลี่ยเวลาในการใช้น้ำจากการทดลองของผู้ใช้งานจริง 10 คน โดยขั้นตอนการทดลองล้างมือประกอบด้วย การเปิดน้ำครั้งที่ 1 เป็นเวลา 4 วินาทีเพื่อทำให้มือเปียก จากนั้นปิดน้ำเพื่อถูสบู่ ก่อนจะเปิดน้ำครั้งที่ 2 เป็นเวลา 15 วินาทีเพื่อล้างสบู่ออก รวมใช้เวลาทั้งหมด 19 วินาที สำหรับการทดลองล้างหน้าประกอบด้วย การเปิดน้ำครั้งที่ 1 เป็นเวลา 5 วินาทีเพื่อทำให้หน้าเปียก จากนั้นปิดน้ำเพื่อถูสบู่ ก่อนจะเปิดน้ำครั้งที่ 2 เป็นเวลา 30 วินาทีเพื่อล้างสบู่ออก รวมใช้เวลาทั้งหมด 35 วินาที ตารางที่ 2 แสดงการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยดังกล่าว

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเวลาการใช้น้ำแบบใช้สบู่

การใช้น้ำแบบใช้สบู่	เวลาที่ใช้น้ำล้างมือ (วินาที)	เวลาที่ใช้น้ำล้างหน้า (วินาที)
1. ทำมือ, หน้าให้เปียก	3.84	5.02
2. ถูสบู่ให้เกิดฟอง (ปิดน้ำ)	-	-
3. ล้างสบู่ออกให้สะอาด	14.90	29.67
รวมเวลาที่ใช้น้ำ 1 ครั้ง	18.74	34.69
จำนวนครั้งในการใช้งานต่อวัน 1 ถึง	5.87 ครั้ง	3.17 ครั้ง

หมายเหตุ : อัตราการไหลของน้ำเมื่อเปิดก๊อกจนสุดจะใช้เวลา 110 วินาทีน้ำจึงหมดถัง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยเวลาการใช้น้ำแบบไม่ใช้สบู่

การใช้น้ำแบบไม่ใช้สบู่	เวลาที่ใช้น้ำล้างมือ (วินาที)	เวลาที่ใช้น้ำลูบแขน (วินาที)	เวลาที่ใช้น้ำลูบหน้า (วินาที)
เวลา	4.23	7.03	ค่าเฉลี่ย 10.36
จำนวนครั้งในการใช้งานต่อวัน 1 ถึง	26.00 ครั้ง	15.65 ครั้ง	10.62 ครั้ง

หมายเหตุ : อัตราการไหลของน้ำเมื่อเปิดก๊อกจนสุดจะใช้เวลา 110 วินาทีน้ำจึงหมดถัง

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าการใช้น้ำ 1 ถึงในการทำความสะอาดแบบใช้สบู่เพื่อการล้างมือและล้างหน้าสามารถทำได้ 5 ครั้ง และ 3 ครั้งตามลำดับ ส่วนการทำความสะอาดแบบไม่ใช้สบู่ที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่าสามารถล้างมือ ลูบแขน และลูบหน้า ได้ 26 ครั้ง 15 ครั้ง และ 10 ครั้งตามลำดับ

4.2 ผลการสอบถามความพึงพอใจในใช้งานอ่างล้างมือสำหรับผู้ที่เคลื่อนไหวได้ยาก

การสร้างแบบสอบถามและกำหนดรูปแบบแบบสอบถาม เป็นไปตามแนวทางการสร้างแบบสอบถามความเหมาะสมเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) การสังเคราะห์ข้อมูลการใช้อ่างล้างมือของผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการทดลองใช้อ่างล้างมือใช้สัณติ ร้อยละค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการประเมินและการแปล

ความหมาย (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) โดยกลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการทดลองใช้อ่างล้างมือสำหรับผู้เคลื่อนไหวกายได้ยาก แยกเป็นเพศชาย 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 และเพศหญิงจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 41 – 50 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 รองลงมาคือช่วงอายุ 51 - 60 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 และน้อยที่สุดคือช่วงอายุ 21 - 30 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00

กลุ่มอาการป่วยของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงในตารางที่ 3 ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้มาจากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจในการทดลองใช้อ่างล้างมือสำหรับผู้เคลื่อนไหวกายได้ยาก จำนวน 10 คน แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 กลุ่มอาการป่วยของผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการทดลองใช้อ่างล้างมือสำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว

ลำดับที่	กลุ่มอาการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	ปัญหาเกี่ยวกับกล้ามเนื้ออ่อนแรง หรือกล้ามเนื้อหดเกร็ง	1	10.00
2	ปัญหาเกี่ยวกับข้อต่อติดขัด หรือข้อเสื่อม	2	20.00
3	ปัญหาเกี่ยวกับระบบประสาท โรคพาร์กินสัน โรคหลอดเลือดสมอง โรคทางระบบประสาทอื่น ๆ	2	20.00
4	การทรงตัวไม่ดี ทรงตัวลำบาก หรือมีอาการเซ	2	20.00
5	โรคกระดูกพรุน	2	20.00
6	โรคข้ออักเสบ	1	10.00

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามประสบปัญหาที่ส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวหลากหลายอาการ แต่อาจจัดกลุ่มได้เป็นกลุ่มอาการของกระดูกและข้อ ร้อยละ 50 กลุ่มกล้ามเนื้อ ร้อยละ 30 และกลุ่มระบบประสาท ร้อยละ 20

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนและร้อยละของความพึงพอใจในการทดลองใช้อ่างล้างมือสำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว

ประเด็น	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1.ความสูงของอ่าง สามารถเอื้อมถึงก๊อกน้ำและล้างมือได้อย่างสะดวกสบาย	4 (40.0)	5 (50.0)	1 (10.0)	0	0	4.3	0.67	มาก
2.ความลึกของอ่าง เพียงพอสำหรับการล้างมือ-หน้าโดยไม่ทำให้น้ำกระเด็นเปรอะเปื้อน	3 (30.0)	7 (70.0)	0	0	0	4.3	0.48	มาก
3.ระยะห่างจากก๊อกน้ำ สามารถเปิดก๊อกน้ำได้โดยไม่ต้องก้มหรือเอนมากเกินไป	4 (40.0)	4 (40.0)	2 (20.0)	0	0	4.2	0.78	มาก

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ประเด็น	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
4.ตำแหน่งของอุปกรณ์ สบู่ล้างมือ ที่เก็บของ หรือกระดาษเช็ดมืออยู่ในตำแหน่งที่ใช้งานง่าย	9 (90.0)	1 (10.0)	0	0	0	4.9	0.31	มากที่สุด
5.ความลาดเอียงของอ่าง ช่วยให้ใช้น้ำไหลลงท่อระบายน้ำได้สะดวก	5 (50.0)	3 (30.0)	2 (20.0)	0	0	4.3	0.82	มาก
6.มีล้อและล้อคล้อ เลื่อนอ่างได้สะดวก	4 (40.0)	4 (40.0)	2 (20.0)	0	0	4.2	0.78	มาก
7.ถังเก็บน้ำดีมีขนาดเพียงพอ	6 (60.0)	4 (40.0)	0	0	0	4.6	0.51	มากที่สุด
8.ถึงน้ำทิ้งถอดออกได้สะดวก	4 (40.0)	6 (60.0)	0	0	0	4.4	0.51	มาก
9.การใช้งานจริง ผู้ใช้งานรู้สึก สะดวกสบายและใช้งานได้ง่าย	5 (50.0)	3 (30.0)	2 (20.0)	0	0	4.3	0.82	มาก
10.การออกแบบโดยรวม สอดคล้องกับหลักการยศาสตร์ ไม่เมื่อยล้าขณะใช้งานและส่งเสริมสุขอนามัยที่ดี	5 (50.0)	5 (50.0)	0	0	0	4.5	0.52	มาก
รวม	49	42	9	0	0	4.4	0.62	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการทดลองใช้อ่างล้างมือสำหรับผู้เคลื่อนไหวยากในระดับสูง มีค่าเฉลี่ยรวมจากทุกประเด็น ที่ 4.4 ± 0.62 โดยประเด็นที่ 4 “ตำแหน่งของอุปกรณ์ สบู่ล้างมือ ที่เก็บของหรือกระดาษเช็ดมืออยู่ในตำแหน่งที่ใช้งานง่าย” มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุดที่ 4.9 ± 0.31 ส่วนประเด็นที่มีผลความพึงพอใจต่ำสุดคือประเด็นที่ 3 “ระยะห่างจากก๊อกน้ำ สามารถเปิดก๊อกน้ำได้โดยไม่ต้องก้มหรือเอนมากเกินไป” และประเด็นที่ 6 “มีล้อและล้อคล้อ เลื่อนอ่างได้สะดวก” ซึ่งมีค่าความพึงพอใจเท่ากับที่ 4.2 ± 0.78

5. การอภิปรายผลและสรุปผล

อ่างล้างมือเคลื่อนที่สำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดในเคลื่อนไหวได้ยากที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ อ้างอิงจากความต้องการในการดูแลผู้พิการ ผู้ป่วยติดเตียง และผู้สูงอายุ (Thailand Innovation Portal, 2564) ซึ่งมีส่วนที่สำคัญที่ต้องส่งเสริมให้กลุ่มผู้เคลื่อนไหวยากเหล่านี้สามารถดูแลตัวเองได้ในเบื้องต้นโดยเฉพาะการรักษาความสะอาดส่วนบุคคล สามารถทำความสะอาดมือ ใบหน้าได้ด้วยตัวเองตามเวลาที่ต้องการ ปญญาวิรุ อาราม (2565) กล่าวถึงการพัฒนาารูปแบบการสร้างเสริมสุขภาพสำหรับคนพิการทางการมองเห็นในภูมิภาคตะวันตก ที่มีแนวความคิดสอดคล้องกับการพัฒนาอย่าง

ล้างมือต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อตอบโจทย์ด้านความสะดวกในการใช้งานจากการออกแบบที่วางตำแหน่งถึงเก็บน้ำ ด้านบนทำให้โครงสร้างกะทัดรัด ใช้ในพื้นที่จำกัดได้ดี มีล้อเลื่อนล๊อคได้ที่เหมาะสมกับพื้นผิวหลายประเภท และไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบประปา อ่างล้างหน้ามีความสะดวกและปลอดภัยเพราะใช้โครงสร้างเป็นเหล็กสเตนเลสที่ไม่เป็นสนิม ทนทาน การขึ้นรูปแบบที่ลดเหลี่ยมมุม ทำให้ทำความสะอาดง่าย จากผลการทดสอบใช้งานจริงของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วง 20-60 ปีที่มีอาการเคลื่อนไหวได้ยาก มีปัญหาเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ ข้อต่อ ระบบประสาท และหลอดเลือดสมอง การทรงตัว เป็นต้น พบว่าระดับความสูงในการใช้อ่างล้างมือที่ทำให้ผู้ใช้งานอยู่ในองศาที่ สะดวกสบายมากที่สุดคือ ระดับความสูงเก้าอี้ 45 - 50 เซนติเมตร และระดับเตียงที่ 65 - 70 เซนติเมตร หาก พิจารณาความเหมาะสมของปริมาณน้ำที่ถึงบรรจุได้สูงสุดคือ 6 ลิตรต้องดูประกอบกันทั้งผลการทดลองจับเวลาการ ใช้ น้ำในการทำความสะอาดและการอ้างอิงไปสู่การใช้งานในชีวิตจริง จากการทดลองการล้างมือและล้างหน้าโดยใช้ สบู่ สามารถทำได้ 5 ครั้ง และ 3 ครั้งตามลำดับ ส่วนการทำความสะอาดแบบไม่ใช้สบู่จะทำได้บ่อยครั้งขึ้นคือสามารถ ล้างมือ ลูบแขน และลูบหน้า ได้ 26 ครั้ง 15 ครั้ง และ 10 ครั้งตามลำดับ ส่วนการประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงต้องนำ เงื่อนไขที่ว่ากิจกรรมการทำความสะอาดมือและใบหน้าประจำวันจะเป็นแบบผสมผสานมาพิจารณาร่วมด้วย ดัง ตัวอย่างการเก็บข้อมูลพฤติกรรมโดยปกติของกลุ่มตัวอย่างผู้เคลื่อนไหวได้ยากในระหว่างวันในฤดูร้อน ส่วนใหญ่มี กิจกรรมการใช้น้ำในการล้างมือล้างหน้าแบบใช้สบู่ประมาณ 1-2 ครั้งต่อวัน การลูบหน้าและแขนเพื่อคลายร้อนโดย ไม่ใช้สบู่ ประมาณ 5 ครั้งต่อวัน การล้างมือแบบไม่ใช้สบู่ประมาณ 5-8 ครั้งต่อวันเพื่อทำความสะอาดหลังจากการ รับประทานขนมและผลไม้ หากใช้เกณฑ์เวลาเดียวกันกับการทดลองตามตารางที่ 1 และ 2 จะคิดเป็นเวลารวมในการ ใช้น้ำไม่เกิน 110 วินาทีซึ่งเป็นเวลาที่ใช้น้ำในการใช้น้ำ 6 ลิตรจากถังเมื่อเปิดก๊อกน้ำแบบสูด แสดงว่าปริมาณน้ำเต็มถึง บรรจุ 6 ลิตร เพียงพอต่อการใช้ 1 วัน

ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามให้ระดับความพึงพอใจในระดับสูงในทุกด้าน จากค่าความ พึงพอใจในประเด็นต่าง ๆ พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากในประเด็นที่เกี่ยวกับความสะดวกในการใช้งาน โดยมีค่า ความพึงพอใจมากที่สุดในประเด็นตำแหน่งของอุปกรณ์ สบู่ล้างมือ ที่เก็บของ หรือกระดาดเช็ดมืออยู่ในตำแหน่งที่ใช้ งานง่ายมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.9 ± 0.31 และประเด็นถึงเก็บน้ำที่มีขนาดเพียงพอมีค่าเฉลี่ยรองลงมาที่ 4.6 ± 0.51 สำหรับด้านการออกแบบโดยรวมสอดคล้องกับหลักการยศาสตร์ ไม่เมื่อยล้าขณะใช้งานและส่งเสริมสุขอนามัยที่ดี มี ค่าเฉลี่ย 4.5 ± 0.52 และประเด็นถึงน้ำที่ถอดออกได้สะดวกมีค่าเฉลี่ย 4.4 ± 0.51 ความพึงพอใจที่ลดลงอาจมีสาเหตุ มาจากการที่ถังน้ำทิ้งที่ทำจากเหล็กสเตนเลสด้วยเหตุผลด้านความสะดวก แต่มีข้อเสียด้านน้ำหนักที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะเมื่อรวมกับน้ำหนักของน้ำทิ้งจากการใช้งาน น้ำหนักที่มากทำให้การติดตั้งเข้าออกทำได้ไม่สะดวกเท่าที่ควร อาจต้องพิจารณาใช้วัสดุอื่นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว สำหรับความพึงพอใจน้อยที่สุดพบในประเด็นระยะห่างจากก๊อกน้ำ สามารถเปิดก๊อกน้ำได้โดยไม่ต้องก้มหรือเอนมากเกินไปและประเด็นการมีล้อและล๊อคล้อ เลื่อนอ่างได้สะดวก โดยมี ค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.2 ± 0.78 ทั้งนี้การทดสอบใช้งานอ่างล้างมือเคลื่อนที่ทำที่บ้านของผู้ใช้งานซึ่งมีสภาพพื้นที่แตกต่าง กัน อาจต้องพิจารณาเปลี่ยนรูปแบบและขนาดของล้อเพื่อให้รองรับการเคลื่อนที่ไปบนสภาพพื้นผิวที่หลากหลายขึ้น โดยรวมแล้วเครื่องมือมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง โดยมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยจากทุกประเด็นในระดับสูงคือ 4.4 ± 0.62 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้ศึกษาของ ปาณิสรา ส่งวัฒนายุทธ, ผกามาต พิศารกร และ ภคพร กลิ่นหอม (2563) เกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมทางการแพทย์สำหรับนักศึกษาพยาบาล ที่ให้ความสำคัญกับเสียง ความต้องการจากผู้ใช้งานจริงทั้งตัวผู้ป่วยเองและผู้ดูแล

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต ประกอบด้วย

- 6.1 การออกแบบให้มีการควบคุมการไหลของน้ำด้วยระบบเซนเซอร์ เพื่อเพิ่มความเสถียร ลดการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน
- 6.2 การปรับขนาดและรูปทรงของถังบรรจุน้ำเพื่อเพิ่มความแรงในการไหล และขยายช่วงเวลาการใช้งาน
- 6.3 การเพิ่มระบบการบำบัดน้ำใช้แล้วที่เก็บในถังรอการนำไปทิ้ง เพื่อเพิ่มมาตรฐานด้านสุขอนามัย
- 6.4 การนำไปทดสอบการใช้งานจริงในระยะยาว เพื่อรวบรวมข้อดีข้อเสียมาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ที่ให้การสนับสนุนทั้งความรู้ ทรัพยากรและสิ่งอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

จับตานโยบายสาธารณะ : Policy watch. (2567). โฉมหน้าสังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์.

<https://policywatch.thaipbs.or.th/article/life-100>

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ปานิสร่า ส่งวัฒนายุทธ, ผกามาศ พิธรากร และ ภคพร กลิ่นหอม. (2563, กันยายน - ธันวาคม) การพัฒนานวัตกรรมทางการแพทย์สำหรับนักศึกษาพยาบาล. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระจอมเกล้า จังหวัดเพชรบุรี, 3(3),1-15.

ปญญาวีร์ อาราม. (2565). การพัฒนารูปแบบการสร้างเสริมสุขภาพสำหรับคนพิการทางการมองเห็นในภูมิภาคตะวันตก. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนศึกษา ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุวรรณา วุฒิธรณฤทธิ์ และ วลัยนารี พรหมลา. (2564, กันยายน - ธันวาคม) การดูแลผู้สูงอายุติดเตียง: การทบทวนอย่างเป็นระบบ. วารสารพยาบาลทหารบก, 22(3),367-375.

Modernformhealthcare. (2568). รู้จักภาวะการเคลื่อนไหวลำบากที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ.

<https://modernformhealthcare.co.th/mobility-issues-in-elderly/>

Sclar, G.D., Penakalapati, G., Caruso, B.A. et al. (2018, November). Exploring the Relationship between Sanitation and Mental and Social Well-being : A Systematic Review and Qualitative Synthesis. *Social Science & Medicine*,217, 121-134.

Thailand Innovation Portal. (2564). อ่างล้างมืออัตโนมัติ. <https://www.thailandinnovationportal.com/info/innovation/item/22299>

คุณค่าทางวิชาการ

ผลลัพธ์สำคัญที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้คือแนวทางในการสร้างอ่างล้างมือเคลื่อนที่ได้ที่สามารถอำนวยความสะดวก เพิ่มคุณภาพชีวิต และลดการพึ่งพาผู้ดูแลให้แก่ผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวหลากหลายกลุ่ม การสร้างเครื่องมือจากการสะท้อนปัญหาของกลุ่มผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบทและไม่มีผู้ดูแลตลอดเวลา ทำให้ได้เครื่องมือที่ออกแบบมาตรงกับความต้องการ ใช้งานได้จริง ช่วยส่งเสริมความสามารถในการรักษาสุขอนามัยส่วนบุคคลที่ทำได้ด้วยตนเอง อ่างล้างมือสำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวได้ยากที่ได้สร้างขึ้นสามารถเป็นต้นแบบให้กับการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้แก่ผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหวได้ยาก อีกทั้งยังสามารถบูรณาการร่วมกับการเรียนการสอนในชั้นเรียนก่อนเป็นองค์ความรู้ให้กับนักศึกษาและสถาบันทางการศึกษาต่อไป

การวิเคราะห์โซ่อุปทานและต้นทุนโลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ กรณีศึกษา สวนปิ่นบุญ จังหวัดกาฬสินธุ์

ณัฐนิชา วิชาชัย¹ ธัญญกาญจน์ สุพร²สวัสดิ์ อุดรา³ และสมฤดี กลิ่นหอม^{4*}
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์^{1 2 3}
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์^{4*}
อีเมล : Somrudee@kru.ac.th^{4*}

วันที่รับบทความ 1 กุมภาพันธ์ 2569

วันแก้ไขบทความ 18 เมษายน 2569

วันตอบรับบทความ 21 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโซ่อุปทานในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ และเพื่อศึกษาด้านต้นทุนและวิเคราะห์โลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ กรณีศึกษาสวนปิ่นบุญ จังหวัดกาฬสินธุ์ คณะผู้วิจัยได้จัดทำโซ่อุปทานในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ โดยแบ่งเป็นสามส่วน ได้แก่ ต้นน้ำ ประกอบไปด้วย การจัดหาเมล็ดพันธุ์ และอุปกรณ์การเกษตรจากผู้จำหน่าย กลางน้ำ ประกอบไปด้วย กระบวนการเพาะปลูก การดูแลและบำรุงรักษา และปลายน้ำ ประกอบไปด้วย การจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า คือ ท็อป เซนทรัล ฟลาซ่า ขอนแก่น และแม็คโคร กาฬสินธุ์ การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์รวมทั้งหมดในโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ ผลการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์รวมเท่ากับ 67,236 บาทต่อเดือน และพบว่าต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำมีต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 50,116 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 74.54 ของต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งหมด ซึ่งมีต้นทุนหลัก คือ ต้นทุนค่าจ้างแรงงานในการบำรุงรักษา เฉลี่ย 10,800 บาทต่อเดือน รองลงมา ต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำมีต้นทุนคิดเป็นร้อยละ 23.05 และต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ คิดเป็นร้อยละ 2.41 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม

คำสำคัญ : โซ่อุปทาน ต้นทุนโลจิสติกส์ ผักสลัดกรีนคอส เกษตรอินทรีย์

The investigation of supply chain and logistics costs in organic green cos lettuce cultivation: A case study of Suan Pun Boon in Kalasin Province

Natnicha Wichachai¹, Thanyakan Suphin², Savalee Uttra³, Somrudee Klinhom^{4*}

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University^{1,2,3}

Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi Rajabhat University^{4*}

E – mail : Somrudee@kru.ac.th ^{2*}

Received 1 February 2026

Revised 18 April 2026

Accepted 21 April 2026

Abstract

This research aims to investigate the supply chain and analyze the logistics costs of organic Green Cos lettuce cultivation, using Suan Pun Boon in Kalasin Province as a case study. The supply chain is categorized into three segments: upstream, involving the procurement of seeds and agricultural equipment; midstream, encompassing cultivation, maintenance, and packaging; and downstream, focusing on distribution to Tops Central Plaza Khon Kaen and Makro Kalasin. The analysis reveals that the total logistics cost is 67,236 Baht per month. Notably, midstream logistics constitutes the largest is 50,116 Baht per month with portion at 74.54% of the total cost, primarily driven by packaging labor costs averaging 10,800 Baht per month. This is followed by downstream logistics at 23.05% and upstream logistics at 2.41% of the total expenditure.

Keywords : Supply Chain, Logistics Cost, Green Cos Lettuce, Organic Farming

1. บทนำ

เกษตรอินทรีย์ (Organic Farming) คือ รูปแบบการทำเกษตรกรรมที่ยึดหลักธรรมชาติในพื้นที่การผลิตที่ปราศจากสารพิษตกค้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของสารเคมีสังเคราะห์และสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (GMOs) ทั้งในดิน น้ำ และอากาศ แนวทางนี้มุ่งเน้นการส่งเสริมความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรดินและความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศให้กลับคืนสู่สมดุลธรรมชาติ ผ่านกระบวนการจัดการที่มีแผนงานอย่างเป็นระบบภายใต้มาตรฐานสากล เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง ปลอดภัย และเปี่ยมด้วยคุณค่าทางโภชนาการ โดยยังคงรักษาต้นทุนการผลิตให้อยู่ในระดับต่ำเพื่อขับเคลื่อนคุณภาพชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง (เกษตรอำเภอเมืองปาน, 2562) โดยผักสลัดกรีนคอส (Green Cos) หรือที่นิยมเรียกในประเทศไทยว่า "ผักกาดหวาน" นิยมปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ เป็นผักที่มีลักษณะใบสีเขียวเรียวยาว ทรงพุ่ม มีรสสัมผัสกรอบและรสชาติขมเล็กน้อยโดยไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว ผักชนิดนี้อุดมไปด้วยใยอาหาร (Fiber) และวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย จึงได้รับความนิยมอย่างสูงในการประกอบอาหารสุขภาพ เช่น เมนูซีซาร์สลัดและแซนด์วิช ในด้านการเพาะปลูกกรีนคอสสามารถเติบโตได้ดีทั้งในกระถางและระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวประมาณ 40–60 วัน (ชัยชนก, 2568)

Stock and Lambert (2001) ได้อธิบายการวิเคราะห์ต้นทุนในงานด้านโลจิสติกส์ โดยมีเป้าหมายเพื่อเน้นการลดต้นทุนรวมมากกว่าที่จะลดต้นทุนในแต่ละกิจกรรม เนื่องจากการมุ่งเน้นลดต้นทุนเพียงกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งอาจส่งผลต่อต้นทุนของกิจกรรมอื่นให้สูงขึ้นได้ ซึ่งในกิจกรรมต้นน้ำที่ศึกษาจะดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขนส่ง การจัดเก็บ ปัจจัยในการผลิต และการส่งมอบสินค้า ซึ่งล้วนแต่เป็นกิจกรรมโลจิสติกส์ การศึกษาโครงสร้างโซ่อุปทานร่วมกับการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์โดยประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC) ช่วยให้เข้าใจภาพรวมของกิจกรรมและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการและลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ระบุว่ากระบวนการดำเนินงานประกอบด้วยกิจกรรมหลักที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ต้นน้ำ (Upstream) เช่น การจัดซื้อวัตถุดิบและเตรียมการปลูก กลางน้ำ (Midstream) เช่น การเพาะปลูก การดูแลรักษา และการแปรรูป และ ปลายน้ำ (Downstream) เช่น การขนส่ง การตลาด และการส่งมอบให้ผู้บริโภค กิจกรรมเฉพาะทางที่พบบ่อย ได้แก่ การจัดซื้อจัดหา การเตรียมแปลง การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการขนส่ง (รัชนิวรรณ สุจริต และคณะ, 2566; กนกพัชร กอประเสริฐ และคณะ, 2562; เจษฎาภรณ์ บุญจรรักษ์ และคณะ, 2567) การนำระบบ ABC มาใช้ช่วยให้เกษตรกรและผู้ประกอบการเห็นภาพรวมของต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละกิจกรรมอย่างละเอียด ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาที่เกษตรกรส่วนใหญ่มักไม่ได้จดบันทึกค่าใช้จ่ายอย่างชัดเจน ทำให้ไม่ทราบต้นทุนหรือกำไรที่แท้จริง โดยการวิเคราะห์นี้ทำให้เห็นว่าต้นทุนแต่ละส่วนมีความสำคัญแตกต่างกันไป (กานตรวี ก้อนนาค และคณะ, 2566; ปิยารัตน์ อันชัยศรี และณัฐพร สารพันธ์, 2566; ณาตยา ศรีจันทิก และฐิติมา เอียดแก้ว, 2565; ภัทรภร กิณพันธ์, 2566; หทัยชนก พวงแย้ม และคณะ, 2566; รัชฎา แต่งภูเขียว และคณะ, 2567) อาทิ กิจกรรมการดูแลรักษา มักเป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนสูงที่สุดในหลายงานวิจัย เนื่องจากการใช้ทรัพยากรด้านวัสดุสิ้นเปลืองและแรงงานจำนวนมาก กิจกรรมการจัดซื้อวัตถุดิบ เป็นต้นทุนหลักที่ส่งผลกระทบต่อมากในช่วงต้นน้ำ โดยเฉพาะในกลุ่มพืชผักอินทรีย์ กิจกรรมกลางน้ำและการขนส่งในบางผลิตภัณฑ์อย่างมะพร้าว น้ำหอม ต้นทุนส่วนใหญ่กลับไปที่กระบวนการที่การขนส่งและการกระจายสินค้าของคนกลาง หากมีการศึกษาวิจัยที่เข้าใจการไหลของข้อมูลสินค้า ตลอดโซ่อุปทาน ร่วมกับการทำระบบบัญชีต้นทุนที่ดี จะช่วยให้สามารถเข้าใจปัญหาในกระบวนการโซ่อุปทานและสามารถแก้ไขปัญหาได้ (ปิยารัตน์ อันชัยศรี และณัฐพร สารพันธ์, 2566; ณาตยา ศรีจันทิก และฐิติมา เอียดแก้ว, 2565) จะเห็นได้ว่า การศึกษาโครงสร้างโซ่อุปทานร่วมกับการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์โดยประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC) ช่วยให้เข้าใจภาพรวม

ของกิจกรรมและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการและลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สวนปันบุญ ตั้งอยู่ที่บ้านดอนแคน ตำบลฆ้องชัยพัฒนา อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2550 และเริ่มมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในปี พ.ศ. 2560 ปัจจุบันอยู่ภายใต้การบริหารจัดการของนางสุจารี ธนสิริธนากร สวนแห่งนี้ได้รับการยอมรับในฐานะศูนย์เรียนรู้ด้านเกษตรอินทรีย์ต้นแบบของจังหวัด โดยได้รับการสนับสนุนจากกระทรวงการเกษตรและสหกรณ์เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการผลิตพืชผักอินทรีย์แก่เกษตรกรและบุคคลทั่วไปมีการผลิตพืชผักตามฤดูกาลในรูปแบบอินทรีย์ 100% โดยผักสลัดที่ผลิตและจัดจำหน่ายประกอบด้วย กรีนคอส กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด และเรดโอ๊ค ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายหลักคือลูกค้าประจำ ลูกค้าหน้าร้าน และกลุ่มผู้ศึกษาดูงาน จากการสำรวจเบื้องต้นของคณะผู้วิจัยพบว่า ผักสลัดกรีนคอสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มียอดจำหน่ายสูงสุด ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาโครงสร้างโซ่อุปทานและการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้แก่สถานประกอบการ (เทศบาลตำบลฆ้องชัยพัฒนา, 2567)

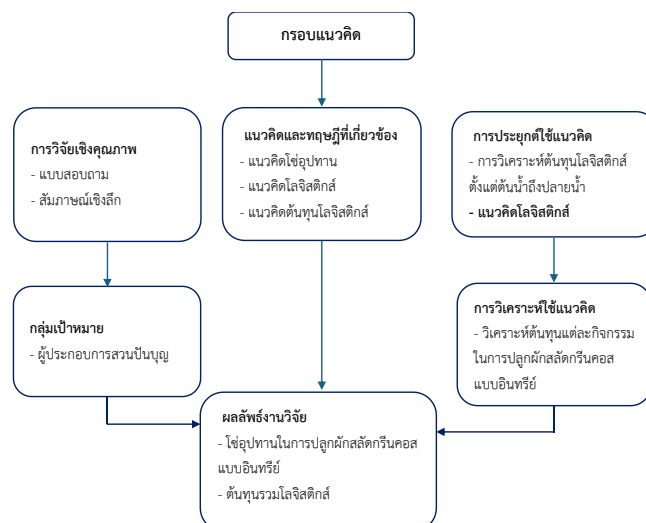
2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาโซ่อุปทานในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์
- 2.2 ศึกษาต้นทุนและวิเคราะห์โลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์

3. วิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

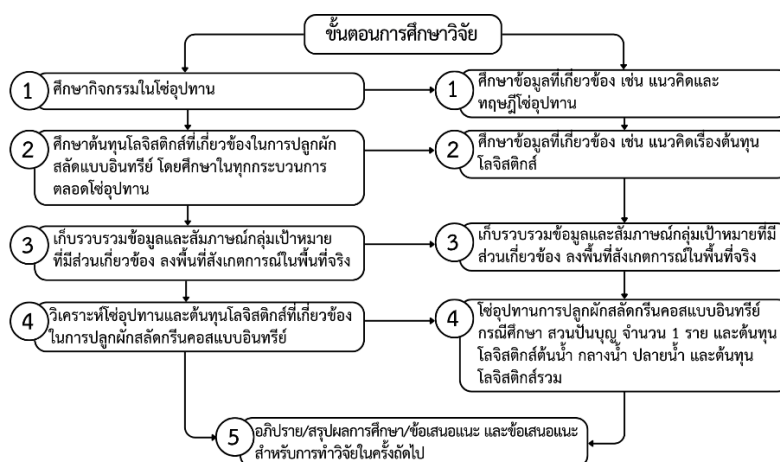
กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัยเป็นแบบวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้เครื่องมือการวิจัยคือการใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยมีเป้าหมายของการศึกษา คือ ผู้ประกอบการสวนปันบุญ จำนวน 1 คนเป็นผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด คณะผู้วิจัยนำแนวคิดเรื่องโซ่อุปทาน และการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์มาปรับประยุกต์ใช้ในการสร้างโซ่อุปทาน และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในของแต่ละกิจกรรมการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ตั้งแต่กิจกรรมต้นน้ำจนถึงกิจกรรมปลายน้ำ โดยศึกษากิจกรรมภายในโซ่อุปทานและนำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรในด้านต่าง ๆ ของแต่ละกิจกรรม ตลอดโซ่อุปทาน แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโซ่อุปทานและต้นทุนกิจกรรมโลจิสติกส์ เพื่อลงพื้นที่เก็บข้อมูล โดยสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งก็คือผู้ประกอบการสวนปันบุญ วิเคราะห์ต้นทุนกิจกรรมโลจิสติกส์ในทุกกระบวนการตลอดโซ่อุปทานโดยระบุกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ คำนวณต้นทุนโลจิสติกส์และรวบรวมต้นทุนเพื่อหาทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม แสดงดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษารวบรวมข้อมูลครั้งนี้ได้เลือกสถานที่ในการวิจัยโดยมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายที่มีการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ เพื่อเป็นทางเลือกในการติดต่อประสานงานและสะดวกต่อการเดินทางเข้าศึกษาเก็บข้อมูล จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อไปสัมภาษณ์เชิงลึกและใช้แบบสอบถาม โดยเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการสวนปันบุญ อำเภอเมืองชัย จังหวัดกาฬสินธุ์

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อรองรับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งจัดเก็บด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ที่มีบทบาทหลัก (Key Person) ในการบริหารต้นทุนโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ของกรณีศึกษา โดยมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ขั้นตอนดังนี้

3.4.1 การสังเกต (Observation) เทคนิคนี้ถูกใช้สำหรับการสำรวจรูปแบบการดำเนินการเบื้องต้นของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่อุปทาน การสังเกตทำให้ทราบข้อมูลสำคัญและจำเป็นสำหรับภาระปฏิบัติการเพิ่มเติมจากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์และจดบันทึก นอกจากนี้ข้อมูลบางส่วนถูกนำไปใช้สำหรับทำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกในขั้นต่อไป

3.4.2 การเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) โดยดำเนินการสัมภาษณ์ตัวอย่างที่ได้ทำการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยแบบสอบถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ได้ถูกสร้างขึ้นมาก่อนการลงพื้นที่ผ่านการสังเกตเบื้องต้น และเป็นข้อคำถามที่สะท้อนถึงต้นทุนโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ ที่จะครอบคลุมต้นทุนในช่วงระยะเวลาที่มีการเริ่มเพาะปลูกตลอดจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต

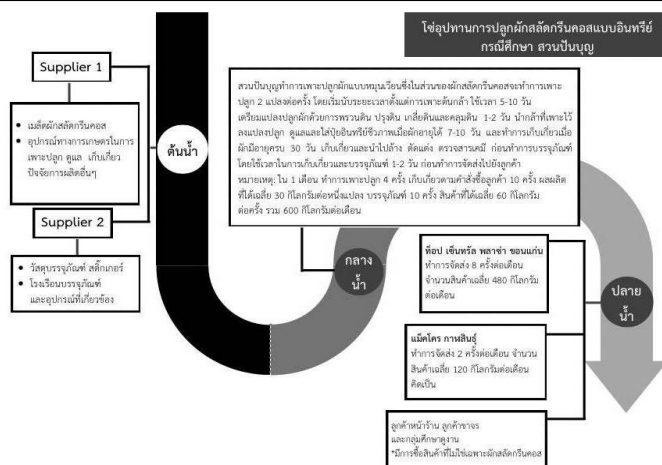
3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างโซ่อุปทานเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถเคลื่อนย้ายจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์โซ่อุปทานที่ดีสามารถช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ โดยนำข้อมูลต้นทุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละกิจกรรมมาวิเคราะห์ตามแนวคิดการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นโดยคณะผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนในช่วงระยะเวลาที่มีการเริ่มเพาะปลูก จนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีความพร้อมในการบรรจุภัณฑ์และส่งออกเพื่อจำหน่ายให้กับ ท็อป เซ็นทรัลฟลาซ่า ขอนแก่น และแม็คโคร กาฬสินธุ์

การคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทยอ้างอิงวิธีการคำนวณของ Robert V. Delaney แห่งบริษัท CASS Information System ของสหรัฐอเมริกาเป็นหลัก ซึ่งได้จัดทำการคำนวณต้นทุน โลจิสติกส์ตั้งแต่ปี 2516 โดยประยุกต์ให้มีความสอดคล้องกับบริบทและแหล่งข้อมูลหลักของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิอ้างอิงโครงสร้างข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Table) หากพบกรณีที่ไม่สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิและการเก็บข้อมูลภาคสนามอาจทำได้ยากในทางปฏิบัติ ใช้การประมาณการข้อมูลโดยอ้างอิงสมมติฐานจากมาตรฐาน วิธีคำนวณของ CASS Method (พงษ์ชัย อธิคมรัตน์กุล, 2550) เพื่อให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์ที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่มี โดยประเทศไทยได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลต้นทุนโลจิสติกส์ต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการบริหารจัดการโลจิสติกส์ในภาพรวมของประเทศตามมาตรฐานสากล ได้นิยามความหมายของ ต้นทุนโลจิสติกส์ คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ กิจกรรมโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการในการดำเนินธุรกิจ โดยมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ 1) ต้นทุนการขนส่ง 2) ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง และ 3) ต้นทุนการบริหารจัดการ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโซ่อุปทานทางคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการปลูกผักสลัดกรีนคอสอินทรีย์ของสวนปันบุญ ซึ่งได้ทำการสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการ โดยโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดแบบอินทรีย์ กรณีศึกษาสวนปันบุญ จากการวิเคราะห์ข้อมูล (แสดงในรูปที่ 3) ทราบว่าสวนปันบุญได้มีกระบวนการจัดซื้อจัดหาจากซัพพลายเออร์ 2 ราย ประกอบด้วย ซัพพลายเออร์ที่ 1 จัดซื้อเมล็ดผักสลัดกรีนคอสและซื้ออุปกรณ์ทางการเกษตรในการเพาะปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว ปัจจัยการผลิตอื่น ๆ และซัพพลายเออร์ที่ 2 จัดซื้อวัสดุบรรจุภัณฑ์ สติกเกอร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโรงเรือนบรรจุภัณฑ์ ซึ่งในกระบวนการผลิตได้ทำการปลูกผักสลัด กรีนคอส 2 แปลงต่อครั้ง เริ่มนับระยะเวลาตั้งแต่การเพาะต้นกล้า ใช้เวลา 5-10 วัน เตรียมแปลงปลูกด้วยการพรวนดิน ปรวนดิน เกลี่ยดิน และคลุมดิน 1-2 วัน นำกล้าที่เพาะไว้ลงแปลงปลูก ดูแล เมื่อผักอายุได้ 7-10 วัน เก็บเกี่ยวเมื่อผักมีอายุเฉลี่ยครบ 30 วัน และส่งต่อไปยังกระบวนการบรรจุภัณฑ์ นำไปล้างตัดแต่งผลผลิต และตรวจสอบสารเคมี ก่อนทำการบรรจุภัณฑ์ โดยจะใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์เฉลี่ย 1-2 วัน ก่อนทำการจัดส่งไปยังลูกค้า ความถี่ในการเพาะปลูกผักสลัดกรีนคอส โดยที่ 1 เดือน จะทำการเพาะปลูก 4 ครั้ง เก็บเกี่ยวตาม คำสั่งซื้อลูกค้า 10 ครั้ง สินค้าที่ได้เฉลี่ย 30 กิโลกรัมต่อหนึ่งแปลง มีการบรรจุภัณฑ์ 10 ครั้ง ผลผลิต ที่ได้เฉลี่ย 60 กิโลกรัมต่อครั้ง รวม 600 กิโลกรัมต่อเดือน โดยจัดส่งผักสลัดกรีนคอสให้กับท็อป เซ็นทรัล ฟลาซ่า ขอนแก่น โดยจัดส่งสินค้า 8 ครั้งต่อเดือน เดือนละ 480 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 80 และแม็คโคร กาฬสินธุ์ จัดส่งสินค้า 2 ครั้งต่อเดือน เดือนละ 120 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 20 และมีการจัดจำหน่ายให้กับลูกค้าหน้าร้าน ลูกค้าชาจร และกลุ่มศึกษาดูงาน ซึ่งเป็นการจัดจำหน่าย โดยภาพรวมของสวน รวมผักหลายประเภท



รูปที่ 3 แสดงข้ออุปทานในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ของสวนป่านบุญ

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพบในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ กรณีศึกษาสวนปันบุญทางคณะผู้วิจัยได้พิจารณาความสัมพันธ์ด้านกิจกรรมโลจิสติกส์ที่สอดคล้องกับกิจกรรมภายในโซ่อุปทานจากรูปที่ 3 ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้สามารถเข้าใจและบริหารจัดการกิจกรรมต่างๆ ในโซ่อุปทานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กิจกรรมโลจิสติกส์ทั้ง 13 กิจกรรมนี้ ครอบคลุมต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ โดยกิจกรรมภายในโซ่อุปทานการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ของสวนปันบุญ สามารถจำแนกลงในกิจกรรมโลจิสติกส์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกกิจกรรมโลจิสติกส์ในโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์

ลำดับ	กิจกรรมโลจิสติกส์	ต้นน้ำ	กลางน้ำ	ปลายน้ำ
1	การบริการลูกค้า (Customer Service)			✓
2	การดำเนินการตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Order Processing)		✓	
3	การคาดการณ์ความต้องการของลูกค้า(Demand Forecasting)		✓	
4	การบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Management)	✓	✓	
5	การขนส่ง (Transportation)			✓
6	การบริหารคลังสินค้า (Warehousing and Storage)			✓
7	โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics)			✓
8	การจัดซื้อ (Purchasing)	✓		
9	การจัดเตรียมอะไหล่และชิ้นส่วนต่างๆ (Part and Service Support)	✓	✓	
10	การเลือกที่ตั้งโรงงาน (Plant and Warehouse Site Selection)		✓	
11	การจัดหาวัสดุ (Material Handling)		✓	
12	บรรจุภัณฑ์ (Packaging)		✓	
13	การติดต่อสื่อสารทางด้านโลจิสติกส์ (Logistics Communications)			✓

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ด้านกิจกรรมโลจิสติกส์และโซ่อุปทานการปลูกผักสลัดกรีนคอนสแบบอินทรีย์
ของสวนป่านบุญในตารางที่ 1 สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4 ต่อไปนี้



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ด้านกิจกรรมโลจิสติกส์และโซ่อุปทานการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ของสวนป่านบุญ

4.2. ศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ ในการศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ จากการศึกษาทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการนำทฤษฎีการจัดการต้นทุนโลจิสติกส์มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ต้นทุนโลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ ข้อมูลต้นทุนที่ได้จากการสอบถามและสัมภาษณ์ผู้ประกอบการสวนป่านบุญ อำเภอเมืองชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ผู้วิจัยได้นำมาจำแนกตามกิจกรรมในโซ่อุปทาน ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนต้นน้ำ ต้นทุนกลางน้ำ และต้นทุนปลายน้ำ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์สวนป่านบุญพบว่า รูปแบบการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ มีดังนี้

1. เพาะปลูกผักสลัดกรีนคอสเดือนละ 4 ครั้ง
2. ปลูกผักสลัดกรีนคอสครั้งละ 2 แปลง
3. เก็บเกี่ยวตามคำสั่งซื้อลูกค้า 10 ครั้งต่อเดือน
4. บรรจุภัณฑ์ 10 ครั้งต่อเดือน
5. จัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า 10 ครั้งต่อเดือน
6. รถในการขนส่งสินค้า 1 คัน จัดส่งลูกค้า 10 ครั้งต่อเดือน
 - ส่ง ท็อป เซ็นทรัล พลาซ่า ขอนแก่น 8 ครั้งต่อเดือน
 - ส่ง แม็คโคร กาฬสินธุ์ 2 ครั้งต่อเดือน
7. จำหน่ายลูกค้าหน้าร้าน ลูกค้าชาว และกลุ่มศึกษาดูงาน (เป็นภาพรวมของการจำหน่ายทั้งสวน) แต่ในการศึกษานี้ ไม่ได้นำลูกค้าในส่วนนี้มาพิจารณาต้นทุน
8. ลูกจ้างดูแลประจำสวนจำนวน 3 คน
9. ลูกจ้างชั่วคราวในการเตรียมแปลงปลูก 1 คน
10. การบรรจุภัณฑ์ คำนวณจากจำนวนสินค้าที่บรรจุได้ 18 บาทต่อกิโลกรัม
11. ลูกจ้างในการขนส่ง 3 คน

การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ จากการจำแนกกิจกรรมในโซ่อุปทานต้นน้ำ ประกอบด้วย ต้นทุนเมล็ดพันธุ์ผักสลัดกรีนคอส ต้นทุนอุปกรณ์ทางการเกษตรในการเพาะปลูกการดูแล การเก็บเกี่ยวและปัจจัยการผลิตอื่น ๆ และต้นทุนอุปกรณ์โรงงานบรรจุภัณฑ์ แสดงการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ

รายการ	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ต่อครั้ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อ เดือน (บาท)	ร้อยละ
1. เมล็ดพันธุ์ผักสลัดกรีนคอส	$100 \times 2 = 200$	$200 \times 4 = 800$	49.38
2. อุปกรณ์ทางการเกษตรในการเพาะปลูก ดูแล เก็บเกี่ยว และปัจจัยการผลิตอื่นๆ (เหมา)	$820 / 4 = 205$	$820 \times 1 = 820$	50.62
3. อุปกรณ์โรงเรือนบรรจุภัณฑ์*	-	-	-
ต้นทุนโลจิสติกส์รวม (บาท)	405	1,620	100

หมายเหตุ : 1 เดือนทำการเพาะปลูก 4 ครั้ง, *ต้นทุนอุปกรณ์โรงเรือนบรรจุภัณฑ์ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก Central Group จึงไม่มีค่าใช้จ่าย

จากการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ ประกอบด้วยต้นทุนเมล็ดพันธุ์ผักสลัดกรีนคอส 100 บาทต่อแปลง ภายในหนึ่งเดือนสวนปันบุญ ได้ทำการปลูก 8 แปลง เฉลี่ยเท่ากับ 800 บาท และต้นทุนอุปกรณ์ทางการเกษตรในการเพาะปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว และปัจจัยการผลิตอื่นๆ โดยหนึ่งเดือนจะทำการสั่งซื้อหนึ่งครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 820 บาทต่อเดือน ดังนั้นต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำรวม 1,620 บาทต่อเดือน

เมื่อพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ พบว่าต้นทุนสูงสุด คือ ต้นทุนอุปกรณ์ทางการเกษตรในการเพาะปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยวและปัจจัยการผลิตอื่นๆ เฉลี่ยเท่ากับ 820 บาทต่อเดือนคิดเป็นร้อยละ 50.62 รองลงมา ต้นทุนเมล็ดพันธุ์ผักสลัดกรีนคอส เฉลี่ยเท่ากับ 800 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 49.38

การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ จากการจำแนกกิจกรรมในโซ่อุปทานกลางน้ำ ประกอบด้วย ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการเตรียมแปลงปลูกผักสลัดกรีนคอส ต้นทุนเพาะต้นกล้า ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการปลูก ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการดูแล ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการเก็บเกี่ยว ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการบรรจุภัณฑ์ ต้นทุนค่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ สติกเกอร์ ต้นทุนค่าตรวจสอบสารเคมี ต้นทุน ค่าเสื่อมราคาโรงเรือนบรรจุภัณฑ์ และต้นทุนค่าปัจจัยอื่น ๆ แสดงการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ

รายการ	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ต่อครั้ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ต่อเดือน (บาท)	ร้อยละ
1. ค่าจ้างลูกจ้างในการเตรียมแปลงปลูกผักสลัดกรีนคอส (เหมา)	300	$300 \times 4 = 1,200$	2.39
2. เพาะต้นกล้า (เหมา)	604	$604 \times 4 = 2,416$	4.82
3. ค่าจ้างลูกจ้างในการปลูก (เหมา)	2,250	$2,250 \times 4 = 9,000$	17.95
4. ค่าจ้างลูกจ้างในการดูแล (เหมา)	2,250	$2,250 \times 4 = 9,000$	17.95
5. ค่าจ้างลูกจ้างในการเก็บเกี่ยว (เหมา)	2,250	$2,250 \times 4 = 9,000$	17.95
6. ค่าจ้างในการบรรจุภัณฑ์ (18 บาท/กิโลกรัม)	$18 \times 60 = 1,080$	$1,080 \times 10^* = 10,800$	21.55
7. ค่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ สติกเกอร์ (3 บาท/หน่วย)	60	$60 \times 10^* = 600$	1.19
8. ค่าตรวจสอบสารเคมี (1 บาท/กิโลกรัม)	$1 \times 60 = 60$	$60 \times 10^* = 600$	1.19
9. ค่าเสื่อมราคาโรงเรือนบรรจุภัณฑ์*	500	$500 \times 10^* = 5,000$	9.97

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการ	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ต่อครั้ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ต่อเดือน (บาท)	ร้อยละ
10. ค่าไฟฟ้า (เหมา)	625	$625 \times 4 = 2,500$	4.98
ต้นทุนโลจิสติกส์รวม (บาท)	9,979	50,116	100.00

หมายเหตุ : 1 เดือนทำการเพาะปลูก 4 ครั้ง, * 1 เดือนบรรจุภัณฑ์ 10 ครั้ง

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ ประกอบด้วย ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการเตรียมแปลงปลูก ซึ่งเป็นลูกจ้างชั่วคราวจำนวน 1 คน และทำการจ้างแบบเหมา ครั้งละ 300 บาท หนึ่งเดือนเตรียมแปลงปลูก 4 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 1,200 บาท ต้นทุนในการเพาะต้นกล้าเฉลี่ยเท่ากับ 2,416 บาท ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างประจำ จำนวน 3 คน เงินเดือน 9,000 บาทต่อคน ซึ่งปฏิบัติงานทั้งปลูก ดูแลและเก็บเกี่ยว เท่ากับ $(3 \times 9,000) / 3$ เท่ากับ 9,000 ดังนั้นค่าจ้างลูกจ้าง ในการปลูกเฉลี่ยเท่ากับ 9,000 บาท ค่าจ้างลูกจ้างในการดูแลเฉลี่ยเท่ากับ 9,000 บาท และค่าจ้างลูกจ้างในการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 9,000 บาท ต้นทุนค่าจ้างในการบรรจุภัณฑ์ จำนวนค่าจ้างแบบเหมาจากการนับยอดสินค้าที่บรรจุได้ 18 บาทต่อกิโลกรัม โดยเฉลี่ยจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต สามารถบรรจุภัณฑ์ผักสลัดกรีนคอสได้เฉลี่ยครั้งละ 60 กิโลกรัม ดังนั้นค่าจ้างในการบรรจุภัณฑ์หนึ่งครั้ง เท่ากับ 1,080 บาท หนึ่งเดือนบรรจุภัณฑ์ 10 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 10,800 บาท ต้นทุนค่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ 3 บาทต่อหน่วย เฉลี่ยเท่ากับ 60 บาทต่อครั้ง หนึ่งเดือนบรรจุ 10 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 600 บาท ต้นทุนค่าตรวจสอบเคมี 1 บาทต่อกิโลกรัม เก็บเกี่ยวผักสลัดกรีนคอสได้เฉลี่ยครั้งละ 60 กิโลกรัม เท่ากับ 60 บาท หนึ่งเดือนตรวจสอบเคมีผักสลัดกรีนคอส 10 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 600 บาท ต้นทุนค่าเสื่อมราคาโรงเรือนบรรจุภัณฑ์ เฉลี่ยเท่ากับ 5,000 บาทต่อเดือน และต้นทุนค่าไฟฟ้า 2,500 บาทต่อเดือน ดังนั้นต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำรวม 50,116 บาทต่อเดือน

เมื่อพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ พบว่า ต้นทุนสูงสุด คือ ต้นทุนค่าจ้างในการบรรจุภัณฑ์ เฉลี่ยเท่ากับ 10,800 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 21.55 รองลงมา คือต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการปลูก เฉลี่ยเท่ากับ 9,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 17.95 ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการดูแล เฉลี่ยเท่ากับ 9,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 17.95 ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการเก็บเกี่ยว เฉลี่ยเท่ากับ 9,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 17.95

การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ จากการจำแนกกิจกรรมในโซ่อุปทานปลายน้ำ ประกอบด้วย ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งและต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างขนส่ง แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ

รายการ	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ต่อครั้ง (บาท)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ต่อเดือน (บาท)	ร้อยละ
1. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง	500	$500 \times 10^* = 5,000$	32.26
2. ค่าจ้างลูกจ้างขนส่ง (เหมา)	$350 \times 3 = 1,050$	$1,050 \times 10^* = 10,500$	67.74
ต้นทุนโลจิสติกส์รวม (บาท)	1,550	15,500	100

หมายเหตุ : ค่าเสื่อมราคาของรถขนส่งไม่นำมาวิเคราะห์ในต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ, * 1 เดือนขนส่ง 10 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ ประกอบด้วยต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง ครั้งละ 500 บาท หนึ่งเดือนขนส่งสินค้า 10 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 5,000 บาท และต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างขนส่ง คิดเป็นแบบเหมา

จำนวน 3 คน คนละ 350 บาทต่อครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 1,050 บาท หนึ่งเดือนขนส่ง 10 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 10,500 บาท ดังนั้นต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ รวม 15,500 บาทต่อเดือน

เมื่อพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ พบว่าต้นทุนสูงสุด คือต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างขนส่ง เฉลี่ยเท่ากับ 10,500 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 67.74 รองลงมา ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง เฉลี่ยเท่ากับ 5,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 32.26

การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์รวม ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการสรุปต้นทุนโลจิสติกส์รวมในโซ่อุปทาน ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ต้นทุนโลจิสติกส์รวมในโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์

กิจกรรม	รวมค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อ ครั้ง (บาท)	รวมค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อ เดือน (บาท)	ร้อยละ
ต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ	405	1,620	2.41
ต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ	9,979	50,116	74.54
ต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ	1,550	15,500	23.05
ต้นทุนโลจิสติกส์รวม	11,934	67,236	100

หมายเหตุ : 1 เดือนทำการเพาะปลูก 4 ครั้ง, 1 เดือนบรรจุภัณฑ์ 10 ครั้ง, 1 เดือนขนส่ง 10 ครั้ง

จากตารางแสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์รวมทั้งหมดในโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ กรณีศึกษาสวนปันบุญ ต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ เฉลี่ย 405 บาทต่อครั้ง เฉลี่ย 1,620 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 2.41 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม โดยต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ เฉลี่ย 9,979 บาทต่อครั้ง เฉลี่ย 50,116 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 74.54 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม และต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ เฉลี่ย 1,550 บาทต่อครั้ง เฉลี่ย 15,500 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 23.05 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม

เมื่อพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์รวม พบว่าต้นทุนสูงสุด คือต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ เฉลี่ย 50,116 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 74.54 รองลงมา ต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ เฉลี่ย 15,500 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 23.05 และต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ เฉลี่ย 1,620 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 2.41 ตามลำดับ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการศึกษาพบว่า ต้นน้ำ ชัฟฟลายเออร์ 1 จัดซื้อเมล็ดผักสลัดกรีนคอส และซื้ออุปกรณ์ทางการเกษตรในการเพาะปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว และปัจจัยการผลิตอื่น ๆ ชัฟฟลายเออร์ 2 จัดซื้อวัสดุบรรจุภัณฑ์ สติกเกอร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโรงเรือนบรรจุภัณฑ์ โดยมีต้นทุนเมล็ดผักสลัดกรีนคอส เฉลี่ย 800 บาทต่อเดือน ต้นทุนอุปกรณ์ทางการเกษตรในการเพาะปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยวและปัจจัยการผลิตอื่น ๆ เฉลี่ย 820 บาทต่อเดือน ต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำรวมเฉลี่ย 1,620 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 2.41 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม

กลางน้ำ ปลูกผักสลัดกรีนคอส 2 แปลงต่อครั้ง โดยเริ่มนับระยะเวลาตั้งแต่การเพาะต้นกล้า ใช้เวลา 5-10 วัน เตรียมแปลงปลูกผักสลัดกรีนคอส ด้วยการพรวนดิน การปรุดิน การเกลี่ยดินและการคลุมดิน 1-2 วัน นำกล้าที่เพาะไว้ลงแปลงปลูก ดูแล และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เมื่อผักสลัด กรีนคอสอายุได้ 7-10 วัน และเก็บเกี่ยวเมื่อผักสลัดกรีนคอสมีอายุครบ 30 วัน จะเก็บเกี่ยว และนำไปทำการล้าง ตัดแต่ง ตรวจสอบความดี ก่อนทำการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์ 1-2 วัน ก่อนทำการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า โดยมีต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการเตรียมแปลงปลูกผักสลัดกรีนคอส เฉลี่ย 1,200 บาท ต่อเดือน ต้นทุนเพาะต้นกล้า เฉลี่ย 2,416 บาทต่อเดือน

ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการปลูก เฉลี่ย 9,000 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างในการดูแล เฉลี่ย 9,000 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้าง ในการเก็บเกี่ยว เฉลี่ย 9,000 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าจ้างในการบรรจุภัณฑ์ เฉลี่ย 10,800 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าวัสดุบรรจุภัณฑ์เฉลี่ย 600 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าตรวจสอบสารเคมี เฉลี่ย 600 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าเสื่อมราคาโรงเรือนบรรจุภัณฑ์ เฉลี่ย 5,000 บาท ต้นทุนค่าไฟฟ้า เฉลี่ย 2,500 บาทต่อเดือน ต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำรวมเฉลี่ย 50,116 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 74.54 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม

ปลายน้ำ ลูกค้ายายที่ 1 ได้แก่ ท็อป เซ็นทรัล พลาซ่า ขอนแก่น โดยจัดส่งสินค้า 8 ครั้งต่อเดือน เดือนละ 480 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 80 ลูกค้ายายที่ 2 คือ แม็คโคร ภาพสินธุ์ จัดส่งสินค้า 2 ครั้งต่อเดือน เดือนละ 120 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 20 ลูกค้ายายที่ 3 คือลูกค้านำร้าน ลูกค้าชาวจีน และกลุ่มศึกษาดูงาน ซึ่งเป็นการจัดจำหน่ายโดยภาพรวมของสวนปันทัญญา ซึ่งทางสวนปันทัญญาไม่ได้เก็บข้อมูลสัดส่วนการจำหน่ายแต่ละประเภทจึงไม่ได้นำมาแสดงสัดส่วนลูกค้ายายที่ 3 ในโซ่อุปทาน โดยมีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง เฉลี่ย 5,000 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าจ้างลูกจ้างขนส่ง เฉลี่ย 10,500 บาทต่อเดือน ต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำรวมเฉลี่ย 15,500 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 23.05 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม

ต้นทุนโลจิสติกส์รวมทั้งหมดในโซ่อุปทานของการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ กรณีศึกษาสวนปันทัญญา ต้นทุนโลจิสติกส์ต้นน้ำ เฉลี่ย 1,620 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 2.41 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม ต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ เฉลี่ย 50,116 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 74.54 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม และต้นทุนโลจิสติกส์ปลายน้ำ เฉลี่ย 15,500 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 23.05 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม

ต้นทุนโลจิสติกส์ที่มีต้นทุนสูงที่สุดในโซ่อุปทานอยู่ที่กลางน้ำ คือ ต้นทุนค่าจ้างในการบรรจุภัณฑ์ เฉลี่ย 10,800 บาทต่อเดือน เนื่องจากมีการคำนวณต้นทุนจากการนับจำนวนของสินค้าที่ได้จากการบรรจุภัณฑ์ในแต่ละรอบ โดยสวนปันทัญญาได้ทำการคิดค่าจ้างเป็นกิโลกรัมละ 18 บาท เมื่อเทียบกับอัตราค่าจ้างแบบเหมาพบว่า มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า แต่หากต้องการลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ทางสวนปันทัญญาจะต้องลดจำนวนสินค้าบรรจุภัณฑ์ลง ซึ่งในเชิงธุรกิจ อาจไม่สามารถทำได้เนื่องจากการบรรจุภัณฑ์เพื่อจัดส่งตามคำสั่งซื้อของลูกค้า จะทำให้ลูกค้าไม่ได้รับสินค้าตามจำนวนที่สั่งซื้อ และจะส่งผลกระทบต่อสวนปันทัญญา การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ โดยต้นทุนโลจิสติกส์รวม คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งต้นทุนสูงสุดคือต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำ ร้อยละ 74.54 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของกนกพัชร กอประเสริฐ และคณะ (2562) การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการต้นทุนโลจิสติกส์ และการบริหารต้นทุน โลจิสติกส์มะพร้าวในจังหวัดระยอง โดยต้นทุนโลจิสติกส์รวมของมะพร้าวน้ำหอม คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีกิจกรรมกลางน้ำเป็นต้นทุนสูงสุดเช่นกัน โดยคิดเป็นร้อยละ 44.96 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือ ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ย้อนหลังอาจมีความคลาดเคลื่อนบางส่วน อีกทั้งสวนปันทัญญา มีการเพาะปลูกผักหลายชนิด ทำให้ต้นทุนบางรายการเป็นเพียงการเฉลี่ยหรือประมาณการ นอกจากนี้ ต้นทุนหลายรายการอยู่ในลักษณะจ้างเหมา เช่น ค่าเสื่อมรถขนส่ง ค่าเสื่อมโรงเรือนและโรงเรือนบรรจุภัณฑ์ ค่าไฟฟ้า และค่าจ้างพนักงานเพาะต้นกล้า รวมถึงยังไม่ได้พิจารณาข้อมูลจากลูกค้าชาวจีนในงานวิจัยนี้

6. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาโซ่อุปทานและวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ในการปลูกผักสลัดกรีนคอสแบบอินทรีย์ที่สวนปันทัญญา มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

6.1 ข้อเสนอแนะสำหรับพัฒนาสถานประกอบการ

6.1.1 สถานประกอบการควรจัดทำสมุดบันทึกหรือระบบฐานข้อมูลที่แยกต้นทุนรายกิจกรรม (เช่น ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงานในการดูแล) แยกตามชนิดของพืชผักอย่างชัดเจน แทนการบันทึกรวม เพื่อให้ทราบถึงผลกำไร-ขาดทุนที่แท้จริงของพืชแต่ละชนิด และสามารถระบุกิจกรรมที่เป็นจุดคอขวด ในการผลิตได้อย่างถูกต้อง

6.1.2 ควรมีการขึ้นทะเบียนสินทรัพย์ที่ใช้ในกิจกรรมโลจิสติกส์ เช่น รถขนส่ง หรือเครื่องจักรอุปกรณ์ เพื่อนำมาคำนวณค่าเสื่อมราคา ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์ต้นทุนรวม (Total Cost) มีความถูกต้องครบถ้วนมากขึ้น และใช้ในการวางแผนสำรองงบประมาณเพื่อซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนทดแทนในอนาคต

6.1.3 เนื่องจากต้นทุนโลจิสติกส์กลางน้ำมีค่าสูงที่สุด และพบว่าอยู่ในกิจกรรมที่เป็นค่าจ้างในการบรรจุภัณฑ์โดยค่าจ้างแรงงานคนเป็นหลัก หากมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยอาจช่วยลดต้นทุนตรงนี้ได้

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งถัดไป

6.2.1 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบบริหารและระบบเคมี เนื่องจากข้อจำกัดที่ไม่สามารถครอบคลุมต้นทุนเคมีได้ ในอนาคตควรมีการศึกษาเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Study) บนพื้นที่และบริบทใกล้เคียงกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของต้นทุนและผลตอบแทนอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรหันมาทำเกษตรอินทรีย์ได้มากขึ้นหากพบว่าต้นทุนที่คุ้มค่ากว่าในระยะยาว

6.2.2 การขยายขอบเขตการคำนวณต้นทุนแฝง ควรเพิ่มการวิเคราะห์ต้นทุนที่ไม่ใช้ตัวเงินหรือต้นทุนที่วัดผลได้ยาก เช่น ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สอดคล้องกับคุณค่าของเกษตรอินทรีย์ที่มุ่งเน้นความยั่งยืน

6.2.3 ทำการศึกษาในกรณีศึกษาที่มียอดการจำหน่ายต่ำ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนและหาแนวทางในการเพิ่มยอดขายต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และเทคโนโลยีขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ สาขาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี และผู้ประกอบการสวนป่านบุญ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสถานที่ในการทำวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- กนกพัชร กอประเสริฐ, นภัตสร สิริคุณารณ์, เบญจมาศ ทับทิมใส และคณะ. (2562). “การจัดการต้นทุนโลจิสติกส์ของมะพร้าวน้ำหอม.” *วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน*, 5(2), 30–38.
- กันยา อัครอารีย์, นิกร ศิริวงศ์ไพศาล. (2564). ต้นทุนโลจิสติกส์และอันตรายต่อความปลอดภัยของโซ่อุปทานพริกสด. *วารสารวิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน*, 7(1), 110–125.
- กานต์รวี ก้อนนาค, พรสิริ สิบพงษ์สังข์, ประทานทิพย์ กระมล. (2566). ต้นทุนโลจิสติกส์ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออก อำเภอพรวัว จังหวัดเชียงใหม่. *ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เกษตรอำเภอเมืองปาน. (2562). *องค์ความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักแบบอินทรีย์*. <https://mueangpan.lampang.go.th/index.html>
- เจษฎาภรณ์ บุญจรรักษ์, พรสุตา ภูกลิ่นลาย, รัชฎา แต่งภูเขียว. (2567). การศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์โดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด. *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*. 2(4), 22–34.
- ณตยา ศรีจันทิก, ฐิติมา เอียดแก้ว. (2565). *โลจิสติกส์และโซ่อุปทานของธุรกิจการเลี้ยงปลากระพงขาว*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2565.
- เทศบาลตำบลฆ้องชัยพัฒนา. (2567). *สถานที่ท่องเที่ยวตำบลฆ้องชัยพัฒนาสวนป่านบุญ*. https://www.khongchaipattana.go.th/pages/travel_detail/7

ัญชนก. (2568). *ผักคอส ประโยชน์ พร้อมวิธีปลูก เก็บกินเก็บขาย สร้างรายได้เสริม*.

[<https://www.sgethai.com/article/%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%84%E0%B8%AD%E0%B8%AA/?srsltid=AfmBOorz4GsMcRnZD2XLKJF2icbjuqNMkaXmnCOohl3fQkZiYJnm7nV>]

ปิยารัตน์ อันชัยศรี, ญัฐพร สารพันธ์. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในการปลูกพุทราหมสด กรณีศึกษาเกษตรกรบ้านโพธิ์ อำเภอดำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 1(3), 17–28.

พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล. (2550). *โลจิสติกส์: ก้าวอย่างประเทศไทยในกระแสโลกาภิวัตน์*. กรุงเทพฯ : สุขภาพใจ.

ภัทรภร กนิพันธ์. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนและแนวทางการกำหนดราคาขายตามวิธีต้นทุนของผลิตภัณฑ์กระเป๋าสานเส้นพลาสติกของวิสาหกิจชุมชนบ้านขามบ่อม ตำบลสวนหม่อน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*, 13(4), 298–309.

รัชฎา แต่งภูเขียว, สวลี อุดรา, ปิยัญฐ์ โตอ่อน และคณะ. (2567). การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ด้วยระบบต้นทุนฐานกิจกรรมของเกษตรกรเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบฟาร์มเพื่อการพาณิชย์ จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารแนวหน้าวิจัยนวัตกรรมทางวิศวกรรม*, 22(1), 38–48.

รัชนิวรรณ สุจริต, ศรีศรินทร์ นรเศรษฐโสภณ, มาตุสร แข็งขัน, และคณะ. (2566). การพัฒนาโซ่อุปทานด้วยการบริหารต้นทุนฐานกิจกรรมสินค้าพืชผักสวนครัวเกษตรอินทรีย์ของชุมชนทุ่งเผ่าเต่า จังหวัดนครปฐม. *วารสารสหวิทยาการสังคมศาสตร์และการสื่อสาร*, 6(2), 58–67.

หทัยชนก พวงแย้ม, เพชรายุทธ แซ่หลี่, วชิระ วิจิตรพงษ์ และคณะ. (2565). การศึกษาและพัฒนาระบบโลจิสติกส์และโซ่อุปทานการผลิตกาแฟ กรณีศึกษา ไร่กาแฟจาง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดพิษณุโลก. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 13(1), 88–103.

Stock and Lambert. (2001). *Strategic Logistics Management*. 4th Edition, McGraw Hill, New York, 70–89.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ช่วยยืนยันสมมติฐานและผลการศึกษาที่ผ่านมาว่า ในสินค้าเกษตรประเภทผักและผลไม้ กิจกรรมช่วงกลางน้ำ (Midstream) มักเป็นส่วนที่มีสัดส่วนต้นทุนโลจิสติกส์สูงสุด โดยเฉพาะในกระบวนการบรรจุภัณฑ์และการแปรรูปเบื้องต้น ผลการศึกษานี้จึงเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) ที่ช่วยเสริมความแข็งแกร่งให้กับทฤษฎีการบริหารจัดการโซ่อุปทานสินค้าเกษตรในบริบทของประเทศไทย และแสดงให้เห็นถึงแนวทางการนำทฤษฎีการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ (Logistics Cost Analysis) มาประยุกต์ใช้กับวิสาหกิจชุมชนหรือเกษตรกรรายย่อย ซึ่งมักมีข้อจำกัดด้านระบบบัญชี โดยเป็นกรณีศึกษาที่ชี้ให้เห็นความสำคัญของการจำแนกกิจกรรม (Activity Breakdown) ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ เพื่อค้นหาตัวผลักดันต้นทุน (Cost Drivers) ที่แท้จริง

การออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้า สำหรับผลิตภัณฑ์จักสานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

อนุวัฒน์ เปาพathy¹ ยุพดี สีนมาก² อภินันท์ชัย โจมสติ^{3*} แสงเดือน ธรรมวัตร⁴
ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์¹
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{2 3* 4}
อีเมล : Apinanthichai@srru.ac.th^{3*}

วันที่รับบทความ 27 มกราคม 2569

วันแก้ไขบทความ 6 พฤษภาคม 2569

วันตอบรับบทความ 19 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเครื่องหมายการค้าผลิตภัณฑ์จักสานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยประชากร และกลุ่มเป้าหมายงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ จำนวนทั้งสิ้น 50 คน ใช้วิธีการวิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อศึกษา และวิเคราะห์อัตลักษณ์ของตำบลทุ่งมนแล้วนำมาสร้างเป็นสัญลักษณ์ โดยออกแบบให้มีความเป็นสากล สามารถสื่อความหมายง่ายต่อการจดจำ

ผลการออกแบบ และพัฒนาตราสัญลักษณ์ทุ่งมน เป็นภาพปราสาทเพชร เครื่องจักสาน ต้นตาล และข้อความ ทุ่งมน ที่มีภาษาอังกฤษ Tungmon เสริมไว้ให้มีความเป็นสากล โดยออกแบบให้อยู่ในรูปร่างวงรีแนวนอน เพื่อใช้เป็นป้ายสินค้าผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมน พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด และมีความพึงพอใจในประเด็น ความสวยงามของภาพองค์ประกอบสัญลักษณ์ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าประเด็นอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.64 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.78 การแปลผลความพึงพอใจของค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับ ดีมาก

คำสำคัญ : ตราสัญลักษณ์ อัตลักษณ์ ความพึงพอใจ ตำบลทุ่งมน

Tungmon Logo Design for Used as a trademark for Basketry Products from Tungmon Elderly Club, Prasat District, Surin Province.

