



คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

จัดพิมพ์โดย : คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
1 ถนนอุททองนอก เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
โทร 0 2160 1438 ต่อ 23 เว็บไซต์ <https://ph01.tci-thajoo.org/index.php/fit-ssru>



คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

The Journal of Industrial Technology

Suan Sunandha Rajabhat University

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567)

Vol. 12 / No. 1 / January - June 2024

ISSN (Print) : 2351 -0811

ISSN (Online) : 2730 -2938

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์วารสาร

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เพื่อเป็นช่องทางในการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชุตินาฏณ์ ศรีวิบูลย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนมภัทร โตระสะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเรือน รัชมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยงค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล ป้อมสถิตย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยนุช ใจแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรัพย์สตรี แสนทวีสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วงศ์ผกา วงศ์รัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสา ชัชวงษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิษณุาส์ บุญมี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล อัสวดีกุลฤทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล อ่ำดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชาคริตส วัฒนประเสริฐ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยรัตน์ ศรีสุนนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ปินตาคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ คงสีไพร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี บุญเรืองเศษ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายชล ชุตเจื้อจัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุจิพรรณ แผงจันดา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชณี จุมจี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศตวรรษ ด้วงแป้น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว

มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ดร.ธรรมรักษ์ ศรีมารุต
ดร.วรุฒิ ศรีสุขคำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – มิถุนายน) และ ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม)

ฝ่ายประสานงานและจัดการ

นางสาวดวงเนตร สาระสมบัติ

เจ้าของวารสาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก

เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 23 โทรสาร 0 2160 1440

www.fit.ssru.ac.th

<https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru>

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University) มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้การวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ การพัฒนาเชิงประยุกต์ และรวมถึงงานวิจัยเชิงบูรณาการที่มีการพัฒนาเพื่อนำไปสู่การพัฒนาโครงสร้างเศรษฐกิจฐานราก ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม เพื่อยกระดับ พัฒนาคุณภาพ สมรรถนะทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับสากล ให้สามารถพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ได้อย่างมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืนสอดคล้องกับ โมเดลพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งในแต่ละบทความได้รวบรวมองค์ความรู้จาก ผู้มีความเชี่ยวชาญในหลากหลายด้าน นักวิจัยและประชาชนทั่วไปสามารถนำความรู้จากวารสารนี้ไปต่อยอดในการสร้างนวัตกรรมใหม่และสามารถนำกระบวนการ องค์ความรู้ เทคโนโลยีใหม่จากบทความไปประยุกต์สร้างสรรค์และใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้จริงในอนาคต วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้จัดพิมพ์ 2 ฉบับต่อปี คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม - มิถุนายน 2567) และฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2567)

ปัจจัยหลายประการที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อคุณภาพวารสาร คือคุณภาพของบทความที่มีคุณค่าทางวิชาการเป็นที่ยอมรับ กระบวนการคัดกรองและการตรวจสอบที่มีมาตรฐาน โดยผู้ทรงคุณวุฒิเฉพาะสาขาวิชา ข้อเสนอแนะที่ทรงคุณค่า รวมทั้งการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อดำเนินการจัดพิมพ์และการเผยแพร่บทความได้เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด ส่งผลให้วารสารฯ มีความน่าเชื่อถือและผ่านการรับรองโดย TCI

ทางคณะผู้จัดทำวารสารฯ ขอกราบขอบพระคุณที่ปรึกษาวารสารฯ กองบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ ที่สละเวลาใช้ความรู้ความสามารถในการทำให้อาชีพของวารสารฯ เป็นที่น่าเชื่อถือและมีคุณค่าเป็นประโยชน์ต่อทางวิชาการ และขอขอบคุณนักวิชาการทุกท่านที่ส่งบทความที่มีคุณค่าทางวิชาการเข้าร่วมทำให้วารสารฯ ดำเนินการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ทางคณะผู้จัดทำวารสารฯ พร้อมทั้งจะรับฟังข้อเสนอแนะจากทุกภาคส่วน เพื่อทำให้วารสารฯ มีประสิทธิภาพ พัฒนามากยิ่งขึ้น และเป็นที่ยอมรับในระดับสากลต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเรือน รัชมี

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการจัดการน้ำเสียอย่างยั่งยืน ในนิคมอุตสาหกรรมพื้นที่ภาคตะวันออก Eco-Efficiency Assessment of Sustainable Wastewater Management Processes in Industrial Estates of the Eastern Region เพ็ญใจ หาญวัฒนาวุฒิ, กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ, บุญเลิศ วงศ์โพธิ์, วินัย วีระวัฒนานนท์	1-11
การประเมินความเสี่ยงและความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชน ชุมชนบางไส้ไก่ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร Risk Assessment and Readiness to Prevent and Mitigation Fires of The People Bang Sai Kai community Thonburi, Bangkok เชิดศิริ นิลผาย, ฌาน ปัทมะ พลยง, ชนพร พลดงนอก, อารยา คำช่วย	12-20
Study of Factors Affecting Quenching of High-Speed Steel M2 Banyat Panprasitvech, Patipat Hongsuwan, Thammawit Prasert	21-32
การประยุกต์แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวเพื่อประเมินความเสี่ยง ระบบวัดคัมมิรภัยในระบบหม้อไอน้ำของโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัย The Application of Fault Tree Analysis for Assessing the Risk in Safety Instrumented System of Steam Boiler at a University Hospital คณิศรวรรณ มากสุข, อารุญ เกตุสาคร	33-42
การพัฒนาห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิปสำหรับผสมหยดของเหลวขนาดเล็ก โดยใช้อุปกรณ์ EWOD Development of Lab on a Chip for Microdroplets Mixing Using EWOD Device ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย, สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์, สุพจน์ สุดกรยุทธ์, รัตนะ เลทวนิช, อรรถพร สกุลสม, พรหมพัทธ์ บุญรักษา, กริชา สุขทั้ง	43-50

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย	หน้า
การพัฒนาต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน	51-61
The development of a prototype plant propagation and seedling care cabinet controlled through a web application	
วิวรรณรัตน์ สารมัตย์, พิมพกานต์ คีตอ่าน, รวี อุดมธนิษฐ์, วรรณัน วรมงคล	
การพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศบริการข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในจังหวัดเพชรบูรณ์	62-70
The Prototype Development of a Health Information Service System for the Elderly in Phetchabun Province	
วาสนา วงศ์ษา, ชัยสิทธิ์ วันน้อย, วรชัย ศรีเมือง, นฤมล วันน้อย, ศรัญญา ตรีเทศ	
การออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ	71-78
Design and development of a combined energy drying cabinet for controlling the temperature in all weather conditions	
เอกราช นาคนวน, แม้นวาด รชนีกรไกรลาส	
การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบแห้ง	79-92
Development and Design of Dryer Using Biomass Energy and Combined with Electric Coil Dryer for Drying	
กฤษฎางค์ ศุภระมุล, จารุพันธ์ ไชยนาม, สุภณิดา พัฒธ, ศักย บุญชูวิทย์, อูชา โพธิ์สุวรรณ, ณัฐจิรา ศุขไพบุลย์	
การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ระดับการพัฒนาต่างกันเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณปริมาณวัสดุสำหรับผนังก่ออิฐฉาบปูน	93-103
Applying Building Information Modeling (BIM) at Different Levels of Development (LOD) to Enhance Material Quantity Accuracy for Block Masonry Walls	
ไพจิตร ผาวิน, วริศรา เลิศไพฑูรย์พันธ์	

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการจัดการน้ำเสีย อย่างยั่งยืนในนิคมอุตสาหกรรมพื้นที่ภาคตะวันออก

เพียงใจ หาญวัฒนาวุฒิ¹, กอบเกียรติ ผ่องพจน์², บุญเลิศ วงศ์โพธิ์³, วินัย วีระพัฒนานนท์⁴

¹นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

²ภาควิชาทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{3,4}สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

Email: piangchai@gmail.com¹

Received: Dec 02, 2023

Revised: Feb 26, 2024

Accepted: Feb 27, 2024

บทคัดย่อ

การจัดการทรัพยากรน้ำในอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ใช้แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยเฉพาะยิ่งการจัดการน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว โดยงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพภายใต้การดำเนินงานของนิคมอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ตระหนักถึงการดำเนินงานตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ขององค์การสหประชาชาติ เป้าหมายที่ 6 ว่าด้วยสร้างหลักประกันเรื่องน้ำและการสุขาภิบาลให้มีการจัดการอย่างยั่งยืน และมีสภาพพร้อมใช้สำหรับทุกคน จากการบริหารงานที่ยั่งยืน โดยการใช้เครื่องมือด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ มาบูรณาการร่วมกัน นิคมอุตสาหกรรมร่วมดำเนินงานแห่งนี้ ตั้งอยู่ในจังหวัดชลบุรี และได้รับการรับรองเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ระดับ Eco-World Class หนึ่งในดำเนินงานการจัดการทรัพยากรคือน้ำและน้ำเสีย โดยมีกระบวนการนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดนำกลับมาใช้ใหม่ ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน มุ่งเน้นให้เกิดการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดต่อการลดการใช้ทรัพยากรน้ำและมลพิษน้ำรวมถึงค่าใช้จ่ายในการจัดการ โดยประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป openLCA เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากผลการศึกษาจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้แก่ ผลต่อสุขภาพ, ผลระบบนิเวศน์ และ ผลต่อทรัพยากร เท่ากับ $3.36\text{E-}05$ DALY, $9.07\text{E+}03$ PDF.m².yr และ $2.54\text{E+}05$ MJ ตามลำดับ ซึ่งดัชนีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับ 65.23 การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่มีผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง 34.08% ซึ่งหมายถึงการใช้น้ำที่บำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ ส่งผลให้นิคมอุตสาหกรรมสามารถลดค่าใช้จ่าย และลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ, ก๊าซเรือนกระจก, น้ำเสีย, น้ำที่บำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่, การประเมิน วัฏจักรชีวิต

Eco-Efficiency Assessment of Sustainable Wastewater Management Processes in Industrial Estates of the Eastern Region

Piangchai Hanwatanawuthi¹, Kobkiat Pongput², Bunlert Wongpho³,
Vinai Veeravatnanond⁴

¹Student of Ph.D. (Environmental Education Program), Pathumthani University, Thailand

²Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand

^{3,4} Environmental Education Program, Pathumthani University, Thailand

Email: piangchai@gmail.com¹

Received: Dec 02, 2023

Revised: Feb 26, 2024

Accepted: Feb 27, 2024

Abstract

In the present, wastewater management in the industrial sector is primarily focused on the reuse of treated water. The purpose of this research is to study the efficiency of the biological wastewater treatment system under the operation of the industrial estate in Chonburi province. The Industrial Estate, under the supervision of the Industrial Estate Authority of Thailand, is aware of Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 6. SDG 6 aims to ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all, according to the United Nations. The Industrial Estate integrates environmental tools in line with the concept of a circular economy, with a focus on minimizing environmental impacts. Minimizing water consumption, reducing pollution, and cutting down on management expenses are integrated into industrial estates. OpenLCA is software designed for evaluating the life cycle of products and eco-efficiency. The environmental impact assessment includes effects on Human Health, Ecosystem Quality, and Resources, with values of 3.36E-05 DALY, 9.07E+03 PDF.m2.yr, and 2.54E+05 MJ, respectively. The Eco-Efficiency index is precisely 65.23. The reutilization of treated water reduces 34.08% in greenhouse gas emissions. Industrial estates can achieve reduction in expenses and a decrease in carbon dioxide emissions.

Keywords : Eco efficiency, Greenhouse gas, Wastewater, Reclaimed water, Life Cycle Assessment

บทนำ

การขาดแคลนทรัพยากรน้ำ (Water scarcity) ทำให้เกิดการแย่งชิงน้ำระหว่างภาคครัวเรือน ภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม และส่งผลกระทบต่อพื้นที่อุตสาหกรรม เช่น นิคมอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออก [1,2] และกระจายไปหลายพื้นที่ทั่วประเทศ การจัดการทรัพยากรน้ำในระบบอุตสาหกรรมโดยใช้หลักบูรณาการ การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ การใช้เครื่องมือสิ่งต่างสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco Efficiency) หลักการประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์ เพื่อสอดคล้องกับวาระแห่งชาติของประเทศไทยที่มุ่งสู่แผนพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่เรียกว่า BCG [3] ที่ จะพัฒนาเศรษฐกิจ 3 มิติ ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ไปพร้อมกัน โดยมีเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goal-SDGs) การมุ่งเน้นในประเด็นการบำบัดน้ำเสีย, ประสิทธิภาพการใช้น้ำและแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ [4] สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ด้านน้ำสะอาดและสุขอนามัย SDGs 6 โดยนำหลัก 3R 'ได้แก่' Reuse Reduce และ Recycle ผสมกับ ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ได้ถูกนำมาเป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาเรื่องความขาดแคลนทรัพยากรน้ำ [5] ในมิติเศรษฐกิจหมุนเวียน ภายใต้การพัฒนาอย่างสมดุล โดยมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน [6,7]

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) มีพันธกิจในการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน และบริหารจัดการนิคมอุตสาหกรรมเพื่อรองรับการลงทุนภาคการผลิตและผลักดันให้ไทยเป็นศูนย์กลางการผลิต โดยกำหนดทิศทางขับเคลื่อนอุตสาหกรรมไทยภายใต้โมเดลเศรษฐกิจ BCG การลงทุนในอุตสาหกรรมใหม่ news curve ในภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรมใหม่ นอกจากนี้แล้ว กนอ. ยังเป็นองค์กร

หลักในการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ [8] โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) กล่าวคือ การผลิตสินค้าหรือบริการ การผลิตภัณฑ์และบริการตลอดจนถึงขั้นตอนการกำจัด ภาคอุตสาหกรรมต้องให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการทรัพยากร อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเกิดมลพิษน้อยที่สุด

ทรัพยากรน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการผลิตตั้งแต่วัตถุดิบ ปลายทางคือของเสียที่เกิดขึ้นต้องผ่านการบำบัดก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งถือเป็นต้นทุนในการผลิต ดังนั้น การใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นทางเลือกที่ผลประโยชน์ในด้านเศรษฐกิจและการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยการเลือกใช้เครื่องมือด้านสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในการบริหารจัดการน้ำตลอดกระบวนการผลิต [9]

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาประสิทธิภาพการนำน้ำเสียจากอุตสาหกรรมภายใต้การดำเนินงานของนิคมอุตสาหกรรม ในพื้นที่โครงการเขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำและนำกระบวนการบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดต่อการลดการใช้ทรัพยากรน้ำและมลพิษน้ำรวมถึงค่าใช้จ่ายในการจัดการ เพื่อแก้ปัญหาความเครียดของน้ำ ทำให้เกิดการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน โดยประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์ [10,11] และประเมินประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมกระบวนการผลิตของนิคมอุตสาหกรรมโดยการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางลดการเกิดก๊าซเรือนกระจก [12]

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชีวภาพที่มีกระบวนการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชีวภาพที่มีกระบวนการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

ขอบเขตงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมร่วมดำเนินงานแห่งหนึ่ง ภายใต้การกำกับดูแลของ กนอ. ในจังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นนิคมอุตสาหกรรมที่ยกระดับเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ระดับ Eco-World Class เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน เป็นตัวแทนของนิคมอุตสาหกรรมในภาคตะวันออก นิคมอุตสาหกรรมแห่งนี้เป็น 1 ใน 30 เขตพื้นที่นิคมภาคตะวันออกจังหวัดชลบุรีซึ่งเป็นจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมใหม่สูงที่สุดในภูมิภาค และประเภทอุตสาหกรรมที่ตั้งในนิคมอุตสาหกรรมจัดเป็นประเภทที่เกิดมลพิษต่ำซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ขอบเขตของระบบคือ วงจรชีวิตจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นการบำบัดซึ่งครอบคลุม ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย การดำเนินการบำบัด การบำรุงรักษาระบบและการจัดการกากตะกอน การวิเคราะห์ การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรม

ขอบเขตด้านพื้นที่

ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรมแบบ gate to gate

ตัวแปรต้น : ความเข้มข้นของ BOD loading และ ปริมาณน้ำ พลังงาน สารเคมี

ตัวแปรตาม : ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการย่อยสลายอินทรีย์ในน้ำ : ปริมาณน้ำ ที่นำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่

ระเบียบการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย โดยรวบรวมข้อมูลน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรม โดยมีอุปกรณ์ คือ Computer Processor Intel Core i5 โปรแกรม openLCA 1.11.0 สำหรับคำนวณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และโปรแกรม Microsoft Office 365 วิเคราะห์ ดังนี้

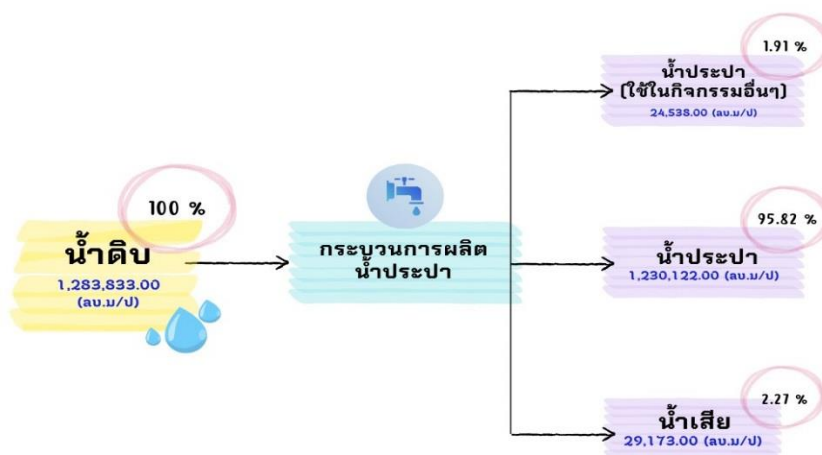
1. การประเมินสมดุลย์ปริมาณน้ำ (Water Balance) ในระบบบำบัดน้ำเสีย [13]
2. การประเมินวัฏจักรชีวิต Life Cycle Assessment (LCA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป openLCA [14]
3. วิเคราะห์ผลการนำ LCA ไปใช้ประโยชน์ด้วยหลักการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas – GHG) ตามแนวทาง ISO 14040 และ IPCC
4. การประเมินประสิทธิภาพเศรษฐกิจเชิงนิเวศ (Eco-Efficiency) ตามแนวทาง ISO 14050 [15,16]

ผลการศึกษา

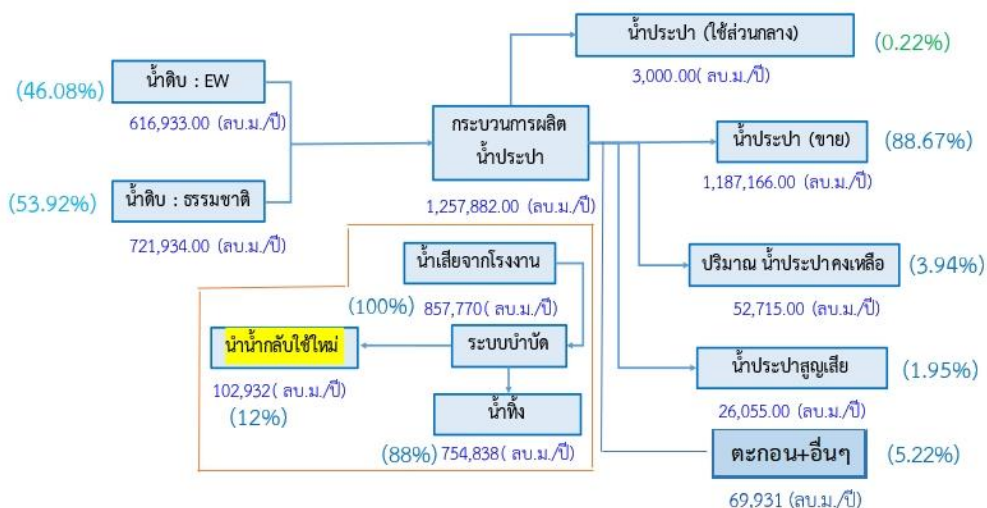
จากการศึกษาข้อมูลการจัดการน้ำของนิคมอุตสาหกรรม ปี 2564 ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบ Activated Sludge ประสิทธิภาพสูงสุด 1,460,000 ลบ.ม./ปี การวิเคราะห์ประสิทธิภาพน้ำเสียกรณีศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียจากนิคมอุตสาหกรรมเพื่อการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และเพื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงนิเวศเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลการศึกษาแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. การประเมินสมดุลย์ปริมาณน้ำเสีย (Water Balance) ในระบบบำบัดน้ำเสีย

สมดุลน้ำสำหรับการผลิตน้ำประปาของนิคมอุตสาหกรรม แสดงดังรูปที่ 1 จากน้ำดิบ 1,283,800 ลบ.ม./ปี ผลิตเป็นน้ำประปา 1,254,660 ลบ.ม./ปี ในกรณีที่มีการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วมาหมุนเวียนใช้ใหม่ (Circular Economy) ปริมาณ 102,932 ลบ.ม./ปี แสดงดังรูปที่ 2

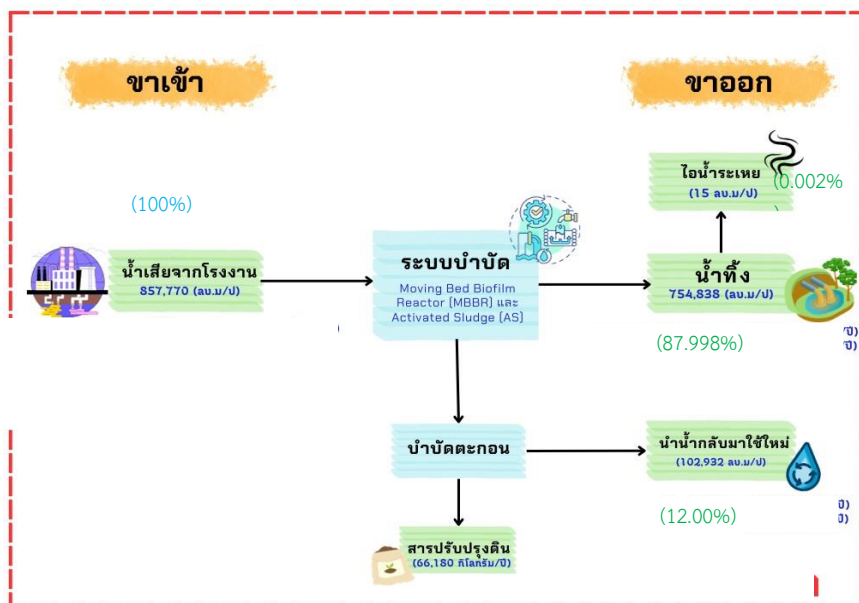


รูปที่ 1 ผังแสดงสมดุลน้ำของการใช้น้ำ ปริมาณน้ำดิบ ที่นำมาผลิตน้ำประปาของนิคมอุตสาหกรรม



รูปที่ 2 ผังแสดงสมดุลน้ำของการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วมาหมุนเวียนใช้ใหม่ (Circular Economy)

จากการประเมินสมดุลน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรม มีน้ำเสียเข้าระบบ 857,770 ลบ.ม./ปี การนำน้ำกลับใช้ใหม่ 102,932 ลบ.ม./ปี โดยกากตะกอนจากระบบบำบัดจะนำไปทำเป็นสารปรับปรุงดิน แสดงดัง รูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังแสดงสมดุลปริมาณน้ำเสีย (Water Balance) ในระบบบำบัดน้ำเสีย

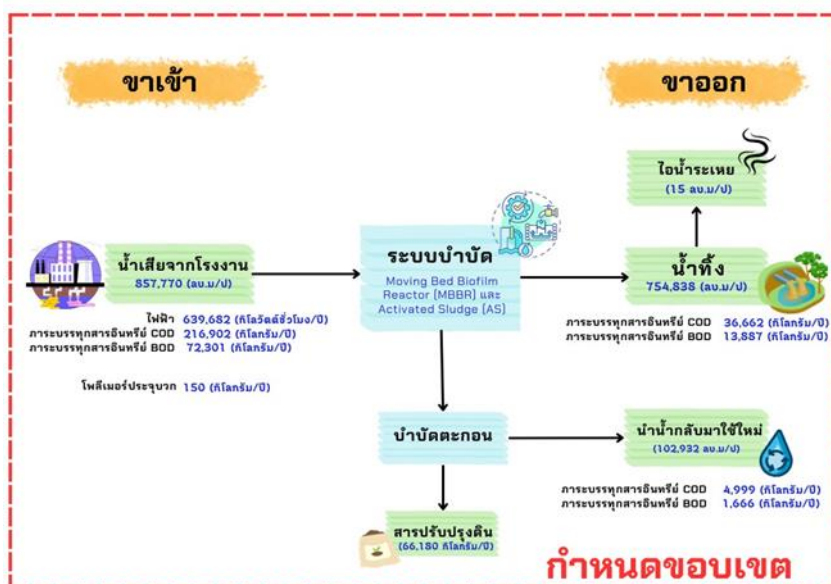
2. การวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป openLCA ในระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรม

การประเมินวัฏจักรชีวิต Life Cycle Assessment (LCA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป openLCA ตรวจสอบวงจรชีวิตทั้งหมดของกระบวนการ ผ่านถึงตกตะกอน และนำน้ำเสียที่บำบัดแล้ว ประมาณ 12% ของน้ำทิ้งทั้งหมดไปใช้งานต่อการจัดทำรายการวัฏจักรชีวิต

(LCI) ซึ่งรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น ทั้งขาเข้า และขาออก เช่น ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ พลังงานไฟฟ้า การใช้น้ำ ภาระโหลด BOD₅, COD และ สารเคมีที่ใช้งาน ในส่วนของขาออกได้ข้อมูล ปริมาณน้ำทิ้ง ปริมาณน้ำที่หมุนเวียนไปใช้ใหม่ ภาระโหลด BOD₅, COD และ กากตะกอนส่วนเกินแสดงดังตารางแผนผังแสดงดังรูปที่ 4

ขาเข้า		
	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	857,770	ลบ.ม./ปี
ภาระโหลด	72,301	กก.BOD/ปี
ภาระโหลด	216,902	กก.COD/ปี
ไฟฟ้า	639,682	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
น้ำใช้	15	ลบ.ม./ปี
โพลีเมอร์ประจุบวก	150	กก./ปี

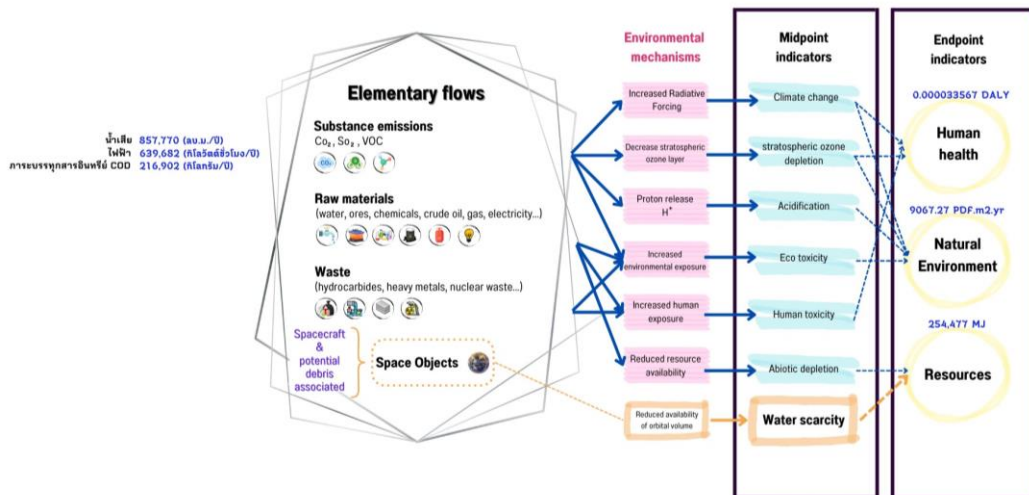
ขาออก		
น้ำทิ้ง	754,838	ลบ.ม/ปี
ภาระโหลด	13,887	กก.BOD/ปี
ภาระโหลด	36,662	กก.COD/ปี
น้ำนำกลับไปใช้ใหม่	102,932	ลบ.ม/ปี
ภาระโหลด	1666	กก.BOD/ปี
ภาระโหลด	4999	กก.COD/ปี
ตะกอนส่วนเกิน	66,180	กก./ปี
ไอน้ำ	15	ลบ.ม/ปี
ก๊าซเรือนกระจก	319.78	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี



รูปที่ 4 การทำรายการวัฏจักรชีวิต Life Cycle Inventory (LCI) ของระบบบำบัดน้ำเสีย

3. การประเมินผลกระทบวัฏจักรชีวิต Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

การประเมินผลกระทบของวงจรชีวิต (LCIA) ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับ LCI ผลลัพธ์จากการประเมินผลกระทบ ระบุความสำคัญด้านคุณภาพ สิ่งแวดล้อม และทรัพยากร [17] ได้ผลดังรูปที่



รูปที่ 5 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป openLCA ในระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรม

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป openLCA ระบบบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรมวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ซึ่งมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดเนื่องจากทรัพยากรแต่ละชนิดมีปริมาณต่างกัน

ก. สุขภาพคือ 0.000033567 จำนวนราย ในการฉีกการวัดการป่วย การตายแบบทั่ว ๆ ไปเป็นการวัดที่รวมการสูญเสียทั้งจากการตายและความพิการหรือ ความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นในระดับประชากร การสูญเสียปีสุขภาวะ (DALY) ซึ่งบ่งชี้ถึงการสูญเสีย 0.000033567 ปีจากชีวิตที่มีสุขภาพดีของบุคคลในรูปแบบของความทุกข์ทรมาน

ข. คุณภาพของระบบนิเวศอยู่ที่ 9067.27 PDF.m².yr ซึ่งแสดงถึงการทำลายล้างของสปีชีส์หรือระบบนิเวศ 9067.27 m² ในหนึ่งปี

ค. ทรัพยากรส่วนเกิน 254,477 MJ หมายถึงปริมาณพลังงานพื้นฐานที่จำเป็นในการบำบัดน้ำเสีย

Impact	Unit	Result
Human Health	DALY	3.36E-05
Ecosystem Quality	PDF.m ² .yr	9.07E+03
Resources	MJ	2.54E+05

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมส่งผลให้คนต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่าย ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้ การคำนวณยังเกี่ยวข้องกับการแปลงมูลค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในสกุลเงินยูโร ซึ่งแต่ละค่าจะถูกคูณด้วยมูลค่าที่แน่นอนเพื่อให้ได้หน่วยยูโร และแปลงมูลค่าเป็นหน่วย บาท ในขั้นสุดท้าย [16]

ตารางที่ 1 มูลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Eco Cost)

Impact : IMPACTWorld+	unit	Total	Multiplier factor	Eco cost (EURO)	Eco cost (THB)
Human Health	DALY	3.36E-05	74000	37.077	92.10
Ecosystem Quality	PDF.m ² .yr	9.07E+03	1.4	0.037077	470.66
Resources	MJ	2.54E+05	0.00411	37.077	38,778.85
				Total	39,341.61

4. ผลการประเมินความคุ้มค่าเชิงนิเวศเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม (Eco Efficiency) เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Reclaimed water)

รายงานการประเมินวัฏจักรชีวิตในการศึกษานี้ได้นำน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (Effluent) ของนิคมอุตสาหกรรม 12% ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด 857,770 ลบ.ม./ปี มาบำบัดใหม่ และนำน้ำดังกล่าว (Reclaimed water) ปริมาตร 102,932 ลบ.ม./ปี

กลับมาใช้ใหม่โดยนำมารดน้ำต้นไม้บริเวณภายในนิคมอุตสาหกรรมตามหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน มีมูลค่าผลิตภัณฑ์และบริการ (บาท/ปี) - ค่าใช้จ่ายในดำเนินงาน (บาท/ปี) เท่ากับ 2,566,449 บาท/ปี และ มูลค่าทางนิเวศน์ที่ได้จากตารางที่ 1 เท่ากับ 39,341 บาท/ปี ผลกระทบที่มีมูลค่าสูงที่สุดคือผลกระทบด้านทรัพยากร คิดเป็นมูลค่า เกินกว่า 98% ของมูลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยรวม และสามารถคำนวณ Eco Efficiency ได้จากสมการ

$$EEI = \frac{\text{มูลค่าผลิตภัณฑ์และบริการ (บาท/ปี)} - \text{ค่าใช้จ่ายในดำเนินงาน (บาท/ปี)}}{\text{มูลค่าทางนิเวศน์ (บาท/ปี)}}$$

$$EEI = \frac{2,566,449 \text{ (บาท/ปี)}}{39,341.61 \text{ (บาท/ปี)}}$$

$$EEI = 65.23$$

จากค่า EEI ที่มากกว่า 1 แสดงว่ากิจกรรมการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ ประมาณ 12% ของน้ำเสียทั้งหมด มีความคุ้มค่าและยั่งยืน ตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศ [18]

5. ผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ระหว่างการผลิตน้ำประปา และการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

ผลการประเมินพบว่า การใช้น้ำลดได้จากกิจกรรมนำน้ำกลับไปใช้ใหม่ 38.37 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำประปาเท่ากับ 0.56556 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ลบ.ม. ปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 0.37280 ตัน

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ลบ.ม. ดังนั้น การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงเท่ากับ 0.1928 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ลบ.ม. หรือ 34.08 %

สรุป และอภิปรายผล

จากการวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตในระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรม และการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้สรุปได้ว่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศของระบบบำบัดน้ำเสียเท่ากับ 65.23 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าค่าใช้จ่ายและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถลดลงได้ 34.08% เนื่องจากน้ำเสียมีลักษณะเป็นน้ำเสียแบบอินทรีย์วัตถุมาก

(จากอัตราส่วนระหว่าง BOD_5 : COD เท่ากับ 1 : 3 และระบบบำบัดน้ำเสียเป็นวิธีชีวภาพ) ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD_5 ประมาณ 80% ของระบบ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน การนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ มีความคุ้มค่าและยั่งยืน ตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศ โดยรวมการใช้ LCA และ Eco-Efficiency เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมรวมถึงใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการจัดการ เพื่อปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพและเลือกใช้เทคโนโลยีในกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เป็นต้นแบบการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือ LCA ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมการบำบัดน้ำเสียโดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมของสินค้าและบริการ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ได้ทุกภาคส่วน และมี 4 ขอบเขตที่สามารถนำมาประเมินได้ LCA เครื่องมือตั้งต้นที่สำคัญอย่างยิ่งในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมสามารถขยายพื้นที่ศึกษา และต่อยอดนำไปใช้ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในบริบทอื่น ๆ ได้

ปัญหาและอุปสรรค

1. ผลการศึกษา LCIA เน้นเฉพาะประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกระบุในเป้าหมายและขอบเขตเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ได้เป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

2. ข้อจำกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการที่เหมาะสมและเป็นตัวแทนของผลกระทบในแต่ละกลุ่ม

References

- [1] Department of Local Administration Ministry of Interior, Apr. 20, 2022, "Standards and indicators for water pollution management, " [online] . Available: http://www.dla.go.th/work/e_book/eb1/10_9.pdf
- [2] Bangkokbiznews, Jun. 26, 2022, "Smart Water Management System in EEC," [online] . Available: <https://www.bangkokbiznews.com/blogs/columnist/125328>
- [3] National Science and Technology Development Agency, Apr. 21, 2022, "BCG New Business Model," [online]. Available: https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/bcg : by : nstda/
- [4] K. Suwannahong, "Technology Wastewater Treatment in Biological Wastewater Treatment course," Aug. 24, 2022.
- [5] J. Benjawan, Apr. 20, 2022, "Water Resource," [online] . Available: http://human.tru.ac.th/elearning/Human%20Being/human : detail3_6.html
- [6] P. Rinratanakorn, "8 Important factors for concrete development for sustainable success of the EEC," [online] . Available: <https://so05.tci.thaijo.org/index.php/SPUCJ/article/download/240810/163967/827370>
- [7] R. Singsakda, Aug. 24, 2022, "Water shortage is a problem that everyone must help," [online] . Available: <https://api.dtn.go.th/files/v3/5e96a210ef4140b16555bf53/download>

- [8] Industrial Estate Authority of Thailand, Aug. 24, 2022, “Principles of ecological industrial development,” [online]. Available: <https://eco.ieat.go.th/th/eco-development-principles>
- [9] Echo community, Aug. 24, 2022, “Sustainable Decentralized Water Treatment for Rural Developing Communities Using Locally Generated Biochar Adsorbents,” [online]. Available: <https://www.echocommunity.org/en/resources/f9592532:c0cd:424f:81d5:80444d693a2c>
- [10] K. Poolsawat, W. Tachajapong, S. Prasitwattanaseree, and W. Wongsapa, “Electricity consumption characteristics in Thailand residential sector and its saving potential.” *Energy Reports* 2019, October. 2019, vol. 6(1), pp. 337–343.
- [11] Caiado, R. G. G., de Freitas Dias, R., Mattos, L. V., Quelhas, O. L. G., and Leal Filho, W., “Towards sustainable development through the perspective of eco: efficiency,” *A systematic literature review. Journal of Cleaner Production*, vol. 165(1), pp. 890–904, November. 2017.
- [12] A. Dania, S. Mohamed, M. Medhat, E. Ahmed, and F. Mai, Nov. 28, 2023, “Life Cycle Assessment of a Domestic Wastewater Treatment Plant Simulated with Alternative Operational Designs.” *Sustainability* 2023, 15, 9033. [online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/11/9033>
- [13] E. Hertwich and R. Wood, “The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry,” *Environmental Research Letters* 2018, vol. 13(10), October. 2018, pp. 104013.
- [14] Čuček, L., Klemeš, J. J., and Z. Kravanja, “Overview of environmental footprints. Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability 2015,” June 2014, pp.131–193.
- [15] P. Schröder, K. Anggraeni & U. Weber, “The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals,” *Journal of Industrial Ecology* 2018, vol. 23(9), pp.77-95, February. 2018.
- [16] International Organization for Standardization, “International Standard ISO 14050,” *Fourth edition 2022*, pp.9.
- [17] Pardo M. C. I., “An analysis of eco: efficiency in energy use and CO₂ emissions in the Swedish service industries.” *Socio: Economic Planning Sciences*, 47(2), pp. 120–130, [online]. Available: <https://www.10.1016/j.seps.2012.11.004>
- [18] N. A. Ramli & S. Munisamy, “Eco: efficiency in greenhouse emissions among manufacturing industries: A range adjusted measure. Economic Modelling,” pp. 219–227, [online]. Available: <https://www.10.1016/j.econmod.2015.02.034>

