



วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School
Siam Technology College

ISSN 2392-5701

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2, กรกฎาคม – ธันวาคม 2566 / Vol.10, No. 2, July - December 2023

บทความวิจัย

หน้า

1. การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น
วรณาร ชนะบรรสกุล เสรีย์ ตูประกาย ปิยะรัตน์ ปริย์มาโนช และมงคล รัชชะ
1
2. ระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก โดยประยุกต์ใช้แนวคิดลิน
วัชรินทร์ จิตกุล เอกนรี ทุมพล และรวมพล จันทศาสตร์
13
3. การศึกษาศักยภาพและประเมินทางเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศร่วมกับระบบทำความเย็นแบบระเหยในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี
ธัญญารัตน์ จันทร์โชค และสุลักษณ์ มงคล
28
4. การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์
วุฒิชัย เกษพานิช วนิดา เหลืองมณี รังสรรค์ บุญเพชร ประสงค์ศักดิ์ สองศรี และสุทธิลักษณ์ ชุนประวดี
44
5. การเปรียบเทียบผลการทดลองทางสมรรถนะเชิงความร้อนระหว่างการใช้หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลม กระแสตรงกับหลังคากังหันระบายอากาศภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย
ปรีดี แสงวิรุณ และปรีดา จันทวงษ์
52
6. การศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
พอนพะนา พรหมมาลา สุพัชรี สุปัญญา ศักดิ์ กองสุวรรณ
62

บทความวิชาการ

- 7 ไฮโดรเจน พลังงานทางเลือกแห่งอนาคต
ฐกฤต ปานชลิบ
78

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2566): Vol. 10 No. 2 (July - December 2023)

Print-ISSN: 2392-5701

วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม จัดทำโดย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม เพื่อเป็นสื่อในการเผยแพร่ผลงานวิจัย ความรู้และวิทยาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น โดยวารสารเปิดรับ บทความจากภายในและภายนอก รวมถึงต่างประเทศ แบบเต็มรูปแบบ (Full Paper) รวมถึงบทความวิชาการ (Review Articles) บทความ ที่เสนอมาอาจเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ โดยบทความดังกล่าวจะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อน และเป็นข้อคิดเห็น ของผู้ส่งบทความ นอกจากนี้อัตราการคัดลอกในระบบต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 5 เท่านั้น

วัตถุประสงค์ เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นให้มีการเขียนผลงานทางวิชาการ เผยแพร่ผลงานทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และนักศึกษาทั้งภายในและภายนอก รวมทั้งเป็นสื่อกลางทางการศึกษา ค้นคว้า และเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการ

จุดมุ่งหมาย เป็นศูนย์กลางเพื่อสนับสนุน ถ่ายทอด องค์ความรู้ และเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และการวิจัยที่มีคุณภาพให้เกิด ประโยชน์ต่อสังคม ชุมชน ส่วนรวมของประเทศได้อย่างต่อเนื่องในวารสารรูปแบบสิ่งพิมพ์ และวารสาร อิเล็กทรอนิกส์

เงื่อนไข/ข้อกำหนด

1. รับผิดชอบบทความที่เป็นไปตามเกณฑ์ รูปแบบ มาตรฐาน และแนวปฏิบัติที่วารสารกำหนดไว้ โดยผ่านความเห็นชอบจากวารสารแล้วเท่านั้น (ไม่รับผิดชอบบทความที่ไม่เป็นไปตามที่ระบุไว้)
2. บทความที่ส่งขอรับการพิจารณาจะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในขั้นตอน พิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่น
3. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้แต่ง/ผู้พิมพ์/ผู้เขียน เท่านั้น และจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบ ต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น
4. บทความที่ได้รับการลงตีพิมพ์ในวารสารเป็นลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ (ราย 6 เดือน) ดังนี้

ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน

ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม

การประเมินบทความ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่าน ต่อ 1 บทความ ในรูปแบบ Double blinded

ที่ปรึกษา อธิการบดี

หน้าที่ ให้คำปรึกษาในการจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม

บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐกฤต ปานชลธิ

หน้าที่ ดำเนินงานบริหารจัดการวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามนโยบาย ของวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

เจ้าของ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

46 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600 โทรศัพท์ 02-878-5000

การส่งบทความ ส่งไฟล์ทาง E-mail (MS Word และ PDF) ไปที่ทางเว็บไซต์ของวารสาร <http://jeet.siamtechu.net/> และ <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JEET/index>

พิมพ์ที่ บริษัท แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตปอเรชั่น จำกัด

99/164 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 02-5751791 โทรสาร 02-5751793 เว็บไซต์ www.protexts.com

สำนักงาน หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

เลขที่ 46 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600 โทรศัพท์ 02-878-5035

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร์ หิรัญผล
 รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์
 รองศาสตราจารย์ ดร.ศิระ สายสร
 รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ ดวงเดือน
 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ
 รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพันธ์ ตังวาทองสุข
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุโกศล วโนทยาพิทักษ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา สารานันต์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ภูเกล้าวัน
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิต แต่งศรี
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ ตีรอด
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วณิช นิลนนท์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประดิษฐ์ สงค์แสงยศ
 ดร.กนกอร รจนากิจ
 ดร.ดิณณภพ จุ่มอิน
 ดร.ชัยพร ทบแป
 ดร.ณัฐวุฒิ อินทบุตร
 ดร.วีระ ศรีอริยะกุล
 ดร.สุนทร แสงเพชร
 ดร.สุรชาติ จันทระชัย
 ดร.เชษฐภณญ์ ปัญญาธรรมวงศ์
 ดร.กวิณเวทย์ พิพิธนันทนัยธร
 ดร.ทรงพล นครเศรษฐ์ศักดิ์
 ดร. มนต์รี หล่ออบกกิจ
 อาจารย์วิษณุ บุญมาก
 อาจารย์ปิยะนัฐ ใจตรง
 อาจารย์เฉลิมพล เมืองลือ
 รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ
 รองศาสตราจารย์ ดร.สายพิณ ไชยนันท์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สิทธิพันธุ์ ไชยนันท์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล จงสุพรรณพงศ์
 ดร.สุทธิลักษณ์ ชุนประวัตติ
 ดร.กฤติเดช ดวงใจบุญ
 อาจารย์ธเนศ วิลาสมงคลชัย
 อาจารย์จิรวัดน์ กรุณา
 อาจารย์สงกรานต์ ภารกุล
 อาจารย์ศิวพัฒน์ สุโรดิเวศย์
 อาจารย์กัญญ์ สุธิยันต์

มหาวิทยาลัยปทุมธานี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
 มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
 วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
 มหาวิทยาลัยธนบุรี
 มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
 มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
 Xian Jiaotong University
 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
 มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
 มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
 มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
 นักวิชาการอิสระ
 มหาวิทยาลัยธนบุรี
 มหาวิทยาลัยธนบุรี
 มหาวิทยาลัยปทุมธานี
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

หน้าที่

1. ให้ข้อคิด แนวทาง คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะในการดำเนินการจัดทำวารสารให้มีคุณภาพ เพื่อส่งเสริม และสนับสนุนให้การดำเนินงานจัดทำวารสารสำเร็จลุล่วงด้วยดี
2. พิจารณาและประเมินบทความที่ส่งเข้าสู่กระบวนการของวารสารตามความเหมาะสม

ฝ่ายประสานงานและเลขานุการกองบรรณาธิการ

อาจารย์จุฑารัตน์ แก้วบุญชู
 อาจารย์ชลิตา โปะมา

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

บทบรรณาธิการ

ในสถานการณ์ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะพัฒนาโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานมากขึ้น มุ่งเน้นคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบน้อยที่สุด โดยมีทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานสะอาดที่เป็นหัวใจสำคัญของการดำเนินด้านเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม จึงได้จัดเผยแพร่วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม ฉบับนี้เป็นปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566) โดยเผยแพร่ผลงานวิจัย และบทความวิชาการครอบคลุมด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว ปัจจุบันการดำเนินงานภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ การเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ หรือแม้แต่กระทั่งการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ส่งผลต่อการดำรงชีพในปัจจุบัน

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม ได้ให้ความสำคัญ และตระหนักต่อการนำองค์ความรู้มาบูรณาการสร้างคุณประโยชน์สู่สังคม ซึ่งเป็นการนำเสนอความคิดเชิงสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาผ่านองค์ความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ มุ่งเน้นในเชิง “คุณค่า” ร่วมกัน ที่มีความสอดคล้องกับบริบท และการส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งกันและกัน นำไปสู่ประโยชน์ต่อสังคม ประเทศชาติอย่างไม่มีที่สิ้นสุด แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าทางงานวิจัยที่ครอบคลุมทางด้าน วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม เป็นอย่างดี

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม ยินดีรับบทความที่มีความประสงค์จะเผยแพร่ / ตีพิมพ์ผลงานวิจัย และผลงานทางวิชาการ เพื่อเป็นศูนย์กลางในการเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น โดยขอความร่วมมือกับผู้ส่งบทความให้ตระหนัก และเห็นความสำคัญต่อคุณภาพของบทความอย่างเคร่งครัดเป็นไปตามรายละเอียด กฎเกณฑ์ ขั้นตอน การดำเนินงานของวารสาร

ท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ คณะที่ปรึกษา ผู้มีส่วนที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ตลอดจนผู้อ่าน ที่ให้ความสนใจในงานวิจัย และนำไปใช้ประโยชน์จากวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งคณะผู้ดำเนินงานจะพัฒนาวารสารวิชาการให้ได้รับการรับรองมาตรฐานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุกhot ปานชลิบ

บรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
1. การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร เพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น วรณาร ชนะบรรสกุล เสรีย์ ตูประกาย ปิยะรัตน์ ปริย์มาโนช และมงคล รัชชะ	1
2. ระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัย เชษฐ์อัสท์บางกอก โดยประยุกต์ใช้แนวคิดลิน วัชรินทร์ จตุกุล เอกนรี ทุมพล และรวมพล จันทศาสตร์	13
3. การศึกษาศักยภาพและประเมินทางเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อน ด้วยอากาศร่วมกับระบบทำความเย็นแบบระบายในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี่ ธัญญารัตน์ จันทร์โชค และสุลักษณ์ มงคล	28
4. การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ วุฒิชัย เกษพานิช วนิดา เหลืองมณี รังสรรค์ บุญเพชร ประสงค์ศักดิ์ สองศรี และสุทธิลักษณ์ ชุน ประวัติ	44
5. การเปรียบเทียบผลการทดลองทางสมรรถนะเชิงความร้อนระหว่างการใช้หลังคาป้องกันรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรงกับหลังคาป้องกันระบายอากาศภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ปรีดี แสงวิรุณ และปรีดา จันทวงษ์	52
6. การศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พอนพะนา พรหมมาลา สุพัชรี สุปัญญา ศักดิ์ กองสุวรรณ	62
บทความวิชาการ	
7. ไฮโดรเจน พลังงานทางเลือกแห่งอนาคต ฐกฤต ปานชลิบ	78

การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

PRIORITIZATION OF FACTORS AFFECTING POLICY FORMULATION FOR REDUCE BURNING IN AGRICULTURAL AREAS TO REDUCE PM2.5 USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

วรณาร ชนะบวรสกุล^{1*} เสรีย์ ตู่ประกาย² ปิยะรัตน์ ปริย์มาโนช² มงคล รัชชะ³

Woranara Chanabawornsakul^{1*}, Seree Tuprakay², Piyaat Premanoch², Mongkol Ratcha³

¹ นักศึกษามหาบัณฑิตศึกษาศาสตร์การตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Graduate Student: Engineering Law and Inspection, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

² รองศาสตราจารย์ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Associate Professor Dr. Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Assistant Professor Dr. Faculty of Public Health, Ramkhamhaeng University

Received: March 14, 2023

Revise: July 12, 2023

Accepted: November 3, 2023

* Corresponding author Email: cha.woranara@gmail.com

บทคัดย่อ

การเผาชีวมวลในที่โล่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของ PM2.5 ในบรรยากาศ เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมรับมือกับสถานการณ์ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะช่วงฤดูการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายในการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรอันจะนำไปสู่การลดมลพิษฝุ่นละออง PM2.5 ในบรรยากาศโดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลดุลพินิจการเปรียบเทียบรายคู่ของกลุ่มตัวแทนหน่วยงานภาครัฐ (จำนวน 7 ราย) และตัวแทนประชาชนอาวุโสผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ (จำนวน 8 ราย) รวมเป็น 15 ราย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel spreadsheet โดยงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อความสำเร็จ ประกอบด้วย 5 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ปัจจัยด้านการเมือง และปัจจัยด้านสังคม ทำการคำนวณหาความน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยและเปรียบเทียบความสำคัญในการนำไปสู่การกำหนดเป็นนโยบายเพื่อลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร ผลการศึกษาค้นพบว่า ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญมากที่สุด (ร้อยละ 37.1) รองลงมาเป็นปัจจัยทางด้านเทคโนโลยี (ร้อยละ 18.2) ปัจจัยทางด้านสังคม (ร้อยละ 17.9) ปัจจัยทางการเมือง (ร้อยละ 13.6) และสุดท้ายเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (ร้อยละ 13.2)

คำสำคัญ: การจัดลำดับความสำคัญ นโยบายลดการเผาในพื้นที่การเกษตร กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

Abstract

The open burning of biomass represents a significant factor influencing the concentration of PM_{2.5} in the atmosphere, particularly during the burning season in agricultural regions. This research endeavors to prioritize the factors that shape policy directions aimed at reducing burning practices in agricultural areas, thereby contributing to a decrease in PM_{2.5} pollution. The Analytical Hierarchy Process (AHP) was employed as the analytical framework, Data collection involved eliciting pairwise judgments from a diverse sample consisting of seven government agency representatives and eight elderly agricultural practitioners in Nakhon Sawan province. The final sample size comprised 15 participants. The data analysis was performed using Microsoft Excel spreadsheet software. The study analyzed five factors deemed critical to success: environmental factors, economic factors, technological factors, political factors, and social factors. Weightings were calculated to determine the relative importance of each factor and to facilitate comparisons regarding their significance in formulating policies to reduce burning practices in agricultural areas. The research findings indicate that economic factors held the highest importance (37.1%), followed by technological factors (18.2%), social factors (17.9%), political factors (13.6%), and finally, environmental factors (13.2%).

Keywords: Prioritization, Policy to reduce burning in agricultural areas, Analytic Hierarchy Process: AHP

1. บทนำ

สถานการณ์มลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} ในประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมาพบว่า ปี 2563 มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM_{2.5} ทั้งประเทศอยู่ที่ 23 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม.) และในปี 2564 มีแนวโน้มลดลงจากปีก่อนหน้าร้อยละ 4 จากข้อมูลจุดตรวจวัดทั่วประเทศ 77 สถานี พบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดอยู่ในช่วง 29–414 มคก./ลบ.ม. ที่ค่าเฉลี่ย 93 มคก./ลบ.ม. และค่าเฉลี่ยรายปี อยู่ในช่วง 10–40 มคก./ลบ.ม. ที่ค่าเฉลี่ย 22 มคก./ลบ.ม. [1] อย่างไรก็ตามในปี 2564 ยังพบปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เกินค่ามาตรฐานในหลายพื้นที่จังหวัด โดยจังหวัดที่เกินค่ามาตรฐานมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สระบุรี พิษณุโลก กรุงเทพมหานคร สมุทรสงคราม และลำปาง โดยเกินค่ามาตรฐานเป็นจำนวน 120, 98, 89, 78 และ 77 วัน ตามลำดับ

จากการศึกษาแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM_{2.5} ทั้งแบบปฐมภูมิ และแบบทุติยภูมิ ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล พบผลการศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ที่เผยแพร่เมื่อปี 2560 โดย Kim Oanh [2] ซึ่งใช้วิธีการจำแนกแหล่งกำเนิดฝุ่น (Source Apportionment) จากตัวอย่างฝุ่นในช่วงฤดูฝน พบว่าแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองสูงสุดได้จากไอเสียรถดีเซลกับการเผาชีวมวล ที่สถานีของกรมควบคุมมลพิษ (PDC) ร้อยละ 26.4 กับ 24.6 และที่สถานีของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ร้อยละ 29.2 กับ 24.9 โดยที่ไอเสียรถดีเซลเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่น PM_{2.5} อันดับแรก แต่ในฤดูแล้งพบว่าแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองสูงสุดได้จากการเผาชีวมวลสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับไอเสียรถดีเซล ที่สถานีของกรมควบคุมมลพิษ (PDC) ร้อยละ 35.5 กับ 24.8 และที่สถานีของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ร้อยละ 37.8 กับ 27.2 ข้อมูลการศึกษาเรื่องกำเนิดนี้สอดคล้องกับรายงานของ Chalermpong, S., et al. [3] ซึ่งได้ทำการศึกษาในไทย โดยใช้ปัจจัยด้านลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ฤดูกาล การเผาในที่โล่ง และปัจจัยด้านการจราจร มาสร้างแบบจำลองทางสถิติที่เรียกว่า Land-Use Regression Model (LUR) เพื่อดูความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านี้ต่อระดับฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ในเขตเมือง และพบว่าแม้การจราจรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ PM_{2.5} แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาพอากาศในฤดูแล้ง พบว่าการเผาชีวมวลในที่โล่งส่งผลต่อความเข้มข้นของ PM_{2.5} ที่สูงกว่า และจากการศึกษาเดียวกันนี้ยังพบว่าการเผาชีวมวลรอบกรุงเทพมหานครในรัศมี 100–500 กิโลเมตร นั้นมีผลกระทบที่สำคัญต่อระดับ PM_{2.5} ในกรุงเทพมหานคร โดยจากรายงานการศึกษาของประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล [4] พบแหล่งกำเนิดของฝุ่นในกรุงเทพมหานครมาจากปัจจัยภายนอกถึงร้อยละ 55.9

และหากมีการลดการเผาในที่โล่งลง ร้อยละ 40 จะส่งผลให้สามารถลดความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM2.5 ลงได้อย่างมาก [5]

จากการศึกษาสภาพการณ์ของปัญหาฝุ่นละอองและมาตรการของภาครัฐในปัจจุบัน พบว่ายังขาดการส่งเสริมให้ภาคประชาชนและชุมชนเข้ามามีส่วนร่วม [6] เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมรับมือกับสถานการณ์ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งตามแนวทางการแก้ไขปัญหาก็แหล่งกำเนิด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 โดยจากการศึกษาข้อมูลจำนวนจุดความร้อนจากดาวเทียมย้อนหลังล่าสุด ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศระหว่างปี 2563-2564 [7] ในช่วงระหว่างเดือน มกราคม ถึง เมษายน เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณากำหนดพื้นที่ที่จะทำการศึกษาโดยพิจารณาจังหวัดที่มีสถิติจุดความร้อนเฉลี่ยมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรมหลัก (นาข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง) รวมถึงอยู่ในรัศมี 100-500 กิโลเมตรจากกรุงเทพมหานคร พบว่าจังหวัดที่มี จำนวนจุดความร้อนเฉลี่ย มากที่สุดคือ นครสวรรค์ นครราชสีมา เพชรบูรณ์ พิษณุโลก และตาก โดยมีจุดความร้อนเฉลี่ยต่อปี จำนวน 4,223 3,433 2,982 2,609 และ 2,608 จุด ตามลำดับ โดยในจำนวนนี้ จังหวัดที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดและเป็นพื้นที่ที่มีการเผาไหม้มากที่สุดคือ นครสวรรค์ (681,244 ไร่) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์เป็นกรณีศึกษา ผลจากการศึกษาจะนำไปสู่การทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 ซึ่งข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ให้กับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดนโยบายในการส่งเสริมมาตรการเพื่อลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรในพื้นที่และจังหวัดอื่นๆ ได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัย ที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายการลดการเผาทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์
2. เพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับการกำหนดนโยบายการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง PM2.5

3. การวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการจัดการและการกำหนดนโยบาย

ในการกำหนดนโยบายด้านใดด้านหนึ่ง มีปัจจัยหลากหลายประเภทที่มีความสำคัญต่อการกำหนดนโยบาย ทั้งนี้ความถูกต้องและเหมาะสมที่จะสามารถนำไปสู่ความสำเร็จในการนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณและความถูกต้องของปัจจัยต่างๆ ที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องพิจารณากำหนดนโยบายทางด้านนั้น [8] จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [8-12] กับการกำหนดทิศทางของนโยบายในด้านต่างๆ พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำมาแปลงเป็นแนวทางกำหนดนโยบายที่จะส่งผลต่อการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร ได้ดังต่อไปนี้

- 1) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง การสื่อสารชี้้นำให้ตระหนักถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการเผาไหม้ มลพิษทางอากาศ เหตุเดือดร้อนรำคาญที่เกิดจากการเผาไหม้ในพื้นที่การเกษตร
- 2) ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ หมายถึง การส่งเสริมทางด้านผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ การส่งเสริมเงินลงทุนสิทธิประโยชน์ทางด้านภาษี การมีรายได้เพิ่มขึ้น การลดค่าใช้จ่าย ของครัวเรือน
- 3) ปัจจัยทางด้านเทคโนโลยี หมายถึง การส่งเสริม สนับสนุนเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ ทางการเกษตร รวมไปถึงการสรรค์สร้างนวัตกรรม เทคโนโลยีทางเกษตรกรรม เพื่อใช้ในการจัดการเศษซากวัสดุทางการเกษตรที่ไม่ใช้แล้วให้เกิดประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

4) ปัจจัยด้านการเมือง หมายถึง การบังคับใช้กฎหมายและนโยบายภาครัฐให้เข้มงวด การพัฒนามาตรการของภาครัฐด้านกฎระเบียบและยกระดับค่ามาตรฐานมลพิษ ฝุ่นละออง การปรับปรุงกฎหมาย การเพิ่มบทลงโทษ การร่างกฎหมายเพื่อการกำกับดูแล และควบคุมปัญหาการเผาในพื้นที่การเกษตรให้เข้มงวดมากขึ้น

5) ปัจจัยด้านสังคม หมายถึง การดำเนินการเสริมสร้างความร่วมมือ กระบวนการทางสังคม การสร้างเครือข่ายอาสาสมัคร การจัดตั้งศูนย์บริการสื่อสารชุมชนเกี่ยวกับการป้องกันและลดการเผาวัสดุทางการเกษตร

3.2. การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นหนึ่งในเครื่องมือในการตัดสินใจ แบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) [14] พัฒนาขึ้นโดย Thomas L. Saaty [15] ถูกนำมาประยุกต์ในงานวิจัยที่หลากหลาย [16-20] ซึ่ง AHP มีจุดเด่นในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการนำข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative) มาสู่การพิจารณาในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยการกำหนดมาตราส่วนในการพิจารณาเพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่มีเหตุผล มีการกำหนดเป้าหมายในการวิเคราะห์ และสร้างโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น (Hierarchy) ของปัญหาที่ต้องการศึกษา มีการลำดับโครงสร้างจากเกณฑ์หลักสู่เกณฑ์รองเรียงลงมา แล้วนำปัจจัยในแต่ละระดับมาเปรียบเทียบทีละปัจจัย นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการคณิตศาสตร์ จัดลำดับและเปรียบเทียบปัจจัยอย่างเป็นเหตุเป็นผล [21-23]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัย ที่ส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดนโยบายเพื่อลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร ในการดำเนินการศึกษาในครั้งนี้เริ่มต้นจากการศึกษาเอกสาร และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นซึ่งถูกพัฒนาโดย Thomas L. Saaty [15] สำหรับใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อนโดยใช้พื้นฐานทางงานคณิตศาสตร์ที่เป็นระบบมาใช้ในการแก้ไขปัญหาโดยได้รับความนิยม ในการนำไปใช้วิเคราะห์เหตุผลและคัดเลือกปัจจัยตามเกณฑ์ค่าน้ำหนักเชิงปริมาณ เริ่มต้นจากการสร้างองค์ประกอบของปัญหาเป็นโครงสร้างลำดับชั้น จัดเรียงตามลำดับความสำคัญ และผลกระทบที่มีต่อปัญหานั้น และทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์เกณฑ์หรือปัจจัยที่สนใจทีละคู่ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถตัดสินใจได้ว่าเกณฑ์หรือปัจจัยใดสำคัญกว่ากัน โดยลำดับชั้นแรกสุดของโครงสร้าง AHP จะเป็นเป้าหมายที่สนใจศึกษา

4.1. ขอบเขตการศึกษา

สำหรับขอบเขตด้านเนื้อหาและประชากร ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาในประเด็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการกำหนดนโยบายการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรเพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์

4.2. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสร้างแบบสอบถามตามรูปแบบ AHP

ขอบเขตการศึกษาด้านประชากร ดำเนินการโดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง [24] จำนวน 15 ราย แบ่งออกเป็นกลุ่มตัวแทนหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่รวมจำนวน 7 ราย ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มผู้แทนจากหน่วยงานสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปลัดอำเภอ เกษตรอำเภอ ผู้บริหารในองค์กรการบริหารส่วนตำบล ของจังหวัดนครสวรรค์ และกลุ่มตัวแทนเกษตรกรอาวุโส ซึ่งเป็นผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเพาะปลูกอ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง หรือข้าว มาเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป รวมจำนวน 8 ราย จากพื้นที่ 8 อำเภอ ประกอบด้วยอำเภอ ไพศาลี ดงพญาไฟ ด่านช้าง ชุมแสง ท่าตะโก โกรกพระ พยุหะคีรี และอำเภอลาดยาว ทั้งนี้การประยุกต์ใช้ AHP ในการจัดการและด้านวิศวกรรมยังไม่มีการกำหนดขนาดตัวอย่างขั้นต่ำที่เข้มงวดสำหรับการวิเคราะห์ AHP [25] มีงานวิจัยเกี่ยวกับ AHP บางส่วนที่ใช้ขนาดตัวอย่างระหว่าง 10 ถึง 14 ราย [16, 26-27] ซึ่งในการศึกษานี้กลุ่มผู้ให้ข้อมูลมีลักษณะไม่ต่างกันมากจึงอาศัยแนวทางการกำหนดจำนวนเป็น 15 รายก็เพียงพอ [28]

4.3. กระบวนการสร้างเครื่องมือเพื่อเก็บข้อมูล

1) ศึกษารายงานเอกสารการวิจัย และบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการกำหนดนโยบายด้านต่างๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการศึกษาประเด็นปัญหาที่ทำการศึกษานั้นคือ ทิศทางนโยบายการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร หลังจากนั้นนำประเด็นแนวทางที่ได้มากำหนดโครงสร้างของการวิเคราะห์ ตามรูปแบบของการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

2) สร้างโครงสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูล โดยทวนสอบตามรูปแบบแนวทางทฤษฎีของการวิเคราะห์ แล้วนำแบบสอบถามที่ได้ไปสอบถามความเห็นของผู้ให้ข้อมูล ทำการพิจารณาเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของสำคัญของแต่ละปัจจัยแบบรายคู่ และพิจารณาถ่วงน้ำหนักในแบบสอบถาม

4.4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญ ดำเนินการได้ตามขั้นตอนคือ นำค่าลำดับความสำคัญที่ได้จากคะแนนดิบมาใส่ในตารางเมตริกซ์ หลังจากนั้นทำการ Normalized ข้อมูลลงในเมตริกซ์ ค่าในแต่ละแถวที่ได้จะเป็นความสำคัญของแต่ละปัจจัยนั้นๆ สามารถหาค่าน้ำหนักจากตาราง Normalized ได้โดยการเฉลี่ยข้อมูลในแต่ละแถว ทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของข้อมูล (Consistency) เพื่อทดสอบความเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างในการหาค่าน้ำหนักของปัจจัยจำนวน 15 ราย ผู้วิจัยใช้เทคนิคคำนวณโดยใช้หลักการค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) ในการรวมและวิเคราะห์ความเห็นของผู้ให้ข้อมูล ทั้งนี้การทำการเปรียบเทียบทีละคู่จะใช้เกณฑ์ มาตรฐาน 1-9 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ

ค่าความสำคัญ	นิยาม	คำอธิบาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน	ปัจจัยทั้งสองที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญเท่าเทียมกัน
3	มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยตัวหนึ่งพอประมาณ
5	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง	ค่าความสำคัญสูงสุดที่เป็นไปได้ในการพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสอง
2, 4, 6, 8	มีค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น	ค่าความสำคัญในการเปรียบเทียบปัจจัยถูกพิจารณาว่าควรเป็นค่าระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น

ที่มา: เรียบเรียงจาก Saaty [29]

Pairwise comparison เป็นเทคนิคการเปรียบเทียบระดับความสำคัญแบบรายคู่ โดยมีการสร้างเมตริกซ์ตารางเปรียบเทียบปัจจัย (CRITERIA) ที่ใช้ในการตัดสินใจทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบทีละคู่ เสร็จแล้วทำการคำนวณหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์เหล่านั้น ทั้งนี้สามารถคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, CI) ได้จากค่า Maximum Eigenvalue (λ_{max}) ตามสมการที่ 1 และทำการคำนวณหาค่าอัตราความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) ตามสมการที่ 2 เพื่อวิเคราะห์ตรวจสอบความสอดคล้องของการประเมินจากผู้ให้ข้อมูล (Decision Maker, DM) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index, R.I.) เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับขนาดของเมตริกซ์ (N) ดังแสดงในตารางที่ 2 [19]

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมทริกซ์

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

5. ผลการวิจัย

5.1. ผลการสัมภาษณ์เก็บข้อมูลตามโครงสร้างด้วยหลักการ AHP

จากการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูล (Decision Maker, DM) ตามโครงสร้างการวิเคราะห์ด้วยหลักการ AHP โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลดุลพินิจการเปรียบเทียบรายคู่ของกลุ่มตัวแทนหน่วยงานภาครัฐ (จำนวน 7 ราย) และตัวแทนประชาชนผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ (จำนวน 8 ราย) รวมเป็น 15 ราย ทำการคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) และคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยโดยใช้การคำนวณในโปรแกรม Excel preadsheet การเปรียบเทียบปัจจัยจำนวน 5 ปัจจัย ค่า CR ไม่ควรมีค่าเกิน 0.10 ผลจากการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญเปรียบเทียบรายคู่ที่ระบุ แสดงในตารางที่ 3 และ 4 โดยตารางที่ 3 แสดงค่าน้ำหนัก (% Weight) ของกลุ่มตัวแทนหน่วยงานภาครัฐ (จำนวน 7 ราย) โดยจากมุมมองของหน่วยงานภาครัฐให้ค่าน้ำหนักความสำคัญกับปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ มาเป็นอันดับ 1 อันดับที่ 2 เป็นปัจจัยทางด้านเทคโนโลยี อันดับที่ 3 เป็นปัจจัยทางด้านสังคม อันดับที่ 4 เป็นปัจจัยทางการเมือง อันดับที่ 5 เป็นปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ในตารางที่ 4 แสดงค่าน้ำหนัก (% Weight) ของกลุ่มประชาชนอาวุโสผู้ประกอบอาชีพเกษตรกร (จำนวน 8 ราย) โดยจากมุมมองของภาคประชาชนให้ความสำคัญกับปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์มาเป็นอันดับ 1 อันดับที่ 2 เป็นปัจจัยทางด้านสังคม อันดับที่ 3 เป็นปัจจัยทางด้านเทคโนโลยี อันดับที่ 4 เป็นปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม และอันดับที่ 5 เป็นปัจจัยทางการเมือง

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักความสำคัญจากมุมมองของตัวแทนหน่วยงานภาครัฐ

ปัจจัย	Decision Maker (DM)							Weight (%)	Ranking
	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5	DM6	DM7		
ด้านสิ่งแวดล้อม	0.031	0.031	0.300	0.070	0.181	0.108	0.054	11.7	5
ด้านเศรษฐศาสตร์	0.381	0.381	0.286	0.558	0.437	0.399	0.164	36.9	1
ด้านเทคโนโลยี	0.162	0.162	0.080	0.090	0.280	0.251	0.243	18.3	2
ด้านการเมือง	0.164	0.164	0.094	0.184	0.045	0.091	0.432	15.8	4
ด้านสังคม	0.261	0.261	0.240	0.098	0.057	0.151	0.108	17.2	3
CR	0.061	0.062	0.078	0.078	0.087	0.099	0.094		

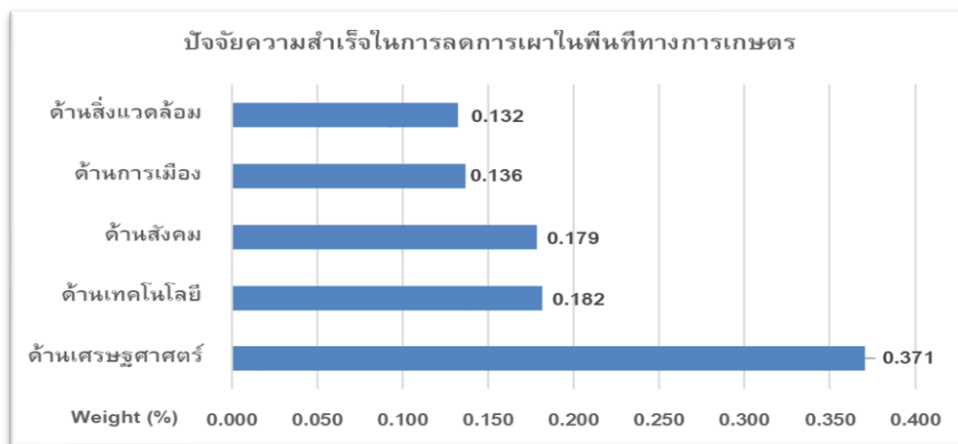
ตารางที่ 4 คำนวณน้ำหนักความสำคัญจากมุมมองของตัวแทนภาคประชาชน

ปัจจัย	Decision Maker (DM)								Weight (%)	Ranking
	DM8	DM9	DM10	DM11	DM12	DM13	DM14	DM15		
ด้านสิ่งแวดล้อม	0.258	0.124	0.046	0.122	0.414	0.161	0.171	0.053	14.7	4
ด้านเศรษฐศาสตร์	0.414	0.408	0.302	0.259	0.319	0.418	0.201	0.454	37.0	1
ด้านเทคโนโลยี	0.075	0.256	0.269	0.155	0.075	0.275	0.140	0.184	18.0	3
ด้านการเมือง	0.143	0.074	0.095	0.208	0.073	0.065	0.175	0.105	11.9	5
ด้านสังคม	0.110	0.137	0.288	0.256	0.118	0.081	0.314	0.203	18.4	2
CR	0.070	0.093	0.026	0.096	0.098	0.082	0.083	0.090		

5.2. ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลของกลุ่มตัวแทนภาครัฐและกลุ่มตัวแทนภาคประชาชนจำนวน 15 ราย นำมาทำการกำหนดสูตร และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel spreadsheet คำนวณโดยใช้หลักการ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) โดยได้วิเคราะห์ปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อความสำเร็จ ประกอบด้วย 5 ปัจจัยคือ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ปัจจัยด้านการเมือง และปัจจัยด้านสังคม เพื่อนำมาคำนวณหาคำนวณน้ำหนักความสำคัญ ของแต่ละปัจจัย และเปรียบเทียบความสำคัญ ในการนำไปสู่การกำหนดเป็นนโยบาย เพื่อลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร จากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 จะเห็นถึงค่าน้ำหนักความสำคัญจากมุมมองของตัวแทนหน่วยงานภาครัฐเปรียบเทียบกับภาคประชาชน ภายใต้ปัจจัยมุมมองในแต่ละด้านโดยทั้งสองภาคส่วนต่างให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์มาเป็นอันดับ 1 ด้วยค่าน้ำหนักการให้คะแนนที่ใกล้เคียงกัน ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักรองลงไปจะเป็นเรื่องของเทคโนโลยีและสังคม ซึ่งทั้งสองภาคส่วนต่างก็ให้ค่าน้ำหนักใน 2 ปัจจัยนี้ใกล้เคียง ทั้งนี้ภาพรวมผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญมากที่สุด (ร้อยละ 37.1) รองลงมาเป็นปัจจัยทางด้านเทคโนโลยี (ร้อยละ 18.2) ปัจจัยทางด้านสังคม (ร้อยละ 17.9) ปัจจัยทางการเมือง (ร้อยละ 13.6) และสุดท้ายเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (ร้อยละ 13.2) คำนวณน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1

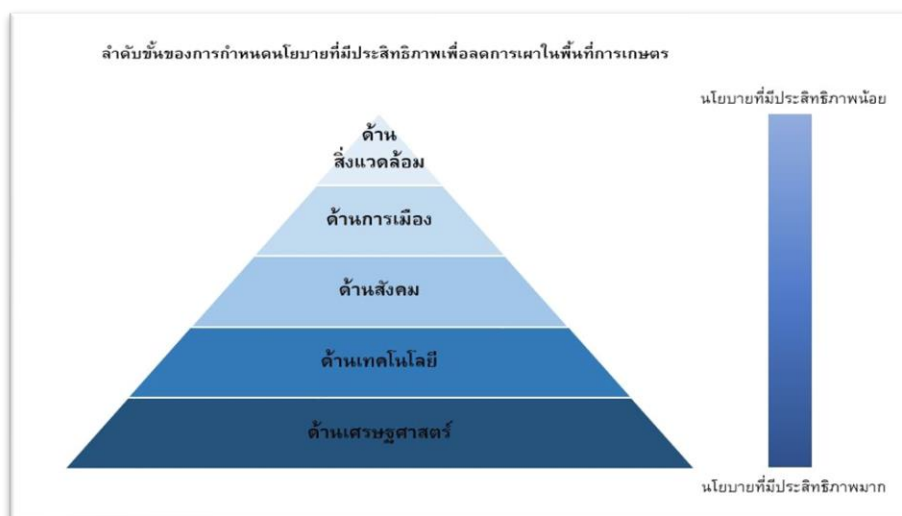
นอกจากการพิจารณาลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้ง 5 ด้านนี้แล้ว ผู้ให้ข้อมูลแต่ละท่าน ยังได้เสนอข้อคิดเห็นอื่นๆ เพิ่มเติมที่เป็นอาจเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบายในการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรในจังหวัดนครสวรรค์ โดยปัจจัยอื่นๆ เหล่านี้ อาจส่งผลกระทบต่อทั้งในทางตรงและทางอ้อม ต่อพฤติกรรมในการเผาวัสดุทางการเกษตรแต่ละชนิด เช่น การผันแปรของสภาพดินฟ้าอากาศ และข้อจำกัดทางด้านแหล่งน้ำทำให้เกิดการปรับแผนการเพาะปลูกในพื้นที่ระหว่างอ้อย และมันสำปะหลัง ทำให้บางปีที่มีเกษตรกรปลูกอ้อยเยอะ เกษตรกรต้องแย่งชิงทรัพยากร ทั้งทางด้านแรงงานและเครื่องจักร เพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อย เพื่อให้ทันต่อฤดูกาลเก็บเกี่ยวของโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ เมื่อการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มไม่ทัน จึงมีการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าโดยการเผาเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้ง่าย ส่วนการเผาในพื้นที่ปลูกข้าว พบว่าบางส่วนมีการลักลอบเผาโดยเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เพื่อให้หญ้าอ่อนแตกใบขึ้นมาเพื่อเป็นอาหารสัตว์ รวมถึงพฤติกรรมในการเผาในพื้นที่นาปรัง เพื่อเร่งรัดให้ทันต่อรอบฤดูกาลเพาะปลูกใหม่ และมีเกษตรกรบางส่วนมีความคิดว่าการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรจะเป็นการทำลายเชื้อโรคและศัตรูพืชด้วย ข้อมูลเหล่านี้ล้วนเป็นประเด็นที่อาจส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมในการเผาที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบเพื่อกำหนดกลยุทธ์ แนวทางและนโยบายที่มีประสิทธิภาพ ในการส่งเสริมเพื่อลดการเผาในพื้นที่เกษตรกรรมต่อไป