Anuwat Pepart ¹, Yupadee Sinmak ², Apinanthichai Jomsati ^{3*}, Yupadee Sinmak ⁴

Information and Communication Technology Center Department of Agricultural Extension ¹

Surindra Rajabhat University ^{2, 3*, 4}

E – mail : Apinanthichai@srru.ac.th ^{3*}

Received 27 January 2026

Revised 6 May 2026

Accepted 19 June 2026

Abstract

Research on Designing the Tungmon logo to be used as a trademark for Basketry products Tungmon Elderly Club, Prasat District, Surin Province. Research objectives 1) To design the Tungmon logo to be used as a trademark for Basketry products Tungmon Elderly Club, Prasat District, Surin Province. 2) To study satisfaction with the Tungmon Logo Trademark of basketry products of the Tungmon Elderly Club, Prasat District, Surin Province. The people and target group for this research are students of the Tungmon Elderly School, Prasat District, Surin Province. A total of 50 people used participatory research methods to study and analyze the identity of Tungmon Subdistrict and then create a symbol. It is designed to be international. Can convey meaning easily to remember

The results of the design and development of the Tungmon logo It is a picture of the Diamond Castle. Basketry, palm trees and Tungmon text with English Tungmon added to make it international. It is designed in a horizontal oval shape. To be used as a product sign for basketry products of the Tungmon Elderly Club, Prasat District, Surin Province. The results of the study of satisfaction with the design of the Tungmon logo found that satisfaction was at the highest level. and are satisfied with the issue The beauty of the image, the symbolic elements The mean is higher than the other issues, with a mean of 4.64 and a standard deviation of 0.78. The interpretation of the mean satisfaction is at the very good level.

Keywords : Logo, Identity, Satisfaction, Tungmon Subdistrict

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์จักสานเป็นหนึ่งในภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สะท้อนถึงวิถีชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และวัฒนธรรมการอยู่ร่วมกับธรรมชาติของคนไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีชื่อเสียงด้านงานหัตถกรรมและการจักสานจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ไม้ไผ่ หวาย และกก งานจักสานเหล่านี้ไม่เพียงตอบสนองต่อการใช้สอย แต่ยังสามารถพัฒนาให้เป็นสินค้าสร้างรายได้แก่ชุมชน ตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ มีชมรมผู้สูงอายุที่รวมกลุ่มกันอนุรักษ์และผลิตงานจักสานเพื่อสร้างรายได้เสริมและถ่ายทอดภูมิปัญญาไปยังคนรุ่นใหม่ อย่างไรก็ตาม แม้ผลิตภัณฑ์จะมีคุณค่าทางวัฒนธรรมสูง แต่หากไม่มีการปรับตัวด้านการออกแบบและการตลาด ก็อาจไม่สามารถแข่งขันได้ในตลาดสมัยใหม่ จากงานวิจัย กัญญกุลณัช พิศาลอรัญ และรุ่งทิพย์ กันยา (2568) ที่ศึกษาเรื่อง ออกแบบและพัฒนาตราสัญลักษณ์น้ำพริกเพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ชุมชนตำบลนายม จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เชื่อมโยงกับความต้องการของผู้บริโภคช่วยให้สินค้าชุมชนเข้าถึงตลาดได้กว้างขึ้น ขณะที่ มียอง ขอ. (2568) ศึกษาการสร้างตราสัญลักษณ์ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสัมมาชีพบ้านเขาใหญ่ ตำบลพลวงทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี พบว่า ตราสัญลักษณ์ที่สะท้อนอัตลักษณ์ท้องถิ่นมีส่วนสำคัญต่อการสร้างความภาคภูมิใจ และการยอมรับของผู้บริโภค สิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์จักสานทุ่งมน จำเป็นต้องคำนึงถึงทั้งมิติของคุณค่าดั้งเดิม และการพัฒนาตราสัญลักษณ์เพื่อเชื่อมโยงสู่ตลาดใหม่ ๆ ตราสัญลักษณ์ (Logo) และแบรนด์ (Brand) ไม่ได้เป็นเพียงเครื่องหมายหรือตราที่ประทับอยู่บนผลิตภัณฑ์ แต่เป็นตัวแทนของคุณค่า อัตลักษณ์ และความน่าเชื่อถือ ตามทฤษฎี Brand Identity ของ Aaker (1996) การสร้างอัตลักษณ์ที่ชัดเจนช่วยเพิ่มความจดจำและความภักดีของผู้บริโภค ขณะที่ Keller (1993) ได้กล่าวว่า คุณค่า ตราสินค้า หมายความว่า ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความรู้เกี่ยวกับตราสินค้าที่มีต่อการตอบสนองของผู้บริโภคกับกิจกรรมการตลาดของตราสินค้า คุณค่าตราสินค้าจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้บริโภคมีความคุ้นเคยกับตราสินค้า และมีการจดจำด้านที่ดี และลักษณะเฉพาะของตราสินค้าเอาไว้ในความทรงจำ โลโก้เป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อสารตัวตนและภาพลักษณ์ขององค์กรหรือชุมชน สำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน ตราสัญลักษณ์จึงทำหน้าที่เป็น “สะพานเชื่อม” ระหว่างภูมิปัญญาท้องถิ่นกับผู้บริโภคยุคใหม่ การมีโลโก้ที่ชัดเจนสามารถยกระดับผลิตภัณฑ์จากการเป็นเพียงสินค้าพื้นบ้านไปสู่การเป็นสินค้าที่มีเอกลักษณ์ มีเรื่องราว และสามารถแข่งขันได้ในเชิงพาณิชย์ สอดคล้องกับแนวคิด Place Branding ที่เน้นการใช้แบรนด์ในการถ่ายทอดคุณค่าและเอกลักษณ์ของท้องถิ่นไปยังตลาดภายนอก หากชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมนสามารถสร้างตราสัญลักษณ์ที่สะท้อนอัตลักษณ์ชุมชนได้ จะไม่เพียงช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ แต่ยังเป็นการสร้างภาพลักษณ์ใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์จักสานที่ร่วมสมัยและน่าเชื่อถือมากขึ้น

แม้ว่าจังหวัดสุรินทร์จะมีชื่อเสียงด้านหัตถกรรม เช่น ผ้าไหมและงานจักสาน แต่ปัญหาที่พบได้บ่อยคือการขาดการสร้างแบรนด์และเอกลักษณ์ที่โดดเด่น ผลิตภัณฑ์จำนวนมากยังมีข้อจำกัดในด้านบรรจุภัณฑ์ การออกแบบโลโก้ที่ไม่ทันสมัย และการเข้าถึงตลาดที่ยังแคบ ผลการศึกษาของ สุทิน อ่อนอุบล (2562) เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จักสานสุรินทร์พบว่า ผู้ผลิตส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ด้านการตลาดและการสร้างอัตลักษณ์ผลิตภัณฑ์ ทำให้สินค้ายังไม่สามารถสร้างความแตกต่างที่ชัดเจนจากพื้นที่อื่นได้ ในขณะเดียวกัน งานศึกษาของ John และ Miller (2019) เรื่อง Community-based handicraft branding in Southeast Asia ชี้ว่า การสร้างแบรนด์และโลโก้ที่สะท้อนวัฒนธรรมท้องถิ่น สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์พื้นบ้านก้าวสู่ตลาดระดับภูมิภาคและสากลได้ การออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนจึงเป็นการแก้ไขปัญหาที่ตอบโจทย์ทั้งในมิติของการตลาดและการอนุรักษ์วัฒนธรรม เป็นการผสมผสานระหว่างภูมิปัญญาดั้งเดิมกับกลยุทธ์การสื่อสารสมัยใหม่ เพื่อยกระดับคุณค่าของผลิตภัณฑ์จักสานให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหา และข้อมูล เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การลงพื้นที่ภาคสนาม เพื่อศึกษาสภาพปัญหาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยใช้วิธีการประชุมกลุ่ม (Focus Group) และการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบมีโครงสร้าง (Depth Interview) เพื่อให้ได้ประเด็นการออกแบบตราสัญลักษณ์ที่สื่อสารถึงอัตลักษณ์ของตำบลทุ่งมน และอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ได้อย่างชัดเจน ทรงพลังมากที่สุด โดยการจัดกลุ่มผู้ให้สัมภาษณ์ออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ ปราชญ์ชาวบ้าน และสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบ และพัฒนาตราสัญลักษณ์ทุ่งมน

การออกแบบ และพัฒนาตราสัญลักษณ์ทุ่งมน เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ผู้วิจัยได้นำผลข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีการออกแบบ และสรุปข้อมูลสร้างเป็นแนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual Design) พัฒนาแบบภาพร่างตราสัญลักษณ์ทุ่งมน (Sketch Design) อ้างอิงคุณภาพตราสัญลักษณ์จากหลักทฤษฎีการออกแบบโลโก้ และตัวอักษร (Combination Mark) ซึ่งเป็นการออกแบบผสมผสานรวมกันระหว่างตัวอักษร และรูปภาพในโลโก้เดียวกัน จัดวางองค์ประกอบสัญลักษณ์ (Symbolism) ด้วยหลักการจัดองค์ประกอบศิลป์แบบสมดุลไม่เท่ากัน (Asymmetrical) ด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก แล้วผลิตเป็นฉลากผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน เพื่อประเมินความพึงพอใจในลำดับต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

การศึกษาคความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมน บนฉลากผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน โดยผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อการประเมินตราสัญลักษณ์ทุ่งมนออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสวยงาม สื่ออัตลักษณ์ของทุ่งมน 2) ด้านร่วมสมัย และสร้างการจดจำของสัญลักษณ์ 3) ด้านความเหมาะสมกับการใช้งานกับผลิตภัณฑ์จักสาน โดยประเมินความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมน เครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ จากสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ ตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 50 คน ด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แล้วสรุปผลการวิจัยในลำดับต่อไป

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ครั้งนี้ได้ลงพื้นที่ภาคสนามเพื่อศึกษาสภาพปัญหา และเก็บข้อมูลงานวิจัยขั้นปฐมภูมิจากปราชญ์ชาวบ้าน และสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน พบว่า ชุมชนผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน มีการส่งเสริมให้สมาชิกทำกิจกรรมร่วมกันเพื่อให้ผู้สูงอายุได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีสังคมของผู้สูงอายุ และเป็นกิจกรรมที่

สมาชิกมีความถนัด สามารถทำร่วมกันได้ ซึ่งกิจกรรมจักสานไม้ไผ่เป็นของใช้ในครัวเรือนเป็นกิจกรรมที่ได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนจากองค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งมน ผลิตภัณฑ์จักสานที่ได้รับความนิยม เช่น ตะกร้า ตะคล่อง เปรด ไซ หมวกสานจากใยตาล และมีการนำเครื่องจักสานบางประเภทมาทำการประยุกต์เป็นโคมไฟ หรือเป็นของประดับ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนิยมของลูกค้ากว้างขึ้น ดังในรูปที่ 1



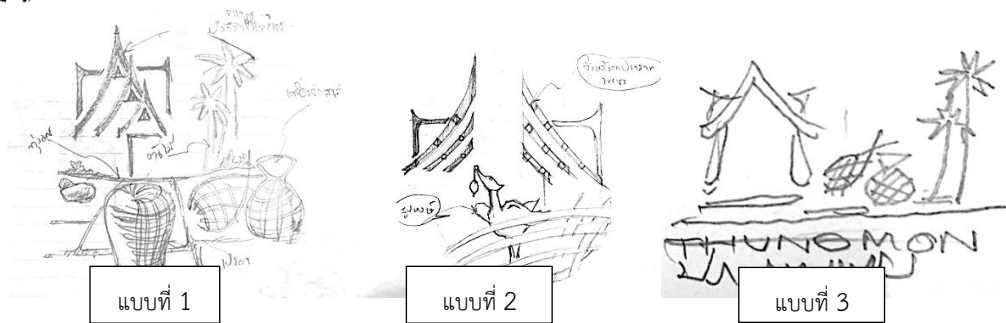
รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานตำบลทุ่งมน

4.2 ข้อมูลอัตลักษณ์ของตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ พบว่า สถานที่สำคัญที่คนในชุมชนตำบลทุ่งมนรู้จักเป็นอย่างดี คือ ปราสาทเพชร พิพิธภัณฑสถานหลวงปู่หงษ์ พรหมปัญโญ เกจิอาจารย์ที่เป็นที่เลื่อมใสและศรัทธาของคนในชุมชน จากบทสรุปการสัมภาษณ์ปราชญ์ชุมชน (นพรัตน์ เพชรล้วน.2566) เกี่ยวกับชีวประวัติของหลวงปู่หงษ์ พรหมปัญโญ ซึ่งท่านออกจาริกธุดงค์ ณ กรุงพนมเปญประเทศกัมพูชา ระหว่างนั้นได้มีกลุ่มโจรในประเทศกัมพูชาที่มีวิชาอาคมออกปล้นชาวบ้าน และทางการกัมพูชาไม่สามารถต่อสู้ จับกุมกลุ่มโจรนี้ได้ จึงต้องมาร้องขอให้หลวงปู่หงษ์ช่วยในการจับกุมจนสำเร็จ แล้วหลังจากนั้นโจรกลุ่มนี้กว่า 50 คน ได้มีศรัทธาหลวงปู่ จึงขอเป็นศิษยานุศิษย์ร่วมเดินรอยตามพระพุทธศาสนา โดยปัจจุบันสรีระสังขารหลวงปู่หงษ์ พรหมปัญโญ ได้ถูกบรรจุไว้ ณ ปราสาทเพชร หรือมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า “สุสานทุ่งมน” ที่นี่จึงเป็นจุดแลนด์มาร์ก (Landmark) ที่สำคัญในตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สัมภาษณ์ปราชญ์ชุมชนเพื่อกำหนดแนวคิด

4.3 การวิเคราะห์ และสรุปผลการคัดเลือกประเด็นอัตลักษณ์ที่สามารถนำมาออกแบบ และพัฒนาเป็นตราสัญลักษณ์ทุ่งมน ผู้วิจัยได้ร่างแบบจากข้อมูลที่ได้รับจากการลงพื้นที่ และประชุมกลุ่มย่อย จำนวน 3 แบบ แล้วทำการประเมินคัดเลือกโดยผู้ทรงคุณวุฒิในชุมชน ได้แก่ ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน ด้วยการแสดงความคิดเห็นในทัศนะของการสื่อสารอัตลักษณ์ของทุ่งมน ดังในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพร่างตราสัญลักษณ์ทุ่งมน

จากนั้นผู้วิจัยนำผลการประเมินอัตลักษณ์ที่ได้รับการคัดเลือกมาพัฒนาออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกให้เป็นตราสัญลักษณ์ทุ่งมน เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ และใช้ระบบพิมพ์สกรีนลงบนแผ่นไม้ เพื่อเป็นธรรมชาติกับผลิตภัณฑ์ ดังในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการพัฒนาตราสัญลักษณ์ทุ่งมน

4.4 ผลการสอบถามความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยสอบถามความพึงพอใจจากสมาชิกชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 50 คน ด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจตราสัญลักษณ์ทุ่งมน (ภาพรวม)

ที่	รายการความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1	ด้านความสวยงาม สื่ออัตลักษณ์ของทุ่งมน	4.75	0.85	มาก
2	ด้านร่วมสมัย และสร้างการจดจำของสัญลักษณ์	4.82	0.85	มาก
3	ด้านความเหมาะสมกับการใช้งานกับผลิตภัณฑ์จักสาน	4.50	0.79	ปานกลาง
รวม		4.81	0.87	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมน ในภาพรวม พบว่า อยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{x} = 4.81 : S.D. = 0.87$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านร่วมสมัย และสร้างการจดจำของสัญลักษณ์ อยู่ใน

เกณฑ์ระดับมาก ($\bar{x} = 4.82 : S.D. = 0.85$) ด้านความสวยงาม สื่ออัตลักษณ์ของทุ่งมน อยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{x} = 4.75 : S.D. = 0.85$) ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า ตราสัญลักษณ์ทุ่งมน สามารถสื่อสารความเป็นเอกลักษณ์ของชมรมผู้สูงอายุ และชุมชนทุ่งมนได้ มีความร่วมสมัย ทำให้ผู้ที่ซื้อผลิตภัณฑ์มีความเชื่อมั่นในคุณภาพผลิตภัณฑ์ ย้ำความทรงจำต่อผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี สำหรับในด้านความเหมาะสมกับการใช้งานกับผลิตภัณฑ์จักสาน อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ($\bar{x} = 4.50 : S.D. = 0.79$) ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบ รูปทรง และขนาดของผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการนำตราสัญลักษณ์ทุ่งมนไปใช้กับการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เมื่อนำตราสัญลักษณ์ไปใช้กับกล่องบรรจุภัณฑ์ จะได้ผลในการสื่อสาร การโฆษณาผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ถูกผลิตขึ้นโดยฝีมือของชาวบ้าน และวัสดุที่มีในท้องถิ่น เป้าหมายส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตขึ้นเพื่อใช้สอยในครัวเรือน หรือสำหรับแลกเปลี่ยนกับเพื่อนบ้าน ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีความคงทนแข็งแรงทนต่อการใช้งาน ผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ได้รับการสนับสนุน และพัฒนาคุณภาพ (มะโนด สุขตาม และคณะ.2566)

การออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมนเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์จักสานชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยมีแนวคิดการออกแบบจากข้อมูลในชั้นศึกษาสภาพปัญหา และการประชุมกลุ่ม พบว่า ข้อมูลความเป็นเอกลักษณ์ของตำบลทุ่งมน ได้แก่ ความเลื่อมใสศรัทธา รักสามัคคี ครองชีพด้วยพุทธ ศาสตร์ ถอดอัตลักษณ์ คือ ภาพสุสานทุ่งมน คนในชุมชนประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทุ่งที่มีมนต์ตรา ถอดอัตลักษณ์ คือ ภาพต้นตาลสองต้นที่โดดเด่น สง่า และสิ่งของเครื่องใช้ที่ผลิตขึ้นจากภูมิปัญญาท้องถิ่น รุ่งอรุณ ถอดอัตลักษณ์ คือ ภาพเครื่องจักสาน (นพรัตน์ เพชรล้วน.2566) ถือเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน สอดคล้องกับ กิตติกรณ์ บำรุงบุญ และปิยลักษณ์ โพธิวรรณ (2564) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่สะท้อนอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดมหาสารคามเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจ. โดยการวิเคราะห์อัตลักษณ์ได้จากคำขวัญ “พุทธมณฑลอีสาน ถิ่นฐานอารยะธรรม ผ้าไหมล้ำเลอค่า ตักสิลานคร” ถอดอัตลักษณ์ คือ พระธาตุนาดูน เป็นสัญลักษณ์ของพุทธ มณฑลอีสาน ผ้าไหม ถอดอัตลักษณ์ คือ ลายสร้อยดอกหมาก และตักสิลานคร หมายถึง ดินแดนแห่งการศึกษา สรุปการออกแบบตราสัญลักษณ์ทุ่งมน เป็นตราสัญลักษณ์ที่ใช้หลักการออกแบบเพื่อสื่อความหมายโดยรูปธรรมสุนามธรรม (Symbol to Abstract) ใช้เทคนิคการตัดทอนภาพ (Distortion) ให้มีความกะทัดรัด สื่อสารง่าย และดูมีความทันสมัย เนื่องจากตราสัญลักษณ์นี้ทางชมรมผู้สูงอายุทุ่งมน ต้องการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานทุกชนิดที่ทางชมรมผลิตขึ้น จึงออกแบบให้เป็นเครื่องหมายการค้า (Trade Mark) ซึ่งมีทั้งรูปภาพ ข้อความภาษาไทย และภาษาอังกฤษ จัดวางองค์ประกอบด้วยหลักการไฮราซิคัลกริด (Hierarchical Grid) เป็นการการจัดวางรูปแบบกริดที่มีโครงสร้างซับซ้อน เลือกระบบพิมพ์สกรีนลายตราสัญลักษณ์บนวัสดุไม้ เพื่อให้มีความคงทน สวยงาม มีเอกลักษณ์ (อภิรักษ์ชัย โจมสติ 2560)

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อตราสัญลักษณ์ทุ่งมน ภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{x} = 4.81 : S.D. = 0.87$) ตราสัญลักษณ์ทุ่งมน สามารถสื่อสารความเป็นเอกลักษณ์ของชมรมผู้สูงอายุ และชุมชนทุ่งมนได้ มีความร่วมสมัย ทำให้ผู้ที่ซื้อผลิตภัณฑ์มีความเชื่อมั่นในคุณภาพผลิตภัณฑ์ ย้ำความทรงจำต่อผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ น้ำฝน ใจดี ยิ่งยศ จิตจักร กฤตยชล ทองธรรมสถิต. (2566). ได้วิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาแบรนด์เพื่อสร้างอัตลักษณ์และเพิ่มคุณค่า ถ่านชีวมวลอัดแท่งของวิสาหกิจชุมชนหนองเลงพัฒนา จังหวัดชลบุรี เป็นการออกแบบตราสัญลักษณ์เพื่อแสดงถึงอัตลักษณ์ของผู้ผลิตถ่านชีวมวลอัดแท่งของวิสาหกิจชุมชนหนองเลงพัฒนา จังหวัดชลบุรี และนำไปใช้ในสื่อหลายรูปแบบ เพื่อสร้างการจดจำผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่าย

6. ข้อเสนอแนะ

- 6.1 ในการศึกษา และออกแบบตราสัญลักษณ์ ควรต่อยอดจากตราสัญลักษณ์ไปสู่ บรรจุภัณฑ์ (Packaging Design) ที่ทันสมัย และเหมาะสมกับตลาดเป้าหมาย
- 6.2 ควรต่อยอดสู่ Brand Manual / CI Manual ที่กำหนดการใช้โลโก้ สี ตัวอักษร และแนวทางการสื่อสาร

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายบัณฑิต ปานะโปย นายกองค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งมน นางยุพิน ธรรมเที่ยง ปลัดองค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งมน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และคุณงานความดีที่พึงมีจากผลงานวิจัยนี้ ขออุทิศแด่ปราชญ์ชาวบ้าน นายนพรัตน์ เพชรล้วน ครูใหญ่โรงเรียนผู้สูงอายุ ตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ที่ได้ให้ข้อมูลด้านอัตลักษณ์ของตำบลทุ่งมน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติกรณ บำรุงบุญ และปิยลักษณ์ โพธิวรรณ. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่สะท้อนอัตลักษณ์ท้องถิ่น จังหวัดมหาสารคามเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจ. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 40(2), 7-24.
- น้ำฝน ใจดี ยิ่งยศ จิตจักร กฤตยชล ทองธรรมสถิต. (2566). การออกแบบและพัฒนาแบรนด์เพื่อสร้างอัตลักษณ์และเพิ่มคุณค่า ถ่านชีวมวลอัดแท่งของวิสาหกิจชุมชนหนองเลงพัฒนา จังหวัดชลบุรี. *วารสาร สังคมศาสตร์และวัฒนธรรม*, 7(10), 350-363.
- พีรชาอัครชัย และรุ่งทิพย์กันยา (2568) การออกแบบและพัฒนาตราสัญลักษณ์ผ้าฝ้ายเพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ชุมชนตำบลนายนม จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, 14(1), 83-92.
- มียอง ขอ. (2025). การสร้างตราสัญลักษณ์และการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสัมมาชีพ บ้านเขาใหญ่ ตำบลพลวงทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี. *Academic Journal of Industrial Technology Innovation*, 3(1), 59-72.
- มะโนด สุขตาม และคณะ. (2566). องค์ความรู้ด้านงานหัตถกรรมจักสานไม้ไผ่และภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ กลุ่มชมรมผู้สูงอายุตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 8 (2), 149-159.
- นพรัตน์ เพชรล้วน. (2566). *ชีวประวัติของหลวงปู่หงส์ พรหมปัญโญ และอัตลักษณ์ตำบลทุ่งมน*. (สัมภาษณ์). อภินันท์ชัย โจมสติ. (6 ต.ค. 2566).
- สุทิน อ่อนอุบล. (2667). นวัตกรรมทางสังคมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่ตลาดเชิงพาณิชย์ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลหนองปลาไหล อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี. *วารสารพิภูล คณະมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*, 22(2), 39-59.
- อภินันท์ชัย โจมสติ. (2560). การผลิตภาพลายเส้นและภาพสกรีนโทนสำหรับงานซิลค์สกรีนด้วยคอมพิวเตอร์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 2(1), 111-120.
- Aaker, D. (1996). *Building strong brands*. New York: Free Press.
- John, P., & Miller, S. (2019). Community-based handicraft branding in Southeast Asia. *Journal of Cultural Economics*, 43(2), 215-230.

Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, measuring and managing customer-based brand equity. *Journal of Marketing*, 57(1), 1-22.

คุณค่าทางวิชาการ

การเชื่อมโยงความหมายของรูปภาพ (Symbolic) ที่สื่อถึงความเป็นอัตลักษณ์ของท้องถิ่น เป็นความสามารถที่ทำให้ผู้อื่น “ต้องการ” และ “ยอมรับ” ในสิ่งที่ท้องถิ่นต้องการ หรือเรียกว่า Soft Power (Joseph Nye:2024) การคัดเลือกรูปภาพ องค์ประกอบต่าง ๆ ภายในสัญลักษณ์ได้มาจากการตกผลึกกันระหว่างคนในท้องถิ่น ประชาชน ชาวบ้าน และนักออกแบบ ทำให้ได้เทคนิควิธีการในการสร้างสรรค์ที่เหมาะสมกับบริบท อีกทั้งตราสัญลักษณ์ทั้งหมดสามารถนำไปต่อยอดเป็นเครื่องหมายการค้า ในเชิงธุรกิจได้ในลำดับต่อไป

การออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่ : โคนป่นร้ว

ทัศนียา นิลฤทธิ์^{1*} เกียรติภูมิ ดวงศรี² พงศกร อุดมพันธ์³

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์^{1* 2 3}

อีเมล : Toeyaeya@gmail.com ^{1*}

วันที่รับบทความ 4 พฤศจิกายน 2568

วันแก้ไขบทความ 10 พฤษภาคม 2569

วันตอบรับบทความ 25 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง “การออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่: โคนป่นร้ว” มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ชุมชนบ้านโคนป่นร้ว 2) เพื่อออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากบริบทชุมชนบ้านโคนป่นร้ว และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคนป่นร้ว รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ผสานเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ กลุ่มประชาชนบ้านโคนป่นร้ว ตำบลตรามด อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ เริ่มจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานบริบทชุมชน การทอผ้าไหมมัดหมี่ และลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้น “ตะคร้อ หรือ ป่นร้ว (ภาษาถิ่นเขมร)” ดังนั้นเพื่อความเข้าใจร่วมกันผู้วิจัยขอใช้ภาษาพื้นถิ่นว่า “ป่นร้ว” จากการจัดเวทีเสวนารับฟังความคิดเห็นกลุ่มประชาชนบ้านโคนป่นร้ว เพื่อการสร้างลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่เป็นของชุมชนบ้านโคนป่นร้ว ได้รับมติให้ใช้ส่วนผลป่นร้ว เป็นแนวคิดในการออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ ผลป่นร้วมีลักษณะเด่นคือรูปทรงกลมหรือรูปไข่ ปลายมีติ่งแหลม เนื้อภายในมีสีเหลืองส้ม และเมล็ดมีสีน้ำตาล จากชุดข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D) เพื่อการออกแบบลวดลายในรูปแบบ 2 มิติ จำนวน 9 รูปแบบ เป็นเครื่องมือพร้อมแบบประเมินผลงานจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบลวดลาย และภูมิปัญญาผ้าไหมมัดหมี่ จำนวน 4 คน รูปแบบที่ 4 ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยรวม 23.00 จากคะแนนเต็ม 25 คิดเป็นร้อยละ 92 รูปแบบที่ 4 ได้นำไปสู่วิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ในขั้นตอนการผลิตผ้าไหมมัดหมี่ ผู้วิจัยได้วางแผน-ปฏิบัติ-สังเกต-สะท้อนผล จนสำเร็จได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคนป่นร้ว นำไปสู่การศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภค และผู้ประกอบการ จำนวน 20 คน พบว่า ภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย = 4.72 และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านความทันสมัยและความแปลกใหม่ของลวดลายได้รับความพึงพอใจสูงสุด ค่าเฉลี่ย = 4.80 ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่โคนป่นร้วแรงบันดาลใจจากลูกป่นร้ว สามารถถ่ายทอดการออกแบบสู่การปฏิบัติการทำผ้าไหมมัดหมี่ที่สะท้อนอัตลักษณ์ชุมชน และได้รับความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายสามารถสร้างคุณค่าและมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สามารถยกระดับศักยภาพของชุมชนได้เป็นอย่างดี และเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้สอดคล้องกับสังคมร่วมสมัย

คำสำคัญ : การออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ ผ้าไหมมัดหมี่ โคนป่นร้ว



Designing Identity Patterns for Mudmee Silk : Khok Pan Rua.

Thatsaneeya Nillit^{1*}, Kiattipoom Duangsri², Phongsakon Audomphan³

Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of

Technology Isan Surin Campus^{1*,2,3}

E – mail : Toeyaeya@gmail.com ^{1*}

Received 4 November 2025

Revised 10 May 2026

Accepted 25 May 2026

Abstract

The research titled “Designing an Identity Pattern for Mudmee Silk: Khok Pan Rua” aimed to: 1. study the design approaches for Mudmee silk patterns in the Ban Khok Pan Rua community, 2. create Mudmee silk patterns inspired by the context of Ban Khok Pan Rua community, and 3. examine the satisfaction of target groups toward the identity pattern design of Khok Pan Rua Mudmee silk. This study employed a Mixed Methods Research approach, integrating both qualitative and quantitative methods. The target group consisted of residents of Ban Khok Pan Rua, Tramdom Subdistrict, Lamduan District, Surin Province. The research began with an investigation of the community context, Mudmee silk weaving traditions, and the botanical characteristics of the “Takro” tree, locally known in Khmer dialect as “Pan Rua.” For mutual understanding, the researcher used the local term “Pan Rua” throughout the study. Through a community public forum and discussions with residents of Ban Khok Pan Rua, a consensus was reached to use the Pan Rua fruit as the conceptual inspiration for designing the community’s identity pattern. The Pan Rua fruit is characterized by its round or oval shape, pointed tip, yellow-orange flesh, and brown seeds. Based on these characteristics, the researcher applied Research and Development (R&D) methodology to create nine two-dimensional pattern designs as research instruments, accompanied by evaluation forms assessed by four experts in pattern design and Mudmee silk wisdom. Pattern Design No. 4 received the highest evaluation score from the experts, with an average score of 23.00 out of 25, accounting for 92 percent. This selected design was further developed through Action Research during the Mudmee silk production process. The researcher followed the stages of planning, action, observation, and reflection until a successful prototype of the Khok Pan Rua identity Mudmee silk pattern was achieved. The prototype was then evaluated for satisfaction among 20 consumers and entrepreneurs. The findings revealed that the overall satisfaction level was at the highest level, with a mean score of 4.72. Among all aspects, the modernity and uniqueness of the pattern received the highest satisfaction score, with a mean of 4.80. The study concluded that the Khok Pan Rua Mudmee silk pattern, inspired by the Pan Rua fruit, could successfully transform design concepts into practical Mudmee silk production that reflects the community’s identity. Furthermore, the pattern received high satisfaction from the target groups, demonstrating its potential to create both cultural and economic value for the product. The research also highlighted its effectiveness in enhancing community potential and serving as an important approach for developing and extending local wisdom in harmony with contemporary society.