การประเมินความเสี่ยงและความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัย

ของประชาชน ชุมชนบางไส้ไก่ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร

เชิดศิริ นิลผาย^{1*}, ฌาน ปัทมะ พลอย², ชนพร พลตงนอก³, อารยา คำช่วย⁴

^{1,2,3} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

⁴ สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Email: chirdsiri.ni@bsru.ac.th

Received: Jan 08, 2024

Revised: Feb 28, 2024

Accepted: Mar 04, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินความเสี่ยงการเกิดอัคคีภัยของชุมชนบางไส้ไก่ 2) ศึกษาความพร้อมการป้องกันและระงับอัคคีภัยในชุมชนบางไส้ไก่ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้นำชุมชนและคณะกรรมการที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้านอัคคีภัย จำนวน 10 คน และ ประชาชนที่อาศัยภายในชุมชนบางไส้ไก่ จำนวน 126 คน เป็นการสนทนากลุ่ม (focus group discussion) โดยใช้แบบนำสัมภาษณ์ และแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า ชุมชนบางไส้ไก่ มีความเสี่ยงด้านอัคคีภัยอยู่ในระดับต่ำ อยู่ที่ 0.64 คะแนน การเตรียมความพร้อมป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 2.34$, S.D. = 1.46) การป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น ด้านการจัดระเบียบเรียบร้อยในครัวเรือน อยู่ในระดับสูง ($\bar{x} = 2.90$, S.D. = 1.26) และ ด้านการตรวจตราซ่อมบำรุง อยู่ในระดับสูง ($\bar{x} = 3.18$, S.D. = 1.17) โดยภาพรวมประชาชนภายในชุมชนบางไส้ไก่ มีพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยในทุกด้าน อยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 2.85$, S.D. = 1.31) ข้อเสนอแนะ คือ 1) การถ่ายทอดความรู้ด้านอัคคีภัยให้กับทุกครัวเรือน โดยส่งตัวแทน 1 คน เข้าร่วม 2) กระตุ้นและสร้างนิสัยการมีระเบียบวินัยและปลูกฝังจิตสำนึกแก่บุตรหลานให้พึงระวังในการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัย และ 3) การจัดกิจกรรมให้ประชาชนในชุมชนจัดบ้านเรือนให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย การตรวจตรา และสร้างความมีระเบียบวินัย การร่วมมือของชุมชน เดือนละ 1 ครั้ง

คำสำคัญ : อัคคีภัย, ความเสี่ยง, ความพร้อม, ระงับอัคคีภัย

Risk Assessment and Readiness to Prevent and Mitigation Fires of The People Bang Sai Kai community Thonburi, Bangkok

**Choedsiri Ninpai^{1*}, Chan Pattama Polyong², Chanaphorn Poldongnok³,
Araya Dumchauly⁴**

^{1,2,3} Faculty of Science and Technology Bansomdejchaopraya Rajabhat University

⁴ Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health and
Environment Huachiew Chalermprakiet University

Email: chirdsiri.ni@bsru.ac.th

Received: Jan 08, 2024

Revised: Feb 28, 2024

Accepted: Mar 04, 2024

Abstract

The objectives of this research were to 1) assess the fire risk of Bang Sai Kai community Thonburi, Bangkok, 2) study the fire prevention and suppression readiness in Bang Sai Kai community. The sample group was 10 community leaders and fire related committees and 125 people living in Bang Sai Kai community, focus group discussion using lead interview and questionnaires. The results of the research found that Bang Sai Kai community Fire risk is low at 0.64 points. Preparing for basic fire prevention and suppression at a moderate level ($\bar{x} = 2.34$, S.D. = 1.46) basic fire prevention household organization is at a high level ($\bar{x} = 2.90$, S.D. = 1.26) and maintenance inspection is at a high level ($\bar{x} = 3.18$, S.D. = 1.17). Overall, the people within the Bang Sai Kai community are well equipped to prevent and suppress fires in every aspect is at a high level ($\bar{x} = 2.85$, S.D. = 1.31). Suggestions are 1) transferring fire knowledge to every household by sending 1 representative to participate 2) stimulating and creating habits of discipline and cultivating awareness to children to be careful in their actions to prevent fires; and 3) organizing activities for people in the community to keep their homes orderly, inspecting and creating discipline. Community cooperation once a month

Keywords : Fire, Risk, Readiness, Mitigation Fires

บทนำ

ปัจจุบันภาคีทุกภาคส่วนของประเทศไทยได้นำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 พ.ศ. 2566-2570 มามีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชน และสังคม โดยมีเป้าหมายหนึ่งในการพัฒนาเมืองให้มีความน่าอยู่ ยั่งยืน เติบโตพร้อมปรับตัว และรับมือให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงรับมือกับวิกฤติที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งในระดับครอบครัว ชุมชน พื้นที่ และประเทศ เพื่อให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตอย่างทั่วถึง [1] กรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ประชาชนเข้ามาอยู่อาศัย ประกอบอาชีพท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดความหนาแน่น และการจราจรเกิดขึ้นอย่างคับคั่ง อาจทำให้เกิดสาธารณภัย อาทิเช่น อุบัติเหตุจากการจราจร อาชญากรรม การเกิดเพลิงไหม้ สารเคมีรั่วไหล เป็นต้น อัคคีภัยเป็นปัญหายับยติอย่างหนึ่งที่สำคัญในสังคมเมือง สามารถก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อมอย่างมากมายมหาศาลในปี พ.ศ. 2564 กรุงเทพมหานคร มีสถิติการเกิดอัคคีภัย ทั้งสิ้น 1,927 ครั้ง แบ่งเป็น เพลิงไหม้หมู่และขยะจำนวน 1,648 ครั้ง และเพลิงไหม้จากอาคารจำนวน 279 ครั้ง [2] พบว่าสาเหตุการเกิดอัคคีภัยส่วนใหญ่ 3 ลำดับแรก เกิดจาก ไฟฟ้าลัดวงจร การจุดธูปเทียนทิ้งไว้ และการอุ่นอาหารทิ้งไว้ เป็นต้น นอกจากนี้ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้เปิดเผยสถิติ สาธารณภัย ปี พ.ศ. 2565 ในรอบ 4 เดือนตั้งแต่ 1 มกราคม - 30 เมษายน พ.ศ. 2565 พบว่า มีผู้เสียชีวิตจากการเกิดอัคคีภัยสูงที่สุด จำนวน 30 ราย และบาดเจ็บสูงสุด 84 ราย [3] ชุมชนบางลำไ้เก้บ้านสมเด็จ หรือหมู่บ้านลาวตั้งอยู่ในเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เป็นชุมชนประเภทแออัด สภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยมีลักษณะเป็นบ้านปูนครึ่งล่างบ้านไม้ครึ่งบนต่อกันหลายหลังคาเรือน มีหอพัก อพาร์ทเมนต์ ถนนภายในชุมชนคับแคบและบางเส้นทางสัญจรได้

ทางเดียว มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 182 ครัวเรือน จำนวนประชากรประมาณ 706 คน พบว่าในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา มีสาเหตุการเกิดเพลิงไหม้ที่สำคัญ โดยเกิดที่ตึกแถว 2 ชั้น และด้วยเส้นทางการจราจรคับแคบเข้าได้ทางเดียวจึงทำให้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก และยังหาสาเหตุการเกิดเพลิงไหม้ไม่ได้ เช่นเดียวกับเหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้น พ.ศ. 2561 ภายในชุมชนวัดบางลำไ้เก้ เขตธนบุรี ซึ่งที่อยู่อาศัยใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ไฟลุกลามบ้านพัก 7-8 หลังคาเรือน ประชาชนได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย แต่ไม่มีผู้เสียชีวิต สาเหตุเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร ส่งผลกระทบให้นักศึกษาและประชาชนกลุ่มหนึ่ง ไร่ที่พักอาศัยชั่วคราว [4] ดังนั้นชุมชนต้องให้ความสำคัญในการตรวจสอบอุปกรณ์ดังเพลิง ระบบแจ้งเตือนภัยให้มีสภาพพร้อมใช้งาน รวมถึงให้ความรู้กับประชากรเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย อันเป็นสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษา การประเมินความเสี่ยงและความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนชุมชนบางลำไ้เก้ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เนื่องจากชุมชนนี้อยู่ในเขตพื้นที่ใกล้กับมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา มีนักศึกษาอยู่จำนวนมากมีสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย วิธีการใช้ชีวิตความเป็นอยู่เสี่ยงต่อการเกิดเหตุเพลิงไหม้ เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาไปวางแผนและเสนอแนวทางในการป้องกัน การสร้างความปลอดภัยให้กับชุมชนต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินความเสี่ยงการเกิดอัคคีภัยของชุมชนบางลำไ้เก้
2. เพื่อศึกษาความพร้อมการป้องกันและระงับอัคคีภัยในชุมชนบางลำไ้เก้

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ผู้นำชุมชนและคณะกรรมการชุมชน จำนวน 10 คน ได้แก่ ประธาน รองประธาน ชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จ คณะกรรมการพัฒนาชุมชน จำนวน 8 คน รวมถึงประชาชนที่อาศัยภายในชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จ จำนวน 706 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง โดยเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่อการพัฒนาชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จและเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านอัคคีภัยโดยตรง ได้แก่ ผู้นำชุมชนและคณะกรรมการชุมชน จำนวน 10 คน คัดเลือกประชาชนที่อาศัยภายในชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จ จากประชากรทั้งหมด 706 คน โดยกำหนดขนาดตัวอย่าง จากการคำนวณสูตรสำเร็จรูปของเครสซีและมอร์แกน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับความคลาดเคลื่อน $\pm 10\%$ กลุ่มตัวอย่างประชาชนจากสูตร จำนวน 85 คน แต่ทั้งนี้ได้มีจำนวนผู้สมัครใจเข้าร่วมการตอบแบบสอบถาม จำนวนทั้งสิ้น 126 คน โดยคัดเลือกจากผู้ที่มีที่พักอาศัยอยู่ในชุมชนและประสงค์จะเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 แบบสัมภาษณ์ สำหรับผู้ใหญ่บ้านหรือผู้นำชุมชน เรื่อง การประเมินความเสี่ยงอัคคีภัย มาตรการป้องกันและลดความเสี่ยงอัคคีภัยในชุมชน ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย [5] มาเป็นกรอบในการสร้างเครื่องมือ ปรับรูปแบบที่อาศัยแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอัคคีภัย เป็นแบบเติมคำและตอบข้อเดียว ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของชุมชน ได้แก่ ขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร จำนวนครัวเรือน การใช้ประโยชน์อาคาร ตอนที่ 2 การป้องกันการเกิดอัคคีภัย ได้แก่ ระบบการประเมินความเสี่ยง ความสามารถในการลากสายดับเพลิง จำนวนถังดับเพลิง ปริมาณแหล่งน้ำ เครื่องสูบน้ำ กิจกรรมการมีส่วนร่วมของชุมชน

การเฝ้าระวังการเกิดอัคคีภัย ตอนที่ 3 การตอบโต้ อัคคีภัย ได้แก่ ระยะเวลาที่รถดับเพลิงเข้าถึงพื้นที่ การฝึกซ้อมด้านอัคคีภัย ระบบแจ้งเตือน หมายเลขโทรศัพท์ ตอนที่ 4 การบรรเทาช่วยเหลือเมื่อเกิด อัคคีภัย ได้แก่ แผนการจัดที่พักพิง การจัดที่พักพิง และกองทุนสนับสนุน ตอนที่ 5 แนวทางการบริหารจัดการความเสี่ยงอัคคีภัย ได้แก่ การรณรงค์การประชาสัมพันธ์การเกิดอัคคีภัย การได้รับการอบรม การตรวจความเสี่ยงและเฝ้าระวัง ป้องกัน การกำหนดจุดรวมพล มาตรการทางสังคมเกี่ยวกับอัคคีภัย ตอนที่ 6 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการจัดการความเสี่ยงภายในชุมชน

2.2 แบบสอบถามการเตรียมความพร้อม ป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้นของประชาชนที่อาศัยภายในชุมชนบางไส้ไก่ ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ระยะเวลาที่อาศัยในชุมชน อายุของที่อยู่อาศัย ตอนที่ 2 การเตรียมความพร้อม ป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้น ตอนที่ 3 พฤติกรรมการป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น ด้านการจัดระเบียบเรียบร้อยในครัวเรือน ตอนที่ 4 พฤติกรรมการป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น การตรวจตราซ่อมบำรุง ตอนที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะ การเกิดอัคคีภัย โดยตอนที่ 2-4 เป็นมาตรฐานประมาณค่า ให้เลือกคำตอบ 5 ระดับ เกณฑ์การแปลค่าคะแนนมาตรฐานและได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน ดังนี้

0.00 - 1.33 หมายถึง ความพร้อม ระดับต่ำ

1.34 - 2.66 หมายถึง ความพร้อม ระดับปานกลาง

2.67 - 4.00 หมายถึง ความพร้อม ระดับสูง

2.3 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง แนวทางการป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย มาเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ และได้ยื่นเอกสารเพื่อขอรับการพิจารณารับรองจริยธรรม

การวิจัยในมนุษย์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และได้รับการอนุมัติโครงการวิจัยหมายเลข 030/66E14-V.02

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลภายในชุมชน ปัญหา และความต้องการจากการสังเกตการณ์ สัมภาษณ์ผู้นำชุมชน และเปรียบเทียบกับมาตรฐานด้านอัคคีภัย โดยได้ทำหนังสือเชิญผู้นำชุมชนและผู้ที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนางานด้านอัคคีภัย อันได้แก่ ผู้นำชุมชน และรองผู้นำชุมชน จำนวน 2 คน อพพร. จำนวน 3 คน คณะกรรมการชุมชน 2 คน ประชาชน จำนวน 3 คน รวมทั้งสิ้น 10 คน ณ ห้องประชุม สุริยะ 3 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 1 ครั้ง ประชุมเพื่อหาข้อสรุปในการประเมินความเสี่ยงอัคคีภัยของชุมชนเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.2 ลงสำรวจภาคสนาม ณ ชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จ แขวงทึรฎฐรุจิ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เพื่อร่วมกันหาข้อสรุปถึงระดับความเสี่ยงการเกิดอัคคีภัย ในการนัดหมายจะประสานงานทางโทรศัพท์ล่วงหน้า อย่างน้อย 5 วัน แล้วจึงทำหนังสือเชิญ พร้อมแนบเอกสารชี้แจงกระบวนการดำเนินงานล่วงหน้า และแนบใบตอบรับเพื่อเข้าร่วมโครงการ

3.3 สันทนาสอบถามร่วมกับประชาชนที่อาศัยภายในชุมชนในส่วนของการเตรียมความพร้อมป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้นของประชาชนที่อาศัยภายในชุมชนบางไส้ไก่ จำนวน 126 คน ณ ชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จ แขวงทึรฎฐรุจิ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การประเมินความเสี่ยงด้านอัคคีภัยของพื้นที่ในชุมชน อ้างอิงจาก “คู่มือปฏิบัติการประเมินความเสี่ยงอัคคีภัยในชุมชน” ของสำนักมาตรการป้องกันสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย [5] ได้แก่ 1) ผลกระทบ หมายถึง ชุมชนมีผลกระทบด้านลบต่อจำนวน

ประชาชนและทรัพย์สิน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ผลกระทบต่อบุคคลและผลกระทบต่อทรัพย์สิน กำหนดคะแนนส่วนละ 1.50 รวม 3.00 2) ศักยภาพ หมายถึง ความสามารถของประชาชน เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีอยู่ในเขตพื้นที่ประเมิน ได้แก่ ขอบเขตการให้บริการของสถานีดับเพลิง จุดหัวจ่ายน้ำดับเพลิง ข้อมูลทางน้ำ แหล่งน้ำ การรับรู้ของประชาชน ทักษะคติของเจ้าหน้าที่ เป็นต้น ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ การป้องกันการเกิดอัคคีภัย รวม 5 คะแนน การตอบโต้อัคคีภัย รวม 3 คะแนน และการบรรเทาช่วยเหลือเมื่อเกิดอัคคีภัย รวม 1 คะแนน 3) โอกาสที่จะเป็นอันตราย หมายถึง การกำหนดความเป็นไปได้ที่ชุมชนจะต้องประสบกับอัคคีภัย พิจารณาจากลักษณะกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชุมชน กำหนดโอกาสที่จะเป็นอันตรายน้อยมีคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน โอกาสอันตรายปานกลางมีคะแนนเท่ากับ 2 คะแนน และโอกาสเป็นอันตรายมากมีคะแนนเท่ากับ 3 คะแนน 4) การประเมินความเสี่ยง อัคคีภัย ใช้การประเมินความเสี่ยง จากสำนักมาตรการป้องกันสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ดังนี้

$$\text{ความเสี่ยงอัคคีภัย} = \frac{\text{โอกาส} \times \text{ผลกระทบ}}{\text{ศักยภาพ}}$$

4.2 สถิติที่ใช้ในการการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ สถิติเชิงพรรณนา เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น

ผลการวิจัย

1. ผู้วิจัยได้ประเมินระดับความเสี่ยงด้านอัคคีภัย ร่วมกับผู้นำชุมชนและคณะกรรมการชุมชน จำนวน 10 คน พิจารณาจากโอกาสที่จะเป็นอันตราย ผลกระทบ และศักยภาพ พบว่า คะแนนความเสี่ยงอัคคีภัยอยู่ที่ 0.64 คะแนน ระดับความเสี่ยงต่ำ ซึ่งมีค่าคะแนนน้อยกว่า 2.5

ตามเกณฑ์มาตรฐาน จัดเป็นพื้นที่สัญลักษณ์
สีเขียว ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนระดับความเสี่ยงด้านอัคคีภัย

คะแนน ที่ได้	ระดับความ เสี่ยง	ระดับ คะแนน	สัญลักษณ์
0.64	ความเสี่ยงต่ำ	น้อยกว่า 2.50	สีเขียว
	ความเสี่ยง ปานกลาง	2.50 – 4.50	สีเหลือง
	ความเสี่ยงสูง	มากกว่า 4.50	สีแดง

2. ผู้วิจัยได้ศึกษาการเตรียมความพร้อม
ป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้นของประชาชนที่
อาศัยภายในชุมชนบางไส้ไก่ พบว่า ข้อมูลทั่วไป
ของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ
61.90 เพศชาย ร้อยละ 38.10 มีอายุอยู่ในช่วง

14-88 ปี ซึ่งอายุเฉลี่ย 46.89 ปี ส่วนใหญ่มีอายุ
อยู่ในช่วง 20-29 ปี ร้อยละ 21.43 มีการศึกษา
ระดับประถมศึกษา ร้อยละ 39.68 ส่วนใหญ่
มีอาชีพรับจ้าง ร้อยละ 34.13 รายได้ ส่วนใหญ่
ต่ำกว่า 9,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 57.14
ระยะเวลาที่อาศัยในชุมชน และ มีอายุของที่อยู่
อาศัย 20 ปี ขึ้นไป ร้อยละ 76.98 ทั้งนี้ประชาชน
ที่อาศัยภายในชุมชนบางไส้ไก่ เขตธนบุรี
กรุงเทพมหานคร มีความพร้อมการป้องกันและ
ระงับอัคคีภัย โดยแบ่งเป็น 3 ประเด็นหลัก พบว่า
ประเด็น 1 การเตรียมความพร้อมป้องกันและ
ระงับอัคคีภัยเบื้องต้น อยู่ในระดับปานกลาง
ประเด็น 2 การป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น ด้านการ
จัดระเบียบเรียบร้อยในครัวเรือน อยู่ในระดับสูง
และประเด็น 3 การป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น ด้าน
การตรวจตราซ่อมบำรุง อยู่ในระดับสูง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพร้อมการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชน ชุมชนบางไส้ไก่ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร
(n = 126)

ประเด็นการศึกษา	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
ตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อมป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้น			
การให้ความร่วมมืออย่างดีกับกิจกรรมเพื่อส่วนรวม หรือกิจกรรมด้านอัคคีภัยในชุมชน	2.26	1.58	ปานกลาง
การให้ความร่วมมือ ทั้งปฏิบัติตามข้อแนะนำหรือแนวทางที่ทางราชการหรือสถาบัน ด้านการป้องกันและระงับอัคคีภัยกำหนดไว้	2.33	1.49	ปานกลาง
การศึกษาหาความรู้ในการป้องกันอัคคีภัย ตลอดจนการใช้อุปกรณ์ในการดับเพลิง เบื้องต้น	2.15	1.53	ปานกลาง
การได้รับการฝึกซ้อมในการปฏิบัติตามแผนฉุกเฉินเมื่อเกิดเพลิงไหม้	2.06	1.52	ปานกลาง
การสร้างนิสัยการมีระเบียบวินัยและปลูกฝังจิตสำนึกแก่บุตรหลานให้พึงระวังในการ ปฏิบัติ เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยในชุมชนของท่าน	2.55	1.39	ปานกลาง
จัดเตรียมถังดับเพลิงมือถือขนาดที่สามารถใช้ได้สะดวก ภายในบ้านอย่างน้อย 1 จุด	2.75	1.57	สูง
ในขณะเกิดเพลิงไหม้ มีสติ ไม่คิดแตกตื่นและไม่ตื่นตกใจ โดยไม่คำนึงถึงสิ่งใด	2.37	1.23	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	2.35	1.46	ปานกลาง

ตารางที่ 2 (ต่อ)

(n = 126)

ประเด็นการศึกษา	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
ตอนที่ 2 การป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น ด้านการจัดระเบียบเรียบร้อยในครัวเรือน			
การจัดเก็บเศษขยะจำพวกกระดาษเศษผ้าให้เป็นระเบียบในถังภาชนะปิด ทิ้งไกลแหล่งกำเนิดไฟ	2.47	1.61	ปานกลาง
การจัดระเบียบครัวเรือนให้เรียบร้อย การสะสมสิ่งของให้สามารถหยิบใช้งานได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ป้องกันการติดต่อกูลาม เมื่อเกิดอัคคีภัย	3.18	1.05	สูง
ไม่เคຍสูบบุหรี่บนเตียงนอน และไม่ทิ้งก้นบุหรี่ในที่เขี่ยบุหรี่ดับไม่หมด	3.39	1.21	สูง
การไม่วางเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ตู้เย็น เครื่องทำน้ำร้อน ให้ชิดติดผนัง	2.85	1.52	สูง
ไม่เคยจุดหรือเผาขยะมูลฝอย หย้าแห้ง โดยไม่ได้ดูแลจนดับสนิท	3.62	1.03	สูง
ไม่ขีดไฟ ไฟแช็ก เก็บไว้ในที่มิดชิด สั่งระวังเด็กในบ้านนำไปเล่น	1.71	1.57	ปานกลาง
ไม่เคยเก็บวัตถุไวไฟ น้ำมันก๊าด ทินเนอร์ ไว้ในบ้านเป็นจำนวนมาก	3.64	0.85	สูง
ตรวจสอบสภาพพื้นที่ที่มีความเสี่ยง ได้แก่ ห้องครัว ห้องบูชาพระ ห้องเก็บของ	1.60	1.59	ปานกลาง
ไม่เคยจุดธูปเทียนบูชาพระในเวลากลางวัน	3.61	0.95	สูง
ค่าเฉลี่ยรวม	2.90	1.26	สูง
ตอนที่ 3 การป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้น ด้านการตรวจตราซ่อมบำรุง			
ก่อนเข้านอนได้ตรวจสอบและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เต้าแก๊ส	3.38	1.06	สูง
การหมั่นตรวจตราซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น สายไฟที่ฉนวนฉนวนเสื่อมเปื่อยลอกหลุด ขั้วต่อที่หลวม การชำรุดเสียหายของส่วนประกอบอื่น ๆ	2.81	1.27	สูง
การตรวจเต้าแก๊สหุงต้มในครัวเรือนอยู่เสมอ เพราะอาจเกิดการรั่วได้	3.11	1.04	สูง
เมื่อเสร็จการหุงต้มแล้วดับไฟ เมื่อใช้เต้าแก๊สได้ปีติวาล์วเต้าแก๊ส และถังแก๊สให้เรียบร้อย	3.33	0.90	สูง
การไม่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ดัดแปลงเปลี่ยนแปลง เนื่องจากแค่คิดว่ามีราคาถูกกว่าของแท้ภายในบ้าน	3.29	1.26	สูง
การต้มน้ำ โดยใช้เครื่องต้มน้ำไฟฟ้าแล้วดึงปลั๊กทิ้งออกไม่เสียบทิ้งไว้ทั้งวัน	3.59	0.96	สูง
มักไม่เสียบปลั๊กเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้	3.28	1.14	สูง
การเปิดพัดลมแล้วปิด ไม่ปล่อยให้หมุนค้างวันค้างคืน	3.32	1.22	สูง
การตรวจตราและเตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงให้พร้อมใช้อยู่เสมอ	2.50	1.69	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.18	1.17	สูง
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	2.85	1.31	สูง

สรุปและอภิปรายผล

ผู้วิจัยสรุปผลการศึกษางานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) ประเมินความเสี่ยงการเกิดอัคคีภัยของชุมชนบางไผ่ได้ ร่วมกับผู้นำชุมชนและคณะกรรมการชุมชน พบว่า คะแนนความเสี่ยงอัคคีภัยอยู่ที่ 0.64 คะแนน ระดับความเสียหายต่ำ ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย ซึ่งจัดเป็นพื้นที่สัญลักษณ์สีเขียว 2) ศึกษาความ

พร้อมการป้องกันและระงับอัคคีภัยในชุมชนบางไผ่ได้ พบว่า มีการเตรียมความพร้อมป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.35, S.D. = 1.46) การป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้นด้านการจัดระเบียบเรียบร้อยในครัวเรือน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 2.90, S.D. = 1.26) และการป้องกันอัคคีภัยเบื้องต้นด้านการตรวจตราซ่อมบำรุง อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.18, S.D. = 1.17) โดยภาพรวมประชาชนภายในชุมชนบางไผ่ไม่มี

พร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยในทุกด้าน อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.85$, S.D. = 1.31)

จากผลการศึกษา พบว่า จึงมีประเด็นการอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์ที่ 1 การประเมินความเสี่ยง การเกิดอัคคีภัยของชุมชนบางไส้ไก่ อยู่ระดับความเสี่ยต่ำ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพของการป้องกันและจัดการอัคคีภัยในระดับสูง ด้วยปัจจัยความหนาแน่นของประชากร อุปกรณ์เครื่องมือในการตอบโต้เหตุฉุกเฉิน รวมถึงทัศนคติของผู้นำชุมชนในการช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกันย่อมมีผลต่อระดับความเสี่ยงด้านอัคคีภัยที่เกิดขึ้นในชุมชน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กล่าวว่า ระดับความเสี่ยงสูงของการเกิดอัคคีภัยขึ้นกับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่มีประชากรหนาแน่น การอยู่ในเขตเมืองพาณิชย์กรรม รวมถึงทัศนคติของผู้นำชุมชนอยู่ในระดับต่ำ [6] สำหรับชุมชนบางไส้ไก่ กรุงเทพมหานคร หน่วยงานภาครัฐให้ความสำคัญเข้ามาดูแลด้านการป้องกันและระงับอัคคีภัย จากได้การแรงขับเคลื่อนของบทเรียนเมื่อเดือนมิถุนายน 2566 เหตุการณ์ถังดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์ระเบิด ขณะซ้อมดับเพลิงภายในโรงเรียนราชวินิตมัธยม กรุงเทพมหานคร เป็นเหตุให้นักเรียนเสียชีวิต จำนวน 1 คน สาเหตุเพราะถังดับเพลิงถูกบรรจุแก๊สเพิ่มและนำไปวางตากแดดเป็นเวลานาน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันขยายตัว จึงเกิดการระเบิดเนื่องจากไม่มีวาล์วเซฟตี้ติดตั้งอยู่ [7] จากเหตุการณ์ดังกล่าวผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร ออกคำสั่งเก็บคืนถังดับเพลิงรุ่นเก่าประจำชุมชนบางไส้ไก่ทุกถัง และจัดหาถังดับเพลิงที่มีความทันสมัยกลับคืนให้กับชุมชนจำนวน 30 ถัง และชุมชนกำลังดำเนินการได้รับการสนับสนุนเครื่องสูบน้ำเพื่อการดับเพลิงของชุมชน และยังให้ความสำคัญต่อการให้ความรู้ด้านอัคคีภัย จึงส่งเสริมให้ประชาชนเข้ารับการ

อบรมซ้อมแผนฉุกเฉินด้านอัคคีภัย ณ วัดบางไส้ไก่ เมื่อเดือนกรกฎาคม 2566 ให้ทั่วถึงทั้งผู้อยู่อาศัย ปัจจุบันยังไม่เคยเข้ารับการอบรมและประชาชนที่เข้ามาอยู่ใหม่ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ชุมชนมีศักยภาพในการป้องกันและระงับอัคคีภัย

2. วัตถุประสงค์ที่ 2 การศึกษาความพร้อม การป้องกันและระงับอัคคีภัยในชุมชนบางไส้ไก่ พบว่า ด้านการจัดระเบียบเรียบร้อยในครัวเรือน มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด อยู่ในระดับปานกลาง คือ 1) การตรวจสอบสภาพพื้นที่ที่มีความเสี่ยง ได้แก่ ห้องครัว ห้องบูชาพระ ห้องเก็บของ ค่าเฉลี่ย 1.60 และ 2) การเก็บไม้ขีดไฟ ไฟแช็ค ไว้ในที่มิดชิด สั่งระวังเด็กในบ้านนำไปเล่น ค่าเฉลี่ย 1.71 ไม่สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์กลุ่มผู้นำชุมชน และคณะกรรมการชุมชน ประเด็นชุมชนได้รณรงค์ประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัยอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น การประกาศเสียงตามสายเพื่อเตือนให้ประชาชนขจัดต้นเหตุการเกิดอัคคีภัย การตรวจสอบสภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้า สายไฟภายในบ้าน การใช้เชื้อเพลิงในการหุงต้มควรปิดวาล์วแก๊สให้เรียบร้อยทุกครั้งเมื่อใช้เสร็จ แนวทางการเก็บรักษาวัสดุไวไฟ เช่น สี ทินเนอร์ ไม่เก็บในปริมาณที่มากและเป็นอันตราย การรณรงค์การทิ้งกันบูหรี่ที่ถูกที่ ดังนั้นชุมชนจึงควรเพิ่มความถี่ในการประชาสัมพันธ์เสียงตามสายโดยเน้นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบพื้นที่ในบ้านที่มความเสี่ยง และการเก็บไม้ขีดไฟ ไฟแช็ค ไว้ในที่มิดชิด เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ถ่ายทอดความรู้ด้านอัคคีภัย ทุกครัวเรือน ส่งตัวแทน 1 คน เข้าร่วม และให้ข้อมูลข่าวสารด้านอัคคีภัยแก่คนในชุมชนเป็นประจำ
2. กระตุ้นและสร้างนิสัยการมีระเบียบวินัย และปลูกฝังจิตสำนึกแก่บุตรหลานให้พึงระวังในการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัย

3. มีกิจกรรมร่วมด้วยช่วยกันตรวจตรา ซ่อมบำรุงอุปกรณ์ดับเพลิงร่วมกันภายในชุมชน ให้สามารถพร้อมใช้งานได้เสมอ อย่างน้อย 6 เดือนต่อครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

References

- [1] Office of the National Economic and Social Development Council Office of the Prime Minister, “The Thirteenth National Economic and Social Development Plan Bangkok,” 2023-2027.
- [2] Department of City Planning and Urban Development, “Disaster information in Bangkok Bangkok,” 2021.
- [3] Department of Disaster Prevention and Mitigation, August. 30, 2023, “Disaster information in Bangkok area Year 2021,” [Online]. Available: <https://shorturl.at/nEJ29>
- [4] Thainewsonline, January. 13, 2023, “Escape to death! Fire at Bang Sai Kai temple community the villagers were slightly hurt. No one died,” [Online]. Available: <https://www.tnews.co.th/crime/475461>
- [5] Department of Disaster Prevention and Mitigation, Fire Risk Assessment Manual, Bangkok, 2009.
- [6] Faculty of Social Sciences, “Chiang Mai University. Assessment of fire risk areas in the municipal area in the eastern region, northern Asia by applying the geographic information system.” 1st ed. Chiang Mai, 2016.
- [7] Siamsafety. Solve the knot! Old fire extinguisher - heat Increased risk of explosion November. 25, 2023. [Online]. Available: https://www.siamsafety.com/index.php?page=news/news24062023_2&news_id=13497&ps_session=4044fee1338c22b0c2da64e3d6d996castyle=style=

Study of Factors Affecting Quenching of High-Speed Steel M2

Banyat Panprasitvech¹, Patipat Hongsuwan², Thammawit Prasert³

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

Email: otani1443@gmail.com

Received: Mar 08, 2024

Revised: Mar 13, 2024

Accepted: Apr 09, 2024

Abstract

The objective of this research was to study the factors in the Quenching process that affects the hardness and structure of the metal. With hardening and tempering the material at different temperatures and times. The material used in the experiment was High Speed Steel M2. The agent used to harden the metal were water, oil, and air. The experimental factors consisted of temperature for Quenching which was divided into 7 levels, namely, 1,000 °C, 1,050 °C, 1,100 °C, 1,150 °C, 1,200 °C, 1,250 °C and 1,300 °C. The time required for quenching was 3 minutes, 3.5 minutes, 4 minutes, 4.5 minutes, 5 minutes, 5.5 minutes and 6 minutes. Based on the experimental study, it was found that temperature and time have a significant effect on the hardness of High-Speed Steel M2 at the significant level of 0.05. The most suitable factor is the use of an oil-based Coolant at a temperature of 1,150 °C for 4.5 minutes which gives the highest hardness than other Coolant with the hardness of 55.62 HRC and a martensite interior structure

Keywords : quenching, heat recovery, high speed steel

Introduction

Heat Quenching process of the metal is required in order to make the steel after Quenching becomes harder and resistant to friction during use [1,2] Quenching is the process that results in the final steel structure being martensite or bentonite depending on the hardness required for the use. Sometime, if the appropriate type of steel and the use are not considered in the heat treatment process, the steel will be in poor quality, not hard, brittle, and not good when using. Heat Quenching of steel in some cases may cause the steel to be softened for easy forming [3] Heat Quenching of steel by is to heat the metal and then cooling it at a critical cooling rate to create a martensite structure using the Coolant. Heat Quenching of steel is therefore an important process and widely used in the industry for making machinery parts, engines, tools and materials.

The Coolant is solid, liquid and gas [4] It acts as an intermediary during the Quenching process. Liquid that is commonly used in Quenching. Most of them are liquid, such as water, oil or air. Coolant in the form of solids such as sand. Coolant will cool the steel after burning to make the metal harder. Therefore, Coolant is one of the factors affecting the hardness, toughness and abrasion resistance. Steel is undergone the Quenching process in order to meet the qualifications required for maximum efficiency.

This research is to study the determination of suitable factors for Quenching and tempering high speed steel

(M2) and study of the properties of steel in the Quenching process by studying the temperature, time, and Coolant. These factors are an important condition for steel Quenching. The results of the study of high-speed steel (M2) will be used for the development of tool, materials and equipment used in the machining process for the part manufacturing industry and for the benefit of the research and further research process.

Objective

1. To Study of Factors Affecting Quenching of High-Speed Steel M2.
2. To Study Quenching process that affects the hardness and structure of the metal.

Methodology and Materials

The properties of mixture of high-speed steel (M2), temperature and time suitable for Quenching and tempering was studied. Differences of each Coolants on the different results and the characteristics of each Coolant were also studied in order to be used in the design of the experiment for finding the most suitable factor for Quenching and tempering to increase the hardness of High-Speed Steel M2.

1. Preparation of Experiment Equipment

1.1 High-speed steel (M2)

1.2 Quenching Furnace

1.3 Coolant at room temperature

Water: 10 liter of tap water

Oil: 10 liter of oil

Air: Use air at room temperature for cooling at 27 degrees.

1.4 Polishing equipment for illuminating structures.

Sandpaper numbers 220, 320, 400, 600 and 1,000

TIGER Belt Sander BD-46N

Al₂O₃ fine polishing powder mixed with distilled water Heat dryer

Nitric acid (HNO₃) Nitol (2-4%)

1.5 Rockwell Hardness Tester

1.6 Microscope

Tools and materials used in the experiment, Figure 1

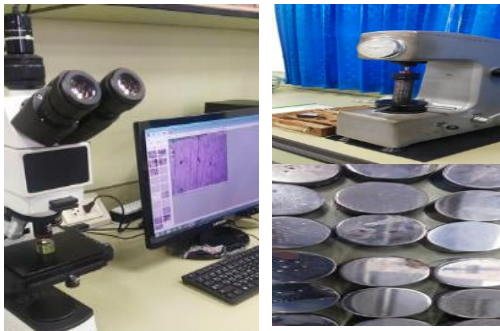


Figure 1. Tools and equipment

2. Experiment and Data Collection

2.1 Prepare high- speed steel M2, Dimension 25 mm. In the amount of 7 × 21 = 147 pieces, 3 coolant 147 × 3 = 441 pieces.

2.2 Quenching by using an electric oven at room temperature 27 °C and heat it up to 850°C to warm the workpiece for 20 minutes. The process begins with heating the steel to reach the temperature where the structure changes to austenite.[5] Leave it in the oven for a set period of time until a steady austenite structure is created. Then cool it down at a sufficient speed to create a martensite structure. The temperature used for heat treatment test is 1,000 °C, 1,050 °C, 1,100 °C, 1,150 °C, 1,200 °C, 1,250 °C and 1,300 °C.

2.3 Time used for quenching is 3 minutes, 3 minutes 30 seconds, 4 minutes, 4 minutes 30 seconds, 5 minutes, 5 minutes 30 seconds and 6 minutes.

2.4 Then let it cool in the various plating, namely water, oil and air.

2.5 When the workpiece cools down, conduct tempering for 2 times, 2 hours each time. The first tempering is conducted at 540 °C for 2 hours, then let the workpiece cool down in the air. Then conduct another tempering at the temperature of 540 °C for 2 hours. from Figure 2.