รูปที่ 1 คำนำนั้ความสำคัญของปัจจัย ที่ส่งผลกระทบต่อลดการเผาในพื้นที่การเกษตร

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากรูปที่ 1 ซึ่งเป็นผลการให้ค่านำนั้ความสำคัญจากมุมมองของตัวแทนหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 7 ราย และตัวแทนภาคประชาชนซึ่งประกอบอาชีพทางการเกษตร จำนวน 8 ราย ทั้งสองภาคส่วนมีความเห็นตรงกันว่า ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ มีความสำคัญเป็นอันดับแรกมากกว่าปัจจัยอื่น ส่วนปัจจัยรองกลุ่มตัวแทนภาครัฐให้นำนั้หนักกับปัจจัยทางด้านเทคโนโลยี ส่วนตัวแทนภาคประชาชนให้นำนั้หนักปัจจัยรองเป็นทางด้านสังคม ทั้งนี้สองภาคส่วนให้นำนั้หนักความสำคัญกับปัจจัยทางการเมืองและสิ่งแวดล้อมเป็นลำดับท้ายๆ และเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากทั้งสองภาคส่วนร่วมกัน เป็นมุมมองของคนที่อยู่ในพื้นที่ทั้งส่วนภาครัฐที่เกี่ยวข้องและตัวแทนประชาชนผู้ประกอบการอาชีพทางการเกษตรซึ่งเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยตรง กับปัญหาการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรในจังหวัดที่ทำการศึกษา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จในการกำหนดทิศทางการเผาเพื่อลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรในจังหวัดนครสวรรค์ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ 1) การส่งเสริมมาตรการทางด้านเศรษฐศาสตร์ 2) การสนับสนุนเครื่องมือและเทคโนโลยี 3) การเสริมสร้างกลไกทางด้านสังคม 4) การส่งเสริมมาตรการด้านการเมืองและการบังคับใช้กฎหมาย และ 5) การชี้แนะให้ตระหนักถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยทั้ง 5 ปัจจัยมีค่านำนั้ความสำคัญ เป็นร้อยละ 37.1, 18.2, 17.9, 13.6, 13.2 ตามลำดับ โดยเมื่อรวมค่านำนั้หนักของ 3 ปัจจัยแรกรวมกันพบว่ามีค่านำนั้หนักถึง ร้อยละ 73.20 ทั้งนี้สามารถแสดงปัจจัยความสำเร็จ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาขับเคลื่อนนโยบาย เพื่อลดการเผาในพื้นที่การเกษตรได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปัจจัยความสำเร็จและประเด็นด้านการพัฒนาขับเคลื่อนนโยบาย เพื่อลดการเผาในพื้นที่การเกษตร

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ สมเกียรติ อินทวงศ์ [30] โดยพบว่าทั้ง 3 ปัจจัยแรกที่มีค่าน้ำหนักรวมกัน เป็นร้อยละ 73.20 (ด้านเศรษฐศาสตร์, เทคโนโลยี, สังคม) เป็นองค์ประกอบของปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิผลของการบริหารเชิงกลยุทธ์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเช่นกัน และจากการลงไปศึกษาข้อมูลร่วมกับคนในพื้นที่รวมถึงการทบทวนงานวิจัยเอกสารที่เกี่ยวข้อง [31-34] สามารถนำมาสรุปเป็นกลยุทธ์การจัดการและมาตรการในการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรซึ่งมีความสอดคล้องกับปัจจัยที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 5 ทั้งนี้ มาตรการและโครงการที่จะนำมาส่งเสริมหากเป็นการผสมผสานกันทั้งแนวคิดทางด้านเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จะส่งผลให้มาตรการการปฏิบัติมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 5 กลยุทธ์การจัดการและแผนการปฏิบัติในการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร

ปัจจัยความสำเร็จในการลดการเผา	กลยุทธ์การจัดการ	มาตรการปฏิบัติ
ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์	• เพิ่มรายได้	[E] รับซื้ออ้อยสด คัดซื้ออ้อยเผา [N] โดยเพิ่มส่วนต่างราคารับซื้ออ้อยสดมากกว่าอ้อยเผาให้เพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มแรงจูงใจ [E] ส่งเสริมเกษตรกรลดการเผา เข้าสู่การรับรองมาตรฐาน GAP ยกระดับราคาขายข้าวเปลือก GAP ได้ถึง 500-1000 บาท/ตัน [N] มาตรการประกันราคาข้าว ไร่อ้อยที่ลดการเผา [N] จ่ายเงินสนับสนุนเกษตรกร กลุ่มนาข้าวไร่อ้อยลดการเผา [E] ส่งเสริมการอัดใบอ้อย-ฟางข้าว ส่งขายโรงไฟฟ้าชีวมวล [N] ส่งเสริมช่องทางการตลาดในการรับซื้อใบอ้อย-ฟางข้าว
ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์	• ลดรายจ่าย	[E] ลด/ชดเชยดอกเบี้ยการกู้ยืมเพื่อลงทุนทางการเกษตรให้กับเกษตรกร (การจัดหาแหล่งน้ำ, การซื้อเครื่องจักรกลการเกษตรในไร่อ้อย, นาข้าว, ข้าวโพด) [N] เงินช่วยเหลือเกษตรกรไถกลบตอข้าว
ปัจจัยด้านเทคโนโลยี	• เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยว	[N] ตรวจสอบแปลงอ้อยเพื่อวางแผนการเก็บเกี่ยว [N] พัฒนาใบตัด สำหรับเครื่องตัดอ้อยได้ทุกสภาพพื้นดิน [E] ส่งเสริมการใช้เครื่องตัดอ้อยทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก [E] ส่งเสริมการใช้เครื่องสางใบอ้อย
	• เทคโนโลยีช่วยหลังการเก็บเกี่ยว	[E] ส่งเสริมกิจกรรมไถกลบตอซึ่งข้าวเพิ่มแร่ธาตุในดิน [E] ส่งเสริมเครื่องบีบอัดฟางข้าวส่งขายเป็นอาหารสัตว์ [E] ส่งเสริมการใช้เครื่องอัดใบอ้อยและอัดฟางข้าว [N] พัฒนาเครื่องช่วยยกมัดใบอ้อย/ฟางข้าว เพื่อทุ่นแรง
ปัจจัยด้านสังคม	• สร้างความเข้มแข็ง	[E] โครงการหมู่บ้านลดการเผา [E] อาสาสมัครเกษตรแจ้งเหตุการเผา [E] รวมกลุ่มเกษตรกรสร้างวิสาหกิจชุมชนรวมทุนและใช้เครื่องจักรการเกษตรร่วมกัน

หมายเหตุ: N = ข้อเสนอแนะจากการลงพื้นที่วิจัย

E = ข้อเสนอแนะจากมาตรการของภาครัฐที่สอดคล้องกับปัจจัยที่ได้จากการศึกษา

ทั้งนี้ในการศึกษาด้วยการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น คำนวณน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานการณ์ที่ผันเปลี่ยนไป โดยผู้ให้ข้อมูลให้ความเห็นไปในทิศทางคล้ายกันว่า ในสภาวะการณ์ตอนนี้การให้น้ำหนักความสำคัญกับการส่งเสริมและสนับสนุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี และการส่งเสริมกลไกทั้งด้านสังคม เป็นปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ ในส่วนของปัจจัยทางด้านการเมืองรวมไปถึงข้อบังคับกฎเกณฑ์ของภาครัฐและข้อกำหนดทางด้านกฎหมาย ผู้ให้ข้อมูลในพื้นที่เห็นว่าเป็นสิ่งที่มีอยู่แล้ว และกำลังดำเนินการอยู่ หากจะเพิ่มเติมก็เพียงแต่การบังคับใช้กฎระเบียบอย่างจริงจัง รวมไปถึงการให้ความสำคัญกับผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมุมมองจากตัวแทนที่ให้ข้อมูลยังมองว่าเป็นเรื่องใกล้ตัว และมีความสำคัญน้อยกว่าปัญหาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักในการดำรงชีวิต

7. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

7.1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้

สำหรับข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยไปปรับใช้ โดยการศึกษานี้เป็นข้อมูลจากฐานมุมมองของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ (Bottom up view) ซึ่งหน่วยงานในภาครัฐที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงผู้ที่มีส่วนร่วมกับการกำหนดนโยบายเพื่อลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรสามารถใช้แนวทางที่ได้จากผลการศึกษาเพื่อเป็นองค์ประกอบในการพิจารณาเพื่อประกอบการตัดสินใจในการกำหนดทิศทางนโยบายทั้งนี้อาจจะนำปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด 1-3 อันดับแรก และมาตรการข้อเสนอแนะ มาปรับใช้ในการประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดทิศทางของนโยบายเบื้องต้น แล้ววิเคราะห์และประเมินผลความสำเร็จจากการนำปัจจัยและมาตรการเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ต่อไป

7.2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษานี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลความเห็นจากตัวแทนของผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 15 ราย ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่รวมไปถึงตัวแทนของผู้ประกอบอาชีพทางการเกษตรที่มีความเกี่ยวข้อง นำมาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดนโยบายการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ทั้งนี้สำหรับแนวทางการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจใช้การสำรวจด้วยระเบียบวิธีอื่น ที่มีการใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมากขึ้น หรือใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติรูปแบบอื่น รวมไปถึงใช้การผสมผสานการวิจัยเชิงคุณภาพซึ่งอาจสะท้อนค่าความมีนัยสำคัญของปัจจัย และได้ข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น รวมทั้งทิศทางงานวิจัยในอนาคต อาจมีการศึกษาเพื่อพิจารณาปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ ทั้งภายในภายนอก เพื่อให้ทันต่อสถานการณ์ ณ ขณะนั้น ซึ่งจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนทิศทางของนโยบาย เพื่อแก้ไขปัญหาการเผาในพื้นที่ทางการเกษตร ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2564). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2564. กรุงเทพมหานคร; บริษัท เอพีคอนเน็กซ์ จำกัด, 2565
- [2] Oanh. N.T.K. (2017). A Study in Urban Air Pollution Improvement in Asia AIT. Research Project submitted to JICA-Research Institute, *Asian Institute of Technology*. October.
- [3] Chalermpong S, Thaihatkul P, Anuchitchanchai O, and Sanghatawatana P. Land use regression modeling for fine particulate matters in Bangkok, Thailand, using time-variant predictors: Effects of seasonal factors, open biomass burning, and traffic-related factors. *Atmospheric Environment*, 2021, 118128.
- [4] ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล. (2563). การจำลองสำหรับการตัดสินใจเชิงนโยบายในการควบคุม PM2.5 ในบรรยากาศของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.งานวิจัยและนวัตกรรมประเด็นแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://pubhtml5.com/qsls/btux/basic/>

- [5] ภัคพงศ์ พงนารถ. (2563). การประเมินมาตรการแก้ไขมลพิษด้านฝุ่นละออง PM2.5 และผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจ สังคม สุขภาพ.งานวิจัยและนวัตกรรมประเด็นแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://pubhtml5.com/qsls/btux/basic/>
- [6] เครือข่ายอากาศสะอาดประเทศไทย. (2563). สมุดปกฟ้าอากาศสะอาด; เจาะลึกผลกระทบของมลพิษทางอากาศ และรากเหง้าของปัญหา.กรุงเทพมหานคร ฯ; ห้างหุ้นส่วนจำกัด สันสวย, 2565
- [7] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2565). รายงานสรุปสถานการณ์ไฟฟ้าและหมอกควัน [ออนไลน์].แหล่งที่มา: <https://fire.gistda.or.th>
- [8] กุลธร ทนพวงศธร. (2565). ปัจจัยในการกำหนดนโยบายของรัฐ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.library.polsci.chula.ac.th/dl/6a4daac2e0ac39a94b03ab39ac7d61f7>
- [9] Xu, L., Shah, S. A. A., Zameer, H., and Solangi, Y. A. Evaluating renewable energy sources for implementing the hydrogen economy in Pakistan: a two-stage fuzzy MCDM approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(32), 2019, 33202-33215.
- [10] Shah, S. A. A. Feasibility study of renewable energy sources for developing the hydrogen economy in Pakistan. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(32), 2020, 15841-15854.
- [11] Pivoto, D., Barham, B., Waquil, P. D., Foguesatto, C. R., Corte, V. F. D., Zhang, D., and Talamini, E. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(4), 2019, 571-588.
- [12] Pivoto, D., Barham, B., Waquil, P. D., Foguesatto, C. R., Corte, V. F. D., Zhang, D., and Talamini, E. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(4), 2019, 571-588.
- [13] Karali, E., Brunner, B., Doherty, R., Hersperger, A., and Rounsevell, M. Identifying the factors that influence farmer participation in environmental management practices in Switzerland. *Human Ecology*, 42(6), 2014, 951-963.
- [14] Chanthakhot, W., and Ransikarbum, K. Integrated IEW-TOPSIS and fire dynamics simulation for agent-based evacuation modeling in industrial safety. *Safety*, 7(2), 2021, 47.
- [15] Saaty, T.L. The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw Hill.International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications; 1980.
- [16] Ransikarbum, K., Chanthakhot, W., Glimm, T., and Janmontree, J. Evaluation of Sourcing Decision for Hydrogen Supply Chain Using an Integrated Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Tool. *Resources*, 12(4), 2023, 48.
- [17] จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์, และธรรพร พชรฐิติกุล. (2560). ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการบริหารจัดการของเสียอุตสาหกรรมในพื้นที่อุตสาหกรรม, วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร , 14(2), 168-184.
- [18] กันต์ธรมน สุขกระจ่าง. (2560). ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจ ในการเลือกทำเลที่ตั้งของร้านขายแก๊ส โดยวิธี AHP. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 10(1), 1-11.
- [19] นิภาพรณ อนันต์พลศักดิ์, เกรียงศักดิ์ วนิชชากรพงศ์ และปานิศา อาจวิชัย. (2564). การจัดลำดับปัจจัยที่ส่ง ผลต่อการปรับราคาด้วยกระบวนการ ลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วารสารบัญชีและการจัดการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 13(3), 125-136.

- [20] วรานุ อิศรางกูร ณ อยุธยา. (2565). การศึกษาลำดับปัจจัยทางเลือกใช้พลังงานทดแทนของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตอาหารโดยใช้กระบวนการลำดับเชิงวิเคราะห์ (AHP). *RMUTT Global Business and Economics Review*, 17(2), 134-147.
- [21] ชีวพร ไชยพันธ์ และกสิณ รังสิกรรพุม (2564). การศึกษาปัจจัยและแผนผังตลาดสดด้วยกระบวนการ วิเคราะห์เชิงลำดับขั้นและแบบจำลองมอนติคาโลกรณีศึกษาตลาดเอกชนและตลาดเทศบาล. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 21(4), 48-60.
- [22] วิฑูรย์ ตันศิริคงคล. (2542). AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก. กรุงเทพฯ: กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง.
- [23] อุทุมพร ไขบุญเรือง, และ อติศักดิ์ธีรานุ พัฒนา. (2559). การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจ ในการทำงานของพนักงานขายบริษัทไทยโอซูก้า จำกัด โดยการใช้กระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับ ขั้น. *Modern Management Journal*, 14(2), 51-66.
- [24] กัลยา วานิชย์บัญชา. (2542). การวิเคราะห์สถิติ:สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- [25] Saaty, T. L. and Özdemir, M. S. (2014). How many judges should there be in a group?. *Annals of Data Science*, 1, 359-368.
- [26] Moradi, N. Performance Evaluation of University Faculty By Combinning BSC, AHP, and TOPSIS: From the Student 's Perspective. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 14(2), 2022.
- [27] Nguyen, T. and Truong, C. Integral SWOT-AHP-TOWS model for strategic agricultural development in the context of drought: A case study in Ninh Thuan, Vietnam. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 14(1), 2022.
- [28] บุญมี พันธุ์ไทย 2565. เทคนิคเดลฟาย. *วารสารปรัชญาดุสิตบัณฑิตทางสังคมศาสตร์*. 1(1), 8-22
- [29] Saaty, T. L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management science*, 32(7), 1986, 841-855.
- [30] สมเกียรติ อินทวงศ์. (2563). นุปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพจากการบริหารเชิงกลยุทธ์ของ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นเชียงใหม่เพื่อเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. *วารสารวิชาการสถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 6(2), 522-539.
- [31] กรมส่งเสริมการเกษตร. (2559). คู่มือส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร..[ออนไลน์].แหล่งที่มา: www.aepd01.doae.go.th/document/คลังความรู้/คู่มือสำหรับประชาชน/คู่มือส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร.pdf
- [32] สรรพสิทธิ์ ชมพูนุช และ กัมปนาท วงษ์วัฒนพงษ์. (2565). แนวทางการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองจากการเผาในที่โล่งในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลโกสุมพิ์อำเภอโกสุมพิ์ จังหวัดกำแพงเพชร. *Journal of Modern Learning Development*, 7(8), 96-108.
- [33] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2566). การป้องกันและแก้ไขปัญหาการเผาในพื้นที่เกษตรกรรม ปี 2565/66. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.opsmoac.go.th/songkhla-dwl-files-442991791198>
- [34] สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม. (2566).คู่มือการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี . [ออนไลน์].แหล่งที่มา: <https://www.opsmoac.go.th/satun-manual-files-441891791816>

ระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ไทย บางกอก โดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีน

DATA APPLICATION MANAGEMENT SYSTEM NATIONAL SKILL STANDARD TESTING CENTER IN LOGISTICS SOUTHEAST BANGKOK UNIVERSITY UNDER LEAN CONCEPTUAL

Received: May 26, 2023

Revise: June 30, 2023

Accepted: December 9, 2023

วัชรินทร์ จัตตุกุล¹, เอกนรี ทুমพล², รวมพล จันทศาสตร์³Watcharin Jattukul¹, Aeknaree Toomphol², Ruompol Jantasart³

¹นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการจัดการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ไทย บางกอก

²อาจารย์ ดร. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการบิน มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ไทย บางกอก

³อาจารย์ ดร. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รอง คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการบิน มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ไทย บางกอก

*Corresponding author E-mail: watcharin@southeast.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ไทย บางกอก 2) เพื่อพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ และ 3) เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ จากการศึกษาระบบการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ ด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล พบว่าสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ มีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน ส่งผลให้เกิดความสูญเปล่า ความผิดพลาด และไม่คล่องตัวกับปฏิบัติงาน อีกทั้งยังกระทบต่อความพึงพอใจของผู้สมัครเข้ารับการทดสอบ ผู้วิจัยจึงนำปัญหาที่พบไปวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม Why-Why-Analysis จากนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ ขึ้น ตามหลักการวงจรการพัฒนา (SDLC) เพื่อใช้ในการลดความสูญเปล่าในกระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ และทำการประเมินระดับความพึงพอใจของระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ โดยผลการวิจัยพบว่า กระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ จากเดิมใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 22 วัน ลดเหลือ 12 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 45.4 ของจำนวนที่ลดลง และผลความพึงพอใจของผู้บริหาร คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ที่มีต่อการใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก จำแนกตามรายด้านของ 1) ด้านการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก 2) ด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก 3) ด้านความปลอดภัยของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก 4) ด้านรูปแบบของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด และ 5) ด้านการให้บริการระบบสารสนเทศ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก ทั้งนี้ผลความพึงพอใจของผู้สมัครเข้ารับการทดสอบที่มีต่อการใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด จำแนกตามรายด้านของ 1) ด้านการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 หรืออยู่ในระดับคุณภาพ

ความพึงพอใจมากที่สุด 2) ด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก 3) ด้านความปลอดภัยของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด 4) ด้านรูปแบบของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด และ 5) ด้านการให้บริการระบบสารสนเทศ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 หรืออยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ: ศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ ระบบจัดการข้อมูลการรับสมัคร โลจิสติกส์

Abstract

The purposes of this research were 1) to study the recruitment process of the National Skill Standard Testing Center for Logistics. Southeast Bangkok University 2) to develop the admission management system of the testing center and 3) to study the satisfaction level of the admission management system of the testing center. From studying the admissions process of the testing center with process flow chart It was found that the problems arising in the admissions process of the testing center There are complex workflows. This results in wastage, error, and inefficiency with operators. It also affects the satisfaction of candidates taking the test. The researcher therefore analyzed the problems found to determine the cause by questioning techniques. Why-Why-Analysis Then, the researcher developed a system to manage the admissions data of the testing center according to the system development life cycle (SDLC) principle to reduce waste in the testing center's admissions process. And to assess the satisfaction level of the admissions management system of the testing center. The research results showed that Admission process of the testing center from the original period of 22 days, reduced to 12 days, or 45.45 percent of the reduced amount. and satisfaction results of administrators, faculty, and staff on the use of the admissions management system of the testing center the mean was 4.19 and the standard deviation was 0.52 or was in the quality level of satisfaction. Classified by aspects of 1) Functionality the mean was 3.97 and the standard deviation was 0.53 or was in the quality level of high satisfaction. 2) Management and efficiency of the system. The mean was 4.42 and the standard deviation was 0.51 or was in the quality level of satisfaction. 3) System safety. The mean was 3.92 and the standard deviation was 0.58 or was in the quality level of satisfaction. with a mean of 4.54 and a standard deviation of 0.51 or at the highest level of satisfaction quality and 5) information system services. The mean was 4.14 and the standard deviation was 0.51 or was in the quality level of satisfaction. However, the results of the satisfaction of the test applicants on the use of the admissions management system of the testing center the mean was 4.51 and the standard deviation was 0.51 or was in the highest level of satisfaction quality. Classified by aspects of 1) Functionality The mean was 4.52 and the standard deviation was 0.52 or was in the highest satisfaction quality level. 2) Management and efficiency of the system. The mean was 4.49 and the standard deviation was 0.51 or was in the quality level of high satisfaction. The mean was 4.53 and the standard deviation was 0.51 or was in the highest satisfaction quality level. with a mean of 4.50 and a standard deviation of 0.51 or at the highest level of satisfaction quality and 5) information system services. The mean was 4.51 and the standard deviation was 0.53 or was in the highest level of satisfaction quality.

Keywords: National Skill Standard Testing Center, National Skill Standard in logistics, Recruitment information management system, Logistics

1. บทนำ

การทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน เป็นข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดระดับความรู้ ความสามารถ และทัศนคติในการทำงานของผู้ประกอบอาชีพในสาขาต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย (1) ความรู้ (Knowledge) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องนำมาใช้ในการทำงานได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ (2) ความสามารถ (Skill) เป็นการสะสมประสบการณ์จนเกิดความชำนาญ มีความสามารถเพียงพอที่จะทำงานได้อย่างมีคุณภาพตามข้อกำหนด ถูกขั้นตอนและเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ (3) ทัศนคติ (Attitude) จะต้องมียึดมั่นในการทำงานที่ดี ดังนั้นการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานจึงมีความสำคัญและจำเป็นในวิชาชีพต่าง ๆ และเกิดประโยชน์ต่อสถานประกอบการหรือนายจ้าง และใช้เป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาบุคลากรหรือคัดเลือกบุคลากรที่เป็นช่างฝีมือเข้าทำงานได้เหมาะสมกับความจำเป็นของงาน อีกทั้งแรงงานฝีมือที่ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานมีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้สามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้ และเมื่อนานาประเทศเกิดการยอมรับแรงงานฝีมือของประเทศไทย ก็จะส่งผลดีหลาย ๆ ด้าน เช่น ความต้องการลงทุนของต่างชาติ การส่งออกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เป็นต้น [1]

คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการบิน มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการจัดทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ รับรองโดยกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน ตั้งแต่วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2559 จนถึงปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบุคลากรด้านกลุ่มอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้น เพิ่มโอกาสในการทำงานทั้งในประเทศ และต่างประเทศ อีกทั้งบัณฑิตของหลักสูตรบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ ทุกคนต้องผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานในสาขาอาชีพใดสาขาอาชีพหนึ่ง เพื่อเป็นการสร้างมาตรฐานอันเป็นอัตลักษณ์ของบัณฑิตนักปฏิบัติมืออาชีพของมหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ปัจจุบันได้เปิดทดสอบ และให้การรับรองมาตรฐานฝีมือแรงงาน 3 สาขาอาชีพ ระดับ 1 ได้แก่ สาขาผู้ปฏิบัติการคลังสินค้า สาขาผู้ควบคุมสินค้าคงคลัง และสาขานักบริหารการขนส่งสินค้าทางถนน ซึ่งผู้ประสงค์จะเข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานมีทั้งนักศึกษา และบุคคลทั่วไป [2] จากการศึกษากระบวนการทำงานของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก พบว่ากระบวนการรับสมัครของผู้สมัครที่เข้ารับการทดสอบนั้นมีความซับซ้อน คือ เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ และอาจารย์ทำหน้าที่รับสมัครหลายคน มีการสื่อสารกันหลายช่องทาง หลายทิศทาง ไม่มีศูนย์กลางในการสื่อสาร เกิดข้อผิดพลาดหลายประการจากการสื่อสารที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การรับสมัครแต่ละครั้งมีจำนวนผู้เข้าสมัครเกินจำนวนที่กำหนดไว้ อีกทั้งในการสมัครสอบแต่ละครั้ง ผู้สมัครต้องใช้สำเนาเอกสารเป็นจำนวนมาก เป็นการใช้กระดาษในปริมาณมากเกินความจำเป็น ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่าย และพื้นที่ในการจัดเก็บ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นปัญหาและสนใจที่จะศึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไขกระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอกขึ้น เพื่อลดขั้นตอนการสื่อสารที่มีความซับซ้อน และลดเวลาการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษากระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

2.2 เพื่อลดความสูญเปล่าด้วยการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

2.3 เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

3. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ ได้ศึกษาและปรับปรุงการทำงานของระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอกในปัจจุบันตามหลักแนวคิดของการลดความสูญเปล่า โดยกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มผู้ใช้ระบบในการบริหารจัดการคือ คณะผู้บริหาร ตัวแทนอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน โดยใช้วิธีการการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) [3] และ 2) กลุ่มผู้ใช้ระบบในการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จากผู้สมัครที่เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน จำนวน 180 คน กำหนดกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณขนาดตัวอย่างจากสูตรของยามาเน่ (Yamane, 1973) โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนไว้ร้อยละ 5 [4]

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

ศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ หมายถึง ศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

การทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน หมายถึง ข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดระดับความรู้ ความสามารถ และทัศนคติในการทำงานของผู้ประกอบอาชีพในสาขาต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ ความสามารถ และทัศนคติ

ระบบจัดการข้อมูลการรับสมัคร หมายถึง ระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

การพัฒนาระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ หมายถึง การพัฒนาระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 ศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหา

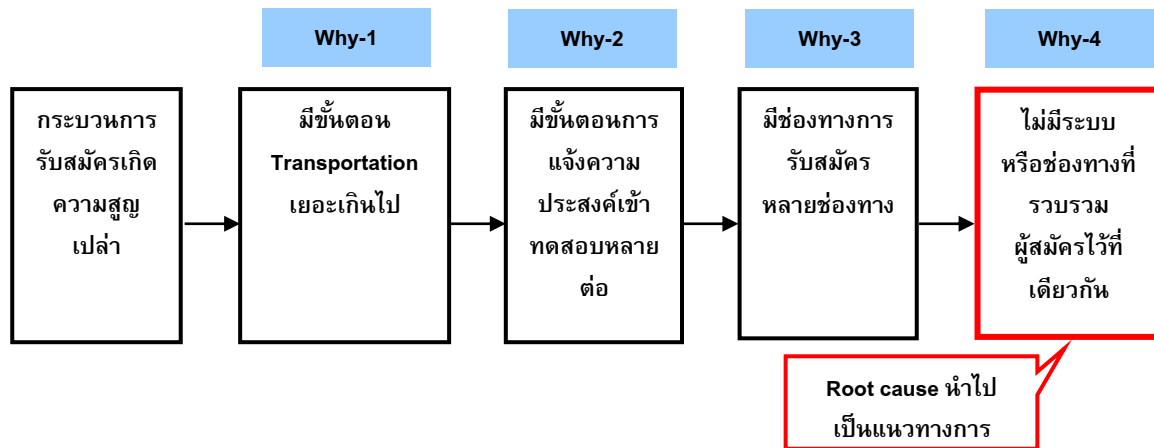
ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) [5] ในการศึกษากระบวนการดำเนินการจัดการทดสอบของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการรับสมัครไปจนถึงการประกาศผลสอบใช้ระยะเวลาทั้งสิ้นจำนวน 22 วัน โดยแบ่งเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานทั้งหมด 13 วัน ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายทั้งหมด 5 วัน ขั้นตอนการตรวจสอบ 4 วัน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแนวคิดของความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste) แล้วพบว่ากระบวนการรับสมัครฯ ดังกล่าว มีความสูญเปล่าประเภทความสูญเสียนื่องจากการขนส่ง (Transportation) เกิดขึ้น และกระบวนการทำงานที่เกิดซ้ำซ้อน (Over Processing) [6]

5.2 กำหนดปัญหา และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น คือ กระบวนการรับสมัครฯ มีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน เป็นเหตุให้เกิดความสูญเปล่า และมีความไม่คล่องตัวสำหรับผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงกระทบต่อความพึงพอใจของผู้สมัครเข้ารับการทดสอบ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้เป็นปัญหาเพื่อนำไปวิเคราะห์ถึงสาเหตุ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม Why-Why Analysis [7] จากปัญหากระบวนการรับสมัครฯ มีขั้นตอนการทำงานเกิดความสูญเปล่า ซึ่งสามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ดังรูปที่ 2

Flow Process Chart				Summary (Time ; Day)					
Flow No. 1 page 1 of 1									
☐ Product ☐ Material ☒ Operator				Symbol	Current	Improved	Reduced		
Activity : ระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก				Operation 	13				
				Transportation 	5				
Method : x Current Improved				Delay/Waiting 	0				
Location : คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการบิน วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก				Inspection 	4				
By : วัชรินทร์ จิตกุล				Storage 	-				
				Time (min)	22				
Approval :				Distance (m)	-				
NO.	Description	Distance (m)	Time (Day)	Symbol					Remark
									
1	ศูนย์ทดสอบฯ กำหนดวันทดสอบ และจำนวนผู้เข้ารับการทดสอบ		1						
2	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ และอาจารย์ที่ปรึกษาประชาสัมพันธ์การจัดการทดสอบ		2						
3	นักศึกษาแจ้งความประสงค์เข้ารับการทดสอบ กลับมายังอาจารย์ที่ปรึกษา		2						
4	อาจารย์แจ้งกลับมาที่เจ้าหน้าที่ศูนย์		0.5						
5	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ ตรวจสอบรอบการทดสอบ		2						
6	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ แจ้งกลับไปยังอาจารย์ที่ปรึกษา		0.5						
7	อาจารย์ที่ปรึกษาแจ้งไปที่นักศึกษา		1						
8	นักศึกษาชำระค่าสมัครกับอาจารย์		3						
9	อาจารย์นำเอกสารและค่าสมัคร มาให้เจ้าหน้าที่		1						
10	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ ตรวจสอบเอกสาร หากเอกสารครบถ้วนถูกต้อง		2						
11	ทำการลงทะเบียน (ชำระค่าสมัครที่สำนักงานคลัง)		1						
12	ดำเนินการจัดการทดสอบ		1						
13	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ รวบรวมคะแนนจากกรรมการประจำฐานทดสอบ และคำนวณผลคะแนน		4						
14	ประกาศผลการทดสอบ		1						
	รวม		22	13	5	0	4		

รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหล ในการศึกษากระบวนการดำเนินการจัดการทดสอบของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก



รูปที่ 2 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม Why-Why Analysis

5.3 กำหนดวิธีการแก้ไขปรับปรุง และกลุ่มตัวอย่าง

จากปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัคร ของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสต์บางกอก เพื่อลดความซับซ้อน ของกระบวนการรับสมัคร อีกทั้งยังช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น โดยการพัฒนาระบบ ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการทดสอบ ด้วยเครื่องมือแบบสอบถามออนไลน์ [8] โดยการกำหนดค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถาม (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80–1.00 ตามมาตรวัดของลิเคอร์ท (Likert Scale) [9] และนำไปเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจของการใช้ระบบในการบริหารจัดการ คือ กลุ่มผู้บริหาร อาจารย์ประจำคณะโลจิสติกส์และการบิน อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสต์บางกอก จำนวน 7 คน
- 2) กลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจของการใช้ระบบในการสมัครสอบ คือ ผู้สมัครสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ วิทยาลัยเซาธ์อีสต์บางกอก ในปีการศึกษา 2565 จำนวน 180 คน

6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสต์บางกอก โดยพัฒนาระบบด้วยหลักการวงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) [10] แสดงผลการพัฒนาระบบ 2 ส่วน ดังนี้

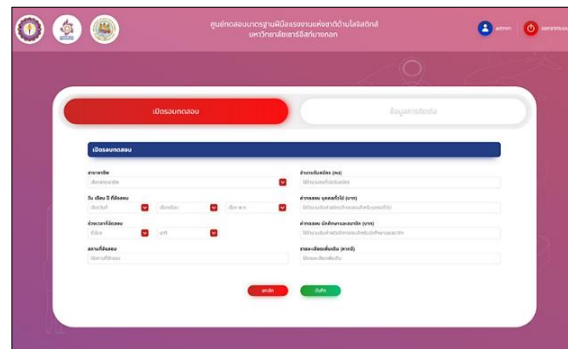
6.1.1 ผลการพัฒนาระบบของเจ้าหน้าที่ เป็นการเข้าใช้งานระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสต์บางกอก โดยเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดสอบฯ สามารถเข้าไปจัดการข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีเมนูการใช้งานหลัก 2 เมนู ดังนี้

1. เป็ตรอบการทดสอบ ประกอบด้วย 3 เมนูย่อย คือ
 - 1.1 เมนูการเปิดรอบทดสอบ
 - 1.2 เมนูการอนุมัติใบสมัคร
 - 1.3 เมนูการบันทึกผลการทดสอบ
2. ข้อมูลติดต่อ ประกอบด้วย 3 เมนูย่อย คือ
 - 2.1 เมนูการเพิ่มผู้ติดต่อของศูนย์ทดสอบฯ
 - 2.2 เมนูการแก้ไขข้อมูลผู้ติดต่อของศูนย์ทดสอบฯ
 - 2.3 เมนูการลบข้อมูลผู้ติดต่อของศูนย์ทดสอบฯ

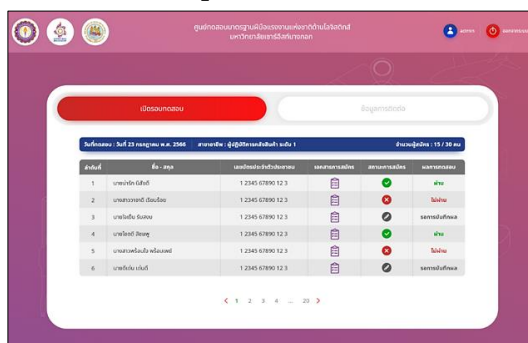
ดังรูปตัวอย่างที่ 3-8



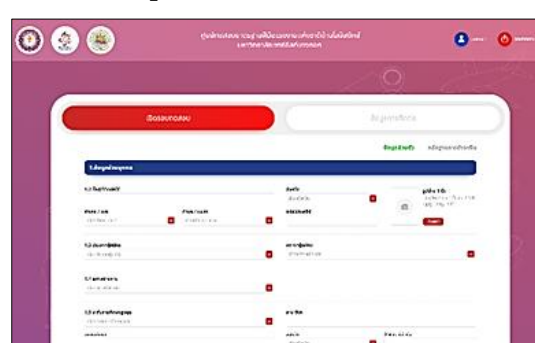
รูปที่ 3 หน้าแรก



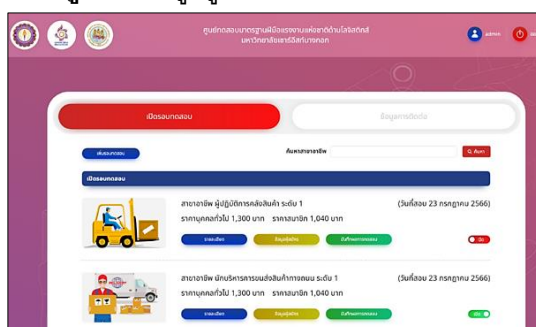
รูปที่ 4 หน้าเปิดรอบทดสอบ



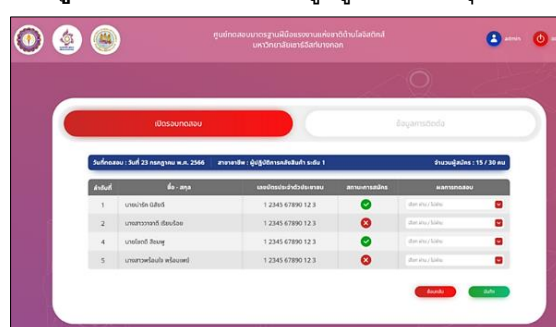
รูปที่ 5 ข้อมูลผู้สมัคร (จำแนกตามรอบ)



รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างข้อมูลผู้สมัคร(รายบุคคล)



รูปที่ 7 หน้ารอบการทดสอบ



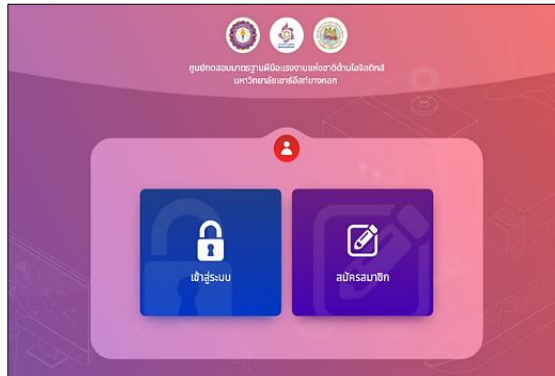
รูปที่ 8 หน้าบันทึกผลการทดสอบ

6.1.2 ผลการพัฒนาระบบของผู้สมัครเข้ารับการทดสอบ โดยผู้สมัครเข้ารับการทดสอบ สามารถเข้าระบบ เพื่อดูรอบการทดสอบ สมัครเข้ารับการทดสอบ และดูผลการทดสอบ ประกอบด้วย 8 เมนู ตามลำดับการทำงานของระบบ ดังนี้

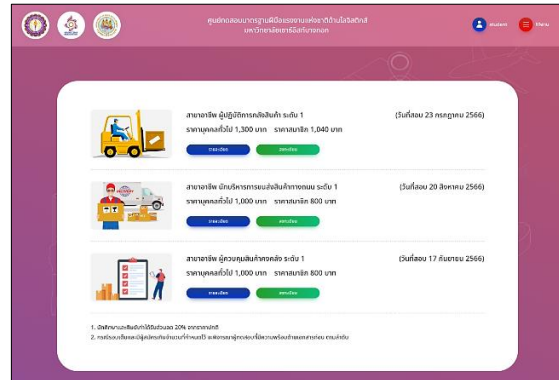
1. เมนูการเข้าสู่ระบบ
2. เมนูการสมัครสมาชิก
3. เมนูการกรอกข้อมูลใบสมัคร
4. เมนูการเลือกรอบทดสอบ
5. เมนูการแนบไฟล์เอกสารการสมัคร
6. เมนูการแนบไฟล์หลักฐานการชำระเงิน
7. เมนูการดูสถานะการสมัคร
8. เมนูการดูผลการทดสอบ

<http://jeet.siamtechu.net>

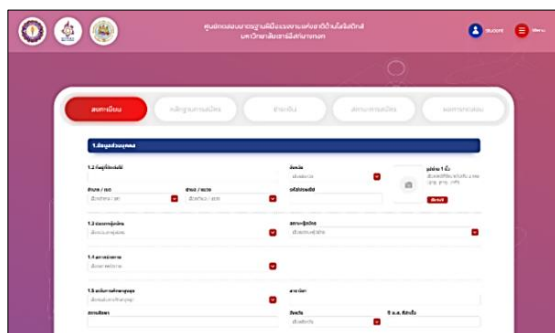
ดังรูปตัวอย่างที่ 9-14



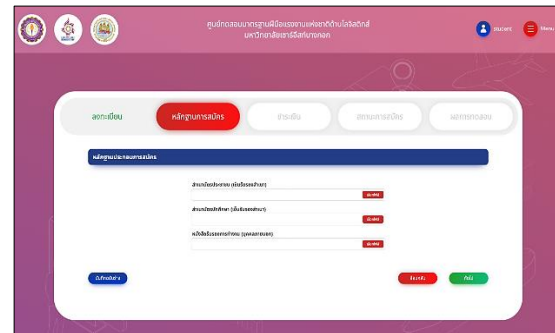
รูปที่ 9 หน้าแรกของระบบ



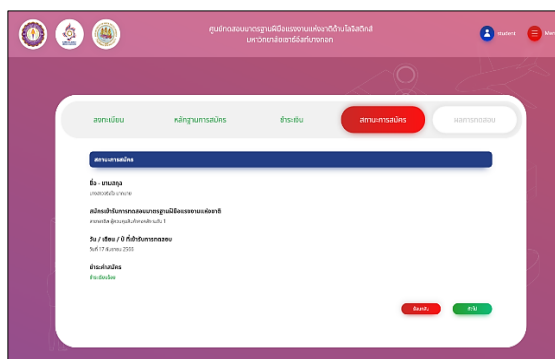
รูปที่ 10 หน้าสาขาอาชีพที่เปิดรับสมัครทดสอบ