Keywords: Identity Pattern Design, Mudmee Silk, Khok Pan Rua

1. บทนำ

ผ้าไหมมัดหมี่สุรินทร์เป็นผลิตภัณฑ์หัตถศิลป์ที่มีความโดดเด่นและเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งจังหวัดสุรินทร์เป็นแหล่งสำคัญของการสืบทอดภูมิปัญญาการทอผ้าไหมมัดหมี่มาอย่างยาวนาน คำว่า “มัดหมี่” หมายถึง กระบวนการมัดเส้นไหมเป็นช่วงๆ เป็นข้อ หรือเรียกว่า ลำ ก่อนการย้อมสี เพื่อควบคุมตำแหน่งของสีและก่อให้เกิดลวดลายตามที่ต้องการได้ กระบวนการดังกล่าวต้องอาศัยความชำนาญและความประณีตสูง ตั้งแต่การออกแบบลวดลาย การมัด การย้อมสี ไปจนถึงการทอ ส่งผลให้ผ้าไหมมัดหมี่มีลวดลายที่ซับซ้อน สีสันงดงาม และมีความคงทนสูง อีกทั้งผ้าแต่ละผืนยังมีลักษณะเฉพาะตัว ไม่สามารถผลิตให้เหมือนกันได้ทั้งหมด จึงถือเป็นงานศิลปหัตถกรรมที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมและเศรษฐกิจ (กรมหม่อนไหม, 2561)

ลวดลายผ้าไหมมัดหมี่สุรินทร์มีความหลากหลาย ทั้งลวดลายที่ได้รับแรงบันดาลใจจากหลายแนวทาง มีการจัดวางในผืนผ้าเป็นลายแม่ ลายลูก และลายประกอบ เช่น ลวดลายจากธรรมชาติ เช่น พืช สัตว์ สิ่งมีชีวิต หรือสิ่งไม่มีชีวิต ลวดลายจากสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น ลวดลายจากเรขาคณิต เช่น รูปสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม ฯลฯ รวมถึงลวดลายที่มีความซับซ้อนที่รวมเรียกว่าลายสร้างสรรค์ เช่น ลวดลายจากจินตนาการ วิธีการดำเนินชีวิต สังคมและวัฒนธรรม ประเพณี ความเชื่อทัศนคติ นิทาน หรือชาดก ฯลฯ จัดวางตามหลักการหรือองค์ประกอบศิลปะและการออกแบบ ผลงานเป็นที่ประจักษ์ต่อผู้พบเห็นแทรกซึมในวิถีการดำเนินชีวิตผ่านมาหลายยุคสมัย สะท้อนถึงทักษะและความละเอียดในการทอผ้าไหมของช่างฝีมือสุรินทร์ (สมบัติ สมศรีสมาน, 2565) การออกแบบลวดลายเหล่านี้ไม่เพียงเป็นการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมโดยไม่ลืมรากเหง้าภูมิปัญญา แต่ยังเป็นการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และอัตลักษณ์ของชุมชน ผ้าไหมมัดหมี่จึงเป็นผลลัพธ์ของการผสมผสานระหว่าง “ทักษะเชิงช่าง” และ “ความคิดสร้างสรรค์” ผู้ทอต้องมีทั้งความรู้ด้านเทคนิคการผลิตและความสามารถในการออกแบบลวดลายล่วงหน้าบนเส้นด้าย กระบวนการมัดและย้อมสีมีผลโดยตรงต่อรูปแบบลวดลายที่ปรากฏบนผืนผ้า อันสะท้อนถึงความสัมพันธ์เชิงบูรณาการระหว่างกระบวนการผลิตและแนวคิดเชิงศิลป์ (สมบัติ สมศรีสมาน, สุพัตรา วัชรกุล, สุรเชษฐ์ วรศรี และอภิชัย ไพโรจน์, 2563)

อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์ปัจจุบัน การพัฒนาลวดลายผ้าไหมให้มีความร่วมสมัยและสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดยังคงเป็นประเด็นสำคัญ โดยเฉพาะการนำอัตลักษณ์ท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และสร้างความแตกต่างในเชิงการแข่งขัน บริบทชุมชนบ้านโคกปิ่นรั้ว ตำบลตราม อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ ชื่อหมู่บ้านมีที่มาจาก 2 คำมารวมกัน คือ โคก (ภาษาลาว) หมายถึง เนิน + ปิ่นรั้ว (ภาษาเขมร) หมายถึง ต้นตะคร้อ เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เพื่อความเข้าใจร่วมกันต่อการสื่อสาร ในงานวิจัยนี้จะขอใช้ภาษาถิ่นต้น “ปิ่นรั้ว” พืชท้องถิ่นนี้มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์เฉพาะตัว โดยเฉพาะผลมีลักษณะ รูปทรงกลมหรือรูปไข่ ปลายมีติ่งแหลม เนื้อในสีเหลืองส้ม และเมล็ดสีน้ำตาล ส่วนนี้ได้นำมาเป็นแรงบันดาลใจสร้างสรรค์พัฒนาเป็นลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่ที่สื่อแสดงสอดคล้องกับที่มาของชื่อชุมชน ด้วยเหตุนี้งานวิจัยจึงมุ่งเน้นการออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากผลปิ่นรั้ว เพื่อสร้างอัตลักษณ์ใหม่ให้กับกลุ่มทอผ้าไหมบ้านโคกปิ่นรั้ว ตำบลตราม อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์

การดำเนินการวิจัยรูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ซึ่งบูรณาการทั้งการวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานบริบทชุมชน และความต้องการของชุมชน วิธีการทอผ้าไหมมัดหมี่ การออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ และการพัฒนาด้านแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ร่วมกับแบบสอบถามวัดความพึงพอใจกลุ่มผู้บริโภคและกลุ่มผู้ประกอบการ เป็นแนวทางในการสร้างสรรค์ลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ที่สะท้อนอัตลักษณ์ท้องถิ่นได้อย่างร่วมสมัย นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิต การนำไปใช้ การจัดจำหน่าย และการต่อยอดพัฒนา เพื่อเพิ่มคุณค่าและมูลค่าพร้อมการระบุดัชนีชี้ทางภูมิศาสตร์ได้อย่างดีและเหมาะสมสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ แผนการใช้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ยังช่วยให้เกิดรูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นระบบครอบคลุมมิติทางสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม เช่น การนำทุนทางวัฒนธรรม

การพัฒนาตลาด การสร้างเครือข่ายตลาด และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม การเสริมสร้างเศรษฐกิจสร้างสรรค์จึงเป็นกลไกสำคัญในการเชื่อมโยง “ภูมิปัญญาท้องถิ่น” เข้ากับ “การออกแบบร่วมสมัย” และ “ตลาดสมัยใหม่” ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มคุณค่าและมูลค่าสร้างความยั่งยืนในตัวผลผลิตผลิตภัณฑ์ของชุมชน (สมบัติ สมัครสมาน, 2563)

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาแนวทางการออกแบบตลาดผ้าไหมมัดหมี่ชุมชนบ้านโคกป็นรั้ว
- 2.2 เพื่อออกแบบตลาดผ้าไหมมัดหมี่ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากบริบทชุมชนบ้านโคกป็นรั้ว
- 2.3 ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อตลาดผ้าไหมมัดหมี่โคกป็นรั้ว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ผสานเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพื่อการออกแบบและพัฒนาตลาดผ้าไหมมัดหมี่ภูมิปัญญาท้องถิ่นกลุ่มทอผ้าไหมบ้านโคกป็นรั้ว ตำบลตรำดม อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

- 3.1.1 เนื้อหาบริบทชุมชนและภูมิปัญญาการทำผ้าไหมมัดหมี่ของชุมชน
- 3.1.2 การออกแบบลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่
- 3.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นตะคร้อหรือป็นรั้ว

3.2 ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

- 3.2.1 กลุ่มประชาชนหมู่บ้านโคกป็นรั้ว ตำบลตรำดม อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์
- 3.2.2 กลุ่มภูมิปัญญาการทำผ้าไหมมัดหมี่ จำนวน 10 คน
- 3.2.3 กลุ่มผู้บริโภค และกลุ่มผู้ประกอบการ จำนวน 20 คน

3.3 ขอบเขตด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D)

โดยใช้หลักกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Earle, อ้างใน ญัฐพันธุ์ การแดง, 2557: 151-152) ดังนี้

- 3.3.1 การตีปัญหาการออกแบบ (Problem Definition)
- 3.3.2 การค้นคว้าข้อมูล (Research)
- 3.3.3 แนวความคิดการออกแบบ (Concept Design) โดยใช้แรงบันดาลใจจากผลป็นรั้ว
- 3.3.4 การออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Ideas and Design) ตลาด 2 มิติ จำนวน 9 รูปแบบ
- 3.3.5 การกลั่นกรองและวิเคราะห์การออกแบบ (Design Refinement and Analysis) โดยผู้เชี่ยวชาญ

ด้านการออกแบบตลาด จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญภูมิปัญญาการทำผ้าไหมมัดหมี่ จำนวน 2 คน ประเมินผล การตัดสินใจในการออกแบบตลาดผ้าไหมอัตลักษณ์

3.3.6 นำรูปแบบที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดมาทำการผลิตเป็นต้นแบบ โดยกลุ่มภูมิปัญญาการทำผ้าไหมมัดหมี่ จำนวน 10 คน

3.3.7 เมื่อได้ต้นแบบสมบูรณ์ นำไปวัดความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามจากกลุ่มผู้บริโภค และกลุ่มผู้ประกอบการ จำนวน 20 คน

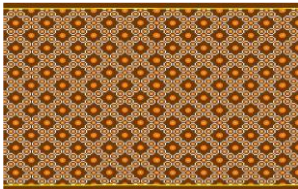
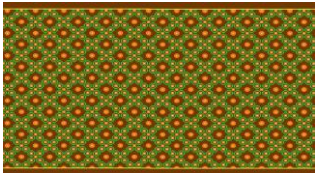
4. ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการออกแบบตลาดผ้าไหมมัดหมี่ : โคกป็นรั้ว ได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ดังนี้ คือ ผู้วิจัย การจัดเวทีเสวนานักกิจกรรมการมีส่วนร่วม การสังเกต การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ภายใน การบันทึกภาพนิ่ง/เคลื่อนไหว แบบร่างตลาดผ้าไหมอัตลักษณ์ แบบประเมินผู้เชี่ยวชาญ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ และแบบสอบถามปลายปิด/เปิด

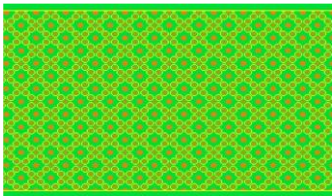
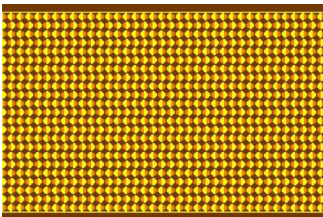
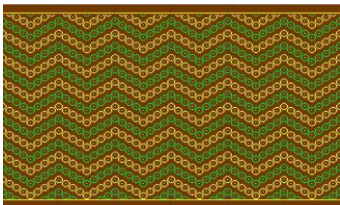
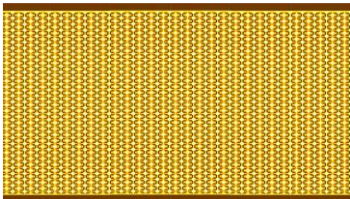
4.1 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ศึกษาแนวทางการออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ชุมชนบ้านโคกป็นรั้ว จากการศึกษาข้อมูลปฐมภูมิและทฤษฎีภูมิ เนื้อหาบริบทชุมชน ภูมิปัญญาการทำผ้าไหมมัดหมี่ การออกแบบลายอัตลักษณ์มัดหมี่ และการจัดเวทีเสวนาแบบมีส่วนร่วมกลุ่มเป้าหมายบ้านโคกป็นรั้ว ตำบลตรำดม อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ ถึงความต้องการในการออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่ของชุมชนที่มีที่มาจากบริบทชุมชนพบว่า ได้รับมติเป็นเอกฉันท์ให้ใช้ส่วนของต้นตะคร้อหรือต้นป็นรั้ว เป็นแนวคิดในการสร้างสรรค์เพื่อการออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ เพราะต้นป็นรั้วที่เป็นที่มาของชื่อหมู่บ้าน ผู้วิจัยและชุมชนจึงได้ศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นป็นรั้ว โดยผ่านความเห็นชอบจากสมาชิกเสวนาเลือกผลป็นรั้วเป็นแรงบันดาลใจในการสื่อสาร เพราะผลป็นรั้วมีลักษณะเด่นกว่าส่วนอื่นๆ คือ 1) มีลักษณะเป็นทรงกลมหรือรูปไข่ปลายตั้งแหลม แข็ง ผลดิบมีสีเขียว และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อสุก 2) เนื้อในมีสีเหลืองส้มลักษณะเนื้อเป็นเยื่อหุ้มเมล็ด 3) แต่ละผลมี 1-2 เมล็ด เปลือกเรียบสีน้ำตาลอมเทา แตกเป็นสะเก็ดหนา 4) สีที่พบในผลป็นรั้วได้แก่ สีเหลือง สีส้ม สีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ ซึ่งเป็นลักษณะและรูปร่างรูปทรงที่มีความโดดเด่นทั้ง 4 ข้อตามลำดับความสำคัญ โดยผู้วิจัยได้นำสีที่โดดเด่นทั้ง 5 สี และส่วนของลักษณะรูปร่างรูปทรง ได้แก่ ด้านในป็นรั้ว เปลือก เมล็ด และผลผ่าครึ่ง มาใช้ในการออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่จำนวน 9 รูปแบบ เพื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 คน คัดเลือกให้เหลือเพียง 1 รูปแบบ ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละแบบร่างจากคะแนนเต็ม 25 คะแนนต่อคน รวมเป็นคะแนนเต็ม 100 คะแนนต่อแบบร่าง

ตารางที่ 1 แสดงผลการคัดเลือกประเมินผลแบบร่างลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากผลป็นรั้ว

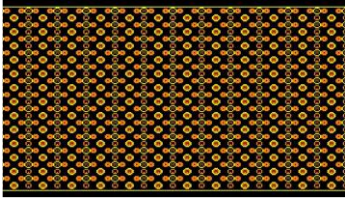
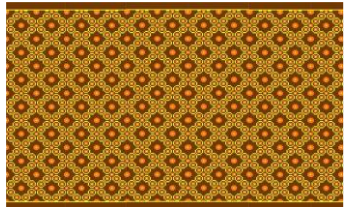
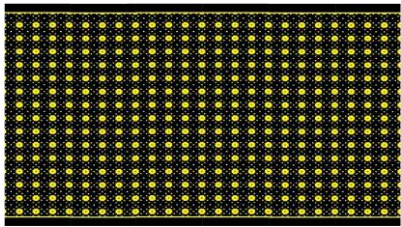
จาก 9 รูปแบบ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบลวดลาย และผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิปัญญาการทำผ้าไหมมัดหมี่ จำนวน 4 คน

แบบร่าง	ผลรวม (sum)	$\bar{X}$ (mean)
แบบที่ 1  เป็นการนำผลป็นรั้วเต็มผลมาจัดวาง โดยมีผลป็นรั้วที่มีขนาดเล็กกว่าล้อมรอบผลใหญ่ เหมือนกับผลป็นรั้วที่ออกผลเป็นพวง ใช้โทนสีน้ำตาล ส้ม เหลือง ที่เป็นสีจากผลป็นรั้ว	60	15
แบบที่ 2  เป็นการนำผลป็นรั้วเต็มผลมาจัดวาง โดยมีผลป็นรั้วที่มีขนาดเล็กกว่าล้อมรอบผลใหญ่ เหมือนกับผลป็นรั้วที่ออกผลเป็นพวง ใช้โทนสีน้ำตาล ส้ม เหลือง และเขียว ที่เป็นสีจากผลป็นรั้ว ช่วงผลดิบ ผลสุก และผลแก่	68	17

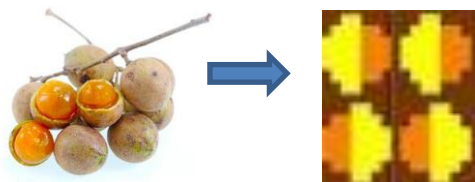
ตารางที่ 1 (ต่อ)

แบบที่ 3  เป็นการนำผลป่นร่วแบบเต็มผลมาจัดวาง โดยมีผลใหญ่ล้อมรอบด้วยผลเล็กเป็นลักษณะต่อเรียงเป็นร่างแหตลอดทั้งผืน โทนสีใช้สีส้ม และเขียว โดยให้สีส้มเป็นสีของผลป่นร่ว และพื้นเป็นสีเขียว แสดงถึงความอุดมสมบูรณ์	76	19
แบบที่ 4  แบบร่างนี้เป็นการนำลักษณะของผลป่นร่วเต็มผลมาจัดวางเรียงต่อกัน แต่มีการใช้สีเหลือง ส้ม แบ่งครึ่งพื้นที่ของผลป่นร่ว และมีการสลับสีเหลืองกับสีส้ม เพื่อให้เกิดการลวงตา พื้นหลังของลายใช้สีน้ำตาลเข้ม เพื่อให้สีของผลป่นร่วเด่นขึ้นมา	92	23
แบบที่ 5  แบบร่างนี้ นำผลป่นร่วมาจัดเรียงให้มีลักษณะฟันปลา หรือเส้นหยักเรียงตลอดแนว ใช้โทนสีสลับแถวกันระหว่างสีน้ำตาลและสีเขียว เพื่อสร้างความตัดกันระหว่างแถว	80	20
แบบที่ 6  แบบร่างนี้ นำผลป่นร่วครึ่งผลมาวางประกบกัน สร้างความลวงสายตาด้วยโทนสีขาว เหลือง น้ำตาล โดยให้สีขาวอยู่ด้านในระหว่างผลป่นร่ว ใช้สีเหลืองในผลป่นร่ว และใช้น้ำตาลเป็นเปลือกผลป่นร่ว	52	13

ตารางที่ 1 (ต่อ)

แบบร่าง	ผลรวม (sum)	$\bar{X}$ (mean)
แบบที่ 7  แบบร่างนี้ใช้ผลปั่นร้วเต็มผล มีขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ มาจัดวางเรียงสลับกัน ใช้โทนสีเหลือง ส้ม น้ำตาล น้ำตาลดำ วางในแต่ละผล มีการจัดวางผลเล็ก สลับผลกลางและผลใหญ่ เพื่อสร้างลูกเล่นและลวดลายที่ลวงตา	48	12
แบบที่ 8  เป็นการนำผลปั่นร้วเต็มผลมาจัดวาง โดยมีผลปั่นร้วที่มีขนาดเล็กกว่า ล้อมรอบผลใหญ่ เหมือนกับผลปั่นร้วที่ออกผลเป็นพวง ใช้โทนสีน้ำตาล ส้ม เหลือง และเขียว ที่เป็นสีจากผลปั่นร้ว ช่วงผลดิบ ผลสุก และผลแก่	44	11
แบบที่ 9  แบบร่างนี้ใช้ผลปั่นร้วเต็มผล มีขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ มาจัดวางเรียงสลับกัน ใช้โทนสีเหลือง น้ำตาลดำและเขียว วางในแต่ละผล มีการจัดวางผลเล็ก สลับผลใหญ่ เพื่อสร้างลูกเล่นและลวดลายที่ลวงตา	40	10

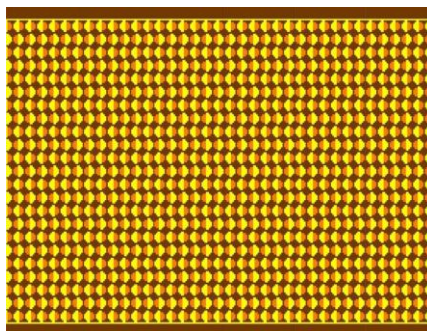
จากตารางที่ 1 พบว่าการคัดเลือกแบบร่างลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่จากผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน (คะแนนเต็มคนละ 25 คะแนน รวม 100 คะแนน) ผลปรากฏว่า รูปแบบที่ 4 ได้รับการคัดเลือกสูงสุด มีผลรวมคะแนนเท่ากับ 92 คะแนน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.00 ซึ่งมากกว่าแบบอื่นอย่างชัดเจน แสดงถึงความเหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาเป็นต้นแบบลวดลายอัตลักษณ์ชุมชนตามกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของ อนุรักษ์พันธุ์ การแดง



รูปที่ 1 ผลตะคร้อ

ที่มา: นิรนาม, (ม.ป.ป)

จากรูปที่ 1 เป็นการนำลักษณะผลป็นรั้วมาลดทอนรูปร่างและรูปทรง ให้ผลป็นรั้วเป็นรูปวงกลม จัดวางในลักษณะการซ้ำลาย มีการใช้สีจากสีของผลป็นรั้ว คือ เหลืองส้มเหลืองอมน้ำตาล มีเนื้อป็นรั้วสีส้ม พื้นหลังสีน้ำตาลเข้ม แสดงถึงต้นป็นรั้ว



รูปที่ 2 แบบที่ 4 การออกแบบลวดลาย 2 มิติ

จากรูปที่ 2 เป็นการนำรูปที่ 1 ที่มีลดทอนลวดลายแล้วมาต่อลาย ด้วยวิธีการซ้ำ และมีการต่อลวดลายเป็นบรรทัด แต่ละบรรทัดจะมีการสลับสีเหลืองและสีส้ม เพื่อให้เกิดลูกเล่น มองแล้วเกิดมิติภาพลวงตา เสมือนลายมีการเคลื่อนไหว

4.2. ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากบริบทชุมชนบ้านโคกป็นรั้ว พบว่า รูปแบบที่ 4 ที่ได้รับเลือกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบลวดลาย และผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิปัญญาการทอผ้าไหมมัดหมี่ จำนวน 4 คน มากที่สุด และได้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิปัญญาการทอผ้าไหมมัดหมี่ ว่าหากทำการผลิตจริงควรจัดวางลวดลายสำหรับการมัดหมี่ไม่เกินจำนวน 25 ลำ เพราะกลุ่มทอผ้าไหมมัดหมี่ในหมู่บ้านมีเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมเส้นไหม หลักมัดหรือโฮ้ง และกี่ทอผ้า ตลอดจนทักษะฝีมือได้ไม่เกินไป จึงจะมีความเหมาะสมและสามารถนำมาสร้างต้นแบบได้

4.3 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคกป็นรั้ว

ผลความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภครวมและผู้ประกอบการ จำนวน 20 คน ที่มีต่อลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคกป็นรั้ว ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากผลป็นรั้ว พบว่าในภาพรวมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.72 ผลเฉลี่ยรวมคะแนน 94.40 คะแนน เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านลวดลายที่ทันสมัยและแปลกใหม่มีระดับความพึงพอใจสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ผลรวมคะแนน 96 รองลงมา คือ ด้านความเหมาะสมในรูปแบบของสีเส้นสวยงาม, ด้านความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ผลรวมคะแนน 94 และ ด้านความประณีตและความกลมกลืน, ด้านความเหมาะสมในการวางตำแหน่งองค์ประกอบ

ของลายผ้า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ผลรวมคะแนน 94 ตามลำดับ สรุปได้ว่าการออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคกป็นรัมย์ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกรายการประเมิน สะท้อนถึงความเหมาะสมในการสร้างสรรค์ลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคกป็นรัมย์ที่สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคและกลุ่มผู้ประกอบการ



รูปที่ 3 ผ้าไหมมัดหมี่ที่ทอจากลวดลายที่ได้จากผลป็นรัมย์

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภคและผู้ประกอบการที่มีต่อผ้าไหมมัดหมี่ ที่ได้รับแรงบันดาลใจมาจากผลป็นรัมย์

ลำดับที่	รายการประเมิน	ผลรวมคะแนน (Sum)	$\bar{x}$	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านลวดลายที่ทันสมัยและแปลกใหม่	96	4.80	มากที่สุด
2	ด้านความประณีตและความกลมกลืน	94	4.70	มากที่สุด
3	ด้านความเหมาะสมในรูปแบบของสีสันสวยงาม	94	4.71	มากที่สุด
4	ด้านความเหมาะสมในการวางตำแหน่งองค์ประกอบของลายผ้า	94	4.70	มากที่สุด
5	ด้านความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้	94	4.71	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		94.40	4.72	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่าระดับความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภคและผู้ประกอบการ จำนวน 20 คน ที่มีต่อลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคกป็นรัมย์ ซึ่งสร้างสรรค์และพัฒนาขึ้นจากแรงบันดาลใจจากผลป็นรัมย์ ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.72 และผลรวมคะแนนทั้งหมด 94.40 คะแนน เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านลวดลายที่ทันสมัยและแปลกใหม่ มีระดับความพึงพอใจสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

4.80 ผลรวมคะแนน 96 รองลงมาคือ ด้านความประณีตและความกลมกลืน ด้านความเหมาะสมในรูปแบบของสี สีสวยงาม ด้านความเหมาะสมในการวางตำแหน่งองค์ประกอบของลายผ้า และด้านความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ผลรวมคะแนนด้านละ 94 สรุปได้ว่าการสร้างสรรค์ลวดลายอัตลักษณ์ชุมชนโคกปิ่นรัวในครั้งนี้ มีวิธีการดำเนินการวิจัยประสบความสำเร็จ เนื่องจากสามารถพิสูจน์ถึงความสอดคล้องกับสมมติฐาน วัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 การออกแบบลวดลายจากอัตลักษณ์ท้องถิ่น จากการศึกษาแรงบันดาลใจการออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคกปิ่นรัว ผลการวิจัยพบว่า การนำลักษณะเด่นของผลปิ่นรัว ทั้งด้านรูปทรง สี และองค์ประกอบ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบลวดลาย สามารถสร้างสรรค์รูปแบบใหม่ที่ยังคงสะท้อนอัตลักษณ์ชื่อหมู่บ้านของชุมชนได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะการลดทอนรูปทรงและการจัดวางแบบซ้ำลาย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ John W. Creswell & Vicki L. Plano Clark (2017) ที่กล่าวถึงการเชื่อมโยงบริบททางวัฒนธรรมกับกระบวนการวิจัยเชิงสร้างสรรค์ และสอดคล้องกับ Wucius Wong ที่เน้นองค์ประกอบด้านความสมดุล จังหวะ และเอกภาพของงานออกแบบ ในบริบทของประเทศไทย ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ ณัฐพันธุ์ การแดง ที่ศึกษาการพัฒนาลวดลายผ้าไหมมัดหมี่จากอัตลักษณ์ท้องถิ่น โดยพบว่า การนำแรงบันดาลใจจากธรรมชาติและวัฒนธรรมมาลดทอนเป็นลวดลายเชิงนามธรรม ช่วยให้เกิดเอกลักษณ์ใหม่ที่ยังคงรากฐานเดิม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานของ ศิริชัย พงษ์วิชัย ที่กล่าวถึงการใช้ค่าเฉลี่ยในการตัดสินใจเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่ารูปแบบที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด แสดงถึงความเหมาะสมขององค์ประกอบการออกแบบอย่างชัดเจน

5.2 การพัฒนาต้นแบบผ้าไหมมัดหมี่ การพัฒนาต้นแบบจากแบบร่างที่ได้รับการคัดเลือกมา 1 รูปแบบ พบว่าสามารถถ่ายทอดสู่การผลิตได้จริง และมีความเหมาะสมทั้งด้านเทคนิคและความสวยงาม เนื่องจากการออกแบบได้คำนึงถึงทักษะ กระบวนการทอผ้าไหมมัดหมี่ของชุมชน ในงานวิจัยไทยของ อัจฉรา ปทุมานนท์ ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไหมและพบว่า การออกแบบที่คำนึงถึงข้อจำกัดของเทคนิคการทอ จะช่วยให้สามารถผลิตจริงได้และลดความคลาดเคลื่อนของลวดลาย รวมถึงแนวคิดของ สุภาภรณ์ อินทร์ทอง ที่กล่าวว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนควรผสมผสานภูมิปัญญาดั้งเดิมกับการออกแบบสมัยใหม่ เพื่อเพิ่มมูลค่าและโอกาสทางการตลาด

5.3 ความพึงพอใจของผู้บริโภคและกลุ่มผู้ประกอบการ ผลการประเมินพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้านความทันสมัยและความแปลกใหม่ของลวดลาย ผลนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Philip Kotler ที่ระบุว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์มีผลต่อการตัดสินใจและความพึงพอใจของผู้บริโภค สอดคล้องกับ กิตติชัย วงศ์ศรี ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการออกแบบร่วมสมัย จะได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น รวมถึง จุฑามาศ แสงสุวรรณ ที่อธิบายว่า ระดับความพึงพอใจสูงมักเกิดจากการผสมผสานระหว่างความสวยงาม ความแปลกใหม่ และการใช้งานจริง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้

5.4 สรุปภาพรวมเชิงอภิปราย จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการออกแบบลวดลายอัตลักษณ์ผ้าไหมมัดหมี่โคกปิ่นรัว สามารถนำกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากผลงานวิจัยนี้ ไปใช้ประโยชน์ในการผลิต การนำไปใช้การจัดจำหน่าย และการต่อยอดพัฒนา เพื่อเพิ่มคุณค่าและมูลค่าพร้อมการระบุอัตลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ได้อย่างดี และเหมาะสมสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ของ John Howkins ในด้านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการเชื่อมโยง “ภูมิปัญญาท้องถิ่น” เข้ากับ “การออกแบบร่วมสมัย” และ “ตลาดสมัยใหม่” และสอดคล้อง แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าไหมมัดหมี่ โดยการนำทุนทางวัฒนธรรม เช่น ลวดลายและเทคนิคการย้อมสี มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมสมัย (สมบัติ สมครสมาน, 2563) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP) ที่เน้นการใช้ทุนทางวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นมาต่อยอดเชิงเศรษฐกิจ

เอกสารอ้างอิง

- กิตติชัย วงศ์ศรี. (2561). พฤติกรรมผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ OTOP. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมวิชาการเกษตร. (2565). รายงานการวิจัยเกี่ยวกับการปลูกและใช้ผลตะคร้อในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- กรมหม่อนไหม. (2565). รายงานสถานการณ์การผลิตผ้าไหมมัดหมี่ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรม หม่อนไหม.
- จุฑามาศ แสงสุวรรณ. (2560). การวัดความพึงพอใจของผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ธนาวุฒิ, อัครพล. (2561). การศึกษาเกี่ยวกับผลตะคร้อและคุณสมบัติทางเภสัชกรรม. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ณัฐพันธุ์ การแดง. (2557). กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อความยั่งยืน. วารสารศิลปกรรมและการออกแบบแห่งเอเชีย, 5(2), 145-160.
- บุญเลิศ, จิราภรณ์. (2564). แนวทางการออกแบบที่มีประสิทธิภาพในยุคดิจิทัล. วารสารออกแบบและเทคโนโลยี, 12(2), 50-67.
- ปฐม, สุพล. (2562). การอนุรักษ์และส่งเสริมผ้าไหมมัดหมี่ในชุมชน. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พรหมศักดิ์, กิตติยา. (2563). ผลตะคร้อ: ประโยชน์และการใช้ในอาหาร. วารสารสมุนไพรและอาหาร สุขภาพ, 7(1), 25-32.
- รุ่งนภา, ประกาย. (2563). ผ้าไหมมัดหมี่: มรดกทางวัฒนธรรมไทย. วารสารศิลปะและวัฒนธรรม, 15(2), 45-60.
- วรรณ, สุนิสา. (2563). หลักการออกแบบและการสร้างสรรค์งานกราฟิก. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรีสวัสดิ์, ธิดา. (2561). ผ้าไหมมัดหมี่: ศิลปะและเทคนิคการทอ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันการออกแบบไทย. (2564). รายงานการวิจัยการออกแบบกราฟิกในสังคมไทย. กรุงเทพฯ: สถาบันการออกแบบไทย.
- สมาคมนักออกแบบกราฟิกไทย. (2565). หลักการออกแบบและแนวทางการประยุกต์ใช้. Thai Graphic Design Association. <https://www.tgda.or.th/design-principles>.
- สุมาลี, สุนิสา. (2562). สมุนไพรและผลไม้ไทย: คุณประโยชน์และการใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ คมบาง.
- สุภาพรณ อินทรทอง. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อเพิ่มมูลค่า. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- สำนักงานส่งเสริมการจัดประชุมและนิทรรศการ. (2564). ผ้าไหมมัดหมี่: การพัฒนาสินค้า OTOP. OTOP Thailand. แหล่งที่มา: <https://www.otophailand.com/mudmee>.
- สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. (2564). ประโยชน์ของผลตะคร้อ." Thai Herb Database. <https://www.disthai.com/17395509/%E0%B8%95%E0%B8%B0%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%AD>
- สมบัติ สมักรมาน. (2565). การออกแบบวางแผนการย้อมสี 6 ชั้น ผ้าไหมมัดหมี่ปิดานลายสร้างสรรค์ “เกียรติมุข (หน้ากาล) คายนรสิงห์ประดับท่อนพวงมาลัย” ภูมิปัญญารูปแบบธรรมเนียมปฏิบัติชนเขมรโบราณ. วารสารศิลปะและวัฒนธรรมลุ่มแม่น้ำมูล, 11(2), 35-48.
- _____. (2563). การออกแบบผลิตภัณฑ์วัฒนธรรม : แนวคิดสร้างสรรค์ลายอัตลักษณ์ผ้าไหมปุมโบราณสุรินทร์. วารสารวิชาการศิลปวัฒนธรรมอีสาน, 1(2), 27 - 47.

สมบัติ สมัครสมาน, สุพัตรา วยะละนุ, สุรเชษฐ์ วรศรี และอภิชัย ไพโรสินธุ์. (2563). การออกแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณแนวคิดสร้างสรรค์จากศิลปกรรมขอมโบราณให้กับชุมชนกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์.

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง, 13(1), 62-72.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2555). สถิติเพื่อการวิจัย. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจฉรา ปทุมานนท์. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไหมไทยเชิงสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

<https://www.thaiherbdb.com/takra>.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management*. (15th ed.). Harlow, England: Pearson Education.

Wong, W. (1993). *Principles of form and design*. New York: John Wiley & Sons.

Howkins, J. (2001). *The creative economy: How people make money from ideas*. London: Penguin Books.

คุณค่าทางวิชาการ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ผ้าไหมมัดหมี่ลวดลายอัตลักษณ์ของชุมชนรูปแบบใหม่
2. ได้ถ่ายทอดกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไหม หรือเทคนิคการสร้างสรรค์อื่นๆ ให้กับชุมชน
3. ได้องค์ความรู้ต่อการต่อยอดและพัฒนาด้านการออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ หรือแนวทางสร้างสรรค์ผ้าทอในรูปแบบอื่นได้อีก

การออกแบบและพัฒนาต้นแบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนความเสี่ยง ภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห้สัญญาณชีพ

รัตนสุดา สุกตัญญู^{1*} มินา อยู่เย็น² สุนิศา จิตสุนทรชัยกุล³ ชีรฉัตรย์ ปานกลาง⁴
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา^{1*234}
อีเมล : rattanasuda.su@bsru.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 4 พฤษภาคม 2569

วันแก้ไขบทความ 16 มิถุนายน 2569

วันตอบรับบทความ 24 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง “การออกแบบและพัฒนาต้นแบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห้สัญญาณชีพ” มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบหูฟังอัจฉริยะที่สามารถตรวจวัดสัญญาณชีพที่เกี่ยวข้องกับภาวะฮีทสโตรก ได้แก่ อุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด โดยใช้เทคโนโลยีอุปกรณ์สวมใส่ 2) ออกแบบและพัฒนาระบบประมวลผลข้อมูลสัญญาณชีพแบบเรียลไทม์ สำหรับวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของภาวะฮีทสโตรกตามเกณฑ์มาตรฐานทางสรีรวิทยา ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน 3) พัฒนาระบบตรวจจับการล้มร่วมกับระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ผ่านเสียงพูดจากอุปกรณ์สวมใส่ และการส่งข้อความผ่านแอปพลิเคชัน LINE ไปยังผู้ดูแลหรือบุคคลใกล้ชิด เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยหูฟังอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น โดยการบูรณาการ การทำงานของเซนเซอร์ MAX30100 สำหรับวัดอัตราการเต้นของหัวใจและระดับออกซิเจนในเลือด เซนเซอร์อินฟราเรด GY-906 สำหรับวัดอุณหภูมิร่างกาย และเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว MPU6050 ร่วมกับระบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผลและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อน

ผลการวิจัยพบว่า ระบบหูฟังอัจฉริยะสามารถตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจและระดับออกซิเจนในเลือดได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.44% และ 0.82% ตามลำดับ สำหรับการวัดอุณหภูมิร่างกายบริเวณใบหู พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.04°C เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดมาตรฐาน และมีความเหมาะสมมากกว่าตำแหน่งอื่นของร่างกาย นอกจากนี้ ระบบสามารถตรวจจับการล้มได้อย่างถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 95 และสามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันภายในเวลาเฉลี่ยไม่เกิน 5 วินาที แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเฝ้าระวังสุขภาพและป้องกันภาวะฮีทสโตรกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ ภาวะฮีทสโตรก การตรวจวัดสัญญาณชีพ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Design and Development of a Smart Earphone for Real-Time Detection of Heatstroke Risk and Falls Using Vital Sign Monitoring

Rattanasuda Supadanaison^{1*}, Meena Yooyen², Sunisa Jitsoonthonchaiyakul³,
Theerathawan Panklang⁴

Faculty of Science and Technology, Ban Somdej Chaopraya Rajabhat University ^{1*,2,3,4}

E-mail : rattanasuda.su@bsru.ac.th^{1*}

Received 4 May 2026

Revised 16 June 2026

Accepted 24 June 2026

Abstract

This research focuses on the design and development of a smart earphone prototype for heatstroke and fall detection based on vital sign analysis. The objectives of this study are: 1) to develop a smart earphone prototype capable of monitoring vital signs related to heatstroke, including body temperature, heart rate, and blood oxygen saturation (SpO₂), using wearable technology; 2) to design and develop a real-time vital sign data processing system for analyzing and assessing heatstroke risk based on physiological standard criteria through a web application; and 3) to develop a fall detection system integrated with an automatic alert mechanism, including voice notification from the wearable device and message alerts via the LINE application to caregivers or nearby individuals. The research instruments consist of the developed smart earphone system, which integrates multiple sensors, including the MAX30100 sensor for heart rate and SpO₂ measurement, the GY-906 infrared sensor for body temperature monitoring, and the MPU6050 motion sensor for fall detection. The system is connected to a web application for real-time data visualization and alert notification. The statistical methods used for data analysis include mean and percentage error.

The results indicate that the proposed smart earphone system can measure heart rate and blood oxygen saturation with high accuracy compared to standard medical devices, with average errors of 1.44% and 0.82%, respectively. For body temperature measurement at the ear, the system achieved the lowest average error of 0.04°C compared to a standard infrared thermometer, demonstrating higher suitability than other body locations. In addition, the fall detection function achieved an average accuracy of 95%, and the system was able to send alert notifications to users within an average time of less than 5 seconds. These findings demonstrate that the developed system is effective for health monitoring and heatstroke prevention applications.