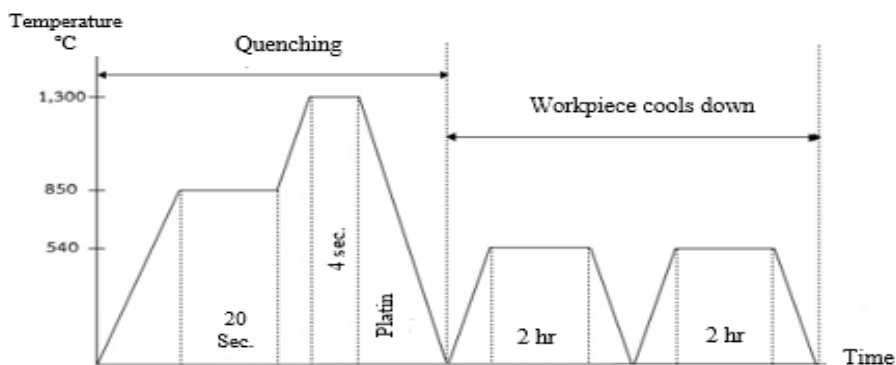


Figure 2. Example graph showing time of metal quenching at different temperatures

2.6 Undergo the workpiece through the Rockwell Hardness measured on the C scale (HRC) and record values in the results recording table. [6]

3. Experiment Table Design

Table for recording the Rockwell Hardness measured on the C scale (HRC)

fter quenching, experiment design and data analysis using data variance test. There are 3 factors that are used to determine the hardness value, namely, coolant, quenching temperature (°C) quenching time (minutes). [7]

Table 1. The determination of the level of factors in the quenching of high-speed steel M2 using 3 types of coolant, namely, water, oil and air.

Quenching Temperature (°C)	Quenching Time (minutes)	Coolant	Tempering Temperature (°C)
1,000	3	Water Oil Air	540
1,050	3.3		
1,100	4		
1,150	4.3		
1,200	5		
1,250	5.3		
1,300	6		

After quenching of high-speed steel with different time, temperature and tempering at 540°C for 2 hours, 2 times, according to the experimental factors that have been set, the[8] Rockwell Hardness measured on the C scale (HRC) will be conducted at 3 points on the workpiece per piece and then record the hardness in the results table classified by type of coolant, i.e. a table to record the hardness of steel that has been quenched by using water, oil and air as coolant.

4. Data Analysis

The experimental results are analyzed to find the optimum conditions using the Minitab Version 16 statistical program. The General Linear Model function is used and the confidence level at 95% ($\alpha = 0.05$) is set in order to analyze the experimental results,

where the following hypothesizes are determined. [9]

4.1 The hypothesizes are:

$$H0i: x_{i1} = x_{i2} = x_{i3} = 0$$

$$H1i: x_{i1} = x_{i2} = x_{i3} = 0$$

$$H0j: x_{j1} = x_{j2} = x_{j3} = x_{j4} = x_{j5} = x_{j6} = x_{j7} = 0$$

$$H1j: x_{j1} = x_{j2} = x_{j3} = x_{j4} = x_{j5} = x_{j6} = x_{j7} = 0$$

$$H0k: x_{k1} = x_{k2} = x_{k3} = x_{k4} = x_{k5} = x_{k6} = x_{k7} = 0$$

$$H1k: x_{k1} = x_{k2} = x_{k3} = x_{k4} = x_{k5} = x_{k6} = x_{k7} = 0$$

X_i is the effect of the coolant water, oil and air (A).

X_j is the effect of the quenching temperature of 1,000oC, 1,050oC, 1,100oC, 1,150oC, 1,200oC, 1,250oC and 1,300oC (B).

X_k is the effect of the quenching time of 3 minutes, 3 minutes 30 seconds, 4 minutes, 4 minutes 30 seconds, 5 minutes, 5 minutes 30 seconds and 6 minutes (C).

4.2 Experimental Hypothesis

Main hypothesis (H0i): The effect of the coolant does not affect the steel hardness.

Secondary hypothesis (H1i): The effect of the coolant affects the steel hardness.

Main hypothesis (H0j): The effect of the quenching temperature does not affect the steel hardness.

Secondary hypothesis (H1j): The effect of the quenching temperature affects the hardness of the steel.

Main hypothesis (H0k): The effect of the quenching time does not affect the steel hardness.

Secondary hypothesis (H1k): The effect of the quenching time affects the steel hardness.

Main hypothesis (H0ij): The combined effect of the coolant and the temperature does not affect the steel hardness.

Secondary hypothesis (H1ij): The combined effect of the coolant and the temperature affects the steel hardness.

Main hypothesis (H0ik): The combined effect of the coolant and time does not affect the steel hardness.

Secondary hypothesis (H1ik): The combined effect of the coolant and time affects the steel hardness.

Main hypothesis (H0jk): The combined effect of temperature and time does not affect the steel hardness.

Secondary hypothesis (H1jk): The combined effect of temperature and time affects the steel hardness.

Main hypothesis (H0ijk): The combined effect of the coolant, temperature and time does not affect the steel hardness.

Secondary hypothesis (H1ijk): The combined effect of the coolant, temperature and time affects the steel hardness.

4.3 Check the accuracy of the data obtained from the experiment. Present the results by creating a graph from the Minitab program to check the accuracy and analyze the results to find the most appropriate parameters that affect the quenching process.

Results and Discussion

From the experiment, the size of the workpiece is determined within the scope specified which is 12x12x3 mm, 2 times tempering at 540 °C for 2 hours. The experimental variables are quenching time, temperature, and coolant, in which the hardness of the workpiece of each level of factors is different. The test results were the Rockwell Hardness measured on the C scale (HRC) at 3 points on the workpiece per piece in each trial. The amount of 3 workpieces are used per each experiment. The hardness value is recorded in the hardness record table to find the average hardness of each workpiece. The average hardness will reveal the most hardness parameter as shown in Table 2:

Table 2. Represents the quenching parameters that give the highest hardness

Coolant	Temperature (°C)	Time (minute)	Rockwell Hardness measured on the C scale (HRC)			
			Workpiece1	Workpiece2	Workpiece3	Average
Oil	1,050	4.30	55.43	55.17	56.27	55.62
Water	1,000	3	55.00	54.23	54.60	54.61
Air	1,050	5	50.20	53.10	51.20	51.50

Based on the quenching process of steel and the average hardness, it is found that the experiment with the highest hardness is the quenching at the temperature of 1,050 °C for 4.30 minutes by cooling in the oil. Analysis of Variance (ANOVA) of the quenching was performed and the analysis of the variance of factorial data [9] can be displayed by using Minitab statistical program to analyze the results of the experiment to study all factors by determining the level of confidence of 95% or ($\alpha = 0.05$) to validate the results. Based on residual analysis using the function ANOVA> General Linear Model, the results are as follows.

1) There is a normal distribution of residuals which is used in the Normal Probability Plot. Considering from Figure 3, it is found that the residuals are distributed along a straight line. The X-axis is the residuals and the Y-axis is the normal distribution percentage, thus it can be estimated that the residuals have a normal distribution.

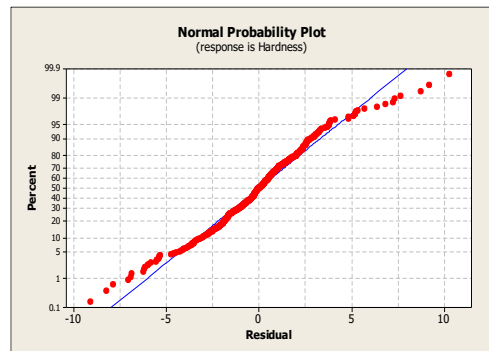


Figure 3. Normal Distribution

2) Residuals are independent from one another. When plotting the residues in the graph, the X axis is the order of the experiment and the Y axis is the residues. Considering Figure 4, it is found that the residuals are independent and there is no exact pattern or the exact pattern cannot be estimated, showing that the residuals are independent.

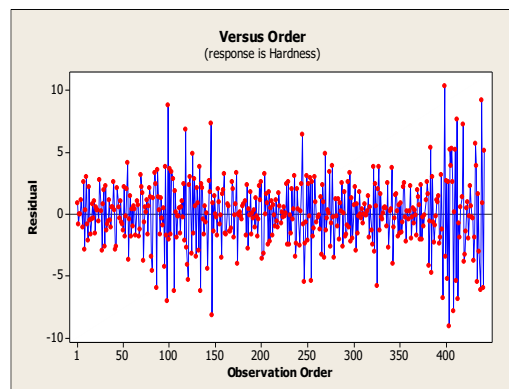


Figure 4. The distribution of residuals versus the order of the experiments.

3) Data is stable in variance. When the residue is plotted in the graph, the X axis is the experimental mean and the Y axis is the residues. Considering figure 5, it is found that the variance of residuals in each position is

closed to each other and there is no tendency for the residual distribution pattern to be found. Therefore, it is concluded that the data is stable of variances.

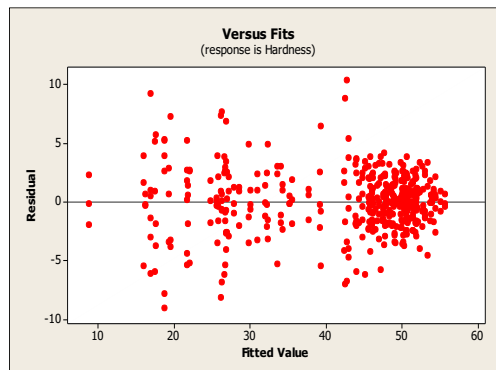


Figure 5 The distribution of residues versus the experimental mean

Analysis of variance (ANOVA) of metal quenching can present the variance analysis of 2k Factorial design by using Minitab statistical program to analyze the results of

the experiment to study all factors by setting the confidence level at 95% or ($\alpha = 0.05$).

Table 3. Results of experimental data analysis in general linear model

Analysis of variance for Hardness						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Coolant	2	2833.35	2833.35	1416.67	142.25	0.000
Temperature	6	52562.29	52562.29	8760.38	879.65	0.000
Time	6	132.72	132.72	22.12	2.22	0.041
Coolant* Temperature	12	1209.08	1209.08	100.76	10.12	0.000
Temperature* Time	36	871.14	871.14	24.20	2.43	0.000
Coolant*Time	12	211.15	211.15	17.60	1.77	0.053
Coolant*Temperature*Time	72	1125.67	1125.67	15.63	1.57	0.005
Error	294	2927.93	2927.93	9.96		
Total	440	61873.33				
S = 3.15578	R-Sq = 95.27%		R-Sq (adj) = 92.92%			

From Table 3, based on the data analysis using Minitab Version 16, it is found

that $R^2 = 95.27\%$ and $R^2_{adj} = 92.92\%$ are good coefficient of decision making.

3.1 Based on the main hypothesis (H0i), The effect of the coolant does not affect the steel hardness, it can be seen that P-Value of the coolant is $0.000 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). It shows that the regression variables of the coolant significantly affect the hardness. We therefore reject the main hypothesis (H0i), and accept the secondary hypothesis (H1i). The effect of the coolant affects the steel hardness.

3.2 Based on the main hypothesis (H0j), the effect of the quenching temperature does not affect the steel hardness, it can be seen that P-Value of the temperature is $0.000 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). It shows that the temperature regression variable affects the hardness value significantly. We therefore reject the main hypothesis H0j and accept the secondary hypothesis (H1j). The effect of the quenching temperature affects the steel hardness.

3.3 Based on the main hypothesis (H0k), the effect of the quenching time does not affect the steel hardness, it can be seen that P-Value of the time factor is $0.041 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). It shows that time regression variables affect the hardness value significantly. We therefore reject the main hypothesis H0k and accept the secondary hypothesis (H1k). The effect of the quenching time affects the steel hardness.

3.4 Based on the main hypothesis (H0ij), the combined effect of the coolant and the temperature does not affect the

steel hardness, it can be seen that P-Value of the co-factor of coolant and temperature is $0.000 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). It shows that the combined effect of the two factors affects the hardness value significantly. We therefore reject the main hypothesis H0ij and accept the secondary hypothesis (H1ij). The combined effect of the coolant and the temperature affects the steel hardness.

3.5 Based on the main hypothesis (H0jk), the combined effect of temperature and time does not affect the steel hardness, it can be seen that P-Value of the combined effect of temperature and time is $0.000 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). It shows that the combined effect of the two factors affects the hardness value significantly. We therefore reject the main hypothesis H0jk and accept the secondary hypothesis (H1jk). The combined effect of the temperature and the time affects the steel hardness.

3.6 Based on the main hypothesis (H0ik): The combined effect of the coolant and time does not affect the steel hardness, it can be seen that P-Value of the combined effect of coolant and time is $0.000 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). It shows that the combined effect of the two factors does not affect the hardness value significantly. We therefore cannot reject the main hypothesis H0ik. The combined effect of the coolant and the time does not affect the steel hardness.

3.7 Based on the main hypothesis (H0ijk), the combined effect of the coolant,

temperature and time does not affect the steel hardness, it can be seen that P-Value of the combined effect of coolant, temperature and time is $0.000 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). It shows that the combined effect of the three factors affects the hardness value significantly. We therefore reject the main hypothesis H_{0ijk} and accept the secondary hypothesis (H_{1ijk}): The combined effect of the coolant, temperature and time affects the steel hardness.

Graph Data Analysis Results

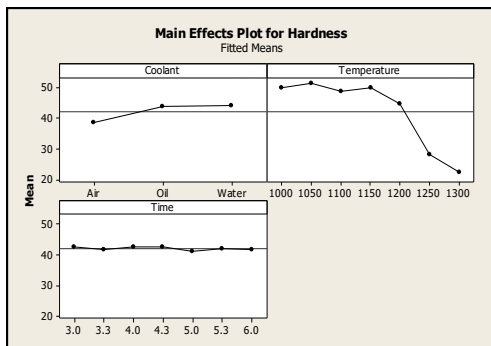


Figure 6. Relationship of the Effect from the Main 3 Factors

From Fig. 6, it is found that the effect of the coolant, temperature and time has a significant effect on the average hardness,

which is the oil, temperature of 1050 oC, and the time of 4.30 minutes lead to more value of hardness than other coolant, temperature and time which can be observed from the graph tendency.

In the coolant graph, it can be seen that oil and water have a higher hardness than air. The temperature graph shows that the higher the temperature will lead to less hardness values. In addition, the time graph shows the graph lines which are quite straight but with a slight difference because the P-Value of the time factor is $0.041 < \alpha$ (which the researcher specified $\alpha = 0.05$). The results are not very different.

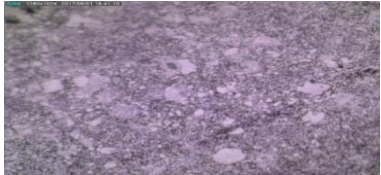
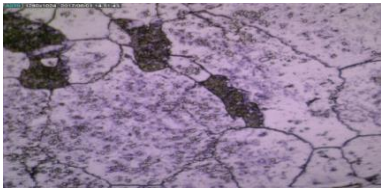
Conclusions and Discussion

The study to find the suitable factors for quenching and tempering of high- speed steel (M2) by studying the factors of temperature, time, and coolant shows that the high-speed steel (M2) with quality that can be used in the production of machining equipment and material is the quenching parameters at the temperature of 1050oC, 4 minutes and 30 seconds and oil coolant, which results in the highest hardness of 55.62 HRC. From Table 4.

Table 4. Conclusions the suitable factor

Hardness Value	Coolant	Temperature (°C)	Time (minute)	Rockwell Hardness measured on the C scale (HRC)
Experiment Result	Oil	1,050	4.30	55.62

Table 5. The comparison of the steel structure

High-speed steel, M2	Microstructure
Before quenching	
After quenching at the temperature of 1,050 °C for 4.30 minutes using oil coolant	

From Table 5 The comparison of the steel structure before quenching and tempering of high- speed steel M2 before being quenched into austenite. When the steel has undergone [10] the quenching process, cooled by oil coolant and 2-time tempering at 540-degree temperature for 2 hours, the steel structure has been changed to martensite. The oil coolant will cause the workpiece to become relative less cracked from the division of grains than the use of other coolant. Therefore, when choosing to use the quenching process of high- speed steel, M2, the temperature should be 1050oC for 4 minutes and 30 seconds and oil should be used as the coolant. The benefits from this experiment can be used as basic data for the development of tools, materials and equipment by increasing the

hardness value with PVD or CVD coating. It can also be used in the production of machinery parts including mold manufacturing industry.

Acknowledgment

We thank the Industrial Engineering and Management of Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University. This work is supported by metallurgists for equipment and tools of analysis the results part and by mechanic officers for machines and materials of experiments in this research.

References

- [1] S. Manu, "Engineering Institute of Thailand under Royal Patronage Steel," 7th ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2000.
- [2] S. Kiangkrai, "A Study of Factors Affecting the Surface Roughness of Hard Turning for SCM 415 Steel with Carbide Cutting Tool Coated CVD," Master's degree (Industrial Education and Technology), King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2008.
- [3] S. Steel. Sahavirya, 2019, "Steel Industries Public Company Limited," [Online] . <http://www.ssi-steel.com/index.php/about-ssi/product-process/service-center/beneficial-information/other-properties-of-hot-rolled-steel/heat-treatment-properties>.
- [4] C. Wichan, "The heat treatment of metals by heating," Rajamangala Institute of Technology Bangkok Technical Campus, pp. 25-27, 2013.
- [5] J. Bundit, "Physical Metallurgy. Structure of Metals and Phase Transformation," *Physical Metallurgy*, Bangkok: Topaz Publishing, 1994.
- [6] W. Saharat, "Hardening parameter analysis of high speed steel for end mill wear resistance property improvements," King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1998. [Online]. https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php
- [7] P. Kitisak, "Statistics Engineering Hypothesis," The Japan-Thailand Economic Cooperation Society, Bangkok: Topaz Publishing, 1997.
- [8] W. Saharat, "Hardening parameter analysis of high speed steel for end mill wear resistance property improvements," Master's degree (Production Engineering), King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, 1998.
- [9] N. Prapasri, & J. Pongchana, "Design and Analysis of Experiments," Bangkok: Topaz Publishing, [Online] . Available: https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php, 2008
- [10] P. Somsak, "Effects of tempering temperature on wear resistance and toughness properties of cold work tool steels," Master's degree (Production Engineering), King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, 1999.
- [11] S. Potjanee, "Effect of heat treatment parameters on case hardening depth for motorcycle's roller chain using the factorial design of experiments," 2023, pp.168-173.
- [12] J. Pimnada, "Reducing Proportion of Non-conforming Products in Heat Treatment Process," Master's degree (Field of Study Industrial and Manufacturing Systems Engineering), King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2022.
- [13] P. Wichai, "The Application of hard film coating for extension tool life on inclined punch in the trimming process," Journal Rajamangala University of Technology Phranakhon, Vol. 16, No. 1 pp. 28-40, Jan-June 2022.

- [14] S. Kittipat, "Effects of tempering on toughness and hardness properties of AISI 410 martensitic stainless steels," Master's degree, (Metallurgical and Materials Engineering), Chulalongkorn University, 2020.
- [15] K. Suninad, "Surface Hardening of Tool Steel using Low-Temperature Plasma Nitriding," Master's degree, (Master of Science (Physics) Mahasarakham University, 2021.

การประยุกต์แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวเพื่อประเมินความเสี่ยง ระบบวัดคุนิรภัยในระบบหม้อไอน้ำของโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัย

ณัฏฐวรรณ มากสุข¹, อารุณ เกตุสาคร^{2*}

^{1, 2}คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th²

Received: Mar 09, 2024

Revised: Mar 30, 2024

Accepted: Apr 03, 2024

บทคัดย่อ

หม้อไอน้ำจำนวนมากมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดเนื่องจากลักษณะของงานและอาจเกิดข้อผิดพลาดที่ทำให้ระบบวัดคุนิรภัยทำงานล้มเหลว การศึกษาครั้งนี้เพื่อประยุกต์แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวสำหรับประเมินความเสี่ยงในระบบวัดคุนิรภัยและคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายสำหรับจัดระดับความปลอดภัยของระบบควบคุมหม้อไอน้ำของโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัย แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวถูกนำมาใช้เพื่อระบุความล้มเหลวของระบบวัดคุนิรภัยในการประเมินความเสี่ยงและเพื่อคำนวณความน่าจะเป็นโดยเฉลี่ยของความผิดพลาดอันตรายสำหรับจำแนกระดับความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ การศึกษานี้ดำเนินการตั้งแต่เดือนเมษายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2566 ที่โรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในประเทศไทย การรวบรวมข้อมูลใช้แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวโดยแผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวประกอบด้วย Feed water pump, Level indicator transmitter 1, และ Level indicator transmitter 2 แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวทั้ง 3 แผนภูมิมีความน่าจะเป็นความผิดพลาดอันตรายสูงสุด ระบบควบคุมทั้ง 3 ระบบแสดงความน่าจะเป็นโดยเฉลี่ยที่จะเกิดความผิดพลาดอันตรายเท่ากับ 8.5×10^{-1} และค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคุนิรภัยระดับ 1 ดังนั้น ควรมีความพยายามในการกำกับดูแลความเสี่ยงเหล่านั้นโดยจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมเพื่อลดสถานะที่ไม่พึงประสงค์จากความล้มเหลวของระบบวัดคุนิรภัย

คำสำคัญ : ระบบวัดคุนิรภัยในระบบหม้อไอน้ำ, ค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคุนิรภัย, แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลว, ความน่าจะเป็นความผิดพลาดอันตราย

The Application of Fault Tree Analysis for Assessing the Risk in Safety Instrumented System of Steam Boiler at a University Hospital

Kanutsawan Maksuk¹, Arroon Ketsakorn^{2*}

^{1, 2}Faculty of Public Health, Thammasat University

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th²

Received: Mar 09, 2024

Revised: Mar 30, 2024

Accepted: Apr 03, 2024

Abstract

Many boilers are at high risk of fire and explosion due to the nature of work and it takes mistake to cause a safety instrumented system failure. This study was to apply the fault tree analysis (FTA) for assessing the risk in safety instrumented system and to calculate the average probability of failure on demand (PFD) for classifying the safety integrity level (SIL) of steam boiler controller at a university hospital. The FTA was applied to identify the failure of safety instrumented system for assessing the risk. The average PFD was then calculated for classifying the SIL of steam boiler. The study was conducted from April to August 2023 at a university hospital in Thailand. Data collection used FTA. The FTA was consisted of feed water pump, level indicator transmitter 1, and level indicator transmitter 2. The three loop control systems had the highest probability of failure on demand. All three loop control systems showed the average probability of failure on demand as 8.5×10^{-1} and safety integrity level for level 1 (SIL1). Eventually, efforts should be made to supervise those risks by setting up the suitable preventive maintenance plan to reduce undesirable conditions from the safety instrumented system failure.

Keywords : Safety instrumented system in steam boiler, Safety integrity level (SIL), Fault tree analysis (FTA), Probability of failure on demand (PFD)

บทนำ

ไอน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการผลิตทั้งในอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า โรงแรม รวมไปถึงโรงพยาบาล ซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากไอน้ำในด้านของการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ ชุดบุคคลากรทางการแพทย์ ชุดผู้ป่วย และการประกอบอาหาร [1]

การผลิตไอน้ำจะต้องใช้เครื่องกำเนิดไอน้ำหรือที่เรียกว่า หม้อไอน้ำ (Boiler) โดยกระบวนการผลิตไอน้ำจากหม้อไอน้ำเกิดจากการที่น้ำได้รับการถ่ายเทความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง [2] ซึ่งจะทำให้ภายในหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิและแรงดันที่สูง ทำให้หม้อไอน้ำต้องได้รับการออกแบบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มีวัสดุแข็งแรง สามารถทนต่อแรงดันภายในหม้อไอน้ำ [3]

อย่างไรก็ตามระบบหม้อไอน้ำมีโอกาสเกิดความผิดพลาด ทั้งจากการอุปกรณ์และจากปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยในระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2565 พบว่าในประเทศไทยมีเหตุการณ์ระเบิดของระบบหม้อไอน้ำกว่า 60 ครั้ง ส่งผลให้มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตกว่า 60 คน [4] มีสาเหตุสำคัญมาจากอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิขัดข้องส่งผลให้อุณหภูมิในหม้อไอน้ำสูงกว่าค่าที่กำหนด (Set Point) ทำให้เกิดการสะสมของอุณหภูมิหม้อภายในไอน้ำ และเกิดการระเบิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบอุบัติเหตุจากห้องหลอมไอน้ำ (Boiler House) ที่มีสาเหตุมาจากการใช้คู่มือด้านความปลอดภัยที่ล้าสมัย [5]

ทั้งนี้ในการลดความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดพลาดในการทำงานของระบบหม้อไอน้ำ สามารถทำได้โดยใช้วิธีการซึ่งบ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงของระบบวัดควบคุมปริมาณตามมาตรฐาน IEC 61508 และ IEC 61511 ตัวอย่างเช่น การประเมินความเสี่ยงในระบบวัดควบคุมปริมาณของกระบวนการผลิตทางปิโตรเคมี [6, 7] อีกทั้งยังพบการประเมินความเสี่ยงในกระบวนการทางเคมีที่มีการใช้ของเหลวไวไฟอย่างเฮกเซนเป็นตัวทำละลายใน

กระบวนการผลิต ซึ่งอาจเกิดการรั่วไหลได้ มีโอกาสเกิดไฟไหม้และการระเบิดได้เนื่องจากความซับซ้อนของกระบวนการ [8] นอกจากนี้พบการประเมินความเสี่ยงของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมเพื่อสร้างแนวทางในการป้องกันอุบัติเหตุด้วยวิธีการแผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลว (FTA) [9] ซึ่งเป็นเทคนิคการซึ่งบ่งอันตรายเทคนิคหนึ่ง ใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหา อาศัยหลักการทางตรรกะวิทยาในการหาเหตุและผล ส่วนบนสุดของแผนภูมิ คือ เหตุการณ์ตั้งต้น (Top event) เช่น การเกิดระเบิดของหม้อไอน้ำ การเกิดไฟฟ้า ฯลฯ และในส่วนของกิ่งก้านรองลงมา คือ เหตุการณ์ย่อยๆ (Intermediate event) วิเคราะห์จนถึงสาเหตุพื้นฐาน (Basic event) เช่น อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิไม่ทำงานทำให้อุณหภูมิในหม้อไอน้ำสูงหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนด อุปกรณ์ประมวลไม่ทำงานทำให้ไม่มีการส่งสัญญาณต่อไปยังอุปกรณ์ตัวสุดท้าย อุปกรณ์ตัวสุดท้ายไม่ทำงานทำให้ไม่สามารถหยุดระบบเมื่อเกิดความขัดข้องได้ [10] ซึ่งเหตุการณ์แต่ละชั้นจะถูกเชื่อมโยงด้วยสัญลักษณ์ AND Gates และ OR Gates ซึ่ง AND Gates หมายความว่า เหตุการณ์ตั้งต้นหรือเหตุการณ์ย่อยจะเกิดขึ้นได้ ต้องเกิดจากหลายเหตุการณ์และเกิดขึ้นพร้อมกัน ส่วน OR Gates หมายความว่า เหตุการณ์ตั้งต้นหรือเหตุการณ์ย่อยนั้น จะเกิดขึ้นได้จะต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งเท่านั้น [11]

โดยจากทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่ามีการศึกษาในโรงพยาบาลค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับการซึ่งบ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงในระบบวัดควบคุมปริมาณของหม้อไอน้ำ

จากการซึ่งบ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงของหม้อไอน้ำในโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งพบว่าระบบควบคุมพื้นฐาน (Basic Process Control Systems ,BPCS) มีความผิดพลาดอยู่ในระดับสูง ที่ระบบควบคุมหมายเลข 1 ระบบป้อนน้ำเข้า (Feed Water) ระบบควบคุมหมายเลข 2 ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 1 (Level Indicator Transmitter 1) ระบบวัดระดับน้ำใน

หม้อไอน้ำตัวที่ 2 (Level Indicator Transmitter 2) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวสำหรับประเมินความเสี่ยงในระบบวัดคูนิรภัยและคำนวณหา ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายสำหรับจัดระดับความปลอดภัยของระบบควบคุมหม้อไอน้ำของโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัย และสามารถกำหนดแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM Plan) ซึ่งจะช่วยลดโอกาสเกิดความผิดพลาดในการทำงานของระบบหม้อไอน้ำ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประยุกต์แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวสำหรับการประเมินความเสี่ยงระบบวัดคูนิรภัยในระบบหม้อไอน้ำ
2. เพื่อหาค่าระดับความปลอดภัย (Safety Integrity Level: SIL) ของระบบควบคุมหม้อไอน้ำ

ระเบียบวิธีวิจัย

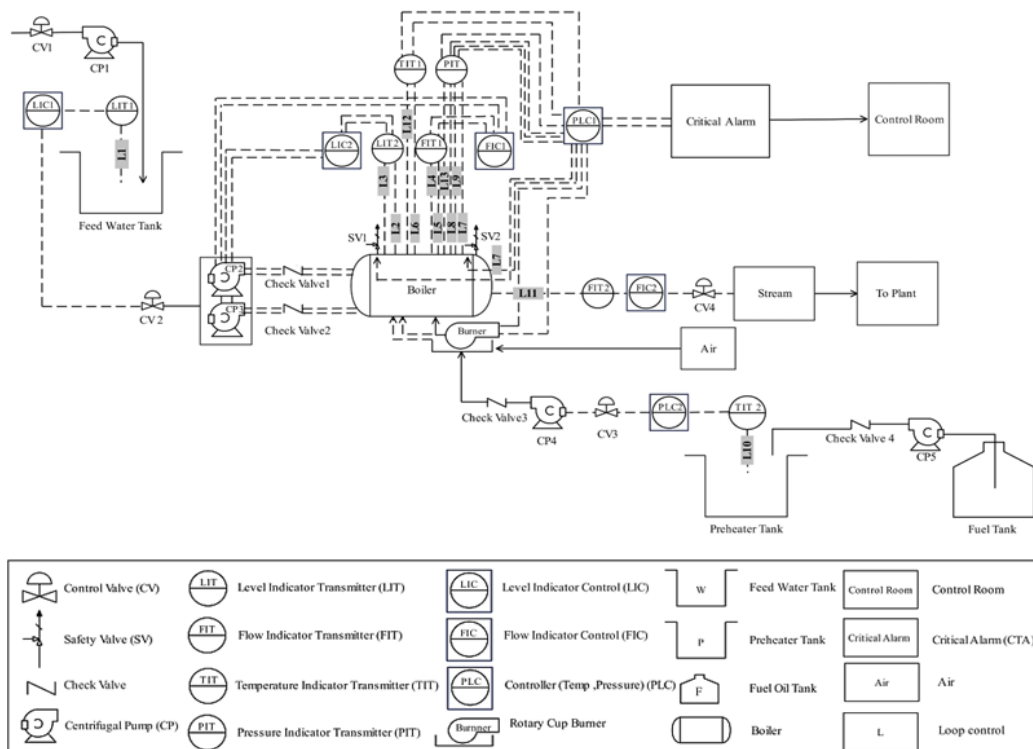
ผู้วิจัยออกแบบการวิจัยศึกษาวัตถุประสงค์ ขอบเขต และกรอบแนวคิดการวิจัย โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการศึกษาและพื้นที่ศึกษาการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบภาคตัดขวาง (Cross – Sectional Study) ทำการศึกษาระหว่างเดือนเมษายน - สิงหาคม พ.ศ. 2566 ในระบบหม้อไอน้ำของโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ในจังหวัดปทุมธานี

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ข้อมูลระบบหม้อไอน้ำ

เก็บรวบรวมข้อมูลของหม้อไอน้ำโดยการสำรวจระบบหม้อไอน้ำตามแบบ Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)

2.2 ข้อมูลค่าอัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์

กำหนดค่าความล้มเหลวของอุปกรณ์ในระบบควบคุมหม้อไอน้ำ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแสดงดังตารางที่ 1

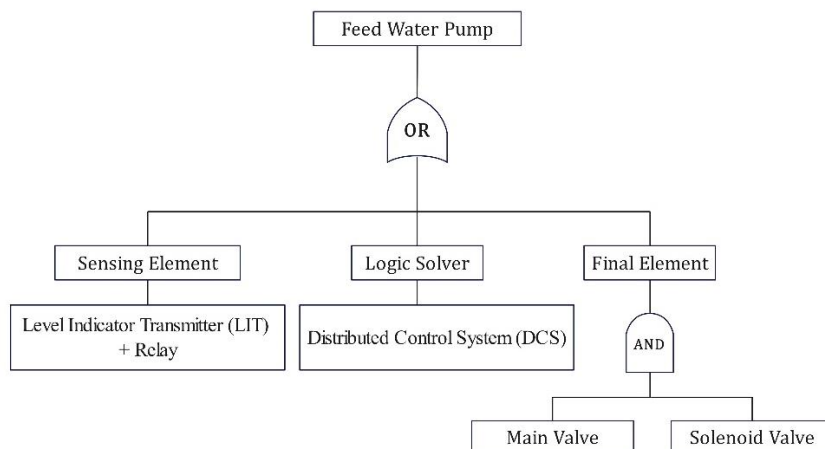
ตารางที่ 1 ข้อมูลความล้มเหลวของอุปกรณ์ [12]

อุปกรณ์	อัตราความล้มเหลว/ปี (μ)
Controller (Pressure, Temperature)	0.29
Control valve	0.60
Check valve	0.019
Level Indicator Controller	0.29
Level Indicator Transmitter	1.70
Flow Indicator Controller	0.29
Flow Indicator Transmitter	1.14
Solenoid valve	0.42
Main valve	0.01
Relay	0.003
DCS (Logic solver)	0.0002

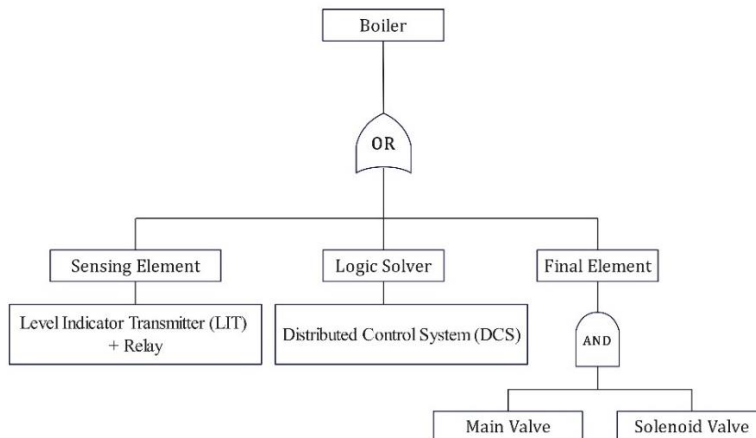
2.3 วิเคราะห์ระดับความปลอดภัยของระบบวัดคุมนิรภัย (SIL)

ระบบวัดคุมนิรภัย ประกอบด้วย 3 อุปกรณ์ย่อย ได้แก่ อุปกรณ์การวัด (Sensing Element: SE) อุปกรณ์ประมวลผล (Logic Solver: LS) และ

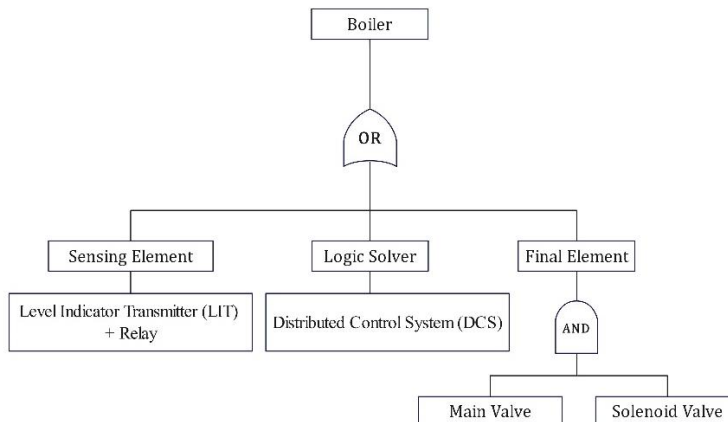
อุปกรณ์ตัวสุดท้าย (Final Element: FE) ซึ่งในระบบหม้อไอน้ำมีหลายฟังก์ชัน เช่น ฟังก์ชันในการควบคุมอุปกรณ์วัดระดับในหม้อไอน้ำ อุปกรณ์ประมวลผล วาล์วหลัก และวาล์วย่อย ดังแสดงตามรูปที่ 2-4



รูปที่ 2 แผนผังต้นไม้แห่งความล้มเหลวระบบควบคุมที่ 1



รูปที่ 3 แผนผังต้นไม้แห่งความล้มเหลวระบบควบคุมที่ 2



รูปที่ 4 แผนผังต้นไม้แห่งความล้มเหลวระบบควบคุมที่ 3

ซึ่งสามารถวิเคราะห์ค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคัมมิรภัย โดยเริ่มจากการหาค่าความผิดพลาดอันตรายของระบบควบคุม (Probability of a Failure on Demand, PFD) จากสมการที่ 1 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดอันตรายของระบบควบคุม (Average Probability of a Failure on Demand, PFDavg) ตามสมการที่ 2

$$PFD_{\text{อุปกรณ์ในระบบควบคุม}} = \lambda^D T \quad (1)$$

เมื่อ $PFD_{\text{อุปกรณ์ในระบบควบคุม}}$ = ค่าความผิดพลาดอันตรายของระบบควบคุม

λ^D = อัตราความผิดพลาดอันตราย (ครั้ง/ชั่วโมง)
 T = ระยะเวลาในการทดสอบ (1 ปี)

$$PFD_{\text{avg}} = \frac{1}{2} \int_0^T PFD_{\text{อุปกรณ์ในระบบควบคุม}} dt \quad (2)$$

เมื่อ PFD_{avg} = ค่าความผิดพลาดอันตรายเฉลี่ยของอุปกรณ์

T = ระยะเวลาในการทดสอบ (1 ปี)

โดยที่ใช้เทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลววิเคราะห์ค่าความผิดพลาดอันตรายในแต่ละระบบควบคุม โดยหาได้จากผลรวมของค่าความผิดพลาดอันตรายเฉลี่ยของอุปกรณ์ จากสมการที่ 9

$$PFDavg_{SIF} = PFDavg_{SE} + PFDavg_{LG} + PFDavg_{FE} \quad (9)$$

เมื่อ $PFDavg_{SE}$ = ค่าความผิดพลาดอันตรายของอุปกรณ์การวัด

$PFDavg_{LG}$ = ค่าความผิดพลาดอันตรายของอุปกรณ์ประมวลผล

$PFDavg_{SE}$ = ค่าความผิดพลาดอันตรายของอุปกรณ์ตัวสุดท้าย

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดอันตรายของระบบควบคุมกับค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคูนิรภัยดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Safety Integrity Level (SIL) Low demand mode of operation [13]

Safety Integrity Level (SIL)	Low demand mode of operation (Average probability of failure to perform its design function on demand) (time per year)
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$