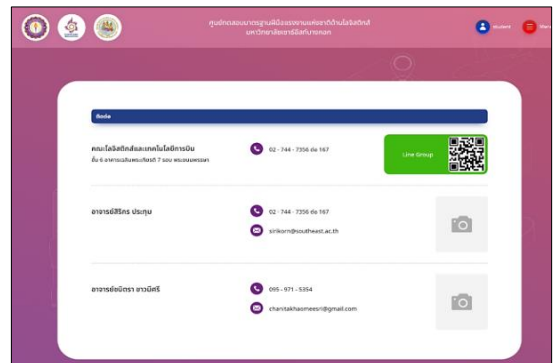
รูปที่ 11 หน้ากรอกใบสมัคร



รูปที่ 12 หน้าแนบไฟล์หลักฐานการสมัคร



รูปที่ 13 หน้าผลการทดสอบ



รูปที่ 14 หน้าติดต่อ-สอบถามข้อมูล

6.2 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้บริหาร คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ในการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น มีผลแสดงดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านการใช้งาน

1. ด้านการใช้งาน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.1 ข้อมูลเป็นปัจจุบัน มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ	4.28	0.48	มาก
1.2 ข้อมูลตอบสนองตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน	3.57	0.53	มาก
1.3 ความเหมาะสมของปริมาณข้อมูลที่นำเสนอแต่ละหน้าจอ	3.57	0.78	มาก
1.4 ความสะดวกในการเรียกดูและสืบค้นข้อมูล	4.28	0.48	มาก
1.5 เมนูการใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.14	0.37	มาก
รวม	3.97	0.53	มาก

จากตารางที่ 1 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านการใช้งานอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.97 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบ

2. ด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2.1 ระบบมีประสิทธิภาพและพร้อมให้บริการแก่ผู้ใช้เสมอ	4.28	0.48	มาก
2.2 ระบบมีความสะดวก และง่ายต่อการเรียกใช้งาน	4.57	0.53	มากที่สุด
รวม	4.42	0.51	มาก

จากตารางที่ 2 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านความปลอดภัยของระบบ

3. ด้านความปลอดภัยของระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3.1 การเข้าใช้ระบบ เช่น Username Password เพื่อพิสูจน์ตัวตน ก่อนเข้าใช้ระบบ	3.71	0.48	มาก
3.2 มีการจัดระดับความปลอดภัย หรือกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูล	4.14	0.69	มาก
รวม	3.92	0.58	มาก

จากตารางที่ 3 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านความปลอดภัยของระบบอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ วิทยาลัยเซารัสอีส์ท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านรูปแบบของระบบ

4. ด้านรูปแบบของระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
4.1 ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าจอ	4.28	0.48	มาก
4.2 สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.42	0.53	มาก
4.3 ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	4.42	0.78	มาก
4.4 มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหา และทำความเข้าใจ	4.85	0.37	มากที่สุด
4.5 ความชัดเจนของเมนูภายในระบบ	4.42	0.53	มาก
4.6 ความน่าสนใจของเนื้อหาภายในระบบ	4.85	0.37	มากที่สุด
รวม	4.54	0.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซารัสอีส์ท์บางกอก ด้านรูปแบบของระบบอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.54 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซารัสอีส์ท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านการให้บริการระบบสารสนเทศ

5. ด้านการให้บริการระบบสารสนเทศ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
5.1 ช่องทางการให้บริการมีความเหมาะสมและเข้าถึงง่าย	4.57	0.53	มาก
5.2 มีระบบให้คำแนะนำและตอบข้อซักถามอย่างชัดเจน	3.71	0.48	มาก
รวม	4.14	0.51	มาก

จากตารางที่ 5 ผู้แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซารัสอีส์ท์บางกอก ด้านการให้บริการระบบสารสนเทศอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.14 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

6.3 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซารัสอีส์ท์บางกอก ในปีการศึกษา 2565 โดยมีผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

6.3.1 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงมากที่สุดเป็นลำดับแรก จำนวน 134 คน คิดเป็นร้อยละ 74.5 รองลงมาได้แก่ เพศชาย จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 25.5

6.3.2 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอายุ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุ 20–30 ปี มากที่สุดเป็นลำดับแรก จำนวน 143 คน คิดเป็นร้อยละ 79.5 รองลงมาได้แก่ อายุ 31–40 ปี จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 12.2 และ อายุ 41 ปีขึ้นไป จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 8.5 และมีผลแสดงความพึงพอใจ ดังตารางที่ 6–10

ตารางที่ 6 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านการใช้งาน

1.ด้านการใช้งาน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.1 ข้อมูลเป็นปัจจุบัน มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ	4.57	0.50	มากที่สุด
1.2 ข้อมูลตอบสนองตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน	4.52	0.53	มากที่สุด
1.3 ความเหมาะสมของปริมาณข้อมูลที่นำเสนอแต่ละหน้าจอ	4.52	0.52	มากที่สุด
1.4 ความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงระบบ	4.49	0.54	มาก
1.5 ความสะดวกในการเรียกดูและสืบค้นข้อมูล	4.48	0.51	มาก
1.6 เมนูการใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.53	0.51	มากที่สุด
1.7 ประสิทธิภาพ/ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.52	0.55	มากที่สุด
รวม	4.52	0.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 6 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านการใช้งานอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52

ตารางที่ 7 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบ

2. ด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2.1 ระบบมีการบริหารและการประมวลผลที่ถูกต้องรวดเร็ว	4.50	0.51	มากที่สุด
2.2 ข้อมูลมีความถูกต้อง ครบถ้วน	4.47	0.51	มาก
2.3 ข้อมูลระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.50	0.51	มากที่สุด
2.4 การเรียกดูข้อมูลของระบบงานเป็นไปด้วยความรวดเร็ว	4.50	0.51	มากที่สุด
2.5 ระบบมีประสิทธิภาพและพร้อมให้บริการแก่ผู้ใช้เสมอ	4.51	0.51	มากที่สุด
2.6 ระบบมีความสะดวก และง่ายต่อการเรียกใช้งาน	4.47	0.51	มาก
รวม	4.49	0.51	มาก

จากตารางที่ 7 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านการบริหารจัดการและประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.49 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5

ตารางที่ 8 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านความปลอดภัยของระบบ

3. ด้านความปลอดภัยของระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3.1 ระบบมีความปลอดภัยและน่าเชื่อถือได้	4.46	0.52	มาก
3.2 การเข้าใช้ระบบ เช่น Username Password เพื่อพิสูจน์ตัวตน ก่อนเข้าใช้ระบบ	4.58	0.50	มากที่สุด
3.3 มีการจัดระดับความปลอดภัย หรือกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล	4.55	0.50	มากที่สุด
รวม	4.53	0.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 8 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านความปลอดภัยของระบบอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

ตารางที่ 9 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านรูปแบบของระบบ

4. ด้านรูปแบบของระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
4.1 ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าจอ	4.48	0.52	มาก
4.2 สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.53	0.50	มากที่สุด
4.3 ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	4.48	0.51	มาก
4.4 มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหา และทำความเข้าใจ	4.51	0.50	มากที่สุด
4.5 ความชัดเจนของเมนูภายในระบบ	4.48	0.52	มาก
4.6 ความน่าสนใจของเนื้อหาภายในระบบ	4.52	0.50	มากที่สุด
4.7 ความเหมาะสมของรูปแบบการใช้งานของระบบ	4.55	0.50	มากที่สุด
4.8 โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจในการใช้งานในระดับใด	4.48	0.52	มาก
รวม	4.50	0.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 9 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านรูปแบบของระบบอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมาก คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

ตารางที่ 10 ความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำแนกตามรายชื่อของด้านการให้บริการระบบสารสนเทศ

5. ด้านการให้บริการระบบสารสนเทศ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
5.1 ช่องทางการให้บริการมีความเหมาะสมและเข้าถึงง่าย	4.54	0.53	มากที่สุด
5.2 มีระบบให้คำแนะนำและตอบข้อซักถามอย่างชัดเจน	4.52	0.54	มากที่สุด
5.3 เจ้าหน้าที่ดูแลระบบเอาใจใส่ กระตือรือร้น เต็มใจให้บริการ	4.49	0.53	มาก
5.4 ภาพรวมของการใช้งานระบบ	4.50	0.51	มากที่สุด
รวม	4.51	0.53	มากที่สุด

จากตารางที่ 10 แสดงความพึงพอใจการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ด้านการให้บริการระบบสารสนเทศอยู่ในระดับคุณภาพความพึงพอใจมากที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53

6.4 ผลการศึกษาการดำเนินงานในขั้นตอนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก โดยการใช้แผนภูมิกระบวนการไหล ดังรูปที่ 15

Flow Process Chart									
Flow No. 1 page 1 of 1		Summary (Time ; Day)							
☐ Product	☐ Material	☒ Operator	Symbol	Current	Improved	Reduced			
Activity : ระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก			Operation 	13	10	3			
Method : x Current Improved			Transportation 	5	0	5			
Location : คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการขนส่ง มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก			Delay/Waiting 	0	0	0			
By : วัชรินทร์ จิตกุล			Inspection 	4	2	2			
Approval :			Storage 	-	-	-			
Distance (m)			Time (min)		10				
			-						
NO.	Description	Distance (m)	Time (Day)	Symbol			Remark		
									
1	ศูนย์ทดสอบฯ กำหนดวันทดสอบ และจำนวนผู้เข้ารับการทดสอบ		1						
2	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ และอาจารย์ที่ปรึกษาประชาสัมพันธ์การจัดการทดสอบ		1						
3	นักศึกษาลงทะเบียนสอบ ในระบบรับสมัครฯ		1						
4	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ ตรวจสอบข้อมูลของผู้สมัครเอกสารประกอบการสมัคร และหลักฐานการชำระเงิน		2						
5	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ ยืนยันการสมัครในระบบ		1						
6	ดำเนินการจัดการทดสอบ		1						
7	เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบฯ รวบรวมคะแนนจากกรรมการประจำฐานทดสอบ และคำนวณผลคะแนน		4						
8	ประกาศผลการทดสอบ		1						
	รวม		12	10	0	0	2	-	

รูปที่ 15 กระบวนการดำเนินการจัดการทดสอบของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ภายหลังการพัฒนาระบบ

จากรูปที่ 15 แสดงถึงกระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ ก่อนและหลังปรับปรุง พบว่าก่อนปรับปรุงคือ ขั้นตอนการปฏิบัติงานจากเดิม 13 วัน ลดลงเหลือ 10 วัน ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายจากเดิม 5 วัน ลดลงเหลือ 0 วัน และขั้นตอนการตรวจสอบจากเดิม 4 วัน ลดลงเหลือ 2 วัน หรือรวมระยะเวลาของกระบวนการรับสมัครของศูนย์ทดสอบฯ ทั้งสิ้น จากเดิม 22 วัน ลดลงเหลือ 12 วัน คิดเป็นร้อยละ 45.45 ของจำนวนวันที่ลดลง

7. อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการลดความสูญเปล่าด้วยการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ผู้วิจัยขออภิปรายผลการสอดคล้องดังนี้

ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้บริหาร คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ในการเข้าใช้งานระบบจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอกพบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก ($x = 4.19$, S.D. = 0.52) ด้านที่ได้รับความพึงพอใจในระดับมากเป็นลำดับแรกคือ ด้านรูปแบบของระบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ได้ศึกษามาวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้เทคนิค SDLC อีกทั้งได้สอบถามข้อมูลกระบวนการทำงานจากอาจารย์ผู้ดูแลศูนย์และเจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ทำให้ผู้วิจัยเห็นภาพรวมของกระบวนการทำงานระบบทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสมพร กระออมแก้ว กิตติ์ดนัย สุกุลวเรียมฤทธิ์และณภัฏ วรรณตรง (2564) เรื่อง ระบบจองรถเพื่อการเกษตร

ออนไลน์ มีผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจมาก [11] และผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้สมัครเข้ารับการทดสอบที่มีต่อการใช้งานระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ปางกอก พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.51$, S.D. = 0.51) ด้านที่ได้รับความพึงพอใจในระดับมากเป็นลำดับแรกคือ ด้านความปลอดภัยของระบบ เนื่องจากผู้วิจัยได้นำหลักการทำงานของการบริหารจัดการฐานข้อมูลเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการตั้งแต่กระบวนการแรก ได้แก่ การสมัครสมาชิกเพื่อจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งานส่วนบุคคลทำให้ข้อมูลมีความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยในการใช้ระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัสนี ซาอูร์มย์ (2564) เรื่อง การพัฒนาระบบการรับสมัครฝึกอบรมออนไลน์ของสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มีผลการประเมินความพึงพอใจของบุคลากรที่มีต่อระบบการรับสมัครฝึกอบรมออนไลน์ในภาพรวมมีความพึงพอใจมาก ($\bar{x} = 4.33$) และความพึงพอใจรายด้านทุกด้านอยู่ในระดับพึงพอใจมาก โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการ และขั้นตอนการใช้งานระบบ ด้านประโยชน์โดยรวมของระบบ และด้านประสิทธิภาพของระบบและผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับบริการวิชาการในภาพรวมมีความพึงพอใจมาก ($\bar{x} = 4.30$) และความพึงพอใจรายด้านทุกด้านมีความพึงพอใจมากเช่นเดียวกัน [12]

8. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในอนาคตสามารถนำระบบการจัดการข้อมูลการรับสมัครของศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ปางกอกไปพัฒนาต่อยอดให้สามารถใช้งานได้จริง และสามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานให้ครอบคลุมภาษาต่างประเทศ เช่น ภาษาอังกฤษ, ภาษาจีน เป็นต้น

9. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ ดร.เอกนรี ทุมพล ซึ่งได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและแนะนำรวมทั้งข้อคิดเห็นตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และ อาจารย์ ดร.รวมพล จันทศาสตร์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ตลอดจนที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนเจ้าของทฤษฎี และงานวิจัยทุกท่านที่ผู้ศึกษาได้นำมาอ้างอิงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ปางกอก ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาพัฒนาตนเอง ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัว ที่เป็นแรงบันดาลใจและให้กำลังใจเสมอมา ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุตาสวรรค์ งามมงคลวงศ์ ดร.ทรงพล นครศรีเรืองศักดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยะ พุ่มเจลิ้ม อาจารย์นันท์รัตน์ กลิ่นหอม อาจารย์ณัฐวดี มหานิล อาจารย์นันท์นภัส สว่างการ อาจารย์พิชญา เจริญใจ อาจารย์เชาวลิต จันภิรมย์ อาจารย์ณฤทธิ์ตา สุตสงวน อาจารย์ยวีร์วิชัย นิลสุข อาจารย์อภิรดี เดชพงษ์สัมฤทธิ์ อาจารย์ธีระพล สุทธิพนไพศาล และนางสาวหทัยรัตน์ ประกอบคุณ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลต่าง ๆ และให้ความร่วมมือตลอดจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] พระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. 2545. (2557, 16 กรกฎาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 131 ตอนพิเศษ 131 ง. หน้า 182-221.
- [2] คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการบิน วิทยาลัยเซาท์อีสต์ปางกอก. (2561). รายงานการประเมินตนเอง (Self Assessment Report) ประจำปีการศึกษา 2561.

- [3] Montgomery D.C. Introduction to Statistical Quality Control. New York: John Wiley & Sons Inc, 2005; 364–413.
- [4] Yamane, Taro. (1976). Statistics: An introductory analysis (2nd ed.). New York: Harper and Row.
- [5] วันชัย ริจิรวณิช, การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า 335-380, 2548.
- [6] Surus Tangphaitoon. (2014). 7 Waste Reduction by Kaizen for Production Improvement. 1st Edition. Nonthaburi. (In Thai).
- [7] Kittikorn Chantarasenar. (2019). "Why Why Analysis" [Online]. Available: <https://leantpm.co/2019/03/02/why-why-analysis>. [Accessed: Apr. 6, 2022].
- [8] พัฒนา พรหมณี, ยุพิน พิทยะวัฒน์ชัย และจีระศักดิ์ ทัพพา. (2563). "แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจและการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในงาน." วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.). 26(1) : 59-66.
- [9] Likert, R. N. (1970). A technique for the measurement of attitude. Attitude Measurement. Chicago:Ronald McNally & Company
- [10] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2555). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [11] สมพร กระอ่อมแก้ว, กิตติ์ดนัย สกุลวรเกียรติ และ ฌปภัช วรณตรง. (2564). "ระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์". วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 5(1) : 25-35.
- [12] อธิณี ซาอูร์มย์. (2564). "การพัฒนาระบบการรับสมัครฝึกอบรมออนไลน์ของสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ". วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 12(1):70-81.

การศึกษาศักยภาพและประเมินทางเศรษฐศาสตร์พลังงานของการใช้ระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศร่วมกับระบบทำความเย็นแบบระเหยในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี่

STUDYING THE POTENTIAL AND ENERGY ECONOMIC ASSESMENT OF USING AN AIR-COOLED WATER CHILLER COMBINED WITH AN EVAPORATIVE COOLING SYSTEM IN STRAWBERRY CULTIVATION GREENHOUSE

ธัญญารัตน์ จันทรโชค¹ และสุลักษณา มงคล^{1*}

Tanyarat Janchoke¹, and Sulaksana Mongkon^{1*}

Received: August 23, 2023

Revise: December 15, 2023

Accepted: December 19, 2023

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

*Corresponding author, E-mail: sulaksana@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพและประเมินเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของระบบทำความเย็นที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับระบบทำน้ำเย็นในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี่ โรงเรือนกว้าง 12 เมตร ยาว 40 เมตร และสูง 6 เมตร คลุมโรงเรือนด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีน มีการทำงานของระบบทำความเย็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การทำงานโดยใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยเพียงอย่างเดียว (EV) และระบบทำความเย็นแบบร่วมกัน (EV+CH) จากการศึกษาศักยภาพของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนต้นแบบ ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษพบว่า ค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ (I_r) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของวันอยู่ที่ระหว่าง 600-700 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยช่วงเดือนมีนาคม 2565 มีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในโรงเรือนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าที่ได้ยังไม่สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ตลอดในทุกช่วงเวลาตามที่สตรอว์เบอร์รี่ต้องการให้ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นพบว่า ในการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH มีค่าเท่ากับ 17 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV ที่มีค่าเท่ากับ 14 สำหรับการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนโดยทำการศึกษา 4 กรณี โดยมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันทั้งในการเพิ่มรอบเพาะปลูกหรือบางกรณีมีการเพิ่มรางปลูกพบว่า หากมีการเพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่และเพิ่มรางปลูกจะมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่า NPV และค่า IRR สูงที่สุดซึ่งมีค่าอยู่ที่ 909,854 บาท และ 20.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี 6 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นที่สุดที่สามารถคืนทุนได้เร็วกว่ากรณีอื่น ๆ

คำสำคัญ: ระบบทำความเย็นแบบระเหย ระบบทำน้ำเย็น โรงเรือนสตรอว์เบอร์รี่ เศรษฐศาสตร์

Abstract

This research aims to study the potential and evaluate the investment economics of a cooling system that combines evaporative cooling with a chiller system in a strawberry greenhouse. The greenhouse has dimensions of 12 m in width, 40 m in length, and 6 m in height. It is covered with polyethylene plastic. The experiments are divided into the following two operating modes: Evaporative Cooling System (EV) and Evaporative Cooling System

combined with Chiller System (EV+CH). From the study of the potential of the cooling system used in the prototype greenhouse. In each month studied it was found that, the daily average maximum solar radiation intensity (I_T) is between 600-700 W/m², it was found that during the month of March 2022, the highest average air temperature inside the greenhouse was observed when compared to the period from November 2021 to February 2022, with an average value of 32 °C. This value could not be reduced throughout all time periods as desired by strawberries, which require temperatures below 30 °C. Regarding the Coefficient of Performance (COP) of the cooling system, it was discovered that in the operation of the EV+CH cooling system was 17, which is higher than the operation of the EV cooling system of 14. For evaluating the investment economics of the cooling system in the greenhouse the study 4 cases with different conditions some cases are prescriptive adding the planting cycle or adding a bench, which it was found that increasing the planting cycle and adding a bench planting trough would be the most appropriate approach. This is since this case has the highest Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), which are 909,854 Baht and 20.78%, respectively. Additionally, this case has a payback period (PB) are 4 years 6 months, making it the shortest period for recouping the investment compared to other cases.

Keywords: Evaporative cooling system, Chiller system, Strawberry greenhouse, Economic

1. บทนำ

สตรอว์เบอร์รีเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย นิยมปลูกทางพื้นที่สูงของภาคเหนือ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศค่อนข้างต่ำกว่าภาคอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสมกับความต้องการของสตรอว์เบอร์รีที่มีความต้องการอุณหภูมิอากาศในตอนกลางวันต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ปัจจุบันแนวโน้มความต้องการของการบริโภคสตรอว์เบอร์รีมีเพิ่มมากขึ้นทั้งแบบสด และแบบแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ส่งผลให้ประเทศไทยมีการนำเข้าสตรอว์เบอร์รี ในปี พ.ศ. 2561 คิดเป็นมูลค่า 435 ล้านบาท (นำเข้าชด นูญมี และคณะ, 2564) [1] จากความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีเกษตรกรหาวิธีการปลูกในพื้นที่ราบหรือการเพาะปลูกนอกฤดูโดยการปลูกสตรอว์เบอร์รีในโรงเรือน เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ตามความต้องการของสตรอว์เบอร์รี อีกทั้งยังลดปัญหาเรื่องแมลง และศัตรูพืช อย่างไรก็ตามในแต่ละช่วงฤดูกาลอาจมีสภาพอากาศแปรปรวน โดยเฉพาะอุณหภูมิแวดล้อมที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณพื้นที่สูงที่ อีกทั้งในโรงเรือนจะมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอากาศแวดล้อม ดังนั้นจึงต้องมีการทำความเย็นในโรงเรือน ระบบทำความเย็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative cooling system; EV) ซึ่งหลักการทำงานพื้นฐาน คือ อากาศภายนอกที่อุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะถูกพัดลมดูดอากาศ (Exhaust fan) ดูดอากาศผ่านแผ่นระเหยน้ำ (Evaporative cooling pad) ซึ่งมีน้ำไหลผ่านอากาศจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านแผ่นระเหยน้ำลดลง และมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น [2]

ในการศึกษาการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยสำหรับการปลูกพืช เช่น ภาณุวิชญ์ พุทธรักษา และ สุลักษณ์ มงคล, 2560 [3] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยด้วยการควบคุมการไหลของอากาศในโรงเรือนสตรอว์เบอร์รีพบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance; COP) ของการทำความเย็นแบบระเหยมีค่าประมาณ 52 ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง 7.8 องศาเซลเซียส แต่ยังมีข้อจำกัดในกรณีที่สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงมากเกินความสามารถของระบบ EV โดยเห็นได้ชัดเจนในช่วงเวลาระหว่างเที่ยงวันถึงช่วงบ่าย โดยเฉพาะในฤดูร้อนในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา, 2566 [4] เป็นช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม โดยช่วงเดือนดังกล่าวยังมีการปลูกสตรอว์เบอร์รีในพื้นที่ แต่เนื่องจากระบบ EV สามารถลดอุณหภูมิของอากาศได้ถึงจุดหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศให้ดีขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาระบบทำความเย็นที่นำมาเสริม ดังตัวอย่างงานวิจัย P. W. Sunu et.al., 2018 [5] ได้ทำการศึกษาโดยใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled chiller) โดยในการทดสอบระดับอุณหภูมิความร้อนยิ่งยวดของเครื่องทำน้ำเย็นที่มีการระบายความร้อน

ร้อนด้วยอากาศค่าที่ดีที่สุดที่ระบบสามารถลดอุณหภูมิภายในได้อยู่ที่ประมาณ 5.05 องศาเซลเซียส ซึ่งหากมีการทำงานร่วมกันในระบบทำความเย็นแบบระเหย จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนได้มากขึ้น จึงได้มีการศึกษางานวิจัยเพิ่มเติมสำหรับการใช้งานระบบทำน้ำเย็นหรือ Chiller (O. Amer, et al., 2015) [6] ได้ศึกษาเทคโนโลยีการทำความเย็นแบบระเหย ผลการทดสอบ COP พบว่า ระบบ Adsorption system และระบบ EV อยู่ที่ 0.6-1.2 และ 15-20 ตามลำดับ การใช้งานระบบทำความเย็นแบบ Chiller ซึ่งมีค่า COP มากกว่าระบบ Adsorption นอกจากนี้ระบบ Chiller ยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถของระบบ EV ในการศึกษาการทำความเย็นเพิ่มเติม F.W. Yu, and K.T. Chan, 2006 [7] ศึกษาการทำความเย็นแบบระบบทำน้ำเย็นที่มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled water chiller system; CH) พบว่า มีความเหมาะสมกับการใช้งานในโรงเรือนขนาดกลาง ระบบทำน้ำเย็นมีต้นทุน และค่าบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า โดยศึกษาการใช้งานเครื่องทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่อุณหภูมิกลั่นตัวต่ำ และให้ค่า COP ของระบบทำความเย็นซึ่งมีค่าแตกต่างกันในแต่ละวันประมาณ 1.8-2.6 ในขณะที่โหลดของเครื่องทำความเย็นมีความผันผวนระหว่าง 186-380 กิโลวัตต์ ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วนโหลดที่มีค่า 0.4-0.8 (X. Xie, and Y. Jiang, 2015) [8] ศึกษาเปรียบเทียบระบบทำความเย็นแบบระเหยทางอ้อม (Indirect evaporative cooling system; IEC) 2 ชนิด เพื่อผลิตน้ำเย็น (Chiller) และเพื่อผลิตอากาศเย็น (Air cooled chiller) และทดสอบหา COP ของระบบ IEC Chiller ร่วมกับ IEC air cooled chiller เพื่อเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้า และค่า COP ของระบบ Chiller เพื่อผลิตน้ำเย็น และเพื่อผลิตอากาศเย็นพบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของระบบมีค่าอยู่ที่ 5.005 และ 2.405 กิโลวัตต์ สำหรับค่า COP ของระบบ Chiller มีค่าอยู่ที่ 5.93 และ 4.16 ตามลำดับ นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก และภายในอาคาร ในกรณีผลิตน้ำเย็นที่มีเงื่อนไขอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมเย็นที่ผลิตได้จะมีค่าประมาณ 19-20 องศาเซลเซียส ในส่วนของระบบ air cooled chiller ที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมเย็นที่ผลิตได้จะมีค่าประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส

จากงานวิจัยที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าเครื่องน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ทำความเย็นในโรงเรือน และสามารถใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบระเหย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาศักยภาพการทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รีต้นแบบที่ตั้งอยู่พื้นที่ราบในจังหวัดเชียงใหม่ โดยในโรงเรือนมีการใช้งานระบบทำความเย็นแบบระเหย และนำระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศมาใช้งานร่วมกัน เพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนให้ใกล้เคียงกับความต้องการของต้นสตรอว์เบอร์รีมากที่สุด นอกจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พลังงานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี เป็นแนวทางในการประเมินความคุ้มค่าสำหรับการลงทุนในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของการใช้งานระบบทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศภายในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี
2. เพื่อประเมินทางเศรษฐศาสตร์พลังงานรวมทั้งประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนของการใช้งานระบบทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศภายในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาได้ดำเนินการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รีด้วยไหลในโรงเรือน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึงเดือนมีนาคม 2565 ซึ่งเป็นช่วงเวลาฤดูในการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี ภายใต้สภาพอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ โรงเรือนต้นแบบในการศึกษางานวิจัย เป็นโรงเรือนแบบหลังคาโค้งแบบหลังคาครึ่งทรงกลม คลุมโรงเรือนด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีน (Polyethylene) โรงเรือนมีความกว้าง 12 เมตร ยาว 40 เมตร และสูง 6 เมตร วางตัวในทิศเหนือ-ใต้ ตั้งอยู่ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่



(ก) ทิศเหนือ



(ข) ทิศใต้



(ค) ด้านข้างโรงเรือน

รูปที่ 1 ลักษณะภายนอกโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รีต้นแบบ



(ก) ด้านพัดลมดูดอากาศ (Exhaust fan)

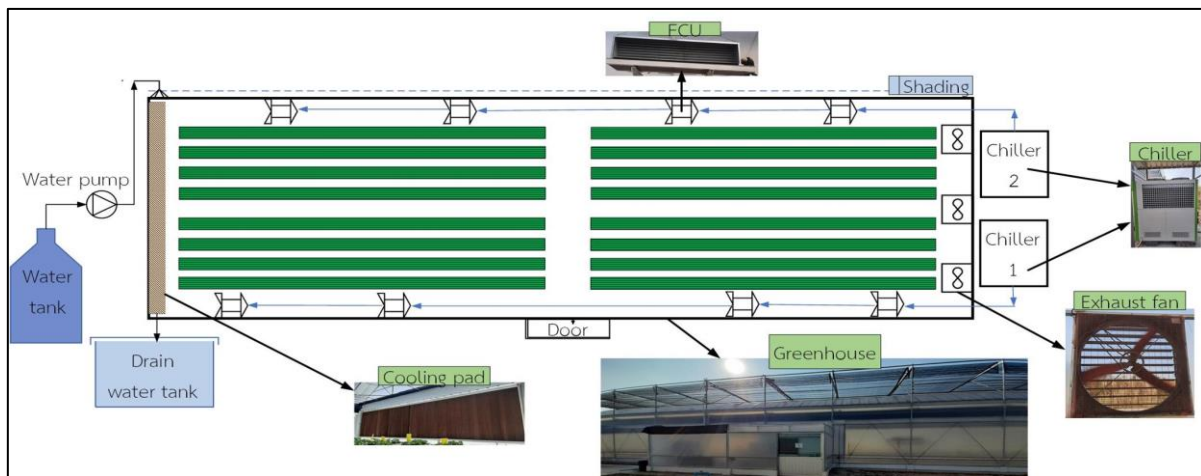


(ข) ด้านแผ่นระเหยน้ำ (Evaporative cooling pad)

รูปที่ 2 ลักษณะภายในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รีต้นแบบ

จากรูปที่ 1-2 แสดงลักษณะโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รีต้นแบบสำหรับการใช้ทางการศึกษา โดยการวิจัยในครั้งนี้ ทำการศึกษาในโรงเรือนปลูกพืชที่มีการติดตั้งระบบทำความเย็นที่ใช้ 2 ระบบ คือ ระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยมีอุปกรณ์หลักในการทำงาน คือ บั๊มน้ำ (Water pump) กำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง พัดลมดูดอากาศ (Exhaust fan) กำลังไฟฟ้า 1.1 กิโลวัตต์ จำนวน 3 เครื่อง และพัดลมระบายอากาศ (Ventilation fan) กำลังไฟฟ้า 0.12 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง เพื่อให้อากาศไหลเวียนในโรงเรือน และระบบทำความเย็นแบบระบบทำน้ำเย็นที่มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมีอุปกรณ์หลักในการทำงาน คือ เครื่องซิลเลอร์ (Chiller) ชนิดที่มีการระบายความร้อนด้วย

อากาศ (Air cooled) มีพิักัดการทำความเย็น 33.8 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง และเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (Fan coil unit; FCU) จำนวน 8 เครื่อง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพองค์ประกอบของระบบทำความเย็นภายในโรงเรือนสตอร์วเบอร์รี่ต้นแบบ

ในการดำเนินวิจัยมีการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ทำการศึกษาศักยภาพการใช้งานระบบทำความเย็นภายในโรงเรียนสตรีศรีรัตนแบบ โดยการใช้งานของระบบทำความเย็นจะใช้งาน 2 รูปแบบขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน ได้แก่ รูปแบบที่ 1 ระบบทำความเย็นแบบระเหยทำงานเพียงระบบเดียว (Evaporative cooling system; EV) ทำโดยการตั้งค่าระบบ Auto สำหรับการเปิดใช้งานพัดลมดูดอากาศ คือ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียนสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส พัดลมดูดอากาศตัวที่ 2 โดยจะทำงาน เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียนสูงกว่า 27 องศาเซลเซียส พัดลมดูดอากาศตัวที่ 1 และ 2 จะทำงาน และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียนสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส พัดลมดูดอากาศตัวที่ 1 2 และ 3 จะทำงาน จากนั้นได้ตั้งค่าระบบ Auto สำหรับปั๊มน้ำเพื่อส่งจ่ายน้ำไปยังแผ่นระเหยน้ำโดยจะทำงานเมื่ออุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียนสูงกว่า 26 องศาเซลเซียส และหยุดทำงานเมื่อความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรียนสูงกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ สำหรับรูปแบบที่ 2 จะทำงานโดยใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับระบบทำความเย็นแบบระบบทำน้ำเย็น (Evaporative cooling system combined with chiller system; EV+CH) โดยตั้งค่าระบบ Auto สำหรับการเปิดใช้งานระบบทำความเย็นแบบระเหย ตามรูปแบบการทำงานที่ 1 ร่วมกับการทำงานของระบบทำน้ำเย็นโดยการเปิดใช้งาน แต่เงื่อนไขการทำงานจะเริ่มเมื่ออุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียนสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส โดยหลังจากเปิดใช้งานแล้วระบบทำน้ำเย็นทำงานต่อเนื่องจนกระทั่งเวลา 18.00 น. จึงทำการปิดระบบทำน้ำเย็น

ในแต่ละวันการเก็บข้อมูลจะบันทึกทุก ๆ 5 นาที ตั้งแต่เวลา 6.00 น. – 18.00 น. โดยข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือนต้นแบบ และ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม โดยใช้เครื่อง Temperature and humidity data logger (ยี่ห้อ TENMARS รุ่น TM-305U, Resolution : temperature 0.1 องศาเซลเซียส humidity 0.1 เปอร์เซ็นต์) และบันทึกค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ภายนอกโรงเรือนโดยใช้เครื่อง Pyranometer (Model Apogee SP-110) โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (GRAPHTEC midi LOGGER รุ่น GL240, Voltage : 20 มิลลิโวลต์ - 100 โวลต์, Resolution: 16 บิต) โดยค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เก็บข้อมูลในแต่ละวันจะนำมาหาค่าเฉลี่ยรายวันและรายเดือนเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการทำงานของระบบ นอกจากนั้นทำตรวจวัดการใช้พลังงาน (Energy consumption) ของระบบทำควมเย็นที่ประกอบด้วย กำลังไฟฟ้าของพัดลมดูดอากาศ และกำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำ และสำหรับรูปแบบทำงานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH ตัวแปรที่เก็บเพิ่มเติม ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของเครื่องซิลเลอร์ โดยใช้เครื่อง Digital power clamp meter (ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT231, Accuracy : $\pm 1-3$ เปอร์เซ็นต์) ซึ่ง

ค่าที่ได้นำมาใช้เพื่อประเมินค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และประเมินค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance; COP) ของระบบทำความเย็น ดังสมการที่ 1

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบระเหย สามารถหาจากสมการที่ (1) คือ ค่าความสามารถของการทำความเย็นต่อการใช้กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดของระบบทำความเย็น [3]

$$COP_{EV} = \frac{Q_{EV}}{P_{EV,net}} = \frac{\dot{m}_a (h_{i,pad} - h_{o,pad})}{P_{pump} + P_{fan}} \quad (1)$$

เมื่อ	COP_{EV}	คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบระเหย
	Q_{EV}	คือ ความสามารถในการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบระเหย (กิโลวัตต์)
	$P_{EV,net}$	คือ กำลังไฟฟ้าสุทธิที่ป้อนให้แก่ระบบทำความเย็นแบบระเหย (กิโลวัตต์)
	$\dot{m}_a$	คือ อัตราการไหลของอากาศแห้ง (กิโลกรัม _{อากาศแห้งต่อวินาที})
	$h_{i,pad}$	คือ เอนทาลปีของอากาศก่อนผ่านเข้าแผ่นระเหยน้ำเข้าสู่โรงเรือน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
	$h_{o,pad}$	คือ เอนทาลปีของอากาศหลังผ่านออกแผ่นระเหยน้ำเข้าสู่โรงเรือน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
	P_{pump}	คือ กำลังไฟฟ้าปั๊มน้ำ (กิโลวัตต์)
	P_{fan}	คือ กำลังไฟฟ้าพัดลมดูดอากาศ (กิโลวัตต์)

สำหรับกรณีศึกษาระบบทำความเย็นแบบระบบทำน้ำเย็นที่มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ (EV+CH) ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบเครื่องทำน้ำเย็น แสดงในรูปแบบของค่า COP ของระบบ ซึ่งนิยามด้วยอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซับโดยเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก ความหมายคือปริมาณความเย็นที่สามารถทำได้ ต่อ กำลังไฟฟ้าที่ระบบใช้ [10–11] ตามสมการที่ (2)

$$COP_{EV+CH} = \frac{Q_{EV} + \dot{Q}_{CH}}{P_{EV,net} + P_{CH,net}} = \left[\frac{\dot{m}_a (h_i - h_o)}{P_{pump} + P_{fan}} \right] + \left[\frac{\dot{m}_a (h_{re} - h_{sup})}{P_{comp}} \right] \quad (2)$$

เมื่อ	COP_{CH}	คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำน้ำเย็น
	$\dot{Q}_{CH}$	คือ อัตราการทำความเย็นของระบบทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์)
	$\dot{m}_a$	คือ อัตราการไหลของอากาศแห้ง (กิโลกรัม _{อากาศแห้งต่อวินาที})
	h_{re}	คือ เอนทาลปีของอากาศที่ลมกลับเข้าเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
	h_{sup}	คือ เอนทาลปีของอากาศที่ลมจ่ายออกจากเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็ก (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
	$P_{CH,net}$	คือ กำลังไฟฟ้าสุทธิที่ป้อนให้แก่ระบบทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์)
	P_{comp}	คือ ความต้องการไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์)

สำหรับการศึกษาส่วนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รีต้นแบบ เพื่อการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือน โดยทำการแบ่งกรณีศึกษาเป็น 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ปลูกสตรอว์เบอร์รีในฤดู (In season) กรณีที่ 2 ปลูกสตรอว์เบอร์รีในฤดูและเพิ่มรางปลูก (In season and add a bench) กรณีที่ 3 เพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี (Two crops/year) และกรณีที่ 4 เพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รีและเพิ่มรางปลูก (Two crops/year and add a bench) โดยการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนต้นแบบ และประเมินผลความคุ้มค่าในการลงทุน ประกอบด้วย ระยะเวลาคืนทุน (Payback

period; PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value; NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return; IRR) และการวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงานของระบบทำความเย็น รายละเอียดการวิเคราะห์ [12] ตามสมการที่ (3)–(5)

$$PB = \text{มูลค่าในการลงทุนรวม} \div \text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี} \quad (3)$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลบวกของรายรับทั้งหมด และรายจ่ายทั้งหมดที่ได้จากโครงการโดยจะต้องมีการปรับค่าทุกค่ามาที่เวลาปัจจุบัน ตามสมการที่ (4)

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC \quad (4)$$

เมื่อ R_n คือ ผลตอบแทนในปีที่ n (บาท)

C_n คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ n (บาท)

N คือ ระยะเวลาโครงการ

i คือ อัตราส่วนลด (Discount rate) หรือ อัตราดอกเบี้ย (Interest)

TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน (Total investment cost)

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิที่ได้จากค่าตอบแทนการลงทุนมีค่าเป็นศูนย์ โดยการสมมติ ค่า IRR หรือ i ที่ทำให้ค่า $NPV = 0$ สามารถคำนวณ ตามสมการที่ (5)

$$\sum_{n=0}^N \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC = 0 \quad (5)$$