Keywords : Heatstroke, Vital Sign Monitoring, Internet of Things (IoT)

1. บทนำ

ภาวะลมแดดหรือฮีทสโตรก (Heatstroke) เป็นภาวะฉุกเฉินทางการแพทย์ที่เกิดจากร่างกายไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางร่างกายสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง เช่น สับสน หมดสติ หรือชัก หากไม่ได้รับการช่วยเหลืออย่างทันด่วนที่อาจนำไปสู่ภาวะอวัยวะล้มเหลวและเสียชีวิตได้ (ธราธร คุรงค์พันธุ์, 2562)

ปัญหาภาวะฮีทสโตรกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้หลายพื้นที่ทั่วโลกเผชิญกับอุณหภูมิสูงจัดและคลื่นความร้อนบ่อยครั้งขึ้น โดยเฉพาะประเทศในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย ซึ่งมีสภาพอากาศร้อนชื้นเกือบตลอดปี ส่งผลให้ประชาชนมีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่ทำงานหรือทำกิจกรรมกลางแจ้งเป็นเวลานาน เช่น เกษตรกร คนงานก่อสร้าง นักกีฬา ทหาร นักเรียน หรือผู้เข้าร่วมกิจกรรมภาคสนาม (Habibi et al, 2024) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น โลกเกิดภาวะอากาศร้อนจัด (extreme heat) บ่อยขึ้นและมีช่วงเวลาที่นานขึ้น ทำให้พบอุบัติการณ์การเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อน (heat-related illnesses) เพิ่มสูงขึ้นการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากภาวะอากาศร้อนเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตประมาณ 240 คนต่อปี (สมคิด โพธิ์ชนะพันธุ์, 2560) โดยปัจจัยเสี่ยงของการเกิดฮีทสโตรกประกอบด้วย อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูง ความชื้นสัมพัทธ์สูง การขาดน้ำ การพักผ่อนไม่เพียงพอ การสวมใส่เสื้อผ้าที่ระคายเคืองอากาศไม่ดี รวมถึงโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน หรือภาวะอ้วน ซึ่งส่งผลให้ร่างกายระบายความร้อนได้ลดลง ทั้งนี้พบว่าการเสียชีวิตในระหว่างการแข่งขันกีฬาและการวิ่งมาราธอนเกี่ยวข้องกับการเกิดการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากภาวะอากาศร้อนสูงกว่าสาเหตุของโรคหัวใจ 10 เท่า การเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากภาวะอากาศร้อนเป็นความผิดปกติที่เกิดจากการเสียสมดุลของกลไกการควบคุมอุณหภูมิ (thermoregulation) เมื่อร่างกายอยู่ในภาวะแวดล้อมที่ความร้อนสูง สามารถจำแนกโดยเรียงลำดับจากความรุนแรงน้อยไปมากคือ ผดร้อนหรือผดเหี่ยว (Heat rash) การบวมแดด (Heat Edema) ตะคริว (Heat cramps) ลมแดด (Heat syncope) ภาวะกล้ามเนื้อลายสลายตัวเฉียบพลัน (Rhabdomyolysis) เพลียแดด (Heat exhsustion) และโรคลมแดด (สิทธิชัย ตันติภาสวสิน, 2566, Yoneda et al. 2024) ดังนั้นการเฝ้าระวังสุขภาพอย่างต่อเนื่องจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะระบบที่สามารถตรวจจับความผิดปกติและแจ้งเตือนได้แบบทันที จะช่วยลดความรุนแรงของเหตุการณ์และเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงการช่วยเหลืออย่างรวดเร็ว

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ระบบเซนเซอร์อัจฉริยะ และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) มาใช้ในการเฝ้าระวังสุขภาพและตรวจวัดสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ เช่น การวัดอุณหภูมิ ความชื้น อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับออกซิเจนในเลือด ตลอดจนระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดความเสี่ยง ซึ่งช่วยลดโอกาสการเกิดภาวะฮีทสโตรกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับการล้มและเหตุฉุกเฉินทางสุขภาพได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น ตัน และคณะ (Tan et al. 2024) ได้ศึกษาการใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิบริเวณใบหูร่วมกับอุปกรณ์สวมใส่ เพื่อประเมินภาวะความเครียดจากความร้อนของร่างกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ผลการศึกษาพบว่า การวัดอุณหภูมิบริเวณใบหูมีความแม่นยำสูง และสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายได้ดี จึงเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในระบบเฝ้าระวังภาวะฮีทสโตรกแบบเรียลไทม์ ต่อมา โรเจอร์ เฟอ์นันโด อัลโด โบนิฟาซิโอ และคณะ (Bonifacio et al, 2025) ได้ทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับการคาดการณ์ภาวะความเครียดจากความร้อนในภาคอุตสาหกรรมและงานกลางแจ้ง โดยใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์สวมใส่ ระบบ IoT และแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ผลการศึกษาพบว่า การใช้ข้อมูลอุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ความชื้นสัมพัทธ์ และลักษณะกิจกรรมการทำงานสามารถช่วยประเมินระดับความเสี่ยงล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ และช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุจากความร้อนในสถานประกอบการได้นอกจากนี้ อามีน รากิอูย และคณะ (Rghioui et al, 2021) ได้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้านสุขภาพ (e-Health) โดยเชื่อมต่อเซนเซอร์ชีวภาพเข้ากับเครือข่าย

อินเทอร์เน็ต เพื่อเฝ้าติดตามสัญญาณชีพของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่อง เช่น ชีพจร อุณหภูมิร่างกาย และการเคลื่อนไหว พร้อมส่งข้อมูลไปยังแพทย์หรือผู้ดูแลได้ทันที งานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าระบบนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง และผู้ที่อยู่ในภาวะเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปี 2567 ได้มีการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อุณหภูมิร่างกาย และความดันโลหิตสำหรับผู้ปกครองทางกรมมองเห็น (หัตถ์กมล คงเทพ และคณะ, 2567) โดยใช้เซนเซอร์ MAX30102 สำหรับวัดชีพจรและค่าออกซิเจนในเลือด เซนเซอร์ MAX30205 สำหรับวัดอุณหภูมิร่างกาย และเซนเซอร์ MPS20N0040D สำหรับวัดความดันโลหิต ประมวลผลด้วยบอร์ด ESP32 พร้อมแสดงผลผ่านหน้าจอและระบบเสียงพูดอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสุขภาพเบื้องต้นได้ด้วยตนเอง ผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมาตรฐานพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำ โดยอัตราการเต้นของหัวใจคลาดเคลื่อนร้อยละ 2.23 ค่าออกซิเจนในเลือดร้อยละ 0.22 อุณหภูมิร่างกายร้อยละ 0.95 และความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าระบบเซนเซอร์สุขภาพที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อัจฉริยะเพื่อเฝ้าระวังสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานอัจฉริยะสำหรับติดตามสุขภาพและแจ้งเตือนภาวะเสี่ยงแบบเรียลไทม์ในงานวิจัยนี้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาด้านแบบห่วงโซ่อุปทานอัจฉริยะสำหรับเฝ้าระวังและป้องกันภาวะฮีทสโตรก รวมถึงการตรวจจับการล้ม โดยใช้เทคโนโลยีการสวมใส่อัจฉริยะ (Wearable Devices) ซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากสามารถติดตั้งเซนเซอร์ได้โดยไม่รบกวนการใช้งานประจำวันซึ่งแนวคิดในการประดิษฐ์ห่วงโซ่อุปทานอัจฉริยะเพื่อแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกนี้ จะใช้อุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดสัญญาณชีพ ได้แก่ เซนเซอร์ MAX30100 วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับออกซิเจนในเลือด เซนเซอร์ GY-906 เพื่อวัดอุณหภูมิของร่างกายแบบไร้สัมผัสและยังสามารถตรวจจับการล้มด้วยการติดตั้งเซนเซอร์วัดความเอียง 3 แกน (GY-521) ซึ่งหากระบบตรวจพบค่าความผิดปกติที่สัมพันธ์กับภาวะฮีทสโตรก จะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านเสียงพูดในหูฟัง และส่งข้อความเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน LINE ช่วยเพิ่มโอกาสในการป้องกันอันตรายได้อย่างทันทั่วทั้งที่ซึ่งมีประยุกต์ใช้เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมและสัญญาณชีพร่วมกับระบบประมวลผลอัจฉริยะ เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลล่วงหน้าแบบเรียลไทม์ เหมาะสมสำหรับใช้ในกิจกรรมกลางแจ้ง สถานศึกษา พื้นที่ก่อสร้าง ภาคเกษตรกรรม หรือการดูแลผู้สูงอายุ อันจะช่วยลดความสูญเสียด้านสุขภาพ เพิ่มความปลอดภัย และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบห่วงโซ่อุปทานอัจฉริยะที่สามารถตรวจวัดสัญญาณชีพที่เกี่ยวข้องกับภาวะฮีทสโตรก ได้แก่ อุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด โดยใช้เทคโนโลยีอุปกรณ์สวมใส่

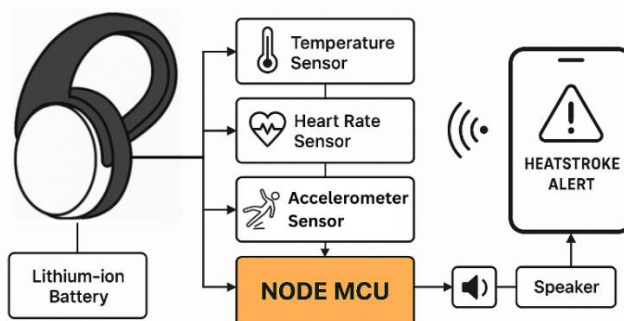
2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบประมวลผลข้อมูลสัญญาณชีพแบบเรียลไทม์ สำหรับวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของภาวะฮีทสโตรกตามเกณฑ์มาตรฐานทางสรีรวิทยา ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

2.3 เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการล้มร่วมกับระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ผ่านเสียงพูดจากอุปกรณ์สวมใส่ และการส่งข้อความผ่านแอปพลิเคชัน LINE ไปยังผู้ดูแลหรือบุคคลใกล้ชิด

3. วิธีการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาด้านแบบห่วงโซ่อุปทานอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพ มีการออกแบบโดยผสมผสานเทคโนโลยีเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อุณหภูมิ และตรวจจับการล้มภายในอุปกรณ์เดียว เพื่อตอบสนองต่อความต้องการด้านความปลอดภัยของผู้สูงอายุและผู้ที่ต้องเผชิญความเสี่ยงจากอุณหภูมิสูง โดยระบบจะตรวจจับค่าที่เกี่ยวข้องกับภาวะฮีทสโตรก

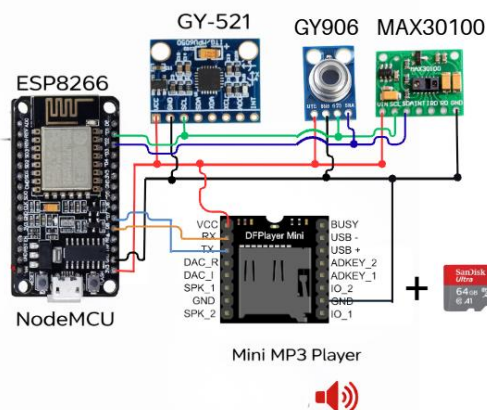
โทรกร ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด และอุณหภูมิร่างกาย พร้อมทั้งตรวจจับการล้มผ่านเซนเซอร์วัดการเคลื่อนไหวแบบ 3 แกน เมื่อตรวจพบค่าที่บ่งชี้ถึงภาวะฮีทสโตรกและอุบัติเหตุการล้ม ระบบจะประมวลผลข้อมูลและแจ้งเตือนผู้ใช้อย่างรวดเร็วผ่านลำโพงในหูฟัง พร้อมทั้งส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์เพื่อให้สามารถเข้าช่วยเหลือได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการพัฒนาการเชื่อมต่อในภาพรวมดังนี้



รูปที่ 1 การออกแบบภาพรวม

3.1 การออกแบบวงจรและสร้างหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพ

การออกแบบวงจรและสร้างหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพ มีการออกแบบโดยผสมผสานเทคโนโลยีเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดโดยใช้โมดูลเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจและวัดออกซิเจนในเลือด (MAX30100) การวัดอุณหภูมิร่างกายแบบไร้สัมผัสด้วยโมดูลวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด GY-906 MLX90614 ประกอบด้วยชิพ MLX90614ESF สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง -70 ถึง 380 องศาเซลเซียส ความละเอียดของอุณหภูมิที่วัดได้ 0.02 องศาเซลเซียส และตรวจจับการล้มด้วยโมดูลเซนเซอร์วัดความเร่งและไจโรสโคป MPU-6050 (GY521) ซึ่งการตรวจจับสัญญาณชีพและการล้มจะใช้การติดตั้งแบบเทคโนโลยีการสวมใส่โดยใช้หูฟังแบบครอบซึ่งมีลำโพงในตัว เพื่อตอบสนองต่อความต้องการด้านความปลอดภัยของผู้สูงอายุและผู้ที่ต้องเผชิญความเสี่ยงจากอุณหภูมิสูง โดยระบบจะตรวจจับค่าที่เกี่ยวข้องกับภาวะฮีทสโตรก ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด และอุณหภูมิร่างกาย พร้อมทั้งตรวจจับการล้มผ่านเซนเซอร์วัดการเคลื่อนไหวแบบ 3 แกน เมื่อตรวจพบค่าที่บ่งชี้ถึงภาวะฮีทสโตรกและอุบัติเหตุการล้ม ระบบจะประมวลผลข้อมูลและแจ้งเตือนผู้ใช้อย่างรวดเร็วผ่านลำโพงในหูฟัง พร้อมทั้งส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์เพื่อให้สามารถเข้าช่วยเหลือได้อย่างรวดเร็ว โดยวงจรเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เป็นดังรูปที่ 2

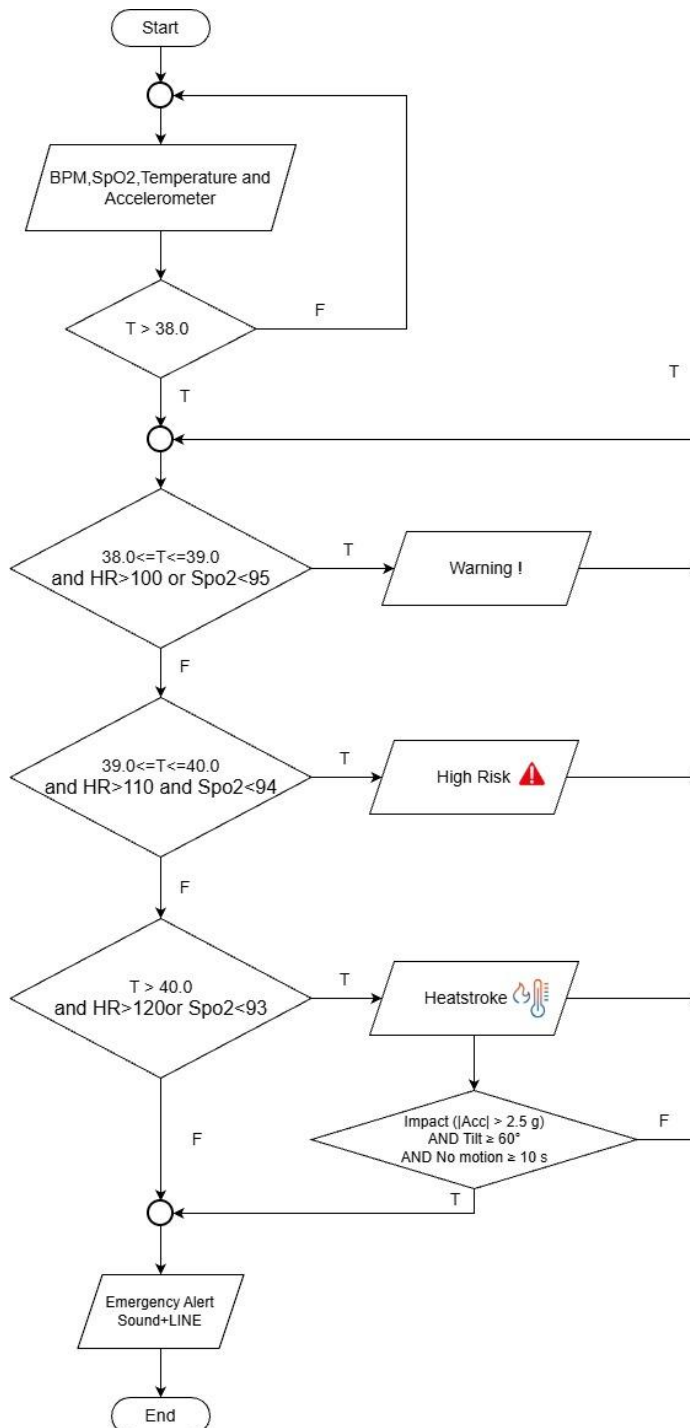


รูปที่ 2 วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ของหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพ



รูปที่ 3 อุปกรณ์สวมใส่สำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้ม

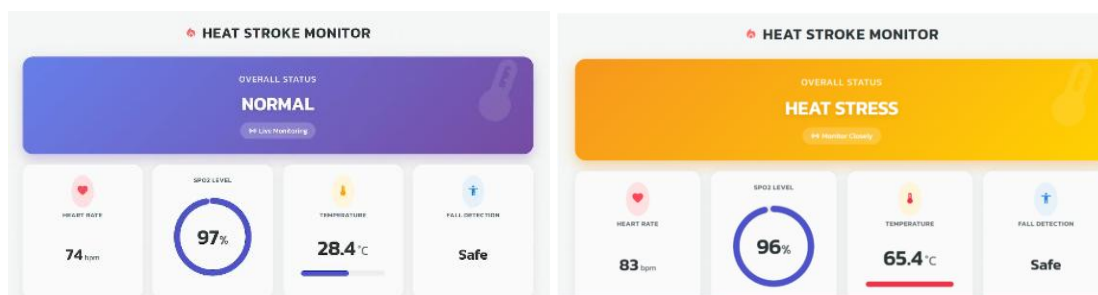
3.2 การออกแบบพัฒนาโปรแกรมทำงานต้นแบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพ เป็นดังรูปที่ 4



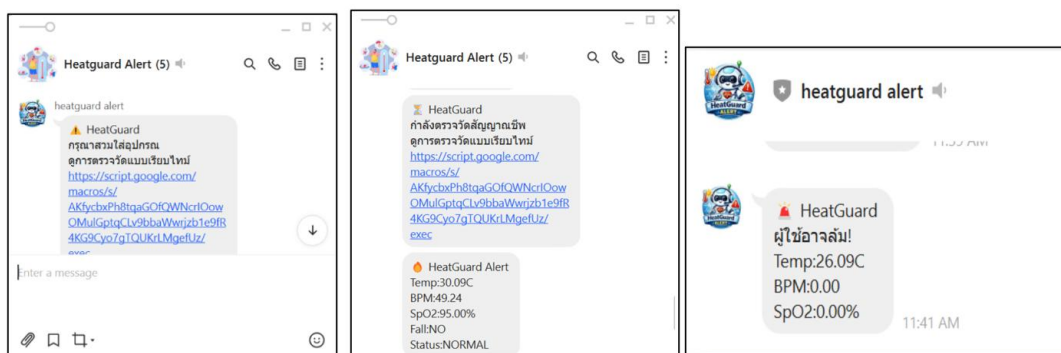
รูปที่ 4 การออกแบบพัฒนาโปรแกรมทำงานหึ่งอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพ

จากรูปที่ 4 การทำงานของระบบเริ่มจากการตรวจวัดสัญญาณชีพ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO₂) และอุณหภูมิร่างกายของผู้สวมใส่ ข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้งหมดจะถูกประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ซึ่งมีความสามารถในการเชื่อมต่อไร้สายกับเว็บแอปพลิเคชัน ที่พัฒนาโดยใช้ Google App Script และแอปพลิเคชัน LINE เมื่อค่าที่ตรวจวัดได้เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ระบบจะทำการแจ้งเตือนทันที ทั้งในรูปแบบเสียงผ่านหูฟังและการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลหรือสมาชิกในครอบครัวผ่านแอปพลิเคชัน LINE ซึ่งมีการออกแบบอุปกรณ์สวมใส่สำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้ม

เกณฑ์การแจ้งเตือนอุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ถูกกำหนดขึ้นโดยอ้างอิงจากข้อมูลทางการแพทย์ทั่วไปเกี่ยวกับภาวะไข้สูง ภาวะหัวใจเต้นเร็ว และภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ ร่วมกับการออกแบบระบบต้นแบบ โดยใช้ข้อมูลสัญญาณชีพที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์แบบโฟโตเพลธิสโมกราฟี (Photoplethysmography: PPG) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ติดตามอัตราการเต้นของหัวใจและความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Haddad et al., 2022) ทั้งนี้ ระบบได้แบ่งระดับความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับเฝ้าระวัง ระดับเตือน และระดับฉุกเฉิน เพื่อให้สามารถประมวลผลและแจ้งเตือนผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม เกณฑ์ดังกล่าวใช้สำหรับการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของระบบต้นแบบเท่านั้น มิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคหรือทดแทนการประเมินทางการแพทย์ และอาจมีการปรับปรุงให้สอดคล้องกับแนวทางทางคลินิกและผลการทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งานจริงในอนาคต



รูปที่ 5 ผลการตรวจวัดแบบเรียลไทม์แสดงผ่านเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 5 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

3.3 การทดสอบการทำงานของต้นแบบ

หลังจากดำเนินการพัฒนาต้นแบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของเบื้องต้นของระบบ เพื่อประเมินความสามารถในการตรวจวัดสัญญาณชีพ การประมวลผลข้อมูล และการแจ้งเตือนของอุปกรณ์ โดยการทดสอบดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ในห้องปฏิบัติการ และดำเนินการทดสอบโดยผู้วิจัย

การทดสอบครอบคลุมการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) อุณหภูมิร่างกาย และการตรวจจับการล้มจากเซนเซอร์ MPU6050 ข้อมูลที่ตรวจวัดได้ถูกส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังเว็บแอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งทดสอบการแจ้งเตือนผ่านลำโพงของหูฟัง และการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE เมื่อค่าที่ตรวจวัดได้เกินเกณฑ์ที่กำหนด

นอกจากนี้ ได้มีการเปรียบเทียบค่าการวัดจากต้นแบบกับเครื่องมืออ้างอิงมาตรฐาน ได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด YUWELL รุ่น YT-1 และเครื่อง Pulse Oximeter รุ่น CMS-50DL เพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากระบบ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่วัดได้จากต้นแบบและเครื่องมือมาตรฐาน

การศึกษาค้างนี้เป็นการพัฒนาและทดสอบต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ (Prototype Development and Preliminary Testing) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบเบื้องต้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบระบบด้วยตนเอง การตรวจวัดสัญญาณชีพเป็นการตรวจวัดแบบไม่รุกรานร่างกาย (Non-invasive Measurement) ไม่มีการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพหรือการแทรกแซงทางการแพทย์ และผู้วิจัยได้ให้ความยินยอมเข้าร่วมการทดสอบโดยสมัครใจ ผลการทดสอบที่ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพของต้นแบบ ก่อนนำไปศึกษาทดลองกับกลุ่มผู้ใช้งานจริงในอนาคต

4. ผลการวิจัย

จากการพัฒนาและทดสอบต้นแบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพพบผลการทดสอบ ดังนี้

4.1 การทดสอบการวัดหาระยะที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัด เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในการวัดอุณหภูมิร่างกายบริเวณใบหู โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากระบบกับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรดมาตรฐานยี่ห้อ YUWELL รุ่น YT-1 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย การทดลองดำเนินการโดยกำหนดระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับตำแหน่งใบหูในช่วง 1-6 เซนติเมตร และบันทึกค่าที่วัดได้เพื่อนำมาวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบวัดหาระยะในการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายที่เหมาะสมบริเวณใบหู เปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ยี่ห้อ YUWELL รุ่น YT-1

ระยะ (cm)	ระบบวัดที่ใบหู (°C)	เครื่อง YUWELL YT-1 (°C)	ค่าคลาดเคลื่อน (°C)
1	36.72	36.70	0.02
2	36.70	36.70	0.00
3	36.65	36.60	0.05
4	36.58	36.60	0.02
5	36.45	36.50	0.05
6	36.30	36.50	0.20

จากการทดสอบหาระยะที่เหมาะสมในการวัดอุณหภูมิร่างกายบริเวณใบหู โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากระบบกับเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดมาตรฐาน พบว่า ที่ระยะ 1–4 เซนติเมตร ค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกับเครื่องมาตรฐานมาก โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.00–0.05 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเพิ่มขึ้นเป็น 5–6 เซนติเมตร พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ระยะ 6 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าคลาดเคลื่อนสูงถึง 0.20 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าระยะที่มากเกินไปส่งผลต่อความแม่นยำของการวัด ดังนั้น ระยะที่เหมาะสมสำหรับการวัดอุณหภูมิบริเวณใบหูด้วยเซนเซอร์อินฟราเรดในงานวิจัยนี้ 2 เซนติเมตร ซึ่งให้ค่าที่มีความแม่นยำและเสถียรใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐานมากที่สุด

4.2 การประเมินความถูกต้องของระบบวัดอุณหภูมิ ได้ทำการทดสอบโดยวัดอุณหภูมิร่างกายในตำแหน่งต่าง ๆ ได้แก่ บริเวณใบหู หน้าผาก และฝ่ามือ โดยกำหนดระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับพื้นผิวผิวหนังคงที่ที่ 2 เซนติเมตร โดยกำหนดจำนวนการทดสอบในแต่ละตำแหน่งเท่ากันจำนวน 20 ครั้ง โดยผู้ทดสอบอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันเพื่อลดผลกระทบจากอุณหภูมิภายนอก ในแต่ละครั้งจะทำการวัดอุณหภูมิด้วยระบบหูฟังอัจฉริยะ และวัดซ้ำด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ยี่ห้อ YUWELL รุ่น YT-1 ในเวลาเดียวกัน เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่ง และหาค่าความคลาดเคลื่อนโดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยจากเครื่องมือมาตรฐาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความแม่นยำและความเหมาะสมของตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความถูกต้องของการวัดอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ที่ระยะ 2 เซนติเมตร

ตำแหน่ง	จำนวนทดสอบ	ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ (°C)	เครื่อง YUWELL YT-1 (°C)	ค่าคลาดเคลื่อน (°C)
ใบหู	20	36.74	36.70	0.04
หน้าผาก	20	36.91	36.80	0.11
ฝ่ามือ	20	36.82	36.60	0.22

จากผลการทดสอบการวัดอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ โดยกำหนดระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับผิวหนังเท่ากับ 2 เซนติเมตร พบว่า การวัดบริเวณใบหูให้ค่าที่ใกล้เคียงกับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ยี่ห้อ YUWELL รุ่น YT-1 มากที่สุด โดยมีค่าคลาดเคลื่อนเพียง 0.04 °C รองลงมาคือหน้าผาก และฝ่ามือ ซึ่งมีค่าคลาดเคลื่อนสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของการวัดมีผลต่อความแม่นยำของเซนเซอร์อินฟราเรด

4.3 การทดสอบการวัดสัญญาณชีพ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (BPM) และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO₂) ได้ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ MAX30100 ซึ่งติดตั้งบริเวณใบหู กับเครื่อง Pulse oximetry ยี่ห้อ AccuMed รุ่น CMS-50DL ซึ่งใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิง โดยดำเนินการวัดพร้อมกันในช่วงเวลาเดียวกัน และกำหนดให้ผู้ทดสอบอยู่ในสภาวะพักเพื่อลดผลกระทบจากการเคลื่อนไหว ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ทดสอบและเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันตลอดการทดลอง โดยทำการวัดซ้ำทั้งหมด 20 ครั้ง ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน โดยในแต่ละครั้งในการทดสอบ ผู้วิจัยอยู่ในสภาวะพักและอยู่ในท่านั่งนิ่งเพื่อลดผลกระทบจากการเคลื่อนไหว ทำการวัดค่าจากทั้งสองอุปกรณ์พร้อมกันจำนวน 20 ครั้ง โดยแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาการวัด 10 วินาที เพื่อให้สัญญาณมีความเสถียรก่อนบันทึกข้อมูล จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนและวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อมูล ทั้งนี้แนวทางการเปรียบเทียบค่าการวัดสัญญาณชีพระหว่างตำแหน่งใบหูและปลายนิ้วสามารถทำได้ เนื่องจากทั้งสองตำแหน่งใช้หลักการวัดสัญญาณแบบโฟโตเพลธิสโมกราฟี (Photoplethysmography: PPG) เหมือนกัน โดยอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเลือดด้วยแสง ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณทั้งอัตราการเต้นของหัวใจและความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดได้ โดยมีงานวิจัยก่อนหน้านี้

นี้มีการศึกษาการวัดสัญญาณชีพด้วยเซนเซอร์แบบโฟโตเพลธิสโมกราฟี (Photoplethysmography: PPG) ที่ติดตั้งในตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ใบหูและปลายนิ้ว โดยเปรียบเทียบกับ การวัดด้วยคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ซึ่งเป็นมาตรฐาน พบว่าเซนเซอร์ที่ติดตั้งบริเวณใบหูสามารถให้ค่าการตรวจจับชีพจรและช่วงจังหวะการเต้นของหัวใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความแม่นยำในระดับสูง (Haddad et al, 2022) อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำของการวัดอาจขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเซนเซอร์ โดยมีรายงานว่าเซนเซอร์ที่ปลายนิ้วอาจให้ความสอดคล้องกับค่ามาตรฐานได้ดีกว่าในบางพารามิเตอร์ (Parikh et al, 2023) ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเลือกตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์ควรพิจารณาตามลักษณะการใช้งานและสภาพแวดล้อมในการวัด

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (BPM) และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) ระหว่างเครื่อง Pulse Oximeter และเซนเซอร์ MAX30100 พร้อมค่าความคลาดเคลื่อน (%Error)

ครั้งที่	Pulse oximetry		MAX30100		%Error	
	BPM	SpO_2 (%)	BPM	SpO_2 (%)	BPM	SpO_2
1	82	96	84	96	2.44	0.00
2	83	97	85	96	2.41	1.03
3	82	96	80	95	2.44	1.04
4	85	98	84	97	1.18	1.02
5	90	97	92	96	2.22	1.03
6	96	98	96	96	0.00	2.04
7	98	97	97	97	1.02	0.00
8	95	96	95	95	0.00	1.04
9	82	95	80	95	2.44	0.00
10	96	96	96	96	0.00	0.00
11	88	97	90	96	2.27	1.03
12	91	98	92	97	1.10	1.02
13	87	96	86	95	1.15	1.04
14	89	97	91	96	2.25	1.03
15	93	98	94	97	1.08	1.02
16	94	96	93	95	1.06	1.04
17	86	97	88	96	2.33	1.03
18	92	98	91	97	1.09	1.02
19	90	96	89	96	1.11	0.00
20	88	97	87	96	1.14	1.03
เฉลี่ย					1.44	0.82

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (BPM) และค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) ที่วัดได้จากเซนเซอร์ MAX30100 มีความใกล้เคียงกับค่าที่วัดจากเครื่อง Pulse Oximeter ซึ่งใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิง โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.44% สำหรับ BPM และ 0.82% สำหรับ SpO_2 ซึ่งอยู่ใน

เกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการวัดสัญญาณชีพด้วยเทคโนโลยี Photoplethysmography (PPG) ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Serj Haddad และคณะ (2022) ที่รายงานว่าเซนเซอร์ PPG ที่ติดตั้งบริเวณใบหูสามารถให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับชีพจรและการประเมินช่วงจังหวะการเต้นของหัวใจได้ในระดับสูง และมีความแม่นยำเทียบเท่าหรือดีกว่าเซนเซอร์ที่ติดตั้งในตำแหน่งอื่น

4.4 การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการล้ม ดำเนินการโดยผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้สวมใส่อุปกรณ์หูฟังอัจฉริยะที่ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว MPU6050 และจำลองสถานการณ์การล้มในทิศทางต่าง ๆ ได้แก่ การล้มด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ในห้องปฏิบัติการ โดยกำหนดจำนวนการทดสอบในแต่ละรูปแบบจำนวน 20 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 80 ครั้ง ในการทดลอง ระบบจะประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์เพื่อตรวจจับเหตุการณ์การล้ม และบันทึกผลการตรวจจับในแต่ละครั้งเป็น “ตรวจจับได้” หรือ “ตรวจจับไม่ได้” พร้อมทั้งบันทึกระยะเวลาในการตรวจจับและระยะเวลาในการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE โดยระยะเวลาในการแจ้งเตือนคำนวณจากช่วงเวลาตั้งแต่ระบบตรวจพบการล้ม จนถึงเวลาที่ผู้รับได้รับข้อความแจ้งเตือน ระบบจะบันทึกเวลา (Timestamp) อัตโนมัติและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อดำเนินการแจ้งเตือน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของระบบในแต่ละรูปแบบการล้ม โดยใช้สมการ $Accuracy (\%) = (\text{จำนวนครั้งที่ตรวจจับได้} \div \text{จำนวนครั้งที่ทดสอบทั้งหมด}) \times 100$ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการล้มและเวลาในการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับการล้มและเวลาแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ของระบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับการแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้มจากการวิเคราะห์สัญญาณชีพ

รูปแบบการล้ม	จำนวนทดสอบ	ตรวจจับได้	เวลาตรวจจับ (วินาที)	เวลาแจ้งเตือนผ่าน LINE (วินาที)	Accuracy
ล้มด้านหน้า	20	19	1.2	2.8	95%
ล้มด้านหลัง	20	20	1.0	2.5	100%
ล้มด้านซ้าย	20	18	1.5	3.2	90%
ล้มด้านขวา	20	19	1.3	2.9	95%

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการล้มร่วมกับการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE พบว่า ระบบสามารถตรวจจับการล้มได้ในทุกทิศทาง โดยมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) อยู่ในช่วง 90–100% และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 95% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับระยะเวลาในการตรวจจับการล้ม พบว่า ระบบสามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 1.25 วินาที ขณะที่ระยะเวลาในการแจ้งเตือนผ่าน LINE มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.85 วินาที แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานแบบใกล้เคียงเวลาจริง (near real-time) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การล้มด้านหลังมีความแม่นยำสูงสุด (100%) และใช้เวลาตรวจจับสั้นที่สุด ขณะที่การล้มด้านซ้ายมีความแม่นยำต่ำสุด (90%) และใช้เวลาในการแจ้งเตือนนานที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะการเคลื่อนไหวและทิศทางของแรงที่ส่งผลต่อการตรวจจับของเซนเซอร์

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 การพัฒนาด้านแบบหูฟังอัจฉริยะสำหรับตรวจวัดสัญญาณชีพและแจ้งเตือนภาวะฮีทสโตรกและการล้ม

จากการพัฒนาด้านแบบหูฟังอัจฉริยะ พบว่า ระบบสามารถตรวจวัดสัญญาณชีพ ได้แก่ อุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ (BPM) และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) ได้อย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งสามารถ

ประมวลผลข้อมูลและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ รวมถึงสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านเสียงจากอุปกรณ์ และส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน LINE ได้ โดยระบบสามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์หลากหลาย เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบอาจได้รับผลกระทบจากการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานและสัญญาณรบกวนจากสภาพแวดล้อม

5.2 การทดสอบความแม่นยำของการวัดสัญญาณชีพและอุณหภูมิ

จากการทดสอบพบว่า การวัดอัตราการเต้นของหัวใจและความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดด้วยเซนเซอร์ MAX30100 ที่ติดตั้งบริเวณใบหู ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับเครื่อง Pulse Oximeter โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.44% และ 0.82% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของเทคโนโลยี Photoplethysmography (PPG) ในส่วนของการวัดอุณหภูมิ พบว่า บริเวณใบหูให้ค่าที่มีความแม่นยำสูงที่สุด โดยมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง 0.04 °C และระยะที่เหมาะสมในการวัดคือ 2 เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งและระยะห่างของเซนเซอร์มีผลต่อความแม่นยำของการวัดอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับงานของ Serj Haddad และคณะ ที่รายงานว่าเซนเซอร์ PPG บริเวณใบหูสามารถให้ค่าการวัดที่มีความแม่นยำสูง และสามารถติดตามสัญญาณชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม สอดคล้องกับ Ankit Parikh และคณะ ที่ระบุว่าความแม่นยำของการวัดอาจขึ้นอยู่กับตำแหน่งและสภาพการใช้งาน ทั้งนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นยังมีข้อจำกัดในด้านจำนวนผู้ทดสอบและสภาวะการทดลอง ในอนาคตควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ทดสอบในสถานการณ์จริง และพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อลดสัญญาณรบกวนจากการเคลื่อนไหว เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความเสถียรของระบบให้มากยิ่งขึ้น

5.3 การทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจจับการล้มและการแจ้งเตือน

จากการทดลองพบว่า ระบบสามารถตรวจจับการล้มได้ในทุกทิศทาง ได้แก่ ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา โดยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ย 95% และสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ได้ภายในเวลาเฉลี่ยประมาณ 2.85 วินาที แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วในระดับใกล้เคียงเวลาจริง (near real-time) โดยการล้มด้านหลังมีความแม่นยำสูงที่สุด ขณะที่การล้มด้านซ้ายมีความแม่นยำต่ำที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะการเคลื่อนไหวและทิศทางของแรงที่มีผลต่อการตรวจจับของเซนเซอร์

6. ข้อเสนอแนะ

ต้นแบบหูฟังอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถตรวจวัดสัญญาณชีพและแจ้งเตือนภาวะเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดบางประการที่สามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้ในอนาคต โดยการวัดสัญญาณชีพด้วยเซนเซอร์แบบ Photoplethysmography (PPG) ที่ติดตั้งบริเวณใบหู อาจได้รับผลกระทบจากการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน การแนบของเซนเซอร์กับผิวหนัง และสัญญาณรบกวนจากแสงภายนอก ส่งผลให้ค่าที่วัดได้อาจมีความคลาดเคลื่อนในบางกรณี ดังนั้น ในการพัฒนาระบบในอนาคต ควรมีการปรับปรุงด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ร่วมกัน เช่น การออกแบบตำแหน่งยึดเซนเซอร์ให้กระชับและคงที่มากขึ้น การเพิ่มวงจรกรองสัญญาณรบกวน หรือการพัฒนาอัลกอริทึมประมวลผลสัญญาณเพื่อลดผลกระทบจากการเคลื่อนไหว (motion artifact) นอกจากนี้ ควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง และทดสอบในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริง เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง ระบบสามารถต่อยอดโดยเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก เช่น การประเมินแนวโน้มความเสี่ยงของภาวะฮีทสโตรกแบบต่อเนื่อง หรือการเชื่อมต่อกับระบบสุขภาพอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและดูแลผู้ใช้งานในระยะยาว

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยนี้จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค. (2568). *สถานการณ์โรคลมร้อนในประเทศไทย*. กระทรวงสาธารณสุข.
- ธราธร ดุรงค์พันธุ์. (2562). โรคลมร้อน (Heat stroke). *วารสารโรงพยาบาลชลบุรี*, 44(3), 241–247.
- สมคิด โพธิ์ชนะพันธุ์. (2560). โรคลมร้อน: ภาวะฉุกเฉินที่เป็นอันตรายต่อชีวิต. *วารสารพยาบาลทหารบก*, 18(2), 30–37.
- สิทธิชัย ตันติภาสวสิน. (2566). Heat stroke. *วารสารโรงพยาบาลชลบุรี*, 48(1), 1–5.
- หัตถ์กมล คงเทพ, สิริชชา ศรีนาค, สุเมธ อาชิต, & สุรพันธ์ ยิ้มมัน. (2567). เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อุณหภูมิร่างกาย และความดันโลหิตสำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น. *วารสารเทคโนโลยีสุขภาพไทย*, 5(1), 21–23.
- Bonifacio, R. F. A., Buendia Milla, B. Y., & Rojas, J. J. H. (2025). Predicting occupational heat stress in critical sectors: A sector-based systematic review of wearable sensing, IoT platforms, and machine learning models. *Journal of Robotics and Control*, 6(5), 1–12.
- Habibi, P., Razmjouei, J., Moradi, A., et al. (2024). *Climate change and heat stress resilient outdoor workers: Findings from a systematic literature review*. BMC Public Health, 24, 1711.
- Haddad, S., Boukhayma, A., & Caizzzone, A. (2022). Ear and finger PPG wearables for night and day beat-to-beat interval detection. *In Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*.
- Parikh, A., Lewis, G., GholamHosseini, H., Rashid, U., Rice, D., & Almesfer, F. (2023). Evaluation of in-ear and fingertip-based photoplethysmography sensors for measuring cardiac vagal tone relevant heart rate variability parameters. *Sensors*, 25(5), 1485.
- Rghioui, A., Sendra, S., Lloret, J., & Oumnad, A. (2021). Internet of Things for measuring human activities in ambient assisted living and e-health. *Network Protocols and Algorithms*, 13(1), 1–21.
- Tan, S. C. C., Tran, T. C. K., Chiang, C. Y. N., et al. (2024). *External auricle temperature enhances ear-based wearable accuracy during physiological strain monitoring in the heat*. Scientific Reports, 14, 12418.

ผลของการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขน เพื่อลดความเมื่อยล้าในการทำงานของ พนักงานประกอบชิ้นส่วนแวนตา กรณีศึกษาแห่งหนึ่ง

ณัฐภา พิมพารณ์^{1*} เตโชชัย สาพิมพ์² รัชเมธี รัชวัฒนกุล³ พีรเดช จันทโสสม⁴

สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร^{1*2 3 4}

E-mail : natchada.p@bsu.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 13 มกราคม 2569

วันแก้ไขบทความ 19 กุมภาพันธ์ 2569

วันที่ตอบรับบทความ 2 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเมื่อยล้าของพนักงานประกอบแวนตา และเพื่อเปรียบเทียบระดับความเมื่อยล้าของพนักงานประกอบแวนตาตามผลการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน ก่อนและหลังใช้กิจกรรม โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างคือ พนักงานฝ่ายผลิตในบริษัทผลิตแวนตา กรณีศึกษาแห่งหนึ่งในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ประเมินระดับความเมื่อยล้าทางกายศาสตร์จากการทำงาน 3 ส่วน คือ แขนส่วนบน แขนส่วนล่าง และข้อมือ กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวแปรสองตัวด้วยสถิติ Paired Samples : t-test

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างให้คะแนนระดับความเมื่อยล้าส่วนข้อมือมากที่สุด คือ ความเมื่อยล้าจากการพลิกข้อมือในการจับชิ้นงานเป่าลม ก่อนทดลองได้ 197 คะแนนและหลังทดลองได้ 56 คะแนน ลดลงไป 71.57 เปอร์เซ็นต์ และความเมื่อยล้าจากการขยับข้อมือในการจับชิ้นงานเป่าลมก่อนทดลองได้ 196 คะแนน และหลังทดลอง 62 คะแนน ลดลงไป 68.36 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า แขนส่วนล่าง มีระดับความเมื่อยล้าจากการยกแขนเป่าชิ้นงานขึ้น-ลง ก่อนทดลอง 186 คะแนน และหลังทดลอง 88 คะแนนลดลงไป 52.68 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแขนส่วนบน มีระดับความเมื่อยล้าจากการใช้แขนหยิบชิ้นงานก่อนทดลองได้ 175 คะแนน หลังทดลอง 113 คะแนน ลดลงไป 35.42 เปอร์เซ็นต์ด้านการทดสอบสมมติฐาน สรุปว่า ระดับความเมื่อยล้าของพนักงานทั้ง 3 ส่วน คือ แขนส่วนบน (.000) แขนส่วนล่าง (.000) และข้อมือ (.000) ก่อนและหลังใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ : ความเมื่อยล้า การายศาสตร์ งานประกอบ กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน



The Effects of Wrist and Arm Exercise Activities on Reducing Work-Related Fatigue Among Eyeglass Assembly Workers: A Case Study

Natchada Phimpaphon^{1*}, Dechochai Sapim², Ratchamethee Rachotwattanukul³,
Peeradet Chantasom⁴

Department of Industrial Management, Faculty of Science and Technology,
Bangkok Suvarnabhumi University, Thailand^{1*,2,3,4}

E-mail : natchada.p@bsu.ac.th^{1*}

Received 13 January 2026

Revised 19 February 2026

Accepted 2 April 2026

Abstract

This study utilized an experimental research design. The purposes were to assess the level of fatigue among eyeglass assembly workers and to compare fatigue levels before and after the implementation of wrist and arm exercise activities conducted prior to work.. The population and sample comprised 40 production workers from an eyewear manufacturing company (case study) in Lat Krabang District, Bangkok. Participants were selected using purposive sampling. Data were collected using an ergonomic fatigue assessment interview covering three body regions: upper arm, lower arm, and wrist. The intervention consisted of a structured pre-work wrist and arm exercise program conducted prior to work tasks. Descriptive statistics (percentage and mean) were used to summarize fatigue scores, and a paired-samples t-test was applied to test differences between pre- and post-intervention fatigue levels.

Results showed that the wrist exhibited the highest fatigue at baseline. Fatigue due to wrist rotation while holding a work piece during an air-blowing task decreased from 197 points to 56 points (71.57% reduction), and fatigue due to wrist movement during the same task decreased from 196 points to 62 points (68.36% reduction). Lower-arm fatigue associated with raising and lowering the arm during air-blowing decreased from 186 points to 88 points (52.68% reduction). Upper-arm fatigue related to picking up work pieces decreased from 175 points to 113 points (35.42% reduction). Post-intervention fatigue levels were significantly lower for the upper arm, lower arm, and wrist (all $p < .001$) at the .01 significance level. The findings suggest that a pre-work wrist and arm exercise program can effectively reduce work-related fatigue among eyewear assembly workers.

Keywords: Fatigue, Ergonomic, Assembly work, Pre-work wrist and arm exercise program

1. บทนำ

บุคคลมีความแตกต่างกันทั้งด้านสรีรวิทยา สมรรถภาพทางกาย และความสามารถในการรองรับภาระงาน ส่งผลให้การจัดสภาพการทำงานจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะงานและศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน แม้ภาคอุตสาหกรรมการผลิตจะมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง แต่ลักษณะงานที่ต้องอาศัยการใช้กล้ามเนื้อซ้ำ ๆ การคงท่าทางเดิมเป็นเวลานาน หรือการเคลื่อนไหวข้อมือและแขนในลักษณะเฉพาะ ยังคงเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าสะสม และอาจนำไปสู่ความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกที่สัมพันธ์กับการทำงาน (Work-related Musculoskeletal Disorders: WMSDs) กระบวนการผลิตและประกอบชิ้นส่วนแว่นตาเป็นงานที่ต้องอาศัยความละเอียดและความแม่นยำสูง โดยเฉพาะขั้นตอนการจับยึดชิ้นงาน การพลิกหรือขยับข้อมือ การยกแขนขึ้น-ลง รวมถึงการหยิบจับชิ้นงานอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทำงาน ซึ่งในกลุ่มพนักงานระดับปฏิบัติการที่ปฏิบัติงานต่อเนื่องหลายชั่วโมงต่อวัน อาจเกิดความเมื่อยล้าของแขนส่วนบน แขนส่วนล่าง และข้อมือสะสม หากไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม ความเมื่อยล้าดังกล่าวอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน ความแม่นยำของกระบวนการผลิต เพิ่มความเสี่ยงต่อความผิดพลาดและอุบัติเหตุ ตลอดจนก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพเรื้อรังที่ส่งผลกระทบต่อองค์กรในระยะยาว จากข้อมูลสถิติด้านการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน พบว่า กลุ่มโรคระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกเป็นปัญหาที่มีอัตราสูงอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการดำเนินมาตรการป้องกันเชิงรุกในสถานประกอบการ หนึ่งในแนวทางที่สามารถดำเนินการได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทหน้างาน คือ การส่งเสริมกิจกรรมบริหารกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนก่อนปฏิบัติงาน เพื่อช่วยลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ เพิ่มความยืดหยุ่น และลดความเมื่อยล้าที่เกิดจากการใช้งานซ้ำ ๆ โดยเฉพาะบริเวณข้อมือและแขน ซึ่งเป็นอวัยวะหลักในการปฏิบัติงานประกอบแว่นตา และจากสถิติพบว่า โรคที่เกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานที่มีจำนวนการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานสูงสุด 5 อันดับแรก ปี 2562 -2566 คือ (1) โรคระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานฯ สูงสุด โดยเฉลี่ย 5 ปี มีลูกจ้างประสบอันตราย จำนวน 3,765 ราย คิดเป็นร้อยละ 0.90 ต่อปี ของจำนวนการประสบอันตรายทั้งหมด โรคระบบกล้ามเนื้อ และระบบโครงสร้างกระดูกมีผลกระทบสูงมากที่สุด (สำนักงานประกันสังคม, 2567)

ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจนำหลักการของการยศาสตร์เข้ามาช่วยเสริมให้การทำงานของพนักงานด้วยวิธีการทำงานที่ถูกต้อง ปลอดภัยและช่วยลดอาการเมื่อยล้าของส่วนต่างๆของร่างกาย เพื่อช่วยลดความเสียหายในกระบวนการผลิต และลดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน และช่วยเพิ่มผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพให้กับหน่วยงานได้ (เสาวภา ห้วยจันทร์ และ สุนิษา ขายเกลี้ยง, 2562) การวิจัยครั้งนี้จึงดำเนินการในรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาระดับความเมื่อยล้าของพนักงานประกอบแว่นตา และเปรียบเทียบระดับความเมื่อยล้าก่อนและหลังการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือก่อนปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อยืนยันประสิทธิผลของกิจกรรมที่นำมาใช้ในการลดความเมื่อยล้าในบริบทงานประกอบโดยมุ่งหวังให้ผลการศึกษาเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการกำหนดแนวทางส่งเสริมสุขภาพ ลดความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ และสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความเมื่อยล้าของพนักงานประกอบแว่นตา
2. เพื่อเปรียบเทียบระดับความเมื่อยล้าของพนักงานประกอบแว่นตา ตามผลการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน ก่อนและหลังใช้กิจกรรม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลส่วนงานในกระบวนการประกอบแว่นตาของหน่วยงานกรณีศึกษา โดยรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานตำแหน่งทำความสะอาดชิ้นส่วนเลนส์แว่นตา จำนวน 40 คน โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงเป็นพนักงานฝ่ายปฏิบัติงานแบบนั่งทำงาน ที่มีระยะเวลาในการทำงานประมาณ 8-12 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเป็นจุดที่พนักงานมีความเมื่อยล้าในการทำงานมากที่สุด

3.2 ออกแบบแบบสัมภาษณ์ประเมินระดับความเมื่อยล้าของพนักงาน โดยผ่านผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) 3 ท่าน เป็นหัวหน้างานในแผนกโดยตรง 1 ท่าน และเป็นนักวิชาการ 2 ท่าน ก่อนใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน ซึ่งกำหนดสเกลเป็น 5 ระดับความเมื่อยล้า

3.3 กำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง เป็นพนักงานระดับปฏิบัติการผู้ทำหน้าที่ประกอบชิ้นส่วนแว่นตาทั้งหมด จำนวน 40 คน

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน

3.4.1 โดยกำหนดให้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงานเป็นตัวแปรต้น (Independent Variable) และระดับความเมื่อยล้าของพนักงานเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable) ซึ่งประเมินจากแบบสัมภาษณ์ประเมินระดับความเมื่อยล้าของพนักงาน ครอบคลุม 3 ส่วน ได้แก่ แขนส่วนบน แขนส่วนล่าง และข้อมือ โดยเปรียบเทียบคะแนนความเมื่อยล้าก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติ Paired Samples t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินำกิจกรรมกายบริหารไปทดลองกับพนักงานประกอบแว่นตา ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน

3.4.2 ประเมินระดับความเมื่อยล้าด้วยแบบสัมภาษณ์ประเมินระดับความเมื่อยล้าของพนักงาน หลังใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน

3.4.3 เก็บบันทึกข้อมูลจากการวิจัย เปรียบเทียบระดับคะแนนความเมื่อยล้าของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลัง

3.4.4 สรุปผลการวิจัย

แบบสอบถามความเมื่อยล้าทางการยศาสตร์จากการทำงาน					
กระเปาะประเมินร่างกายทางการยศาสตร์จากการทำงาน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ต้นคอ					
1.1 ความเมื่อยล้าจากการมองหน้าจอคอมพิวเตอร์					
1.2 ความเมื่อยล้าจากการมอง เซ็ตตัวเลนส์					
2. ลำตัว					
2.1 ความเมื่อยล้าจากการบิดตัวหยิบเลนส์					
2.2 ความเมื่อยล้าจากการก้มตัว ดูเลนส์					
3. ขา					
3.1 ความเมื่อยล้าจากการใช้ขาเหยียบลมเป่าเลนส์					
4. แขนส่วนบน					
4.1 ความเมื่อยล้าจากการใช้แขนหยิบเลนส์					
5. แขนส่วนล่าง					
5.1 ความเมื่อยล้าจากการยกแขนเป่าเลนส์ขึ้น-ลง					
6. ข้อมือ					
6.1 ความเมื่อยล้าจากการขยับข้อมือในการจับเลนส์เป่าลม					
6.2 ความเมื่อยล้าจากการพลิก ข้อมือในการจับเลนส์เป่าลม					
Code ..A.....Date					

รูปที่ 2 แบบสัมภาษณ์ประเมินระดับความเมื่อยล้าของพนักงาน

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569



รูปที่ 3 ท่าการบริหาร

ที่มา : ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

แบบสอบถามความเมื่อยล้าทางกายศาสตร์จากการทำงาน					
กระประเิมร่างกายทางกายศาสตร์จากการทำงาน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. คอ					
1.1 ความเมื่อยล้าจากการมองหน้าจอคอมพิวเตอร์			✓		
1.2 ความเมื่อยล้าจากการมอง เซ็ตตัวเลนส์			✓		
2. ลำตัว					
2.1 ความเมื่อยล้าจากการบิดตัวเหยียดหลัง			✓		
2.2 ความเมื่อยล้าจากการก้มตัวดูเลนส์			✓		
3. ขา					
3.1 ความเมื่อยล้าจากการใช้ขาเหยียดลงแป้นเลนส์		✓			
4. แขนส่วนบน					
4.1 ความเมื่อยล้าจากการใช้แขนเหยียดหลัง			✓		
5. แขนส่วนล่าง					
5.1 ความเมื่อยล้าจากการยกแขนแป้นเลนส์ขึ้น-ลง		✓			
6. ข้อมือ					
6.1 ความเมื่อยล้าจากการขยับข้อมือในการจับเลนส์แป้นเลนส์		✓			
6.2 ความเมื่อยล้าจากการพลิก ข้อมือในการจับเลนส์แป้นเลนส์		✓			

Code ..A.....10.....

Date 15-1-2568

รูปที่ 4 ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ประเมินระดับความเมื่อยล้าของพนักงาน

4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินการทดลองการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน คณะผู้วิจัยได้มีการอบรมและทำความเข้าใจและฝึกกิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงานทั้ง 4 ขั้นตอนตามรูปประกอบให้แก่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 40 คน ก่อนเริ่มใช้จริง โดยมีการกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงานทุกวันในช่วงเวลาเช้า และบ่ายก่อนเริ่มปฏิบัติงานตามปกติ เป็นเวลา 30 วัน โดยกลุ่มตัวอย่างจะมีปริมาณงานที่รับผิดชอบใกล้เคียงกันในทุกวันทำการ

4.1 เพื่อศึกษาระดับความเมื่อยล้าของพนักงานประกอบแว่นตา โดยแบบส่วนเป็น 5 ระดับ (Likert scale) ตั้งแต่ 1 = น้อยที่สุด ถึง 5 = มากที่สุด ผลการวิจัยสรุปว่ากลุ่มตัวอย่างให้คะแนนระดับความเมื่อยล้าส่วนข้อมือมากที่สุด 5 คะแนน คือ ความเมื่อยล้าจากการพลิกข้อมือในการจับชิ้นงานเป่าลม ก่อนทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 197 คะแนนและหลังทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 56 คะแนน ลดลงไป 71.57 เปอร์เซนต์ และความเมื่อยล้าจากการขยับข้อมือในการจับชิ้นงานเป่าลมก่อนทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 196 คะแนน และหลังทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 62 คะแนน ลดลงไป 68.36 เปอร์เซนต์ และพบว่า แขนส่วนล่าง มีระดับความเมื่อยล้าจากการยกแขนเป่าชิ้นงานขึ้น-ลง ก่อนทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 186 คะแนน และหลังทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 88 คะแนนลดลงไป 52.68 เปอร์เซนต์ ส่วนแขนส่วนบนมีระดับความเมื่อยล้าจากการใช้แขนหยิบชิ้นงานก่อนทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 175 คะแนน หลังทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 113 คะแนน ลดลงไป 35.42 เปอร์เซนต์

4.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับความเมื่อยล้าของพนักงานประกอบแว่นตา ตามผลการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน ก่อนและหลังใช้กิจกรรม สรุปผลการวิจัยพบว่า ระดับความเมื่อยล้าของพนักงานทั้ง 3 ส่วน คือ แขนส่วนบน (.000) แขนส่วนล่าง (.000) และข้อมือ (.000) ก่อนและหลังใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเมื่อยล้าของแขนส่วนบน ก่อนและหลังการใช้กิจกรรมข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน

ระดับความเมื่อยล้า	n	$\bar{x}$	S.D	t	Sig
ก่อน	40	4.3750	.80662	12.523	.000
หลัง	40	2.8250	.38481		

จากตารางที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีระดับความเมื่อยล้าของแขนส่วนบน แตกต่างกัน โดยมีระดับความเมื่อยล้าของแขนส่วนบน ลดลงหลังการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเมื่อยล้าของแขนส่วนล่าง ก่อนและหลังการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน

ระดับความเมื่อยล้า	n	$\bar{x}$	S.D	t	Sig
ก่อน	40	4.7250	.55412	26.678	.000
หลัง	40	2.2000	.40510		

จากตารางที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีระดับความเมื่อยล้าของแขนส่วนล่าง แตกต่างกัน โดยมีระดับความเมื่อยล้าของแขนส่วนล่าง ลดลงหลังการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเมื่อยล้าของข้อมือ ก่อนและหลังการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน

ระดับความเมื่อยล้า	n	$\bar{x}$	S.D	t	Sig
ก่อน	40	4.9125	.32284	33.759	.000
หลัง	40	1.475	.54888		

จากตารางที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีระดับความเมื่อยล้าของข้อมือ แตกต่างกัน โดยมีระดับความเมื่อยล้าของข้อมือ ลดลงหลังการใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Check Sheet data Reduce wrist pain

Code	DATE	Nick Name	กระดูกข้อมือ		ปวดข้อมือซ้ายขวา		ยึดกล้ามเนื้อข้อมือ ท่าที่ 1		ยึดกล้ามเนื้อข้อมือ ท่าที่ 2		หมายเหตุ
			จะกดข้อนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ขึ้นไว้จนรู้สึกตึง 20 ครั้ง		ดึงนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ไปข้างบนจนรู้สึกตึง ทำซ้ำ 20 ครั้ง		หงายฝ่ามือขึ้น จับนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ไว้ข้างบน แล้วดึงนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ไปข้างบนจนรู้สึกตึง ทำซ้ำ 20 ครั้ง		หงายฝ่ามือขึ้น จับนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ไว้ข้างบน แล้วดึงนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ไปข้างบนจนรู้สึกตึง ทำซ้ำ 20 ครั้ง		
			เริ่ม 08.00น.	ไป 13.00น.	เริ่ม 08.00น.	ไป 13.00น.	เริ่ม 08.00น.	ไป 13.00น.	เริ่ม 08.00น.	ไป 13.00น.	
A01	11 ก.พ. 68	ดำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	ฝึกทุกวัน
A02	11 ก.พ. 68	ด็ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A03	11 ก.พ. 68	จวน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A04	11 ก.พ. 68	บุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A05	11 ก.พ. 68	เต็ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A06	11 ก.พ. 68	รจนา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A07	11 ก.พ. 68	พร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A08	11 ก.พ. 68	มะลิ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A09	11 ก.พ. 68	เป็ญ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A10	11 ก.พ. 68	นาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A11	11 ก.พ. 68	เย็น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A12	11 ก.พ. 68	นวล	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A13	11 ก.พ. 68	เมษา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A14	11 ก.พ. 68	เอ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A15	11 ก.พ. 68	สันเท	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A16	11 ก.พ. 68	เมย์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A17	11 ก.พ. 68	แนว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A18	11 ก.พ. 68	พิชญ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A19	11 ก.พ. 68	นอช	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
A20	11 ก.พ. 68	นก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
B01	11 ก.พ. 68	ก้อง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
B02	11 ก.พ. 68	ดวงดาว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
B03	11 ก.พ. 68	เกศ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

รูปที่ 5 การบันทึกข้อมูลระดับความเมื่อยล้าก่อนและหลัง

5. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสรุปว่า กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนระดับความเมื่อยล้าส่วนข้อมือมากที่สุด คือ ก่อนใช้กิจกรรมกายบริหาร มีระดับคะแนนความเมื่อยล้าข้อมือ 197 คะแนน และหลังใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีระดับคะแนนความเมื่อยล้าข้อมือ 56 คะแนน คะแนนความเมื่อยล้าลดลง 71.57 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า แขนส่วนล่าง ก่อนใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีระดับคะแนนความเมื่อยล้า 186 คะแนน และหลังใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีระดับคะแนนความเมื่อยล้าข้อมือ 88 คะแนน คะแนนความเมื่อยล้าลดลง 52.68 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแขนส่วนบนก่อนใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีระดับคะแนนความเมื่อยล้า 175 คะแนน หลังใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีระดับคะแนนความเมื่อยล้า 113 คะแนน คะแนนความเมื่อยล้าลดลง 35.42 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบสมมติฐาน สรุปว่า ระดับความเมื่อยล้าของพนักงานทั้ง 3 ส่วน คือ แขนส่วนบน (.000) แขนส่วนล่าง (.000) ข้อมือ (.000) ก่อนและหลังใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงกล่าวได้ว่าผลของการวิจัยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวภา ห้วยจันทร์ และ สุนิสา ชายเกลี้ยง (2562) ที่ศึกษาเรื่องการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ต่อความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในคนงานอุตสาหกรรมรีดขึ้นรูปหลังคาเหล็ก จากการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยแบบประเมิน REBA พบว่ากลุ่มงานที่มีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ระดับ 4 คืองานนั้นเป็นปัญหาควรรับทำการปรับปรุงหรือแก้ไขโดย ดังนั้นควรมีการปรับปรุงทางวิศวกรรมด้านสถานงานในทางผลิต และ ทำทางการทำงานของพนักงาน การออกแบบช่วงเวลาพักให้เหมาะสม และการฝึกอบรมให้ความรู้ทางการยศาสตร์ และควรมีการเฝ้าระวังความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของพนักงานโดยการใช้หลักการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในพนักงานอุตสาหกรรมรีดขึ้นรูปหลังคาเหล็กต่อไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของโกสินทร์ แก่นอากาศ (2564) เรื่องการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของพนักงานคืบมูลฝอย จากการประเมินพบว่าพนักงานมีระดับความเสี่ยงตามวิธี REBA เท่ากับ 5 ซึ่งมีความเสี่ยงระดับปานกลาง ควรได้รับการปรับปรุง ส่วนวิธี RULA พนักงานคนที่ 1 มีความเสี่ยงระดับ 6 ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมและรีบดำเนินการปรับปรุงสภาพแวดล้อมและทำทางการทำงาน และพนักงานคนที่ 2 มีความเสี่ยงระดับ 4 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง โดยอวัยวะที่มีความเสี่ยงสูงได้แก่ คอ ลำตัว แขนส่วนบน และข้อมือ ดังนั้นจึงควรดำเนินการลดความเสี่ยง เช่น ออกแบบท่าให้เหมาะสม ผ่อนคลายและออกกำลังกล้ามเนื้อบริเวณหลัง คอ และแขนเป็นประจำ เป็นต้น และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารยา วุฒิกุล , ขวพรพรรณ จันทรประสิทธิ์ และ ธาณี แก้วธรรมานุกุล (2563). ศึกษาเรื่องปัจจัยด้านการยศาสตร์และอาการผิดปกติในระบบโครงร่างกล้ามเนื้อในแรงงานหัตถกรรมไม้ไผ่ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างรับรู้การสัมผัสปัจจัยด้านการยศาสตร์ในส่วนของการทำทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ก้มศีรษะขณะทำงาน ร้อยละ 100 ก้มโค้งลำ ตัวขณะทำงาน ร้อยละ 98.11 นั่งบนพื้น/เก้าอี้ไม่มีพนักพิง ร้อยละ 96.86 บิดเอวตัวและนั่งท่า งานต่อเนื่องมากกว่า 1 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 96.23 รวมทั้งการมีท่าทางการทำงานซ้ำๆ เช่น การออกแรงกระดกข้อมือขึ้น-ลงซ้ำๆ ร้อยละ 74.84 ส่วนการสังเกตท่าทางการทำงานโดยแบบประเมินท่าทางของร่างกายรายครึ่งส่วนบนอย่างรวดเร็ว ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าพยาบาลอาชีวอนามัยและทีมสหสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องควรตระหนักถึงความสำคัญในการสื่อสารความเสี่ยงถึงอันตรายจากการทำงานโดยเฉพาะท่าทางการทำงาน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณวรา เหล่าวณิชย์, ปวีณา มีประดิษฐ์ และ ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข (2564). เรื่องการประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์แบบมีส่วนร่วมในการปรับปรุงสภาพงานเพื่อลดความเสี่ยงของไหล่ในกลุ่มพนักงานสายสนับสนุนของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบประเมินความรู้สึกรวดไหล่ โปรแกรมประเมินความเสี่ยงของสถานงาน Rapid Office Strain Assessment (ROSA) ปรับปรุงสภาพงานด้วยตนเองพนักงานมีคะแนนความเสี่ยงของสถานงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P\text{-value} < .001$) ร่วมกับกลุ่มตัวอย่างมีความเสี่ยงของไหลลดลง คือ มีความรู้สึกรวดไหล่ทั้งสองข้างลดลงเมื่อเทียบ

กับการปรับปรุงสภาพงาน การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงสภาพงานด้วยตนเองผ่านกระบวนการประยุกต์ใช้หลักการวิทยาศาสตร์แบบมีส่วนร่วมตามลักษณะการทำงานของพนักงานสายสนับสนุน เพื่อลดความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์แก่พนักงานสำนักงานอื่น ๆ ต่อไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวดี นามวงษา, นันทกาญจน์ เกวี, ศศิพา ชูแก้ว และ ศิริพันธ์ อุดม (2566). เรื่องการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของผู้ใช้งานแท็บเล็ต ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้งานแท็บเล็ตส่วนใหญ่มีคะแนนความเสี่ยงทางการยศาสตร์รวมอยู่ในระดับ 6 เต็ม 7 ทั้ง 2 ข้าง (ท่าก้มคอจดโน้ตย่อ: ข้างขวา ร้อยละ 73.30 และข้างซ้าย ร้อยละ 90.00, ท่าเงยคออ่านโปรเจคเตอร์: ข้างขวา ร้อยละ 73.30 และข้างซ้าย ร้อยละ 80.00) โดยระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์นี้หมายความว่า การใช้แท็บเล็ตในการเรียนนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุงต่อไป และสอดคล้องกับงานวิจัย และสอดคล้องกับงานวิจัย ของวรรณะ คงโต (2563) ศึกษาเรื่องความเมื่อยล้าและสมรรถภาพทางกายทั่วไปของพนักงานผลิตบริษัทจำกัด โดยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบ่งระยะเวลาในการวิจัยออกเป็น 3 ช่วง ผลการศึกษาระยะที่ 1 การสำรวจความเมื่อยล้าของพนักงานผลิตด้วยแบบสอบถามจำนวน 130 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ในช่วงอายุ 20-29 ปี และมีลักษณะการทำงานประเภทการยืนทำงานนาน มีพนักงานจำนวน 30 คน มีความเมื่อยล้าเฉพาะที่อยู่ในระดับที่ 3 (มีอาการปวดเมื่อยปานกลาง) ถึง ระดับที่ 5 (มีอาการปวดเมื่อยมาก หยุดพักงาน ไม่ทุเลาลง) โดยมีผู้ที่มีความสนใจและมีความยินยอมสมัครใจเข้าร่วมการทดลองระยะที่ 2 เป็นจำนวน 5 คน ผลการศึกษาระยะที่ 2 การทำกิจกรรมการบริหารร่างกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความเมื่อยล้าเฉพาะที่ระดับที่ 3 บริเวณก้นและสะโพก บริเวณต้นขา บริเวณเข่า เป็นส่วนใหญ่ ถึงระดับที่ 4 บริเวณหลังส่วนบน และบริเวณหลังส่วนล่าง (เอว) หลังจากการทำกิจกรรมการบริหารร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 2 เดือน พบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยมีระดับอาการความเมื่อยล้า อยู่ในระดับที่ 0 ถึงระดับที่ 2 เป็นส่วนใหญ่ ผลจากการศึกษาระยะที่ 3 การเปรียบเทียบความเมื่อยล้าก่อนและหลังกิจกรรมของผู้เข้าร่วมการวิจัย มีระดับความเมื่อยล้าเฉพาะที่ลดลงโดยรวม บริเวณส่วนของร่างกายด้านซ้าย มีระดับความเมื่อยล้าเฉพาะที่ลดลง บริเวณส่วนของร่างกายด้านขวา มีระดับความเมื่อยล้าเฉพาะที่ลดลง สรุปได้ว่าพนักงานกลุ่มทดลองที่เข้ากิจกรรมการบริหารร่างกายมีความเมื่อยล้าก่อนและหลังการทดลองแตกต่างกัน โดยพนักงานมีระดับความรู้สึกเมื่อยล้าลดลงและมีสมรรถภาพทางกายทั่วไป ก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่พบว่ามีพนักงานมีดัชนีมวลกายทั้งคงที่และแย่ง อัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพกคงที่ เช่นเดียวกับการแตงมื่อด้านหลัง มือขวาอยู่บน และมือซ้ายอยู่บน แต่การนั่งอตัวมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น และการนอนยกตัว 1 นาที ดีขึ้น

จากผลของการวิจัยและผลความสอดคล้องกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาจสรุปได้ว่าความรู้ด้านการยศาสตร์มีความสำคัญต่อหน่วยงานในการออกแบบสถานีหรือจุดปฏิบัติงาน ออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทำงาน ออกแบบขั้นตอนหรือวิธีการปฏิบัติงานให้มีความถูกต้องตามหลักการและเหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อช่วยลดการเคลื่อนไหวร่างกายมากเกินไปจนเกิดความจำเริญ และช่วยลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยให้แก่ผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย นอกจากนี้หน่วยงานควรมีการให้ความรู้และอบรม ตลอดจนมีกิจกรรมที่ส่งเสริมความรู้และเพิ่มทักษะในการป้องกันหรือลดความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ให้แก่ผู้ปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง โดยใช้แบบประเมินทางด้านการยศาสตร์ที่มีหลายแบบที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลและออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมได้ต่อไป ทั้งนี้ลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันของแต่ละส่วนงานก็ยังสามารถนำความรู้ด้านการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้ด้วยเช่นกัน

6. ข้อเสนอแนะการวิจัย

6.1 หน่วยงานอื่นที่สนใจสามารถนำไปเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาความเมื่อยล้าของพนักงาน และส่งเสริมสมรรถภาพทางกายทั่วไปของพนักงานได้

6.2 ศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่ช่วยลดปัญหาความเมื่อยล้าในการทำงานให้ถูกหลักการด้านการยศาสตร์ในด้านการปฏิบัติงานสำหรับแต่ละแผนกงานที่มีลักษณะการทำงาน มีสภาพแวดล้อม มีเครื่องจักร อุปกรณ์ที่แตกต่างกัน

6.3 ศึกษาการนำทฤษฎีทางการยศาสตร์และที่เกี่ยวข้องไปวิเคราะห์งานที่พบปัญหาการเจ็บป่วยจากความเมื่อยล้าในการทำงานท่าเดิมซ้ำๆ เพื่อแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วและมีมาตรฐานในการแก้ไขปัญหา

6.4 ศึกษาความเมื่อยล้าของโครงสร้างกล้ามเนื้อและร่างกายให้เหมาะสมกับการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

- โกสินทร์ แก่นอากาศ. (2564). การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของพนักงานคีย์บอร์ดฟอย: ซีแอนดีจี เอ็นไวรอนเม้นทอล โปรเทคชั่น (ประเทศไทย) จำกัด. (สหกิจศึกษา). กรุงเทพฯ: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.
- ณวรา เหล่าวานิชย์, ปวีณา มีประดิษฐ์ และ ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข (2564). การประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์แบบมีส่วนร่วมในการปรับปรุงสภาพงานเพื่อลดความเสี่ยงของไหล่ในกลุ่มพนักงานสายสนับสนุนของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ*, 15(2), 73-89.
- ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2567). ท่ากายบริหาร. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <https://shorturl.asia/9CXdD>. 10 สิงหาคม 2567
- เสาวภา ห้วยจันทร์ และ สุนิสา ชายเกลี้ยง (2562). การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ต่อความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในคนงานอุตสาหกรรมรีดขึ้นรูปหลังคาเหล็ก. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 12(2), 85-90.
- สุวลี นามวงษา, นันทกาญจน์ เกวี, ศศิพา ชูแก้ว และ ศิรินันท์ อุดม (2566). การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของผู้ใช้งานแท็บเล็ต. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 23(1), 16 – 31.
- สุดารัตน์ กองเกิด (2566). การพัฒนาระบบการดำเนินงานการยศาสตร์ของพนักงานทำความสะอาดในสถานประกอบกิจการแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสุขภาพ ความปลอดภัย และอนามัยสิ่งแวดล้อม. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- สำนักงานประกันสังคม. (2567). สถานการณ์การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ปี 2562–2566. สำนักงานประกันสังคม, กระทรวงแรงงาน. https://www.sso.go.th/wpr/assets/upload/files_storage/sso_th/1675d2a95c38687dd649989003be08a.pdf.
- วรรณะ คงโต (2563). ความเมื่อยล้าและสมรรถภาพทางกายทั่วไปของพนักงานผลิตบริษัทจำกัดแห่งหนึ่ง. วิทยานิพนธ์. คณะการจัดการและการท่องเที่ยว. มหาวิทยาลัยบูรพา
- อารยา วุฒิกุล, ขวพรพรรณ จันทรประสิทธิ์ และ ธาณี แก้วธรรมานุกุล (2563). ปัจจัยด้านการยศาสตร์อาการผิดปกติในระบบโครงร่างกล้ามเนื้อในแรงงานหัตถกรรมไม้ไผ่. *พยาบาลสาร*, 47(2), 37-49

8. คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยมีคุณค่าเชิงประยุกต์ใช้ความรู้ตามแนวคิดด้านการยศาสตร์ โดยการวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้สะท้อนถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการปฏิบัติงานส่วนงานประกอบแว่นตาที่มีระดับความเมื่อยล้าในการปฏิบัติงานลดน้อยลงเมื่อใช้กิจกรรมบริหารข้อมือและแขนก่อนปฏิบัติงาน ซึ่งจะส่งผลดีต่อผลการปฏิบัติงานและคุณภาพในการทำงาน ตลอดจนช่วยลดความเสี่ยงอันตรายจากอาการเมื่อยล้าในการปฏิบัติงานต่อตัวพนักงานได้อีกด้วย ทั้งนี้ยังสามารถต่อยอดไปใช้การทดลองในส่วนอื่นๆของร่างกาย หรือนำไปทดลองใช้กับส่วนงานอื่นๆในหน่วยงานได้ และสามารถนำไปใช้ประกอบในการเรียนการสอนและพัฒนาด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยได้อีกด้วย

สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป “กล้วยตาก” ด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลัก BCG Model อย่างยั่งยืน

ฐิติวัสส์ กาญจนพิมาย

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

อีเมล : thitiwas.k@nrru.ac.th

วันที่รับบทความ 12 มกราคม 2569

วันแก้ไขบทความ 19 มีนาคม 2569

วันตอบรับบทความ 2 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ Pain Point ของผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรแปรรูป “กล้วยตาก” ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา อำเภอบ้านเหลื่อม จังหวัดนครราชสีมา 2) เพื่อออกแบบตราสัญลักษณ์ “กล้วยตาก” ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา และ 3) เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรแปรรูปกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา ด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลัก BCG Model ผลการวิเคราะห์ (Pain Point) ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา ผู้ผลิตกล้วยตากบ้านม่วง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า วิสาหกิจชุมชนเผชิญกับอุปสรรคที่เชื่อมโยงกันใน 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการผลิตและคุณภาพ การพึ่งพาวิธีการตากแบบดั้งเดิมทำให้ผลิตภัณฑ์ขาดความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์และการยกระดับสู่มาตรฐานสากล 2) ด้านบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอ บรรจุภัณฑ์เดิมมีอายุการเก็บรักษาสั้น ขาดความสวยงามและเอกลักษณ์ 3) ด้านการตลาด ช่องทางจำกัดในตลาดท้องถิ่น การขาดความรู้ด้านการตลาดออนไลน์ และแบรนด์ที่ไม่แข็งแกร่ง นำไปสู่การแข่งขันด้านราคาและพลาดโอกาสในตลาดสมัยใหม่ 4) ด้านการบริหารจัดการ การขาดระบบบัญชีและการจัดการทางการเงินที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อปัญหาสภาพคล่องและการเข้าถึงแหล่งทุน 5) ด้านการปฏิบัติตามกฎระเบียบและมาตรฐาน การขาดการรับรองมาตรฐานที่จำเป็น (เช่น อย., GMP, HACCP) เป็นอุปสรรคต่อการเข้าสู่ช่องทางตลาดสมัยใหม่ ผลการออกแบบตราสัญลักษณ์ ผู้วิจัยได้ออกแบบตราสัญลักษณ์ที่ดึงดูดลักษณะของตำบลช่อระกามาเป็นองค์ประกอบหลัก ผลการประเมินคุณภาพโดยรวมอยู่ใน ระดับดีมาก ($\bar{X}=4.87$, $S.D.=0.22$) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการสร้างการจดจำและสื่อถึงความเป็นชุมชนได้ดีขึ้น โดยเฉพาะด้านความโดดเด่นน่าจดจำและการสื่อสารคุณค่าของแบรนด์ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลัก BCG Model ได้มีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ใหม่โดยประยุกต์ใช้หลักการ BCG Model (Bio-economy และ Green Economy) ผ่านการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลการประเมินคุณภาพของบรรจุภัณฑ์โดยรวมอยู่ใน ระดับดีมาก ($\bar{X}=4.67$, $S.D.=0.47$) และประเด็นด้านการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้รับการประเมินสูงสุด ($\bar{X}=5.00$, $S.D.=0.00$) ซึ่งสะท้อนความสำเร็จในการสร้างมูลค่าเพิ่มและตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ออกแบบบรรจุภัณฑ์ ออกแบบตราสัญลักษณ์ กล้วยตาก BCG Model สร้างมูลค่าเพิ่ม



Adding value to processed agricultural products “Dried Bananas” by designing packaging based on the principles of the BCG Model sustainably

Thitiwass Kanchanaphimai

Industrial Arts, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University.

E-mail: thitiwas.k@nrru.ac.th

Received 12 January 2026

Revised 19 March 2026

Accepted 2 April 2026

ABSTRACT

This research aimed to: 1) analyze the pain points of processed agricultural products, specifically "Solar-Dried Bananas," of the Choraka Community Enterprise in Ban Lueam District, Nakhon Ratchasima Province; 2) design a brand identity (logo) for the enterprise's products; and 3) enhance the value of these processed agricultural products through packaging design based on the BCG (Bio-Circular-Green) Model. The analysis of pain points for the Ban Muang Solar-Dried Banana producer revealed five interconnected challenges: 1) Production and Quality: Reliance on traditional drying methods resulted in inconsistent product quality and hindered elevation to international standards. 2) Packaging and Presentation: Existing packaging suffered from short shelf life and lacked aesthetic appeal and unique identity. 3) Marketing: Limited distribution channels in local markets, a lack of digital marketing expertise, and weak branding led to price competition and missed opportunities in modern trade. 4) Management: The absence of efficient accounting and financial management systems impacted liquidity and access to capital. 5) Regulatory Compliance and Standardization: A lack of essential certifications (e.g., FDA, GMP, HACCP) acted as a barrier to entering formal market channels. Regarding the logo design, the researcher integrated the unique identity of Choraka Subdistrict as a core element. The overall quality assessment was at a "Very Good" level ($\bar{X}=4.87$, S.D.=0.22), demonstrating success in enhancing brand recognition and community representation, particularly in terms of memorability and brand value communication. Furthermore, the packaging was developed by applying the BCG Model (Bio-economy and Green Economy) through the selection of eco-friendly materials. The overall quality assessment of the packaging reached a "Very Good" level ($\bar{X}=4.67$, S.D.=0.47). Notably, the aspect of eco-friendly material usage received the highest score ($\bar{X}=5.00$, S.D.=0.00), reflecting the success in value creation and effectively fulfilling the research objectives.

Keywords: Packaging Design, Logo Design, Solar-Dried Banana, BCG Model, Value Addition

1. บทนำ

BCG Model (Bio-Circular-Green Economy) ถือเป็นยุทธศาสตร์สำคัญในการยกระดับเศรษฐกิจไทยสู่ความยั่งยืน โดยเน้นการบูรณาการทรัพยากร เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในภาคเกษตรและอาหารให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลก (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2567) โมเดลนี้มีบทบาทสำคัญในการสร้างงานและขับเคลื่อน GDP ของประเทศ ซึ่งมีเป้าหมายในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจอีกกว่าร้อยละ 24 ภายในระยะเวลา 5 ปี (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566) เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) เป็นเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นการเติบโตทางเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการรักษาสีเขียวและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ลดการปล่อยมลพิษ และส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด รวมถึงการลงทุนในภาคส่วนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (UNEP, 2011) การรักษาสมดุลสิ่งแวดล้อม การลดมลพิษ การใช้พลังงานสะอาด การลงทุนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การสร้างงานสีเขียว (Green Jobs) การเติบโตทางเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ยุทธศาสตร์ภาคการเกษตรและปัญหาของ SME ในภาคการเกษตร BCG Model มุ่งเน้นการปรับโครงสร้างการผลิตและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าเพื่อยกระดับมาตรฐานสินค้า โดยมีเป้าหมายผลักดัน GDP ภาคเกษตรให้สูงถึง 1.7 ล้านล้านบาท (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2568) ผู้ประกอบการ SME แปรรูปสินค้าเกษตรยังเผชิญความท้าทายด้านการสร้างแบรนด์และการสร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อขีดความสามารถในการแข่งขัน การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร แต่ยังช่วยเสริมสร้างความมั่นคงด้านอาหารและเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจโดยรวมของชุมชนในระยะยาว (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565; กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2568) บรรรจุภัณฑ์นับเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ไม่เพียงแต่ทำหน้าที่ปกป้องผลิตภัณฑ์ แต่ยังเป็น "หน้าตา" แรกที่ผู้บริโภคจะสัมผัสและสร้างการรับรู้ต่อแบรนด์ หากบรรรจุภัณฑ์ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม จะสามารถสื่อสารเรื่องราวคุณค่า และเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี ช่วยดึงดูดความสนใจ เพิ่มความน่าเชื่อถือ และกระตุ้นการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคได้ การออกแบบบรรรจุภัณฑ์ที่ขาดความโดดเด่น ไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด หรือไม่สามารถสะท้อนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ จึงกลายเป็น Pain Point สำคัญที่อุดร้งการเติบโตของผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูปของวิสาหกิจชุมชนหลายแห่ง รวมถึงวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา

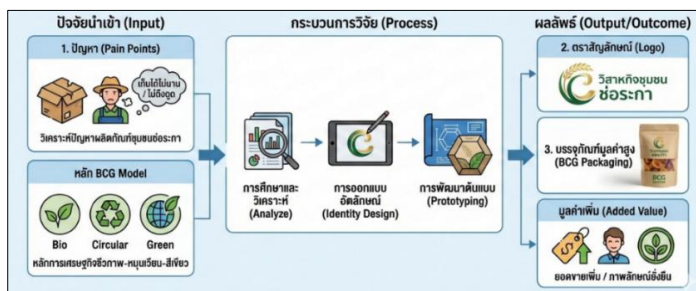
แนวทางการแก้ไขและวัตถุประสงค์การวิจัย บรรรจุภัณฑ์เป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อสารคุณค่าและสร้างการจดจำแบรนด์ หากขาดการออกแบบที่เหมาะสมจะกลายเป็นจุดอ่อน (Pain Point) ทางธุรกิจ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ปัญหาของผลิตภัณฑ์ "กล้วยตาก" จากวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา เพื่อนำไปสู่การออกแบบตราสัญลักษณ์และพัฒนาบรรรจุภัณฑ์ตามแนวคิด BCG Model เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดของเสียให้น้อยที่สุด และนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ให้ได้มากที่สุด โดยเน้นการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตเพื่อลดการใช้ทรัพยากร ลดการสร้างของเสีย และการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำ แปรรูป หรือรีไซเคิลให้เกิดประโยชน์สูงสุดของผลิตภัณฑ์ การออกแบบเพื่อความทนทานและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ ที่เน้นความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการสร้างมูลค่าเพิ่ม เพื่อส่งเสริมความยั่งยืนให้กับวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อวิเคราะห์ Pain Point ของผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรแปรรูป "กล้วยตาก" ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา อำเภอบ้านเหลื่อม จังหวัดนครราชสีมา

2.2 เพื่อออกแบบตราสัญลักษณ์ "กล้วยตาก" ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา

2.3 เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรแปรรูปกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา ด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลัก BCG Model



รูปที่ 1 บรรจุภัณฑ์ตามหลัก BCG Model

ที่มา: Gemini (2025)

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยแบบผสม (Mixed Methods Research) โดยมีการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สำหรับการวิเคราะห์ Pain Point ได้แก่ สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกาที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกล้วยตาก ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ประกอบด้วย ผู้นำชุมชนจำนวน 8 คน สมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 15 คน และสมาชิกชุมชน จำนวน 7 คน จำนวน 30 คน

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สำหรับประเมินการออกแบบตราสัญลักษณ์และการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบกราฟิก มีทักษะและความชำนาญจากการปฏิบัติงานไม่ต่ำกว่า 5 ปี ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 3 คน

3.3 เครื่องมือวิจัย

3.3.1 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ Pain Point แนวคำถามสำหรับการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion Guide) เป็นเครื่องมือเชิงคุณภาพที่ใช้ในการสนทนากับกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (ผู้นำชุมชนจำนวน สมาชิกวิสาหกิจชุมชน และสมาชิกชุมชน) ครอบคลุมประเด็นโครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน ได้แก่ การบริหารจัดการวัตถุดิบ กระบวนการผลิต มาตรฐานคุณภาพ การจัดการต้นทุน และอัตลักษณ์ทางการตลาด เพื่อระบุจุดบกพร่องและข้อจำกัดเชิงเทคโนโลยี

แบบบันทึกการสังเกตการณ์ภาคสนาม (Field Observation Record) ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลเชิงประจักษ์จากการลงพื้นที่จริง เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางกายภาพ พฤติกรรมการผลิต และระบบการจัดการของเสีย เพื่อนำมาสอบทาน ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่ม

3.3.2 ตราสัญลักษณ์ ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างเอกลักษณ์แบรนด์ และสื่อสารคุณค่าตาม BCG Model โดยมีลักษณะรูปแบบ 2 มิติ ออกแบบด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Illustrator เพื่อความยืดหยุ่นในการปรับขนาด ไม่สูญเสียคุณภาพ รูปทรงหลักประกอบด้วยกล้วยน้ำว้า ผสานกับวงกลมสีเขียว (สัญลักษณ์ Circular Economy) ชื่อผลิตภัณฑ์และชุมชนเขียนด้วยฟอนต์สมัยใหม่ที่น่าอ่าน สีสัน ได้แก่ เหลืองทอง (แทนกล้วย) เขียวธรรมชาติ (Bio) และน้ำตาลอ่อน (วิสาหกิจชุมชน) พัฒนาต้นแบบ 3 มิติ ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop เพื่อใช้ในการจำลองบนบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอเสมือนจริง (Mock-up) ช่วยให้เห็นมิติความรู้สึกและเงา สะท้อนความพรีเมียมและยั่งยืน และรูปแบบสิ่งพิมพ์และดิจิทัล สำหรับฉลากและสติ๊กเกอร์ ใช้กระดาษรีไซเคิลเคลือบกันน้ำเพื่อความทนทาน และเวอร์ชันดิจิทัล (ไฟล์ PNG/JPG ขนาดสูงสุด 300 DPI และเวกเตอร์ SVG) สำหรับการตลาดออนไลน์ โซเชียลมีเดีย และเว็บไซต์ เพื่อรองรับทั้งช่องทางออฟไลน์และออนไลน์

3.3.3 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยตาก ได้ออกแบบเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มตามหลัก BCG Model โดยเปลี่ยนจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกเดิมที่เป็น Pain Point (ไม่ย่อยสลาย สื่อถึงความไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม) มาเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม วัสดุใช้กระดาษ Kraft และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Bio-based) เพื่อความทนทานต่อความชื้นและการขนส่ง สอดคล้องกับ Circular Economy รีไซเคิลได้ และ Green Economy ไม่ใช้พลาสติกแบบเดิม บรรจุภัณฑ์แบบกล่องกระดาษแข็ง 216 กรัม ขนาด 9.77 X 4.96 X 16.98 ซม. เหมาะกับกล้วยตาก จากวัสดุชีวภาพเพื่อแสดงตัวผลิตภัณฑ์ ผสานโลโก้ที่ออกแบบไว้ ระบุข้อมูลโภชนาการ เพื่อสื่อสารคุณค่า “กล้วยตาก 100%” บรรจุภัณฑ์นี้ช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้พรีเมียม ยั่งยืน และดึงดูดผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อม

3.3.4 แบบประเมินการออกแบบตราสัญลักษณ์ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน ความเรียบง่าย ความชัดเจนและไม่ซับซ้อน การจดจำ ความสามารถในการสร้างความประทับใจ ความเป็นเอกลักษณ์ ความแตกต่างจากคู่แข่งในตลาด ความหลากหลายในการใช้งาน ความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ในสื่อต่าง ๆ เพื่อคัดเลือกตราสัญลักษณ์ที่มีความเหมาะสมสูงสุดเพียง 1 รูปแบบ

3.3.5 แบบประเมินบรรจุภัณฑ์ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อวัดประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์ตามหลัก BCG Model ประเมินด้านหลัก ได้แก่ ความน่าสนใจและความสวยงามของกราฟิก ความสามารถในการปกป้องและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการสื่อสาร ความสะดวกในการใช้งานและขนส่ง การสร้างมูลค่าเพิ่มและความพึงพอใจภาพลักษณ์ เพื่อคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมสูงสุดเพียง 1 รูปแบบ

การสร้างแบบสอบถาม โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ ปรับจาก (ธัญภรณ์ คำจตุ และคณะ, 2562) ซึ่งกำหนดค่าระดับ ดังต่อไปนี้

ระดับ	5	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ	4	หมายถึง	ดี
ระดับ	3	หมายถึง	พอใช้
ระดับ	2	หมายถึง	มีประสิทธิภาพค่อนข้างน้อย
ระดับ	1	หมายถึง	ต้องมีการปรับปรุง

3.4 การรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย มี 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การระบุและวิเคราะห์ Pain Point

สร้างความสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมเบื้องต้น ผู้วิจัยจัดประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป “กล้วยตาก” จำนวน 30 คน ประกอบด้วย ผู้นำชุมชนจำนวน 8 คน สมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 15 คน และสมาชิกชุมชน จำนวน 7 คน ขอความยินยอมร่วมกัน และรับรองการรักษาความลับของข้อมูล

การสนทนากลุ่ม โดยสมาชิก 30 คน แบบแนวคำถามการสนทนากลุ่ม แบบกึ่งโครงสร้าง ครอบคลุมประเด็นห่วงโซ่อุปทาน ต้นทุน เทคโนโลยี และอัตลักษณ์แบรนด์ ดำเนินการสนทนาเพื่อกระตุ้นการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และสร้างฉันทามติในการกำหนดแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การสนทนาเพื่อส่งเสริมการแบ่งปันประสบการณ์อย่างเปิดเผย

การสังเกต แบบบันทึกการสังเกตการณ์ ผู้วิจัยลงพื้นที่สังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม เพื่อบันทึกพฤติกรรมการผลิต สภาพทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ การจัดการของเสีย และการจัดแสดงสินค้า เพื่อนำมาตรวจสอบยืนยัน ข้อมูลจากการสนทนากลุ่ม

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและประเมินตราสัญลักษณ์

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมปฏิบัติการออกแบบร่วมกัน (Co-design Workshop) กับสมาชิกวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา โดยนำข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อจำกัดที่พบจากการวิเคราะห์แนวคิดการออกแบบเบื้องต้นมาเป็นฐานในการพัฒนา กระบวนการนี้มุ่งเน้นการสร้างความเชื่อมโยงทางวัฒนธรรมและการยอมรับจากคนในพื้นที่เพื่อถ่ายทอดอัตลักษณ์และคุณค่าหลักของชุมชนสู่การกำหนดทิศทางเชิงสัญลักษณ์ อันประกอบด้วย การเลือกชุดสี (Color Palette) องค์ประกอบศิลป์ และแนวทางการสื่อสารที่สะท้อนถึงวิถีเกษตรกรรมและความยั่งยืน เพื่อให้ตราสัญลักษณ์ทำหน้าที่เป็นตัวแทนภาพลักษณ์ที่แท้จริงของชุมชนและตอบสนองต่อสุนทรียภาพทางอารมณ์ของผู้รับสาร



รูปที่ 2 ระดมความคิดการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ

กระบวนการสร้างสรรค์ตราสัญลักษณ์ต้นแบบ “กล้วยบ้านม่วง” จากกรอบแนวคิดการออกแบบเบื้องต้นสู่การพัฒนาผลงานต้นแบบ เพื่อให้ได้ตราสัญลักษณ์ที่มีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้มีการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 3 ท่าน ใช้เครื่องมือประเมินแบบ มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ ถูกต้องตามหลักกราฟิก ให้ผลงานมีความสมบูรณ์ก่อนการผลิตจริง



รูปที่ 3 ตราสัญลักษณ์ ต้นแบบที่ 1



รูปที่ 4 ตราสัญลักษณ์ ต้นแบบที่ 2



รูปที่ 5 ตราสัญลักษณ์ ต้นแบบที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนและการสร้างมูลค่า (BCG Model)

จากการประเมินวัสดุบรรจุภัณฑ์และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในวิสาหกิจชุมชน เพื่อกำหนดแนวทางการใช้วัสดุชีวภาพ (Bio-based) จาก "ต้นกล้วย" ในท้องถิ่น ได้แก่ ความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ และความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิคของชุมชนซึ่งชี้ให้เห็นว่าเป็นวัสดุที่มีศักยภาพสูง ทั้งในด้านความยั่งยืน ความคุ้มค่า และความเป็นไปได้ในการผลิตสำหรับวิสาหกิจชุมชน



รูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในกระบวนการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การวิจัยนี้ประยุกต์ใช้โมเดลเศรษฐกิจ BCG เป็นกรอบแนวคิดหลักในการวิเคราะห์และพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ "กล้วยตาก" ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้เกิดทั้งการออกแบบแนวคิดต้นแบบ และการสร้างต้นแบบจริง โดยในขั้นตอนการออกแบบแนวคิดนักวิจัยร่วมกับทีมออกแบบดำเนินการระดมความคิด เพื่อสร้างแนวคิดบรรจุภัณฑ์ที่ตรงกับ Pain Points ของผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยนำเกณฑ์ BCG มาใช้เป็นกรอบหลักในการกำหนดทิศทาง จากนั้นดำเนินการสร้างต้นแบบจริงโดยใช้วัสดุใช้งานจริง พร้อมพิจารณาปัจจัยสำคัญ ได้แก่ การขนส่ง การเก็บรักษา ความทนทานต่อความชื้น และคุณสมบัติการย่อยสลายตามธรรมชาติ เพื่อยืนยันความเหมาะสมและศักยภาพในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ "กล้วยตาก" โดยอาศัยการประเมินเชิงปริมาณ ร่วมกับข้อคิดเห็นเชิงคุณภาพ ผลการประเมินจะนำไปสู่การคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมสูงสุดเพียง 1 รูปแบบ จากต้นแบบทั้งหมด 3 รูปแบบ เพื่อให้เกิดบรรจุภัณฑ์ที่ตอบสนองหลักการเศรษฐกิจ BCG สามารถนำไปใช้จริง



รูปที่ 7 กล่องบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ

จากการประเมินผลเบื้องต้นของต้นแบบบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาเป็นแบบร่างบรรจุภัณฑ์ เพื่อนำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญทำการคัดเลือก ซึ่งได้แก่แบบบรรจุภัณฑ์จำนวน 3 รูปแบบ และได้นำมาพัฒนาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 8 กล่องบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 1



รูปที่ 9 กล่องบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 2



รูปที่ 10 กล่องบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 3

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. (Standard Deviation) การสร้างแบบสอบถามโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ (อินยาภรณ์ คำจตุ และคณะ, 2562)

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.51-5.00	หมายถึง	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.51-4.50	หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ย	2.51-3.50	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.51-2.50	หมายถึง	มีประสิทธิภาพค่อนข้างน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00-1.50	หมายถึง	ต้องมีการปรับปรุง

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลวิเคราะห์ Pain Point ของผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรแปรรูป “กล้วยตาก” ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์กล้วยตากของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา อำเภอบ้านเหลื่อม จังหวัดนครราชสีมา พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกำลังเผชิญกับเชิงโครงสร้างที่เชื่อมโยงกันในหลายมิติ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเติบโตและความสามารถในการแข่งขันในตลาดกล้วยตากที่มีศักยภาพสูงของประเทศไทย โดยสามารถสรุปประเด็นปัญหา (Pain Point) ที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

4.1 ด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพ วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตกล้วยตากเผชิญข้อจำกัดเชิงโครงสร้างด้านการผลิตและคุณภาพ โดยเฉพาะการพึ่งพาเทคโนโลยีแบบดั้งเดิมและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ยังขาดเสถียรภาพภายใต้สภาวะอากาศแปรปรวน คุณภาพวัตถุดิบที่ไม่สม่ำเสมอ ข้อจำกัดด้านองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีและบุคลากรที่มีทักษะ ส่งผลให้ขาดการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างความหลากหลาย ทำให้วิสาหกิจมีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงของพลวัตตลาดและพฤติกรรมผู้บริโภค นอกจากนี้ความล้าสมัยของโรงเรือนและอุปกรณ์การผลิตยังเป็นอุปสรรคสำคัญในการยกระดับมาตรฐานสถานประกอบการสู่เกณฑ์สากล เช่น GMP และ HACCP ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อขีดความสามารถในการแข่งขันและการขยายตัวสู่ตลาดมูลค่าสูง

4.2 ด้านบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอผลิตภัณฑ์ การจัดการบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกาในปัจจุบัน ประสบข้อจำกัดสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อขีดความสามารถทางการแข่งขันดังต่อไปนี้

4.2.1 บรรจุภัณฑ์แบบดั้งเดิมขาดมาตรฐานด้านสุขอนามัยและประสิทธิภาพในการป้องกันปัจจัยแวดล้อม โดยเฉพาะความสามารถในการป้องกันความชื้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นและคุณภาพเสื่อมก่อนระยะเวลา ขาดบรรจุภัณฑ์ที่รองรับการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย

4.2.2 การออกแบบขาดความสวยงามเชิงทัศนศิลป์และขาดเอกลักษณ์ ส่งผลต่อภาพลักษณ์ความเป็นมืออาชีพ อีกทั้งยังขาดการบูรณาการกราฟิกและข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจนเพื่อสร้างการจดจำ ท่ามกลางภาวะตลาดที่มีการแข่งขันสูง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย โดยเฉพาะกลุ่มที่เน้นคุณค่าด้านสุขภาพซึ่งให้ความสำคัญกับข้อมูลและภาพลักษณ์บนบรรจุภัณฑ์เป็นหลัก

4.2.3 ปัญหาด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เอื้อต่อการปิดซ้ำ แต่ยังไม่นำไปสู่ปัญหา Product Integrity หรือการรักษาคุณลักษณะของสินค้าหลังการเปิดใช้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต่อประสบการณ์การบริโภคและการตัดสินใจซื้อซ้ำในอนาคต

4.3 ด้านการตลาดและการจัดจำหน่าย วิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา เผชิญอุปสรรคเชิงโครงสร้างด้านการตลาดและการจัดจำหน่าย โดยคำนึงถึงข้อจำกัดเชิงโครงสร้าง เนื่องจากการขาดทักษะด้านการตลาดดิจิทัลและการประชาสัมพันธ์ที่ยังไม่ครอบคลุม การพึ่งพิงเพียงช่องทางจำหน่ายในท้องถิ่นและการขาดมาตรฐานการผลิตที่รองรับการเข้าสู่ตลาดสมัยใหม่ (Modern Trade) ส่งผลให้สูญเสียโอกาสในการขยายตัวทางธุรกิจ และขาดอัตลักษณ์ของแบรนด์ที่ชัดเจน ไม่ส่งผลดีต่อความยั่งยืนในระยะยาว

4.4 การบริหารจัดการทางการเงินและการดำเนินงาน มีประเด็นหลัก ดังต่อไปนี้

4.4.1 วิสาหกิจชุมชนยังขาดระบบบัญชีที่มีประสิทธิภาพเพื่อการวางแผนและตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ส่งผลให้เกิดสถานะขาดสภาพคล่องทางการเงินและมีผลการดำเนินงานที่ขาดทุน การขาดการบันทึกข้อมูลทางการเงินที่ได้มาตรฐานยังเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งทุนจากสถาบันการเงินได้

4.4.2 ข้อจำกัดด้านองค์ความรู้ในการบริหารธุรกิจและระดับภาวะผู้นำที่จำกัดของผู้บริหาร ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงาน นำไปสู่ปัญหาการบริหารจัดการขาดระบบการวางแผนและการรายงานผลการดำเนินงานที่ชัดเจน

4.4.3 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ และกระบวนการผลิตยังอยู่ในระดับต่ำ โดยมีข้อจำกัดด้านทักษะและสมรรถนะของบุคลากรภายในองค์กรที่ไม่เอื้อต่อการรับเทคโนโลยีนวัตกรรมใหม่ ๆ มาใช้ในการดำเนินงาน

4.5 ด้านการปฏิบัติตามกฎระเบียบและมาตรฐาน มีประเด็นหลัก ดังต่อไปนี้

4.5.1 วิสาหกิจชุมชนยังขาดความรู้ความเข้าใจเชิงลึกในการควบคุมคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานสากล ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับการรับรองพื้นฐาน (อย.) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเข้าถึงช่องทางการจัดจำหน่ายสมัยใหม่ ที่มีมูลค่าทางการตลาดสูง การยกระดับสู่ระบบความปลอดภัยอาหารขั้นสูง (GMP และ HACCP) ยังทำได้ยากเนื่องจากข้อจำกัดด้านต้นทุนและขาดแคลนบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะทาง ซึ่งส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงความเชื่อมั่นในตราสินค้าและโอกาสการเติบโตของธุรกิจในระยะยาว

4.5.2 กระบวนการขอรับรองมาตรฐาน เช่น มกษ. มีภาระค่าใช้จ่ายสูง ทั้งในส่วนของค่าธรรมเนียมและค่าดำเนินการตรวจสอบวิเคราะห์ ซึ่งเป็นอุปสรรคเชิงโครงสร้างสำหรับวิสาหกิจที่มีปัญหาสภาพคล่อง วิสาหกิจจำเป็นต้องมีมาตรฐานเพื่อสร้างการเติบโต แต่ในขณะเดียวกันก็ไม่สามารถแบกรับต้นทุนการขอมาตรฐานได้หากยังไม่มีรายได้และมีความมั่นคงทางการเงินที่เพียงพอ

ผลการประเมินตราสัญลักษณ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ตราสัญลักษณ์แบบที่ 2 เป็นแบบที่ได้รับการคัดเลือกจากทั้งหมด 3 แบบ โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับคุณภาพของตราสัญลักษณ์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
ตราสัญลักษณ์ มีความโดดเด่นและความน่าจดจำ เป็นเอกลักษณ์ สามารถสร้างการจดจำได้ง่าย	5.00	0.00	ดีมาก
ตราสัญลักษณ์ สามารถสื่อถึงสาระสำคัญ บุคลิกภาพ และคุณค่าของแบรนด์ได้ดี	5.00	0.00	ดีมาก
ตราสัญลักษณ์ มีความเรียบง่ายและความชัดเจน สามารถเข้าใจได้ง่าย และมองเห็นได้ชัดเจนแม้ในขนาดเล็ก	5.00	0.00	ดีมาก
ตราสัญลักษณ์ ความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถนำไปปรับใช้กับสื่อต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ นามบัตร สื่อสิ่งพิมพ์และมองเห็นได้ชัดเจนแม้ในขนาดเล็ก	5.00	0.00	ดีมาก
การเลือกใช้สีมีความเหมาะสม สอดคล้องกับอารมณ์ของแบรนด์ และดึงดูดกลุ่มเป้าหมายได้ดี	5.00	0.00	ดีมาก
การเลือกใช้แบบอักษร (Font) มีความเหมาะสม อ่านง่าย และสอดคล้องกับบุคลิกของแบรนด์	4.33	0.47	ดี
ตราสัญลักษณ์ มีแนวโน้มที่จะยังคงดูทันสมัยและไม่ล้าสมัยได้ในระยะยาว	4.67	0.47	ดีมาก
ตราสัญลักษณ์ มีการนำเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ หรือมีการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบได้อย่างสร้างสรรค์	4.67	0.47	ดีมาก
องค์ประกอบต่าง ๆ ตราสัญลักษณ์มีความสมดุล ลงตัว และมีความสวยงาม	5.00	0.00	ดีมาก
ตราสัญลักษณ์โดยรวมสามารถสร้างความประทับใจที่ดี และสะท้อนความเป็นมืออาชีพ	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	4.87	0.22	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ตราสัญลักษณ์ คุณภาพในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.87$, S.D.=0.22) เมื่อพิจารณา รายการประเมินที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างแบรนด์ ได้แก่ ตราสัญลักษณ์ มีความโดดเด่นและความน่าจดจำ เป็นเอกลักษณ์สามารถสร้างการจดจำได้ง่าย สามารถสื่อถึงสาระสำคัญ บุคลิกภาพและคุณค่าของแบรนด์ได้ดี มีความเรียบง่ายและความชัดเจน สามารถเข้าใจได้ง่ายและมองเห็นได้ชัดเจนแม้ในขนาดเล็ก ความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถนำไปปรับใช้กับสื่อต่าง ๆ การเลือกใช้สีมีความเหมาะสม สอดคล้องกับอารมณ์ของแบรนด์ องค์ประกอบต่าง ๆ ตราสัญลักษณ์มีความสมดุล ลงตัว และมีความสวยงาม และสามารถสร้างความประทับใจที่ดี และสะท้อนความเป็นมืออาชีพ ($\bar{X}=5.00$, S.D.=0.00) ตราสัญลักษณ์ มีแนวโน้มที่จะยังคงดูทันสมัยและไม่ล้าสมัยได้ในระยะยาว และมีการนำเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ หรือมีการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบได้อย่างสร้างสรรค์ ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.67$, S.D.=0.47) และการเลือกใช้แบบอักษร (Font) ในระดับดี ($\bar{X}=4.33$, S.D.=0.47)

ผลการประเมินต้นแบบของการออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ต้นแบบของการออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์แบบ ที่ 3 เป็นแบบที่ได้รับการคัดเลือกจากทั้งหมด 3 แบบ โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับคุณภาพของต้นแบบของการออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์แบบที่ 3

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความคิดสร้างสรรค์โดดเด่น	4.67	0.47	ดีมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงามโดยรวม ดึงดูดสายตา และสร้างความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์	5.00	0.00	ดีมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์สามารถสื่อสารถึงตราสินค้าบุคลิกภาพและเอกลักษณ์ของแบรนด์ได้อย่างชัดเจนและสอดคล้องกัน	4.33	0.47	ดี
การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมในการปกป้องสินค้าจากความเสียหายระหว่างการขนส่ง การจัดเก็บ และการวางจำหน่าย	4.67	0.47	ดีมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความสะดวกในการเปิด-ปิด การหยิบจับ การใช้งาน และการจัดเก็บสำหรับผู้บริโภค	4.67	0.47	ดีมาก
การเลือกใช้วัสดุมีความเหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์	4.33	0.47	ดี
การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความคิดสร้างสรรค์ โดดเด่น	4.67	0.47	ดีมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมและเอื้อต่อกระบวนการผลิตจริง สามารถผลิตได้ในปริมาณมากและควบคุมต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.33	0.47	ดี
การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความสวยงามโดยรวม ดึงดูดสายตา และสร้างความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์	5.00	0.00	ดีมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเลือกใช้วัสดุที่ยั่งยืนหรือการออกแบบที่เอื้อต่อการรีไซเคิล	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	4.67	0.26	ดีมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณภาพการออกแบบบรรจุภัณฑ์อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.67$, S.D.=0.26) เมื่อพิจารณาในรายด้าน ได้แก่ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงามโดยรวม ดึงดูดสายตา และสร้างความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความสวยงามโดยรวม ดึงดูดสายตา และสร้างความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ การออกแบบบรรจุภัณฑ์คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเลือกใช้วัสดุที่ยั่งยืน หรือการออกแบบที่เอื้อต่อการรีไซเคิล ในระดับดีมาก ($\bar{X}=5.00$, S.D.=0.47) การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความคิดสร้างสรรค์โดดเด่น การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมในการปกป้องสินค้าจากความเสียหายระหว่างการขนส่ง การจัดเก็บ และการวางจำหน่าย การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความสะดวกในการเปิด-ปิด การหยิบจับ การใช้งาน และการจัดเก็บสำหรับผู้บริโภค และการออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความคิดสร้างสรรค์ โดดเด่น ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.67$, S.D.=0.47) การออกแบบบรรจุภัณฑ์สามารถสื่อสารถึงตราสินค้าบุคลิกภาพและเอกลักษณ์ของแบรนด์ได้อย่างชัดเจนและสอดคล้องกัน การเลือกใช้วัสดุมีความเหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ การออกแบบบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมและเอื้อต่อกระบวนการผลิตจริง สามารถผลิตได้ในปริมาณมากและควบคุมต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระดับดี ($\bar{X}=4.33$, S.D.=0.47)

ผลการประเมินการออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า การออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์แบบที่ 1 เป็นแบบที่ได้รับการคัดเลือกจากทั้งหมด 3 แบบ โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับคุณภาพของคุณภาพบรรจุภัณฑ์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
กล่องบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมกับประเภทของสินค้า	5.00	0.00	ดีมาก
กล่องบรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องสินค้าจากความเสียหาย เช่น การกระแทก ความชื้น แสง	4.33	0.47	ดี
กล่องบรรจุภัณฑ์เปิด-ปิดง่าย จัดเก็บสะดวก	4.33	0.47	ดี
การออกแบบรูปทรง และองค์ประกอบโดยรวมของบรรจุภัณฑ์มีความสวยงาม และดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค	5.00	0.00	ดีมาก
การออกแบบมีการสื่อสารข้อมูล เช่น ชื่อสินค้า ตราสินค้า ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการ ได้อย่างชัดเจน	4.67	0.47	ดีมาก
ต้นทุนในการผลิตบรรจุภัณฑ์จากวัสดุและโครงสร้างที่เห็น มีความเหมาะสมกับคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ	4.67	0.47	ดีมาก
การออกแบบบรรจุภัณฑ์ (รูปทรง วัสดุ) สามารถสะท้อนเอกลักษณ์ และคุณค่าของแบรนด์ และช่วยเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับแบรนด์	5.00	0.00	ดีมาก
บรรจุภัณฑ์ใช้วัสดุที่ดูเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด	5.00	0.00	ดีมาก
บรรจุภัณฑ์สามารถจัดเรียงบนชั้นวางสินค้า และจัดเก็บได้	4.67	0.47	ดีมาก
การออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับใช้กับสินค้าที่หลากหลายประเภท	4.00	0.00	ดี
เฉลี่ย	4.67	0.33	ดีมาก

จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพการออกแบบบรรจุภัณฑ์อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.67$, $S.D.=0.33$) เมื่อพิจารณาในรายด้าน กล่องบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมกับประเภทของสินค้า การออกแบบรูปทรงและองค์ประกอบโดยรวมมีความสวยงามและดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค การออกแบบสามารถสะท้อนเอกลักษณ์และคุณค่าของแบรนด์ และช่วยเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับแบรนด์ บรรจุภัณฑ์ใช้วัสดุที่ดูเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดในระดับดีมาก ($\bar{X}=5.00$, $S.D.=0.00$) การออกแบบมีการสื่อสารข้อมูลที่สำคัญ เช่น ชื่อสินค้า ตราสินค้า และข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการได้อย่างชัดเจน ต้นทุนในการผลิตบรรจุภัณฑ์จากวัสดุและโครงสร้างมีความเหมาะสมกับคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ บรรจุภัณฑ์สามารถจัดเรียงบนชั้นวางสินค้า และจัดเก็บได้ ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.67$, $S.D.=0.47$) และกล่องบรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องสินค้าจากความเสียหาย เช่น การกระแทก ความชื้น แสง กล่องบรรจุภัณฑ์เปิด-ปิดง่าย และจัดเก็บสะดวก ในระดับดี ($\bar{X}=4.33$, $S.D.=0.47$)

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะว่า การเลือกใช้พื้น Background เป็นใบตอง มีความน่าสนใจ เชื่อมโยงกับตัวสินค้า



รูปที่ 11 กล่องบรรจุภัณฑ์ที่จัดพิมพ์สำเร็จ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ Pain Point ของผลิตภัณฑ์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์กล้วยตากของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกำลังเผชิญกับเชิงโครงสร้างที่เชื่อมโยงกันในหลายมิติ เป็นอุปสรรคต่อการเติบโตและความสามารถในการแข่งขันในตลาดกล้วยตากที่มีศักยภาพสูงของประเทศไทย สามารถสรุปประเด็นปัญหาที่สำคัญได้ ดังต่อไปนี้

1. ด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพ กระบวนการผลิตยังคงพึ่งพาวิธีการตากแห้งแบบดั้งเดิม ไม่สามารถควบคุมคุณภาพให้สม่ำเสมอได้ โดยเฉพาะในช่วงที่สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย ขาดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ขาดบุคลากรที่มีทักษะ และอุปกรณ์การผลิตไม่ทันสมัย สอดคล้องกับ กิตติวัลย์ อินจู และ ศักดิ์ชัย ทองอร่าม (2566); ณัฐภาณี บัวดี และ อติเรก พันเขียว (2562); เสาวลักษณ์ ลิ้มศิริวงศ์ (2018) ไม่สามารถยกระดับสู่มาตรฐานสากลได้

2. ด้านบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอ บรรจุภัณฑ์มีปัญหาในด้านวัสดุที่ไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาสินค้าได้ (3 เดือน) การออกแบบที่ขาดความสวยงามและเอกลักษณ์ และฟังก์ชันการใช้งานที่ไม่สะดวกต่อผู้บริโภค สอดคล้องกับ กิตติวัลย์ อินจู และ ศักดิ์ชัย ทองอร่าม (2566); มยุรี ภาคกล้าเจิก (2567) ส่งผลต่อภาพลักษณ์ของสินค้าและความสามารถในการแข่งขัน

3. ด้านการตลาดและการจัดจำหน่าย วิสาหกิจชุมชนมีช่องทางการจัดจำหน่ายที่จำกัดอยู่เพียงในตลาดท้องถิ่น ขาดความรู้ด้านการตลาดออนไลน์ และขาดการสร้างแบรนด์ที่แข็งแกร่ง ทำให้การรับรู้แบรนด์อยู่ในระดับต่ำ เมื่อเทียบกับคู่แข่งรายใหญ่ในตลาด สอดคล้องกับ สุพาดา สิริกุตตา (2566); ณัฐภาณี บัวดี และ อติเรก พันเขียว (2562) ส่งผลให้ต้องแข่งขันด้านราคาและสูญเสียโอกาสในการเข้าถึงตลาดสมัยใหม่

4. ด้านการบริหารจัดการทางการเงินและการดำเนินงาน ปัญหาเชิงโครงสร้างที่ขาดระบบบัญชีและการจัดการทางการเงินที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาสภาพคล่อง สอดคล้องกับ สนิทเดช จินตนา และ ธีระพงษ์ ภูมิปานิก (2019) การขาดเงินทุนหมุนเวียน และเป็นอุปสรรคต่อการเข้าถึงแหล่งทุน ประกอบกับภาวะผู้นำที่ยังไม่เข้มแข็ง ชลกรณ โฆษิตตณิน และคณะ (2560) ขาดการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการ

5. ด้านการปฏิบัติตามกฎระเบียบและมาตรฐาน การขาดการรับรองมาตรฐานที่จำเป็น เช่น อย., GMP และ HACCP สอดคล้องกับ สุพาดา สิริกุตตา (2566) เป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถเข้าสู่ช่องทางตลาดสมัยใหม่และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคได้ ทั้งนี้ภาระค่าใช้จ่ายที่สูงและกระบวนการขอการรับรองเป็นข้อจำกัดสำหรับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก

ตอนที่ 2 ผลการออกแบบตราสัญลักษณ์ “กล้วยตาก” ของวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา ผู้วิจัยได้ออกแบบตราสัญลักษณ์ ได้เอาอัตลักษณ์ของตำบลช่อระกามาเป็นองค์ประกอบหลัก และผลการประเมินต่อตราสัญลักษณ์พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.87$, $S.D.=0.22$) แสดงให้เห็นว่าตราสัญลักษณ์ใหม่สามารถสร้างการจดจำและสื่อถึงความเป็นชุมชนได้ดีขึ้น โดยองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างแบรนด์ ได้แก่ ความโดดเด่นน่าจดจำ การสื่อสารคุณค่าของแบรนด์ ความเรียบง่ายชัดเจน ความยืดหยุ่นในการใช้งาน และความสวยงามและความสมดุลอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=5.00$, $S.D.=0.00$)

ตอนที่ 3 ผลการออกแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลัก BCG Model ผลการศึกษาการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ “กล้วยบ้านม่วง” ภายใต้กรอบแนวคิด BCG Model พบว่า การพัฒนาการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำหน้าที่เพียงปกป้องสินค้า สู่การเป็น “ผู้เล่าเรื่อง (Storyteller)” ที่เชื่อมโยงคุณค่าจากภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่ผู้บริโภคผ่านวัสดุเหลือใช้อย่าง “เชือกกล้วย” ช่วยสร้างประสบการณ์เชิงอารมณ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ การวิจัยชี้ให้เห็นถึงการบูรณาการกลยุทธ์การออกแบบด้านเศรษฐกิจชีวภาพและเศรษฐกิจสีเขียวที่นำเสนอความห่วงหาอาอย่างเป็นธรรมชาติ ผ่านงานหัตถศิลป์เชือกกล้วย เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์สู่ตลาดระดับบน และด้านเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่เน้นการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเลือกใช้วัสดุกระดาษกราฟท์ การขึ้นรูปบัพ (Die-cut) เพื่อลดการใช้

การส่งผลโดยตรงผลิตภัณฑ์จากสินค้าเกษตรแปรรูปทั่วไปสู่ “ผลิตภัณฑ์กราฟที่ระดับพรีเมียม” ที่สามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและตอบสนองต่อกลุ่มผู้บริโภคที่มีความสำคัญกับความยั่งยืน

บรรจุกฎที่ที่พัฒนาขึ้นใหม่ได้นำหลักการ BCG Model มาประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านเศรษฐกิจชีวภาพ (Bio-economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ผ่านการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการออกแบบที่สวยงามทันสมัย ผลการประเมินคุณภาพของบรรจุกฎที่อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}=4.67$, S.D.=0.33) บ่งชี้ว่าบรรจุกฎที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเด็นที่ได้รับการประเมินสูงสุดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}=5.00$ S.D.=0.00) คือด้านการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งสะท้อนความสำเร็จในการนำแนวคิด BCG Model มาประยุกต์ใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

นอกจากนี้ ยังครอบคลุมถึงความสำคัญทางการตลาดและการใช้งาน ได้แก่ ความเหมาะสมของบรรจุกฎกับประเภทสินค้า ความสวยงามดึงดูดความสนใจ การสะท้อนเอกลักษณ์และเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของแบรนด์ การสื่อสารข้อมูลที่ชัดเจน ความคุ้มค่าด้านต้นทุน และความสามารถในการจัดเรียงและจัดเก็บ

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า วิศวกร นักออกแบบและผู้ประกอบการ SMEs ในภาคการเกษตรแปรรูป กำลังเผชิญกับข้อจำกัดเชิงโครงสร้างทั้งด้านเงินทุน เทคโนโลยี และการบริหารจัดการ สอดคล้องกับ สุพาดา สิริกิตตา (2566); ณัฐภานี บัวดี และ อติเรก พันเขียว (2562) โดยเฉพาะการยึดติดกับกระบวนการผลิตดั้งเดิมที่ขาดมาตรฐานรับรองความปลอดภัย (GMP/HACCP) และขาดบรรจุกฎที่ทันสมัย ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเข้าสู่ตลาดมูลค่าสูงและการแข่งขันในกลุ่มผู้บริโภคยุคใหม่ สอดคล้องกับ สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (2565) ปัจจุบันดังกล่าวนำไปสู่สถานะการขาดสภาพคล่องทางการเงินส่งผลให้ไม่สามารถยกระดับมาตรฐานสินค้าเพื่อเข้าสู่ช่องทางโมเดิร์นเทรด จากการประเมินกลยุทธ์การสร้างแบรนด์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว พบว่าการออกแบบตราสัญลักษณ์ประสบความสำเร็จในระดับดีมาก ($\bar{x}=5.00$ S.D.=0.00) โดยชิ้นงานมีคุณสมบัติครบถ้วนตามหลักการสร้างแบรนด์สากล ทั้งด้านความหมาย สุนทรียภาพ และความยืดหยุ่น สอดคล้องกับ Wheeler (2013) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง “ความเรียบง่าย” และการเลือกใช้แบบอักษร (Typography) ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่ช่วยสะท้อนบุคลิกภาพของแบรนด์และส่งเสริมให้เกิดการจดจำตราสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบและพัฒนาบรรจุกฎตามหลัก BCG Model ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ประสบความสำเร็จในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตรแปรรูป ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกาได้อย่างมีนัยสำคัญ สามารถอธิบายในประเด็นต่าง ๆ ได้ ดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความสำเร็จของการออกแบบบรรจุกฎที่สามารถบูรณาการ “สุนทรียภาพทางการตลาด” เข้ากับ “ความยั่งยืนทางนิเวศเศรษฐกิจ” ได้อย่างลงตัว โดยในมิติด้านการสร้างมูลค่าเพิ่ม บรรจุกฎทำหน้าที่เป็นสื่อทางการตลาดที่มีประสิทธิภาพ หรือ “พนักงานขายเงียบ (Silent Salesman)” ซึ่งช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มทางอารมณ์ (Emotional Value) และสะท้อนอัตลักษณ์ของแบรนด์เพื่อกระตุ้นการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

การขับเคลื่อนด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG ผ่านการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้รับผลการประเมินในระดับสูงสุด สะท้อนให้นัยสำคัญของการใช้บรรจุกฎเป็นเครื่องมือสื่อสารเชิงกลยุทธ์เพื่อสร้าง “ตราสินค้าสีเขียว” ที่ตอบสนองต่อความตระหนักรู้ของผู้บริโภคยุคใหม่ การออกแบบยังตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสมดุลระหว่างหน้าที่ใช้สอยและความเป็นไปได้ในการผลิตจริง ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะช่วยส่งเสริมความยั่งยืนทางเศรษฐกิจให้แก่วิสาหกิจชุมชนในระยะยาว

6. ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ดังต่อไปนี้

6.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

วิสาหกิจชุมชนตำบลช่อระกา ได้นำตราสัญลักษณ์และรูปแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ไปใช้กับผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างเอกภาพและความเป็นที่จดจำของแบรนด์ และมีการสื่อสารเรื่องราวเกี่ยวกับการออกแบบที่เชื่อมโยงกับอัตลักษณ์ชุมชนและแนวคิด BCG Model ผ่านช่องทางออนไลน์ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางความรู้สึกให้กับผู้บริโภค

6.2 ข้อเสนอแนะครั้งต่อไป

ควรมีการวิจัยและพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น เช่น กาบกล้วย เพื่อลดต้นทุนและสร้างความยั่งยืนตามแนวทาง BCG Model ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ควรมีการศึกษาลผลกระทบทางเศรษฐกิจในระยะยาว หลังจากการปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์และตราสัญลักษณ์ เพื่อวัดความคุ้มค่าของการลงทุนในการออกแบบได้อย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2568). รายงานประจำปี 2567 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

https://www.moac.go.th/annual_rpt-preview-471191791792

กิตติวัลย์ อินจู และ ศักดิ์ชัย ทองอร่าม. (2566). การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วย และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปอาหารจากกล้วย ตำบลโพประจักษ์ อำเภอกำแพง จังหวัดสิงห์บุรี.

<https://library.tru.ac.th/thesis/uploadspdflocal/2024-02-08-11-05-10-2146763483103UMP25-153.pdf>

ชลกนก โฆษิตคณิน และคณะ. (2560). ปัญหา อุปสรรคและแนวทางการพัฒนาการจัดทำบัญชีวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครปฐม. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 10(3), 2138-2152. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/110255/86494>

ฉันทยาภรณ์ คำจตุ และคณะ. (2562). ความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ขาใบกล้วย กลุ่มชุมชนท่าเมรุ ตำบลบางกล้า อำเภอบางกล้า จังหวัดสงขลา. ใน *การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10 (หน้า 1266-1283)*. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

[https://www.hu.ac.th/conference/proceedings2019/FullText/02%20-%20ระดับชาติ%20-%20ภาคโปสเตอร์/G6-Ma/2-035Ma-NP%20\(ฉันทยาภรณ์%20%20คำจตุ\)%201266-1283.pdf](https://www.hu.ac.th/conference/proceedings2019/FullText/02%20-%20ระดับชาติ%20-%20ภาคโปสเตอร์/G6-Ma/2-035Ma-NP%20(ฉันทยาภรณ์%20%20คำจตุ)%201266-1283.pdf)

มยุรี ภาคกล้าเจียก. (2567). การบรรจุภัณฑ์ (Packaging) "ระบบส่งเสริมธุรกิจเทคโนโลยีและนวัตกรรม".

<http://clinictech.ops.go.th/online/cmo/filemanager/32/files/dss-packaging.pdf>

สุตาภัทร คงกิต และคณะ. (2565). การพัฒนาขีดความสามารถผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในอำเภอบางช้าง จังหวัดลำพูน. *วารสารราชพฤกษ์*, 16(49), 71-88.

<https://so05.tci-thaijo.org/index.php/RJPJ/article/view/258558>

สนิเทศ จินตนา และ ชีระพงษ์ ภูริปาณิก. (2019). ปัญหา ข้อจำกัด และแนวทางในการสร้างความเข้มแข็งให้กับวิสาหกิจชุมชน. *คณะรัฐศาสตร์และนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 179-193.

<https://buuir.buu.ac.th/handle/1234567890/4639>

โสภา หนูแดง และคณะ. (2566). การพัฒนากราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยหอมทองเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและส่งเสริมการท่องเที่ยวของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนวัยหวาน ตำบลไร่ใหม่พัฒนา อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบุรี. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(10), 156-173. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/264938>

โสพิศ คำนวนชัย และ สุนทรีย์ วิวัฒน์เศรษฐ. (2566). ตัววัดกลยุทธ์ทางการตลาดผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารของวิสาหกิจชุมชน: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ไข่เค็มใบเตยของวิสาหกิจชุมชน จังหวัดลพบุรี. *วารสารบริหารธุรกิจและการบัญชี มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 7(3), 47-63. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kkbsjournal/article/view/264904>



- สมเกียรติ สุทธิวรการ. (2568). การพัฒนาโมเดลนวัตกรรมการบริหารจัดการที่ส่งผลต่อการสร้างสรรค์มูลค่าของผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน. <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/1372>
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2565). การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน เพื่อยกระดับเศรษฐกิจฐานราก. <https://uploads.tpso.go.th/การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน.pdf>
- _____. (2568). การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน เพื่อยกระดับเศรษฐกิจฐานราก. <https://uploads.tpso.go.th/การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน.pdf>
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช. (2568). BCG คืออะไร? โมเดลพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อความยั่งยืน. https://www.bcg.in.th/#what_bcg
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2568). ระเบียบปฏิบัติสำหรับรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์สินค้าการเกษตร. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20230315160419_1_file.pdf
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (พ.ศ. 2566-2570). https://www.nesdc.go.th/wp-content/themes/plant3-child/assets/pdf/13/article_file_20230307173847.pdf
- สุพาดา สิริกุดตา. (2566). แนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนอย่างยั่งยืน: กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลไม้บ้านยาวี จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 26(1), 89-104. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/JOS/article/view/14826>
- เสาวลักษณ์ ลิ้มศิริวงศ์. (2018). แนวทางการพัฒนาการผลิตกล้วยตากอย่างยั่งยืน พื้นที่อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, 11(1). <https://www.journal.nu.ac.th/JCDR/article/view/1853>
- ณัฐภาณี บัวดี และ อติเรก พันเขียว. (2562). แนวทางการพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย ในอำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก. *วารสารศรีวันวลัยวิจัย*, 1(9), 15-24. <https://research.kpru.ac.th/research2/pages/filere/1600070470.pdf>
- Gemini, G. (2025). Gemini [Large language model]. http://gemini.google.com/app?utm_source=app_launcher&utm_medium=owned&utm_campaign=base_all
- Lupton, E. (2017). *Graphic design thinking: Beyond brainstorming*. Princeton Architectural Press.
- Portotheme. (2025). *The Impact of Logo Design on Brand Identity and Consumer Perception*. <https://hookedmarketing.net/blog/the-impact-of-brand-and-logo-design-on-customer-perception/>
- UNEP. (2011). *Green Economy Report*. <https://whygreeneconomy.org/information/unep-green-economy-report/>
- Wheeler, A. (2013). *Designing brand identity: An essential guide for the whole branding team (4th ed.)*. John Wiley & Sons. <https://strategyuk.altervista.org/wp-content/uploads/2016/12/Designing-Brand-Identity.pdf>

รายละเอียดและคำแนะนำการเตรียมบทความเสนอการตีพิมพ์
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Industrial Technology Journal, Surindra Rajabhat University

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ได้เปิดรับบทความจากนักวิชาการ นักวิจัยและนักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย มีกำหนดการตีพิมพ์ปีละ 2 ครั้ง คือ ในรอบเดือน มกราคม – มิถุนายน และรอบเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม โดยยินดีรับบทความที่มีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวข้องกับศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและสหวิทยาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยทุกบทความจะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 3 ท่าน

ขั้นตอนการดำเนินงานจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1. รับต้นฉบับจากผู้สนใจตีพิมพ์บทความผ่านระบบ 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) โดยบทความที่ลงตีพิมพ์นั้นจะต้องผ่านความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสองท่านหรือสองในสามท่าน
ทั้งนี้ ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทความมีดังนี้
 - Accept Submission = รับตีพิมพ์บทความโดยให้กองบรรณาธิการพิจารณาอีกครั้ง
 - Revisions Required = แก้ไขบทความโดยให้บรรณาธิการพิจารณาอีกครั้ง
 - Resubmit for Review = ผู้แต่งต้องแก้ไขบทความส่งกลับมาให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบอีกครั้ง
 - Resubmit Elsewhere = ปฏิเสธรับตีพิมพ์บทความ กรณีที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ขอบเขตของวารสาร และการเตรียมบทความ ทั้งนี้ให้ผู้แต่งส่งบทความตีพิมพ์ในวารสารอื่น
 - Decline Submission = ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ
 - See Comments = พิจารณาข้อเสนอแนะของผู้ประเมินบทความ
4. กองบรรณาธิการส่งต้นฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมสรุปผลการประเมินคุณภาพต้นฉบับและจัดส่งผู้แต่งเพื่อปรับปรุงแก้ไข พร้อมให้ชี้แจงการปรับแก้ไขกลับมายังกองบรรณาธิการ
5. กองบรรณาธิการตรวจสอบการปรับปรุงแก้ไขความถูกต้อง และรูปแบบการเขียนต้นฉบับ
6. บรรณาธิการตอบรับการตีพิมพ์และเผยแพร่ต้นฉบับดังกล่าวผ่านระบบฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์กลาง (<https://www.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/login>) จากนั้น จะออกหนังสือตอบรับการตีพิมพ์บทความอย่างเป็นทางการจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์อีกครั้ง
7. กองบรรณาธิการรวบรวมต้นฉบับและตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนจัดส่งโรงพิมพ์เพื่อจัดทำวารสารฉบับร่าง
8. กองบรรณาธิการตรวจสอบความถูกต้องของวารสารฉบับร่างจากโรงพิมพ์อีกครั้ง จากนั้นจึงส่งตีพิมพ์เผยแพร่

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. กรณีมีข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้แต่งต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และชี้แจงการแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการ

คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับผู้เขียนบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ รับบทความที่มีขอบเขตเนื้อหาในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสหวิทยาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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

บทความภาษาไทยให้อัตลักษณ์การใช้คำศัพท์และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน โดยหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยในข้อความ และถ้าในบทความมีศัพท์เทคนิคหรือศัพท์เฉพาะให้ใช้คำทับศัพท์ และ/หรือ ศัพท์บัญญัติ พร้อมวงเล็บคำศัพท์ภาษาอังกฤษนั้นด้วย

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

การพิมพ์จะไม่มีการเว้นบรรทัด เว้นแต่หากต้องการขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้นหนึ่งบรรทัดหรือการแทรกตารางหรือรูปภาพและเว้นอีกหนึ่งบรรทัดก่อนจะขึ้นย่อหน้าใหม่หลังการแทรกตารางหรือรูปภาพดังกล่าว

การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่องให้ใช้เลขกำกับนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีหัวข้อย่อยให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับกับหัวข้อย่อย 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)

ควรกระชับรัดกุมไม่ยาวจนเกินไป 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) ระบุชื่อคณะและสถาบันการศึกษาของผู้เขียนบทความทุกคนในกรณีบทความใดมีผู้เขียนหลายคน ให้ใส่ตัวเลขเป็นตัวยกกำกับท้ายสถานที่ทำงานของผู้แต่งทุกคน และใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะสถานที่ทำงานของผู้รับผิดชอบบทความ (คนที่ 1)

2.3 ที่อยู่อีเมลของนักวิจัยหลัก (E - mail Address) ระบุอีเมลที่ใช้ติดต่อของผู้รับผิดชอบบทความหลัก ทั้งนี้ตัวอย่างการเขียนรายละเอียดผู้แต่งบทความ

ในบทความภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษให้พิมพ์เช่นเดียวกับรายละเอียดผู้แต่งบทความเพียงแต่แปลเป็นภาษาอังกฤษ ดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2

บัญชา ชื่นจิต^{1*} นวัตร โปธิสาร²
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 และเป็นบทคัดย่อประกอบด้วยวัตถุประสงค์ (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)

วัตถุประสงค์มีความชัดเจนสอดคล้องกับขอบทความและอยู่ในกรอบของเรื่องที่ศึกษาวิจัย ไม่ควรเกิน 3 ข้อ

6. วิธีการศึกษา (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

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

การนิยามและอธิบายตัวแปรในสมการให้ใช้รูปแบบอักษรหรือสัญลักษณ์ที่เหมือนกันกับที่ปรากฏในสมการทั้งแบบอักษรและขนาดอักษร

7. ผลการวิจัย (Results)

เสนอผลการวิจัยที่ตรงประเด็นตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยการบรรยายในเนื้อเรื่อง หรือแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมด้วยภาพประกอบ ตาราง กราฟ หรือแผนภูมิ ตามความเหมาะสม

7.1 ข้อกำหนดเกี่ยวกับรูป ต้องมีความกว้างไม่เกินขอบหน้ากระดาษ โดยวรรค 1 บรรทัด ก่อนและหลังรูป กรณีที่เป็นรูปขนาดใหญ่จะลงเต็มหน้ากระดาษทางขวาก็ได้ โดยให้จัดรูปแบบให้เหมาะสมและชัดเจน รูปกราฟหรือแผนภูมิต่าง ๆ ควรวาดด้วยลายเส้นคมชัดบนพื้นที่สีขาว รูปถ่ายต้องเป็นรูปจริงและเป็นรูปขาวดำเท่านั้น รูปประกอบแต่ละรูปจะต้องมีหมายเลขกำกับและมีคำบรรยายประกอบที่มีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด โดยจัดชิดซ้ายได้รูปที่ หากรูปมีตัวอักษร ขนาดของอักษรต้องมีขนาดที่อ่านได้และไม่ควรมีขนาดเล็กกว่าขนาดอักษรที่เป็นเนื้อเรื่อง (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 ปาณวงษ์. (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.

กรณีที่ผู้แต่งเป็นนิติบุคคล เช่น หน่วยงาน องค์กร บริษัท หรือเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์ ใส่ชื่อย่อ ในส่วน
ของสำนักพิมพ์ 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 มอสกา กับชนชั้นนำทางการเมือง
/////ของไทยในยุคมาลามาไทย. ใน วัชรพล ศุภจักรวัฒนา และวัชรพล พุทธิรักษา (บ.ก.), ว่าด้วยทฤษฎี
/////รัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ร่วมสมัย (พิมพ์ครั้งที่ 2). (น. 47-68). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.
วรวรรณ จิตต์ธรรม. (2565). โรคหัวใจพิการแต่กำเนิดที่พบได้บ่อย. ใน วรวรรณ จิตต์ธรรม, จิรนนท์ วีรกุล,
/////ญาคินี อภิรักษ์นภานนท์ และชุติมา เผือกสามัญ (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 มอสก้า กับชนชั้นนำทางการ

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

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

////////[https://www.mebmarket.com/ebook-273573-ว่าด้วยทฤษฎีรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์](https://www.mebmarket.com/ebook-273573-ว่าด้วยทฤษฎีรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ร่วมสมัย)
 //////////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 วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ที่ไม่ได้ตีพิมพ์

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

ชื่อ นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่)/ชื่อวิทยานิพนธ์/[วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์หรือวิทยานิพนธ์
 //////////ปริญญามหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]/ชื่อมหาวิทยาลัย.
 Author, A. A. (Year)./Title/[Unpublished doctoral or master's thesis]/Name of the Institution
 //////////awarding the degree.

ตัวอย่าง

สรญา แสงเย็นพันธ์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเขียนบรรณานุกรมออนไลน์ [วิทยานิพนธ์ปริญญา

////////มหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

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

2.2 วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตจากเว็บไซต์ ไม่อยู่ในฐานข้อมูลเชิงพาณิชย์

ชื่อ นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิบัณฑิต หรือวิทยานิพนธ์ปริญญา
/////////มหาบัณฑิต,/ชื่อมหาวิทยาลัย]./ชื่อเว็บไซต์./URL

ตัวอย่าง

วันชนะ จุปรจง. (2560). ระบบสนับสนุนการประมาณการสัมผัสแคดเมียมผ่านการบริโภคอาหาร (วิทยานิพนธ์
/////////ปริญญามหาบัณฑิต, 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 วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตจากฐานข้อมูลเชิงพาณิชย์

ชื่อ นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/(หมายเลข UMI หรือ เลขลำดับอื่น ๆ)
/////////[วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิบัณฑิต 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, สมณ 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 ชื่อฐานข้อมูล./ https://doi.org/xxxx

ตัวอย่าง

วิเศษ กลัปลา, อลิสา คุ่มเคี่ยม, 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)./เรื่องที่ประชุม./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

ทีมวาไรตี้. (21 กุมภาพันธ์ 2565). จับตามลกระทบโควิดระลอกสามทำคนไทยหนีท่วม. 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>
 วรวิรัช 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->
 //////////[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 วิกิพีเดีย./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

หนูทองขาว. (10 มีนาคม 2556). หนูทองขาว. ใน *วิกิพีเดีย*. <https://th.wikipedia.org/wiki/หนูทองขาว/////////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

Arden, 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./[Year,/Month/date หรือ n.d.)/เนื้อหาของโพสต์ 20 คำแรก./[Video or Image attached].
/////////Facebook./URL

ตัวอย่าง

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเรศวร. (2565). *[Book Overview] ศิลปะและวิทยาศาสตร์ของการลงทุนเน้นคุณค่าโดย*
/////////ผศ. ดร.สัมพันธ์ เนตยานันท์... [Video]. Facebook. [https://www.facebook.com/](https://www.facebook.com/NU.publishing.house/videos/500261141462779)
/////////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] #fridayfloop [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

กรณีและผู้พัฒนาเป็นองค์กร

- อินสไปก้า. (2015). *อักขราวิสุทธิ*. [เว็บแอปพลิเคชัน]. อินสไปก้า. <https://www.akarawisut.com>
- Slack Technologies. (2022). *Slack*. [Web application]. Salesforce. <https://www.slack.com>

ตัวอย่าง

กรณีและผู้พัฒนาเป็นบุคคล

- 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 บทคัดย่อควรกล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของบทความ ผลลัพธ์ หรือสรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย คำสำคัญที่เป็นภาษาไทยไม่ต้องมีเครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่างคำ

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

เว้น 1 บรรทัด

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

เว้น 1 บรรทัด

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

เว้น 1 บรรทัด

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

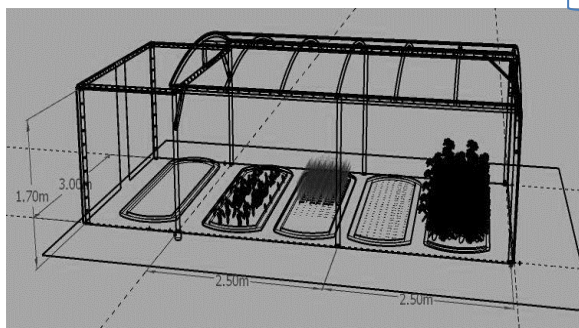
{ขนาด 14 pt ตัวบาง

ผลการวิจัย {ขนาด 14 pt ตัวหนา

Results {14 pt bold

{ขนาด 14 pt ตัวบาง

{เว้น 1 บรรทัด



{เว้น 1 บรรทัด

รูปที่ 1 การออกแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำเกษตรปลอดภัยของผู้สูงอายุ

ตารางที่ 1 ข้อมูลแสดงตารางผสมปฏิภาคคอนกรีต

← เว้น 1 บรรทัด

ส่วนผสม	ปฏิกิริยาส่วนผสม(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 ตัวบ

เอกสารอ้างอิง {ขนาด 14 pt ตัวหนา

References {14 pt bold

1 ซม. ขนาด 14 pt ตัวบาง

คุณค่าทางวิชาการ {ขนาด 14 pt ตัวหนา

Academic Value { 14 pt bold

[illegible]

จริยธรรมการตีพิมพ์

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร (Editor Roles and Responsibility)

1. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ และไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว
2. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีระเบียบวิธีวิจัยที่ถูกต้อง และให้ผลที่น่าเชื่อถือ โดยนำผลของการวิจัยมาเป็นตัวชี้ว่าสมควรตีพิมพ์เผยแพร่หรือไม่
3. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง
4. เมื่อบรรณาธิการตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่น จะต้องระงับการประเมินและติดต่อผู้เขียน เพื่อพิจารณาตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์
5. หากบรรณาธิการตรวจพบว่า บทความมีการลอกเลียนบทความอื่นโดยมิชอบ หรือมีการปลอมแปลงข้อมูล ซึ่งสมควรถูกถอดถอน แต่ผู้เขียนปฏิเสธที่จะถอนบทความ บรรณาธิการสามารถดำเนินการถอนบทความได้โดยไม่ต้องได้รับความยินยอมจากผู้เขียน ซึ่งถือเป็นสิทธิและความรับผิดชอบต่อบทความของ บรรณาธิการ
6. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียน และผู้ประเมินบทความแก่บุคคลอื่น ๆ
7. บรรณาธิการต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนบทความและผู้ประเมินบทความ

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียนบทความ (Author Ethical Responsibilities)

1. บทความที่จะได้รับการพิจารณาลงตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อนและไม่ส่งต้นฉบับ 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. การกล่าวขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือในกิตติกรรมประกาศนั้น หากสามารถทำได้ผู้เขียนบทความควรขออนุญาตจากผู้ที่เกี่ยวข้องประสงคจะขอบคุณเสียก่อน

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 ผู้ประเมินบทความจะต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ

คณะกรรมการจัดการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกกานต์ ลายสนธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิรักษ์ หิรัญ โจมสติ

อาจารย์ธำริณี มีเจริญ

อาจารย์ศุภวิช นิยมพันธุ์

อาจารย์ศุภวัชร นิยมพันธุ์

นายพงศกร เดชศิริ

ดร.วณดา เผ่าศิริ

นายสังเวียน ก้อนทอง

นางสาวสุนทราภรณ์ เนินแก้ว

นางสาวกนิษฐา ชิมทอง

นางสมจิตร ปานทอง

นายโปสเก ภาณุรัตน์

นายแดงน้อย ปุสาเดช

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 Jomsatl
Design Innovation