ผลการวิจัย

1. ผลการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงของหม้อไอน้ำ

จากการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงของหม้อไอน้ำโดยใช้แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวของระบบควบคุมพื้นฐาน (Basic Process Control Systems: BPCS) ตามรูปที่ 2-4 พบว่า มีความผิดพลาดอยู่ในระดับสูงที่ระบบควบคุมหมายเลข 1 ระบบป้อนน้ำเข้า (Feed Water Pump) ค่าความ

น่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดเท่ากับ 0.926 ระบบควบคุมหมายเลข 2 ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 1 (Level Indicator Transmitter 1) ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดเท่ากับ 0.926 และระบบควบคุมหมายเลข 3 ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 2 (Level Indicator Transmitter 2) ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดเท่ากับ 0.926 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงของหม้อไอน้ำ

ระบบควบคุม	อุปกรณ์	ค่าความน่าเชื่อถือรวม (R)	ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาด (P)
หมายเลข 1: ระบบป้อนน้ำเข้า (Feed Water Pump)	LIT1+Relay+LIC1+CV2	0.074	0.926
หมายเลข 2 : ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 1 (Level Indicator Transmitter 1)	LIT2+Relay+LIC2+CP2+Check valve1	0.074	0.926
หมายเลข 3: ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 2 (Level Indicator Transmitter 2)	LT2+Relay+LIC2+CP3+Check valve2	0.074	0.926

2. ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคูนิรภัย (SIL)

จากการวิเคราะห์ค่าระดับความปลอดภัยของ

ระบบวัดคูนิรภัย พบว่า เมื่อทำการติดตั้งระบบวัดคูนิรภัยในทั้ง 3 ระบบควบคุม ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอันตรายเฉลี่ยของระบบควบคุม ($PFDavg$) ทั้ง 3 ระบบ

เท่ากับ 8.5×10^{-1} ครั้งต่อปี ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคูนิรภัย (SIL)

ระบบควบคุม	อุปกรณ์	ค่าความผิดพลาด อันตรายเฉลี่ยแต่ละ อุปกรณ์ (PFD _{avg})	ค่าความผิดพลาด อันตรายเฉลี่ยของระบบ ควบคุม (PFD _{avg})
หมายเลข 1: ระบบป้อนน้ำเข้า (Feed Water Pump)	LIT1+Relay DCS Solenoid valve +Main Valve	8.5×10^{-1} 1.2×10^{-4} 1.8×10^{-3}	8.5×10^{-1}
หมายเลข 2: ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 1 (Level Indicator Transmitter 1)	LIT2+Relay DCS Solenoid valve + Main Valve	8.5×10^{-1} 1.2×10^{-4} 1.8×10^{-3}	8.5×10^{-1}
หมายเลข 3: ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 2 (Level Indicator Transmitter 2)	LIT2+Relay DCS Solenoid valve + Main Valve	8.5×10^{-1} 1.2×10^{-4} 1.8×10^{-3}	8.5×10^{-1}

ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดอันตรายของระบบควบคุมกับค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคูนิรภัย พบว่า ทั้ง 3 ระบบ มีค่าระดับความปลอดภัย เท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงมีโอกาสเกิดความผิดพลาด 1 ใน 10 ครั้งต่อปีดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดอันตรายของระบบควบคุมกับค่าระดับความปลอดภัยของระบบวัดคูนิรภัย

ระบบควบคุม	ค่าความผิดพลาด อันตรายเฉลี่ยของระบบควบคุม (PFD _{avgSIF})	Low demand mode of operation (time per year)	ค่าระดับความ ปลอดภัย (SIL)
หมายเลข 1: ระบบป้อนน้ำเข้า (Feed Water Pump)			
หมายเลข 2: ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 1 (Level Indicator Transmitter 1)	8.5×10^{-1}	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	1
หมายเลข 3: ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 2 (Level Indicator Transmitter 2)			

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงโดยประยุกต์แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลวและคำนวณค่าความผิดพลาดอันตรายเฉลี่ยของระบบควบคุมหม้อไอน้ำสำหรับกำหนดระดับความปลอดภัยของหม้อไอน้ำ พบว่า ทั้ง 3 ระบบควบคุม ได้แก่ ระบบป้อนน้ำเข้า ระบบวัดระดับน้ำในหม้อไอน้ำตัวที่ 1 และ 2 มีค่าความผิดพลาดอันตรายเฉลี่ยของระบบควบคุมหม้อไอน้ำ เท่ากับ 8.5×10^{-1} ครั้งต่อปี มีค่าระดับความปลอดภัย เท่ากับ SIL 1

ผลการศึกษาความผิดพลาดอันตรายเฉลี่ยของอุปกรณ์ภายในระบบควบคุมหม้อไอน้ำมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาการประเมินความเสี่ยงระบบวัดคูนิรภัยของระบบผลิตไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมเคมี ที่มีค่าเท่ากับ 1.4×10^{-1} ครั้งต่อปี ซึ่งมีค่าระดับความปลอดภัย เท่ากับ SIL 1 [7] เช่นเดียวกันกับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบวัดคูนิรภัยของเครื่องตรวจจับก๊าซในถังเก็บของเหลวไวไฟ ที่มีค่าความผิดพลาดอันตรายเฉลี่ย เท่ากับ 1.0×10^{-1} ครั้งต่อปี ซึ่งมีค่าระดับความปลอดภัย เท่ากับ SIL 1[8]

ระบบควบคุมทั้ง 3 ระบบมีค่าระดับความปลอดภัยจัดอยู่ในระดับ SIL 1 โดยมีโอกาสเกิดความล้มเหลว 1 ใน 10 ครั้งต่อปี จากการทำงานผิดพลาดของอุปกรณ์ในระบบ เช่น อุปกรณ์การวัดระดับไม่ทำงานทำให้ระดับน้ำหรือเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำสูงหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนด (Set point) อุปกรณ์ประมวลไม่ทำงานทำให้ไม่มีการส่งสัญญาณต่อไปยังอุปกรณ์ตัวสุดท้าย หรือ การที่อุปกรณ์ตัวสุดท้ายอย่าง วาล์วควบคุม วาล์วหลัก รวมถึงวาล์วย่อยไม่ทำงาน ส่งผลให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ ดังนั้นในการกำกับดูแลความเสี่ยงเหล่านั้นโดยผู้วิจัยเสนอให้จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมเพื่อลดสถานะที่ไม่พึงประสงค์จากความล้มเหลวของระบบวัดคูนิรภัย

References

- [1] K. Usaka, T. Rittirod, N. Waropastrakul and P. Supprung “Guidelines for Improving Steam Generation Systems of Srinagarind Hospital, Khon Kaen University,” KGU Res J (GS), vol. 12, 4, 2012. [Online]. Available: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/gskku/article/view/22884>
- [2] Chirawiboon C., “Steam boiler for use in factories.” Bangkok: Technology Promotion Association (Thai-Japan), 2011.
- [3] D. o. A. E. D. a, “Efficiency Handbook for those responsible for energy (factories).” 2018.
- [4] Department of Industrial Works Thailand, “Statistics on boiler explosions in Thailand 2020-2023.” 2023.
- [5] A.R.N.Q. Lutfianto and M.A. Febrianti, “Management Analysis on Occupational Health and Safety in the Boiler House Using Method of Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control,” in Third International Sustainability and Resilience Conference: Climate Change, 2021: IEEE, pp. 358-361, doi:10.1109/IEEECONF 53624.2021.9668034.
- [6] P. Soda, “Risk Assessment on Safety Instrumented System of Heat Exchanger in Plastic Pellet Process,” Kasetsart University, 2021.
- [7] N. Asavaviriyakul and N. Hansupalak, “Risk Assessment of Instrumentation System for the Steam Generation System in a Petrochemical Industry Plant,” KU Engineering Journal, vol. 21, no. 64, pp. 44-56, 2008.

- [8] S. Famuyiro, "Use of combustible gas detectors in Safety Instrumented Systems—A practical application case study," J Loss Prev Process Ind, vol. 54, pp. 333-339, 2018, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423018302110>
- [9] W. Mongkhonthae, K. Sudsakorn and T. Srinophakun, "Risk assessment using fault tree analysis in the aluminium molding process," KU Engineering Journal, vol. 22, pp. 47-55, 2009.
- [10] C. S. Ketsakorn A., "Fault Tree Analysis (FTA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) for Assessing the Risk of Dust Explosion in the Process of Tapioca Starch Production," Journal of Safety and Health, vol. 14, 2020.
- [11] P. Buapim and A. Ketsakorn, "Risk assessment by the Fault Tree Analysis (FTA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) of infectious waste management in health promoting hospital," Warasan Wichakan Phrachomklao Phranakhon Nua, vol. 29, no. 3, Apr. 2019, doi: 10.14416/j.kmutnb.2019.04.003.
- [12] S. Mannan, "Lees Loss Prevention in the Process Industries, 2012," [Online]. Available: https://books.google.co.th/books?hl=th&lr=&id=73M6aqqy-uUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=loss+prevention+in+the+process+industries+london+butterworths,1986&ots=_Fa-52TxhV&sig=_80dFMg-vUJqS836EYUqKg62crs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [13] M. Hennell, J. Woodcock and M. Woodward, "The safety integrity levels of IEC 61508 and a revised proposal," Embedded Systems Show, 2006.

การพัฒนาห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิปสำหรับผลสมหยดของเหลวขนาดเล็ก โดยใช้อุปกรณ์ EWOD

ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย¹, สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์², สุพจน์ สุตกรยุทธ³,
รัตนะ เลหวนิช⁴, อรรถพร สกุลสม⁵, พรหมพักตร์ บุญรักษา⁶, กริธา สุขทั้ง^{7*}

^{1,2,3,4,5} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

^{6,7} สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

Email: kreetta.suk@rmutsb.ac.th⁷

Received: Mar 12, 2024

Revised: Mar 28, 2024

Accepted: Apr 03, 2024

บทคัดย่อ

การควบคุมหยดของเหลวขนาดเล็กถือเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิป (Lab on a chip) ซึ่งเป็นการย่อส่วนห้องปฏิบัติการ และกระบวนการทดสอบต่างๆ ให้มาอยู่บนแผ่นชิปขนาดเล็ก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับการผลสมหยดของเหลวในระดับไมโครลิตรสำหรับกระบวนการวัดค่าไฟฟ้าเคมี โดยใช้อุปกรณ์ Electro-wetting on dielectric (EWOD) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหยดของเหลวในระดับไมโครลิตรถึงระดับนาโนลิตรโดยใช้สนามไฟฟ้า ความแม่นยำในการควบคุมของเหลวของอุปกรณ์ EWOD ขึ้นอยู่กับรูปแบบขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมซึ่งหมายถึงการออกแบบขั้วไฟฟ้าทั้งขนาด และรูปร่างจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยในกระบวนการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอุปกรณ์ EWOD โดยใช้ค่าความต่างศักย์ระหว่าง 300 – 700 โวลต์ ค่าความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ เพื่อหาค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของหยดของน้ำปริมาตร 8 ไมโครลิตร ด้วยอุปกรณ์ EWOD จากการวิจัยพบว่าการแยกของเหลวออกจากแหล่งจ่ายต้องใช้ขั้วไฟฟ้าอย่างน้อย 3 ขั้ว และการผลสมหยดของเหลวต้องใช้ขั้วไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ขั้ว ผลของการทดสอบอุปกรณ์ทำให้ทราบถึงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำสุดที่เริ่มทำให้อุปกรณ์ใช้งานได้มีค่าเท่ากับ 300 โวลต์ ค่าความต่างศักย์สูงสุดที่สามารถจ่ายให้กับอุปกรณ์คือ 700 โวลต์ โดยส่งผลให้หยดของเหลวสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมของอุปกรณ์

คำสำคัญ : Electro-wetting on dielectric (EWOD), การควบคุมหยดของเหลว, หยดของเหลวขนาดเล็ก, การผลสมหยดของเหลว

Development of Lab on a Chip for Microdroplets Mixing Using EWOD Device

Chanchai Wiroonritichai¹, Sombat Herunwannapong², Supoch Sudkornrayuth³,
Rattana Lehavanich⁴, Atthaphorn Sakulsom⁵, Promphak Boonraksa⁶,
Kreeta Sukthang^{7*}

^{1,2,3,4,5} Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Siam university

^{6,7} Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala
University of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus
Email: kreeta.suk@rmutsb.ac.th⁷

Received: Mar 12, 2024

Revised: Mar 28, 2024

Accepted: Apr 03, 2024

Abstract

Manipulating microdroplets is essential to increasing the efficiency of chip processing laboratories. It incorporated various laboratory functions while minimizing laboratory processes to the micro-scale. Therefore, in this research, a platform for mixing liquid droplets was developed at the microliter level for an electrochemistry measurement process using an Electro-wetting on dielectric (EWOD), a device that can manipulate the movement of liquid droplets on a microliter to a nanoliter scale using an electric field. The ability of the EWOD device to precisely control the liquid droplet depends on the electrode pattern, which means that proper electrode size and electrode pattern is therefore extremely important. During the research process, the researchers tested the EWOD device using voltages ranging from 300 to 700 volts and a frequency of 1,000 Hz to determine the optimal voltage for controlling the movement of 8 microliter of water droplets with the EWOD device. The research showed that the separation of liquid substances from the reservoir required at least three electrodes, and mixing liquid droplets requires at least two electrodes. From the test results of the device, it was found that the minimum voltage required by the device to start its work was 300 volts. The maximum voltage that could be applied to the device was 700 volts which caused the liquid droplet to move at an average speed 10 mm/s.

Keywords : Electro-wetting on dielectric (EWOD), Droplet Manipulation, Microdroplets, Droplet Mixing

บทนำ

เทคโนโลยีห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิป หมายถึง การนำเอาห้องปฏิบัติการทั้งหมดหรือบางส่วนของการ กระบวนการวิจัยและทดลองทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับปฏิกิริยาทางเคมีของสารต่าง ๆ ให้มาอยู่บน แผ่นชิปขนาดเล็ก การลดขนาดนี้ไม่เพียงทำให้ระบบ ทดสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ยังช่วยลดต้นทุน การใช้เวลา และทรัพยากรต่างๆที่ใช้ในการทำการ ทดสอบ [1] โดยในปัจจุบันเทคโนโลยีห้องปฏิบัติการ บนแผ่นชิป ได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจาก ความสามารถในการยกระดับห้องปฏิบัติการให้เป็น แบบห้องปฏิบัติการเคลื่อนที่ได้ ซึ่งส่งผลต่อการ วิจัยโรคติดต่อได้โดยไม่ต้องมีการนำเชื้อออก นอกจากพื้นที่แพร่ระบาดเป็นต้น [2]

อุปกรณ์ EWOD เป็นอุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบ เป็นชั้นวัสดุบางวางตัวซ้อนกัน [3] จากสมบัติของ วัสดุต่างๆทำให้อุปกรณ์ EWOD สามารถควบคุมการ เคลื่อนที่ของหยดของเหลวขนาดเล็กในระดับ ไมโครลิตรได้ [4] ด้วยการใช้แรงจากสนามไฟฟ้าที่ สร้างขึ้นจากการจ่ายสัญญาณไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้า คู่ขนานของอุปกรณ์ไปรบกวนสมดุลของหยด ของเหลวทำให้ค่ามุมสัมผัส (Contact Angle) ของ หยดของเหลวเปลี่ยนไปและส่งผลให้ของเหลวเกิด การเคลื่อนที่ไปตามแนวขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์ [5] อีกทั้งยังสามารถควบคุมของเหลวได้หลากหลาย รูปแบบ เช่น การจ่ายหยดของเหลวจากแหล่งจ่าย [6] การแบ่งตัวของหยด [7] การรวมตัวของหยด [8] โดยขึ้นอยู่กับการออกแบบลักษณะของขั้วไฟฟ้า

ดังนั้นการออกแบบขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์ EWOD จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการ ควบคุมการเคลื่อนที่ของหยดของเหลวให้เป็นไปตาม ขั้นตอนในห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิปต้องการ ใน งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นไปในเรื่องของารออกแบบ ขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์ EWOD เพื่อสร้างห้อง ปฏิบัติการผสมหยดของเหลว เพื่อส่งต่อไปใน กระบวนการวัดค่าไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Analysis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถตรวจสอบ สารเคมีในตัวอย่างต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและ

แม่นยำ เช่น การตรวจสอบความเข้มข้นของ สารละลาย, การประเมินความสามารถในการ เปลี่ยนแปลงสารเคมี [9] เป็นต้น

วัตถุประสงค์งานวิจัย

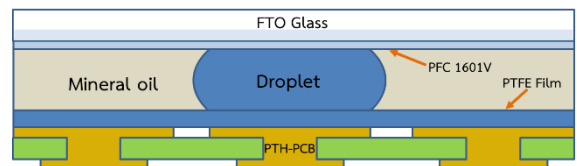
1. เพื่อออกแบบขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์ EWOD สำหรับห้องปฏิบัติการผสมสาร 2 ชนิด
2. เพื่อทดสอบค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสม สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของหยดของเหลว ด้วยอุปกรณ์ EWOD

ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเพื่อให้สามารถบรรลุ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยจึงจำเป็นต้องมีการศึกษา วิจัย และทดลอง ตามขั้นตอนดังนี้

1. ส่วนประกอบของอุปกรณ์ EWOD

อุปกรณ์ EWOD ประกอบไปด้วยชั้นของวัสดุ ต่าง ๆ วางเรียงตัวกันทั้งหมด 5 ชั้นดังรูปที่ 1 โดย วัสดุแต่ละชั้นจะต้องมีคุณสมบัติการใช้งานที่ เหมาะสมกับอุปกรณ์ EWOD ดังนี้



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ EWOD

ชั้นที่ 1 แผ่น PTH-PCB ทำหน้าที่ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนเส้นใยแก้ว (Fiberglass) ทำหน้าที่เป็นแผ่นรอง ด้านล่าง มีคุณสมบัติของวัสดุคือ มีความแข็ง ทนต่อ ความร้อนได้ดี ไม่นำไฟฟ้า และส่วนชั้นทองแดงทำ หน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าด้านล่าง มีคุณสมบัติของวัสดุคือ มีผิวหน้าเรียบ และมีความสามารถในการนำไฟฟ้า สูง โดยค่าการนำไฟฟ้ายิ่งสูงก็จะส่งผลให้อุปกรณ์ EWOD มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเคลื่อนที่ ของของเหลวได้ดี

ชั้นที่ 2 แผ่น PTFE Film ทำหน้าที่ 2 ส่วน คือ เป็นทั้งชั้นฉนวนด้านล่างและเป็นชั้นไฮโดรโฟบิก

ด้านล่าง โดยมีคุณสมบัติคือเป็นวัสดุที่มีค่าคงที่ความเป็นฉนวน (Dielectric Constant) สูงเพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ ส่วนผิวมีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ทำให้หยดของเหลวมีค่ามุมสัมผัสสูง เพื่อให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหยดของเหลวได้ง่าย [10]

ชั้นที่ 3 Mineral Oil เป็นชั้นตัวกลาง เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างแผ่นด้านบนกับแผ่นด้านล่างต้องมีสมบัติคือไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี

ชั้นที่ 4 สาร PFC 1601V เป็นชั้นไฮโดรโฟบิกด้านบนของอุปกรณ์ต้องมีสมบัติคือมีความทนทานต่อสารเคมี ส่วนผิวมีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิกทำให้หยดของเหลวมีค่ามุมสัมผัสสูง เช่นเดียวกับส่วนด้านล่าง

ชั้นที่ 5 คือแผ่น กระเจียนไฟฟ้า FTO เป็นชั้นขั้วไฟฟ้าด้านบนและแผ่นปิดด้านบน ซึ่งมีสมบัติคือเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง มีความใส และสามารถนำไฟฟ้าได้

2. การออกแบบลวดลายขั้วไฟฟ้าและการสร้างอุปกรณ์ EWOD

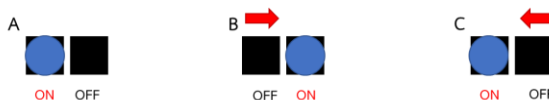
เพื่อให้อุปกรณ์ EWOD ให้มีความสามารถในการควบคุมหยดของเหลวได้ทุกฟังก์ชันที่ห้องปฏิบัติการผสมสารต้องการ เช่น การแยกหยดของเหลวจากแหล่งจ่าย และการผสมหยดของเหลว การออกแบบขั้วไฟฟ้านั้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากกระบวนการควบคุมที่ต่างกัน จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบของขั้วไฟฟ้าที่ต่างกันในการควบคุมหยดของเหลว [11] โดยรูปที่ 2 แสดงการออกแบบลวดลายขั้วไฟฟ้าให้สามารถผสมสาร 2 สารให้เข้ากัน (Mixing) โดยการควบคุมให้หยดของเหลวเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาซึ่งจำเป็นต้องใช้ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว และรูปที่ 3 แสดงการแบ่งหยดของเหลวออกจากแหล่งจ่าย (Dispensing) โดยใช้ขั้วไฟฟ้าด้านบนนอกแหล่งจ่ายดึงของเหลวออกมา ก่อนจำนวน 3 ขั้ว แล้วทำการตัดด้วยขั้วที่ 2 ในขั้นตอนสุดท้าย จากการศึกษาวิจัยผู้วิจัยจึงได้ออกแบบขั้วไฟฟ้าดังรูปที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยรูปแบบขั้วไฟฟ้าสำหรับ การแบ่งหยดของเหลว การผสมหยดของเหลว และการส่งหยดของเหลวไปยัง

จุดทดสอบ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถเตรียมสาร 2 สารโดยการผสม แล้วส่งต่อไปยังจุดที่ใช้ในการวัดค่าเคมีไฟฟ้าจำนวน 4 จุด

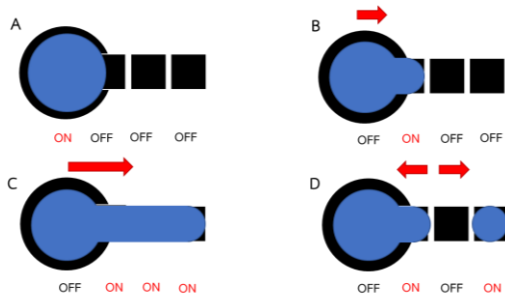
การออกแบบขนาดของขั้วไฟฟ้าด้านล่างของอุปกรณ์ EWOD แบบปิดจาก PTH-PCB สามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ฐานกับปริมาตรของรูปทรงกลมตัดหัวท้ายดังสมการที่ 1 [12] และเมื่อนำสมการมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของหยดกับขนาดของขั้วไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าปริมาตรของหยดของเหลวรูปทรงกลมตัดจะเปลี่ยนไปตามขนาดของขั้วไฟฟ้าและระยะห่างระหว่างแผ่นด้านบนและด้านล่าง ดังนั้นเพื่อให้อุปกรณ์ EWOD สามารถรวมหรือแยกหยดของเหลวได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ระยะห่างระหว่างแผ่นบนและแผ่นล่างเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ขนาดขั้วไฟฟ้าสำหรับการควบคุมหยดของเหลวคือ 2x2 มิลลิเมตร และ 3x3 มิลลิเมตร ซึ่งการเลือกใช้ขนาดดังกล่าวจะทำให้อุปกรณ์ EWOD สามารถควบคุมหยดของเหลวปริมาตรประมาณ 4 ไมโครลิตร และ 8 ไมโครลิตร ได้ตามลำดับ

$$V = \frac{2L}{3} \pi (3w^2 + 2L^2) \quad (1)$$

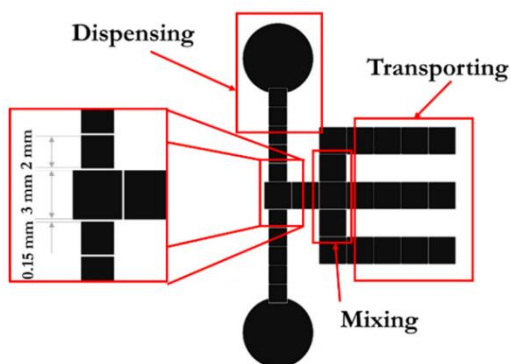
โดยที่ V คือปริมาตรของหยดของเหลว [m³]
w คือครึ่งหนึ่งของขนาดขั้วไฟฟ้า [m].
L คือครึ่งหนึ่งของระยะห่างแผ่น [m]



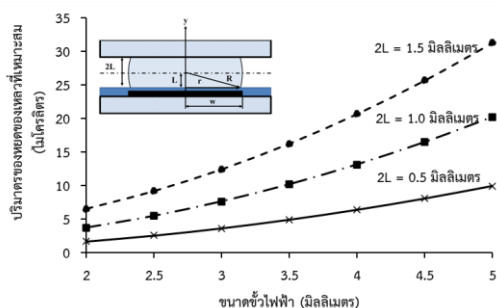
รูปที่ 2 การผสมสารด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว



รูปที่ 3 การแบ่งหยดของเหลวจากแหล่งจ่ายด้วย
ขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว



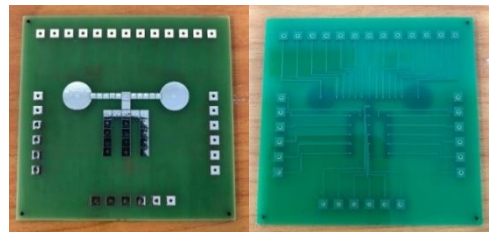
รูปที่ 4 รูปแบบขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์ EWOD สำหรับ
ห้องปฏิบัติการผสมสาร



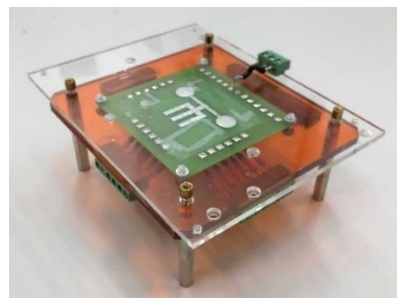
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดขั้วไฟฟ้า (2w)
ปริมาตรของหยดของเหลวที่เหมาะสมในอุปกรณ์
EWOD กับ ระยะห่างระหว่างแผ่นด้านบนและแผ่น
ด้านล่าง (2L)

หลังจากออกแบบเรียบร้อยแล้วจึงทำการสร้าง
แผ่นPTH-PCB ดังรูปที่ 6 จากนั้นนำวัสดุแต่ละชั้นมา
ประกอบเข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากการนำ PTFE Film

วางบน PTH-PCB จากนั้นเติม Mineral oil แล้วนำ
กระจก FTO ซึ่งเคลือบด้วยสาร FluoroPel® PFC
1601V โดยเครื่อง Spin Coating มาวางปิด ก็จะได้
อุปกรณ์ EWOD ซึ่งพร้อมที่จะทำการทดสอบต่อไป
ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ขั้วไฟฟ้าอุปกรณ์ EWOD บนแผ่น PCB
แบบ PTH



รูปที่ 7 อุปกรณ์ EWOD สำหรับห้องปฏิบัติการ
ผสมสาร

3. การทดสอบอุปกรณ์ EWOD

การทดสอบอุปกรณ์ EWOD จะแบ่งออกเป็น 2
การทดสอบ ดังนี้

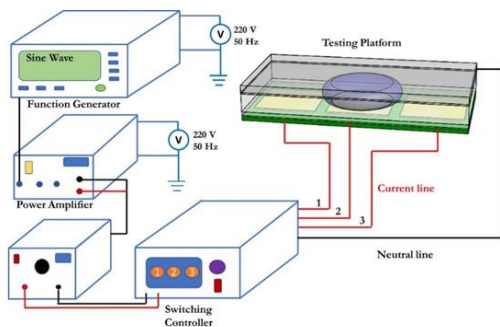
3.1การทดสอบค่าความต่างศักย์ที่ต้องจ่าย
ให้กับอุปกรณ์ (Apply Voltage)

สำหรับการทดสอบค่าความต่างศักย์ที่ต้อง
จ่ายให้กับอุปกรณ์ ผู้วิจัยจะได้ทำการทดสอบเฉพาะ
ขั้วไฟฟ้าขนาด 3x3 มิลลิเมตร เท่านั้น เนื่องจากใน
ส่วนของขั้วไฟฟ้าขนาด 2x2 มิลลิเมตร มีหน้าที่ดึง
สารแต่ละชนิดออกจากแหล่งจ่ายแล้วส่งไปยัง
ส่วนผสมหยดของเหลวของอุปกรณ์ซึ่งมีขนาด
ขั้วไฟฟ้า 3x3 มิลลิเมตร ดังนั้นการทดสอบนี้จึงได้ใช้
หยดน้ำปริมาตร 8 ไมโครลิตร ในการทดสอบเพื่อให้

เหมาะสมกับขนาดของข้อไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้ โดยเริ่มจากการนำอุปกรณ์ เครื่องสร้างสัญญาณไฟฟ้า (KEYSIGHT 33500B Series), เครื่องขยายกำลังไฟฟ้า (KROHN-HITE Corporation Model 7602M), หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (ย่านขยายแรงดัน 220-1,000 โวลต์), อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้า (Switching controller) และ อุปกรณ์ EWOD แบบปิด มาต่อเข้าด้วยกันดังรูปที่ 8 จากนั้น ทำการปรับค่าของสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจ่ายให้กับอุปกรณ์ EWOD โดยทำการทดสอบอุปกรณ์ที่ความต่างศักย์ของสัญญาณไฟฟ้าในช่วง 300 - 700 โวลต์ และใช้ความถี่ของสัญญาณไฟฟ้า 1,000 เฮิรตซ์ เพื่อหาค่าความเร็วเฉลี่ยของหยดของเหลวที่สามารถเคลื่อนที่ได้บนอุปกรณ์ EWOD

3.2 การทดสอบความสามารถในการควบคุมหยดของเหลว

สำหรับการทดสอบความสามารถในการควบคุมหยดของเหลวนบนอุปกรณ์ EWOD ใช้ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมซึ่งหาได้จากการทดสอบก่อนหน้านี้เพื่อมาควบคุมกระบวนการผสมหยดของเหลว โดยเริ่มจากการแยกหยดของเหลว ซึ่งในการทดสอบนี้ผู้วิจัยใช้เป็นหยดน้ำผสมสีเพื่อให้สามารถแยกแยะได้ 2 สี คือ สีน้ำเงิน และสีแดงออกจากแหล่งจ่าย จากนั้นจึงควบคุมหยดของเหลวทั้งสอง 2 สีมาผสมกันเพื่อให้ได้สีม่วงที่บริเวณ Mixing area สุดท้ายจึงควบคุมหยดของเหลวสีม่วงให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการจำนวน 4 หยด

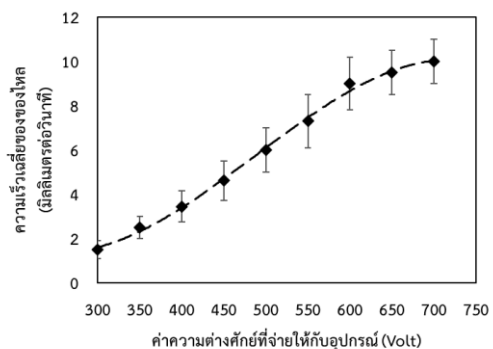


รูปที่ 8 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับ การทดสอบอุปกรณ์ EWOD

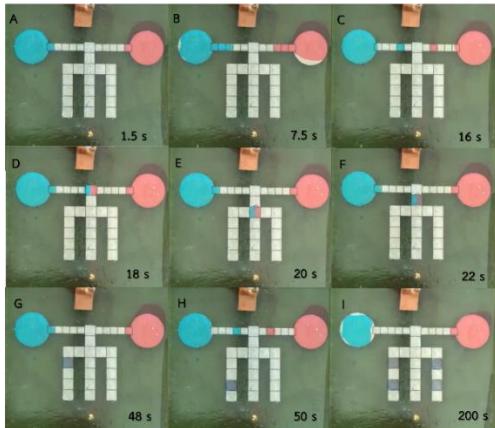
ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบอุปกรณ์ EWOD ในงานวิจัยนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ที่ต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์กับค่าความเร็วเฉลี่ยของหยดของเหลวปริมาตร 8 ไมโครลิตร พบว่าเป็นไปตามรูปที่ 9 คือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์มีผลต่อค่าความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของหยดของเหลว ซึ่งค่าความเร็วของหยดของเหลวที่อุปกรณ์ EWOD แบบปิดนี้ทำได้สูงที่สุดคือ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตรต่อวินาที

การทดสอบความสามารถในการควบคุมหยดของเหลวพบว่าอุปกรณ์ EWOD สามารถทำงานได้ตามความต้องการของห้องปฏิบัติการผสมสาร ดังรูปที่ 10 โดยอุปกรณ์สามารถผสมสาร 2 ชนิดได้จำนวน 4 หยด ใช้เวลาในการผสม 3 นาที 20 วินาที แบ่งเป็นการแยกหยดของเหลวออกจากแหล่งจ่ายใช้เวลา 15 วินาที การผสมหยดของเหลวใช้เวลา 25 วินาที ซึ่งเวลาในการผสมนี้นอกจากจะขึ้นอยู่กับระดับของค่าความต่างศักย์ที่จ่ายให้กับอุปกรณ์แล้วยังขึ้นอยู่กับโปรแกรมการควบคุมเวลาให้เปลี่ยนลำดับการจ่ายสัญญาณไฟฟ้าให้กับข้อไฟฟ้าอีกด้วย



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ที่ต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์กับค่าความเร็วเฉลี่ยของหยดของเหลวปริมาตร 8 ไมโครลิตร



รูปที่ 10 ผลการทดสอบสามารถในการควบคุมหยดของเหลวบนอุปกรณ์ EWOD

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิปเพื่อใช้ในการผสมสารในรูปหยดของเหลวสำหรับเตรียมการทดสอบทางไฟฟ้าเคมี ด้วยอุปกรณ์ EWOD จากผลการทดสอบพบว่า การออกแบบหัวไฟฟ้ามีผลกับความสามารถในการควบคุมหยดของเหลว โดยในการแยกสารออกจากแหล่งจ่ายต้องใช้หัวไฟฟ้าอย่างน้อย 3 หัว การผสมสารต้องใช้หัวไฟฟ้าอย่างน้อย 2 หัว ซึ่งการออกแบบให้หัวไฟฟ้ามีขนาดที่สอดคล้องกับพื้นที่ฐานของหยดของเหลวจะมีผลต่อความต่อเนื่องในการควบคุมหยดของเหลว โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้หัวไฟฟ้าขนาด 2x2 มิลลิเมตร เพื่อควบคุมหยดของเหลวปริมาตร 4 ไมโครลิตร และหัวไฟฟ้าขนาด 3x3 มิลลิเมตร ควบคุมหยดของเหลวปริมาตร 8 ไมโครลิตร ซึ่งการออกแบบหัวไฟฟ้าที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถเตรียมหยดของเหลวจำนวน 4 หยดได้ในระยะเวลา 3.20 นาที และจากการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ที่ต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์กับค่าความเร็วเฉลี่ยของหยดของเหลวปริมาตร 8 ไมโครลิตร พบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ที่เพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความเร็วเฉลี่ยของหยดของเหลวมีค่ามากขึ้น แต่เมื่อจ่ายค่าความต่างศักย์ให้สูงถึงค่าที่ทำให้ค่ามุมสัมผัสของหยด

ของเหลวอิ่มตัว ค่าความเร็วของหยดของเหลวจะมีแนวโน้มคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับค่ามุมสัมผัสที่เปลี่ยนไปของหยดของเหลวจะเกิดการอิ่มตัวหรือหมายถึงการที่ค่ามุมสัมผัสไม่สามารถลดลงได้อีกเมื่อได้รับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงถึงค่าหนึ่ง[13] โดยที่การจ่ายค่าความต่างศักย์สูงสุดให้กับอุปกรณ์ที่ค่า 700 โวลต์ และค่าความถี่ของไฟฟ้า 1,000 เฮิร์ตซ์ จะสามารถทำให้หยดของเหลวเคลื่อนที่ในทางตรงด้วยค่าความเร็วเฉลี่ย 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากงานวิจัยก่อนหน้าซึ่งได้มีการใช้แผ่น PCB แบบด้านเดียวมาใช้เป็นหัวไฟฟ้า [14] และยังพบอีกว่าอุปกรณ์มีค่าแรงดันเบรกดาวน์ (Dielectric Breakdown) เท่ากับ 800 โวลต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการ MMED ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือทดสอบ และสถานที่ทดสอบให้กับงานวิจัยในครั้งนี้

References

- [1] H. Sedgwick, F. Caron, P. B. Monaghan, W. Kolch, and J. M. Cooper, "Lab-on-a-chip technologies for proteomic analysis from isolated cells," *Journal of the Royal Society*, vol. 5 no. 2, pp. 123–130, Jun. 2008.
- [2] C. D. Chin, V. Linder and S. K. Sia, "Commercialization of microfluidic point-of-care diagnostic devices," *Lab on a chip*, vol. 12, no. 12, pp. 2118–2134, Jun. 2012.
- [3] O. C.-Pérez, J. C.-Terré, and M. B. Roncero, "Materials and Manufacturing Methods for EWOD Devices: Current Status and Sustainability Challenges," *Macromolecular Materials and Engineering*, vol. 308, pp. 1–18, Sep. 2022.

- [4] W. Jia, P. H. Chao, S. Hanet and R. M. van Dam. "Performing multi-step chemical reactions in microliter-sized droplets by leveraging a simple passive transport mechanism," *Lab on a chip*, vol. 17(24), pp. 4342–4355, Dec. 2017.
- [5] M.F. Samad, A.Z. Kouzani, M.M. Rahman, K. Magniez and A. Kaynak, "Design and Fabrication of an Electrode for Low-actuation-Voltage Electrowetting-on-Dielectric Devices," *Procedia Technology*, vol. 20, pp. 20-25, July. 2015.
- [6] W. Wei, Q. Cai, S. Xu and X. Chen, "Transitional Electrodes in Electrowetting-Based Droplet Dispensing," *Biosensors*, vol. 14, no. 1, pp. 1-9, Jan. 2024.
- [7] N. Sagar, S. Bansal and P. Sen, "Open-Chip Droplet Splitting in Electrowetting," *Advanced Materials Interfaces*, vol. 9, pp 1-10, Sep. 2022.
- [8] H. Geng, J. Feng, L. M. Stabrylac and S. K. Cho, "Dielectrowetting manipulation for digital microfluidics: creating, transporting, splitting, and merging of droplets," *Lab on a Chip*, vol. 17, pp. 1060-1068, Feb. 2017.
- [9] B. M. C. Costa, S. Griveau, F. d'Orlye, F. Bedioui, J. A. Fracassi da Silva and A. Varenne, "Microchip electrophoresis and electrochemical detection: A review on a growing synergistic implementation," *Electrochimica Acta*, vol. 391, Jul. 2021.
- [10] A. T. Giannitsis, "Microfabrication of biomedical lab-on-chip devices. A review," *Estonian Journal of Engineering*, vol. 17, no. 2, pp. 109–139, Apr. 2011.
- [11] W. Wang, "Precise Droplet Dispensing in Digital Microfluidics with Dumbbell-Shaped Electrodes," *Micromachines*, vol. 13, no. 3, pp. 484, Mar. 2022.
- [12] K. Sukthang, E. Pengwang, W. Wechsato and A. Tuantranont, "Rapid Fabrication of Close-Typed Electrowetting on Dielectric Devices," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 886, pp. 1-9, Jul. 2020.
- [13] E.Oliveira, C. Doering and H. Fouckhardt, "Optimizing contact angle changes for droplet actuation by optoelectrowetting (OEW): A numerical multi-parameter analysis," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 365, Nov 2023.
- [14] S.N.I.S. Zulkepli, N.H. Hamid; V. Shukla, "Droplet Velocity Measurement Based on Dielectric Layer Thickness Variation Using Digital Microfluidic Devices," *Biosensors*, vol. 8, no. 45, pp. 1-12, May. 2018.