4. ผลการวิจัย

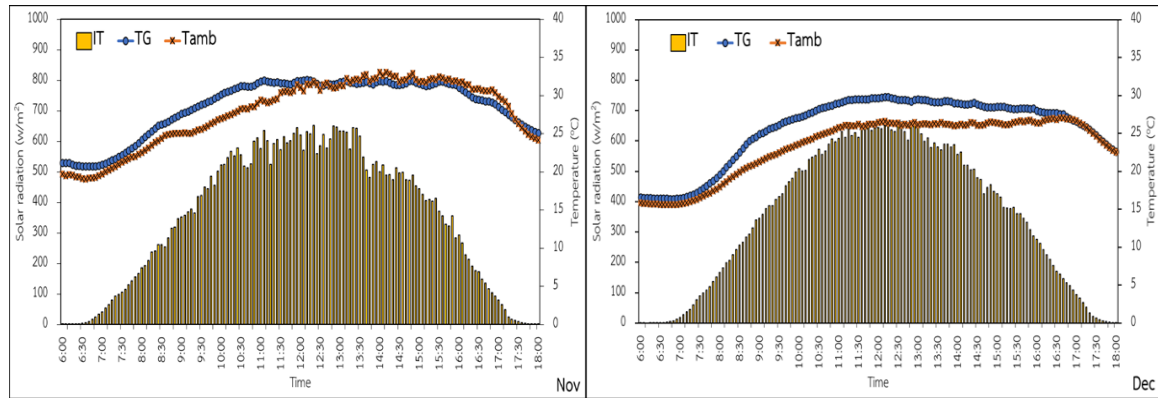
4.1 ผลการศึกษาศักยภาพของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรียนต้นแบบ

รูปที่ 4 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในโรงเรียน อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนโดยเริ่มตั้งแต่ระยะเพาะปลูกโดยใช้ไผ่ จนถึงช่วงเวลาเก็บผลผลิตสตอร์เบอร์รี่ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนมีนาคม 2565

จากรูปที่ 4 (ก) - (ง) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียน (T_o) อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_{amb}) และค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ (I_T) ในช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00 น. – 18.00 น. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษพบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในโรงเรียนจะสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเกือบทุกช่วงเวลาโดยเฉพาะในช่วงกลางวัน ซึ่งเป็นผลมาจากการสะสมความร้อนจากค่ารังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านสู่โรงเรียนที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของวันตั้งแต่ 600–700 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียน และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวจะมีค่าตั้งแต่ 0–4 องศาเซลเซียส สำหรับในเดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศน้อยกว่าเดือนอื่น ๆ ประมาณ 0–3 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นเดือนที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนมีนาคม 2565 และโดยเฉพาะช่วงเวลากลางวันหากมีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สูง จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียนมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นตาม เนื่องจากมีการสะสมความร้อนจากวัสดุคลุมโรงเรือน หรือโครงสร้างประกอบอื่น ๆ รวมทั้งปัจจัยสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงเวลาสำหรับเดือนมีนาคมเป็นช่วงปลายของการเพาะปลูก และเริ่มเข้าสู่ฤดูร้อนความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรียน

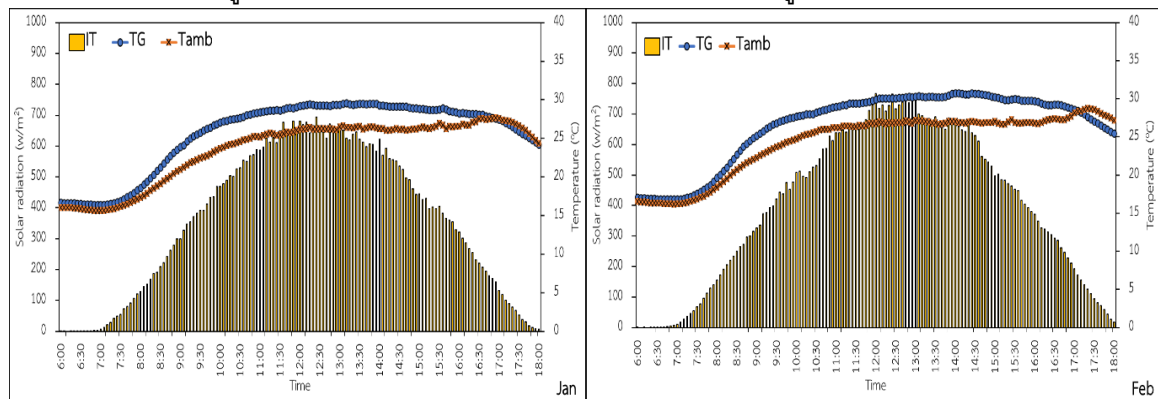
และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมเริ่มสูงขึ้นถึง 5 องศาเซลเซียส ทำให้บางช่วงเวลาระบบทำความเย็นมีการใช้งานในรูปแบบ EV+CH

เมื่อนำค่าอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน (T_G) และค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือน (RH_G) ของแต่ละเดือนมาเปรียบเทียบเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00 น. – 18.00 น. ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก สตรอว์เบอร์รี สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



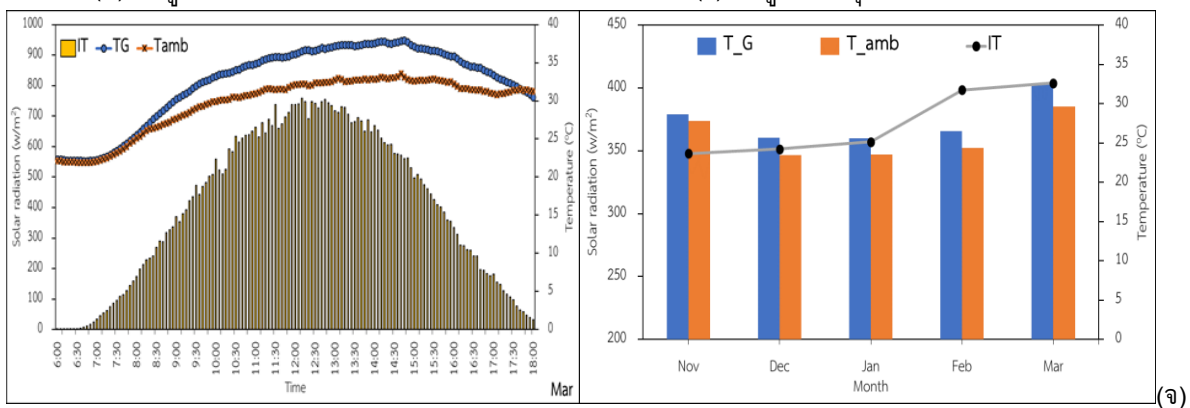
(ก) ข้อมูลเดือนพฤศจิกายน 2564

(ข) ข้อมูลเดือนธันวาคม 2564



(ค) ข้อมูลเดือนมกราคม 2565

(ง) ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ 2565

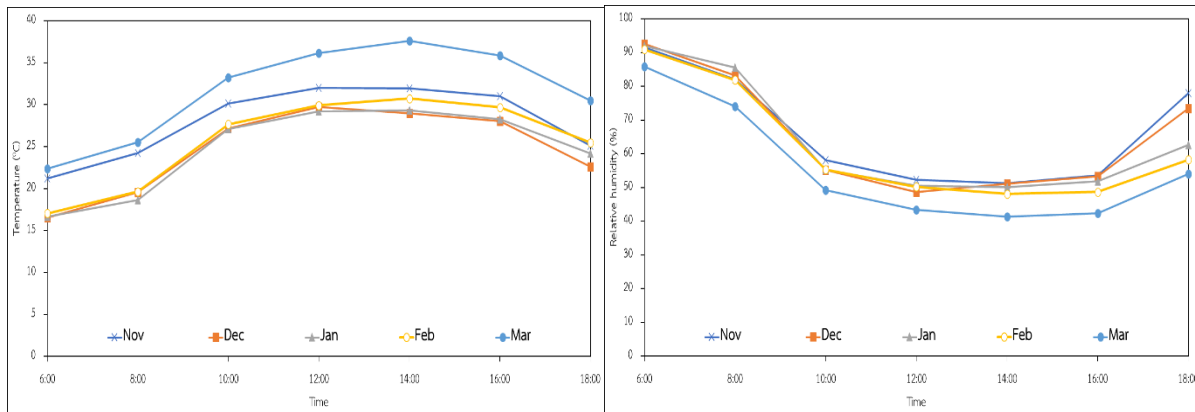


ข้อมูลเดือนมีนาคม 2565

(จ) ข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนพฤศจิกายน 2564

ถึงเดือนมีนาคม 2565

รูปที่ 4 ข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมงของอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน อุณหภูมิอากาศแวดล้อมและค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ในช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00 น. – 18.00 น. และข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนมีนาคม 2565



(ก) อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน

(ข) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือน

รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน และค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือน ในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 06.00 น. – 18.00 น. ตลอดช่วงเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนมีนาคม 2565

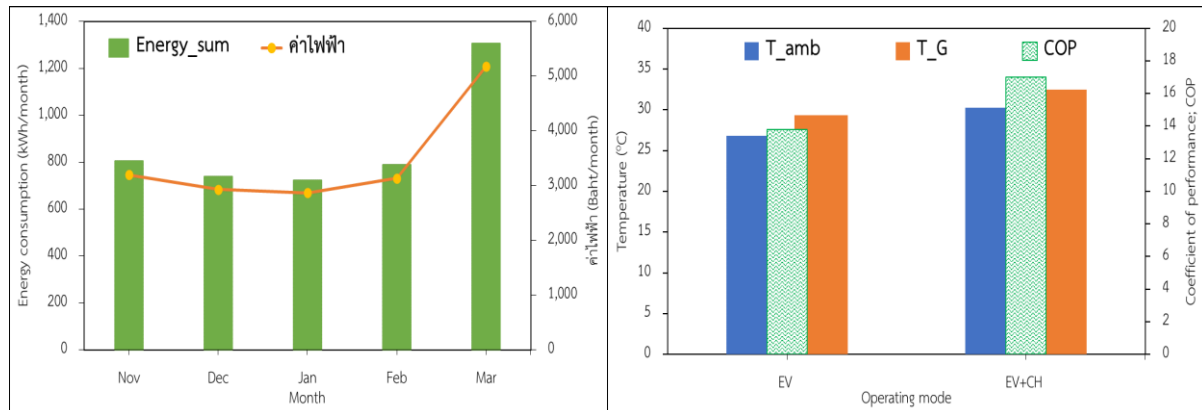
ในรูปที่ 5 (ก) แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนพบว่า ค่าเฉลี่ยในเดือนธันวาคม 2564 เดือนมกราคม 2565 และ เดือนกุมภาพันธ์ 2565 มีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีค่าที่ค่อนข้างต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนพฤศจิกายน 2564 และเดือนมีนาคม 2565 โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนมีค่าประมาณ 26–27 องศาเซลเซียส ณ เวลา 6.00 น. – 12.00 น. หลังจากนั้นช่วงเวลา 12.00 น. – 16.00 น. จะเริ่มสูงขึ้น 28–30 องศาเซลเซียส สำหรับเดือนพฤศจิกายน 2564 และ เดือนมีนาคม 2565 มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนที่มีค่าสูงกว่าเดือนอื่น ๆ เนื่องจากเป็นช่วงต้นฤดูหนาว และเริ่มเข้าสู่ฤดูร้อนตามลำดับ โดยในเดือนมีนาคม 2565 มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด ณ ช่วงเวลา 14.00 น. ประมาณ 38 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5 (ข) แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือนพบว่า ค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีลักษณะรูปแบบการเพิ่มขึ้น และลดลงในแต่ละเวลาที่คล้ายกัน ในช่วงเช้าความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าค่อนข้างสูงประมาณ 80–90 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มลดลงเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้นซึ่งจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดประมาณ 45–55 เปอร์เซ็นต์ เดือนที่มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือนที่ค่อนข้างต่ำ คือ เดือนมีนาคม 2565 สำหรับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอีก 4 เดือนที่เหลือมีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าเดือนมีนาคม 2565 ในทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ในการเก็บข้อมูลทั้ง 5 เดือน พบว่า เมื่อนำผลมาวิเคราะห์กับระดับความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่เหมาะสมของพืชโดยส่วนใหญ่ รวมทั้งสตรอว์เบอร์รี่พบว่า ต้องการค่าอยู่ที่ 70–80 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการศึกษาอาจมีบางช่วงเวลาที่ความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยเห็นได้ชัดเจนในช่วงเวลาประมาณ 10.00 น. – 16.00 น. ซึ่งอาจจะต้องหาวิธีเพิ่มความชื้นร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยและระบบทำน้ำเย็นด้วย

จากผลการศึกษาตลอดช่วงเวลาที่ทำการปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงเรือน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส อาจมีการใช้งานของระบบทำความเย็นในรูปแบบ EV+CH ซึ่งทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และต้องทำการลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนให้ได้ตามความต้องการของต้นสตรอว์เบอร์รี่มากที่สุด เนื่องจากค่าอุณหภูมิอากาศที่ต้องการต้องต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจทำให้มีปัญหาด้านการติดดอก สอดคล้องกับการศึกษาของ (กรมวิชาการเกษตร, 2565) [13] ที่ทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชในโรงเรือนระบบปิดแบบอัจฉริยะ จากการทดสอบปลูกสตรอว์เบอร์รี่นอกฤดู ซึ่งทำการศึกษาในช่วงเดือนมิถุนายน 2563 ถึง เดือนมีนาคม 2564 สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่ใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH ไม่มีความเหมาะสมต่อการออกดอก และติดผลของสตรอว์เบอร์รี่ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนสูงเกินกว่า 30 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการศึกษาของ ปรีดา นาเทเวศน์ และสิริวัฒน์ สาครวาลี, 2555 [14] ที่แสดงให้เห็นผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนที่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ว่ามีผล

ต่อการออกดอก และติดผลของสตรอว์เบอร์รี่ ทำให้จำนวนช่อดอกน้อย ช่อดอกไม่สม่ำเสมอ ติดผลน้อย ผลมีขนาดเล็ก นอกจากนี้เมื่อเวลากลางวันผลจากค่าความเข้มข้นรังสีอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นตามชั่วโมงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน มีผลมาจากผนังโรงเรือน หลังคาโรงเรือน พื้น และอากาศที่รั่วผ่านเข้ามาในโรงเรือน

จากนั้นทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็น (Energy consumption) มาใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพการใช้งานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือน และหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance; COP) ของระบบทำความเย็น ดังแสดงรูปที่ 6



(ก) พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าในระบบทำความเย็น (ข) การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ และค่า COP ในแต่ละรูปแบบการใช้งานของระบบทำความเย็น

รูปที่ 6 พลังงานไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าในระบบทำความเย็น ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนมีนาคม 2565 ที่มีการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในฤดูกลาง และการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ และค่า COP ในแต่ละรูปแบบการใช้งานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนต้นแบบ

จากรูปที่ 6 (ก) แสดงความสัมพันธ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมทั้งค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบทำความเย็น ในโรงเรือนต้นแบบพบว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็นรวมที่ใกล้เคียงกันอยู่ที่ 806 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน 739 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน 722 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และ 791 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน ตามลำดับ ซึ่งเดือนที่มีค่าสูงที่สุด คือ เดือนมีนาคม 2565 มีค่าเท่ากับ 1,306 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน เนื่องจากมีช่วงบางวันของเดือนดังกล่าว มีการเปิดใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH มากกว่าเดือนอื่น ๆ ซึ่งในตลอดช่วงระยะเวลาการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงเรือนต้นแบบมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 4,365 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อรอบเพาะปลูก คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 17,329 บาทต่อรอบเพาะปลูก

ในรูปที่ 6(ข) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance; COP) ของระบบทำความเย็นในแต่ละรูปแบบการใช้งานที่ใช้ในโรงเรือนต้นแบบ โดยจะใช้งาน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 ระบบทำความเย็นแบบระเหยทำงานเพียงระบบเดียว (Evaporative cooling system; EV) และรูปแบบที่ 2 จะทำงานโดยใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับระบบทำความเย็นแบบระบบทำน้ำเย็น (Evaporative cooling system combined with chiller system; EV+CH) โดยเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน (T_G) และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_{amb}) จากตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยเริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 6.00 น. – 18.00 น. ซึ่งข้อมูลที่ใช้การศึกษาสำหรับการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV เป็นข้อมูลของวันที่ 6 มีนาคม 2565 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม มีค่าอยู่ที่ 29 และ 27 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และสำหรับข้อมูลที่ใช้การศึกษาสำหรับการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH ซึ่งเป็นข้อมูลของวันที่ 22 มีนาคม 2565 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน และ

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม มีค่าอยู่ที่ 33 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส จึงต้องมีการเปิดใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำความเย็น และช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน โดยผลต่างของอุณหภูมิอากาศสำหรับการใช้งานระบบทำความเย็นทั้ง 2 รูปแบบ มีค่าอยู่ที่ประมาณ 2–3 องศาเซลเซียส และจากการศึกษาพบว่าค่า COP ของการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH มีค่าอยู่ที่ 17 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV ที่มีค่าอยู่ที่ 14 โดยค่าที่ได้มีความใกล้เคียงจากการศึกษาของ O. Amer, et al., 2015 [6] ที่มีศึกษาการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ (EV) โดยค่า COP ของระบบทำความเย็นที่ได้มีค่าอยู่ที่ 15–20 นอกจากนี้ในการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH ซึ่งมีการแบ่งเป็นค่า COP ของระบบทำความเย็นแบบ EV ที่มีค่าอยู่ที่ประมาณ 15.86 และค่า COP ของระบบทำความเย็นแบบ CH ที่มีค่าอยู่ที่ประมาณ 1.14 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ F.W. Yu, and K.T. Chan, 2006 [7] ที่มีการศึกษาการใช้งานเครื่องทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (CH) ที่อุณหภูมิกลั่นตัวต่ำ โดยมีค่า COP ของระบบทำความเย็นอยู่ที่ 1.8–2.6 โดยค่า COP ของระบบทำความเย็น คือ อัตราส่วนพลังงานระหว่างความสามารถในการทำความเย็นสุทธิต่อการใช้พลังงานในระบบทำความเย็น ซึ่งสามารถใช้แสดงถึงความสามารถในการทำความเย็น หรือความสามารถในการช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนต้นแบบที่ทำการศึกษา

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พลังงานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รีต้นแบบ

เพื่อการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือน โดยแบ่งกรณีศึกษาเป็น 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ปลูกสตรอว์เบอร์รีในฤดู (In season) ทำการประเมินค่าช่วงเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนมีนาคม 2565 เป็นกรณีที่มีการใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงการผลิตสตรอว์เบอร์รีโดยใช้ไหลปลูก พร้อมตั้งสมมติฐานในส่วนรายรับ โดยทำการประเมินและเปรียบเทียบเพื่อหารายได้จากผลผลิตสตรอว์เบอร์รีในโรงเรือนที่มีการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย จะมีจำนวนผลผลิตสตรอว์เบอร์รีคิดเป็นประมาณ 82.42 กรัม/ต้น [14]

สำหรับกรณีที่ 2-4 เป็นกรณีที่มีการใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในส่วนที่ 1 ร่วมกับการกำหนดเงื่อนไขและสมมติฐานเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มแนวทางในการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์พลังงานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือน โดยในกรณีที่ 2 ปลูกสตรอว์เบอร์รีในฤดูและเพิ่มรางปลูก (In season and add a bench) ทำการประเมินโดยเพิ่มรางปลูกเพิ่มเติม ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ได้แก่ วัสดุปลูก ไหลสตรอว์เบอร์รี และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มรางปลูก โดยทำการเพิ่มรางปลูกจากเดิม 16 แถว เป็น 32 แถว และในส่วนรายรับที่ได้ให้มีค่าเพิ่มขึ้น 1 เท่า จากกรณีที่ 1 สำหรับการวิเคราะห์ในกรณีที่ 3 เพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี (Two crops/year) ทำการประเมินโดยเพิ่มรอบการเพาะปลูกต่อปีจากเดิมที่มีการปลูกในฤดู ได้เพิ่มการปลูกนอกฤดู มีการกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมในส่วนค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือน โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าในฤดูให้มีค่าสอดคล้องตามกรณีที่ 1 สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้านอกฤดู ทำการตั้งสมมติฐานให้คิดค่าการใช้พลังงานจากรูปแบบการทำงานของระบบทำความเย็นแบบระเหย (EV) ร่วมกับระบบทำน้ำเย็น (CH) เนื่องจากช่วงเดือนที่ทำการเพาะปลูกนอกฤดู คือ ช่วงเดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม (กรมวิชาการเกษตร, 2565) [13] อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนโดยเฉลี่ยมีค่าที่ค่อนข้างสูงกว่าช่วงเวลาการเพาะปลูกในฤดู ซึ่งจากการประเมินพลังงานไฟฟ้า จากการศึกษาของ T. Janchoke, and S. Mongkon, 2023 [16] พบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าส่วนที่ใช้ EV ร่วมกับ CH มีค่าอยู่ที่ประมาณ 187 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ในส่วนค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม คือ วัสดุปลูก และสำหรับรายรับที่ได้ในฤดูให้มีค่าสอดคล้องตามกรณีที่ 1 ส่วนนอกฤดูทำการประเมิน และเปรียบเทียบจาก (กรมวิชาการเกษตร, 2565) [13] การทดสอบปลูกสตรอว์เบอร์รีนอกฤดูในสภาพโรงเรือนระบบปิดที่มีการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย และระบบทำน้ำเย็น ซึ่งมีจำนวนผลผลิตสตรอว์เบอร์รีคิดเป็นประมาณ 68.8 กรัม/ต้น [13]

ในกรณีที่ 4 เพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รีและเพิ่มรางปลูก (Two crops/year and add a bench) ทำการประเมินโดยเพิ่มรอบการเพาะปลูกต่อปี และเพิ่มรางปลูก มีการกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมเป็นช่วงการผลิตสตรอว์เบอร์รีในส่วนค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม คือ วัสดุปลูกเพิ่มเป็น 2 เท่าจากกรณีที่ 2 และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มรางปลูกให้มีค่าสอดคล้องตามกรณีที่ 2 ในส่วนค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนให้มีค่าสอดคล้องตามกรณีที่ 3 และสำหรับรายรับที่ได้จากผลผลิตสตรอว์เบอร์รี ประเมินได้จากผลรวมของรายรับที่ได้ในฤดู โดยให้มีค่าสอดคล้องตามกรณีที่ 2 และที่ได้นอกฤดูให้มีค่าเพิ่มเป็น 2 เท่า จากกรณีที่ 3

ในการพิจารณาต้นทุนสำหรับการปลูกพืชสตรอว์เบอร์รีในโรงเรือน แบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย รายจ่าย รายรับ และต้นทุนการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รีในแต่ละกรณี แสดงตามตารางที่ 1-2 โดยแบ่งการวิเคราะห์ตามกรณีที่ทำการประเมินทั้งหมด 4 กรณี

ตารางที่ 1 รายจ่ายและรายรับการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รีในแต่ละกรณี

รายละเอียด	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี)	4,365	4,365	32,415	32,415
ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม (บาทต่อปี)	17,329	17,329	128,687	128,687
ราคาไฮโดรสตรอว์เบอร์รี (บาท/ตัน)	6	6	6	6
จำนวนไฮลรวม (ตัน)	2,590	5,180	5,180	10,360
ค่าไฮลสตรอว์เบอร์รีรวม (บาทต่อปี)	15,540	31,080	31,080	62,160
ค่าวัสดุปลูก ¹ (บาทต่อปี)	15,546	31,092	31,092	62,184
ค่าน้ำ และปุ๋ย (บาทต่อปี)	31,286	64,372	65,792	131,585
รายจ่ายในการดำเนินงานรวม (บาทต่อปี)	79,701	142,073	256,653	384,618
ค่าอุปกรณ์รางปลูก ² (บาท)	-	64,256	-	64,256
ค่าระบบทำความเย็นรวม ³ (บาท)	428,900	428,900	428,900	428,900
รายจ่ายในการลงทุนรวม (บาท)	428,900	493,156	428,900	493,156
รวมรายจ่ายทั้งหมด (บาท)	508,601	635,229	685,553	877,774
ผลผลิตเฉลี่ยรวม (กิโลกรัม)	213.50	427	391	783
ราคาสตรอว์เบอร์รีในฤดู ⁴ (บาทต่อกิโลกรัม)	120	120	120	120
ราคาสตรอว์เบอร์รีนอกฤดู ⁴ (บาทต่อกิโลกรัม)	-	-	400	400
รวมรายรับทั้งหมด (บาทต่อปี)	25,620	51,240	96,900	193,800

หมายเหตุ: ¹วัสดุปลูก ประกอบด้วย (ขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ และแกลบดำ),

²อุปกรณ์รางปลูก ประกอบด้วย (พลาสติกดำ ผ้าปูน ท่อหยดน้ำ ท่อเหล็กกลม และข้อต่อ),

³ระบบทำความเย็น คือ ระบบทำความเย็นแบบระเหย และระบบทำน้ำเย็นที่มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ,

⁴ราคาผลผลิตสตรอว์เบอร์รีใน และนอกฤดู คือ 120 และ 400 บาทต่อกิโลกรัม [13],

ค่าไฟฟ้า 3.97 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง [17], ค่าน้ำดิบ 5 บาทต่อหน่วย [18]

ตารางที่ 2 ต้นทุนการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในแต่ละกรณี

รายละเอียด	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
ต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย (บาท)	508,601	635,229	685,553	877,774
ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาทต่อกิโลกรัม)	2,382	1,487	1,750	1,120
SEC (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)	20.45	10.22	82.75	41.37
เป็นเงิน (บาทต่อกิโลกรัม)	81	40	328	164

หมายเหตุ: Specific Energy Consumption (SEC) คือการประเมินค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อการผลิต ในหน่วยของกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม

จากตารางที่ 1 รายจ่าย และรายรับการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในแต่ละกรณี โดยมีการตั้งสมมติฐานเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละกรณี โดยการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ในกรณีที่ 1 ปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในฤดู และกรณีที่ 2 ปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในฤดูและเพิ่มรางปลูก กำหนดให้มีการตั้งสมมติฐานเพิ่มเติมให้มีการออกแบบรางปลูกในกรณีที่ 2 เพื่อให้พืชสามารถรักษาอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือน รวมทั้งค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชไว้ได้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับในกรณีที่ 1 รวมทั้งการใช้พลังงานในระบบทำความเย็นมีการกำหนดให้ทั้ง 2 กรณีทำการเพาะปลูกในช่วงเดือนเดียวกัน คือ การปลูกในฤดูเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ ซึ่งมีการเลือกใช้รูปแบบการใช้งานของระบบทำความเย็นในรูปแบบเดียวกัน ส่งผลให้มีการใช้พลังงานที่เท่ากัน ซึ่งเป็นการกำหนดให้ปัจจัยที่กล่าวไว้ข้างต้นไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ สำหรับการเพิ่มจำนวนไหลสตรอว์เบอร์รี่ที่ใช้ในการเพาะปลูกในกรณีที่ 2 เนื่องจากมีการเพิ่มรางปลูกเป็นการกำหนดให้ในกรณีที่ 2 มีปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น 1 เท่าจากกรณีที่ 1

จากตารางที่ 2 แสดงต้นทุนการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในแต่ละกรณี โดยค่าต้นทุนต่อกิโลกรัม ซึ่งวิเคราะห์จากผลรวมของรายจ่ายทั้งหมดที่ได้จากการดำเนินงาน และการลงทุนในการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ ต่อ น้ำหนักของผลผลิตสตรอว์เบอร์รี่ที่ได้พบว่า ค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมในกรณีที่ต่ำที่สุด คือ กรณีที่ 4 เพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่และเพิ่มรางปลูก เท่ากับ 1,120 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้มีความเหมาะสมในการลงทุนมากที่สุด เนื่องจากเป็นกรณีที่ต้นทุนการเพาะปลูก ต่อผลผลิตที่ได้มีค่าต่ำที่สุด และถึงแม้จะเป็นกรณีที่ต้นทุนการผลิตที่สูง แต่เมื่อคำนึงถึงผลผลิตที่ได้ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตให้ได้ในปริมาณที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอื่น ๆ และเมื่อผลผลิตที่ได้มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้จำนวนรายรับที่ได้เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ลำดับถัดมาได้แก่ กรณีที่ 2 กรณีที่ 3 โดยมีค่า 1,487 บาทต่อกิโลกรัม และ 1,750 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับกรณีที่ 1 มีต้นทุนสูงที่สุดเท่ากับ 2,382 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงเป็น 2 เท่าของกรณีที่ 4 เนื่องจากการวิเคราะห์ในรอบ 1 ปีที่ทำการเพาะปลูก โดยปริมาณผลผลิตที่ได้ในกรณีที่ 1 มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ 4 ประมาณ 4 เท่า เนื่องจากกรณีที่ 4 มีการเพิ่มรอบการเพาะปลูกเป็น 2 รอบต่อปี ในขณะที่กรณีที่ 1 ให้ผลผลิตเพียงแค่ 1 รอบต่อปี รวมทั้งในกรณีที่ 4 มีการเพิ่มพื้นที่ในการเพาะปลูกโดยการเพิ่มรางปลูกในโรงเรือน ทำให้ผลผลิตที่ได้มีเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้เป็นการเพิ่มจำนวนเงินที่ได้เนื่องจากราคาผลผลิตในช่วงนอกฤดูมีค่าที่สูงกว่าในฤดู ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนที่มาจากการลงทุนในส่วนของการทำความเย็น ซึ่งเป็นการลงทุนที่มีมูลค่าที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการเพิ่มผลผลิต และเพิ่มรายรับที่ได้ จึงจะสามารถลดระยะเวลาคืนทุนได้สั้นที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์ดังกล่าวส่งผลให้กรณีที่ 1 อาจไม่เหมาะสมต่อการลงทุนมาก ในกรณีการปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงเรือนที่มีการใช้ระบบทำความเย็นที่ทำการศึกษา ในส่วนการวิเคราะห์ค่า Specific Energy Consumption (SEC) คือการประเมินค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อการผลิต ซึ่งจากกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่ทำการเพาะปลูก 1 รอบต่อปี ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) ที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 3 และ กรณีที่ 4 ที่ทำการเพาะปลูก 2 รอบต่อปี ซึ่งการเพิ่มจำนวนรอบที่ทำการเพาะปลูกใน 1 ปี มีผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพาะปลูกในช่วงนอกฤดูจำเป็นต้องมีการเปิดใช้งานระบบทำความเย็นแบบรวมกัน (EV+CH) เมื่อเปรียบเทียบกับทำการเพาะปลูกในฤดูที่มีการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยเพียงอย่างเดียว (EV) ส่งผลให้การใช้

พลังงานไฟฟ้าในช่วงนอกฤดูการเพาะปลูกมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มการใช้งานของระบบทำน้ำเย็น ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการเปิดใช้งานระบบทำความเย็นแบบรวมกัน EV+CH มีค่ามากกว่าประมาณ 4 เท่าสำหรับการเปิดใช้งานระบบทำความเย็นแบบระเหยเพียงอย่างเดียว EV ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่า SEC ในกรณีที่ต่ำที่สุด และสูงที่สุด ได้แก่ กรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 มีค่าอยู่ที่ 10.22 และ 82.75 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

หลังการวิเคราะห์ต้นทุนสำหรับการปลูกพืชสตรอว์เบอร์รี่ในโรงเรือนที่มีการใช้ระบบทำความเย็น นำผลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานของระบบทำความเย็น ซึ่งประกอบด้วย ระยะเวลาคืนทุน (Payback period; PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value; NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return; IRR) โดยแบ่งตามกรณีทำการประเมินทั้งหมด 4 กรณี ผลแสดงตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานของการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในแต่ละกรณี

กรณี	PB	NPV (บาท)	IRR (เปอร์เซ็นต์)
กรณีที่ 1 ปลูกในฤดู	19 ปี 10 เดือน	-272,280	-4.11
กรณีที่ 2 ปลูกในฤดู และเพิ่มรางปลูก	12 ปี 5 เดือน	-162,587	2.49
กรณีที่ 3 เพิ่มรอบการปลูก	7 ปี 1 เดือน	208,261	11.28
กรณีที่ 4 เพิ่มรอบการปลูก และเพิ่มรางปลูก	4 ปี 6 เดือน	909,854	20.78

หมายเหตุ: ดอกเบี้ยเท่ากับ 6.8 เปอร์เซ็นต์ [19], อายุโครงการเท่ากับ 15 ปี (คิดตามอายุการใช้งานเครื่องซิลเลอร์) [20]

ในการประเมินต้นทุนด้านพลังงานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือน ซึ่งพลังงานไฟฟ้ารวมในกรณีที่ 1 ปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในฤดู และกรณีที่ 2 ปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในฤดูและเพิ่มรางปลูก มีค่าเท่ากับอยู่ที่ 4,365 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ส่วนในกรณีที่ 3 เพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ (2 crops/year) และกรณีที่ 4 เพิ่มรอบเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่และเพิ่มรางปลูก มีค่าเท่ากับอยู่ที่ 32,415 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ตามลำดับ หลังจากนั้นวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์พลังงานของระบบทำความเย็นในการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในแต่ละกรณี เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่า กรณีที่ 4 เพิ่มรอบการปลูกและเพิ่มรางปลูก มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงเรือนต้นแบบมากที่สุด เนื่องจากมีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือ NPV เท่ากับ 909,854 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่า โครงการนี้เหมาะสมในการลงทุน ควรเลือกสำหรับลงทุนในอนาคต นอกจากนี้กรณีที่ 4 ยังมีค่า IRR เท่ากับ 20.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ประเมิน โดยในงานวิจัยนี้กำหนดค่าอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 6.8 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นถึงการที่โครงการนั้นเหมาะสมในการลงทุน นอกจากนั้นจากการประเมินพบว่า มีระยะเวลาคืนทุน (PB) มีค่า 4 ปี 6 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นที่สุดที่สามารถคืนทุนหรือได้เงินที่ลงทุนไปกลับคืนมาในระยะเวลาสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอื่น ๆ กรณีที่ 4 จึงเป็นกรณีที่นำลงทุนมากที่สุดสำหรับในกรณีอื่น ๆ พบว่า มีกรณีที่ 3 อีกกรณีที่ให้ค่า NPV เป็นบวก และมีค่า IRR มากกว่าอัตราดอกเบี้ย ซึ่งเป็นอีกทางเลือกที่น่าลงทุนแต่มีระยะเวลาคืนทุนนานขึ้นมากกว่ากรณีที่ 4 ประมาณ 3 ปี สำหรับกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ให้ค่า NPV ติดลบซึ่งหมายความว่าโครงการไม่น่าลงทุน และมีค่า IRR น้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ประเมิน

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพการใช้งานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนปลูกสตรอว์เบอร์รี่ต้นแบบรวมทั้งวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พลังงาน โดยเริ่มตั้งแต่ระยะเพาะปลูกโดยใช้โหลจนถึงช่วงเวลาเก็บผลผลิต ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนมีนาคม 2565 พบว่า ค่าความเข้มข้นรังสีอาทิตย์ (I_T) ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา ในช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00 น. – 18.00 น. มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของวันอยู่ที่ระหว่าง 600–700 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนสำหรับการปลูกสตรอว์เบอร์รี่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 26–32 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละ

ละเดือน แต่ช่วงกลางฤดูเพาะปลูกเช่นในเดือนธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือนที่ใกล้เคียงกัน ทำให้การทำความเย็นในโรงเรือนใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย (EV) เป็นหลัก สำหรับช่วงเดือนมีนาคม 2565 อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนมีค่าที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่นๆ ที่ทำการศึกษา จึงมีบางวันที่ทำการเปิดการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH เพื่อช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนและพบว่า ทำให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนลดลงโดยมีค่าตั้งแต่ 22-38 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการใช้ระบบทำความเย็นแบบ EV+CH ยังไม่สามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนได้ตามความต้องการได้ทุกช่วงเวลาให้ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิอากาศที่เหมาะสม สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็นในตลอดช่วงระยะเวลาการเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงเรือนต้นแบบ มีค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบทำความเย็นรวมทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 17,329 บาทต่อรอบการเพาะปลูก สำหรับค่า COP ของระบบทำความเย็นในแต่ละรูปแบบการใช้งานพบว่าค่า COP ของการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV+CH มีค่าอยู่ที่ 17 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้งานระบบทำความเย็นแบบ EV ที่มีค่าอยู่ที่ 14 สำหรับการประเมินต้นทุนด้านพลังงานของระบบทำความเย็นที่ใช้ในโรงเรือนพบว่า กรณีที่ 4 มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงเรือนต้นแบบ เนื่องจากมีค่า NPV เป็นบวกและสูงกว่ากรณีอื่น ๆ นอกจากนี้มีค่า IRR สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยที่กำหนด แสดงให้เห็นว่ามีความเหมาะสมในการลงทุนมากที่สุด

6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้สนใจศึกษาต่อควรมีการศึกษาความสามารถของระบบทำความเย็นที่มีความเหมาะสมกับขนาดของโรงเรือนที่มีขนาดใหญ่ที่ใช้เพาะปลูกเชิงพาณิชย์ พร้อมทั้งศึกษารูปแบบการกระจายตัวของอากาศในโรงเรือนเนื่องจากมีแหล่งผลิตอากาศเย็นสองแหล่งทั้งระบบทำความเย็นแบบระเหย และจากตัวส่งลมเย็นของระบบทำน้ำเย็น

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการสนับสนุนทุนในการศึกษา “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา” ประจำปีการศึกษา 2563 ขอขอบคุณสำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการสนับสนุน “ทุนนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา” ในโครงการทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีการศึกษา 2563 และขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) สำหรับทุนอุดหนุนการทำการวิจัยส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย “โครงการทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)” ประจำปี 2565 รวมทั้งขอขอบคุณหน่วยวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (SEEU) ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในทุกด้าน

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] นาโชค บุญมี, พัฒนา สุขประเสริฐ, สุวิสา พัฒนเกียรติ และ ศิรส ทองเชื้อ, “ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการปลูกสตรอว์เบอร์รี่อย่างยั่งยืนของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่”, *Journal of Agriculture, CMU*, 37(3), 2564, pp. 327–336.
- [2] ชัยวัฒน์ ยิ้มช้าง. (2566, มิถุนายน. 18). ระบบการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative cooling), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/25459/21632>
- [3] ภาณุวิชญ์ พุทธิรักษา และ สุลักษณ์ มงคล. “การเพิ่มศักยภาพการทำความเย็นบริเวณทรงพุ่มสตรอว์เบอร์รี่โดยการทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับการบังคับทิศทางอากาศใต้รางปลูกและท่อน้ำเย็น”. *The 13th International Conference on Ecomaterials 2017 (ICEM13)*. pp. 152-158. 2560.

- [4] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2566, มิถุนายน. 12). ภูมิอากาศจังหวัดเชียงใหม่, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://climate.tmd.go.th/data/province/เหนือ/ภูมิอากาศเชียงใหม่.pdf>
- [5] P. W. Sunu, D. A. Simon, I. M. Rasta, Y. B. Lukiyanto, I. D. M. Susila, and I. K. Suarsana, "Effect of Various Superheat Condition on Working Condition of Air Cooled Chiller". *International Conference on Applied Science and Technology (iCAST)*. 2018.
- [6] O. Amer, R. Boukhanouf, and H. G. Ibrahim, "A Review of Evaporative Cooling Technologies", *International Journal of Environmental Science and Development*, 6(2), 2015, pp. 111-117.
- [7] F.W. Yu, and K.T. Chan, "Tune up of the set point of condensing temperature for more energy efficient air cooled chillers", *Energy Conversion and Management*, 47, 2006, pp. 2499-2514.
- [8] X. Xie, and Y. Jiang, "Comparison of Two Kinds of Indirect Evaporative Cooling System : To Produce Cold Water and To Produce Cooling Air", *Procedia Engineering*, 121, 2015, pp. 881-890.
- [9] K.T. Chan, and F.W. Yu, "Applying condensing-temperature control in air-cooled reciprocating water chillers for energy efficiency", *Applied Energy*, 72, 2002, pp. 565-581.
- [10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2566, มิถุนายน. 24). ระบบปรับอากาศ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Fac/Fac_15.pdf
- [11] สราวุธ พลวงษ์ศรี, *Air Conditioning System*, RE 423 Energy Conservation and Management in Building and Factory, เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2562.
- [12] สราวุธ พลวงษ์ศรี, *Assessment of economic value*, RE 421 Economics and Energy Business Planning, เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2562.
- [13] กรมวิชาการเกษตร, วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชในโรงเรือนระบบปิดแบบอัจฉริยะ [รายงานผลวิจัยเรื่อง เต็ม], 2565.
- [14] ปรีดา นาเทเวศน์ และ สิริวัฒน์ สาครวาสี, การพัฒนาระบบการระบายความร้อนวัสดุปลูกเพื่อการผลิต สตรอว์เบอร์รีนอกฤดู [รายงานผลการวิจัย], เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2555.
- [15] Weather Spark. (2566, มิถุนายน. 10). ภูมิอากาศและสภาพอากาศเฉลี่ยตลอดปีที่ท่าอากาศยานนานาชาติ เชียงใหม่, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://th.weatherspark.com/y/149062/สภาพอากาศโดยเฉลี่ย-ที่-ท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่-ไทย-ตลอดปี>
- [16] T. Janchoke, and S. Mongkon. "Performance Study of an Evaporative Cooling System Combined with a Chiller System for a Strawberry Greenhouse". *The 17th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC 2023)*. pp. 135-140. 2023.
- [17] สุรเดช คิดการงาน. การใช้พลังงานไฟฟ้าตามหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้ามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำเดือนธันวาคม 2564. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: งานจัดการพลังงาน, 2564.
- [18] มหาวิทยาลัยแม่โจ้. อัตราการเรียกเก็บเงินรายได้ผลประโยชน์จากการใช้กระแสไฟฟ้า น้ำดิบ และน้ำประปาของหน่วยงานที่ใช้พื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2564.
- [19] ธนาคารกรุงไทย. (2566, กรกฎาคม. 17). The Chiller Life Cycle, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://krungthai.com/th/rates/viewdetail/4>
- [20] Air cooled chillers. (2023, June. 23). The Chiller Life Cycle, [Online] Available: <https://www.johnsoncontrols.com/campaigns/chiller-life-cycle>

การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์

STUDYING SATISFACTION WITH THE USE OF VIRTUAL CLASSROOMS IN TERMS OF COMPUTER HARDWARE

วุฒิชัย เกษพานิช¹ วณิดา เหลืองมณี¹ รังสรรค์ บุญเพชร¹ ประสงค์ศักดิ์ สองศรี²
สุทธิลักษณ์ ชุนประวดี^{1*}

Vutichai Kespanich¹, Wanida Lueangmanee¹, Rungsan Boonphet¹, Prasongsuk Songsree²,
Suttilug Choonprawat¹

¹สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

²สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

*Corresponding author E-mail: suttilugc@siamtechno.ac.th

Received: December 25, 2023

Revise: July 27, 2023

Accepted: November 30, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ และหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1/2566 ที่ลงทะเบียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในด้านการใช้งานห้องเรียนเสมือนจริง ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.85 คิดเป็นร้อยละ 77

คำสำคัญ: ห้องเรียนเสมือนจริง, คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์

Abstract

This experimental research aimed to create a virtual classroom environment focusing on computer hardware and assess the satisfaction of first-year undergraduate students majoring in Information Science and Computer during the first semester of 2566 academic year. The sample group comprised 30 students. The research utilized a virtual classroom and computer hardware simulation as tools. The findings revealed that students learning in the virtual classroom environment for computer hardware expressed a high level of satisfaction, with an average score of 3.85, equivalent to 77%.

Keywords: Virtual Classroom, Computer Hardware

1. บทนำ

ในปัจจุบันการเรียนผ่านทางระบบออนไลน์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากสถานการณ์แพร่กระจายโรคระบาด Covid-19 จึงทำให้สถานศึกษาต่าง ๆ ต้องปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน [1] โดยในปีการศึกษา 2566 การแพร่กระจายของโรคระบาดดังกล่าวได้เบาบางลง แต่ยังไม่หมดไป ดังนั้นการเรียนการสอนในรูปแบบ

ออนไลน์ยังมีความจำเป็นต่อการเรียนการสอนในปัจจุบันอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีที่เรียกว่า จักรวาลนิมิต เมตาเวิร์ส ซึ่งเป็นพื้นที่เสมือนที่ผู้คนสามารถเข้าไปมีปฏิสัมพันธ์ ใช้ชีวิตในโลกเสมือนจริง [2] พบเจอกับผู้ใช้คนอื่น ๆ คล้ายจำลองการมีปฏิสัมพันธ์ในโลกความจริงมาไว้ในโลกเสมือน ดังนั้นเทคโนโลยีจักรวาลนิมิต (Metaverse) จึงเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจในปัจจุบัน ที่จะช่วยให้ผู้เรียนข้ามข้อจำกัดการเรียนรู้ในโลกความเป็นจริงและสามารถยกระดับการเรียนการสอนได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์หลายแบบที่โลกความเป็นจริงอาจหาไปไม่ได้ หรือไม่ทั่วถึง

ในปัจจุบัน ผู้เรียนที่เรียนในสาขาวิชาอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์โดยตรง จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่องคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เนื่องจากปัจจุบันทุกหน่วยงานมีความจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานในการทำงานทั้งการเรียนและการทำงานด้านอื่นๆ ดังนั้นผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ [3] โดยเฉพาะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เบื้องต้น ซึ่งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์มีราคาค่อนข้างสูง ไม่สามารถถอดอุปกรณ์ต่างๆ มาศึกษาได้ ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีห้องเรียนเสมือนเข้ามาช่วยในการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนรู้จักลักษณะของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แต่ละชนิดจะสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพตามความต้องการ

จากปัญหาและความเป็นมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์มาใช้ประโยชน์เพื่อแก้ปัญหาในการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหา ลักษณะของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และทบทวนได้ด้วยตนเองตลอดเวลาที่ต้องการ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อสร้างห้องเรียนเสมือนจริง เรื่อง คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์
- 2.2 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยห้องเรียนเสมือนจริง เรื่อง คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์

3. ประโยชน์ของการวิจัย

- 3.1 เปิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านทางออนไลน์รูปแบบใหม่
- 3.2 ช่วยฝึกทักษะทางด้านเทคโนโลยีในการเข้าถึงของทั้งผู้สอนและผู้เรียน
- 3.3 ช่วยให้ผู้เรียนที่ไม่มีโอกาสได้เข้าถึงได้ทราบถึงลักษณะของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์
- 3.4 ดึงดูดผู้เรียนให้สนใจในการเรียนมากขึ้น

4. ขอบเขตของงานวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

- 4.1 สร้างห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ด้านเนื้อหาประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ (hardware) Input เช่น Mouse (เมาส์), Keyboard (คีย์บอร์ด หรือ แป้นพิมพ์), Microphone (ไมโครโฟน) เป็นต้น Process เช่น CPU (ซีพียู), ROM RAM, เมนบอร์ด (Mainboard, mother board), Power supply (พาวเวอร์ซัพพลาย), Output เช่น Printer (เครื่องพิมพ์) Monitor (จอภาพ) Speaker (ลำโพง) Headphone (หูฟัง) เป็นต้น [4]

ด้านเทคนิค นำเสนอโดยใช้ Spatial Metaverse ที่เป็นแพลตฟอร์มสร้างโลกเสมือนจริง หรือ Metaverse [5] โดยนำเอาเทคโนโลยี Spatial VR (Virtual reality) มาสร้างเป็นเทมเพลตโลกเสมือนจริงสำเร็จรูป และเปิดให้ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาสร้าง Avatar ในรูปแบบ 3D models เพื่อเข้าไปใช้งานในโลกเสมือนเหล่านั้นได้ ไม่ว่าจะเป็นการเดินเยี่ยมชม, พูดคุย และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ไปจนถึงการ Video call กันภายในห้อง [6]

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 สาขาวิชา รวม 60 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

4.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลองเรียนด้วย ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

4.3.1 ตัวแปรอิสระ คือ วิธีการเรียนการสอนด้วย ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์

4.3.2 ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของผู้เรียนด้วยห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์

4.3.3 ระยะเวลาการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคเรียนที่ 1/2566 ที่ลงทะเบียนเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ จำนวน 60 คน

กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคเรียนที่ 1/2566 ที่ลงทะเบียนเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 ผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง

5.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนาคำถามนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.2.1 ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ มีขั้นตอนดังนี้

ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหาของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ โดยศึกษาจากคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ทั่วไป กลุ่มเป้าหมาย จำนวนหน่วยกิต จำนวนชั่วโมงเรียน และพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน

5.2.2 แบบสอบถามความพึงพอใจ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย วิเคราะห์คุณภาพและผลคุณภาพเครื่องมือ

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เป็นการประเมินผลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวม โดยได้ทำการแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านประชากรของผู้เรียน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษาซึ่งเป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกเพียงคำตอบเดียว

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินเกี่ยวกับด้านการออกแบบห้องเรียนเสมือนจริงซึ่งเป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกเพียงคำตอบเดียว

ตอนที่ 3 เป็นแบบประเมินเกี่ยวกับด้านเนื้อหาของห้องเรียนเสมือนจริงซึ่งเป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกเพียงคำตอบเดียว

ตอนที่ 4 เป็นแบบประเมินเกี่ยวกับด้านการตกแต่งของห้องเรียนเสมือนจริงซึ่งเป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกเพียงคำตอบเดียว

ตอนที่ 5 เป็นแบบประเมินเกี่ยวกับด้านการใช้งานของห้องเรียนเสมือนจริงซึ่งเป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบ แบบสอบถามเลือกเพียงคำตอบเดียว

โดยตอนที่ 2 ถึงตอนที่ 5 เป็นการใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินซึ่งมีลักษณะ 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

5 หมายถึง ดีมาก, 4 หมายถึง ดี, 3 หมายถึง ปานกลาง, 2 หมายถึง น้อย, 1 หมายถึง น้อยที่สุด

การแปลผลของข้อมูลพิจารณาจากระดับคะแนนเฉลี่ย (Mean) ของช่วงระดับคะแนนโดยเกณฑ์ในการแปลผล ข้อมูลดังนี้ [7]

ค่าเฉลี่ย 4.00 – 5.00 หมายถึง ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.00 – 3.99 หมายถึง ดี

ค่าเฉลี่ย 2.00 – 2.99 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.99 หมายถึง น้อย

ค่าเฉลี่ย 0.50 – 0.99 หมายถึง น้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา และความถูกต้องทางภาษา ของแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน นำคำตอบของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่า IOC พบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่าเกิน 0.6 ขึ้นไป มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .95

6. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมฐานข้อมูล

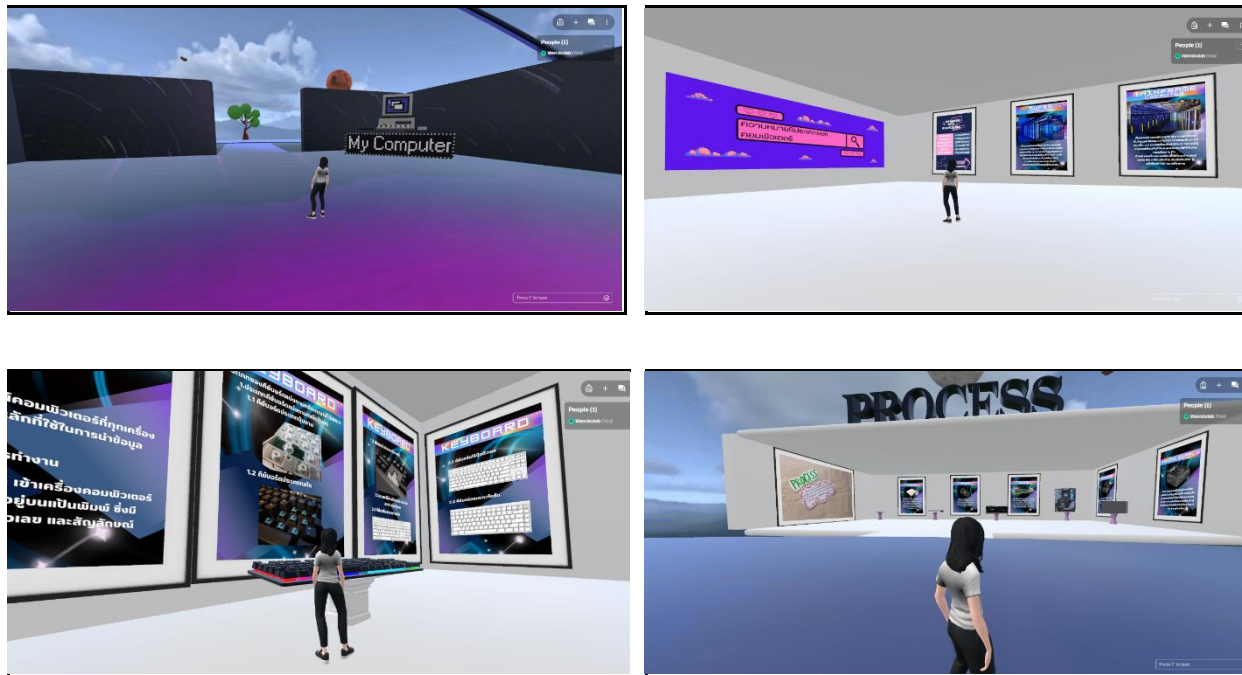
ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้เรียนด้วยห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

การทดลองด้วย ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยอาจารย์ผู้สอนประจำวิชาเป็นผู้ควบคุมกลุ่มตัวอย่างและผู้วิจัยเป็นผู้ช่วยในการควบคุม โดยอาจารย์ผู้สอนจะกำหนดเวลาในการทดลองช่วงทุกวันอังคารเวลา 14.30–17.30 น. และชั่วโมงแรกมีการอธิบายถึงการใช้บทเรียนอย่างละเอียดก่อนทำการเรียนและมีโอกาสให้นักศึกษาได้ ถามถึงความเข้าใจในวิธีการใช้ จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงดำเนินการเรียนด้วยตัวเองโดยผู้วิจัยเป็นผู้คอยควบคุมและให้คำแนะนำ ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนไปตามความสามารถของแต่ละบุคคล เวลาที่ใช้ในการศึกษา ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ จะใช้เวลาครั้งละ 3 คาบและเรียนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษา ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ทั้งหมด 12 ชั่วโมง จากนั้นผู้วิจัยนำผลการทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ได้จากผู้เรียนที่เรียนแล้วมาคิดหาค่าเฉลี่ยร้อยละ

7. ผลของการวิจัย

ผลการวิจัยเป็นลำดับดังนี้

7.1 ผลการพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์



รูปที่ 1 แสดงหน้าจอของห้องเรียนเสมือนจริง

จากรูปที่ 1 แสดงห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซึ่งประกอบไปด้วย ห้องแสดงเนื้อหาที่เป็นโปสเตอร์ คลิปวิดีโอ รวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็น 3D เช่น RAM Keyboard โดยแบ่งเป็นห้อง Input Process Output เป็นต้น

ผลการทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วย ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ จากการประเมินคุณภาพการใช้งานและความพึงพอใจ มีทั้งหมด 4 ด้าน ด้านละ 5 หัวข้อ รวม 20 ข้อ โดยได้ทดลองกับผู้เรียน มีผู้ทำแบบประเมิน 30 คน เพศหญิง 21 คน เพศชาย 9 คน

ตารางที่ 1 การประเมินด้านการออกแบบ

หัวข้อการประเมินด้านการออกแบบ	ค่าเฉลี่ยระดับ	ร้อยละ	ผลลัพธ์
1. การออกแบบห้องเรียนเสมือนจริงมีความสวยงาม	3.74	74.8	ระดับดี
2. การจัดวางรูปแบบมีความเหมาะสมกับสื่อการเรียน	3.83	76.6	ระดับดี
3. การจัดวางเค้าโครงที่เหมาะสมกับสื่อการเรียน	3.96	79.2	ระดับดี
4. การออกแบบรูปภาพสอดคล้องกับสื่อการเรียน	3.90	78	ระดับดี
5. ง่ายต่อการใช้งาน	3.96	79.2	ระดับดี
รวม	3.88	77.6	ระดับดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในการออกแบบห้องเรียนเสมือนจริง ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.88 คิดเป็นร้อยละ 77.6

ตารางที่ 2 การประเมินด้านเนื้อหา

หัวข้อการประเมินด้านเนื้อหา	ค่าเฉลี่ยระดับ	ร้อยละ	ผลลัพธ์
1. ตัวอักษรในสื่อการเรียนฯ ชัดเจน อ่านง่าย	3.83	76.6	ระดับดี
2. รายละเอียดเนื้อหาในสื่อการเรียนฯ ไม่ซับซ้อน	4	80	ระดับดี
3. เนื้อหาที่ใช้ในสื่อการเรียนฯ มีความน่าสนใจ	3.77	75.4	ระดับดี
4. เนื้อหาสื่อการเรียนฯ ตรงกับความต้องการของ ผู้เรียน	4	80	ระดับดี
5. บทเรียนในสื่อการเรียนฯ ออกแบบใช้งานง่าย	3.93	78.6	ระดับดี
รวม	3.90	78	ระดับดี

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในด้านเนื้อหาภายในห้องเรียนเสมือนจริง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.90 คิดเป็นร้อยละ 78

ตารางที่ 3 การประเมินด้านการตกแต่ง

หัวข้อการประเมินด้านการตกแต่ง	ค่าเฉลี่ยระดับ	ร้อยละ	ผลลัพธ์
1. ภาพประกอบในสื่อการเรียนฯ มีความชัดเจน	3.80	76	ระดับดี
2. ภาพประกอบในสื่อสอดคล้องกับสื่อการเรียนฯ	4	80	ระดับดี
3. รูปแบบตัวอักษรในสื่อการเรียนฯ อ่านเข้าใจง่าย	3.90	78	ระดับดี
4. การใช้สีในสื่อการเรียนฯ มีความเหมาะสม	4	80	ระดับดี
5. มีความคิดสร้างสรรค์ด้านการตกแต่งสื่อการ เรียนฯ	3.90	78	ระดับดี
รวม	3.92	78.4	ระดับดี

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในด้านการตกแต่งห้องเรียนเสมือนจริง ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.92 คิดเป็นร้อยละ 78.4

ตารางที่ 4 การประเมินด้านการใช้งาน

หัวข้อการประเมินด้านการใช้งาน	ค่าเฉลี่ยระดับ	ร้อยละ	ผลลัพธ์
1. สื่อการเรียนฯ มีความเหมาะสมกับผู้เรียน	3.80	76	ระดับดี
2. เมื่อดูสื่อการเรียนฯ แล้วเกิดความเข้าใจได้ง่าย	3.87	77.4	ระดับดี
3. สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนฯ ได้	3.93	78.6	ระดับดี
4. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิต ได้	3.80	76	ระดับดี
5. ความรวดเร็วในการเลือกดูข้อมูลในสื่อการ เรียนฯ	3.87	77.4	ระดับดี
รวม	3.85	77	ระดับดี

จากตารางที่ 4 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในด้านการใช้งานห้องเรียนเสมือนจริง ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.85 คิดเป็นร้อยละ 77

จากผลการประเมินผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดคือ ด้านการตกแต่งอยู่ในระดับคะแนน 3.92 คิดเป็นร้อยละ 78.4 รองลงมาเป็นด้านเนื้อหาเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนอยู่ในระดับคะแนน 3.90 คิดเป็นร้อยละ 78 รองลงมาเป็นด้านการออกแบบห้องเรียนเสมือนจริงอยู่ในระดับคะแนน 3.88 คิดเป็นร้อยละ 77.6 และในด้านสุดท้ายเป็นการใช้งานห้องเรียนเสมือนจริงอยู่ในระดับคะแนน 3.85 คิดเป็นร้อยละ 77

8. อภิปรายผล

ผลสรุปการประเมินห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ การประเมินคุณภาพและการใช้งานและความพึงพอใจ ระดับเกณฑ์ของห้องเรียนเสมือนจริงอยู่ในระดับดี โดยผู้เรียนมีความพึงพอใจในการตกแต่งของห้องเรียนมากที่สุด พึงพอใจในการตกแต่งด้วยสื่อ และ ภาพประกอบ ใช้งานง่ายมีความเหมาะสม ใช้งานได้จริงและมีความทันสมัย ส่วนในด้านที่จะต้องปรับปรุงเพิ่มจะมีเรื่องการใช้งานของห้องเรียนให้สามารถเข้าถึงได้สำหรับทุกคน สอดคล้องกับงานเรื่องการประยุกต์ใช้ห้องเรียนออนไลน์เสมือนจริงกับการจัดการเรียนรู้ทางภาษาจีน ของสมหญิง กัลป์เจริญศรี ว่าร้อยละ 96 เห็นตรงกันว่า ห้องเรียนออนไลน์เสมือนจริงมีส่วนช่วยในการจัดการเรียนรู้ทางด้านภาษาจีน และมีส่วนช่วยในการ ส่งเสริม กระตุ้นการเรียนรู้เป็นอย่างมากเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ในการจัดการเรียนรู้ ทางด้านภาษาจีน [8] และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของณัฐนันท์ เกษตรเอี่ยม เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์รูปแบบจกรวาลนฤมิตร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก Active Learning รายวิชาออกแบบและเทคโนโลยีเรื่องเทคโนโลยีแก้ปัญหา ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ว่า การใช้งานของบทเรียนออนไลน์ รูปแบบจกรวาลนฤมิตร ที่อธิบายเนื้อหาและขั้นตอนการเข้าเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่าน บทเรียนออนไลน์แบบเสมือนจริงได้ด้วยตนเอง เข้าใช้งานได้ง่าย เข้าได้ทุกที่ ทุกเวลา และทันสมัยกับการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันมากกว่าสื่อแบบกระดาษ [9]

9. ข้อเสนอแนะ

- 8.1 พัฒนาห้องเรียนให้ทันสมัยปรับเปลี่ยนพีเจอาร์ใหม่
- 8.2 เพิ่มความหลากหลายของ Poster
- 8.3 ห้องเรียนเสมือนจริงมีขนาดใหญ่อาจจะต้องทำการลดขนาดของห้อง
- 8.4 พัฒนาห้องเรียนให้เป็นรูปแบบสองภาษา

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] รสรินทร์ สินสวัสดิ์. (2558). การพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษของนักศึกษาในรายวิชาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร โดยใช้บทฝึกการสนทนาภาษาอังกฤษและการใช้บทบาทสมมติ. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 124-132.
- [2] ภวิสารัช ศรีศิริวงศ์. (2564). ห้องเรียนเสมือนจริง. วารสารศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 10-20.
- [3] ครูประถมดอทคอม. (9 มิถุนายน 2561). ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://shorturl.asia/J3iyC>
- [4] NUMKINGSTON. (31 ธันวาคม 2564). Computer Hardware คืออะไร? ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยอะไรบ้าง? .[ออนไลน์].แหล่งที่มา: <https://tips.thaiware.com/1832.html>
- [5] rtwentyrus. (28 ตุลาคม 2565). Spatial คืออะไร มาทำความรู้จักกัน. [ออนไลน์].แหล่งที่มา: <https://news.trueid.net/detail/PG1vDQlx9NpW>
- [6] Kanyanat. (ธันวาคม 2565). รู้จัก Spatial Metaverse สร้าง 3D Model แบบง่ายๆ ใช้งานฟรี. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://nfteasy.co.th/>

- [7] enablesurvey. (18 เมษายน 2565). การออกแบบสอบถาม เครื่องมือง่ายๆ ใช้ได้ผลในยุคดิจิทัล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.enablesurvey.com/article-detail/f893a9ba-2e67-4231-aa3d-8add27d766bd/questionnaire%20design>
- [8] สมหญิง กัลป์เจริญศรี. (2566). การประยุกต์ใช้ห้องเรียนออนไลน์เสมือนจริงกับการจัดการเรียนรู้ภาษาจีน. วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น, 1-10.
- [9] ณัฐนนท์ เกษตรเอี่ยม. (2565). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์รูปแบบจรรยาบรรณนิเทศศาสตร์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก Active Learning รายวิชาออกแบบและเทคโนโลยีเรื่องเทคโนโลยีแก้ปัญหา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

การเปรียบเทียบผลการทดลองทางสมรรถนะเชิงความร้อนระหว่างการใช้หลังคาปล่อง
รังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรงกับหลังคากังหันระบายอากาศภายใต้สภาวะอากาศ
ร้อนชื้นของประเทศไทย

COMPARISON OF THE EXPERIMENTAL RESULTS OF THERMAL PERFORMANCE BETWEEN THE USE OF SOLAR ROOF CHIMNEY ASSISTED WITH DC FAN AND ROOF TURBINE VENTILATION UNDER HOT AND HUMID CONDITIONS IN THAILAND

ปรีดี แสงวิรุณ¹ และ ปรีดา จันทวงษ์^{2*}

Preedee Saengviroon¹ and Preeda Chantawong²

Received: November 27, 2023

Revise: December 16, 2023

Accepted: December 19, 2023

¹อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการทำความเย็นและการปรับอากาศ
ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการทำความเย็นและการปรับอากาศ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*Corresponding author E-mail: preedac@kmutnb.ac.th, cpreeda@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนและการลดภาระความร้อนระหว่าง
หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (SRC with DC fan) กับหลังคากังหันระบายอากาศ (RTV) และหลังคา
ทั่วไป (SRC) โดยติดตั้งอยู่บนหลังคาหันไปทางด้านทิศใต้ของบ้านจำลองขนาดเล็กทั้งสามหลังที่มีปริมาตรเท่ากับ 1.95 m³
เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบสมรรถนะของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาปล่อง SRC with DC fan กับหลังคา RTV และหลังคา
ทั่วไป ทดสอบภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ผลการศึกษาทดสอบพบว่าห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่อง
หลังคา SRC with DC fan และหลังคา RTV จะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป
(SRC) และสิ่งแวดล้อมของบ้านประมาณ 0.2–4.5 °C และสามารถเพิ่มการระบายอากาศภายในห้องทำให้มีอากาศ
ไหลเวียนที่ความเร็วประมาณ 0.022–0.67 m/s และสามารถลดค่าความร้อนจากห้องใต้หลังคาได้ดีกว่าห้องของบ้านที่ติดตั้ง
หลังคาทั่วไปประมาณร้อยละ 2.5–96 สุดท้ายนี้ระบบปล่องหลังคา SRC with DC fan และหลังคา RTV ประหยัดพลังงาน
และส่งเสริมพัฒนาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ รักษาสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง หลังคากังหันระบายอากาศ ภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของ
ประเทศไทย ความเข้มแสงรังสีอาทิตย์ การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา

ABSTRACT

This paper aims to compare the thermal performance and heat load reduction between a solar roof chimney with DC fan (SRC with DC fan) and roof turbine ventilation (RTV) and simple roof concrete (SRC). It is installed on the roof facing the south side of the three small model houses with a volume of 1.95m^3 to compare the performance of a model house equipped with a SRC with DC fan and RTV to the simple roof concrete. Tested under hot and humid conditions in Thailand. The experimental results revealed that indoor temperature of SRC with DC fan and RTV room was less than that of single roof concrete (SRC) rooms and environment of the model house is about $0.2\text{--}4.5^\circ\text{C}$. SRC with DC fan and RTV could induce ventilation about $0.022\text{--}0.67\text{m/s}$ and reduce heat from under roof was more than that of single roof concrete room about 2.5–96 percent. Finally, the SRC with DC fan and RTV system, to save energy and promote the development of the use of solar energy, protects the environment.

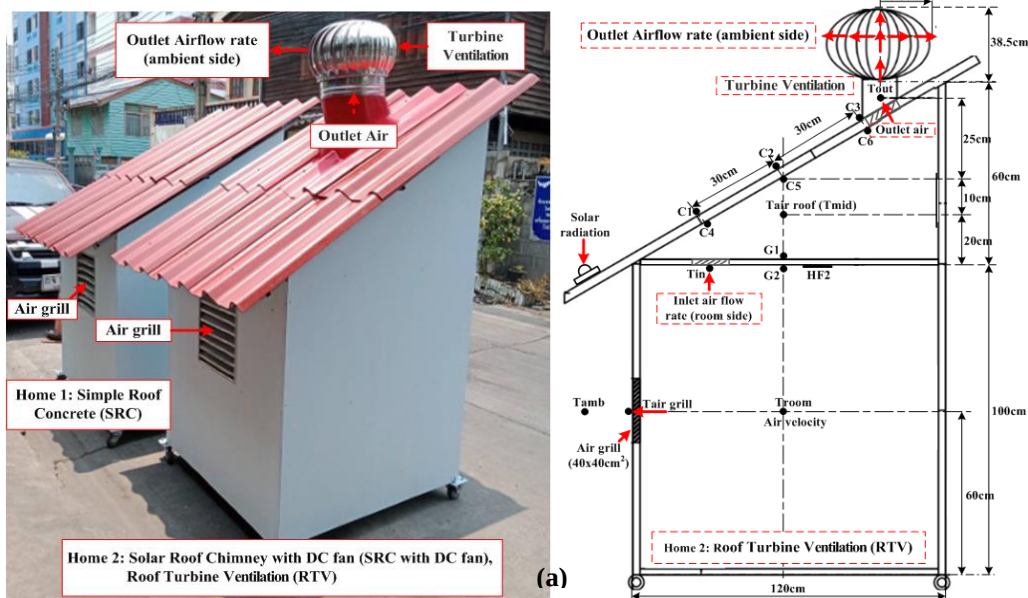
Keywords: Solar Roof Chimney collector assisted with DC fan (SRC with DC fan), Roof Turbine ventilation (RTV), Under Hot and Humid Conditions in Thailand, Solar radiation, Roof Heat flux

1. บทนำ

ปัญหาจำนวนประชากรภายในของประเทศไทยมีอัตราที่เพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นและพื้นที่สำหรับปลูกสร้างที่พักอาศัยมีจำกัดและราคาแพงเนื่องจากราคาต้นทุนวัสดุในสร้างบ้านสูงขึ้นทุกปี อีกทั้งปัญหาจากต่างประเทศเกิดภาวะสงครามระหว่างประเทศยูเครนกับรัสเซียซึ่งประเทศมหาอำนาจทางเศรษฐกิจของโลกแฉกทวีปยุโรปซึ่งเป็นประเทศที่ผลิตส่งออกน้ำมันดิบไปยังโรงกลั่นทั่วโลกเกิดผลกระทบโดยตรงต่อราคาทำให้ราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้น การออกแบบบ้านพักอาศัยปัจจุบันนี้เน้นความทันสมัยสวยงามและมีขนาดเล็กเพื่อตอบสนองความต้องการเหมาะสมกับครอบครัวขนาดเล็กหรือผู้มีรายได้น้อยตามสภาพเศรษฐกิจของประชากรไทย บ้านที่พักอาศัยมีขนาดเล็กพื้นที่ใช้สอยจำกัด เช่น อาคารตึกแถว บ้านหรือทาวน์โฮม 2–3 ชั้นและอื่นๆ การออกแบบสร้างเน้นความทันสมัยสวยงามเป็นบ้านทรงยุโรป มีลักษณะบ้านเป็นแบบปิดมีช่องระบายอากาศน้อยมากเหมาะสมกับประเทศที่มีสภาพอากาศหนาว หลังคาส่วนใหญ่โดยทั่วไปของบ้านที่พักอาศัยเน้นรูปแบบทันสมัยสวยงาม มีข้อดีของหลังคาคือสามารถป้องกันฝนและช่วยป้องกันแสงแดดส่องเข้าสู่ภายในหรือความร้อนโดยตรงจากความเข้มแสงรังสีอาทิตย์ (รังสีคลื่นสั้น) ช่วงเวลากลางวันเข้าสู่ภายในบ้าน ข้อเสียไม่สามารถป้องกันรังสีคลื่นยาวเกิดจากความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่มากกระทบบนหลังคาเกิดการสะสมความร้อนและถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างหลังคาเข้าสู่ภายในบ้าน โดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่ความร้อนให้กับวัตถุและอากาศเกิดการสะสมความร้อนภายในห้องใต้หลังคาของบ้านและถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในบ้าน ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูงกว่าสิ่งแวดล้อม [1] และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้นมีสภาพอากาศร้อนสลับฝนตกตลอดปี ดังนั้นการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ใช้เครื่องปรับอากาศทางกล ช่วยลดอุณหภูมิภายในเกิดภาวะความสบายทางความร้อน ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นภายในที่พักอาศัย เช่น การปรับอากาศร้อยละ 60 แสงสว่างร้อยละ 20 และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ร้อยละ 20 [2] ความร้อนสะสมภายในอาคารหรือบ้านที่พักอาศัยเป็นปัญหาทั่วโลกให้ความสำคัญและได้ทำการศึกษาหาวิธีการลดความร้อนที่เข้าสู่ภายในและลดการใช้เครื่องปรับอากาศ [1–7]

วัตถุประสงค์ของบทความวิจัยนี้เพื่อศึกษาทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนและการลดภาระความร้อนระหว่างหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Solar Roof Chimney with DC fan: SRC with DC fan) กับหลังคากังหันระบายอากาศ (Roof Turbine ventilation: RTV) และหลังคาทั่วไป (Simple Roof Concrete: SRC) โดยติดตั้งอยู่บนหลังคาหันไปทางด้านทิศใต้ของบ้านจำลองขนาดเล็กทั้งสองหลังที่มีขนาดเท่ากันและปริมาตรเท่ากับ 1.93 m^3 สำหรับหลังคาปล่อง SRC with DC fan กับหลังคากังหันระบายอากาศ RTV มีหลักการการทำงานในลักษณะเดียวกับงานวิจัยของศรีธัญยา ศรีพิสุทธิธรรมและคณะ [1] และปรีดา จันทวงษ์และคณะ [3–7] (ดังแสดงในรูปที่ 1–2) กรณีหลังคาปล่อง SRC

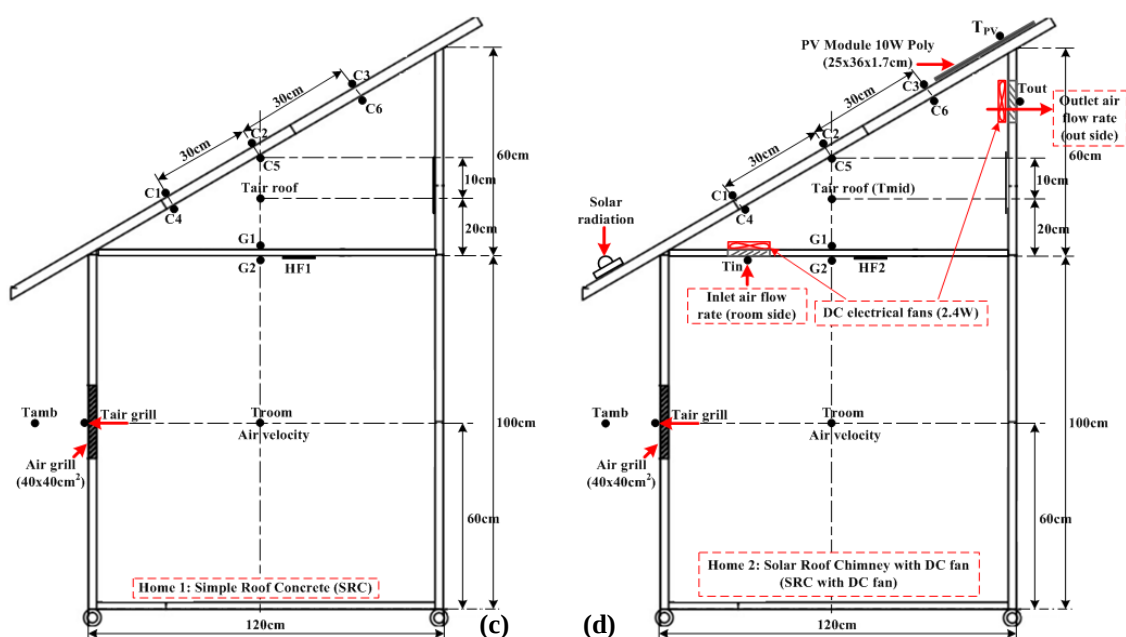
with DC fan (ดังแสดงในรูปที่ 2(c)) มีหลักการดังนี้ เมื่อความเข้มแสงรังสีอาทิตย์มาตกกระทบบนหลังคาด้านบนเกิดการสะสมความร้อนที่ผิวและถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างหลังคาเข้าภายในห้องใต้หลังคา ทำให้อุณหภูมิภายในห้องใต้หลังคาสูงกว่าอุณหภูมิภายในบ้านและโซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้กับพัดลมระบายอากาศที่ทางออกของปล่องทำงาน จึงเกิดการเหนี่ยวนำของอากาศภายในห้องใต้ของหลังคาลอยตัวขึ้นด้านบนของหลังคาออกทางช่องเปิดด้านที่ติดตั้งพัดลมดูดจากห้องใต้หลังคาออกสู่สิ่งแวดล้อมได้เร็วขึ้น (ช่วงเวลากลางวัน) และเหนี่ยวนำอากาศจากภายในห้องผ่านช่องเปิดฝ้าเพดานจากภายในห้องก่อให้เกิดการระบายอากาศแบบธรรมชาติภายในบ้านพักอาศัย ช่วยระบายอากาศจากภายในบ้าน และห้องใต้หลังคาออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในห้องใต้หลังคาและอุณหภูมิอากาศบ้านลดลงเกิดการไหลเวียนของอากาศภายในบ้านดีขึ้น ช่วยลดการสะสมความร้อนภายในบ้านและห้องใต้หลังคา สำหรับกรณีหลังคา กังหันระบายอากาศ RTV มีหลักการดังนี้คล้ายกับหลังคาปล่อง SRC with DC fan โดยไม่มีพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อช่วยการระบายอากาศ แต่อาศัยความเร็วลมในสิ่งแวดล้อมภายนอกบ้านมาช่วยหมุนกังหันระบายอากาศเพื่อดูดอากาศจากภายในห้องใต้หลังคาบ้านออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกบ้าน เกิดการไหลเวียนภายในบ้านออกสู่ภายนอก (ดังแสดงใน รูปที่ 1(a)–1(b)) เมื่อกังหันหมุนเร็วขึ้นกับความเร็วลมสิ่งแวดล้อม สามารถดูดอากาศจากภายในห้องใต้หลังคาออกสู่ภายนอกบ้านและอากาศภายในห้อง จะไหลเวียนมาแทนที่อากาศในห้องใต้หลังคา ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในห้องใต้หลังคาและอุณหภูมิอากาศบ้านลดลงเกิดการไหลเวียนของอากาศภายในบ้านดีขึ้น ช่วยลดการสะสมความร้อนภายในบ้านและห้องใต้หลังคาเช่นกัน สำหรับการติดตั้งหลังคาบ้านจำลองจะหันไปทางด้านทิศใต้ทดสอบภายใต้สภาวะอากาศปกติ จากผลทดลองภายในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2023 ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่างๆ บนหลังคาระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) และบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคากังหันระบายอากาศ (RTV: Home 2) เช่น อุณหภูมิบนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในห้องใต้หลังคา อุณหภูมิบนฝ้าเพดานของหลังคา อุณหภูมิภายในบ้าน อุณหภูมิตรงหน้าต่าง บานเกล็ด อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ ความร้อนไหลผ่านหลังคา การไหลเวียนของความเร็วลมภายใน ความเร็วลมสิ่งแวดล้อม ความเร็วลมที่ทางออกของช่องเปิดหลังคา และภายในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2023 ได้ทำศึกษาเช่นเดียวกันโดยทดสอบระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) กับบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาปล่อง SRC with DC fan (Home 2)



รูปที่ 1 (a) บ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) กับหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Home 2: SRC with DC fan) หลังคากังหันระบายอากาศ (Home 2: RTV) และ (b) การติดตั้งเครื่องมือวัดของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคา RTV

2. วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับบ้านจำลองขนาดเล็กทั้งสองหลังได้ทำการออกแบบสร้างเพื่อทดสอบ ณ บริเวณ ซอยซวาล 1 ถนนเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนและการลดภาระความร้อนระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Solar Roof Chimney with DC fan: SRC with DC fan: Home 2) กับบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคากังหันระบายอากาศ (Roof Turbine ventilation: RTV: Home 2) และบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Simple Roof Concrete: SRC: Home 1) บ้านจำลองมีขนาดเท่ากันและมีปริมาตรเท่ากับ 1.93 m^3 ทดสอบภายใต้สภาวะอากาศปกติ หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์สีแดง ดังแสดงในรูปที่ 1-2 มีลักษณะโครงสร้างเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์หรือกระเบื้องลอนคู่สีแดงทำมุมเอียง 30° องศาจากแนวนอนมีความหนาประมาณ 0.04 cm และบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์สะท้อนความร้อน ฝ้าเพดานเป็นยิปซัมมีความหนา 1 cm สำหรับโครงสร้างของหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (SRC with DC fan: Home 2) มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกันกับหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์หรือกระเบื้องลอนคู่สีแดงด้านบนหลังคาติดตั้งโซลาร์เซลล์ PV Module 10 W ชนิด Poly ขนาดแผง $25 \times 36 \times 1.7 \text{ cm}^3$ ฝ้าเพดานและด้านบนผนังห้องใต้หลังคาหันทางทิศเหนือมีช่องเปิดมีพื้นที่ขนาด $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ติดตั้งพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขนาดกำลัง 2.4 W ณ บริเวณช่องเปิดเพื่อระบายอากาศจากภายในห้องผ่านห้องใต้หลังคาสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกบ้านและติดตั้งหลอดคายสำหรับป้องกันแมลงเข้าสู่ภายในบ้าน (ดังแสดงในรูปที่ 2(d))

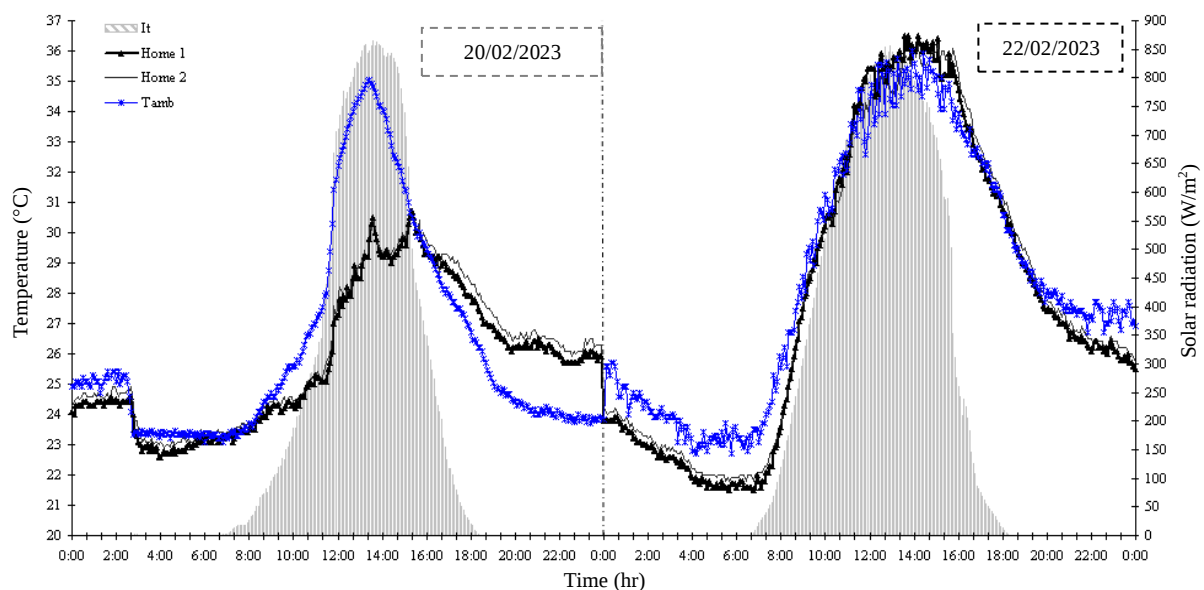


รูปที่ 2 (c) การติดตั้งเครื่องมือวัดของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) และ (d) บ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Home 2: SRC with DC fan)

บ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคากังหันระบายอากาศ (Roof Turbine ventilation: RTV: Home 2) มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกับหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์หรือกระเบื้องลอนคู่สีแดง ประกอบด้วยหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ด้านบนของหลังคาติดตั้งกังหันลมระบายอากาศซึ่งมีน้ำหนัก 3.1 kg ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 cm ความสูง 38 cm และมีใบพัดมีขนาด $7 \times 40 \times 0.1 \text{ cm}$ จำนวน 22 ใบติดตั้งลูกหมุนกังหันลมระบายอากาศที่ตำแหน่งจุดกึ่งกลางด้านบนของหลังคา บนฝ้าเพดานมีช่องเปิดพื้นที่ขนาด $10 \times 10 \text{ cm}^2$ เพื่อระบายอากาศจากภายในห้องผ่านห้องใต้และลอยตัวขึ้นช่องเปิดหลังคาที่ติดตั้งลูกหมุนกังหันลมระบายอากาศออกสู่สิ่งแวดล้อมและสำหรับป้องกันแมลง สำหรับขนาดของบ้านจำลองทั้งสองหลังมีโครงสร้างประกอบด้วยผนังเป็นกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 0.35 cm ทาสีขาวด้านนอกทั้ง 4 ด้านมีขนาดพื้นที่ของผนังเท่ากับ $120 \times 120 \times 10 \text{ cm}^3$ มีประตูขนาด $50 \times 750 \times 0.35 \text{ cm}^3$ ติดตั้งอยู่ทางด้านทิศเหนือ มีหน้าต่างกระจกใสบานเกล็ดขนาด

40x40 cm² ความหนา 0.06 cm ติดตั้งอยู่บนผนังด้านทิศใต้ (ดังแสดงในรูปที่ 1–2) การติดตั้งจุดวัดต่างๆ ของบ้านจำลองทั้งสองหลังเหมือนกัน บ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสดวง (Solar Roof Chimney with DC fan: SRC with DC fan: Home 2) กับหลังคากังหันระบายอากาศ (Roof Turbine ventilation: RTV: Home 2) และหลังคาทั่วไป (Simple Roof Concrete: SRC: Home 1) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนางานวิจัยต่อเนื่องมาจากของศรinya ศรีพิสุทธิธรรมและคณะ [1] และปรีดา จันทวงษ์ และคณะ [3–7] (ดังแสดงในรูปที่ 1–2) โดยทำการศึกษาทดสอบภายใต้สภาวะอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย จากผลการทดลองภายในวันที่ 20–22 กุมภาพันธ์ 2023 (กรณีไม่มีเครื่องปรับอากาศ) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ (Solar radiation) ด้วยเครื่อง MS 402 EKO pyranometer (Accuracy 0–1000 W/m²) อุณหภูมิภายในและฝ้าเพดานของบ้านจำลองทั้งสองหลัง อุณหภูมิบนหลังคาของ Home 2: หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ SRC with DC fan และหลังคากังหัน RTV อุณหภูมิบนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์สีแดงทั่วไป Home 1: SRC อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงภายในหลังคาของ Home 2: หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ SRC with DC fan และหลังคากังหันระบายอากาศ RTV วัดอุณหภูมิต่างๆ ด้วย Type K thermocouples (range: 0–1,250 °C, accuracy ±0.5°C) ความเร็วลมภายในและภายนอกของบ้านด้วยเครื่อง TSI Model 8380, range: 0–50 m/s, Error ± 5% และค่าความร้อนที่ไหลหลังคา Heat flux (EKO Heat flow meter, MF-140, range: -20°C to 120°C, Error ± 5%) ของบ้านจำลองทั้งสองหลัง (หันหลังคาของบ้านจำลองไปทางด้านทิศใต้) ทำการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่อง data logger (Hioki, Model: 8422-52, accuracy ±0.8%) โดยการเก็บข้อมูลทุก 5 นาที ทดสอบตลอด 24 ชั่วโมง

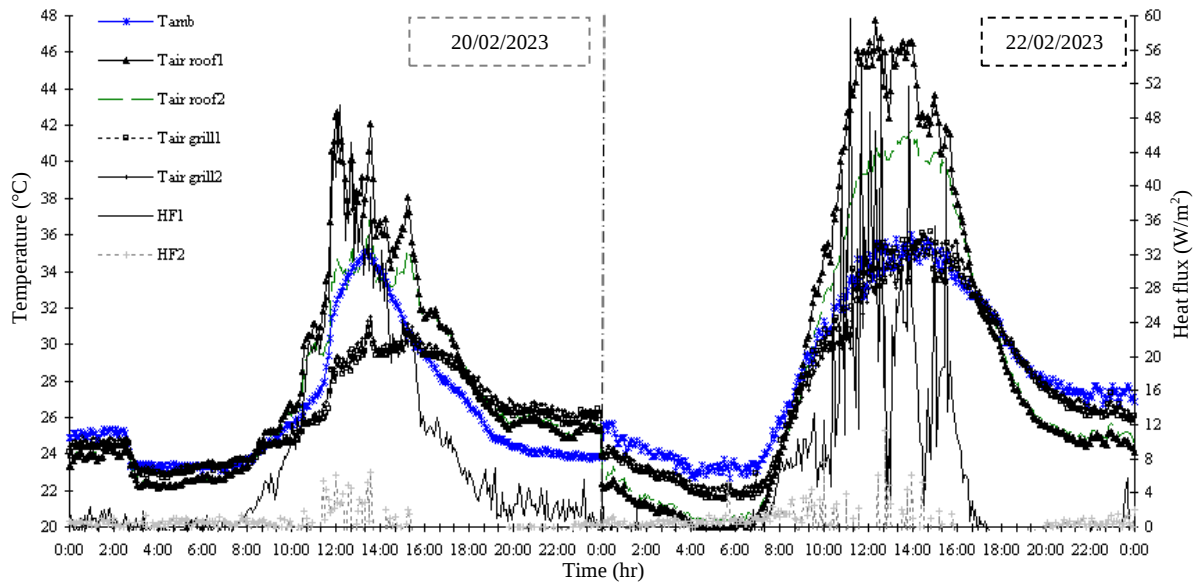
3. ผลการวิจัย



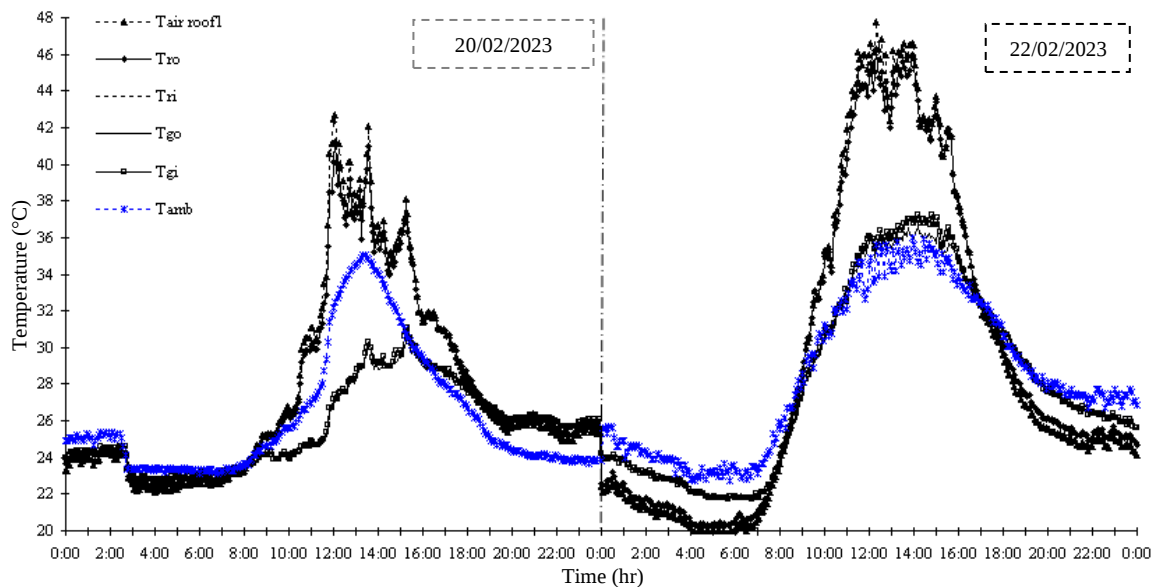
รูปที่ 3 ผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในบ้านจำลองทั้งสองและสิ่งแวดล้อม ความเข้มแสงรังสีอาทิตย์

ผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในบ้านจำลองทั้งสอง (Home 1, Home 2) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Tamb) และค่าความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ (Solar radiation: It) ณ บริเวณซอยชาวล 1 ถนนเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ จากผลทดลองภายในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2023 ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่างๆ ระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) และบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคากังหันระบายอากาศ (RTV: Home 2) และผลทดลองในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2023 ระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) กับบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาปล่อง SRC with DC fan (Home 2) จากการศึกษาพบว่า ณ บริเวณที่ทำการทดสอบมีค่าเฉลี่ยความเข้มแสงรังสี

อาทิตย์ประมาณ $0.025\text{--}880\text{ W/m}^2$ ค่าความเข้มแสงรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสูงสุด ณ เวลา 13.35 น. (วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2023) และเวลา 12.55 น. (วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2023) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ $22.5\text{--}36.5^\circ\text{C}$ บ้านที่ติดตั้งหลังคาทั้งหน้าและหลังคาอากาศ RTV: Home 2 และหลังคาปล่อง SRC with DC fan: Home 2 จะมีค่าอุณหภูมิภายในห้องของบ้านต่ำกว่าอุณหภูมิของบ้านที่ติดตั้งหลังคา SRC: Home 1 ประมาณ $0.12\text{--}1.52^\circ\text{C}$ และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ $0.2\text{--}4.5^\circ\text{C}$

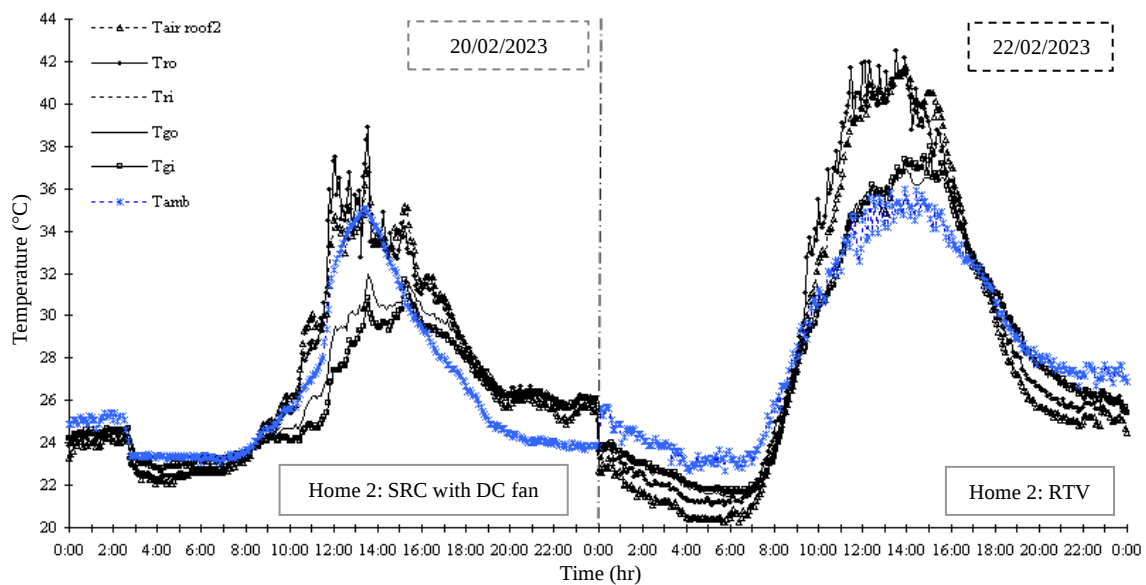


รูปที่ 4 อุณหภูมิภายในห้องใต้หลังคาของบ้านทั้งสองและสิ่งแวดล้อม ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาของบ้านจำลองทั้งสองหลัง

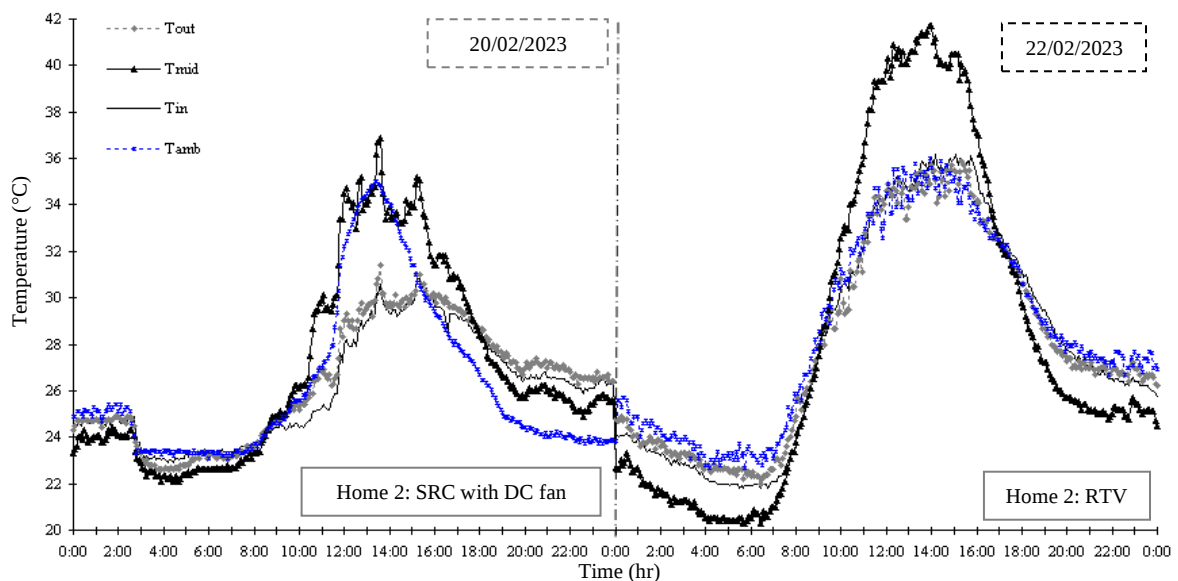


รูปที่ 5 อุณหภูมิหลังคาบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) ทดสอบภายในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2023 และวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2023

ผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Roof Heat flux: HF1, HF2) เข้าสู่ภายในของบ้านจำลองทั้งสองหลัง จากรูปที่ 4 จะพบว่าบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั้งหน้าและหลัง RTV: Home 2 และหลังคาปล่อง SRC with DC fan: Home 2 ช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่ภายในห้องได้ประมาณร้อยละ 2.5–96 เมื่อเทียบกับบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป SRC: Home 1 เนื่องจากหลังคาทั้งหน้าและหลัง RTV และหลังคาปล่อง SRC with DC fan โครงสร้างหลังคาเป็นระบบเปิดก่อให้เกิดการเหี่ยวหน้าอากาศ ผ่านฝ้าเพดานมีช่องเปิดมีพัดลมช่วยดูดภายในห้องเข้าสู่ห้องใต้หลังคาระบายออกด้านบนผ่านลูกหมุนทั้งหน้าและหลังอากาศ (RTV) หรือระบายออกด้านบนผ่านพัดลมกระแสตรง (SRC with DC fan) ได้เร็วขึ้น ส่งผลช่วยลดความร้อนสะสมภายในทำให้อุณหภูมิภายในบ้านลดลงก่อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในบ้านดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาทั่วไป SRC เนื่องจากเป็นหลังคาแบบปิด

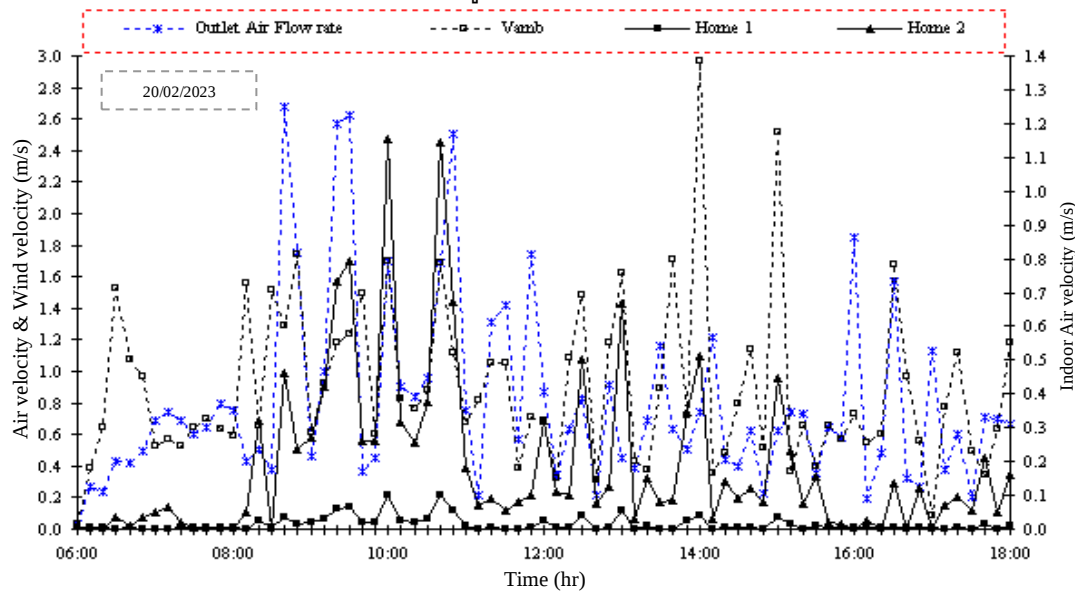


รูปที่ 6 อุณหภูมิหลังคาบ้านจำลองทั้งสองหลังที่ติดตั้งหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Home 2: SRC with DC fan) หลังคาทั้งหน้าและหลังอากาศ (Home 2: RTV)

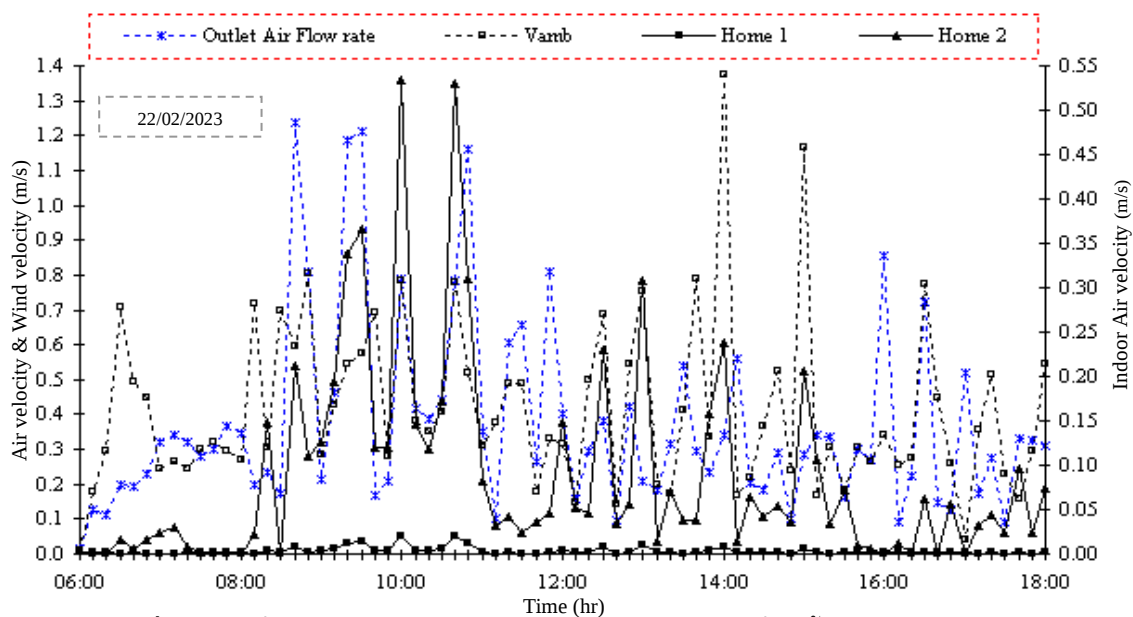


รูปที่ 7 อุณหภูมิภายในห้องใต้หลังคาของบ้านจำลองทั้งสองหลังที่ติดตั้งหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Home 2: SRC with DC fan) หลังคาทั้งหน้าและหลังอากาศ (Home 2: RTV)

ผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหลังคาบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) บ้านจำลองทั้งสองหลังที่ติดตั้งหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Home 2: SRC with DC fan) หลังคาทั้งหลังระบายอากาศ (Home 2: RTV) จากรูปที่ 5-6 พบว่าอุณหภูมิของหลังคาบ้านจำลองทั้งสองมีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันเนื่องจากใช้วัสดุและสีหลังคาเหมือนกัน และจากรูปที่ 7 และรูปที่ 3 พบว่าอุณหภูมิภายในห้องหลังคาทั้งหลังระบายอากาศ RTV: Home 2 และหลังคาปล่อง SRC with DC fan: Home 2 อุณหภูมิภายในห้องของหลังคา (Tin, Tmid, Tout) สูงกว่าอุณหภูมิภายในบ้าน (Troom: Home 2) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ $0.12-7.2^{\circ}\text{C}$ ทำให้เกิดแรงลอยตัวของอากาศภายในหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Home 2: SRC with DC fan) หลังคาทั้งหลังระบายอากาศ (Home 2: RTV) ช่วยเหินยวนอากาศจากภายในห้องของบ้านระบายออกสู่ภายนอกบ้านหรือสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมภายในของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสตรง (Home 2: SRC with DC fan) และหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) ทดสอบภายในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2023



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมภายในของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั้งหลังระบายอากาศ (Home 2: RTV) และหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC) ทดสอบภายในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2023

ผลการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมภายในของบ้านจำลองทั้งสองหลัง จากรูปที่ 8 พบว่าบ้านติดตั้งหลังคาทั้งหลังระบายอากาศ RTV: Home 2 และหลังคาปล่อง SRC with DC fan: Home 2 จะมีการไหลเวียนของอากาศภายในที่ความเร็วประมาณ 0.022–0.67 m/s จะสูงกว่าบ้านที่ติดตั้งหลังคา SRC ซึ่งจะมีการระบายอากาศภายในที่ความเร็วประมาณ 0.01–0.013 m/s มีความเร็วลมภายนอกบ้านจำลองทั้งสองหลัง (Vamb) ประมาณ 0.5–2.98 m/s ลูกหมุนกังหันระบายอากาศ RTV: Home 2 มีความเร็วสูงประมาณ 1.38 m/s ขึ้นกับความเร็วลมของสิ่งแวดล้อม และปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสดตรง Home 2: SRC with DC fan มีความเร็วสูงประมาณ 2.78 m/s ขึ้นกับความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นได้ว่าระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ SRC with DC fan และหลังคาทั้งหลังระบายอากาศ RTV สามารถระบายอากาศได้ ส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในห้องช่วยลดการสะสมความร้อนภายในบ้านพักอาศัยและการระบายอากาศภายในบ้านได้มากขึ้น จากการออกแบบบ้านพักอาศัยปัจจุบันนี้เน้นความทันสมัยสวยงามและมีขนาดเล็กเพื่อตอบสนองความต้องการที่เหมาะสมกับครอบครัวขนาดเล็กหรือผู้มีรายได้น้อย บ้านที่พักอาศัยมีขนาดเล็กพื้นที่ใช้สอยจำกัด เช่น อาคารตึกแถว บ้านหรือทาวน์โฮม 2–3 ชั้นและอื่นๆ ควรมีการนำระบบหลังคาทั้งหลังระบายอากาศ RTV และหลังคาปล่อง SRC with DC fan ไปติดตั้งจะช่วยลดความร้อนสะสมภายในบ้านหรืออาคารที่พักอาศัยช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศเพื่อแนวทางประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทความวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนและการลดภาระความร้อนระหว่างหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับพัดลมกระแสดตรง (SRC with DC fan) กับหลังคาทั้งหลังระบายอากาศ (RTV) และหลังคาทั่วไป (SRC) ผลการศึกษาทดสอบ พบว่า ห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา SRC with DC fan และหลังคา RTV จะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (SRC) และสิ่งแวดล้อมของบ้าน หลังคาปล่องรังสีอาทิตย์และหลังคาทั้งหลัง ช่วยการระบายอากาศภายในห้องทำให้มีอากาศไหลเวียนที่ความเร็วขึ้นและสามารถลดค่าความร้อนสะสมจากห้องใต้หลังคาได้ดีกว่าห้องของบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป และยังแสดงให้เห็นได้ว่าระบบปล่องหลังคา SRC with DC fan และหลังคา RTV ที่มีผลต่อการลดการสะสมความร้อนภายในช่วยประหยัดพลังงานและส่งเสริมพัฒนาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ รักษาสิ่งแวดล้อมส่งเสริมและพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อไป และระบบหลังคาปล่องรังสีอาทิตย์และหลังคาทั้งหลังสามารถนำไปติดตั้งดัดแปลงกับบ้านพักอาศัยที่มีอยู่แล้วได้โดยทั่วไป

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศรัณยา ศรีพิสุทธิธรรม ดิเกะ บุนนาค และปรีดา จันทวงษ์ “การศึกษาทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของปล่องหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์ระบายอากาศร่วมกับสารวัสดุเปลี่ยนแปลง” วารสารเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2564 หน้า 11–21.
- [2] Chirarattananon, S. et al, “Daylight availability and models for global and diffuse horizontal illuminance and irradiance for Bangkok,” Journal of Renewable Energy, vol. 26, pp. 69–89, 2002.
- [3] ปรีดา จันทวงษ์ และคณะ “การศึกษาสมรรถนะเชิงความร้อนของปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศแบบธรรมชาติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในสภาวะอากาศแบบร้อนและชื้น” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 3 ก.ย.–ธ.ค. 2554 หน้า 559–568.
- [4] โยธิน อิงกุล ปรีดา จันทวงษ์ และคณะ “การศึกษาทดสอบสมรรถนะของหลังคาทั้งหลังระบายอากาศแบบธรรมชาติภายใต้สภาวะอากาศของกรุงเทพมหานคร” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม–มีนาคม 2555 หน้า 55–75.
- [5] ปรีดา จันทวงษ์ “การศึกษาเปรียบเทียบทดสอบระหว่างหลังคาทั่วไปกับปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศ

แบบธรรมชาติร่วมกับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงและวิเคราะห์ต้นทุนวงจรชีวิต "วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2556" หน้า 104-114.

- [6] Chantawong P. "Field-measured Performance of Lightweight Roof Chimney Integrated with DC fans", *Energy Procedia*. 138, pp. 44-49, 2017.
- [7] Anan-archa A., Chantawong P., Khedari J., "A new configuration of roof skylight combined with solar chimney", *Journal of Engg. Research Online First Article*. 2022, <https://doi.org/10.36909/jer.16259>.

การศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว

A STUDY OF LOGISTICS FACTORS AND ACTIVITY FOR SELECTION THE LOCATION OF LOGISTICS CENTER IN VIENTIANE, LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC

พอนพะนา พรหมมาลา^{1*} สุพัชรี สุปียกุล² ศักดิ์ กองสุวรรณ³

Phonephana Phommala^{1*}, Supachree Supharyagul², Sak Kongsuwan³

^{1, 2, 3} คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Received: December 2, 2023

Revise: December 22, 2023

Accepted: December 30, 2023

*Corresponding author E-mail: phonephanaph@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมโลจิสติกส์มีการแข่งขันกันสูงตั้งแต่ก่อนเกิดวิกฤตโควิด-19 จากธุรกิจต่างขนาดใหญ่ ซึ่งได้แบ่งส่วนตลาด เนื่องจากมีความเชี่ยวชาญด้านการบริหารห่วงโซ่อุปทาน มีโมเดลธุรกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ทำให้ผู้ประกอบการที่มีเงินทุนจำกัดแข่งขันด้วยได้ยาก ประกอบกับปัญหาโลกร้อนได้ส่งผลกระทบต่อโลกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน สาเหตุหลักการเกิดสภาวะเรือนกระจกเป็นปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผาไหม้ในรูปแบบต่างๆ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยพื้นฐานการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 2) วิเคราะห์กิจกรรมโลจิสติกส์ที่สำคัญในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยใช้แบบสัมภาษณ์ และแบบสอบถามในการรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านโลจิสติกส์ 15 คน และบริษัทที่ดำเนินการด้านโลจิสติกส์โดยตรงจำนวน 100 คน โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง สถิติวิเคราะห์ข้อมูลค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยปัจจัยพื้นฐานในการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ประกอบด้วย ด้านภูมิศาสตร์ ด้านโครงสร้างพื้นฐาน ด้านกิจกรรมโลจิสติกส์ 13 กิจกรรม ด้านการดำเนินการธุรกิจ และด้านปริมาณสินค้า ซึ่งภาพรวมปัจจัยที่เป็นปัจจัยพิจารณาการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์พื้นฐานให้ความสำคัญทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.39$) นอกจากนี้กิจกรรมโลจิสติกส์ ซึ่งถือเป็นกระบวนการในการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดการขับเคลื่อนสินค้า และบริการให้เกิดประสิทธิภาพโดยภาพรวมกิจกรรมโลจิสติกส์ทั้ง 13 กิจกรรม ให้ความสำคัญทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$) ข้อเสนอแนะและความต้องการเกี่ยวกับปัจจัยและกิจกรรมโลจิสติกส์ที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ของนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวส่วนใหญ่ต้องการให้ผู้ประกอบการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการจัดการโลจิสติกส์ คิดเป็นร้อยละ 26.13 และภาครัฐต้องให้ความสำคัญกับระบบโลจิสติกส์ในการยกระดับคุณภาพการบริการตลอดจนนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบมาตรฐานของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ภายใต้ศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งทางภาครัฐต้องเตรียมความพร้อมในการเชื่อมโยงให้เกิดการใช้ประโยชน์ทางด้านพื้นที่ กำลังคน รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

คำสำคัญ: นครหลวงเวียงจันทน์ ทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ สาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว

Abstract

Currently, the logistics industry has been highly competitive since before the COVID-19 crisis from large foreign businesses, which have divided the market due to their expertise in supply chain management. It has a business model driven by technology and innovation. This makes it difficult for entrepreneurs with limited capital to compete. In addition, the problem of global warming has clearly affected the world. The main cause of the greenhouse effect is the amount of carbon dioxide emitted. From various forms of burning. The purposes of this study are 1) study the basic factors in establishing a logistics center in Vientiane Capital, Lao People's Democratic Republic 2) Analyze important logistics activities in selecting a logistics center location in the capital city of Vientiane, Lao People's Democratic Republic. Use interviews to collect information from key informants who are experts. Logistics 15 people and questionnaires from the population of companies that directly operate logistics, 100 people, purposive sampling. Statistics analyze data using frequencies, percentages, means, and standard deviations.