การพัฒนาต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

วิวรรณรัตน์ สารมาตย์¹, พิมพ์กานต์ คิดอ่าน², รวิ อุตตมธนิษฐ³, วรณัน วรมงคล⁴

^{1,2,3,4}สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Email: s62122519019@ssru.ac.th

Received: Mar 16, 2024

Revised: May 12, 2024

Accepted: May 21, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ สร้าง และประเมินประสิทธิภาพตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถควบคุมได้จากระยะไกลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ตู้มีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากับ 80,120 และ150 เซนติเมตร มีการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้น, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแสง มีการใช้บอร์ด ESP32 เชื่อมต่อกับเซนเซอร์และวัดค่าสถานะเพื่อส่งไปเก็บที่ฐานข้อมูลโฟร์เบส ซึ่งเป็นฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ จากนั้นนำข้อมูลไปแสดงผลในเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งพัฒนาโดยรีแอคเฟรมเวิร์ก มีคำสั่งในการปรับค่าอุณหภูมิ ความชื้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การตั้งเวลารดน้ำ การเปิดปิดไฟ การเปิดปิดพัดลมระบายอากาศ บันทึกข้อมูล รวมทั้งยังติดตั้งกล้องแสดงภาพวิดีโอแบบเรียลไทม์ในการสังเกตลักษณะของต้นพืช สามารถทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติหรือตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยผู้วิจัยดำเนินการประเมินประสิทธิภาพทั้งหมด 3 ส่วน คือ 1) การทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน 2) การทำงานของตู้ต้นแบบ และ 3) การเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก พบว่า ทั้ง 3 ส่วนนี้สามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้ต้นกล้าผักที่เพาะชำและดูแลภายในตู้มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่า 12.22% เมื่อเทียบกับการเพาะชำและดูแลภายนอกตู้

คำสำคัญ : ตู้เพาะชำต้นกล้าผัก, ฟาร์มอัจฉริยะ, ระบบควบคุมอัตโนมัติ, เว็บแอปพลิเคชัน

The development of a prototype plant propagation and seedling care cabinet controlled through a web application

Wiwanrat Saramat¹, Pimpakarn Kidarn², Ravi Uttamatanin³,
Voranun Voramongkol⁴

^{1,2,3,4}Computer Engineering Faculty of Engineering and Industrial Technology

Suan Sunandha Rajabhat University

Email: s62122519019@ssru.ac.th

Received: Mar 16, 2024

Revised: May 12, 2024

Accepted: May 21, 2024

Abstract

The objective of this research was to study, design, build, and evaluate the performance of an automated vegetable seedling nursery cabinet that can be controlled remotely through a web application. Cabinet has a width, length, and height are 80, 120, and 150 centimeters. The cabinet controls environmental factors including temperature, humidity, carbon dioxide, and light. An ESP32 board is used to connect to sensors and measure status values to send to a Firebase database, which is a real-time database. The data is then displayed in a web application developed using the React framework. The application has commands to adjust temperature, humidity, carbon dioxide, watering schedule, on/off lights, on/off fans, data recording, and real-time video camera installation to observe plant characteristics. The cabinet can operate in both automatic and user-defined modes. The researcher evaluated the performance of the cabinet in three areas: 1) web application operation, 2) cabinet operation, and 3) seedling care. The results showed that all three areas were functional and could control the environment to promote faster growth of seedlings grown inside the cabinet by 12.22% compared to seedlings grown outside the cabinet.

Keywords : Vegetable Seedling Propagation Cabinet, Smart Farm, Automated Control System, Web Application

บทนำ

ในปัจจุบันความนิยมในการบริโภคผักของคนไทยมีเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามประเด็นที่น่ากังวลคือ ความปลอดภัยของสารเคมีที่ไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานที่ชัดเจน ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและพยากรณ์ทางการเกษตร แมโจโพลล์ (2019) ทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับความมั่นใจในความปลอดภัยที่จะบริโภคสินค้าผักของไทยในปัจจุบัน พบว่า ผู้บริโภคมีความมั่นใจ 20.69% เนื่องจาก 50.77% ปลูกไว้บริโภคเองอีก 49.23% เลือกซื้อในแหล่งที่เชื่อถือได้ และผู้บริโภคไม่มีความมั่นใจ 79.31% เนื่องจากการทำการเกษตรของคนไทยยังมีการใช้สารเคมีในปริมาณสูง

จากปัญหาข้างต้นทำให้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำเกษตรมากขึ้น เพื่อลดการใช้สารเคมี และช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เช่น ระบบฟาร์มอัจฉริยะ คือ การนำเทคโนโลยีมาช่วยบริหารจัดการฟาร์มหรือโรงเรือน เพื่อประหยัดต้นทุนและเวลา เป็นการนำซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์มาใช้ร่วมกัน ในขณะที่ Vox และคณะได้กล่าวเกี่ยวกับวัตถุประสงค์หลักในการสร้างเกษตรกรรมที่ยั่งยืนในระบบเรือนกระจกหรือระบบฟาร์มอัจฉริยะว่า การจัดการสภาพภูมิอากาศภายในควรมี การวัดค่าแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้พืชเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม[1] ปวันนพัสตร์ และคณะ ได้กล่าวว่าระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังช่วยอำนวยความสะดวกและแบ่งเบาภาระของเกษตรกรในการควบคุมสั่งการเปิด-ปิดการให้น้ำในโรงเรือนปลูกพืชผ่านทางสมาร์ทโฟนจากทุกที่ทุกเวลา [2]

จากการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะพัฒนาต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักที่สามารถดูแลได้ในทุกสภาพอากาศและให้ได้ต้น

กล้าที่มีความแข็งแรงพร้อมขยายการเจริญเติบโต โดยไม่มีการใช้สารเคมี ซึ่งจะมีการควบคุมสภาพแวดล้อม คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณแสง การรดน้ำ อัตโนมัติ และการเติมน้ำในถังพักอัตโนมัติ รวมไปถึงการใช้กล้องในการส่งภาพวิดีโอแบบเวลาจริงเพื่อดูสถานะของต้นกล้าผัก อีกทั้งยังเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในตู้ดูแลเพื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดูแลต้นกล้าผักชนิดต่าง ๆ โดยมีการออกแบบให้สามารถควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันเพื่อความสะดวกในการใช้งานและประหยัดเวลาในการดูแลมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
2. เพื่อออกแบบและสร้างต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ระเบียบวิธีวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยการพัฒนาต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ผู้จัดทำรวบรวมและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะบรรลุตามจุดประสงค์ของวิจัย โดยมีวิธีการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งสำหรับการทำงานของตู้
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปวันนพัสตร์, ชาญณรงค์, สมณา และ ชุติกานต์ [2] งานวิจัยนี้เป็นพัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝัง ระบบสามารถแสดงค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นจากเซนเซอร์ สั่งการเปิด-ปิดการรดน้ำจากโซเลนอยด์วาล์ว และสามารถดู

การทำงานของระบบผ่านกล้องวงจรปิดแบบเรียลไทม์ ผ่านสมาร์ตโฟนได้

ปริญญ์ภรณ์ [3] งานวิจัยนี้ได้ทำงานศึกษาอิทธิพลของวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผัก รวมถึงอุณหภูมิในดิน ปัจจัยที่ชักนำความเสถียรภาพของดิน ปัจจัยที่มีต่อการออกของเมล็ดพันธ์ ร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมี ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักโดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล ภายใต้การทดลองสุ่มสมบูรณ์ ปัจจัยคือ ชนิดพืช และสูตรวัสดุเพาะ

สหพงศ์, ฐานวิทย์ และ อธิโรจน์ [4] งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุบาลต้นกล้าและเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าก่อนที่จะนำไปปลูกลงแปลงใหญ่ โดยโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะนี้มีการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น พ่นหมอก ระบายอากาศ และให้แสงเทียมสำหรับพืช

โปชิน, ธนากร และชัชวาล [5] งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์เพื่อควบคุมและตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เหมาะสมตลอดเวลาได้จากกระยะไกล โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IOT) ร่วมกับการสื่อสารแบบไร้สาย ระบบควบคุมอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นแบ่งการควบคุมออกเป็น การควบคุมแบบตั้งเวลาและการควบคุมอัตโนมัติ

วิเชียร [6] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนปลูกเมล่อน โดยระบบควบคุมนี้ สามารถนำไปติดตั้งกับโรงเรือนที่มีอยู่ได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

โครงสร้างของโรงเรือน ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนปลูกเมล่อนทำงานร่วมกัน 2 ระบบ คือระบบพ่นหมอก (Fogger System) และพัดลมระบายอากาศ (Force Ventilation) ระบบพ่นหมอก (Fogger System) อาศัยหลักการระเหยน้ำโดยเมื่อน้ำเกิดการระเหยจะเกิดการดูดซับความร้อนภายในโรงเรือน

ฤกษ์, คมสัน และศรายุทธ [7] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสร้างตู้ปลูกผักไร้ดินด้วยหลอดไฟปลูกต้นไม้ สำหรับกลุ่มชุมชนตำบลลำพัน อำเภอบ้านใหม่ จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อการบริโภคระดับครัวเรือน

พรชัย [8] งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาตู้เพาะเห็ดกึ่งอัตโนมัติ โดยสร้างอุปกรณ์ที่สามารถเพาะปลูกเห็ดนางฟ้าหรือเห็ดชนิดอื่น ๆ ที่ปลอดสารพิษและสามารถเพาะปลูกในบริเวณพื้นที่จำกัด โดยมีขอบเขตว่าสามารถใช้พื้นที่ภายในอาคารที่พักอาศัยและมีประโยชน์ใช้สอยมากกว่าหนึ่งอย่าง คือสามารถเพาะปลูกผักสวนครัวชนิดอื่น ๆ ได้หลายประเภทที่ต้องใช้การควบคุมสภาวะอากาศสามารถควบคุมการทำงานของระบบอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ได้

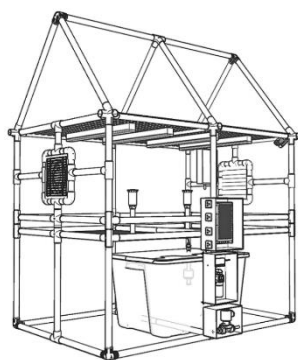
3. ออกแบบแผนผังภาพรวมของระบบ ESP32 มีส่วนหลักประกอบหลัก คือ บอร์ด ESP32 โดยจะมีส่วนประกอบ ดังนี้ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้น เซนเซอร์วัดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เซนเซอร์วัดระดับน้ำ รีเลย์ ปั๊มน้ำ อุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำ แสงเทียมสำหรับพืช พัดลมระบายอากาศ กล้องจะเชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 4 ปี ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังภาพรวมของระบบ

โดยการทำงาน จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้ เว็บไซต์แอปพลิเคชัน ใช้ในการควบคุมตู้ต้นแบบขนาดเล็กสำหรับเพาะชำและดูแลต้นกล้าผักและแสดงค่าต่าง ๆ ของเซนเซอร์โดยใช้ฐานข้อมูลในส่วนที่ ไฟร์เบส เป็นฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปรที่ใช้สำหรับควบคุม ฮาร์ดแวร์ ตู้ต้นแบบขนาดเล็กสำหรับเพาะชำและดูแลต้นกล้าผักจะทำการอ่านค่าที่ได้จากฐานข้อมูลเพื่อทำงานตามคำสั่ง และใช้ในการดูแลการเพาะต้นกล้าผักพร้อมกับส่งค่ากลับ เซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ใช้ในการตรวจจับ และวัดค่าส่งการทำงานกลับไปยังบอร์ดภายในตู้ต้นแบบเพื่อส่งค่าให้ฐานข้อมูลใช้แสดงในเว็บไซต์แอปพลิเคชัน

4. การออกแบบโครงสร้างตู้ โดยตู้มีขนาดความกว้าง 80 ซม. ความยาว 120 ซม. และความสูง 150 ซม. แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบโครงสร้างตู้

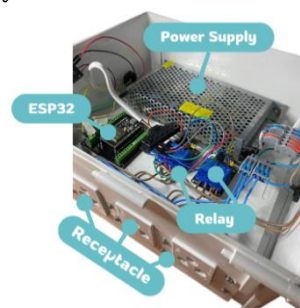
5. สร้างตู้และหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะแบ่งออกเป็นดังนี้

การสร้างตู้โดยประกอบโครงสร้างตู้ และติดตั้งอุปกรณ์ตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้ แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก

การสร้างชุดควบคุมโดยประกอบอุปกรณ์ของส่วนต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้ตามวงจรการทำงาน แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดควบคุม

การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ โดยจะมี พัฒนาระบายอากาศ ไฟสำหรับปลูกพืช หัวพ่นสำหรับรดน้ำ กล้องเซนเซอร์ กล้อง แสดงในรูปที่ 5-9



รูปที่ 5 ตำแหน่งพัฒนาระบายอากาศ



รูปที่ 6 ตำแหน่งไฟปลูกสำหรับพืช



รูปที่ 7 ตำแหน่งหัวพ่นสำหรับรดน้ำ

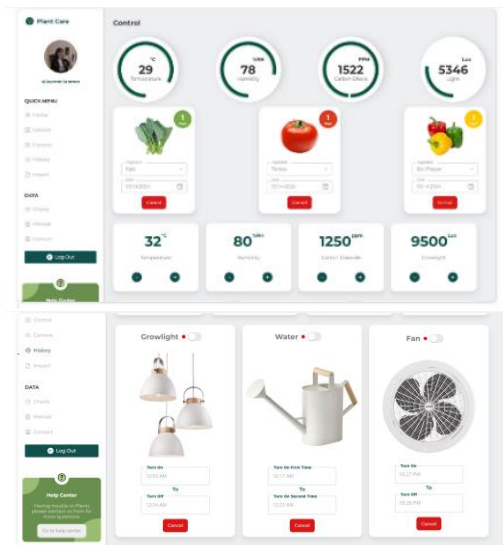


รูปที่ 8 ตำแหน่งกล้องเซนเซอร์



รูปที่ 9 ตำแหน่งกล้อง

การสร้างเว็บแอปพลิเคชันเพื่อแสดงค่าต่าง ๆ ที่อ่านได้จากเซนเซอร์ และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 10 การแสดงผลบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินผลการออกแบบและสร้างตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินผลการออกแบบและสร้างตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 50 ท่าน พิจารณาและประเมินผลการออกแบบ โดยใช้แบบพิจารณาและประเมินคุณภาพ [9] จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์ [10]

และสรุปผล พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.30 อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การออกแบบและสร้างเว็บแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 โดยหัวข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าโฮมเพจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 รองลงมาคือการ

ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลขนาดเล็กสำหรับเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 โดยหัวข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ โครงสร้างแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินการออกแบบและสร้างตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักอัตโนมัติ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
เว็บแอปพลิเคชัน	4.47	0.13	ดีมาก
1. ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าโฮมเพจ	4.68	0.06	ดีมาก
2. การจัดรูปแบบง่ายต่อการอ่านและใช้งาน	4.62	0.08	ดีมาก
3. สีสีนในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.56	0.10	ดีมาก
4. เมนูง่ายต่อการใช้งาน	4.50	0.12	ดีมาก
5. สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.44	0.14	ดีมาก
6. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่าย	4.38	0.16	ดีมาก
7. การใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพเหมาะสม	4.32	0.18	ดีมาก
8. ข้อความในเว็บแอปพลิเคชันถูกต้องตามหลักภาษา	4.26	0.20	ดีมาก
ตู้ต้นแบบขนาดเล็กสำหรับเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก	4.14	0.27	ดี
1. การเลือกใช้ฮาร์ดแวร์ได้อย่างเหมาะสม	4.20	0.25	ดี
2. การจัดวางอุปกรณ์มีความปลอดภัยและเหมาะสม	4.15	0.30	ดี
3. สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย	4.05	0.20	ดี
4. สามารถนำไปติดตั้งได้ง่าย	4.10	0.25	ดี
5. โครงสร้างแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	4.25	0.20	ดีมาก
6. มีความทันสมัย	4.00	0.30	ดี
โดยรวม	4.30	0.20	ดีมาก

2. ผลประเมินประสิทธิภาพตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักแบบอัตโนมัติ

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทดสอบเว็บแอปพลิเคชัน การทดสอบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก และการทดสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักทั้งภายในและภายนอกตู้ต้นแบบ

2.1 การทดสอบเว็บแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้งานบนเว็บเบราว์เซอร์กิลโครม (Google Chrome) ซาฟารี (Safari) และ ไมโครซอฟต์เอดจ์ (Microsoft Edge) ในระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ (Android) ไอโอเอส (IOS) และวินโดว (Window) ตามลำดับ โดยเริ่มจากการตรวจสอบที่ละฟังก์ชันเพื่อหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม ใช้การกำหนดตัวชี้วัดดังนี้ 1 = ใช้งานไม่ได้, 2 = พบ

ปัญหา, 3 = พบปัญหาเล็กน้อย, 4 = ใช้งานได้ดีจริง โดยมีปัญหาที่รับได้, 5 = ใช้งานได้ดี พบว่าการทำงานในส่วนการทำงานของระบบปฏิบัติการ Window ไม่พบข้อผิดพลาดใด ๆ จากการทำงานในส่วนระบบปฏิบัติการ Android ยังมีปัญหาแต่

ยังสามารถรับได้ และในระบบปฏิบัติการ iOS พบปัญหาในการส่งข้อมูลออกเป็นไฟล์ CSV เนื่องจากไม่สามารถบันทึกไฟล์ออกมาได้ อีกทั้งการตั้งเวลาและตั้งค่าชนิดผักจะมีการตอบสนองค่อนข้างช้า ซึ่งแตกต่างจากสองระบบก่อนหน้านี้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลประเมินประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชัน

การทดสอบ/ตัวชี้วัด	ระบบปฏิบัติการ														
	Android					iOS					Windows				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
การปรับค่าสภาพอากาศ					✓					✓					✓
การเปิด/ปิดอุปกรณ์					✓					✓					✓
การตั้งเวลา เปิด/ปิด					✓			✓							✓
การบันทึกข้อมูล					✓					✓					✓
การลบข้อมูล					✓					✓					✓
การส่งข้อมูลออกเป็นไฟล์ CSV				✓			✓								✓
การส่งข้อมูลออกเป็นไฟล์ PDF					✓				✓						✓
การนำเข้าไฟล์ CSV					✓					✓					✓
การตั้งค่าชนิดผักที่ปลูก				✓				✓							✓
การแสดงผลภาพวิดีโอ					✓				✓						✓

2.2 การทดสอบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้า ผัก แนวทางการทดสอบใช้การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของ ตู้ต้นแบบขนาดเล็กสำหรับเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก ด้วยการทดสอบค่าอินพุตและตั้งสมมติฐานในการ

ทดสอบ เพื่อหาข้อผิดพลาดในการทำงานของตู้ต้นแบบ พบว่า การทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ภายในตู้ต้นแบบมีประสิทธิภาพในการทำงานและได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการในการใช้งาน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพตู้ต้นแบบขนาดเล็กสำหรับเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก

รายการ	การทดสอบ		
	ค่าอินพุต	สมมติฐาน	ผลลัพธ์
1. บอร์ดควบคุม	ไฟฟ้าขัดข้อง	เมื่อไฟฟ้าจ่ายไฟปกติ จะกลับมาทำงาน	✓
2. อุปกรณ์ทั้งหมด	ไฟฟ้าขัดข้อง	เมื่อไฟฟ้าจ่ายไฟปกติ จะกลับมาทำงาน	✓
3. อุณหภูมิ	ตั้งค่าที่ 30 องศา	พัดลมจะทำงานให้อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศา	✓
4. ความชื้น	ตั้งค่าที่ 80 %RH	พัดลมจะทำงานให้ความชื้นไม่เกิน 80 %RH	✓
5. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	ตั้งค่าที่ 1000 ppm.	พัดลมจะทำงานให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm.	✓
6. ความเข้มแสง	ตั้งค่าที่ 15000 LUX	ถ้าเกิน 15000 LUX จะส่งข้อมูลแจ้งเตือน	✓
7. ระดับน้ำในถังน้ำ	กรณีน้ำในถังอยู่ในระดับน้ำ กว่าเซนเซอร์	โซเลนอยด์วาล์วจะทำงาน เติมน้ำจนถึง ระดับเซนเซอร์	✓
8. กรณีการสัญญาณ เชื่อมต่อขาดหาย	สัญญาณขาดหาย	จะเชื่อมต่อสัญญาณใหม่เมื่อสัญญาณปกติ	✓
9. ทำงานตามคำสั่งจาก เว็บแอปพลิเคชัน	สั่งการ เปิด/ปิด อุปกรณ์	สามารถเปิด/ปิด อุปกรณ์ได้ตามคำสั่งที่ได้ จากเว็บแอปพลิเคชัน	✓

2.3 การทดสอบการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของต้นกล้าผักภายในและภายนอกตู้ต้นแบบ ใช้เวลาในการทดสอบเป็นเวลา 30 วัน และจะสุ่มหยิบต้นกล้าผักแต่ละชนิดที่ทำการทดลองชนิดละ 5 โดยจะทดสอบความยาวของลำต้นจากใบจนถึงปลายรากทั้งภายในและภายนอกตู้ต้นแบบ พบว่า ความยาวของลำต้นจากใบจนถึงปลายรากที่มีการเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก

ภายในตู้ต้นแบบ มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ลำต้นยืดยาว โดยลำต้นมีความยาวมากกว่าการเพาะชำและดูแลต้นกล้าผักภายนอกตู้ต้นแบบ เมื่อพิจารณาวันที่ 30 ความยาวของลำต้นจากการเพาะชำและดูแลภายนอกจะมีความยาวเฉลี่ย 15.71 เซนติเมตร ส่วนการเพาะชำและดูแลภายในจะมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 17.63 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพการเพาะชำและดูแลต้นกล้าผักภายนอกตู้ต้นแบบ

ชนิด	ความยาวของลำต้นจากใบจนถึงปลายราก (เซนติเมตร)						S.D.
	จำนวนต้น					$\bar{X}$	
	1	2	3	4	5		
1. คะน้าฮ่องกง	16.70	16.40	16.60	16.80	16.40	16.58	0.18
2. กวางตุ้งฮ่องเต้	14.70	14.20	13.30	13.70	13.80	13.94	0.53
3. พริกหวานแคลิฟอร์เนีย	18.70	18.60	18.10	18.70	18.50	18.52	0.25
4. มะเขือเทศเชอร์รี่ บรินเนส	16.70	16.40	16.50	15.90	15.30	16.16	0.56
5. บรอกโคลีท็อปกรีน	11.40	11.10	11.60	11.50	11.20	11.36	0.21
6. กะหล่ำดอก	16.80	16.10	16.90	16.60	16.20	16.52	0.36
7. แครอทมินิเอ็กเซลส	17.10	16.10	17.30	16.40	17.50	16.88	0.60
โดยรวม						15.71	0.18

ตารางที่ 5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการเพาะชำและดูแลต้นกล้าผักภายในตู้ต้นแบบ

ชนิด	ความยาวของลำต้นจากใบจนถึงปลายราก (เซนติเมตร)						S.D.
	จำนวนต้น					$\bar{X}$	
	1	2	3	4	5		
1. คะน้าฮ่องกง	17.10	17.40	18.10	17.50	18.30	17.68	0.50
2. กวางตุ้งฮ่องเต้	14.20	14.80	14.90	14.10	14.70	14.54	0.36
3. พริกหวานแคลิฟอร์เนีย	20.10	20.90	20.80	19.80	20.40	20.4	0.46
4. มะเขือเทศเชอร์รี่ ปรีนเซส	18.50	18.10	18.20	18.70	18.20	18.34	0.25
5. บรอกโคลีท็อปปรีน	12.20	12.10	12.90	12.40	12.50	12.42	0.31
6. กะหล่ำดอก	17.90	18.50	18.40	18.30	17.60	18.14	0.38
7. แครอทมินิเอ็กเพรส	21.70	22.20	21.40	21.60	22.50	21.88	0.45
โดยรวม						17.63	0.09

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการพัฒนาต้นแบบตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก ทำหน้าที่ควบคุมสภาพแวดล้อมภายในตู้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง และการให้น้ำ 2) เว็บแอปพลิเคชัน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก รวมถึงการแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ เช่น สภาพภายในตู้ สถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และข้อมูลการเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก และ 3) ระบบฐานข้อมูลโฟร์เบส ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก เช่น ข้อมูลสภาพภายในตู้ ข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และข้อมูลการเพาะชำและดูแลต้นกล้าผัก ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักได้อย่างแม่นยำ

2. ผลการออกแบบและสร้างตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันพบว่า ตู้ต้นแบบสวยงาม ทันสมัย โครงสร้างแข็งแรงทนทาน วัสดุที่ใช้ทำตู้ต้นแบบมีความแข็งแรงทนทาน ประกอบและติดตั้งได้ง่าย ได้ระดับความคิดเห็นมากที่สุดจากนักศึกษา สาขา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 50 คนอยู่ที่ 4.30

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพตู้เพาะชำและดูแลต้นกล้าผักควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันพบว่า ทั้ง 3 ส่วนหลักของตู้ต้นแบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการทำงานของระบบปฏิบัติการ Windows ไม่พบข้อผิดพลาดการทำงานของระบบปฏิบัติการ Android มีประสิทธิภาพ แต่อาจพบปัญหาบ้าง เช่น การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อาจไม่เสถียร การตั้งเวลาอาจไม่แม่นยำ การทำงานของระบบปฏิบัติการ iOS มีประสิทธิภาพ แต่อาจพบปัญหาในการส่งข้อมูลและการตั้งเวลา เซนเซอร์และอุปกรณ์ภายในตู้มีประสิทธิภาพในการใช้งานและได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ ต้นกล้าผักที่เพาะชำและดูแลภายในตู้ต้นแบบ มีความยาวของลำต้นมากกว่าต้นกล้าผักที่เพาะชำและดูแลภายนอกตู้ต้นแบบ โดยพบว่าเมื่อพิจารณาวันที่ 30 ความยาวของลำต้นจากการเพาะชำและดูแลภายนอกจะมีความยาวเฉลี่ย 15.71 เซนติเมตร ส่วนการเพาะชำและดูแลภายในจะมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 17.62 เซนติเมตร ซึ่งมีความยาวมากกว่าถึง 12.22%

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวิ ฤตมธนิทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐกุล โปร่งนุช และ

References

- [1] Vox, Teitel, Pardossi, Minuto, Tinivella and Schettini, “Sustainable Green house Systems,” In A. Salazar and I. Rios (Eds.), Nova Science Publishers, Inc., NY, USA, 2010.
- [2] P. Srisornmueang, S. Somwong, S. Busabok, C. Srisornmueang, C. Homtap and A. Mano, “Development of a smart farm control system model in greenhouse cultivation using embedded computers,” *Journal of Research*, vol. 20, no. 1, pp. 24, 2021.
- [3] P. Namsai, “Influence of substrates on the growth of vegetable seedlings,” Master’s thesis, Faculty of Science, Plant Science Department, Maejo University, Chiang Mai, 2003.
- [4] S. Somwong, T. Nam Sai and A. Mano, “Development of smart nursery greenhouses for organic farming in Thakham Community Enterprise, Thakham Subdistrict, Hat Yai District, Songkhla Province,” *Research Article*, vol. 39, no. 3, pp. 72, 2022.
- [5] T. Arisariyawong, P. Chantanamatta, T. Wongamrest and C. Karawan, “Automatic control system for organic greenhouse),” *Journal of Science and Technology*, vol. 13, no. 25, pp. 52–63, January-June. 2021.
- [6] W. Duangsrissen, “A Development of Temperature Control System in Melon Greenhouses Planting,” *The Golden Teak: Science and Technology Journal (GTSJ.)*, vol. 9, no. 1, pp. 40-49, January-June, 2022.
- [7] K. Chantasit, K. Muisee and S. Chitphutthanakul, “Hydroponic system with LED grow light and Automatic temperature control system for Ramphan Community, ThaMai District, Chanthaburi Province,” *Research*, p.1-46, 2020.
- [8] P. Ongsupharom, “Develop mushroom cultivation semi automatic,” *Research*, p. 4-74, 2020.
- [9] J. Best, “Research in Education,” Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1977.
- [10] R. Likert, “A Technique for the Measurement of Attitudes,” *Archives of Psychology*, vol. 140, pp. 1-55, 1932.

การพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศบริการข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ ในจังหวัดเพชรบูรณ์

วาสนา วงศ์ษา^{1*}, ชัยสิทธิ์ วันน้อย², วรชัย ศรีเมือง³, นฤมล วันน้อย⁴, ศรัญญา ตรีทิศ⁵

^{1,2,3,4}คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

⁵คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Email: wassanaw@pcru.ac.th

Received: May 23, 2024

Revised: Apr 23, 2024

Accepted: Apr 30, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศบริการข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในตำบลบึงคล้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบสารสนเทศตามกระบวนการวัฏจักรชีวิตการพัฒนาระบบ ซึ่งมีขั้นตอนการวางแผนงาน ศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานโดยลงพื้นที่ศึกษารวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบพัฒนาระบบสารสนเทศในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาพีเอชพีและเอชทีเอ็มแอล จัดเก็บข้อมูลลงบนฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล ทำการทดสอบและปรับปรุงแก้จุดบกพร่องก่อนนำไปใช้งาน ฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบคือ สามารถบันทึกข้อมูลด้านพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ การประเมินความเสี่ยงของโรค และสรุปผลการตรวจสุขภาพจากการบันทึกข้อมูลสุขภาพโดยแพทย์ สามารถค้นหาหรือเรียกดูรายงานสุขภาพและแสดงผลข้อมูลบนแดชบอร์ด ใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟน การประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านความสามารถการทำงานได้ตามหน้าที่ ด้านการใช้งาน และด้านความปลอดภัยของข้อมูล มีค่าเฉลี่ยรวม 4.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44 อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศ, ระบบบริการข้อมูล, ข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุ

The Prototype Development of a Health Information Service System for the Elderly in Phetchabun Province

**Wassana Wongs^{1*}, Chaisit Wannoi², Worachai Srimuang³,
Narumon Wannoi⁴, Saranya Tritose⁵**

^{1,2,3,4} Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University

⁵ Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

Email: wassanaw@pcru.ac.th

Received: May 23, 2024

Revised: Apr 23, 2024

Accepted: Apr 30, 2024

Abstract

The objective of this research is to develop the prototype of a health information service system for the elderly in BungKhla Subdistrict, Lomsak District, Phetchabun Province and evaluate information systems. The research team developed the information system according to the System Development Life Cycle (SDLC) process. Which has planning steps, study the needs of users by conducting field visits and collecting data through interviews, to perform system analysis and design, to develop the information systems in the form of web applications using PHP and HTML, storing data with MySQL database, to perform tests and debugs before deployment. The main functionality of the system is that it can record health behavioral data of the elderly, evaluation of disease risk, and summary of health examination results from medical records by doctors. Health reports can be searched or retrieved and displayed on dashboards, available on both computers and smartphones. Assessment of the performance of information systems by experts in functional, usability and information security have a total average of 4.67, with standard deviation of 0.44 is the highest level.

Keywords : Information Systems, Information Services Systems, Elderly Health Information.

บทนำ

ประเทศไทยมีประชากรกว่า 66 ล้านคน จากสถิติข้อมูลจำนวนผู้สูงอายุในปี พ.ศ. 2566 พบว่าเฉพาะประชากรที่เป็นผู้สูงอายุมีมากถึง 13 ล้านคนหรือคิดเป็นร้อยละ 20.08 [1] และประเทศไทยกำลังจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ซึ่งหมายถึงสังคมที่มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด [2] โดยปัญหาสำคัญที่ผู้สูงอายุไทยประสบคือการปัญหาทางเศรษฐกิจและสุขภาพเกือบครึ่งหนึ่งของผู้สูงอายุมีรายได้ไม่พอเลี้ยงชีพ และมีสุขภาพอยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ดีมาก สถานการณ์ทางสุขภาพของผู้สูงอายุผลการสำรวจสุขภาพประชาชนโดยการตรวจร่างกายพบว่าโรคที่มักพบในผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคความดันเลือดสูง เบาหวาน ข้ออักเสบ ข้อเสื่อม โรคถุงลมโป่งพอง หลอดลมปอดอุดกั้นเรื้อรัง หลอดเลือดหัวใจตีบ กล้ามเนื้อหัวใจตาย และอัมพาต นอกจากนี้ยังพบว่าภาวะการเจ็บป่วยของผู้สูงอายุนี้เป็นเหตุผลสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผู้สูงอายุไม่สามารถทำงานหาเลี้ยงชีพได้ จากสภาพสังคมไทยที่ก้าวสู่สังคมผู้สูงอายุไปพร้อมกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลและการพัฒนาเทคโนโลยีด้านระบบสารสนเทศข้อมูลทางด้านสาธารณสุขนับว่ามีความสำคัญต่อการติดตามดูแลสุขภาพของประชาชนในชุมชนที่เป็นผู้สูงอายุได้ จากการลงพื้นที่สำรวจความต้องการด้านการใช้สารสนเทศของผู้สูงอายุในชุมชนในพื้นที่ตำบลบึงคล้า อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้มีการติดตามสุขภาพของผู้สูงอายุโดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุขและอาสาสมัครสาธารณสุขชุมชนเป็นผู้ดำเนินการสอบถามและบันทึกข้อมูลสุขภาพเบื้องต้นจากผู้สูงอายุ จัดบันทึกลงบนแบบฟอร์มกระดาษ แล้วเก็บรวบรวมไว้สรุปรายงานผลในภายหลังซึ่งพบว่ายังไม่มีการใช้เทคโนโลยีในการจัดเก็บข้อมูลด้านสุขภาพของประชากรผู้สูงอายุ จากการศึกษางานวิจัยการประยุกต์ใช้ไลน์แชทบอตโดยพัฒนา

ระบบสารสนเทศสำหรับการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในจังหวัดพิษณุโลก [3] และการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการดูแลผู้สูงอายุจังหวัดปัตตานี [4] ซึ่งเป็นการนำระบบสารสนเทศมาช่วยในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของผู้สูงอายุมาจัดเก็บในฐานข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ

คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศเพื่อให้บริการข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุในตำบลบึงคล้า อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยนำกระบวนการวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ และวัฏจักรวงจรชีวิตการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) มาพัฒนาระบบใหม่ เพื่อแก้ปัญหาด้านการจัดเก็บข้อมูลและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นการยกระดับการพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลบริการด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ และจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและลดขั้นตอนกระบวนการทำงานของเจ้าหน้าที่ด้านสาธารณสุขของชุมชน ช่วยการเสริมพลังในการพัฒนาชุมชนผู้สูงอายุของท้องถิ่น โดยผู้สูงอายุจะได้รับการดูแล ติดตาม และการวางแผนการให้บริการของหน่วยงานด้านสุขภาพที่ดีขึ้นได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศเพื่อให้บริการข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ ในจังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบระบบสารสนเทศเพื่อให้บริการข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ ในจังหวัดเพชรบูรณ์

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ขอบเขตของการวิจัยด้านฟังก์ชันของระบบ
 - 1.1 การเข้าใช้งานระบบสารสนเทศต้องมีการลงทะเบียนก่อนการเข้าใช้งาน

1.2 การเข้าใช้งานระบบสารสนเทศต้องมีการลงชื่อเข้าสู่ระบบ และออกจากระบบ

1.3 การเข้าใช้งานระบบสารสนเทศต้องมีการกำหนดระดับสิทธิ์ของใช้งาน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ แพทย์ เจ้าหน้าที่สาธารณสุข อาสาสมัครสาธารณสุขชุมชน และผู้สูงอายุ

1.4 สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลในเมนูต่าง ๆ ตามระดับสิทธิ์ของผู้ใช้งาน

1.5 สามารถค้นคืนข้อมูลจากฐานข้อมูล สามารถเรียกดูรายงาน พิมพ์รายงาน และดาวน์โหลดรายงานในรูปแบบไฟล์พีดีเอฟ (pdf) จากระบบได้

1.6 สามารถแสดงผลข้อมูลสรุปในรูปแบบแดชบอร์ดได้ทั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟน

2. ขอบเขตด้านประชากร การประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 คน โดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศ ได้แก่ โปรแกรมมิกซ์ลสตูดีโอโค้ดภาษาพีเอชพี (PHP) และภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML) และฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) สำหรับจัดเก็บข้อมูลของระบบ

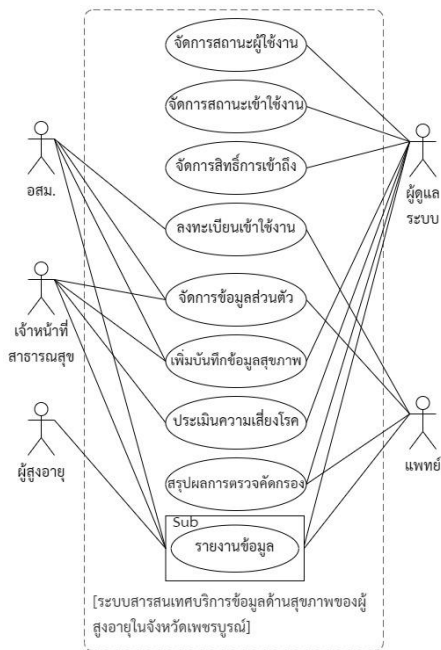
4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การศึกษาปัญหาและการรวบรวมความต้องการ โดยใช้เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูล (Fact-Finding Techniques)[5] เพื่อจัดทำความต้องการของผู้ใช้งาน คือ การศึกษาเอกสารแบบฟอร์มของระบบงานเดิม การสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลบึงคล้า อำเภอหล่มสัก และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล และอาสาสมัครสาธารณสุขตำบลบึงคล้า ซึ่งมีภาระกิจในการปฏิบัติงานด้านผู้สูงอายุในชุมชน พบว่าในการออกตรวจคัดกรอง