Results of research on basic factors in establishing a logistics center in Vientiane Capital. The Lao People's Democratic Republic consists of geography. Infrastructure Logistics activities: 13 activities; Business operations and product quantity Overall, the factors that are considered in the selection of basic logistics center locations give importance to all aspects at a high level ($\bar{X} = 4.39$), together with all 13 logistics activities, which are considered a process in Carry out work that drives products and services to ensure overall efficiency of all 13 logistics activities. The importance of every aspect is at a high level ($\bar{X} = 4.40$). Suggestions and needs regarding factors and logistics activities used in Selection of a location for the logistics center of Vientiane, Lao People's Democratic Republic, mainly requires that operators focus on logistics management. It is 26.13 percent and the government sector must give importance to the logistics system in raising the quality of service as well as developing it into a standard model of logistics service providers under the logistics center. in Vientiane capital Lao People's Democratic Republic

Keywords: the capital of Vientiane, Logistics Hub, Lao People's Democratic Republic

1. บทนำ

โลจิสติกส์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ และการกระจายสินค้า โดยกิจกรรมหลักของการจัดการโลจิสติกส์จะเกี่ยวข้องกับการจัดการ เพื่อให้เกิดกระบวนการไหลของสินค้าและบริการ รวมถึงข้อมูลข่าวสารตั้งแต่ต้นน้ำถึง ปลายน้ำ ซึ่งกิจกรรมของโลจิสติกส์จะมีปฏิสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันทั้งคู่ค้าที่เป็นซัพพลายเออร์ และแหล่งผลิตวัตถุดิบ ที่มีการส่งต่อมาแปรรูป ผลิต บรรจุ จนกลายเป็นสินค้าสำเร็จรูปและนำไปสู่ลูกค้า ซึ่งจะเห็นว่าการดำเนิน การจัดการโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพนั้น ไม่สามารถดำเนินการได้โดยลำพังภายในองค์กร แต่จะต้องมีการปฏิสัมพันธ์กันทั้งภายในและภายนอกองค์กร ดังนั้น โลจิสติกส์ จึงเป็นกระบวนการวางแผน ดำเนินการ และควบคุม การเคลื่อนย้ายทั้งไปและกลับ รวมถึงการจัดเก็บวัสดุสินค้าสำเร็จรูป ตลอดจนสารสนเทศที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพและ ประสิทธิภาพจากจุดผลิตไปจนถึงจุดที่มีการใช้งาน เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วยความถูกต้อง และเหมาะสมตามจังหวะเวลา คุณภาพ ปริมาณ ต้นทุน และสถานที่ที่กำหนด [1] ขณะเดียวกัน สปป.ลาว ได้เปิดใช้จุดถ่ายสินค้า รถไฟ จีน-สปป.ลาว พร้อมส่งตู้รถไฟสินค้าสู่แหลมฉบัง โดยมีการเปิดใช้งานจุดขนถ่ายสินค้าสถานีเวียงจันทน์ใต้ของทางรถไฟจีน-สปป.ลาว พร้อมกับส่งรถไฟบรรทุกตู้สินค้าขบวนแรกมุ่งหน้าสู่ท่าเรือแหลมฉบังของไทย ซึ่งการเปิดใช้งานจุดขนถ่ายสินค้า ดังกล่าวจะสร้างความสะดวกสบายยิ่งขึ้นให้แก่ช่องทางการขนส่งระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นการขนส่งต่างรูปแบบทั้งทางบก และทางทะเลเนื่องจากรถไฟจีน-สปป.ลาว เป็นรางรถไฟขนาดมาตรฐาน (1.435 เมตร) ขณะที่รถไฟไทยใช้รางที่มีความกว้าง 1 เมตร การขนส่งสินค้าทางรถไฟระหว่าง สปป.ลาว กับไทย จำเป็นต้องมีการขนถ่ายสินค้า ซึ่งคาดว่าจุดขนถ่าย

สินค้าของสถานีเวียงจันทน์ได้ จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของการขนส่งสินค้าระหว่างจีนกับบรรดาประเทศในอาเซียน รวมถึงขนส่งผู้โดยสารแล้ว 3.36 ล้านคน โดยทางรถไฟส่วนที่อยู่ใน สปป.ลาว ให้บริการขนส่งผู้โดยสารแล้ว 4.8 แสนคน ขนส่งขบวนรถไฟบรรทุกสินค้าแล้ว 4.69 ล้านตัน และขนส่งสินค้าข้ามพรมแดนจีน-สปป.ลาว แล้ว 7.7 แสนตัน ทั้งนี้เพื่อเป้าหมายผลักดันให้สปป.ลาวเป็นศูนย์กลางขนส่งในภูมิภาค หรือ Transit Hub ซึ่งนอกจากรถไฟลาว-จีน แล้วปัจจุบันมีแผนจะพัฒนาศูนย์ขนส่งสินค้าในหลายเมือง เช่น เมืองบ่อเต็น รวมไปถึงท่าเรือบกอีก 10 แห่ง ให้เป็นไปตามมาตรฐานระดับสากล หากพัฒนาสำเร็จจะเป็นผลบวกต่อการขนส่งสินค้าเชื่อมโยงในภูมิภาคอาเซียนไปยังจีน และยุโรป ซึ่งมีรายละเอียดตามภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 เส้นทางรถไฟลาว-จีน

นอกจากนี้กระบวนการบริหารทุกขั้นตอนนับตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบสู่กระบวนการผลิต กระบวนการสั่งซื้อจนกระทั่งส่งสินค้าถึงมือลูกค้าให้มีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงสุดพร้อมกับสร้างระบบให้เกิดการไหลเวียนของข้อมูลที่ส่งผลทำให้เกิดกระบวนการทำงานในแต่ละหน่วยงานส่งผ่านไปทั่วทั้งองค์กร รวมถึงการไหลเวียนของข้อมูลยังลูกค้าและผู้จัดส่งวัตถุดิบ เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยยกระดับความสามารถในการบริหารห่วงโซ่อุปทาน ถือเป็นการเพิ่มโอกาสออกสินค้าใหม่ให้เร็วขึ้น เพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า และส่งเสริมความยั่งยืนจากกระแสเศรษฐกิจในยุคโลกาภิวัตน์ ก่อให้เกิดการแข่งขันในการดำเนินธุรกิจเป็นอย่างสูง ส่งผลให้ผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมต้องพัฒนาองค์กร เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้สามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างมั่นคงและก้าวหน้าในปัจจุบัน [2]

ในขณะเดียวกันปัญหาสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ กำลังเป็นประเด็นร้อนที่ทั่วโลกให้ความสนใจโดยเห็นได้จากการที่ธุรกิจทั่วโลกต่างพยายามวางแผนกลยุทธ์ความยั่งยืน เพื่อลดการปล่อยมลพิษ และรักษา

สิ่งแวดล้อม ซึ่งการนำหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน หรือ “Circular Economy” ที่มุ่งเน้นการหมุนเวียนใช้ทรัพยากรและพลังงานให้มีของเสียน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย และสามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ในระบบ ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการยืดอายุการใช้งานให้เต็มที่ รวมทั้งหาทางนำของเสียมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์สูงสุด จะเป็นทางออกสำคัญของการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืนของทุกกลุ่มอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุตสาหกรรมพลังงาน สาธารณูปโภคและทรัพยากร (Energy, Utilities and Resources)ที่กำลังเผชิญกับกระแสการเปลี่ยนแปลงทั่วโลกที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ จนเป็นศูนย์ภายในปี 2593 ตามเจตนารมณ์ขององค์การสหประชาชาติ (United Nation: UN) นอกจากนี้ภาคการขนส่ง โดยการปล่อยก๊าซ CO₂ ภาคการขนส่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และปัจจุบันเริ่มกลับมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการปล่อยก๊าซ CO₂ ภาคขนส่งจะสอดคล้องกับการใช้น้ำมันซึ่งมีทิศทางเดียวกับราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากเชื้อเพลิงหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO₂ ในภาคการขนส่งเกิดจากการใช้น้ำมันสำเร็จรูป ได้แก่ น้ำมันเบนซิน ดีเซล LPG น้ำมันเตาและน้ำมันเครื่องบิน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 97 ของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ในภาคการขนส่งทั้งหมด [3]

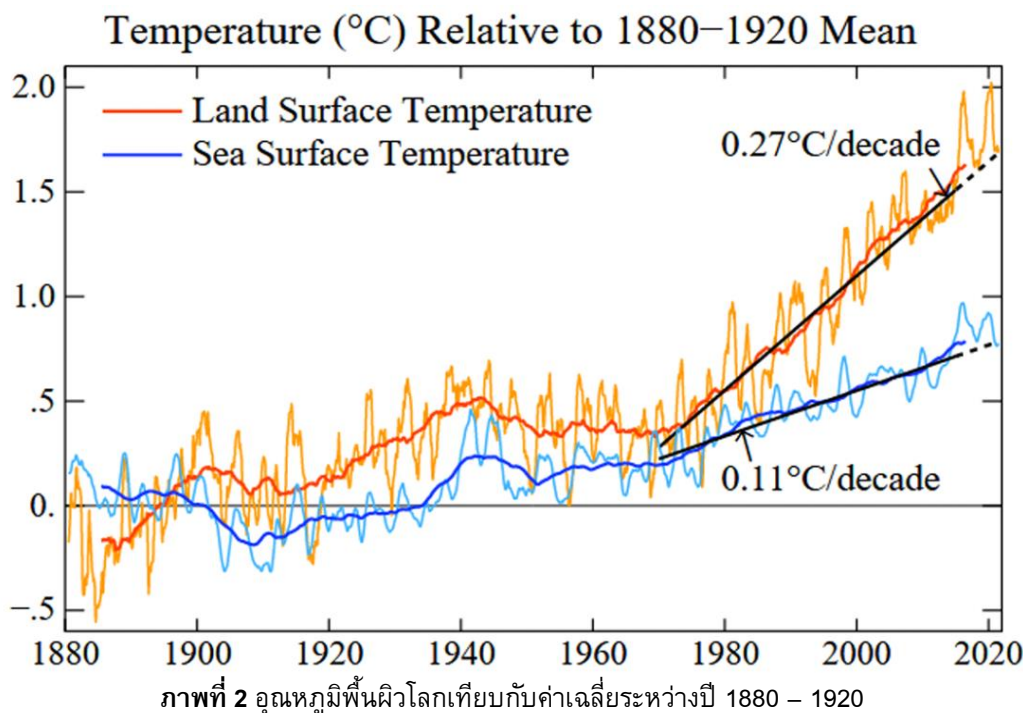
จากที่กล่าวข้างต้นการตระหนักถึงบทบาท ความสำคัญการอำนวยความสะดวกทางการค้า การพัฒนาผู้ให้บริการโลจิสติกส์ เครือข่ายการค้าใช้ประโยชน์จากการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ที่มุ่งเน้นการให้บริการแบบครบวงจร จากโครงสร้างพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพ การศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งถือได้ว่าเป็นเครื่องมือในการเพิ่มศักยภาพทางการค้า การกระจายสินค้า ด้วยวัตถุประสงค์ในการประหยัดต้นทุนการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า และการสร้างความน่าเชื่อถือในการส่งมอบสินค้า รวมทั้งมีการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพที่ดีโดยคาดหวัง จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งและการวิเคราะห์กิจกรรมโลจิสติกส์ศูนย์กลางโลจิสติกส์ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานในการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
2. เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมโลจิสติกส์ที่สำคัญในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

3. การทบทวนวรรณกรรม

อุณหภูมิโลกในเดือนกรกฎาคม +1.15°C ร้อนที่สุดเป็นอันดับ 3 นับตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1880 โดยข้อมูลความคืบหน้าจาก CSAS / GISS ณ วันที่ 25 สิงหาคม 2022 อุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยในเดือนกรกฎาคม 2022 เพิ่มขึ้นมากกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงปี 1880-1920 อุณหภูมิอากาศบนโลกสูงขึ้นนับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม แม้ว่าความแปรปรวนทางธรรมชาติจะมีส่วนสำคัญ แต่หลักฐานสำคัญที่มากกว่านั้นคือการบ่งชี้ว่ากิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดักจับความร้อนมีส่วนทำให้โลกร้อนเพิ่มขึ้นเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้อุณหภูมิโลกสูงทำสถิติในปี 2020 แม้จะเกิดปรากฏการณ์ลานีญาในช่วงไม่กี่เดือนก่อนหน้านี้ ดอกยั่วว่าอัตราการเกิดภาวะโลกร้อนที่รวดเร็วมากยิ่งขึ้นนั้นเด่นชัดเกินกว่าจะเป็นเพียงแค่ปัจจัยที่ไร้อิทธิพลและสะท้อนถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงกระทำต่อสภาพภูมิอากาศโดยรวมและความไม่สมดุลของพลังงานในโลก การเพิ่มขึ้นของแรงกระทำที่วัดได้ (ก๊าซเรือนกระจกบวกกับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก) ลดลงในช่วงที่โลกร้อนมากขึ้น เป็นนัยว่าละอองหมอกในอากาศอาจลดลงในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แต่ยังจำเป็นจะต้องวัดปริมาณละอองหมอกให้ได้อย่างแม่นยำและพัฒนาระบบสังเกตการณ์ความไม่สมดุลทางพลังงานของโลก [23, 24] ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อุณหภูมิพื้นผิวโลกเทียบกับค่าเฉลี่ยระหว่างปี 1880 – 1920

จากภาพที่ 2 อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเหนือพื้นดินเร็วกว่าเหนือมหาสมุทร 2.5 เท่า และวงจรถ่วงน้ำหนัก/ลานีญาต่างมีผลต่อความหลากหลายของอุณหภูมิระหว่างช่วงปี ซึ่งสะท้อนว่าปี 2022 จะไม่ร้อนไปกว่าปี 2021 มากนัก แต่อาจเกิดสถิติใหม่ขึ้นได้ในปี 2023 โดยมี 3 ปัจจัยที่น่าสนใจ ได้แก่ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้น 2) ละอองหมอกที่ลดลง และ 3) วงจรความเข้มข้นของสปีชีส์จะเป็นปัจจัยเสริมต่อค่าพลังงานที่ไม่สมดุลรอบโลกอยู่เดิม ซึ่งจะผลักดันให้อุณหภูมิโลกเพิ่มเกินเพดาน 1.35 องศาเซลเซียส โดยคาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 2020 “นอกจากนี้ ความล่าช้าและการรับมือที่ไม่ทันทั่วทั้งภาคการพลังงาน ยังจะทำให้โลกร้อนเกิน 2 องศาเซลเซียสภายในช่วงกลางศตวรรษ เป็นอุปสรรคต่อการพยายามลดผลกระทบจากในอดีตด้วยสมดุลทางพลังงานของโลก

การลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถือเป็นประเด็นที่จะทวีความเข้มข้นขึ้นในระยะข้างหน้า โดยอุตสาหกรรมขนส่งสินค้า ซึ่งโลจิสติกส์ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายที่ทั่วโลกได้ให้ความสำคัญในการพยายามลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแนวทางโลจิสติกส์สีเขียว (Green Logistics) ถือเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564 - 2573 สาขาคมนาคมขนส่ง โดย Krungthai COMPASS ประเมินการลด CO₂ ตามมาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพมีเป้าหมาย 10 MtCO₂e รวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด โดยประเมินว่าการเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจาก B7 เป็น B20 จะช่วยลด CO₂ จำนวน 0.1 MtCO₂e ซึ่งคิดเป็น 1% ของเป้าหมาย
- 2) การใช้เทคโนโลยีดักจับคาร์บอนเป็นแนวทางที่อาจยังมีอุปสรรคในการใช้งานจึงต้องรอการปรับปรุงในอนาคต
- 3) การเปลี่ยนไปใช้รถบรรทุกไฟฟ้า (ZEV) ที่แม้ว่าปัจจุบันจะยังมีราคาที่สูงแต่ประเมินว่าผลประโยชน์สุทธิจากการใช้รถบรรทุก ZEV จะสามารถชดเชยส่วนต่างราคาและค่าใช้จ่ายในการใช้งานระหว่างรถ ZEV และ ICE ภายใน 3-4 ปี อีกทั้งการสนับสนุนให้ใช้รถบรรทุก ZEV เฉลี่ยราวปีละ 3.76 หมื่นคัน จากจำนวนรถบรรทุกจดทะเบียนใหม่ที่คาดว่าจะ 5.1-6.6 หมื่นคัน จากปัจจุบันจนถึงปี 2573 จะทำให้การปลดปล่อย CO₂ ในปี 2573 ลดลงราว 5 MtCO₂e หรือราว 50% ของเป้าหมาย

นอกจากนี้ การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจะทำให้มีความต้องการน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นราว 1.65 พันล้านบาทต่อปี ส่วนการปรับใช้รถบรรทุก ZEV จะทำให้มูลค่าตลาดรถบรรทุก ZEV รวมระหว่างปี 2565 - 2573 จะสูงถึง 1.3 ล้านล้านบาทซึ่งจะส่ง

ผลบวกโดยตรงต่อผู้ประกอบการในธุรกิจที่เกี่ยวข้องอีกทั้ง Krungthai COMPASS มองว่าประเทศไทยมีโอกาสเป็นศูนย์กลางการผลิตครบวงจรไฟฟ้าอย่างไรก็ดียังมีความท้าทายที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ 1) บุคลากรที่มีทักษะเกี่ยวข้อง 2) มาตรการสนับสนุนการผลิตและการจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว 3) การขยายสถานีชาร์จไฟฟ้า 4) มาตรการสนับสนุนการใช้รถบรรทุกไฟฟ้าและ 5) การขนส่งเพื่อส่งออกรถบรรทุกไฟฟ้า

การจัดการโลจิสติกส์ คือ การออกแบบและการจัดการระบบการควบคุมการเคลื่อนย้ายหรือการไหลของสินค้าและข้อมูลจากต้นทางมายังบริษัท และออกจากบริษัทไปยังลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งจะเห็นว่าโลจิสติกส์นั้นจะครอบคลุมกิจกรรม และกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งหมดทุกระดับและขั้นตอนปฏิบัติการโดยวิธีการเชิงระบบ ซึ่งบริษัทจะทำการเชื่อมโยงกิจกรรมต่าง ๆ ของระบบสินค้าภายในบริษัทด้วยกันแทนที่จะแยกปฏิบัติ แต่ละกิจกรรมอย่างที่เคยทำกันมาและยอมรับการติดต่อและประสานงานระหว่างบริษัทและองค์กรภายนอก นอกจากนี้โลจิสติกส์จะถูกมองอย่างเป็นระบบและเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องหรือที่รู้จักในชื่อแบบจำลองห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Modeling) ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงกระบวนการไหล ซึ่งการจัดการโลจิสติกส์ส่งผลต่อทางธุรกิจ [4] ดังนี้

1. ปรับปรุงประสิทธิภาพ องค์กรที่มีระบบช่วยจัดการด้านโลจิสติกส์ สามารถติดตามการเคลื่อนไหวของสินค้าเข้าและออกจากธุรกิจได้จากระบบแบบเรียลไทม์ ทำให้องค์กรมีข้อมูลเพียงพอ เพื่อนำไปวิเคราะห์วางแผนเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการการจัดส่ง และหลีกเลี่ยงการหยุดชะงักที่อาจเกิดขึ้นได้

2. มั่นใจได้ถึงการจัดส่งที่ราบรื่น ภัยแล้งสำคัญในการส่งมอบสินค้าและผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้า ตรงเวลา

3. มอบความพึงพอใจแก่ลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพสร้างความพึงพอใจของลูกค้า

4. ปรับปรุงการจัดการคลังสินค้าการส่งออกสินค้าและการจัดเก็บสินค้า

การเพิ่มขีดสมรรถนะภาคการผลิตนำไปสู่ความสำเร็จในการปฏิบัติการผลิตปัจจัยที่มีผลต่อสินค้าส่งออกเพื่อเพิ่มความสามารถการแข่งขัน [5] ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีขั้นสูง 2) โลจิสติกส์และต้นทุนการขนส่ง 3) การแบ่งส่วนกระบวนการผลิต 4) ฐานข้อมูลสารสนเทศ 5) ทรัพยากรที่มีอยู่ 6) โครงสร้างพื้นฐานของประเทศ และ 7) ห่วงโซ่คุณค่า ซึ่งปัจจัยทั้ง 7 ด้านมีความสัมพันธ์ระดับเทคโนโลยีที่มีผลต่อระดับของการผลิตเพื่อส่งออก โดยในปัจจุบันระบบโลจิสติกส์ที่นำมาใช้ในธุรกิจ ได้แก่

1. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS)

2. ระบบบริหารจัดการการขนส่งสินค้า (Transportation Management System: TMS) เป็นระบบสำหรับการวางแผนและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า

3. ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่เชื่อมโยงข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Data Interchange: EDI) เป็นระบบที่เชื่อมต่อระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานและเป็นการเพิ่มมูลค่าในเครือข่ายร่วมกัน [6] รวมถึงการใช้ทรัพยากรฐานข้อมูลร่วมกัน

4. ระบบการจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management System: WMS) เป็นระบบบริหารจัดการคลังสินค้าการจัดเก็บสินค้าคงคลังและประมวลผลการดำเนินงานต่อวันของคลังสินค้า ตรวจสอบและติดตามสินค้าคงคลังในคลังสินค้า การจัดการดำเนินการคำสั่งซื้อของลูกค้า

5. ระบบวางแผนทรัพยากรในองค์กร (Enterprise Resource Planning: ERP) เป็นระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินงานโดยมีการทำงานแบบเชื่อมโยงถึงกันหมดทุกระดับกระบวนการทางธุรกิจ

6. ระบบการทำธุรกรรมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Commerce) เป็นการทำธุรกรรมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ จุดเด่นคือ ประหยัดค่าใช้จ่าย และเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจตลอดจนข้อจำกัดทางด้านภูมิศาสตร์

แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง

ทำเลที่ตั้ง เป็นการจัดหาหรือสรรหาสถานที่ สำหรับประกอบธุรกิจให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายพนักงาน ความสัมพันธ์กับลูกค้าความสะดวกตลอดจนสภาพแวดล้อมที่ดีตลอดระยะเวลาที่ประกอบธุรกิจ การพิจารณาเลือกทำเลจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ หลายประการเนื่องจากการเลือกทำเลที่ตั้งมีความสำคัญต่อการดำเนินงานของ

ธุรกิจ เช่น การวางแผนระบบการผลิต การวางแผนโรงงาน การลงทุนและรายได้ [7] ขณะที่การเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับแนวทางอุตสาหกรรมสำหรับคลังสินค้าเอกชน ควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ [8] ดังนี้

1. คุณภาพและความหลากหลายของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง
2. คุณภาพและปริมาณของแรงงาน อัตราจ้างแรงงาน
3. ต้นทุนและคุณภาพของเขตอุตสาหกรรม สิ่งแวดล้อมชุมชน สาธารณูปโภค
4. ต้นทุนของเงินทุน ต้นทุนค่าก่อสร้างศักยภาพของการขยายพื้นที่
5. การเลือกทำเลที่ตั้งควรพิจารณาหลายปัจจัยมากกว่าปัจจัยเดียว เพราะต้นทุนที่ต่ำในทางหนึ่งอาจจะไม่ได้ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด

ศูนย์กลางโลจิสติกส์

ศูนย์กลาง (HUB) [9] หมายถึง การใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ในการเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ (Logistics Hub) เชื่อมโยงกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์ทั้งหมดไว้อย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย การขนส่ง การเคลื่อนย้ายสินค้าบริการ, ข้อมูลข่าวสาร และการเคลื่อนย้ายทุน โดยมีความพร้อมเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานระบบคมนาคมขนส่ง และระบบสาธารณูปการ ภายใต้การสนับสนุนจากนโยบายภาครัฐและมีการจัดการกฎหมายและระเบียบ ข้อบังคับที่เอื้ออำนวยต่อการส่งเสริมธุรกรรมทางการค้า และมีการพัฒนาระบบขนส่งที่เชื่อมโยง ทั้งทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ สอดคล้องกับ [10] กล่าวถึงศูนย์กลางโลจิสติกส์ (Logistics Hub) คือ การใช้ประโยชน์จากความได้เปรียบเชิงพื้นที่ในการเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับเศรษฐกิจการค้าและการลงทุนโดยอาศัยระบบการขนส่งสินค้าซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างพื้นฐานคมนาคมขนส่งในการเชื่อมโยงกับการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งการที่จะเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ได้นั้นจะต้องอาศัยปัจจัยของการทำเลที่ตั้ง ทางด้านภูมิศาสตร์ รวมถึง มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งทั้งภายในและกับประเทศในภูมิภาคเดียวกันซึ่งการพัฒนากระบวนการโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพจะทำให้มีต้นทุนสินค้าและบริการที่ต่ำลง ทำให้ได้มาซึ่งความได้เปรียบทางการแข่งขัน (Comparative Advantage) ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อทางเศรษฐกิจและความเจริญของประเทศอย่างยั่งยืน

บทบาทของศูนย์กลางโลจิสติกส์โดยทั่วไป [10] ดังนี้

1. การเชื่อมโยงทางกายภาพ ศูนย์กลางโลจิสติกส์สามารถเชื่อมโยงทางกายภาพซึ่งจะทำให้การบริหารจัดการด้านการขนส่งเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและคล่องตัวซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ลดลง ได้แก่

1.1 เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายสินค้าสำหรับการขนส่งสินค้าแบบหลายรูปแบบ (Inter-Modal Transshipment Facility) ศูนย์กลางโลจิสติกส์ต้องเตรียมทรัพยากรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้บริการสำหรับการขนส่งแบบหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบการขนส่งแบบรถบรรทุกไปเป็นการขนส่งในรูปแบบรางหรือรถไฟหรือสามารถเปลี่ยนจากการขนส่งแบบรถบรรทุกไปเป็น

การขนส่งแบบรถบรรทุก เป็นต้น

1.2 เป็นจุดรวบรวมสินค้า (Consolidation Facility) ศูนย์กลางโลจิสติกส์จะทำหน้าที่เป็นจุดรวบรวมสินค้าที่มาจากหลากหลายต้นทางเพื่อไปส่งยังปลายทางซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการขนส่งลงเนื่องจากสามารถขนส่งสินค้าได้ปริมาณมาก

1.3 เป็นจุดกระจายสินค้า (Distribution) ศูนย์กลางโลจิสติกส์นอกจากทำหน้าที่รวบรวมสินค้าแล้วยังมีบทบาทในด้านกระจายสินค้าไปยังปลายทางการค้าหลายแห่งซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนในการขนส่งสินค้าลง

1.4 เป็นจุดแยกประเภทสินค้า (Product Assortment Facility) ทำหน้าที่เป็นจุดแยกสินค้าที่มาจากต้นทางหลายแห่งเพื่อส่งไปยังปลายทางหลายแห่งโดยขนส่งไปในพาหนะเดียวซึ่งจะช่วยในการลดต้นทุนการขนส่งลงเช่นเดียวกัน

1.5 จุดเก็บสินค้า (Storage Facility) เพื่อเป็นพื้นที่ในการเก็บสินค้าและส่งไปให้ลูกค้าปลายทางภายหลัง ซึ่งเมื่อลูกค้าส่งสินค้าเข้ามาผู้ขายสามารถส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า ออกไปยังลูกค้าปลายทางได้เลย

1.6 เป็นจุดบริการด้านการผลิต (Manufacturing Related Service) และบริการลูกค้าในด้านโลจิสติกส์ ถือเป็นการบริการที่เพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าก่อนที่จะจัดส่งสินค้าไปยังปลายทางและโดยการบริการด้านการผลิตในศูนย์โลจิสติกส์เป็นการผลิตอย่างง่าย เช่น การบรรจุหีบห่อใหม่ เป็นต้น

2. การเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการ สามารถช่วยให้บริหารจัดการด้านการขนส่ง ทั้งติดต่อกับหน่วยงานราชการหรือตรวจสอบสถานการณ์ส่งสินค้า เป็นต้น โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในการเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยในการบริหารจัดการด้านการขนส่งสินค้าและบริการจากการศึกษาในด้านศูนย์กลางโลจิสติกส์ในต่างประเทศพบว่า ประเทศมาเลเซียผลักดันให้เมืองปีนังเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ของประเทศและได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับศูนย์กลางโลจิสติกส์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าศูนย์กลางโลจิสติกส์ คือ พื้นที่ มีศักยภาพในด้านการกระจายสินค้า เนื่องจากเป็นพื้นที่ซึ่งสามารถเชื่อมโยงการขนส่ง ทั้งในประเทศและ ระหว่างประเทศ ซึ่งต้องมีความพร้อมทั้งในด้านเศรษฐกิจ ระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งที่สามารถเชื่อมโยงกันในทุกรูปแบบการขนส่งทั้งทางถนน ทางราง ทางเรือ และทางอากาศ

นอกจากนี้ [11] ศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา บริษัทโลจิสติกส์ การเลือกทำเลที่ตั้งเป็นปัญหาที่มีการอภิปรายกันอย่างกว้างขวางในการขนส่ง และระบบโลจิสติกส์ อีกทั้งยังมีกรกล่าวถึง การเลือกทำเลที่ตั้งเฉพาะสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ได้แก่ คลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า ศูนย์การขนส่ง และอื่น ๆ ขณะที่ [12] ศึกษาเพื่อหาศูนย์กระจายสินค้าของเบียร์ที่เหมาะสมในภาคใต้ ซึ่งทำให้กระจายสินค้าเบียร์ให้กับลูกค้าในภาคใต้ โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำที่สุดและการตอบสนองด้านปริมาณความต้องการของลูกค้าทุกรายในภาคใต้ ทั้งนี้ [13] ศึกษาการเลือกสถานที่สำหรับศูนย์โลจิสติกส์ด้วยวิธี SWARA และ CoCoSo แบบคลุมเครือโดยศูนย์โลจิสติกส์เป็นที่ตั้งของสิ่งอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น การจัดเก็บ การขนส่งสินค้า การขนย้าย การประกอบ การคัดแยกชิ้นส่วน การควบคุมคุณภาพ และการให้บริการอื่น ๆ [14] ศึกษาการเลือกสถานที่ด้านโลจิสติกส์ด้วยวิธีบูรณาการ Critic-Ahp และ Vikor โดยต้นทุนการขนส่งส่งผลโดยตรงต่อเศรษฐกิจของประเทศ การเพิ่มขึ้นของต้นทุนการขนส่งขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานได้ขึ้นนำประเทศต่างๆ ในการพัฒนากลยุทธ์การขนส่งแบบรวมเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยใช้การวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed Methods Research) ระหว่างวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) เพื่อสำรวจและวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยและกิจกรรมโลจิสติกส์ที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ได้แก่ 2) เจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาปัจจัยพื้นฐานระบบโลจิสติกส์สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 2) กลุ่มผู้ประกอบการรัฐวิสาหกิจที่ให้บริการด้านโลจิสติกส์ หรือบริษัทเอกชนที่ให้บริการด้านโลจิสติกส์ และ 3) กลุ่มสมาคมผู้ประกอบการขนส่งสินค้าและคอนเทนเนอร์ โดยคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป มีความรู้ ความเข้าใจและสามารถให้ข้อมูลในเรื่องที่เกี่ยวข้องโดยตรง ซึ่ง [15] กล่าวถึงผู้ให้ข้อมูลสำคัญไม่ควรน้อยกว่า 8 - 12 คน ฉะนั้นผู้ให้ข้อมูลสำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงกำหนดไว้ทั้งหมด 15 คน จากผู้แทน 3 กลุ่ม ดังนี้

1. เจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์ จำนวน 5 คน
2. กลุ่มผู้ประกอบการรัฐวิสาหกิจหรือบริษัทเอกชน จำนวน 5 คน
3. กลุ่มสมาคมผู้ประกอบการขนส่งสินค้าและคอนเทนเนอร์ จำนวน 5 คน

ระยะที่ 2 รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ประชากรในการศึกษาวิจัย ได้แก่ เจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาปัจจัยพื้นฐานระบบโลจิสติกส์ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มผู้ประกอบการรัฐวิสาหกิจ/บริษัทเอกชน และกลุ่มสมาคมผู้ประกอบการขนส่งสินค้าและคอนเทนเนอร์ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทั้งหมดจำนวน 100 คน การศึกษาวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมทั้งประชากรทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพ เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในประเด็นปัญหา และแนวทางการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวที่ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น ซึ่งรายละเอียด ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ และส่วนที่ 2 การสัมภาษณ์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในประเด็นปัญหา และแนวทางการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ที่ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ เป็นแบบสอบถามประเภทมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ กำหนดคะแนนแต่ละระดับ [16] ดังนี้

5	หมายถึง	มีระดับความเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	มีระดับความเห็นอยู่ในระดับมาก
3	หมายถึง	มีระดับความเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	มีระดับความเห็นอยู่ในระดับน้อย
1	หมายถึง	มีระดับความเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

โดยมีรายละเอียดแบบสอบถาม 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน รายได้ปัจจุบัน เป็นลักษณะแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลระดับความเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แบ่งได้เป็น 1) ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ 2) ปัจจัยด้านปริมาณสินค้าที่ขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ 3) ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน 4) ปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจ และ 5) กิจกรรมโลจิสติกส์ 13 กิจกรรม

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพ

1. ศึกษาจากเอกสารแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางการกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย
2. นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแนวคิดทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการศึกษาเบื้องต้นมาสร้างกรอบเนื้อหาของการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview)

3. ตรวจสอบความถูกต้องเนื้อหาเครื่องมือ ด้วยวิธีการนำแบบสัมภาษณ์ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบแล้ว นำมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีความถูกต้องของภาษาและความครอบคลุมเนื้อหา ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากที่สุด

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ

การศึกษาระดับความเห็นด้วยเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แบ่งได้ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ ทฤษฎี ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยและกิจกรรมโลจิสติกส์ที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ของนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

2. สร้างแบบสอบถามที่เหมาะสมสอดคล้องกับบริบทของเนื้อหาการวิจัยที่เกี่ยวข้องปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

3. นำร่างแบบสอบถามที่ได้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ตลอดจนความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การวิจัยกับข้อคำถาม (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา หลังจากหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อคำถาม โดยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะวัตถุประสงค์การวิจัยวัดจากสมการ [17] ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

กำหนดให้

IOC	=	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence)
R	=	ผลรวมของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
n	=	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยกำหนดคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญให้ ดังนี้

+1	หมายถึง คำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย
-1	หมายถึง คำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย
0	หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ทั้งนี้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ค่า IOC > .50	หมายความว่า ข้อคำถามมีความเที่ยงตรงต่อวัตถุประสงค์การวิจัย
ค่า IOC < .50	หมายความว่า ข้อคำถามไม่มีความเที่ยงตรงต่อวัตถุประสงค์การวิจัย

4. นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ในเขตหน้าด่านจังหวัดหนองคาย ประเทศไทย จำนวน 30 คน นำมาคำนวณหาความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Alpha Coefficient) โดยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า α ตั้งแต่ 0.75 ขึ้นไป ถือว่าข้อคำถามนั้นมีความเชื่อมั่น [17] โดยค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.858 ซึ่งมากกว่า 0.75 ขึ้นไป จึงถือว่าข้อคำถามงานวิจัยครั้งนี้มีความเชื่อมั่นสามารถใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างได้

5. จัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะที่ 1 รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามใช้เวลาในการดำเนินการวิจัย 1 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม 2565 ถึงเดือนธันวาคม 2565 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยยึดความมุ่งหมายของการวิจัย เครื่องมือที่ใช้วิจัยรวมทั้งการบันทึกภาคสนามเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) ข้อมูลสภาพบริบทของพื้นที่วิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการศึกษาจากเอกสาร เป็นการสืบค้นจากเอกสาร ตำรา วารสาร ตลอดจนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และการศึกษาในประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา และแนวทางการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ และ 2) ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนามเป็นการเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structure Interviews) โดยอาศัยเครื่องมือที่ได้จัดทำขึ้นดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์ประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา และแนวทางการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทั้งนี้จากการ

ลงเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนใหญ่ผู้ประกอบการยังเข้าใจบริบทโลจิสติกส์รวมถึงกระบวนการทางด้านโลจิสติกส์และซัพพลายเชนยังน้อยมาก ผู้วิจัยต้องอธิบายรายละเอียดต่างๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจทั้งสองฝ่ายและข้อมูลมีความถูกต้องและตรงกับความต้องการตามวัตถุประสงค์การศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ระยะที่ 2 รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรด้วยตนเองเพื่อให้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วนมีรายละเอียด ได้แก่ 1) ติดต่อทำหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยขอความอนุเคราะห์จากผู้บริหาร ผู้จัดการ หรือหัวหน้างาน ช่วยจัดส่งแบบสอบถามให้กับตัวอย่างในการวิจัยโดยเข้าเก็บข้อมูลด้วยตนเอง 3) ดำเนินการติดตามสอบถามนัดหมายการรับแบบสอบถามกลับคืนมาด้วยตนเอง 4) ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของข้อมูล นำแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์มาทำการลงรหัส (Coding) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการจัดกระทำข้อมูล โดยการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลตามเครื่องมือที่จัดเก็บข้อมูลเป็นหมวดหมู่และสร้างระบบแยกเป็นหมวดหมู่ข้อมูล (Typology Analysis) ข้อมูลตามขอบเขตเนื้อหาการวิจัยโดยดำเนินการจัดกระทำข้อมูลตามลำดับ ได้แก่ 1) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของบันทึกการสัมภาษณ์ 2) บันทึกข้อมูลการสัมภาษณ์ของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 3) จัดหมวดหมู่ตามความมุ่งหมายของการวิจัยและเครื่องมือการวิจัย 4) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลตามขอบเขตเนื้อหา

การนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

จำแนกข้อมูลเป็นหมวดหมู่ตามประเด็นที่ศึกษาพร้อมกับตรวจสอบข้อมูลโดยวิธีตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) ได้แก่ การแสวงหาความเชื่อถือได้ของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้วิธีการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data Triangulation) เป็นหลัก ดังนี้

1. ด้านสภาพพื้นที่ การรวบรวมข้อมูลเรื่องเดียวกันแหล่งข้อมูลที่มาต่างกัน ได้แก่ สถานที่แหล่งจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์
2. ด้านบุคคล ใช้การรวบรวมข้อมูลเรื่องเดียวกันจากผู้ให้ข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้เทคนิคแบบสามเส้า (Triangulation) เพื่อให้ข้อมูลมีความเป็นจริงและน่าเชื่อถือ ดังนี้

ข้อมูลจากผู้วิจัย + ข้อมูลจากสัมภาษณ์ + ข้อมูลการสังเกต

การวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายการวิจัยโดยการวิเคราะห์แบบสรุปอ้างอิง (Inductive Analysis) ตามแนวคิดของ [18] ตรวจสอบผลการวิเคราะห์จากแหล่งข้อมูลและผู้ให้ข้อมูล การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายการวิจัยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ความเรียงแบบการพรรณนาเชิงวิเคราะห์ (Descriptive Analysis)

ระยะที่ 2 รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการด้วยตนเองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วนมีรายละเอียด ได้แก่ 1) ติดต่อทำหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยขอความอนุเคราะห์จากผู้บริหาร ผู้จัดการ หรือหัวหน้างาน ช่วยจัดส่งแบบสอบถามให้กับตัวอย่างในการวิจัยโดยเข้าเก็บข้อมูลด้วยตนเอง 3) ดำเนินการติดตามสอบถามนัดหมายการรับแบบสอบถามกลับคืนมาด้วยตนเอง 4) ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของข้อมูลทำการลงรหัส (Coding) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายการวิจัยโดยการวิเคราะห์แบบสรุปอ้างอิง (Inductive Analysis) ตามแนวคิดของ [18] ตรวจสอบผลการวิเคราะห์จากแหล่งข้อมูลและผู้ให้ข้อมูล การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการวิจัย ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ความเรียงแบบการพรรณนาเชิงวิเคราะห์ (Descriptive Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเชิงปริมาณ ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามโดยการแจกแจงความถี่ และค่าร้อยละ
2. วิเคราะห์ผลระดับความเห็นด้วยเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวโดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. นำผลการวิเคราะห์ทางสถิติมาแปลผลตามเกณฑ์ [19] แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้
 - ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ระดับความเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด
 - ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ระดับความเห็นอยู่ในระดับมาก
 - ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ระดับความเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
 - ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ระดับความเห็นอยู่ในระดับน้อย
 - ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ระดับความเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด
4. วิเคราะห์ข้อมูลสรุปข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

กำหนดให้

$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง
n	แทน	จำนวน คะแนนในกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

กำหนดให้

S.D	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
x	แทน	ผลคะแนนแต่ละตัว
n	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่มตัวอย่าง
$\sum$	แทน	ผลรวม

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. นครหลวงเวียงจันทน์มีความเหมาะสมจัดตั้งเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทั้งนี้ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน ปัจจัยด้านปริมาณสินค้า และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจและกิจกรรมโลจิสติกส์โดยผู้ให้ข้อมูลสำคัญมีความเห็นในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากนครหลวงเวียงจันทน์เป็นจุดศูนย์กลางสินค้า ศิลปะวัฒนธรรม รวมทั้งเป็นเมืองหลวงที่สำคัญของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวมีโครงข่ายคมนาคมขนส่งที่ประกอบด้วยเส้นทางสายหลักสามารถเชื่อมโยงภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ครอบคลุมทุกภูมิภาคอันจะนำสู่การดำเนินธุรกิจที่มีการบูรณาการในหลาย ๆ ด้านภาพรวมทั้ง 4 ปัจจัย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.39 โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ รองลงมาเป็นปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน ปัจจัยด้านกิจกรรมโลจิสติกส์ ปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจ และปัจจัยด้านปริมาณสินค้าที่ขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีค่าเฉลี่ย ($= 4.42, = 4.41, = 4.40, = 4.38$, และ $= 4.36$) รายละเอียดตามตารางที่ 1 ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์กิจกรรมโลจิสติกส์ที่สำคัญในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยแต่ละกิจกรรมที่ดำเนินการสามารถสอดคล้องประสานงานเพิ่มประสิทธิภาพ การดำเนินงานทางด้านโลจิสติกส์ทั้งภายในและภายนอกได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ทั้ง 13 กิจกรรม ที่สำคัญในการตัดสินใจเพื่อการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ของนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวโดยเป้าหมายในการดำเนินงานกิจกรรมโลจิสติกส์ประกอบด้วย มีความรวดเร็วในการการไหลลื่นส่งมอบของสินค้า การไหลลื่นของข้อมูลข่าวสาร การสร้างมูลค่าเพิ่มในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของตลาด ลดต้นทุนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการสินค้า การดูแลและขนส่งสินค้า การเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพการแข่งขัน

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความเห็นเกี่ยวกับปัจจัยและกิจกรรมโลจิสติกส์ที่ใช้ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ของนครหลวงเวียงจันทน์ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยภาพรวม

ปัจจัยและกิจกรรมโลจิสติกส์ที่ใช้ในการคัดเลือก ทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ภาพรวม	$\bar{X}$	σ	ระดับความ คิดเห็น	อันดับ
1. ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์	4.42	0.56	มาก	1
2. ปัจจัยด้านปริมาณสินค้าที่ขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ	4.36	0.60	มาก	5
3. ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน	4.41	0.56	มาก	2
4. ปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจ	4.38	0.57	มาก	4
5. กิจกรรมโลจิสติกส์ 13 กิจกรรม	4.40	0.57	มาก	3
รวม	4.39	0.47	มาก	

3. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานระบบโลจิสติกส์ในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์นครหลวงเวียงจันทน์ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กิจกรรมโลจิสติกส์ทุกกิจกรรมมีบทบาทและมีความสำคัญต่อการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมดำเนินงานภายในศูนย์กลางโลจิสติกส์ที่คอยสนับสนุนส่งเสริมให้เกิดการส่งมอบสินค้าและบริการได้อย่างมีคุณภาพภายใต้ต้นทุนที่เหมาะสมและเสริมสร้างศักยภาพให้กับองค์กรเป็นอย่างดี นอกจากนี้สิ่งที่ต้องพิจารณาในปัจจัยพื้นฐานแล้วที่สำคัญการออกแบบและการจัดระบบควบคุมการไหลสินค้าและบริการที่มีประสิทธิภาพจากต้นน้ำสู่ลูกค้าที่เป็นปลายทางมีประสิทธิภาพ ศูนย์กลางโลจิสติกส์ของนครหลวงเวียงจันทน์ต้องคำนึงถึงประโยชน์ต่าง ๆ เช่น 1) การลดต้นทุนในการดำเนินงานของธุรกิจ 2) การทำงานมีมาตรฐานเป็นกระบวนการมากขึ้น 3) การประสานงานในองค์กรได้ง่ายมากยิ่งขึ้น 4) ให้ความสำคัญในการบริการที่เน้นตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้ามากยิ่งขึ้น 5) ความสะดวกรวดเร็วในการติดต่อหน่วยงานของหน่วยงานภาครัฐ และ 6) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่สร้างความน่าเชื่อถือและสร้างความโปร่งใสในการให้บริการ

6. สรุปและอภิปรายผล

1. ปัจจัยพื้นฐานในการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลาย ๆ ด้านได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ ภาครัฐบาลและภาคเอกชนร่วมมือกันสร้างแผนการนำพาประเทศสู่การเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ที่ชัดเจน โดยเฉพาะนครหลวงเวียงจันทน์มีความเหมาะสมจะเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ของประเทศ เนื่องจากสามารถอาศัยยุทธศาสตร์ในเชิงพื้นที่ในการกระจายสินค้าที่มีการเชื่อมโยงเส้นทางการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดระบบ

การจัดการโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพอย่างมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิค TOPSIS ของ [20] กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของบริษัทผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์ ซึ่งต้องการสร้างคลังสินค้าเพื่อรองรับปริมาณลูกค้าที่เพิ่มขึ้นโดยการสอบถามผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งโดยปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้า 4 ปัจจัยใหญ่ ๆ คือ 1) ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ 2) ปัจจัยด้านปริมาณสินค้าที่ขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ 3) ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน และ 4) ปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจ

2. ผลการวิเคราะห์กิจกรรมโลจิสติกส์มีผลต่อการคัดเลือกที่ตั้งเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยเป้าหมายในการดำเนินงานกิจกรรมโลจิสติกส์เพื่อให้เกิดความรวดเร็ว การไหลลื่นส่งมอบของสินค้า และข้อมูลข่าวสาร รวมถึงการสร้างมูลค่าเพิ่มในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของตลาดโดยกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ทั้ง 13 กิจกรรมมีความสำคัญทุกด้านอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย (= 4.40) ที่ถือว่าเป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อนที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพและเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการจัดการโลจิสติกส์สำหรับการท่องเที่ยวในจังหวัดนนทบุรี ของ [21] ได้กล่าวว่าศึกษาการจัดการโลจิสติกส์ที่มีผลต่อความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องศึกษาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคเหนือของบริษัทผลิขนมอบกรอบประเภทแครกเกอร์ และบิสกิต [22] กล่าวว่าการศึกษาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห (Center of Gravity) สามารถแสดงค่าพิกัดที่ตำแหน่งเหมาะสมที่สุดในการตั้งศูนย์กระจายสินค้าและสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องศึกษาเพื่อหาศูนย์กระจายสินค้าของเบียร์ที่เหมาะสมในภาคใต้ ซึ่งทำให้กระจายสินค้าเบียร์ให้กับลูกค้าในภาคใต้ [12] กล่าวว่าการศึกษาเพื่อหาศูนย์กระจายสินค้าของเบียร์ที่เหมาะสมในภาคใต้ ซึ่งทำให้กระจายสินค้าเบียร์ให้กับลูกค้าในภาคใต้ โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำที่สุดและการตอบสนองด้านปริมาณความต้องการของลูกค้าทุกรายในภาคใต้

องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการศึกษาวิจัยสามารถนำไปพัฒนาต่อสำหรับการวางแผน นโยบายในการจัดตั้งเตรียมความพร้อมในองค์กรประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและความร่วมมือทั้งภาครัฐและเอกชนต้องร่วมผลักดันเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวให้เกิดการเชื่อมโยงการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ที่สามารถเชื่อมโยงกิจกรรมทางเศรษฐกิจกับระบบโลจิสติกส์ทั้งหมด ภายใต้การสนับสนุนจากนโยบายภาครัฐ และมีการจัดการกฎหมายและระเบียบ ข้อบังคับที่เอื้ออำนวยต่อการส่งเสริมธุรกรรมทางการค้า

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. พัฒนาโครงข่ายเส้นทางการคมนาคมให้มีสภาพเส้นทางที่ได้มาตรฐานสะดวกต่อการใช้งานในขนส่งรูปแบบต่าง ๆ อย่างครอบคลุมและทั่วถึงทั้งสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

2. พัฒนาปรับปรุงสร้างความเป็นรูปธรรมการให้บริการในสิ่งอำนวยความสะดวกทางกายภาพ เช่น สถานีขนส่งวัสดุอุปกรณ์ ที่สามารถสื่อสารให้ลูกค้ารับรู้มีความสะดวก ความรวดเร็วให้กับผู้ประกอบการตลอดจนสามารถนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบมาตรฐานของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ได้

3. พัฒนาส่งเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถทางด้านโลจิสติกส์ให้สอดคล้องกับทิศทางตลาดงานในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาโครงสร้างการนำเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้ในการสร้างความสามารถทางการแข่งขันของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
2. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการจัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์นครหลวงเวียงจันทน์ต่อภาพลักษณ์การท่องเที่ยวของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
3. ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อต้นทุนการดำเนินการจัดการขนส่งต่อการสร้างความสามารถทางการแข่งขันของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] เจตน์เบ็ญญี อินโฟโลจิสติกส์. (2563). [สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2564], การจัดการโลจิสติกส์ มีความสำคัญอย่างไรต่อธุรกิจ ? สืบค้นจาก https://jwd-group.com/th/knowledge_bases/logistics_management/
- [2] สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม. (2560). คู่มือการประเมินประสิทธิภาพและศักยภาพด้านโลจิสติกส์และซัพพลายเชน. เชียงใหม่: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [3] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2564). [สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2564], การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงาน ปี 2564. สืบค้นจาก https://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/download/22061_5ccc70b8d6aaf1e3d3d34dc98b6d138bc2
- [4] อัจฉรา นิมิตปัญญา. (2563). ภาคธุรกิจโลจิสติกส์กับการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ. The National Defense College of Thailand Journal, 62(3), 51 - 60.
- [5] Lall, S., Weiss, J., & Zhang, J. (2006). The “sophistication” of exports: A new trade measure. World development, 34(2), 222-237.
- [6] Duclos, L. K., Sih, S. M., & Lummus, R. R. (1995). JIT in services: a review of current practices and future directions for research. International Journal of Service Industry Management, 6(5), 36-52.
- [7] วริศรา สุภา และ ขนิษฐา เรียงกระโทก. (2561). การตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าของบริษัทจำหน่ายเคมีภัณฑ์. (โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต).
- [8] Tanit Sorat. (2007). HUB & Spokes. Retrieved from <http://www.tanitsorat.com/view.php?id=51>
- [9] วริศรา สุภา และ ขนิษฐา เรียงกระโทก. (2561). การตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าของบริษัทจำหน่ายเคมีภัณฑ์. (โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต).
- [10] สุกฤษณ์ ลุนชัยภา. (2562). ศักยภาพและโอกาสในการเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ในเขตภาคอีสานของจังหวัดขอนแก่น. (การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- [11] เกษศิริพันธ์ ธีรดิไชพา. (2564). การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์: กรณีศึกษาบริษัทโลจิสติกส์. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- [12] อริวัฒน์ ลีนะธรรม. (2559). การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าโดยการประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตเบียร์. (สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ).