และตรวจสุขภาพประจำปี อาสาสมัครสาธารณสุขชุมชนทำการสัมภาษณ์และจดบันทึกข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุเป็นแบบฟอร์มกระดาษ เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลต้องเก็บรวบรวม แล้วสรุปผล เพื่อให้คำแนะนำด้านสุขภาพ หรือหากมีความเสี่ยงด้านสุขภาพต้องส่งต่อเพื่อการรักษายังโรงพยาบาลต่อไป ซึ่งในการเรียกดูข้อมูลจะต้องมาค้นหาเอกสารในภายหลัง ทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าในการเก็บรวบรวมแบบฟอร์มเอกสารข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ และความไม่สะดวกในการค้นหาข้อมูล

4.2 การวิเคราะห์ความต้องการและลักษณะการใช้งาน การศึกษาครั้งนี้จะเป็นการพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศในการช่วยอำนวยความสะดวกในการบันทึกข้อมูลในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ผู้ใช้งานทำการลงบันทึกเข้า (login) เข้าสู่ระบบ การกรอกข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุโดยอ้างอิงข้อมูลจากฟอร์มแบบบันทึกตรวจสุขภาพ ส่วนของบันทึกพฤติกรรมสุขภาพ

4.3 การออกแบบระบบสารสนเทศ แสดงการออกแบบการทำงานตามฟังก์ชันด้วยแผนภาพยูสเคส ประกอบด้วย แอคเตอร์ และยูสเคสของระบบ ดังรูปที่ 1



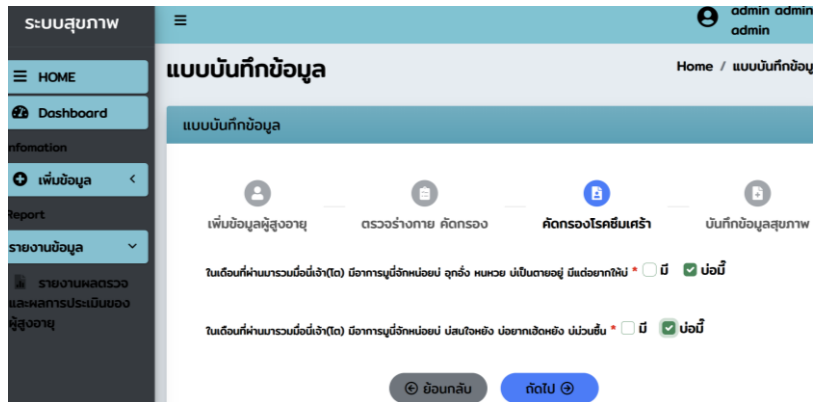
รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบ

4.4 การพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศด้วยภาษาพีเอชพี จัดเก็บบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล มีฟังก์ชันการทำงานดังรูปที่ 1 ดังนี้

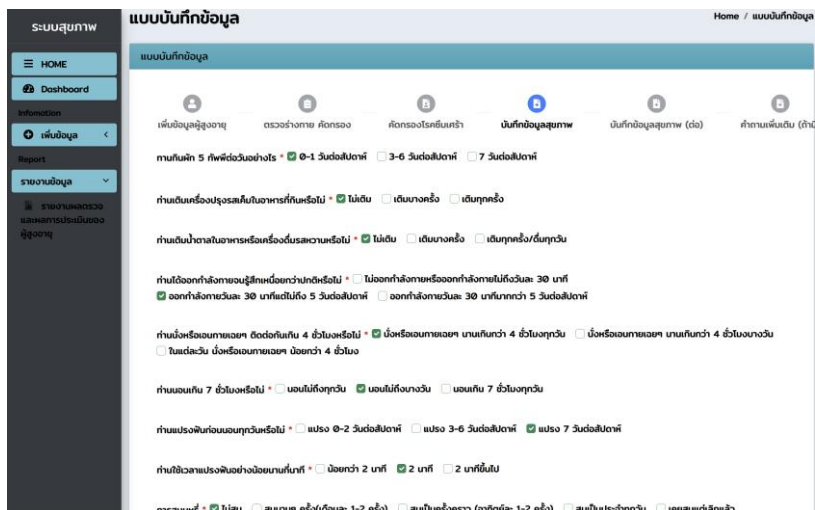
ส่วนหน้าจอหลักประกอบด้วย การเข้าสู่ระบบ และการลงทะเบียนเข้าใช้งาน ส่วนการเพิ่มข้อมูลประกอบด้วย เมนูแบบบันทึกข้อมูลสำหรับกรอกข้อมูลด้านพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ เมนูการประเมินความเสี่ยงของโรคมะเร็ง เมนูสรุปผลการตรวจโดยแพทย์ และส่วนรายงานข้อมูลประกอบด้วย เมนูแสดงรายงานข้อมูลสุขภาพ เมนูสรุปผลการตรวจ และหน้าแดชบอร์ด รายงานผลตรวจและผลประเมินของผู้สูงอายุ ตัวอย่างต้นแบบระบบสารสนเทศดังรูปที่ 2 ถึง 5



รูปที่ 2 หน้าจอหลักของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลคัดกรองโรคซึมเศร้าด้วยภาษาท้องถิ่น (ไทหล่ม)



รูปที่ 4 หน้าจอการบันทึกข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุส่วนของพฤติกรรมสุขภาพ



รูปที่ 5 หน้าจอแดชบอร์ดแสดงรายงานผลตรวจและผลประเมินของผู้สูงอายุ

4.5 การทดสอบซอฟต์แวร์โดยการทดสอบฟังก์ชันแบบ Black-Box และทดสอบความสมบูรณ์ของระบบแบบอัลฟา (Alpha Testing) โดยนำข้อมูลสมมติเสมือนข้อมูลจริงในการทดสอบ [5] เพื่อตรวจหาข้อผิดพลาด แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้งาน

4.6 การประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศ ซึ่งนำข้อคำถาม [6] มาใช้ในการประเมินแบ่งเป็น 3 ด้าน แล้วทำการวิเคราะห์ผลประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบระบบสารสนเทศโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

และแปลความหมายของระดับประสิทธิภาพจากค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ของเบสท์ [7] ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง น้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. การประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบระบบสารสนเทศเพื่อให้บริการข้อมูลสุขภาพของผู้สูง อายุในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศและด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จำนวน 5 คน มีผลประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

หัวข้อการประเมินประสิทธิภาพ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)			
1.1 ความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ความถูกต้องของระบบในการเพิ่ม ลบ และปรับปรุงข้อมูล	4.80	0.45	มากที่สุด
1.3 ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล	4.80	0.45	มากที่สุด
1.4 ความถูกต้องของระบบในการแสดงผลรายงานข้อมูล	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านที่ 1	4.80	0.41	มากที่สุด
2. ด้านการใช้งาน (Usability)			
2.1 การจัดแบ่งเมนูชัดเจนและมีความง่ายในการเรียกใช้ระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	4.40	0.55	มาก
2.3 ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.60	0.55	มากที่สุด
2.4 ความสวยงามน่าใช้ของระบบในภาพรวม	4.40	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านที่ 2	4.50	0.51	มากที่สุด
3. ด้านความปลอดภัยของข้อมูล (Security)			
3.1 การกำหนดสิทธิ์ระดับการเข้าใช้ระบบมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้ถูกต้อง	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่าง ๆ	4.60	0.55	มากที่สุด
3.4 มีระบบรองรับข้อมูลที่ตรงกับความต้องการในแต่ละระดับ	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านที่ 3	4.70	0.47	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.67	0.44	มากที่สุด

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศบริการข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในตำบลบึงคล้า จังหวัดเพชรบูรณ์ และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาระบบสารสนเทศตามกระบวนการวัฏจักรชีวิตการพัฒนาระบบ โดยการออกแบบและพัฒนาด้านระบบสารสนเทศแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาพีเอชพีและเอชทีเอ็มแอล จัดเก็บบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล การทดสอบระบบแบบอัลฟาเป็นการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบโดยผู้ใช้งาน และใช้ข้อมูลสมมติในการทดสอบระบบ [5] ปรับปรุงแก้จุดบกพร่องก่อนนำไปใช้งาน ฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบคือสามารถบันทึกข้อมูลด้านพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ การประเมินความเสี่ยงของโรค และสรุปผลการตรวจจากบันทึกข้อมูลสุขภาพโดยแพทย์ ระบบแสดงรายงานสุขภาพได้ในรูปแบบแดชบอร์ด ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดรายงานผลสุขภาพได้ในรูปแบบไฟล์พีดีเอฟ (pdf) ซึ่งใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) ด้านการใช้งาน (Usability) และด้านความปลอดภัยของข้อมูล (Security) มีค่าเฉลี่ยรวม 4.67 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44 อยู่ในระดับมากที่สุด

จากผลประเมินประสิทธิภาพของระบบทั้ง 3 ด้าน ในด้านความสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ มีระดับค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.80 ซึ่งแสดงได้ว่าต้นแบบระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันนี้ สามารถทำงานตามหน้าที่ได้ มีความถูกต้องของระบบในการทำงานทั้งการเพิ่มลบ และปรับปรุงข้อมูล การนำเสนอข้อมูล รวมทั้งการแสดงผลรายงานข้อมูล สามารถช่วยลดภาระงานของผู้บันทึกข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุได้

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรวิทย์ อาดำ และคณะ [3] ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการดูแลผู้สูงอายุตำบลเขาตูม อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี และงานวิจัยของเสกสรรค์ ศิริลย์ และรัฐวิภาค อุทองมาก [4] ในการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งได้นำกระบวนการพัฒนาระบบด้วยหลักการแบบวัฏจักรชีวิตการพัฒนาระบบ มาพัฒนาระบบงานเดิมมาทำการออกแบบพัฒนาระบบใหม่ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้และเป็นประโยชน์ในการติดตามดูแลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุได้ และระบบสารสนเทศยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการแก้ไขปัญหาระบบงานเดิมดังงานวิจัยของอาบจิตร กอมาตย์ และคณะ [8] ซึ่งได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบงานสารบรรณซึ่งระบบงานเดิมเป็นแบบเอกสาร ซึ่งอาจผิดพลาดได้และขาดความรวดเร็วเมื่อพัฒนาระบบขึ้นมาจึงสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังนั้นหากมีการนำต้นแบบระบบสารสนเทศบริการข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในตำบลบึงคล้าไปใช้งานจริงนั้นก็จะสามารถเป็นแนวทางในการจัดเก็บข้อมูล และช่วยเสริมพลังในการติดตาม ดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุในชุมชนตำบลบึงคล้า ได้โดยสะดวก รวดเร็ว และช่วยให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนสนับสนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

References

- [1] Department of Provincial Administration Ministry of Interior, September. 5, 2023.
- [2] “Elderly Statistics,” [Online]. Available: <https://www.dop.go.th/th/known/side/1/1/2449>
- [3] Department of Older Persons, “The situation of the elderly in Thailand in 2022,” Bangkok: Amarin Corporation Public Company Limited, 2023. [Online]. Available: https://www.dop.go.th/download/knowledge/th1696238995-2521_0.pdf
- [4] S. Sivilai, and R. Uthongmak, “Development of information system for elderly health care in Muang District, Phitsanulok Province,” *The 4th National Conference in Science and Technology Chandrakasem Rajabhat University*, Bangkok, May. 22, 2021, pp. 72 - 77.
- [5] V. Adam, J. Boonperm and M. Binsaleh, “The Elderly Care Information System Development at KhaoToom Sub-District,” *Rangsit University National Academic Conference 2020*, PathumThani, May 1, 2020, pp. 258-271.
- [6] Namfon Ashwamekin, “Fundamentals of Software Engineering,” Bangkok: SE-Education Public Company Limited, 2015.
- [7] Computer Center Mahasarakham University. (2019, May 1). “Information System Performance Assessment Form.” [Online]. Available: <https://cc.msu.ac.th/th/syscc/docf/ufiles/20190604142124.docx>
- [8] W. Best, John Research in education, New Jersey : Prentice-Hall, 1981.
- [9] A. Kormart, S. khunyu and N. Paiboon, “The Development of Information Systems (IS) to enhance Efficiency of the Documentation System (DS),” *Journal of the College of Asian Graduates : College of Asian Graduates*, Year 7, Issue 2, Pages 128-140, July-December. 2017.

การออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วม เพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ

เอกราช นาคนวล¹, แม้นวาท รชนิกรไกรลาศ²

^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Email: aekarath9586835@gmail.com¹

Received: May 01, 2024

Revised: Apr 23, 2024

Accepted: Apr 30, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะพัฒนาตู้อบแห้งโดยใช้การนำพลังงานความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบการถ่ายเทให้เป็นพลังงานความร้อน สามารถใช้ได้ทั้งในสภาวะแปรปรวนไม่มีแสงอาทิตย์ หรือในสภาวะอากาศฝนตกมีลมแรง มีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ กรณีในสภาวะอากาศปกติมีแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งคงที่ระบบชุดควบคุมพลังงานจะทำการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ (พลังงานแสงอาทิตย์) ไว้ในแบตเตอรี่ กรณีสภาวะอากาศแปรปรวนไม่มีแสงอาทิตย์ ฝนตก อากาศเย็นชุดควบคุมอุณหภูมิจะทำงานโดยดึงพลังงานจากแบตเตอรี่ให้ความร้อนผ่านหัวเผาไปยังท่อทองแดงถ่ายเทกระจายรังสีความร้อนภายในตู้อบแห้ง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานคือ ทำการออกแบบโครงสร้างของตู้อบแห้งที่มีขนาด 1,500x1,500x1,850 ลูกบาศก์มิลลิเมตร วิธีการทดสอบมีวิธีการดังนี้ การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งให้คงที่ โดยกำหนดอุณหภูมิอยู่ที่ 35 - 40 °C ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบสามารถคุมอุณหภูมิได้คงที่ตามที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ตู้อบแห้ง, พลังงานร่วม, ควบคุมอุณหภูมิ

Design and development of a combined energy drying cabinet for controlling the temperature in all weather conditions

Aekarath Naknual¹, Maenwad Rajaneekronkrilas²

^{1,2} Department of Production Technology, Faculty of Industrial Technology, Surin Rajabhat University

Email: aekarath9586835@gmail.com¹

Received: May 01, 2024

Revised: Apr 23, 2024

Accepted: Apr 30, 2024

Abstract

In this research, the researcher has an idea to develop a drying cabinet using solar thermal energy to transfer it into heat energy. It can be used in fluctuating conditions without sunlight or rainy and windy weather conditions. There is an automatic temperature control device. In the case of typical weather conditions, there is sunlight and the temperature inside the drying cabinet is constant; the energy control system will store electrical energy through solar panels. (Solar energy) in the battery. In the case of inclement weather, no sunlight, rain, or cold weather, the temperature control unit will work by drawing energy from the battery to heat it through the burner to the copper pipe to distribute heat radiation inside the drying cabinet. The operating steps are design the structure of the drying cabinet with dimensions 1,500x1,500x1,850-cubic millimeters. The testing methods are followed: controlling the temperature inside the drying cabinet to be constant. The temperature was set to be 35 - 40 °C. A total of 3 tests were conducted. It was found that the temperature control inside the incubator could effectively control the temperature as specified.

Keywords : Drying cabinet, Combined energy, Temperature control

บทนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในบางฤดูกาลจะมีผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิดออกสู่ตลาดมากเกินไปกว่าจะบริโภคได้ทัน จึงจำเป็นต้องหาวิธีการแปรรูปหรือเก็บถนอมในรูปแบบต่าง ๆ ให้เก็บไว้ได้นานขึ้น วิธีการตากแห้งโดยแสงแดดตามธรรมชาติเป็นวิธีการหนึ่งในการเก็บถนอมอาหาร ซึ่งการแปรรูปและการถนอมผลผลิตทางการเกษตรประเภทอาหารนี้เริ่มแรกอาจทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนซึ่งจะทำได้ไม่ยาก การลงทุนต่ำ เมื่อทำได้ผลดีแล้วอาจขยายเป็นอุตสาหกรรมขนาดโตได้ [11]จึงมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับมาตรฐานตามผู้บริโภคต้องการ [12] เนื่องจากประเทศไทยมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีมีพลังงานแสงอาทิตย์สูงถึง 18.2 เมกะจูลต่อวันต่อตารางเมตร สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการอบแห้งได้ ซึ่งมีหลากหลายงานวิจัยที่ได้ศึกษาเรื่องเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีลักษณะและรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานให้เหมาะสมกับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยได้รับความร้อนจากแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้หลักการธรรมชาติแบบเรือนกระจก การพาความร้อนแบบบังคับ [3] การใช้พัดลมทำหน้าที่ดูดอากาศจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) และถ่ายเทความร้อนให้เคลื่อนที่ หมุนเวียนในทิศทางที่ต้องการผ่านผลิตภัณฑ์ในห้องอบแห้ง (Homchad, 2018) หลายปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการพื้นฐานในการออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเริ่มต้นการดูดอากาศเย็นจากภายนอก ด้วยพัดลมดูดอากาศไหลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบโดยตรงทำให้ความร้อนที่อยู่ในผิวตัวเก็บรังสีอาทิตย์ส่งผ่านให้อากาศเย็น ปัจจุบันกระทรวงพลังงานพร้อมส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนให้เพิ่มเป็นสัดส่วน 30% ในอนาคตจากระดับ 10% โดยจะส่งเสริมการพัฒนา

พลังงานชีวมวล ควบคู่พลังงานแสงอาทิตย์ [6] การนำพลังงานแสงอาทิตย์ถ่ายเทให้เป็นพลังงานความร้อนให้สามารถใช้ออบแห้งได้ในเวลาที่มีสภาวะอากาศแปรปรวน ไม่มีแสงอาทิตย์ หรือมีฝนและลมแรง โดยการจับเก็บพลังงานไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ (พลังงานแสงอาทิตย์) หรือผ่านลูกหมุน (พลังงานลม) ไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีอุปกรณ์ควบคุมทั้งแรงดันและอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ จะทำให้พลังงานความร้อนกระจายได้สม่ำเสมอภายในตู้อบ [9]

กระบวนการเก็บรังสีแบบแผ่นราบนั้นจะมีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการความร้อนที่ไม่สูงมากนัก การลดพื้นที่ ที่เกิดการสูญเสียความร้อนจะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในตัวดูดกลืนที่มีขนาดเล็กจะมีการสูญเสียความร้อนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบที่อุณหภูมิเดียวกัน และตัวรวมรังสีนั้นสามารถใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูงได้ [10] การออกแบบการไหลของอากาศร้อนไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบกระจายความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละชั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน [5]

การใช้แหล่งทรัพยากรทดแทนเป็นการพัฒนาพลังงานให้มีความสำคัญในการจัดการให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ คำนวณในเชิงพาณิชย์และเกิดประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตและมีส่วนร่วมของคนในสังคม อีกทั้งยังยึดอายุการใช้งานของแหล่งทรัพยากร แร่ ปิโตรเลียม และถ่านหินให้สามารถใช้ได้อย่างยั่งยืน และยาวนาน [7]

เนื่องจากการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถควบคุมแสงแดดที่มาจากธรรมชาติได้ ยังคงต้องอาศัยช่วงเวลาและความร้อนจากแสงแดดทำให้การอบทำได้ไม่ต่อเนื่อง อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ได้อีกด้วย นอกจากนั้นเมื่อฝนตกอากาศเย็น โดยเฉพาะฤดูฝน ฤดูหนาว หรือในสภาวะอากาศแปรปรวนไม่มีแสงอาทิตย์ จะทำให้

เกิดผลเสียต่อผลิตภัณฑ์ คือความชื้น ซึ่งอาจมีเชื้อราทำให้เก็บไว้ได้ไม่นาน การอบแห้ง ควรใช้ตู้อบที่มีพัดลมระบายอากาศ และควรเลือกอุณหภูมิให้เหมาะสมดังนี้ คือ ดอก ใบ และพืชล้มลุกใช้ทั้งต้น ควรใช้อุณหภูมิไม่เกิน 20-40 °C เปลือกต้น เนื้อไม้ ราก และกิ่งไม่เกิน 30-65 °C ผล(ควรผ่า) และเมล็ด ไม่เกิน 70-90 °C สมุนไพรที่มีสารระเหยง่าย ไม่เกิน 30 °C สมุนไพรก่อนบดควรมีสภาพแห้งกรอบ ความชื้น ไม่เกิน 5% [8]

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการออกแบบตู้อบแห้งผลิตภัณฑ์ในทุกสภาวะอากาศ โดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์ถ่ายเทให้เป็นพลังงานความร้อนให้สามารถใช้ออบแห้งได้ในช่วงเวลาที่มีสภาวะอากาศแปรปรวน ไม่มีแสงอาทิตย์ หรือมีฝนตกและลมแรงโดยการจับเก็บพลังงานไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ (พลังงานแสงอาทิตย์) ไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ จะทำให้พลังงานความร้อนกระจายได้สม่ำเสมอภายในตู้อบ โดยการนำพาความร้อนผ่านหัวเผาถยนต์ไปยังแผงท่อทองแดง ถ่ายเทกระจายรังสีความร้อนภายในตู้อบแห้ง ซึ่งไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงและใช้ได้ไม่มีวันหมด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้นช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้ง เป็นการควบคุมวัตถุดิบทางการเกษตรในการอบแห้งให้มีคุณภาพแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมให้มีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์อย่างแพร่หลาย ในโอกาสต่อไป

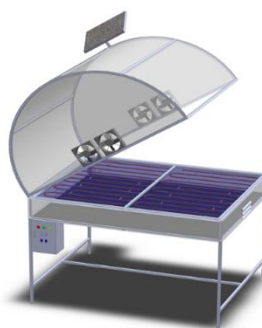
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานร่วม เพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานร่วม เพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้งานวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานร่วม เพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานและรายละเอียดตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การออกแบบตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ



รูปที่ 1 ภาพฉายไอโซเมตริกตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ

ขั้นตอนการทำงานของผลงาน

1.1 พลังงานแสงอาทิตย์กระจายความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์เข้าตู้อบมีแผ่นโพลีคาร์บอเนต สีใส หนา 6 มิลลิเมตร โดยรอบ (เป็นลักษณะโดมโค้ง) เพื่อรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ มีตะแกรงทำมาจากมุ้งลวด เพื่อตากหรืออบชิ้นงานผลิตภัณฑ์ ด้านล่างปิดทึบมีหัวเผาถยนต์ในการทำอุณหภูมิความร้อนให้กับท่อทองแดงขนาด 4.8 มิลลิเมตร เป็นตัวพาความร้อนไปกระจายภายในตู้อบแห้งภายในตู้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

1.2 กรณีสภาวะอากาศแปรปรวนไม่มีแสงอาทิตย์ ฝนตก อากาศเย็น ภายในตู้อบมีชุดให้ความร้อนหัวเผาถยนต์นำพาความร้อนผ่านท่อทองแดงถ่ายเทกระจายความร้อนในตู้อบ ภายในตู้อบติดตั้งระบบควบคุมความร้อนทำงานอัตโนมัติ

พลังงานที่ทำให้หัวเผาถยนต์ร้อนไฟกระแสดตรงจากแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ ที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 12 โวลต์ พร้อมติดตั้งระบบควบคุม

1.3 ลักษณะการทำงานของตู้อบแห้งผลิตภัณฑ์ในทุกสภาวะอากาศจะทำงานอัตโนมัติในทุกสภาวะอากาศ กรณีสภาวะอากาศปกติรับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์เข้าตู้อบมีแผ่นโพลีคาร์บอเนต สีใสหนา 6 มิลลิเมตร โดยรอบ (เป็นลักษณะโดมโค้ง) เพื่อรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบให้เป็นไปตามที่กำหนดหากอุณหภูมิเกินพัดลมไฟกระแสดตรงหมุนเพื่อระบายอุณหภูมิภายในตู้อบให้คงสภาวะปกติ กรณีสภาวะอากาศแปรปรวนไม่มีแสงอาทิตย์ ฝนตกอากาศเย็น ภายในตู้อบมีชุดให้ความร้อนหัวเผาถยนต์นำพาความร้อนผ่านท่อทองแดงถ่ายเทกระจายความร้อนในตู้อบ ภายในตู้อบติดตั้งระบบควบคุมความร้อนทำงานอัตโนมัติพลังงานที่ทำให้หัวเผาถยนต์ร้อนไฟกระแสดตรงจากแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ ที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 12 โวลต์ พร้อมติดตั้งระบบควบคุม ซึ่งลักษณะการทำงานสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบได้ในทุกสภาวะอากาศ

2. การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมลงแบบบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบแห้งการใช้พลังงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิ

2.1 ทดสอบความร้อนภายในตู้อบเปรียบเทียบกับความร้อนนอกตู้อบ ในช่วงระยะเวลาตามที่กำหนด จำนวน 3 ชั่วโมง

2.2 ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิ

ผลการวิจัย

จากการสร้างและพัฒนาตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วม เพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศเรียบร้อยแล้ว จึงได้ทำการทดสอบและ

บันทึกผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วม โดยทดสอบความร้อนภายในตู้อบเปรียบเทียบกับความร้อนนอกตู้อบ ในช่วงระยะเวลาตามที่กำหนด จำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 1 ตารางการทดลองตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมความร้อน ครั้งที่ 1

เวลา	อุณหภูมิในตู้ (°C)	อุณหภูมิ นอกตู้ (°C)	หมายเหตุ
08:00	27.4 - 27.7	26.7	หัวเผาทำงาน
09:00	34.7 - 35.0	27.4	หัวเผาทำงาน
10:00	39.7 - 40.1	34.0	พัดลมทำงาน
11:00	42.8 - 43.5	36.0	พัดลมทำงาน
12:00	44.3 - 45.2	36.6	พัดลมทำงาน
13:00	45.2 - 46.0	38.1	พัดลมทำงาน
14:00	44.1 - 45.5	37.0	พัดลมทำงาน
15:00	43.3 - 44.5	37.6	พัดลมทำงาน
16:00	40.0 - 40.7	37.0	พัดลมทำงาน
17:00	38.8 - 39.1	35.4	หัวเผาและพัดลมไม่ทำงาน
18:00	36.0 - 36.4	32.8	หัวเผาและพัดลมไม่ทำงาน

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมความร้อน ในครั้งที่ 1 ในช่วงเวลา 08.00 - 09.00 น. หัวเผาได้ทำงานและชุดเซย์อุณหภูมิภายในตู้อบให้อุณหภูมิอยู่ที่ 27-35 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายนอกตู้อบอยู่ที่ 26-27 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิถึงเกณฑ์ที่ควบคุมที่ 37-40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงเกินเกณฑ์ที่ควบคุมพัดลมจะทำงานเพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้อบออก เพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้อบในช่วงเวลา 10.00-16.00 น. ที่มีอุณหภูมิภายในตู้อบที่ 39-45 องศาเซลเซียส และช่วงเวลา 17.00-18.00 น. มีอุณหภูมิภายในตู้อบที่ 35-40 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายนอกตู้อบอยู่ที่ 32-35 องศาเซลเซียส หัวเผาได้ทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควบคุมและพัดลมทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าเกณฑ์ที่ควบคุมไว้เมื่ออุณหภูมิถึงตามที่กำหนดพัดลมหยุดการทำงานอุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง 35-40

องศาเซลเซียส จะทำให้พัดลมและหัวเผารถยนต์หยุดการทำงาน

ตารางที่ 2 ตารางการทดลองดูอุณหภูมิในห้องปรับอากาศ เพื่อควบคุมความชื้น ครั้งที่ 2

เวลา	อุณหภูมิในตู้ (°C)	อุณหภูมิ นอกตู้ (°C)	หมายเหตุ
08:00	27.4 - 27.7	26.7	หัวเผาทำงาน
09:00	34.7 - 35.0	27.4	หัวเผาทำงาน
10:00	39.5 - 39.8	32.8	หัวเผาหยุดทำงาน
11:00	38.3 - 38.4	34.5	หัวเผาหยุดทำงาน
12:00	39.0 - 40.0	36.5	พัดลมทำงาน
13:00	42.5 - 43.0	37.8	พัดลมทำงาน
14:00	41.4 - 41.8	36.0	พัดลมทำงาน
15:00	41.1 - 41.6	37.0	พัดลมทำงาน
16:00	38.6 - 39.0	35.2	พัดลมทำงาน
17:00	38.0 - 38.2	34.6	หัวเผาทำงาน
18:00	38.0 - 38.2	34.1	หัวเผาทำงาน

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการทดสอบ ครั้งที่ 2 ในช่วงเวลา 08.00 -09.00 น. หัวเผาได้ทำงาน และชุดเซนเซอร์อุณหภูมิภายในตู้ให้อุณหภูมิอยู่ที่ 27-35 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายนอกตู้อยู่ที่ 26-27 องศาเซลเซียส และตอนช่วงเวลา 10.00-11.00 น. หัวเผาได้หยุดทำงานที่อุณหภูมิภายในตู้ที่ 35-39 องศาเซลเซียส โดยที่ โดยอุณหภูมิภายนอกตู้อยู่ที่ 32-34 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิถึงเกณฑ์ที่ควบคุมที่ 35-40 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงเกินเกณฑ์ที่ควบคุมพัดลมจะทำงานเพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้ ออก เพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้ในช่วงเวลา 12.00-16.00 น. มีอุณหภูมิภายในตู้ที่ 39-42 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายนอกตู้ที่ 34-37 องศาเซลเซียส โดยช่วงเวลา 17.00-18.00 น. มีอุณหภูมิภายในตู้ที่ 38-38.2 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายนอกตู้ที่ 35 องศาเซลเซียส หัวเผาได้ทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควบคุมและพัดลมทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าเกณฑ์ที่ควบคุมไว้

ตารางที่ 3 ตารางการทดลองดูอุณหภูมิในห้องปรับอากาศ เพื่อควบคุมความชื้น ครั้งที่ 3

เวลา	อุณหภูมิในตู้ (°C)	อุณหภูมิ นอกตู้ (°C)	หมายเหตุ
08:00	27.1 - 27.3	25.2	หัวเผาทำงาน
09:00	34.4 - 34.5	28.0	หัวเผาทำงาน
10:00	39.0 - 39.2	31.8	หัวเผาทำงาน
11:00	39.6 - 39.8	33.9	หัวเผาหยุดทำงาน
12:00	38.6 - 39.3	35.6	พัดลมทำงาน
13:00	39.6 - 41.0	37.5	พัดลมทำงาน
14:00	38.4 - 39.5	36.8	พัดลมทำงาน
15:00	38.2 - 39.1	35.8	พัดลมทำงาน
16:00	36.6 - 37.3	35.9	พัดลมทำงาน
17:00	36.4 - 37.2	34.3	พัดลมหยุดทำงาน
18:00	34.7 - 35.0	34.5	หัวเผาทำงาน

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบ ครั้งที่ 3 ในช่วงเวลา 08.00 -11.00 น. หัวเผาได้ทำงาน และชุดเซนเซอร์อุณหภูมิภายในตู้ให้อุณหภูมิอยู่ที่ 27.1-39.8 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายนอกตู้ที่ 25.2-33.9 องศาเซลเซียส และตอนช่วงเวลา 11.00 น. หัวเผาได้หยุดทำงานที่อุณหภูมิภายในตู้ที่ 39.6-39.8 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายนอกตู้ที่ 33.9 องศาเซลเซียส และเมื่อถึงเกณฑ์ที่ควบคุมที่ 35-40 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงเกินเกณฑ์ที่ควบคุมพัดลมจะทำงานเพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้ ออก เพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้ในช่วงเวลา 12.00-17.00 น. มีอุณหภูมิภายในตู้ที่ 38.2-41.0 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายนอกตู้ที่ 34.3-37.5 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 17.00-18.00 น. มีอุณหภูมิภายในตู้ที่ 34.7-37.2 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิภายนอกตู้ที่ 34.3-34.5 องศาเซลเซียส หัวเผาได้ทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควบคุมและพัดลมทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าเกณฑ์ที่ควบคุมไว้

สรุปและอภิปรายผล

จากการทำวิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมอุณหภูมิในทุกสภาวะอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบแห้งที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในทุกสภาวะอากาศ ทำการออกแบบและพัฒนาตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ภายในตู้อบแห้งให้คงที่ โดยกำหนดอุณหภูมิอยู่ที่ 35 - 40 °C ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบสามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ตามที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำได้อย่างปกติในสภาวะที่ไม่มีแสงอาทิตย์หัวเผาเครื่องยนต์ทำความร้อนให้อยู่ในอุณหภูมิที่ควบคุมจะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในเครื่อง 35-40 องศาเซลเซียส เนื่องจากตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นใช้หลักการถ่ายเทความร้อนเมื่อแสงอาทิตย์ ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนต ถาดตะแกรงและวัตถุดิบที่อยู่ในตู้จะทำหน้าที่ดูดกลืนความร้อนสะสมไว้ทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงขึ้น 40 องศาเซลเซียส อากาศร้อนในตู้อบจะถ่ายเทความร้อนที่มีอยู่ในวัตถุดิบให้ระเหยออกมาเกิดการลอยตัวไปทางช่องระบายอากาศของตู้อบแห้ง อากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ [9] ศึกษาเรื่อง การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีประสิทธิภาพในทุกสภาวะอากาศ และ [5] ศึกษาเรื่อง ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด ดังนั้นตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานร่วมเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ในทุกสภาวะอากาศที่จัดทำขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติทำให้ความร้อนกระจายได้สม่ำเสมอภายในตู้อบ โดยการนำพาความร้อนผ่านหัวเผาเครื่องยนต์ไปยังแผงท่อทองแดงถ่ายเทกระจายรังสีความร้อนภายในตู้อบแห้ง กรณีในสภาวะอากาศปกติมีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งคงที่ระบบชุดควบคุมพลังงานจะทำการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ (พลังงานแสงอาทิตย์) ไว้ในแบตเตอรี่

กรณีสภาวะอากาศแปรปรวนไม่มีแสงอาทิตย์ ฝนตก อากาศเย็นชุดควบคุมอุณหภูมิจะทำงานโดยดึงพลังงานจากแบตเตอรี่ให้ความร้อนผ่านหัวเผารถยนต์ไปยังแผงท่อทองแดงถ่ายเทกระจายรังสีความร้อนภายในตู้อบแห้ง การใช้ตู้อบแห้งจึงสามารถอบแห้งได้ดีและ เร็วกว่าการตากแห้งด้วยแสงแดดโดยตรง ซึ่งไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงและใช้ได้ไม่มีวันหมด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมช่วยลดปัญหาการบ่มเปื้อนจากฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้นช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้ง เป็นการควบคุมวัตถุดิบทางการเกษตรในการอบแห้งให้มีคุณภาพแล้วยังเป็นการส่งเสริมให้มีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์อย่างแพร่หลายในโอกาสต่อไป

References

- [1] K. Suwantaraj, "A study and Development of solar hybrid energy oven," Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 2010.
- [2] B. Wasuri, J. Pornputthasri and T. Muangpool, "Automatic control system for heat retention gel dryers," *Journal of project in computer science and information technology*, Vol. 4, No. 2, pp.66-73, July-December. 2018.
- [3] A. Taikhao & S. Teekasap, "Natural convection and forced convection solar dryers," *EAU Heritage Journal Science and Technology*, vol. 7, No. 1, pp.23-31, 2013.

- [4] H. Kuanpradit, A. Kunchornrat and T. Tavattana, "The Development of Solar Parabolic concentrators in drying process for agricultural products," *Journal of industrial education* 2013, Vol. 7, No. 2, pp.81-90, June-December. 2013.
- [5] W. Jangsawang. "The Thermal Performance of a Compact Solar Cabinet Dryer based on Downdraft Design," *Research and Development Journal*, Vol. 24, No. 1, pp. 37-41, January-March. 2013.
- [6] Green Coop, May. 25, 2023, "Keep an eye on Thai energy trends in 2019," (1nd ed.) [online]. Available: <http://www.greennetworkthailand.com>
- [7] K. Leepaophan, Bangkok: Chulalongkorn University Press (CUPrint), 2010.
- [8] Food and Drug Administration, Bangkok: The War Veterans Organization of Thailand Press, 2001.
- [9] A. Wathanakuljarus, "The Development of Applying Solar Energy to an Oven Under any Circumstances Effectively," Institute of Research and Development, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok, Thailand, 2018.
- [10] J. Hiranlap, Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi Press, 1998.
- [11] S. Jirachai, Kanchanaburi: Kanchanaburi Rajabhat university, 1999.
- [12] P. Buanak, Thesis, M. S. , (Food science and Technology), Chiangmai university, Chiangmai, Thailand 2003.

การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า สำหรับการอบแห้ง กฤษณา ศุกระมูล^{1*}, จารุพันธ์ ไชยนาม², สุภณิดา พัฒธ³, ศักย บุญชูวิทย์⁴, อุษา โพธิ์สุวรรณ⁵, ณัฐริรา ศุขไพบลย์⁶

^{1, 4, 5} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

^{2, 3} คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

⁶ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

Email: krissadang.sook@vru.ac.th¹

Received: May 17, 2024

Revised: Jun 12, 2024

Accepted: Jun 17, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า โดยมีเตาชีวมวลเป็นแหล่งผลิตความร้อน อบให้ความร้อนแก่อากาศในถังใส่ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อทำให้อากาศร้อนและถูกนำไปใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยพัดลมดูดอากาศ สามารถระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ที่อบแห้ง พลังงานความร้อนที่ใช้คิดเป็น เมกะจูล/แบทช์ ความสามารถในการอบคิดเป็นกิโลกรัม/ครั้ง โดยเวลาอบแห้งคิดเป็นชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่ใช้ออบ สามารถผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ขึ้นกับสภาวะดินฟ้า อากาศ หรือในกรณีที่มีความร้อนจากเตาชีวมวลมีไม่เพียงพอจะใช้พลังงานเสริมด้วยขดลวดไฟฟ้า ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้ามีขนาดของเครื่องดังนี้ ตู้อบแห้งแบบขดลวดไฟฟ้ามีความกว้าง 0.55 เมตร ความยาว 0.7 เมตร ความสูง 1.4 เมตร และมีความจุห้องอบแห้ง 0.42 ลูกบาศก์เมตร โดยประมาณใช้ขดลวดไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ จำนวน 1 หัว เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน มีเตาชีวมวลแบบไหลขึ้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.585 เมตร ความสูงรวมปล่อง 2 เมตร โดยประมาณ มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อติดครีป จำนวน 4 ท่อวางขนานกัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 40 มิลลิเมตร ความยาวท่อรวม 1,760 มิลลิเมตร เมื่อทดลองอบแห้งด้วยพลังงานชีวมวลเพียงแบบเดียวพบว่าอัตราการอบแห้งเฉลี่ยเป็น 68.89 water/kg d.s./min m² ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดและใช้เวลา 30 นาที ใช้เชื้อเพลิง 3.2 กิโลกรัม ดังนั้นควรเลือกใช้เครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสานนี้ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง จะเป็นการใช้พลังงานได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดและเหมาะสม สำหรับการใช้ ขดลวดไฟฟ้านั้นใช้เพื่อช่วยให้การอบลดความชื้นเป็นอย่างต่อเนื่อง สามารถใช้ชีวมวลเป็นพลังงานเสริมได้ หรือช่วยเพิ่มช่วยเพิ่มอุณหภูมิในตู้อบเพื่อลดระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล, ขดลวดไฟฟ้า, การอบแห้ง

Development and Design of Dryer Using Biomass Energy and Combined with Electric Coil Dryer for Drying

Krissadang Sookramoon^{1*}, Jarunan Chainam², Supanida Pattorn³,
Sakaya Bunchoo⁴, Aucha Phosuwan⁵, Nattira Sookpaiboon⁶

^{1, 4, 5} Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
Under the Royal Patronage Pathum Thani Province

^{2, 3} Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
Under the Royal Patronage Pathum Thani Province

⁶ Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
Under the Royal Patronage Pathum Thani Province

Email: krissadang.sook@vru.ac.th¹

Received: May 17, 2024

Revised: Jun 12, 2024

Accepted: Jun 17, 2024

Abstract

This research involves the design and development of a biomass energy-powered dryer with an electric heater. The biomass stove serves as a heat source, providing heat to the air in the drying chamber through a heat exchanger pipe. The heated air is then circulated for drying agricultural products using a fan, which can also eject moisture from the drying products. The heat energy used is measured in MJ/ batch, and the drying capacity is measured in kilograms/cycle, with drying time measured in hours. The performance depends on the type of food being dried, and the system can continuously produce dried products regardless of weather conditions. In cases where the heat from the biomass stove is insufficient, an electric wire heater can be used as a supplementary energy source. The dryer components have the following dimensions: the electric wire heater drying cabinet is approximately 0.55 meters wide, 0.7 meters long, and 1.4 meters high, with a drying chamber capacity of around 0.42 cubic meters. It uses a 3,000 W electric wire heater as the heat source. The biomass stove is a flow-through type with a central diameter of 0.585 meters and an overall height of about 2 meters. It includes a heat exchanger system with 4 parallel pipes, each having a central diameter of 40 millimeters and a total length of 1,760 millimeters. During experimental drying using only biomass energy, the average drying rate was found to be 68.89 water/kg d.s/min m², which is the lowest recorded value, and it took approximately 30 minutes. The fuel consumption during this process was 3.2 kg. In conclusion, the selection of this hybrid biomass and electric wire heater drying machine should be based on the actual usage conditions to achieve the highest energy efficiency and suitability. The electric wire heater is used to continuously reduce moisture content during drying, and biomass energy can be used as a supplementary or additional heat source.

Keywords : Biomass Energy, Electric Coil Dryer, Drying

บทนำ

จากการที่รัฐบาลได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริม ทำให้ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้โดยอาศัยหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งช่วยให้ชุมชนมีภูมิคุ้มกันที่เข้มแข็งมากขึ้นทั้งในแง่ของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจไปในทิศทางใดชุมชนก็ยังสามารถดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืน กลุ่มชุมชน ต.ทัพเสด็จ อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว เป็นชุมชนที่มีการทำเกษตรกรรม โดยมี อาชีพปลูกข้าว และปลูกมันสำปะหลังเป็นหลัก อย่างไรก็ตามด้วยพื้นที่มีดินและน้ำไม่สมบูรณ์ทำให้ขาดทุนจากการประกอบอาชีพเกษตรกรรม และสืบเนื่องจากมหาวิทยาลัยเริ่มเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงการการเลี้ยงไหมอีรี่ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยได้มองเห็นศักยภาพของใบมันสำปะหลังที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถนำมาเป็นอาหารเลี้ยงไหมได้ (เนื่องจากชุมชนประกอบอาชีพปลูกมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถนำใบมันสำปะหลังมาเป็นอาหารให้กับไหมอีรี่ทำให้เกิดประโยชน์ได้อีกช่องทางหนึ่ง) จึงเริ่มส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงไหมอีรี่เพื่อเป็นการสร้างอาชีพให้กับคนพื้นที่ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยได้ดำเนินการส่งเสริมการเลี้ยงไหมอีรี่ด้านการต่อพันธุ์ไหมและการตลาด ตลอดจนการรวมกลุ่มผู้เลี้ยงไหมอีรี่ และในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยได้ดำเนินกิจกรรมเพิ่มศักยภาพการเลี้ยงไหมอีรี่ให้ได้รับไหมที่มีมาตรฐาน และจัดอบรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากดักแด้ไหมอีรี่จึงเกิดผลิตภัณฑ์แปรรูปจำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เส้นบะหมี่อบแห้งจากดักแด้ไหมอีรี่ ผงโรยข้าวดักแด้ไหมอีรี่ และช็อกโกแลตดักแด้ไหมอีรี่ ซึ่งทำให้เกิดผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นในชุมชน และมี ผู้บริโภคให้ความสนใจส่งผลให้มียอดการจำหน่าย และสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดอย่างต่อเนื่อง บะหมี่ดักแด้อีรี่ ผลิตภัณฑ์นี้ทำมาจากตัวไหมดักแด้อีรี่จากการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ซึ่งให้คุณค่าของสารอาหารประเภทโปรตีนสูง โดยเส้นบะหมี่ประกอบด้วย

โปรตีนสูงกว่าร้อยละ 40 วิตามิน บี 2 สูงถึงร้อยละ 58 มีส่วนผสมของเกลือน้อยกว่าร้อยละ 1 คุณค่าสารอาหารอื่น ๆ อีกร้อยละ 1 และไม่ใส่ผงชูรส ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ กอปรกับปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงส่งผลให้ได้รับความนิยมจากประชาชนทั่วไปทั้งคนไทยและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น จนไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาด และเพื่อให้เกิดกระบวนการจัดการและการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารเป็นไปตามมาตรฐาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดหาเครื่องมือในการแปรรูปให้เหมาะสมต่อสุขลักษณะและมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการที่จะทำได้ทันตามมาตรฐานจึงเป็นโจทย์ที่สำคัญอย่างยิ่งของชุมชน ต.ทัพเสด็จ อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว การทำบะหมี่จากดักแด้ไหมอีรี่มีกำลังการผลิตต่อเดือนอยู่ที่ 500 คัพ เนื่องจากยังไม่ได้ตั้งเป็นโรงงาน และกำลังดำเนินการส่งขออนุญาตโภชนาการ เพื่อขอมาตรฐานอย. รวมทั้งกำลังหาแหล่งทุนเพื่อทำห้องแปรรูปให้ได้กำลังการผลิตที่สูงขึ้น โครงการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้มุ่งเน้นออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับอบแห้งบะหมี่จากดักแด้ไหมอีรี่ ที่สามารถใช้ในการอบแห้งบะหมี่จากดักแด้ไหมอีรี่แบบประหยัดพลังงานและสามารถทำการอบแห้งได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน

เครื่องอบแห้งนี้มีขนาดเหมาะสมสำหรับงานอบแห้งผลิตภัณฑ์ในครัวเรือนทำให้ช่วยลดต้นทุนในการผลิต ประหยัดเวลา ลดการนำเข้าอุปกรณ์และเทคโนโลยีการอบแห้งอาหารจากต่างประเทศ อันจะนำไปสู่การช่วยยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจ สังคม ความเป็นอยู่ และความสามารถในการพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนภายใต้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของกลุ่มชุมชน นอกจากนี้คณะผู้วิจัยจะนำผลการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า รวมทั้งกระบวนการในการผลิต

และการควบคุมคุณภาพมาถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้สู่กลุ่มชุมชน ต.ทัพเสด็จ อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจหรือชุมชนอื่น ๆ ที่ประกอบอาชีพการทำอาหารอบแห้งต่อไป สำหรับการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนสามารถแบ่งออกได้ 2 ประการ ดังนี้ ประการแรก คือ การถ่ายทอดกระบวนการใช้เครื่องอบแห้งผสมผสานพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบโดยรวมทั้งการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้แก่ชุมชน ประการที่สอง คือ การถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการในการผลิตอาหารอบแห้ง ซึ่งประกอบด้วยการเตรียมเครื่องอบแห้ง การวัดคุณภาพของอาหาร การบรรจุผลิตภัณฑ์ ในการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนของ 2 ประการ นั้นล้วนมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งนำไปสู่แนวทางการผลิตอาหารอบแห้งเพื่อให้ชุมชนสามารถที่จะออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของชุมชนต่อไป

บททวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ภาสพงศ์ภักดิ์ บุญรัตน์ [1] ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ชุมชน (กล้วยน้ำว้า หั่นแว่น) ด้วยลมร้อนแบบสลับทิศทางที่ผลิตจากเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง กล้วยน้ำว้าหั่นแว่นที่ใช้เตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงชนิด 4 ห้องอบแบบมีวาล์วสลับทิศทางไหลของลมร้อน อีกทั้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าหั่นแว่นด้วยลมร้อนที่ผลิตจากเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูง และเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งนี้กับเครื่องอบแห้งแบบดั้งเดิมที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง เครื่องอบแห้งใหม่นี้ใช้กะลามะพร้าวที่มีค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) 16.31 เมกะจูล/กิโลกรัม(MJ/kg) เป็นเชื้อเพลิง และมีการออกแบบให้ขนาดบรรจุถาดวางผลิตภัณฑ์ได้จำนวน 5 ถาด แต่ละถาดมีขนาด $50 \times 56 \times 1$ ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) สามารถบรรจุ

กล้วยได้ถาดละ 300 กรัม ลมร้อนที่ผลิตจากเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงมีอุณหภูมิ 55, 65, 70, 75, 80 และ 85 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ผลที่ได้จากการทดลองพบว่า กล้วยน้ำว้าหั่นแว่นหลังผ่านการอบแห้งมีน้ำหนักลดลงประมาณร้อยละ 70 อัตราการอบแห้งของเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบสลับทิศทางอยู่ในช่วง 1.93 – 5.06 กิโลกรัม/ชั่วโมง(kg/hr) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 13.16 – 22.74 เมกะจูล/กิโลกรัม(MJ/kg) ของน้ำระเหย และค่าใช้จ่ายในการอบแห้งอยู่ในช่วง 3 – 5 บาท/กิโลกรัมของกล้วยอบแห้ง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งนี้กับเครื่องอบแห้งแบบดั้งเดิมที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง พบว่า เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบสลับทิศทางที่ออกแบบและพัฒนาใหม่นี้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ 8.5 – 15.7 บาท/กิโลกรัมของกล้วยแห้ง อีกทั้งสามารถช่วยลดเวลาการอบแห้งได้ 1 – 3 ชั่วโมง

Okoroigwe et al. [2] ทำวิจัยการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเทศสดแผ่นบางแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานชีวมวลสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในการอบแห้งมันเทศสดแผ่นบางมากขึ้น เครื่องอบแห้งแบบผสมผสานนี้ได้รับการออกแบบให้ประกอบด้วยช่องลมร้อนเข้า 2 ช่อง (ช่องที่ 1 ติดตั้งอยู่เหนือตัวบรรจุสดวงอาทิตย์ และช่องที่ 2 ติดตั้งอยู่ใต้ถาดบรรจุมันเทศสดแผ่นบางของห้องอบแห้ง) ปล่องระบายลมร้อนที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนของห้องอบแห้งสูงจากพื้น 180 เซนติเมตร ห้องอบแห้งมีขนาด $59.6 \times 59.6 \times 104$ ลูกบาศก์เซนติเมตร และถาดบรรจุมันเทศสดแผ่นบางมีทั้งหมด 3 ชั้น ผลที่ได้จากการทดลอง พบว่า เมื่อนำมันเทศสดแผ่นบางมาอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานชีวมวลสามารถช่วยลดปริมาณความชื้นของมันเทศได้ร้อยละ 70.8 ภายในเวลา 2.5 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวปริมาณความชื้นของมันเทศลดลงเหลือร้อยละ 75 ภายใน 5 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งด้วยพลังงานชีวมวลเพียงอย่างเดียวปริมาณความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 94.44 ภายใน 1.25 ชั่วโมง นอกจากนี้อัตราการสูญเสียปริมาณความชื้นสะสมของมันเทศแผ่นบางที่อบแห้งแบบผสมผสานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานชีวมวลอยู่ที่ 0.0142 กิโลกรัม/ชั่วโมง ส่วนที่อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวอยู่ที่ 0.00732 กิโลกรัม/ชั่วโมง และส่วนที่อบแห้งด้วยพลังงานชีวมวลเพียงอย่างเดียวอยู่ที่ 0.0032 กิโลกรัม/ชั่วโมง ในทำนองเดียวกันการอบแห้งแบบผสมผสานสามารถเพิ่มอุณหภูมิของถาดวางมันเทศแผ่นบางได้สูงถึง 53 องศาเซลเซียส ขณะที่การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานชีวมวลเพียงอย่างเดียวอุณหภูมิอยู่ที่ 44 และ 32 องศาเซลเซียส

Dhanushkodi et al. [3] ได้ทำวิจัยเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพฤติกรรมการอบแห้งมะม่วงหิมพานต์ในเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานชีวมวลพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการอบแห้งของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ทดลองในเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานชีวมวลพลังงานกับพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้ง 15 แบบ ที่มีอยู่ในเอกสารนี้ใช้อธิบายลักษณะการอบแห้งของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ข้อมูลการทดลองของอัตราส่วนความชื้นอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากสภาวะการอบแห้งที่แตกต่างกัน ถูกนำไปใช้กับแบบจำลองการอบแห้งเชิงประจักษ์ต่าง ๆ ประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำให้แห้งถูกเปรียบเทียบตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ข้อผิดพลาดจุดค่าเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) และค่าโคสแควร์ที่ลดลง (X^2) ระหว่างอัตราส่วนความชื้นที่สังเกตได้ ตัวแปร 2 เทอม และแบบจำลองของ Midilli (Midilli's model) สามารถทำนายผลลัพธ์ได้แม่นยำตรงกับ

ข้อมูลผลการทดลองมากที่สุดสำหรับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนแบบจำลองของ Page (Page's model) เป็นแบบจำลองที่สามารถทำนายผลลัพธ์ได้แม่นยำตรงกับข้อมูลผลการทดลองของการอบแห้งมะม่วงหิมพานต์แบบชั้นบางซึ่งใช้พลังงานชีวมวลและการอบแห้งแบบใช้พลังงานผสมผสาน

Ferreira et al. [4] ทำวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ผลการทดลองของเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานเครื่องอบแห้งแบบประดิษฐ์นี้ช่วยส่งเสริมการอบแห้งอาหารคุณภาพสูง แม้ว่าจะใช้พลังงานมากก็ตาม เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวเพื่อให้ความร้อนแก่ลมเป่าแห้ง แต่ก็ไม่สามารถควบคุมสภาวะความร้อนของกระแสลมได้ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการลดต้นทุนการอบแห้ง (เมื่อเทียบกับต้นทุนของเครื่องอบแห้งประดิษฐ์) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายเนื่องจากการควบคุมสภาวะการอบแห้งด้วยความร้อน บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์เชิงทดลองของนวัตกรรมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าแบบไฮบริด เครื่องอบแห้งนี้ประกอบด้วยสองห้อง: ห้องแรกเป็นพลังงานแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งพร้อมเครื่องทำความร้อนไฟฟ้า มีการประเมินการทดลองการไหลของอากาศในอุปกรณ์และแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและการไหลของมวลเป็นฟังก์ชันของสภาพแวดล้อมเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งที่นำเสนอ กลยุทธ์นี้จะถูกทำให้แห้งในอุปกรณ์และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการตากแดดตามธรรมชาติและการอบแห้งแบบประดิษฐ์

บงกช ประสิทธิ์ และคณะ [5] ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยเครื่องอบแห้งที่พัฒนาสามารถอบแห้งได้หลายระดับอุณหภูมิ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งาน ทำการทดสอบ

สมรรถนะใน 2 รูปแบบ คือ 1.อบแห้งกระดาษจากเยือกกล้วย 2. ร่วมกับแก๊สซิไฟเออร์เพื่ออบใบหม่อน ผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งกระดาษจากเยือกกล้วยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อยละ 34.7 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สซิไฟเออร์เพื่ออบใบหม่อนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อยละ 23.6

ศรียาน เชยกลิ่นเทศ และคณะ [6] เสนอ งานวิจัยเรื่องผลของการเตรียมเนื้อลำไย เาะ และ ลั่นจี่ก่อนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด ตามด้วยลมร้อนต่อปริมาณน้ำตาลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อนำผลไม้ไปทำแห้งด้วยระบบไมโครเวฟ 400 วัตต์ 5 นาที ร่วมกับอินฟราเรดแบบต่อเนื่องและอบด้วยตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นในเนื้อลำไยได้มากที่สุด รองลงมาคือเาะและลั่นจี่

สุทธิชัย ภมรสมิต และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด โดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดดโดยตรงในการทดลองเพื่อศึกษาผลของรังสีอินฟราเรด โดยตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมภายในห้องอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้ปลานิลเป็นวัตถุดิบในการทดสอบ ผลจากการทดลองพบว่า การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดสามารถอบแห้งในระยะเวลาที่สั้น และมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และการตากแดดโดยตรง ซึ่งจะเห็นผลได้ชัดเจนในกรณีที่ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมภายในห้องอบแห้งสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ธีระชัย ไชยศิริ และคณะ [8] ได้ทำวิจัยเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสร้างเครื่องอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์แบบ Natural circulation ในบริเวณภาคทวิศวรรคเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นแบนราบ (Flat Plate Collector) ทาสีดำ มีขนาด 1x1.7 เมตร และส่วนของตู้อบมีขนาด 0.6x1x0.4 เมตร ปล่องสูงจากพื้นดิน 2.8 เมตร หุ้มทั้งหมดด้วยพลาสติกใสพีวีซี อบอุ่นได้ 1 ชั้น อบอุ่นได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม โดยเครื่องอบแห้งนี้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณร้อยละ 9.2 จากการทดลองอบกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งกล้วยที่จะนำมาอบต้องสุกงอม เนื้อเป็นสีเหลือง เปลือกกรอบนอกง่ายพบว่าจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ ร้อยละ 230 มาตรฐานแห้ง สามารถ ลดความชื้นลงให้เหลือประมาณร้อยละ 25 มาตรฐานแห้ง โดยใช้เวลา 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ตากโดยวิธีธรรมชาติ จะพบว่ากล้วยภายในเครื่องอบ จะใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยกว่า 1 วัน และสีของกล้วยจะเข้มกว่ากล้วย ที่ตากโดยวิธีธรรมชาติ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าให้ผลที่ใกล้เคียงกับการทดลองจริง ซึ่งจะสามารถนำแบบ จำลองทางคณิตศาสตร์นี้ไปใช้เป็นแนวทางและทำนายอัตราการอบแห้งกล้วยน้ำว้าได้ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ภายใต้สมมติฐานที่สร้างขึ้น พบว่าเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้ถ้าใช้งานในช่วงที่ไม่มีฝนตกจะสามารถทำการ อบกล้วยได้ 72 ครั้งใน 1 ปี จะมีผลกำไร 463 บาท/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับ วิธีตากแห้งโดยธรรมชาติซึ่งมีผลกำไร 560 บาท/ปี แสดงว่าไม่คุ้มกับการลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าจะมีผลกำไรน้อยกว่าวิธี ตากแห้งทางธรรมชาติ แต่การอบโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ก็มีข้อได้เปรียบตรงที่สามารถควบคุมความชื้นให้ลดลงตามที่ต้องการได้ และควบคุมดูแลในเรื่องความสะอาดได้ง่ายกว่า

Marraa, et al. [9] ศึกษาแบบไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อน การศึกษาของพวกเขาพบว่า การอบด้วยไมโครเวฟถือเป็นความสำเร็จที่เพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมอาหารและในครัวเรือนเหมือนกัน พลังงานที่ดีขึ้นและประสิทธิภาพการตกแต่งสามารถหาได้โดยการเพิ่มกลไกการขนส่งเพิ่มเติมเช่นความร้อนแบบบังคับอากาศร้อน ในงานวิจัยนี้การกระจายตัวของอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการอบแห้งรวมจะวิเคราะห์ด้วยรูปแบบพลวัตของของไหลเชิงคำนวณ รวมทั้งการกระจายตัวของความชื้นและการระเหยแบบกำหนดเองตลอดจนอธิบายถึงสมการการถ่ายโอนที่ไม่ใช่แบบพึ่งพาซึ่งกันและกันและเน้นย้ำถึงผลกระทบทางฟิสิกส์หลาย ๆ ชนิด การแลกเปลี่ยนการถ่ายโอนที่สมจริงได้รับการพิจารณาอย่างลึกซึ้ง โดยใช้วิธีการผันและไม่มีกำหนดไปใช้แบบใดที่มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์การทำงานเชิงประจักษ์ การตรวจสอบกับผลการทดลองจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ได้ถูกนำออกมาแล้วสำหรับแผ่นดิสก์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยความบริสุทธิ์ การรับสารบริสุทธิ์หรือกลไกทั้งสองอย่างรวมกัน จะนำเสนอผลของเวลาในกระบวนการและความเร็วลมที่ใช้ในการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องอบ

กฤษฎาภค ศุภระมูล และคณะ [10] ทำวิจัย เรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตากแห้งโดยตรงสำหรับอบแห้งกล้วยน้ำว้าใช้ในระดับชุมชน การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตากแห้งโดยตรง ตามด้วยการตรวจสอบทดลองเกี่ยวกับการอบแห้งกล้วยน้ำว้าเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งกับการตากแดดแบบเปิด เปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนโดยตัวสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นใช้พัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งบริเวณห้องอบแห้ง การถ่ายเทความร้อนแบบพาบังคับภายในห้องอบแห้ง ความกว้าง 1.20 เมตร ยาว 0.80 เมตร สูง 1.00 เมตร ตะแกรงหรือถาดในตูอบ ใช้ตะแกรงแสดนเลส

ขนาด 55x75 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น มีประตูเปิดตูแบบบานพับ ผนังโดยรอบรวมทั้งพื้นเป็นฉนวนกันความร้อน มีความหนา 2.5 เซนติเมตร โครงสร้างตูอบทำด้วยอลูมิเนียมหนา 1.5 มิลลิเมตร ทาสีดำ เพื่อดูดซับความร้อนได้ดีจากการศึกษาการกระจายความร้อนของตูทั้งสองแบบพบว่าตูอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีการกระจายความร้อนที่ต่ำกว่าเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน มีช่วงอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 31-78 องศาเซลเซียสในช่วงที่ทดลอง 09.00-16.00 น. มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 62.68 องศาเซลเซียส

ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้จึงทำการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานผสมผสานระหว่างพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า โดยใช้เตาชีวมวลในการทำให้อากาศภายในห้องอบร้อนขึ้น มีการใช้พัดลมในการหมุนเวียนอากาศ สามารถทำให้อบแห้งได้ตลอดเวลาโดยอิสระจากสภาพแวดล้อม มีส่วนประกอบที่ประกอบด้วยตูอบแห้งของขดลวดไฟฟ้าและเตาชีวมวลที่มีขนาดและท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่เฉพาะเจาะจง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยก๊าซชีวมวลจะไม่ปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์ที่อบ นำความร้อนจากก๊าซส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ในห้องอบเท่านั้น
2. เพื่อทดสอบและหาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า
3. เพื่อถ่ายทอดและประเมินผลการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า ส่งมอบข้อมูลที่ทำให้ชุมชนรับรู้รับทราบและสามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืน

การคำนวณเกี่ยวกับการอบแห้งความชื้นในวัสดุ

เป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชิ้นหรือแห้ง ซึ่งแสดงได้ 2 แบบคือ

- ความชื้นมาตรฐานเปียก หมายถึง การเทียบปริมาณความชื้นกับน้ำหนักรวมของของแข็ง ร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100(\% \text{ w.b}) \quad (1)$$

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก % (wet basis)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

ร้อยละความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100(\% \text{ d.b}) \quad (2)$$

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง % (dry basis)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

จากสมการ (1) และ (2) ทำให้ทราบว่าค่าความชื้นมาตรฐานเปียกนั้น จะมีค่าไม่เกินร้อยละ 100 ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งนั้นอาจมีค่าร้อยละ 100 ก็ได้

การคำนวณหาอัตราการอบแห้ง

$$\text{อัตราการอบแห้ง (DR)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ}}{\text{ระยะเวลาในการอบแห้ง}} \quad (3)$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง (kg/h)

น้ำหนักสุดท้ายของมวลวัสดุหลังอบแห้ง (W_f)

$$W_f = \frac{W_i(1-M_i)}{(1-M_f)} \quad (4)$$

เมื่อ W_f คือน้ำหนักสุดท้ายของมวลวัสดุ (กิโลกรัม)

W_i คือน้ำหนักเริ่มต้นของมวลวัสดุ (กิโลกรัม)

M_i คือความชื้นเริ่มต้นของมวลวัสดุ (%)

M_f คือความชื้นสุดท้ายของมวลวัสดุ (%)

การคำนวณหาการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

$$(\text{SEC}) = \frac{\text{ความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบแห้ง}}{\text{อัตราภาระเหี่ยว}} \quad (5)$$

เมื่อ SEC คือการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg)

การหาค่าความร้อน

1) ค่าความร้อนจำเพาะ คือ ค่าพลังงานความร้อนของสารที่ได้รับหรือคายออกมาซึ่งทำให้น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 K

$$Q_s = mc_p \Delta T \quad (6)$$

เมื่อ

Q_s คือ ค่าความร้อน (kJ)

m คือ มวล (kg)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg-K)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิอบแห้งและอุณหภูมิแวดล้อม (K)

2) ค่าความร้อนแฝง คือค่าความร้อนที่สารใช้ในการเปลี่ยนสถานะ โดยไม่ทำให้ อุณหภูมิเปลี่ยนไป ค่าพลังงานที่สาร 1 กิโลกรัม ได้รับขณะเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิตั้งที่เรียกว่า ความร้อนแฝงจำเพาะ มี 2 ชนิด

3) ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอน้ำ หมายถึงพลังงานความร้อนที่สาร 1 กิโลกรัม ใช้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซ ณ จุดเดือดของสารนั้น

4) ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลว คือพลังงานความร้อนที่สาร 1 กิโลกรัม ใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว ณ จุดหลอมเหลวของสารนั้นสามารถหาได้จากสมการ

$$Q_L = m_w h_{fg} \quad (7)$$

เมื่อ

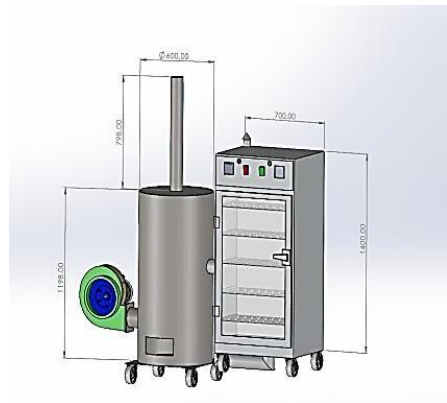
Q_L คือ ค่าความร้อนแฝง (kJ)

m_w คือ มวลของน้ำ (kg)

h_{fg} คือ ความร้อนแฝงจำเพาะของสาร (kJ/kg)

การสร้างตู้อบแห้งและระบบควบคุมทางไฟฟ้า

ตู้อบแห้งที่ได้ออกแบบขึ้น แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งที่ออกแบบ



รูปที่ 2 ตู้อบแห้งที่สร้างขึ้น

ในการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล และขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบแห้งเส้นบะหมี่จาก ดักแด่ไหมอีรี เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี จะต้องทราบเงื่อนไขที่เหมาะสมของการอบ เช่น ขนาดของ ห้องอบ ขนาดของพัดลม ขนาดของฮีตเตอร์ การถ่ายเท ความร้อนในตู้อบ และความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล และขดลวดไฟฟ้าสำหรับอบแห้งซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์หลัก ๆ คือ ตู้อบแห้งขดลวดไฟฟ้า เตาชีวมวล และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบทอติดครีบ

ระเบียบวิธีวิจัย

การทดสอบความสามารถของตู้อบแห้ง

การทดสอบความสามารถของตู้อบแห้ง ประกอบด้วย การศึกษาการกระจายของอุณหภูมิ ภายในตู้อบแห้งในสภาวะตู้เปล่า โดยมีอุปกรณ์และ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

1. เทอร์โมมิเตอร์/เทอร์โมคัปเปิล
2. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล

3. ตู้อบแห้งพลังงานชีวมวลร่วมกับฮีตเตอร์ชนิดขดลวดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

4. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (data logger รุ่น gl820)

5. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิทัล

6. กล้องถ่ายภาพ

7. เครื่องวัดความเร็วอากาศ

8. เครื่องชั่งแบบดิจิทัล

9. ปีกเกอร์

10. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กใช้บันทึกข้อมูล

11. เครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ

12. ตู้อบไฟฟ้า ด้วยอุณหภูมิ 105 องศา

ผลการศึกษารอบแห้งเป็นดังนี้

1. ศึกษาการกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งในสถานะตู้เปล่า

2. ผลการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งรายวัน

การทดสอบความสามารถของตู้อบแห้งประกอบด้วย การศึกษาการกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งในสถานะตู้เปล่า โดยมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

ตู้อบแห้งชีวมวล ตู้อบแห้งชีวมวลที่ใช้ในการทดลองนี้มีการควบคุมอัตราการไหลของลมร้อนในช่วง 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

เครื่องวัดอุณหภูมิ ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งในตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อศึกษาการกระจายของอุณหภูมิ

โบลเวอร์ (Blower) ใช้โบลเวอร์ในการสร้างการไหลของลมร้อนเข้าไปในตู้อบแห้ง โดยสามารถปรับอัตราการไหลของลมได้ตามที่ต้องการ

เครื่องวัดความชื้น ใช้เครื่องวัดความชื้นในการตรวจวัดความชื้นภายในตู้อบแห้ง เพื่อประเมินผลการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์

เครื่องจุดเตา ใช้ในการจุดเตาเพื่อสร้างความร้อนให้กับตู้อบแห้ง และควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งให้คงที่ตามที่กำหนด

เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ใช้ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบแห้งในระหว่างการทดสอบ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างละเอียด

เครื่องมือทางวิศวกรรมอื่น ๆ เช่น สายวัด (Thermocouple wires) และเครื่องมือทางไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ใช้ในการติดตั้งและตรวจสอบการทำงานของระบบอบแห้ง

กระบวนการทดสอบ

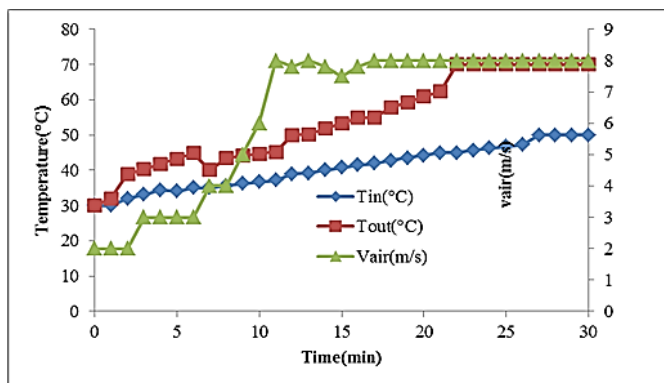
การติดตั้งเครื่องมือ ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้อบแห้งเพื่อศึกษาการกระจายของอุณหภูมิและความชื้น การจุดเตาและปรับอัตราการไหลของลมร้อน จุดเตาเพื่อสร้างความร้อน และปรับอัตราการไหลของลมร้อนให้ได้ค่าตามที่กำหนด บันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการทดสอบ โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก เพื่อศึกษาการกระจายของอุณหภูมิและประสิทธิภาพในการลดความชื้นของตู้อบแห้ง

ผลการวิจัย

การทดลองอบแห้งเครื่องเป่าด้วยเครื่องอบแห้งชีวมวล

ตารางที่ 1 การทดสอบเครื่องอบแห้งเครื่องเป่าเครื่องอบแห้งชีวมวล 3.2 กิโลกรัม ที่อัตราการไหลของลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที วันที่ 26/11/66

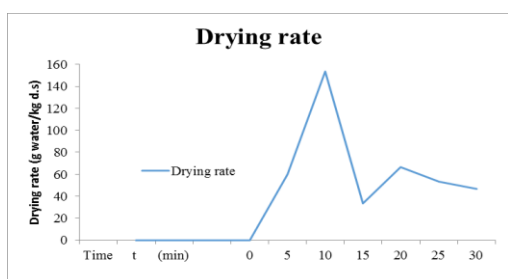
Time (min)	Tin(°C)	Tout(°C)	Vair(m/s)	Qair(m ³ /s)	%ER
0	30	30	2	0.0025	0.00004
1	30	32	2	0.0025	0.00004
2	32	39.0	2	0.0025	0.00004
3	33	40.3	3	0.00375	0.00004
4	34	41.8	3	0.00375	0.00004
5	34.0	43.3	3	0.00375	0.00004
6	35.0	44.8	3	0.00375	0.00004
7	35.0	40.0	4	0.005	0.00004
8	35.7	43.5	4	0.005	0.00004
9	36.2	44.1	5	0.00625	0.00004
10	36.7	44.7	6	0.0075	0.00004
11	37.2	45.2	8	0.01	0.00004
12	39	50.0	7.8	0.0098	0.00004
13	39.2	50.2	8	0.01	0.00004
14	40.0	51.8	7.8	0.0098	0.00004
15	40.8	53.3	7.5	0.00938	0.00004
16	41.5	54.9	7.8	0.0098	0.00004
17	42	55.0	8	0.01	0.00004
18	42.8	57.7	8	0.01	0.00004
19	43.5	59.3	8	0.01	0.00004
20	44.2	60.9	8	0.01	0.00004
21	44.9	62.5	8	0.01	0.00004
22	45.0	70	8	0.01	0.00004
23	45.7	70	8	0.01	0.00004
24	46.2	70	8	0.01	0.00004
25	46.7	70	8	0.01	0.00004
26	47.2	70	8	0.01	0.00004
27	50	70	8	0.01	0.00004
28	50	70	8	0.01	0.00004
29	50	70	8	0.01	0.00004
30	50	70	8	0.01	0.00004



รูปที่ 3 อุณหภูมิการอบแห้งที่อัตราการไหลของลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที วันที่ 26/11/66

จากรูปที่ 3 การทดสอบเดินเครื่องอบแห้งชีวมวลที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0273 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ด้วยสภาพอากาศร้อนพบว่าอุณหภูมิภายใน (Tout) สูงสุดในช่วงเวลา 22 นาทีหลังจุดเตาที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศทางเข้าของโบลเวอร์แปรผันในช่วง 30-50 องศาเซลเซียส

การลดความชื้นที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที



รูปที่ 4 การลดความชื้นที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

จากรูปที่ 4 การทดสอบเดินเครื่องอบแห้งที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พบว่าอุณหภูมิอากาศร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วยส่งผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงจากอัตราส่วนความชื้น 595.25 g water/g product ลดลงอย่างต่อเนื่องจนอยู่ในระดับ 517.75 g water/g product ในนาทีที่ 30

สรุปและอภิปรายผล

การทดลองอบแห้งเครื่องเป่าด้วยเครื่องอบแห้งชีวมวลที่มีการไหลของลมร้อนในช่วง 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 26/11/66 พบว่าจากการทดลองที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0273 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูงสุดที่ 70 องศาเซลเซียส ในเวลา 22 นาทีหลังจุดเตา โดยอุณหภูมิอากาศที่เข้าของโบลเวอร์มีค่าแปรผันระหว่าง 30-50 องศาเซลเซียส จากการ

ทดสอบที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอากาศร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 595.25 g water/g product เหลือ 517.75 g water/g product ภายในเวลา 30 นาที

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องอบแห้งชีวมวลสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการควบคุมอัตราการไหลของลมร้อนอย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับการทำงานวิจัยในอนาคตดังนี้ การทดสอบในช่วงอัตราการไหลลมร้อนที่หลากหลายมากขึ้น ควรมีการทดสอบที่ครอบคลุมอัตราการไหลลมร้อนที่กว้างขึ้นเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิภายนอกควรศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิภายนอกที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการอบแห้ง เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในพื้นที่สภาพอากาศต่าง ๆ การพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การพัฒนาเทคโนโลยีหรือระบบควบคุมที่สามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นได้อย่างแม่นยำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้ง การศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ควรมีการศึกษาลักษณะของการอบแห้งต่อวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2566 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

References

- [1] P. Boonrat, "A Study on the Performance of a Community Product Drying Machine with Reversing Hot Air Produced from a High-Efficiency Biomass Furnace," Master's Thesis in Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, 2018.
- [2] E. C. Okoroigwe, M. N. Eke, and H. U. Ugwu, "Design and Evaluation of Combined Solar and Biomass Dryer for Medium Enterprises for Developing Countries," *International J. of Physical Sciences*, vol. 8, Issue-2, 2013, pp.1341-1349.
- [3] S. Dhanushkodi, V. H. Wilson, K. Sudhakar, "Mathematical Modeling of Drying Behavior of Cashew in A Solar Biomass Hybrid Dryer," *Resource-Efficient Technologies*, vol. 3, Issue-4, pp 359-364, January. 13. 2017.
- [4] A.G. Ferreira, Charbel, A. L. T., Pires, R. L., Silva, J. G. and C. B. Mai, "Experimental Analysis of A Hybrid Dryer," *Thermal Engineering*, vol. 6, pp. 03-07, December. 2007.
- [5] B. Prasit, A. Phongtharakulpanich, and S. Natakornkul, "Development of a Solar Energy Dryer for Household Industry," in *Proceedings of the 2 nd Thailand Energy Network Academic Conference*, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. July. 27-29, 2006.
- [6] S. Choeyklin, T. Namhong, and K. Choeyklin, "Effects of Preparation of Longan, Rambutan, and Lychee Before Drying with Microwave Combined with Infrared Followed by Hot Air on Sugar Content and Antioxidant Activity," *RMUTS J.*, 1(2): pp. 128-137, 2023.
- [7] S. Pamomsamit, S. Wiriypaiwong, and A. Thiboonma, "Performance Study of a Solar Dryer Combined with Infrared Radiation," in *Proceedings of the 2 nd Thailand Energy Network Academic Conference*, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. July. 27-29, 2006.
- [8] T. Chaiyasiri, B. Wattanakosai, and W. Rojanavisut, "Solar Energy Banana Drying Machine," Bachelor's Thesis in Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 1989.
- [9] F. Marra, M.V.D. Bonis, and G. Ruocco, "Combined Microwaves and Convection Heating: A Conjugate Approach," *J. of Food Engineering*. Vol. 97, Issue-1, March. 2010.
- [10] K. Sookramoon, S. Kingthong, J. Kaenchan, S. Chanaklang, and Mananya Khumwachirapitak, "Development of a Direct Solar Drying Machine for Drying Bananas at the Community Level," *J. of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University*, Vol. 9, No. 1, pp. 33-43. January – June. 2021.
- [11] S. Sudchaliao, "A Study of Hot Air Drying Combined with an Electric Field," Master's Thesis in Engineering, Mahasarakham University, 2007.