- [13] Ulutaş, A., Karakuş, C. B., & Topal, A. (2020). Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693-4709.
- [14] Tabak, Ç., Yıldız, K., & Yerlikaya, M. (2019). Logistic location selection with Critic-Ahp and Vikor integrated approach. *Data Science and Applications*, 2(1). 21-25.
- [15] บุญธรรม กิจปรีดาภิรุทธิ์. (2551). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพมหานคร: จามจุรีโปรดักท์.
- [16] บุญชม ศรีสะอาด. (2554). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- [17] ธาณินทร์ ศิลป์จารุ. (2557). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. กรุงเทพมหานคร: สามัญนิสซิเนส อาร์ แอนด์ ดี.
- [18] สุภางค์ จันทวานิช. (2554). การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [19] Best, John W. (1977). *Research in Education* (3rd ed.). Englewood cliffs: N.J.: Prentice-Hall.
- [20] พยุงศักดิ์ แก้วมณี. (2556). การประยุกต์ใช้เทคนิค TOPSIS. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- [21] สุภัทสร่า ปัญโญรัฐโรจน์. (2561). การจัดการโลจิสติกส์สำหรับการท่องเที่ยวในจังหวัดนนทบุรี. *Journal of Humanities and Social Sciences*, Rajapruk University, 4 (supplement), 151-161.
- [22] สุชาติ ประกอบ. (2556). การศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคเหนือ กรณีศึกษาบริษัทตัวอย่าง อุตสาหกรรมขนมอบกรอบประเภทแคล็กเกอร์และบิสกิต. (สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา).
- [23] ศูนย์พัฒนาการสื่อสารด้านภัยพิบัติ. (2022). [สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2566], นักวิทยฯ คาด ปี 2023 อาจร้อนสร้างสถิติใหม่. สืบค้นจาก [https://dxc.thaipbs.or.th/news_update/ปี 2023 อาจ-ร้อน-สร้างสถิติใหม่/](https://dxc.thaipbs.or.th/news_update/ปี%2023%20อาจ-ร้อน-สร้างสถิติใหม่/)
- [24] Hansen, Makiko & Ruedy. (2021). Global Temperatures in 2021 Retrieved from <http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/Emails/Annual2021.pdf>

ไฮโดรเจน พลังงานทางเลือกแห่งอนาคต

HYDROGEN: THE ALTERNATIVE ENERGY OF THE FUTURE

ฐกฤต ปานขลิบ^{1*}Thakrit Panklib^{1*}¹หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม^{*}Corresponding author E-mail: thakritp@siamtechno.ac.th

Received: December 8, 2023

Revise: December 16, 2023

Accepted: December 29, 2023

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหลายประเทศต่างมีเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศหรือการปลดปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ (Net Zero Emission) เนื่องจากเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาสภาวะโลกร้อนที่ทุกประเทศทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ในวันนี้ ดังจะเห็นได้จากการที่อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น 1.1 °C เมื่อเทียบกับก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม เป็นที่เข้าใจกันว่าการบรรลุเป้าหมาย Net Zero ภายในปี 2050 เป็นความพยายามที่จะรักษาให้อุณหภูมิโลกให้เพิ่มขึ้นไม่เกิน 1.5 °C การที่จะบรรลุเป้าหมายที่วางเอาไว้ นานาประเทศจะต้องร่วมมือกันไม่ว่าจะเป็น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ การเปลี่ยนมาใช้รถยนต์ไฟฟ้า และการใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ประเภทต่างๆ และรวมถึงการร่วมกันลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) ในแต่ละภาคส่วน ซึ่งการใช้พลังงานไฮโดรเจน (Hydrogen) นับอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพราะมีข้อดีต่างๆ มากมาย เช่น หลังการสันดาปจะปลดปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ เป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีจำนวนไม่จำกัด สามารถให้พลังงานความร้อนได้สูงมากถึง 2.5 เท่าของก๊าซธรรมชาติเมื่อเปรียบเทียบที่น้ำหนักเดียวกัน และสามารถนำมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ได้อีกด้วย ดังนั้นไฮโดรเจน จึงเป็นอีกพลังงานทางเลือกซึ่งน่าจะมีบทบาทสำคัญในอนาคตและมีบทบาทสำคัญในการลดการปลดปล่อยคาร์บอนในหลายภาคส่วน เช่น อุตสาหกรรมเคมี โลหะ และการขนส่ง เป็นต้น โดยในปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกได้นำไฮโดรเจนเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของแผนยุทธศาสตร์พลังงานแห่งชาติแล้ว

คำสำคัญ: ไฮโดรเจน พลังงานทดแทน พลังงานหมุนเวียน

Abstract

Currently, many countries have goals to reduce the amount of greenhouse gases released into the atmosphere or to release carbon to zero (Net Zero Emission) because it is an important cause of the global warming problem that every country around the world is facing today. This can be seen from the fact that the global temperature has increased by 1.1°C compared to before the industrial revolution era. It is understood that achieving Net Zero by 2050 is an effort to keep the global temperature increase no more than 1.5°C. To achieve the set goal, many countries must work together whether it is Reducing the release of greenhouse gases into the atmosphere Changing to electric cars and the use of various types of renewable energy (Renewable Energy) and including jointly reducing the use of fossil fuels (Fossil Fuel) in each sector. The use of hydrogen energy (Hydrogen) is another interesting option because it has many advantages, such as after combustion it will release zero carbon. It is an unlimited amount of renewable energy. Can provide 2.5 times as much heat energy as natural gas when

compared to the same weight. And it can be used in conjunction with fuel cell technology to produce electricity for use in various forms as well. Therefore, hydrogen Therefore, it is another alternative energy which is likely to play an important role in the future and plays an important role in reducing carbon emissions in many sectors such as the chemical industry, metallurgy, and transportation, etc. At present, many countries around the world have introduced hydrogen as energy. already part of the National Energy Strategic Plan.

Keywords: hydrogen, alternative energy, renewable energy

1. บทนำ

ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุดและเป็นองค์ประกอบของน้ำ (H_2O) ที่มีอยู่มากที่สุดบนโลก นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบอื่นๆ เช่น สารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน (HC) หรือผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศที่เราใช้กันอยู่ในทุกวันนี้ คุณสมบัติทั่วไปของไฮโดรเจน คือ มีค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟง่าย มีความสะอาด ไม่เป็นพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญก็คือเมื่อเกิดการเผาไหม้ผลพลอยได้ก็จะมีเพียง ความร้อน น้ำ และออกซิเจน เท่านั้น ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซหรือสารพิษใดๆ ที่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม และสภาพภูมิอากาศ ไฮโดรเจนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ไม่ว่าจะเป็นในอุตสาหกรรมการผลิต การขนส่ง รวมไปถึงในการวิจัยและพัฒนาในห้องปฏิบัติการต่างๆ

2. เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจน

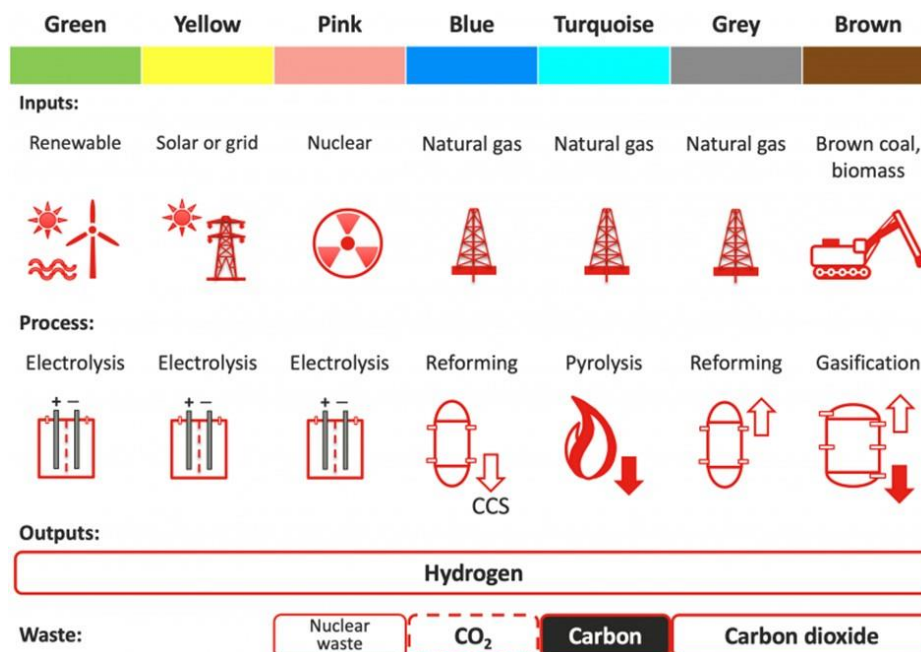
เทคโนโลยีในการผลิตไฮโดรเจน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 เทคโนโลยีหลัก ได้แก่ กระบวนการความร้อนเคมี (Thermo Chemical Processes) กระบวนการไฟฟ้าเคมี (Electro Chemical Processes) และ กระบวนการชีวเคมี (Biochemical Processes)

2.1 กระบวนการความร้อนเคมี (Thermo Chemical Processes) ไฮโดรเจนสามารถผลิตได้โดยวิธีทางเคมีโดยใช้ความร้อน มีวัตถุดิบหลักที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้คือก๊าซสังเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย ไฮโดรเจน (H_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) และมีเทน (CH_4) จากนั้นจะผ่านกระบวนการเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ไฮโดรเจนที่บริสุทธิ์ขึ้น ซึ่งการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการความร้อนเคมี ได้แก่ กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ (Steam Reforming) กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) ปัจจุบันการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำจากก๊าซธรรมชาติ เป็นกระบวนการที่ใช้กันแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งในประเทศไทยใช้กระบวนการนี้ในการผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ

2.2 กระบวนการไฟฟ้าเคมี (Electro Chemical Processes) เป็นการนำไฟฟ้าเพื่อแยกน้ำเพื่อให้ได้ไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยไฟฟ้าที่มาจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทุกชนิดสามารถใช้ได้กับกระบวนการนี้ ไม่ว่าจะเป็นไฟฟ้าจาก แหล่งพลังงานฟอสซิล พลังงานหมุนเวียน รวมทั้งจากพลังงานนิวเคลียร์

2.3 กระบวนการชีวเคมี (Biochemical Processes) กระบวนการนี้เป็นการผลิตไฮโดรเจนโดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสงของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหรือจุลินทรีย์และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้จะเปลี่ยนสารตั้งต้นให้เป็นไฮโดรเจน อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังมีข้อเสียก็คือมีประสิทธิภาพต่ำความสามารถในการผลิตถูกจำกัดด้วยความเข้มแสงที่ได้รับ

ถึงแม้ว่าไฮโดรเจนจะมีคุณสมบัติที่ดีมากมายและสามารถช่วยแก้ปัญหาภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้ (Climate Change) แต่กระบวนการผลิตไฮโดรเจนนั้นก็ยังคงต้องมีการศึกษาและเฝ้าติดตามอย่างรอบคอบ โดยในปัจจุบันไฮโดรเจนที่ผลิตได้จะถูกจำแนกออกได้เป็นทั้งหมด 7 สีตามปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในกระบวนการผลิตและปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ที่ถูกปลดปล่อยออกมาต่อทุกๆ 1 กิโลกรัมของไฮโดรเจนที่ผลิตได้ ดังรูปที่ 1



ที่มา: <https://broadleaf.com.au/resource-material/the-colour-of-hydrogen/>

รูปที่ 1 กระบวนการผลิตไฮโดรเจนซึ่งแบ่งตามสีและผลพลอยได้จากการผลิต

3. การใช้ประโยชน์จากไฮโดรเจนในปัจจุบัน

3.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ไฮโดรเจนถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการเปลี่ยนหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ถูกนำมาเป็นสารตั้งต้นเพื่อกำจัดสารซัลเฟอร์ในน้ำมันซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ฝนกรด นอกจากนี้ไฮโดรเจนยังถูกนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิตเพื่อเปลี่ยนโพลีเอทิลีนให้เป็นเบนซินและมีเทน เป็นต้น

3.2 ใช้กับเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) ไฮโดรเจนถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งจะทำปฏิกิริยารีดอกซ์และออกซิเดชันในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทำให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้น โดยถือเป็นการผลิตที่สะอาด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิต คือ พลังงานไฟฟ้าและน้ำ โดยไม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ

3.3 ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยจะมีการเติมไฮโดรเจนเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมันสัตว์และน้ำมันพืชให้กลายเป็นกรดไขมันอิ่มตัว เพื่อใช้ในการผลิตเนยขาว เนยถั่ว และเนยเทียม เป็นต้น

3.4 ใช้ในอุตสาหกรรมเภสัชภัณฑ์ โดยจะใช้ไฮโดรเจนเป็นสารตั้งต้นเพื่อผลิตซอร์บิทอล (Sorbitol) ซึ่งเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ เพื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง วัสดุประสาน และสารตั้งผิว ฯลฯ

3.5 อุตสาหกรรมโลหะ โดยไฮโดรเจนถูกนำไปใช้กันอย่างกว้างขวางในด้านวิศวกรรม เช่น ใช้เป็นก๊าซป้องกันในกระบวนการเชื่อมโลหะในกระบวนการผลิตเตาเผา โดยปกติไฮโดรเจนจะถูกผสมกับอาร์กอนเพื่อใช้สำหรับการเชื่อมและยังถูกใช้ในกระบวนการตัดโลหะและการผลิตต่างๆ

3.6 การบินและอวกาศ ไฮโดรเจนเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ เนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะของก๊าซไฮโดรเจน คือ น้ำหนักเบา และ เป็นแหล่งพลังงานสะอาด ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิง 2 ชนิดที่เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ คือ เซลล์เชื้อเพลิง Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) และ เซลล์เชื้อเพลิง Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

4. ข้อจำกัดของการใช้พลังงานไฮโดรเจน

ถึงแม้ไฮโดรเจนจะมีประโยชน์หลายประการ เช่น ไฮโดรเจนสามารถสังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบตามธรรมชาติหลากหลายประเภท และเมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีเพียงน้ำและออกซิเจนเท่านั้นที่เป็นผลพลอยได้โดยปราศจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนยังให้ค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่สูงกว่าค่าพลังงานชนิดอื่น และไม่ก่อให้เกิดมลพิษและกลุ่มควันฝุ่นละออง อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับงานร่วมกับพลังงานดั้งเดิมได้ แต่การใช้พลังงานไฮโดรเจนก็มีข้อจำกัดเช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

4.1 การจัดเก็บและขนส่ง เนื่องจากไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และยังมีคุณสมบัติในการกักตุน จึงทำให้เกิดความยากลำบากในการจัดเก็บและการขนส่ง

4.2 ต้นทุนสูงในการผลิตพลังงานไฮโดรเจนสีเขียว ซึ่งปราศจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าอิเล็กโทรไลเซอร์ (Electrolyzer) ประสิทธิภาพสูง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแยกน้ำออกเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยใช้กระแสไฟฟ้า โดยอุปกรณ์นี้มีต้นทุนสูง แต่ราคาของอุปกรณ์ดังกล่าวก็มีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆ

4.3 ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเข้ามาช่วย ในการที่จะเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการใช้ก๊าซธรรมชาติมาเป็นการใช้ไฮโดรเจน เพื่อให้การผลิตไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5. การจัดเก็บไฮโดรเจน

กระบวนการกักเก็บไฮโดรเจน ซึ่งสามารถทำได้ทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ในอดีตการใช้ประโยชน์จากไฮโดรเจนส่วนมากมาจากไฮโดรเจนสีเทา (Grey Hydrogen) แต่ในยุคเปลี่ยนผ่านทางพลังงานนั้น การใช้ประโยชน์จากไฮโดรเจนจึงมีความหลากหลายมากขึ้น เช่น การใช้ไฮโดรเจนในภาคขนส่ง การให้ความร้อน และการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ การผลิตไฮโดรเจนสีเขียว (Green Hydrogen) จากพลังงานหมุนเวียนยังมีอยู่ไม่มากและมีความผันผวนในการผลิตสูงทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่คงที่ ระบบกักเก็บไฮโดรเจน (Hydrogen Storage) จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยทำให้เกิดสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทาน ระบบกักเก็บไฮโดรเจนมี 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ ถังเก็บไฮโดรเจน (Storage Tank) และที่จัดเก็บใต้ดิน (Underground Storage) ซึ่งการเลือกประเภทของระบบกักเก็บไฮโดรเจนที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของกระบวนการผลิตและลักษณะของโครงการ เช่น ปริมาตรของไฮโดรเจน และระยะเวลาในการกักเก็บ ฯลฯ

6. พลังงานไฮโดรเจนในอนาคต

ในปัจจุบัน หลายประเทศต่างมีเป้าหมายและนโยบายในการลดปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ (Net Zero Emission) เนื่องจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงอันก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังจะเห็นได้จากการที่อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น 1.1 °C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม เป็นที่เข้าใจกันดีว่า การบรรลุเป้า Net Zero ภายในปี 2050 เป็นสิ่งที่จำเป็นในการรักษาให้อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้นไม่เกิน 1.5°C เป้าหมายใหม่นี้เองจะบรรลุได้ก็ต่อเมื่อมีการบรรเทาปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ การเปลี่ยนมาใช้รถยนต์ไฟฟ้า และการใช้พลังงานหมุนเวียน ซึ่งจะสามารถช่วยบรรเทาปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง 70% ซึ่งหนึ่งในทางเลือกที่น่าสนใจที่สุด คือ การใช้พลังงานไฮโดรเจน ไฮโดรเจนนั้นมีข้อดีต่างๆ มากมาย เช่น ปล่อยปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ เป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีจำนวนไม่จำกัด สามารถให้พลังงานได้สูงมากถึง 2.5 เท่าของก๊าซธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเท่ากัน และสามารถนำมาใช้กับเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกด้วย ไฮโดรเจนจะมีบทบาทสำคัญในการลดการปล่อยคาร์บอนในหลายภาคส่วน เช่น อุตสาหกรรมเคมี โลหะ และการขนส่ง ซึ่งจะพบได้ว่า ในหลายๆ ประเทศได้นำไฮโดรเจนเข้ามาเป็นส่วนหลักในการวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานแห่งชาติแล้ว การใช้ไฮโดรเจนรูปแบบใหม่เป็นสัญญาณบ่งบอกถึงความก้าวหน้าไปสู่อนาคต ดังจะเห็นได้จากรถไฟพลังงานไฮโดรเจน (Hydrogen Fuel Cell Train) ขบวนแรกที่ได้เริ่มใช้งาน

แล้วในประเทศเยอรมนีเพื่อเป็นทางเลือกแทนที่รถไฟฟ้าใช้น้ำมันดีเซล นอกจากนี้ ยังมีโครงการนำร่องและโครงการสาธิตอีกกว่า 100 โครงการที่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนในการขนส่งสินค้า โดยบริษัทใหญ่หลายแห่งกำลังทำการเซ็นสัญญาความร่วมมือเพื่อให้มั่นใจได้ว่า จะได้รับมอบเชื้อเพลิงไฮโดรเจนตามที่วางแผนไว้ในภาคส่วนพลังงาน การใช้พลังงานจากไฮโดรเจนและแอมโมเนียกำลังเป็นที่จับตามองมากๆ ซึ่งมีการประกาศว่า เมื่อนำพลังงานของโครงการทั้งหมดมารวมกัน จะมีค่าสูงถึงเกือบ 3.5 GW ภายในปี 2030 เลยทีเดียว และหากพิจารณาถึงนโยบายและมาตรการที่รัฐบาลทั่วโลกได้ดำเนินการไปแล้วนั้น สามารถคาดการณ์ได้ว่า ปริมาณความต้องการไฮโดรเจนอาจจะพุ่งสูงถึง 115 Mt ภายในปี 2030 ซึ่งการใช้ไฮโดรเจนในรูปแบบใหม่จะต่ำกว่า 2 Mt



ที่มา: <https://trucknbus.hyundai.com/global/en/products/truck/xcient-fuel-cell>

รูปที่ 2 รถบรรทุกพลังงานไฮโดรเจน ผลิตโดยบริษัทฮุนได (Hyundai)

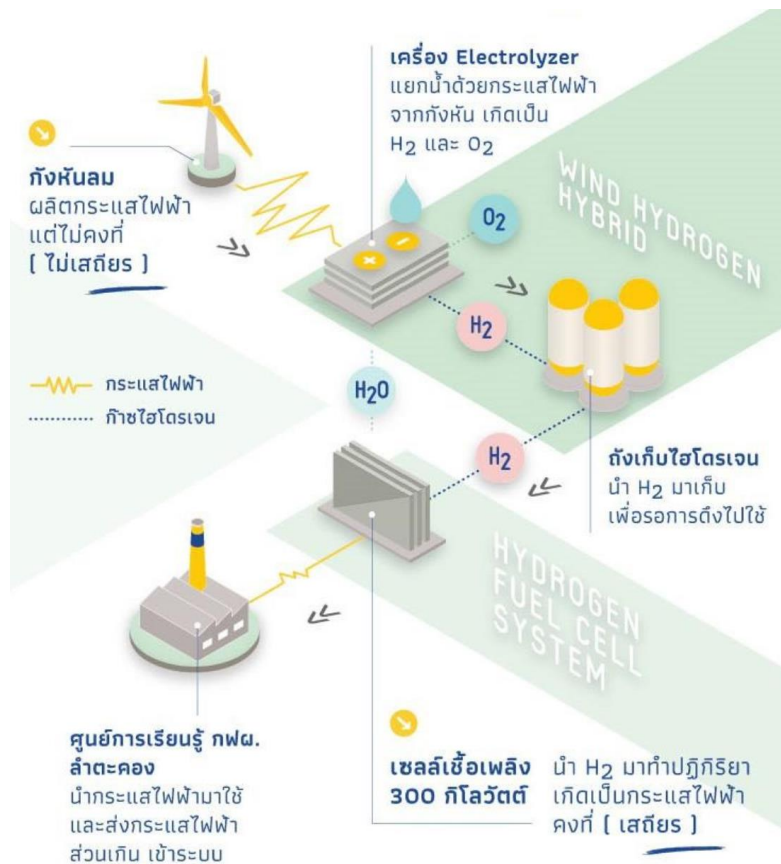
6.1 ตัวอย่างแผนงานและการประยุกต์ใช้พลังงานไฮโดรเจนในประเทศต่าง ๆ

ประเทศเยอรมนี ประเทศเยอรมนีมีการกำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 65% ภายในปี ค.ศ. 2030 อย่างน้อย 88% ภายในปี ค.ศ. 2040 และลดลงเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2045 โดยได้ลงนามทำความเข้าใจว่าด้วยความร่วมมือด้านพลังงานไฮโดรเจนกับประเทศรัสเซีย โดยทั้ง 2 ฝ่ายได้วางแผนจัดทำโครงการนำร่องเกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฮโดรเจนในรัสเซีย และหากโครงการประสบความสำเร็จตามแผน พลังงานไฮโดรเจนที่ผลิตในรัสเซียจะถูกส่งผ่านท่อก๊าซมายังประเทศเยอรมนี โดยรัฐบาลของประเทศเยอรมนี จะใช้เงินงบประมาณ 2 พันล้านยูโร เพื่อการนำเข้าพลังงานไฮโดรเจนจากประเทศต่าง ๆ สำหรับดำเนินโครงการความร่วมมือกับรัสเซีย

ประเทศฝรั่งเศส ในปัจจุบันเริ่มมีหน่วยงานและบริษัทต่าง ๆ ในฝรั่งเศสเริ่มนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้กันแล้ว ยกตัวอย่างเช่น บริษัท Enapter ได้ผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานให้แก่ที่พักบนเทือกเขาแอลป์ประเทศฝรั่งเศส เนื่องจากในฤดูหนาวแผงโซลาร์เซลล์จะไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มที่ จึงต้องพึ่งพาพลังงานไฮโดรเจนที่ผลิตและกักเก็บไว้ในช่วงฤดูร้อน และถูกแปลงเป็นไฟฟ้าให้แก่ผู้เข้าพัก โดยในฤดูร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนเกินที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการผลิตไฮโดรเจนและกักเก็บไว้เพื่อใช้พลังงานในช่วงฤดูหนาว ทั้งนี้ไฮโดรเจนที่ผลิตได้จะถูกเก็บไว้ในอาคารขนาดเล็กแยกจากห้องพักเพื่อความปลอดภัยจากถังแรงดันบนพื้นที่ยอดเขาสูง

ประเทศเบลเยียม บริษัท Orsted มีแผนที่จะจัดทำโครงการ “SeaH2Land” ซึ่งเป็นโครงการที่จะประยุกต์ใช้กระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis) ในระดับอุตสาหกรรมให้กับคลัสเตอร์ท่าเรือ Flemish-North Sea โดยจะมีการจัดตั้งโรงงานผลิตไฮโดรเจนหมุนเวียน 1 GW ซึ่งเทียบได้เท่ากับร้อยละ 20 ของไฮโดรเจนที่เปลี่ยนเป็นพลังงานหมุนเวียนในภูมิภาคนี้ ซึ่งในปัจจุบันคลัสเตอร์ท่าเรือ Flemish-North Sea ดังกล่าวถือว่าเป็นหนึ่งในศูนย์การผลิตและใช้ไฮโดรเจนที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใหญ่ที่สุดในยุโรป โดยบริษัท Orsted วางแผนที่จะเชื่อมต่อโรงงานผลิตไฮโดรเจนสีเขียวที่ได้จากกังหันลมนอกชายฝั่งซึ่งมีกำลังการผลิตอยู่ที่ประมาณ 2 GW ที่ตั้งอยู่ในทะเลเหนือของเนเธอร์แลนด์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าหมุนเวียนที่มีความจำเป็นสำหรับการผลิตไฮโดรเจนหมุนเวียนในปริมาณที่มากได้

ประเทศไทย มีโครงการนาร่องโดยการนำกังหันลมมาทำงานร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนและกักเก็บพลังงาน โดยใช้ชื่อว่า Wind Hydrogen Hybrid ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำนาดอง ซึ่งเป็นโครงการวิจัยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เพื่อศึกษาข้อดี ข้อเสีย และประสิทธิภาพของการทำงานของระบบผลิตและกักเก็บพลังงานตลอดจนนำไฟฟ้าที่ได้ไปใช้งานจริงในศูนย์การเรียนรู้ลำนาดองแห่งใหม่ของเมืองโคราช ที่ได้เปิดในปี พ.ศ. 2561 และใช้เป็นส่วนหนึ่งในการเรียนรู้ในศูนย์ฯ เพื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยอย่างครบวงจร โดย Wind Hydrogen Hybrid ก็คือรูปแบบหนึ่งของการกักเก็บพลังงานในรูปของไฮโดรเจน ก่อนที่จะนำมาผลิตไฟฟ้าโดยผ่านเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อจ่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้า หลักการทำงานของ Wind Hydrogen Hybrid ก็คือ เมื่อกังหันลมผลิตไฟฟ้าขึ้น ไฟฟ้าส่วนหนึ่งก็จะจ่ายเข้าระบบของ กฟผ. ขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะจ่ายเข้าที่เครื่องเครื่องแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolyzer) ทำให้เกิดออกซิเจน (O_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) หลังจากนั้น หลังจากนั้นก็แยกก๊าซไฮโดรเจนที่ได้ไปกักเก็บไว้ในถังกักเก็บและเมื่อถึงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้า ก็จะนำก๊าซไฮโดรเจนดังกล่าวไปผ่านเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) ขนาดกำลังผลิต 300 กิโลวัตต์ เพื่อเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้าไปใช้งานต่อไป



ภาพจาก www.egat.co.th

รูปที่ 3 Wind Hydrogen Hybrid การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Panklib T. Energy Storage Technologies for Renewable Energy. *Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College*, 9(1), 2022, 103–117.
- [2] “Global Hydrogen Review 2022.”, International Energy Agency, Sep. 2022.
- [3] “Hydrogen.”, International Renewable Energy Agency, <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Hydrogen>. Accessed 27 Dec. 2022.
- [4] Joshi, Chernyakhovskiy, and Chung. “Hydrogen 101: Frequently Asked Questions About Hydrogen for Decarbonization.”, National Renewable Energy Laboratory, Jul. 2022.
- [5] Koonaphapdeelert, Sirichai. “Transfer Workshop: Hydrogen Production and Utilization in Thailand.” Energy Research and Development Institute-Nakornping Chiang Mai University, Nov. 2022.
- [6] “Renewable Power-to-Hydrogen”, Innovation Landscape Brief, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019.
- [7] “Hydrogen and Renewable Gas Forum: An introduction to IHS Markit research to date and the ongoing workplan”, 2020 (<https://www.chfca.ca/wp-content/uploads/2020/08/IHS-Markit-Hydrogen-and-Renewable-Gas-Forum-Introduction-July-2020.pdf>)
- [8] Research Paper: “Hydrogen – A Regulatory Approach”, ERRA Natural Gas Markets and Economic Regulation Committee, Mar. 2023.
- [9] “คู่มือความรู้ด้านพลังงานไฮโดรเจน” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
- [10] สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, <https://www.erc.or.th/th/energy-articles>

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

Journal of Energy and Environment Technology

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ: บทความควรมีความยาวไม่เกิน 9 หน้า กระดาษ A4 การตั้งค่าหน้ากระดาษ ขอบด้านบน 3 ซม. และด้านล่าง 1.5 ซม. ขอบด้านขวาและซ้าย 2.25 ซม. พิมพ์ด้วย ตัวอักษร "Browallia New" ขนาด 14 โดยหัวข้อต่างๆ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา ส่วนเนื้อหาใช้ตัวธรรมดาและพิมพ์ชิดขอบ ทั้งสองด้าน การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่อง ให้ใช้เลขกำกับ บทนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีหัวข้อย่อยให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 2.1 ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา

คำแนะนำในการเรียงลำดับเนื้อหา: ให้เรียงลำดับตามหัวข้อต่อไปนี้

ชื่อเรื่อง (Title): ควรกระชับ ชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ ชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษรขนาด 18 ตัวหนา ตำแหน่งชิดซ้ายของหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียน: ระบุชื่อเต็ม-นามสกุลเต็ม ของชื่อผู้เขียนให้ครบทุกคน และลงเครื่องหมายดอกจันกำกับท้ายรายชื่อสำหรับผู้ประสานงาน ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวธรรมดา ตำแหน่งชิดซ้ายของหน้ากระดาษ

ที่อยู่หรือหน่วยงาน: ระบุชื่อหน่วยงานหรือสถาบันใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวเอียง และ E-mail address ที่ติดต่อ ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวธรรมดา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้าย

บทคัดย่อ (Abstract): ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยให้นำบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นก่อนภาษาอังกฤษ ซึ่งต้องมีเนื้อหาตรงกัน ให้พิมพ์คอลัมน์เดียว บรรทัดแรกเว้น 1 Tab เนื้อหาในบทคัดย่อควรระบุวัตถุประสงค์โดยย่อ ผลการวิจัย และบทสรุปโดยย่อ หัวข้อบทคัดย่อใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา ส่วนเนื้อหาใช้ตัวอักษรขนาด 14 และพิมพ์ชิดขอบทั้งสองด้าน

คำสำคัญ (Keyword): ให้มีคำสำคัญเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่คนละหน้า ใต้บทคัดย่อ (Abstract) หัวข้อคำสำคัญใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา ส่วนเนื้อหาใช้ตัวธรรมดา

เนื้อหา (Text): บทความวิจัยประกอบด้วย

บทนำ (Introduction): บอกความสำคัญ หรือที่มาของปัญหาที่นำไปสู่การศึกษาวัตถุประสงค์ และอาวรวมการทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Methods): กล่าวถึงรายละเอียด การวิเคราะห์ และการทดลองที่กระชับและชัดเจน

ผลการทดลอง (Results): บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบถ้วน อาจมีรูปภาพหรือตารางที่ชัดเจนประกอบคำอธิบายได้

อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion): อาจเขียนรวมกับผลการทดลองได้ เป็นการประเมินการตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ ควรมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลและอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี): ระบุสั้น ๆ ว่าได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและความช่วยเหลือจากแหล่งใดบ้าง

ตารางและรูป: ต้องมีความคมชัดและให้แทรกไว้ในบทความ มีคำอธิบายสั้นๆ แต่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วนและเข้าใจ กรณีที่เป็นตาราง ให้ระบุลำดับที่ของตาราง ใช้คำว่า "ตารางที่..." และมีคำอธิบายไว้เหนือตาราง กรณีที่เป็นรูป ให้ระบุลำดับที่ของรูปใช้คำว่า "รูปที่..."

ภาคผนวก (ถ้ามี)

เอกสารอ้างอิง (References): บทความทุกฉบับจะต้องมีการอ้างอิงเอกสารในบทความโดยเอกสารอ้างอิงระบบ Vancouver ดังตัวอย่างต่อไปนี้

[หนังสือ] ชื่อผู้แต่ง. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. ชื่อเมืองที่พิมพ์: ชื่อสำนักพิมพ์; ปีพิมพ์.

[วารสาร] ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อย่อของวารสาร. ปีพิมพ์; เล่มที่ (ฉบับที่): เลขหน้า.

[วิทยานิพนธ์และการศึกษาค้นคว้าอิสระ] ชื่อผู้เขียน. ชื่อเรื่อง [ประเภทหรือระดับปริญญา]. เมืองที่พิมพ์: ชื่อมหาวิทยาลัย; ปีพิมพ์.

[หนังสือรวมเรื่อง] ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อบรรณาธิการ (บรรณาธิการ), ชื่อหนังสือ (ครั้งที่พิมพ์ตั้งแต่พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป, หน้า). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

[หนังสือพิมพ์] ชื่อผู้แต่ง. (วันที่ เดือน ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์. เลขหน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

[สื่ออิเล็กทรอนิกส์] ชื่อโฮมเพจ/เว็บไซต์ [อินเทอร์เน็ต]. ชื่อเมืองที่พิมพ์: ชื่อสำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์ [ปรับปรุงเมื่อปี เดือน วันที่; เข้าถึงเมื่อปี เดือน วันที่]. เข้าถึงได้จาก: URL.

เกณฑ์การพิจารณา: บทความจะต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชานั้น 2-3 คน ซึ่งกองบรรณาธิการ อาจให้ผู้เขียนปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และทรงไว้ ซึ่งสิทธิในการตัดสินใจลงพิมพ์หรือไม่ก็ได้

“บทความที่ลงพิมพ์ เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนต้องรับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากบทความนั้น”

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม Siam Technology College



DIFFERENTLY...I-LEARN
WWW.SIAMTECHU.NET