- [12] W. Thepent and Postharvest Engineering Research Group, "Agricultural Engineering Research Institute Department of Agriculture," 2023.
- [13] C. Jittakam, J. Metta, N. Wimonsoot, N. Saengthong, and S. Kaewluan, "Effects of Fuel Type and Primary Airflow Rate on Pollution and Performance of an Updraft Biomass Stove," *J. of Renewable Energy for Communities*, Vol. 1, No. 2, pp. 39-44, May-August. 2018.
- [14] K. Rakgitsiri, "A Study of Quality and Shelf Life Extension of Fresh Thai Noodles," Master's Thesis in Agricultural Industry, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, 2006.

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ระดับการพัฒนาต่างกันเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณปริมาณวัสดุสำหรับผนังก่ออิฐฉาบปูน

ไพจิตร ผาวัน¹, วริศรา เลิศไพฑูรย์พันธ์²

^{1,2}คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Email: warisara.le@spu.ac.th²

Received: Jun 13, 2024

Revised: Jun 19, 2024

Accepted: Jun 20, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและเปรียบเทียบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ระดับการพัฒนา (Level of Development: LOD) LOD300 และ LOD400 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น โดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit และถอดปริมาณวัสดุของผนังก่ออิฐฉาบปูน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณไว้ ผลการวิจัยพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจาก BOQ (Bill of Quantities) กับแบบจำลอง LOD300 ของปริมาณงานก่อผนังหนา 100 มม. เท่ากับ 3.98% ปริมาณงานก่อผนังหนา 200 มม. เท่ากับ 11.24% ปริมาณงานฉาบผนัง เท่ากับ 38.85% และที่ระดับ LOD400 ของปริมาณงานก่อผนังหนา 100 มม. เท่ากับ 10.54% ปริมาณงานก่อผนังหนา 200 มม. เท่ากับ 19.18% ปริมาณงานฉาบผนัง เท่ากับ 38.85% และปริมาณงานเสาเอ็น-คานทับหลัง เท่ากับ 0.95% นอกจากนี้ยังพบว่าสมการถดถอยเชิงเส้นที่สร้างขึ้นสามารถทำนายปริมาณวัสดุได้อย่างแม่นยำ โดยมี R^2 อยู่ระหว่าง 0.9942 ถึง 1 ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณวัสดุได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM), การถอดปริมาณวัสดุ, สมการถดถอยเชิงเส้น

Applying Building Information Modeling (BIM) at Different Levels of Development (LOD) to Enhance Material Quantity Accuracy for Block Masonry Walls

Paijit Pawan¹, Warisara Lertpaitoonpan²

^{1,2}School of Engineering, Sripatum University

Email : warisara.le@spu.ac.th²

Received: Jun 13, 2024

Revised: Jun 19, 2024

Accepted: Jun 20, 2024

Abstract

This research aims to create and compare Building Information Modeling (BIM) at Level of Development (LOD) 300 and LOD400 for a 7-story residential and office building using Autodesk Revit. The study involves quantifying block masonry materials and comparing these quantities to those derived from 2D construction drawings calculated by contractors. The results show that the deviation of material quantities between the Bill of Materials (BOM) and LOD300 models are 3.98% for 100-mm thick wall masonry, 11.24% for 200-mm thick wall masonry, and 38.85% for wall plastering. At LOD400, the deviations are 10.54% for 100-mm thick wall masonry, 19.18% for 200-mm thick wall masonry, 38.85% for wall plastering, and 0.95% for lintel and beam work. Additionally, it was found that the developed linear regression equations can accurately predict material quantities, with R^2 values ranging from 0.9942 to 1, which significantly reduces deviations in material quantity calculations.

Keywords : Building Information Modeling (BIM), Quantity Take-off, Linear Regression Equation.

บทนำ

การก่อสร้างเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็น 1 ใน 5 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก โดยเฉพาะปี 2565 การก่อสร้างอาคารต้องการใช้พลังงานโลกกว่า 34% และมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กว่า 37% [1] นอกจากนี้ การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพในกระบวนการก่อสร้าง ยังส่งผลให้เกิดของเสียจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรและพลังงานโดยไม่จำเป็น [2, 3]

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบ การวางแผน และการบริหารจัดการโครงการ การใช้ BIM ทำให้มีข้อมูลที่ละเอียดและแม่นยำช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดข้อผิดพลาดในการก่อสร้าง เพราะสามารถตรวจสอบและปรับปรุงแบบจำลองได้ก่อนที่จะนำไปใช้จริง สามารถลดการรื้อถอนหรือการปรับเปลี่ยนแก้ไขงานก่อสร้างที่เกิดจากข้อผิดพลาดได้ ทำให้กระบวนการก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และลดการสูญเสียวัสดุที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง [4-6] นอกจากนี้ BIM ยังช่วยให้สามารถประมาณการใช้วัสดุได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนและควบคุมปริมาณการใช้วัสดุ [7, 8] ทำให้สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งหรือการส่งวัสดุเกินจำเป็น ซึ่งเป็นการลดต้นทุน ลดปริมาณของเสีย ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการก่อสร้าง [9, 10] ด้วยความแม่นยำของข้อมูลและแบบจำลองที่สร้างขึ้น

อย่างไรก็ตาม การนำกระบวนการ BIM ไปใช้จะต้องเข้าใจระดับการพัฒนา (Level of Development: LOD) ของแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อที่จะสามารถสื่อสาร และรับส่งข้อมูลให้กับทุก

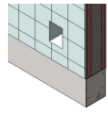
ฝ่ายในการทำงานร่วมกัน สำหรับประเทศไทยมี 2 องค์การวิชาชีพ ที่ได้กำหนดแนวทางในการใช้ LOD ได้แก่ 1) สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำคู่มือปฏิบัติวิชาชีพ แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับประเทศไทย ฉบับปี พ.ศ.2558 [11] กำหนด LOD ตามขั้นตอนการทำงาน แต่ไม่ได้ใช้ค่าตัวเลข 2) วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำมาตรฐานการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ตามแนวทางสภาวิชาชีพ ฉบับปี พ.ศ. 2563 [12] กำหนด LOD เป็นค่าตัวเลข ตั้งแต่ LOD100 ถึง LOD400

ระดับการพัฒนาที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างนั้น จะใช้ตั้งแต่ LOD300 ขึ้นไป ซึ่งในตารางที่ 1 ได้แสดงตัวอย่างของระดับการพัฒนาสำหรับงานผนัง ในระดับ LOD300 และ LOD400

ในการถอดปริมาณวัสดุ เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้าง (Quantity Take-off for Cost Estimation) สำหรับการประกวดราคา โครงการขนาดเล็ก มักใช้การถอดปริมาณจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ซึ่งปริมาณที่ได้จากแบบ 2 มิติ ยังมีความคลาดเคลื่อนจากปริมาณจริง เนื่องจากแบบก่อสร้างยังไม่ละเอียดพอ และวิธีการคิดที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องเผื่อปริมาณวัสดุเพิ่มเติม ซึ่งโดยทั่วไปผู้ถอดปริมาณจะเผื่อปริมาณวัสดุตามเกณฑ์มาตรฐาน เช่น ของกรมบัญชีกลาง หรือ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ การใช้ BIM ในการสร้างแบบจำลองอาคารและถอดปริมาณงานจะรวดเร็วอย่างมาก โดยทั่วไปจะใช้แบบจำลองระดับ LOD300 ในการถอดปริมาณวัสดุ เนื่องจากมีรายละเอียดเพียงพอสำหรับการถอดปริมาณวัสดุหลัก ๆ ที่ต้องใช้ แม้ว่าปริมาณวัสดุที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนจากปริมาณจริง เนื่องจากแบบจำลองยังไม่ละเอียดเพียงพอ

ตารางที่ 1 ระดับการพัฒนาสำหรับงานผนัง

LOD	Graphic	Non-Graphics
¹ Construction Documents (² LOD300)		- ความหนา / แยกวัสดุ / ตำแหน่ง - ระบุชนิด / ความยาว / ความกว้าง / ความสูง - วัสดุที่ใช้ / รุ่น / สี
As-built Drawing (² LOD400)		- ความหนา / แยกวัสดุ / ตำแหน่ง - ระบุชนิด / ความยาว / ความกว้าง / ความสูง - พื้นที่ / ปริมาตร (ตามแบบก่อสร้าง) - วัสดุที่ใช้ / รุ่น / สี / การติดตั้ง - ผู้ขาย / โรงงานผู้ผลิต / ประกัน

¹สมาคมสถาปนิกสยามฯ

²วิศวกรรมสถานฯ

การคำนวณปริมาณวัสดุได้อย่างแม่นยำตั้งแต่ขั้นตอนประมาณราคาเพื่อประกวดราคาจะช่วยให้ผู้รับเหมาประเมินต้นทุนค่าก่อสร้างได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น และหลีกเลี่ยงการเพิ่มเปอร์เซ็นต์เผื่อที่มากเกินไป ซึ่งอาจทำให้การประเมินกำไร-ขาดทุนคลาดเคลื่อนได้ มีงานวิจัยหลายชิ้น [13–15] ได้ระบุว่าการใช้ BIM ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประมาณราคาและการถอดปริมาณวัสดุ เนื่องจากสามารถวิเคราะห์และตรวจสอบปริมาณวัสดุได้อย่างละเอียดและแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้แบบ 2 มิติ

การใช้แบบจำลองระดับการพัฒนา LOD400 มีรายละเอียดสูงจะช่วยให้การถอดปริมาณวัสดุและการคำนวณค่าใช้จ่ายมีความแม่นยำมากขึ้น ลดความเสี่ยงจากข้อผิดพลาดต่างๆ แต่การสร้างแบบจำลอง LOD400 นั้นต้องใช้ทรัพยากรระยะเวลา และความพยายามมากกว่า LOD ระดับต่ำกว่า [16] รวมถึงต้องมีการจัดการและตรวจสอบข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อรักษาความ

ถูกต้อง และทันสมัย ดังนั้นจึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในขั้นตอนการประมาณราคาก่อสร้าง

ในการวิจัยนี้ จึงได้สร้างแบบจำลองระดับ LOD300 และ LOD400 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit และถอดปริมาณวัสดุของผนังก่ออิฐฉาบปูน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณไว้ การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนระหว่าง BOQ (Bill of Quantities) ที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ เทียบกับแบบ LOD300 และ LOD400 รวมทั้งการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณวัสดุจาก BOQ กับ ปริมาณวัสดุจากแบบ LOD300 และ LOD400 สมการความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะช่วยให้สามารถคาดการณ์ปริมาณวัสดุและต้นทุนสำหรับโครงการในอนาคตได้อย่างแม่นยำมากขึ้นทำให้สามารถลดความเสี่ยงและปรับปรุงการวางแผนโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

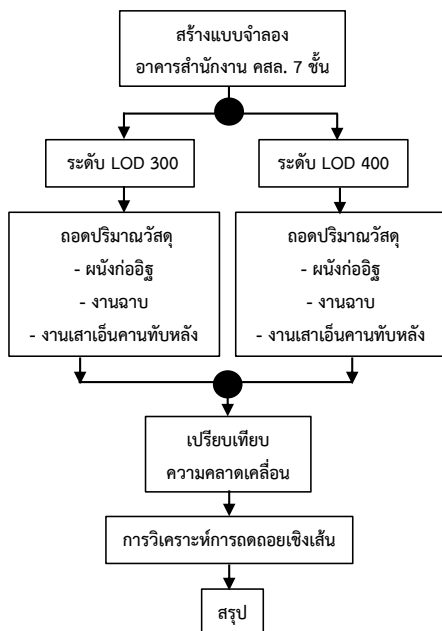
การเลือกใช้ระดับ LOD300 และ LOD400 ในการวิจัยนี้ เนื่องจาก LOD300 มีรายละเอียดเพียงพอสำหรับการถอดปริมาณวัสดุที่ต้องการในขั้นตอนการออกแบบและการวางแผน ส่วน LOD400 แม้จะสามารถลดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่า แต่มีความซับซ้อนและต้องใช้ทรัพยากรมากกว่า จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในขั้นตอนการประมาณราคา แต่การศึกษาและเปรียบเทียบ LOD400 จะช่วยให้ทราบถึงปริมาณวัสดุที่ประมาณไว้กับวัสดุที่ใช้จริงว่าต่างกันอย่างไร ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางแผนและการพัฒนาการคำนวณปริมาณและราคาของวัสดุที่จะใช้ของโครงการในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สร้างแบบจำลองระดับ LOD300 และ LOD400 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit และถอดปริมาณวัสดุของผนังก่ออิฐฉาบปูน
2. เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณไว้ กับปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบจำลอง LOD300 และ LOD400
3. สร้างสมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อคาดการณ์ปริมาณวัสดุที่ใช้จริง เมื่อทราบปริมาณวัสดุจาก BOQ

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย แสดงดังรูปที่ 1 เริ่มจากจัดทำแบบก่อสร้าง (construction document) ด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 3 มิติ ที่ระดับ LOD300 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยซอฟต์แวร์ Autodesk Revit



รูปที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

จากนั้นพิจารณาเฉพาะระบบผนังก่ออิฐฉาบปูน (บล็อกประสาน) ที่ระดับ LOD300 และ LOD400 และถอดปริมาณงานจากแบบจำลองดังกล่าว ที่ประกอบไปด้วย ผนังก่ออิฐ งานฉาบปูน และ งานเสาเอ็นคานทับหลัง แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณงานที่ถอดจากแบบจำลอง LOD300 และ LOD400 เทียบกับ BOQ จากผู้รับเหมาที่คำนวณไว้แล้ว และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบจำลอง กับ BOQ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลถดถอยเชิงเส้น เพื่อจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการประมาณปริมาณวัสดุในโครงการอื่นในอนาคต

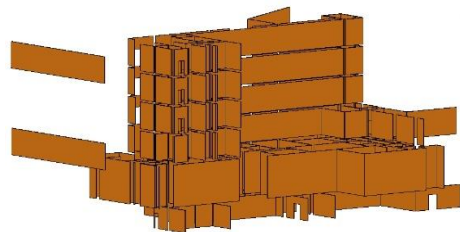
ผลการวิจัย

แบบก่อสร้าง 3 มิติ ที่พัฒนาด้วยระดับ LOD300 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองสารสนเทศอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก พักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น

เมื่อพิจารณาเฉพาะแบบจำลองของระบบผนังที่ระดับ LOD300 จะได้ดังรูปที่ 3

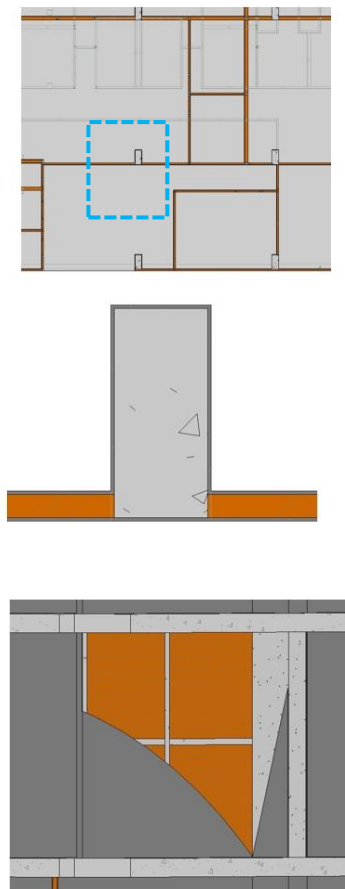


รูปที่ 3 แบบจำลองผนังก่ออิฐฉาบปูนของทั้งอาคาร ที่ระดับ LOD300

โดยตัวอย่างแบบขยายของผนังก่ออิฐฉาบปูน LOD400 แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อถอดปริมาณวัสดุจะได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณวัสดุจากแบบจำลอง LOD400

ผนังก่อหนา 100 มม. (ตร.ม.)	ผนังก่อหนา 200 มม. (ตร.ม.)	ผนังฉาบปูน (ตร.ม.)	เสาเอ็นคานทับหลัง (ม.)
3,437	1,247	1,812	3,470



รูปที่ 4 ตัวอย่างแบบขยายผนังก่ออิฐฉาบปูนติดกับส่วนของเสาคอนกรีต (LOD400)

การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนจากการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ระดับ LOD300 และ LOD400 เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจากแบบก่อสร้างอาคารสำนักงาน 7 ชั้น ในส่วนงานสถาปัตยกรรมซึ่งประกอบด้วยผนังก่อ ผนังฉาบ และเสาเอ็น-

คานทับหลัง โดยแสดงความคลาดเคลื่อนด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

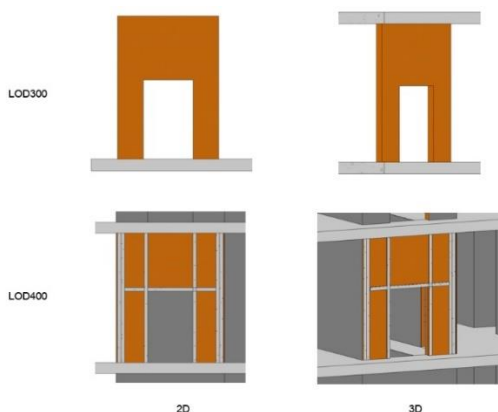
ตารางที่ 3 ความแตกต่างของปริมาณงานผนังก่ออิฐฉาบปูน (อิฐบล็อกประสาน) ที่ได้จากแบบจำลอง LOD300 และ LOD400 เทียบกับ BOQ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ

รายการ	หน่วย	BOQ	LOD300	¹ SD (%)	LOD400	² SD (%)
ผนังก่อ หนา 100 มม.	ตร.ม.	3,840	3,693	3.98	3,438	10.54
ผนังก่อ หนา 200 มม.	ลบ.ม.	1,486	1,336	11.24	1,247	19.18
ผนังฉาบปูน	ลบ.ม.	2,516	1,812	38.85	1,812	38.85
เสาเอ็น-คานทับหลัง	ม.	3,511	-	-	3,478	0.95

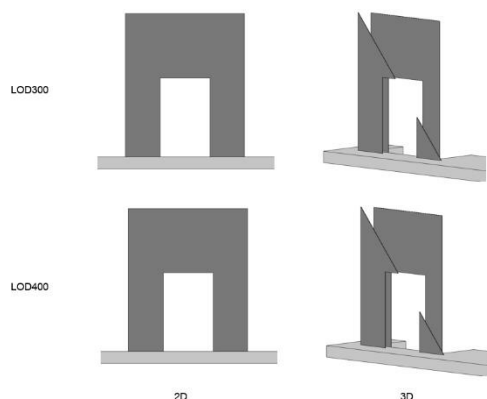
¹SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบระหว่างปริมาณที่ได้จาก BOQ และ ที่ได้จากแบบจำลอง LOD300

²SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบระหว่างปริมาณที่ได้จาก BOQ และ ที่ได้จากแบบจำลอง LOD400

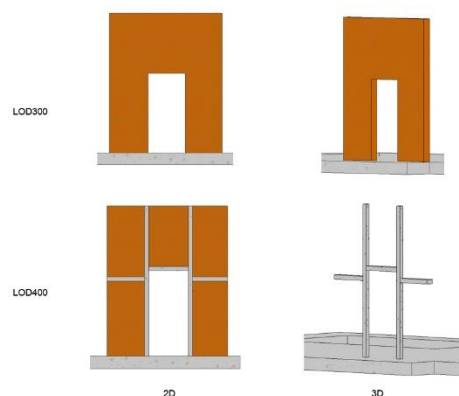
ภาพเปรียบเทียบแบบจำลองผนังก่ออิฐบล็อก
ประสาน LOD300/LOD400 ผนังฉาบปูน
LOD300/LOD400 และ เสาเอ็น-คานทับหลัง
LOD300/LOD400 แสดงดังรูปที่ 5 – รูปที่ 7
ตามลำดับ และปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบจำลอง
LOD300/LOD400 ของผนังก่ออิฐบล็อกประสาน
ผนังฉาบปูน และ เสาเอ็น-คานทับหลัง แสดงใน
ตารางที่ 4 – ตารางที่ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5 ตัวอย่างแบบจำลองผนังก่ออิฐบล็อก
ประสานที่ระดับ LOD300 และ LOD400



รูปที่ 6 ตัวอย่างแบบจำลองผนังฉาบปูนที่ระดับ
LOD300 และ LOD400



รูปที่ 7 ตัวอย่างแบบจำลองเสาเอ็น-คานทับหลังที่
ระดับ LOD300 และ LOD400

ตารางที่ 4 ตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณผนังก่ออิฐบล็อกประสาน ที่ระดับ LOD300/LOD400

รายการ	พื้นที่ผนัง (ตร.ม.)		บล็อกประสาน(ก้อน)	
	LOD300	LOD400	LOD300	LOD400
ผนังก่อ	6.695	5.72	267.8	228.8

¹อิฐบล็อกประสาน ขนาด 12.5 ซม. x 25 ซม. x 10 ซม.

²ผนังก่ออิฐหนา 100 มม.

ตารางที่ 5 ตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณผนังฉาบปูน ที่ระดับ LOD300/LOD400

รายการ	พื้นที่ผนังฉาบปูน (ตร.ม.)	
	LOD300	LOD400
ผนังฉาบปูน (ฉาบหนา 15 มม.)	14.74	14.74

ปริมาณวัสดุของเสาเอ็น-คานทับหลัง ในตารางที่ 6 แสดงในแบบจำลอง LOD400 เท่านั้น ข้อมูลนี้ไม่มีใน LOD300 เนื่องจาก LOD300 มีรายละเอียดน้อยกว่า LOD400 จึงไม่สามารถแสดงเสาเอ็น-คานทับหลังได้ แต่การไม่มีเสาเอ็น-คานทับหลัง ใน LOD300 ไม่ส่งผลต่อปริมาณอิฐก่อผนัง

ตารางที่ 6 ตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณเสาเอ็น-คานทับหลัง ที่ระดับ LOD300/LOD400

ความยาวรวม (ม.)		ปริมาณคอนกรีต (ลบ.ม.)	
LOD300	LOD400	LOD300	LOD400
-	5.45	-	0.0545

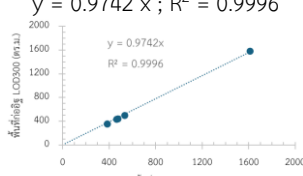
ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยซอฟต์แวร์ Autodesk Revit เพื่อถอดปริมาณวัสดุ ในส่วนงานผนังก่ออิฐฉาบปูน อิฐบล็อกประสาน ที่ระดับชั้นแบบก่อสร้าง (Construction Document) และขั้นตอนการจัดทำแบบเพื่อทำงานจริงตามที่ได้ก่อสร้างไปแล้ว (As-built Drawing) นำมาหาความสัมพันธ์ ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น แสดงดังตารางที่ 7 - ตารางที่ 12

สรุปและอภิปรายผล

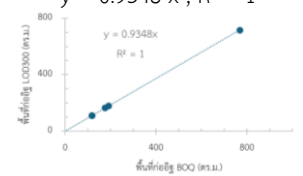
การศึกษานี้มุ่งพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ระดับการพัฒนา (LOD) 300 และ 400 สำหรับอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น โดยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit เพื่อถอดปริมาณวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนและเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลอง LOD400 มีความแม่นยำสูงกว่าแบบ LOD300 และแบบก่อสร้าง 2 มิติ แต่ต้องใช้ทรัพยากรและความพยายามมากกว่า

การเลือกใช้ LOD300 เหมาะสำหรับการออกแบบและวางแผนเบื้องต้น ส่วน LOD400 เหมาะสำหรับการใช้งานจริง แม้ต้องจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกใช้ระดับ LOD ที่เหมาะสม และเสนอสมการถดถอยเชิงเส้นช่วยในการคาดการณ์ปริมาณวัสดุที่จะใช้จริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มความแม่นยำ ลดข้อเสีย และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาคการก่อสร้าง

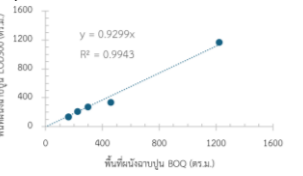
ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 100 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD300

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD300	SD (%)	ผลการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	472.69	447.36	5.66	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9742x$; $R^2 = 0.9996$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,609.14	1,586.22	1.44	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	530.42	501.82	5.67	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	383.12	358.79	6.78	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	383.12	358.79	6.78	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	461.51	439.08	5.11	
7	ชั้นหลังคา	ตร.ม.	-	-	-	

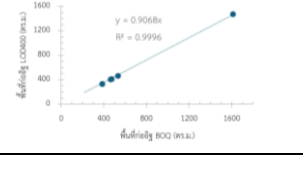
ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 200 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD300

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD300	SD (%)	ผลการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	191.08	179.30	6.57	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9348x$; $R^2 = 1$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	767.84	716.82	7.12	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	175.05	164.76	6.24	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	117.44	110.97	6.31	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	117.44	110.97	6.31	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	117.44	110.97	6.31	

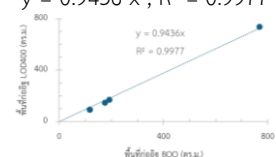
ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังฉาบปูน ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD300

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD300	SD (%)	ผลการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	458.63	338.40	35.53	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9299x$; $R^2 = 0.9943$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,218.74	1,167.7	4.37	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	223.59	216.22	3.41	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	159.35	136.32	16.89	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	159.35	136.34	16.88	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	296.34	276.63	7.13	

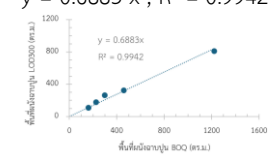
ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 100 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD400

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD400	SD (%)	ผลการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	472.69	416.46	13.50	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9068x$; $R^2 = 0.9996$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,609.14	1,476.59	8.98	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	530.42	467.14	13.55	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	383.12	333.98	14.71	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	383.12	333.98	14.71	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	461.51	408.74	12.91	

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 200 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD400

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD400	SD (%)	ผลการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	191.08	170.72	11.93	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9436x$; $R^2 = 0.9977$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	767.84	738.44	3.98	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	175.05	148.9	17.56	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	117.44	93.7	25.34	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	117.44	93.7	25.34	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	117.44	93.7	25.34	

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังฉาบปูน ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD400

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD400	SD (%)	ผลการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	458.63	327.87	39.88	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.6883x$; $R^2 = 0.9942$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,218.74	813.87	33.22	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	223.59	180.84	23.63	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	159.35	112.24	41.97	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	159.35	112.24	41.97	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	296.34	264.89	11.87	

References

- [1] United Nations Environment Programme, “Global Status Report for Buildings and Construction,” May. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction>
- [2] C. Luangcharoenrat, S. Intrachotoo, V. Peansupap and W. Sutthinarakorn, “Factors influencing construction waste generation in building construction: Thailand’s perspective,” *Sustainability*, vol. 11, no. 13, p. 3638, Jul. 2019.
- [3] W. Lertpaitoopan and S. Santiyanon, “Factors influencing construction waste generation in building construction project: A path analysis approach,” *Proceedings of NIVCMR (The 5th National and International Virtual Conference on Multidisciplinary Research)*, Buriram, April. 25, 2022, pp. 404–414.
- [4] K. N. Ali, H. H. Alhajlah and M. A. Kassem, “Collaboration and risk in building information modelling (BIM): A systematic literature review,” *Buildings*, vol. 12, no. 5, pp. 571, Apr. 2022.
- [5] Z. Liu, Y. Lu, and L.C. Peh, “A review and scientometric analysis of global Building Information Modeling (BIM) research in the architecture, engineering and construction (AEC) industry,” *Buildings*, vol. 9, no. 10, pp. 210, Sep. 2019.
- [6] C. Khosakitchalert, N. Yabuki, and T. Fukuda, “Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements,” *Automation in Construction*, vol. 106, pp. 102891, Oct.2019. doi:10.1016/j.autcon.2019.102891

- [7] P. Pawan and P. Mekarkart, "Application of regression model to develop quantity take-off processes for reinforce concrete building using BIM Software," *Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology*, Bangkok, 19 May. 2023, pp. 337–342.
- [8] M. N. Uddin, H. H. Wei, H. L. Chi, M. Ni, and P. Elumalai, "Building Information Modeling (BIM) incorporated green building analysis: An application of local construction materials and sustainable practice in the built environment," *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, vol. 6, no. 1, Mar. 2021.
- [9] L. P. Khant, D. D. Widjaja, K. Kwon, and S. Kim, "A BIM-based bar bending schedule generation algorithm with enhanced accuracy," *Buildings*, vol. 14, no. 5, pp. 1207, Apr. 2024.
- [10] P. Pawan and W. Lertpaitoonpan, "Minimizing gable roofing materials in proactive design phase by using a genetic algorithm to estimate the purlin spacings," *Proceedings of the 28th National Convention on Civil Engineering*, Phuket, pp. BIM02-1–BIM02-6, May. 2023.
- [11] The association of Siamese architects under royal patronage, "institute of Siamese architects," Bangkok: Plus Press, 2015.
- [12] Committee to establish standards for the use of building information modeling, "According to the professional council guidelines for the year 2020-2022," Bangkok: The engineering institute of Thailand under H.M. the King's patronage, 2020.
- [13] M. Y. Mahendra, N. Kartika, and Tahadjuddin. "Calculation of cost estimation based on building information modeling in construction projects," *International Journal of Natural Science and Engineering*, vol. 7, no.1, pp. 71–83, Apr. 2023.
- [14] Z. Xu, X. Gao, Z. Song, X. Tian and X. Jiang, "Research on the application of BIM technology in construction cost management," *2022 International Conference on Wireless Communications, Electrical Engineering and Automation (WCEEA)*, Indianapolis, IN, USA, 2022, pp. 214–217.
- [15] A. Wahab and J. Wang, "Factors-driven comparison between BIM-based and traditional 2D quantity takeoff in construction cost estimation," *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 29 No. 2, pp. 702–715, Mar. 2022.
- [16] S. E. Purba, N. Diandra, and C.W. Feng, "Employing the bim-based approach to analyze and improve the quality of detail construction cost estimation according to NRM 2 and SMPI," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 22, no. 2, pp.75–83, Dec. 2022.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นวารสารตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิจัยในด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่านต่อหนึ่งบทความ และต้องได้รับความเห็นชอบจากบรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยบทความที่พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารอื่น กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับและการพิจารณาตีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง โดยมีข้อเสนอแนะในการส่งบทความดังนี้

การเตรียมต้นฉบับบทความ

ชื่อเรื่อง (Title)	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรสั้น กระชับ ครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ และสื่อความหมายของเรื่องที่ใช้อย่างชัดเจน
ชื่อ นามสกุลของผู้เขียน	ระบุชื่อนามสกุลเต็ม ของผู้เขียนให้ครบทุกคน <u>โดยไม่ต้องใส่คำนำหน้านามใด ๆ</u> ระบุสถานที่ทำงานหรือหน่วยงานที่สังกัดของผู้เขียน, ไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
บทคัดย่อ (Abstract)	มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษเป็นเนื้อความสรุปสาระสำคัญของเรื่อง ครอบคลุมวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย และผลสรุป มีความยาวไม่เกิน 250 คำ ให้พิมพ์คอลัมน์เดียว
คำสำคัญ (Keyword)	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ จำนวน 3-5 คำ
บทนำ	อธิบายถึงความสำคัญหรือที่มาของปัญหาที่ทำการศึกษา วัตถุประสงค์ และอาจรวมไปถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
เนื้อเรื่อง	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับและชัดเจน
วิธีการวิจัย	อธิบายขั้นตอนการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย
ผลการวิจัย	อธิบายผลการทดลองที่พบอย่างชัดเจน ครบถ้วน
สรุปและอภิปรายผล	เป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานผู้อื่นอย่างไร โดยต้องมีการอ้างทฤษฎีหรือผลการศึกษาของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบ
กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)	ระบุสั้น ๆ ว่าได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและความช่วยเหลือจากแหล่งใดบ้าง
เอกสารอ้างอิง (References)	การอ้างอิงในบทความใช้การอ้างอิงแบบตัวเลขตามมาตรฐานสากลดังที่แสดงไว้ในส่วนท้ายของประโยคนี้ [1] เอกสารอ้างอิงท้ายบทความทุกฉบับจะต้องมีการอ้างอิงในบทความ ตามรูปแบบของ IEEE (http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf)

โดยแปลเอกสารอ้างอิง (References) จากภาษาไทยให้เป็นภาษาอังกฤษ

รูปภาพและตาราง

ต้องมีความคมชัดเป็นภาพขาวดำที่ชัดเจน มีคำอธิบายสั้น ๆ ครบถ้วน และเข้าใจ กรณีที่เป็นตาราง ให้ระบุลำดับที่ของตาราง ใช้คำว่า “ตารางที่.....” และอธิบายใส่ไว้เหนือตาราง กรณีที่เป็นรูป ให้ระบุลำดับที่ของรูปใช้คำว่า “รูปที่.....” และมีคำอธิบายใส่ไว้ใต้รูป

รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง

ตัวอย่างการอ้างอิงหนังสือ

- [1] ชื่อผู้แต่ง, ชื่อหนังสือ(ตัวเอียง), (พิมพ์ครั้งที่), เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์, ปีที่พิมพ์.
- [2] สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล, การออกแบบและวิเคราะห์อัลกอริทึม, กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC), 2001.
- [3] J.R. Quinlan, *C4.5: Programs for Machine Learning*, Morgan Kaufmann Publishers, San Meto, California, 1993.

ตัวอย่างการอ้างอิงจากการประชุมวิชาการ

- [4] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” ใน หรือ In, ชื่อการประชุมวิชาการ, ชื่อย่อการประชุมวิชาการ, ชื่อสถานที่จัดงาน, วัน เดือน ปี ที่จัดงาน, เลขหน้า.
- [5] วรุทัย หาญโชติพันธุ์, “การศึกษาแนวทางขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา,” ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ครั้งที่ 8: 2559, น. 726-735.
- [6] H. Worraruethai, “Staff Morale in Working at Suan Sunandha Rajabhat University,” in *XII International Conference on Human Resource Management and Professional Development (ICHRMPD 2014), Paris, France, 2014*, pp. 27-36.

ตัวอย่างการอ้างอิงจากวารสาร

- [7] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” ชื่อวารสาร, ปีที่, ฉบับที่, เลขหน้าบทความที่อ้างอิง, เดือนที่พิมพ์, ปีที่พิมพ์.
- [8] วรุทัย หาญโชติพันธุ์, “วัสดุทางวิศวกรรม,” วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, ปีที่4, ฉบับที่ 2, หน้า 37-42, มกราคม-มิถุนายน, 2559.
- [9] M. Ito et al., “Application of amorphous oxide TFT to electrophoretic display,” *J. Non-Cryst. Solids*, vol. 354, no. 19, pp. 2777–2782, Feb. 2008.

การอ้างอิงจากวิทยานิพนธ์หรือสารนิพนธ์

- [10] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์,” วิทยานิพนธ์หรือสารนิพนธ์ ชื่อย่อปริญญา (สาขา), ชื่อมหาวิทยาลัย, ชื่อเมือง, ชื่อประเทศ, ปีที่พิมพ์.
- [11] วรุทัย หาญโชติพันธุ์, “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการศึกษา,” วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2551.
- [12] J. O.Williams, “*Narrow-band analyzer*,” Ph.D. dissertation (Electrical Engineering), Harvard University, Cambridge, MA, USA, 1993.

การส่งต้นฉบับบทความ

ส่งบทความผ่านระบบ <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru> เท่านั้น หากต้องการรายละเอียดเพิ่มเติม สามารถติดต่อได้ที่ กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 23 โทรสาร 0 2160 1440 Email : fit_journals@ssru.ac.th



แบบฟอร์มส่งบทความวิจัยเพื่อพิจารณาตีพิมพ์
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ชื่อบทความ (ภาษาไทย)

.....

(ภาษาอังกฤษ)

.....

ชื่อ-สกุล ผู้เขียนบทความ

ระดับการศึกษาสูงสุดตำแหน่งทางวิชาการ

หน่วยงาน

สถานที่ติดต่อผู้เขียนบทความ

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้ร่วมบทความ (1)

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้ร่วมบทความ (2)

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ข้าพเจ้า และผู้เขียนร่วม (ถ้ามี) ขอรับรองบทความที่เสนอตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ดังนี้

1. บทความฉบับนี้ยังไม่เคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อน และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารใดๆ

2. เนื้อหาของบทความ ทั้งข้อความ รูปภาพ ทั้งหมดที่ปรากฏขอรับรองว่าเป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม ในกรณีที่มีการอ้างอิงผลงานจากผู้อื่น ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมได้ดำเนินการตามจรรยาบรรณทางการวิจัยทุกประการ กรณีมีการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมขอรับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว

3. ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมยอมรับเงื่อนไขการพิจารณาบทความ และยินยอมปรับแก้บทความตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิหรือตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร

4. ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมขอมอบลิขสิทธิ์บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ให้แก่มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ลงชื่อผู้ส่งบทความ

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หมายเหตุ : กองบรรณาธิการไม่รับพิจารณาบทความที่ไม่ดำเนินการตามรูปแบบที่กำหนด