



วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

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

ISSN 2392-5701

ปีที่ 10 ฉบับที่ 1, มกราคม – มิถุนายน 2566 / Vol.10 , No. 1, January - June 2023

บทความวิจัย

หน้า

1. การพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาด้วยโปรแกรมช่วยคำนวณทางวิศวกรรมสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท
กฤษฎางค์ ศุภระมูล ภาคภูมิ สุภาชาติ และอุษา ไพธิสุวรรณ 1
2. ศึกษาการยอมรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบบริการจัดการขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด
อภัสรา ไชยคาม เอกนรี ทุมพล เซษฐิภณัญญ์ ปัญญวัชรวงศ์ และนันทนัส สว่างการ 16
3. การศึกษาวิเคราะห์เพื่อลดความร้อนในระบบกรอบอาคาร
สุนทร แสงเพชร โจเซฟเคดาร์ สุวิไล อารีจิตต์ และรัชพพรณ หนูเนียม 31
4. ผลกระทบของการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าที่มีต่อความแข็งแรงของรอยต่อท่อเหล็กบางจากการปรับค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อม
ประหยัด มีบุญเกิด เพชรรัตน์ จันทาทิณ อนุรักษ จันทรศรี และพิทักษ์ เกียรติพันธ์ 41
5. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดขยะที่เกิดขึ้นของเทศบาลตำบลศาลาด่าน จังหวัดกระบี่
ลดาวรรณ สว่างอารมณ์ ปัญธิพัชรกร บุญพร้อม สดายุ สุทธิมาศ และประภัสสร เพ็ชรพันธ์ 57
6. การศึกษาพฤติกรรมของผู้พักอาศัย เพื่อแนวทางการออกแบบการระบายอากาศในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร
จอร์จ เคดาร์ มารี เคดาร์ และจงจิตร ทธิมูลาภ 66
7. การออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยโปรแกรม MATLAB
วิโรจน์ ขาวล่อ กิตติยา นาคพันธ์ และรุกฤต ปานชลธิ 77
8. การพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์
ประสงค์ศักดิ์ สองศรี สุทธิลักษณ์ ชุนประวัติ และทวีทย์ วิทยสหมณี 86
9. การศึกษาการจัดการวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้ว เพื่อเป็นแนวทางการจัดการตามร่าง พรบ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
เรไร แจงใจ และสัญญา สิริวิทยาปกรณ 97
10. เครื่องหยอดเมล็ดบุกไข่มุก กรณีศึกษา:บริษัท เอ็กซ์เซลเลนท์ ฟู้ด จำกัด
กันยารัตน์ พูลเพียร 109

บทความวิชาการ

11. INTRODUCTION TO CYBERPSYCHOLOGY FOR ENHANCING CYBERSECURITY
Varin Kherac and Suthee Chantrapunth 120

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

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

ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2566): Vol. 10 No. 1 (January - June 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 นอกจากนี้ยังมีการคัดลอกในระบบต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 5 เท่านั้น

วัตถุประสงค์ เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นให้มีการเขียนผลงานทางวิชาการ เผยแพร่ผลงานทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และนักศึกษาทั้งภายในและภายนอก รวมทั้งเป็นสื่อกลางทางการศึกษา ค้นคว้า และเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการ

จุดมุ่งหมาย เป็นศูนย์กลางเพื่อสนับสนุน ถ่ายทอด องค์ความรู้ และเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และการวิจัยที่มีคุณภาพให้เกิด ประโยชน์ต่อสังคม ชุมชน ส่วนรวมของประเทศได้อย่างต่อเนื่องในวารสารรูปแบบสิ่งพิมพ์ และวารสาร อิเล็กทรอนิกส์

เงื่อนไข/ข้อกำหนด

1. รับต้นฉบับบทความที่เป็นไปตามเกณฑ์ รูปแบบ มาตรฐาน และแนวปฏิบัติที่วารสารกำหนดไว้ โดยผ่านความเห็นชอบจากวารสารแล้วเท่านั้น (ไม่รับต้นฉบับบทความที่ไม่เป็นไปตามที่ระบุไว้)
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.จงจิตร หิรัญลาภ
 รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์
 รองศาสตราจารย์ ดร.ศิระ สายสร
 รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ ดวงเดือน
 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปรากการเจริญ
 รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพันธ์ ตัวทองสุข
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุโกศล วโนทยาพิทักษ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา สารามหันธ์
 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 จันทระชิต
 ดร.เชษฐภณัฐ ปัญญาวัชรวงศ์
 ดร.กวินเวทย์ พิพิธนันทนัยธร
 ดร.ทรงพล นครเศรษฐ์ศักดิ์
 ดร. มนตรี หล่อกอบกิจ
 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
 อาจารย์ศิววัฒน์ สุโรดิเวศย์
 อาจารย์กัญญ์ สุริยนต์

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

อาจารย์ชลิดา โป๊ะมา
 อาจารย์กัจจ ใจตรง

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

บทบรรณาธิการ

ในสถานการณ์ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะพัฒนาโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานมากขึ้น มุ่งเน้นคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบน้อยที่สุด โดยมีทิศทางในการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานสะอาดที่เป็นหัวใจสำคัญของการดำเนินด้านเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม จึงได้จัดเผยแพร่วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม ฉบับนี้เป็นปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (เดือน มกราคม ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566) โดยเผยแพร่ผลงานวิจัย และบทความวิชาการครอบคลุมด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว ปัจจุบันการดำเนินงานภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ การเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ หรือแม้กระทั่งการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ส่งผลต่อการดำรงชีพในปัจจุบัน

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.ฐกฤต ปานชลธิ

บรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
1 การพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาด้วยโปรแกรมช่วยคำนวณทางวิศวกรรมสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท <i>กฤษฎางค์ ศุกระมูล ภาควงศ์ สุภาชาติ และอุษา โพธิ์สุวรรณ</i>	1
2 ศึกษาการยอมรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบบริการจัดการขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด <i>อาภัสรา ไชยคาม เอกนรี ทุมพล เชษฐภักดิ์ ปัญญาวัชรวงศ์ และนันทน์ภัส สว่างการ</i>	16
3 การศึกษาวิเคราะห์เพื่อลดความร้อนในระบบกรอบอาคาร <i>สุนทร แสงเพชร โจเซฟเคดารี สุวิไล อารีจิตต์ และรัชพพรณ หนูเนียม</i>	31
4 ผลกระทบของการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าที่มีต่อความแข็งแรงของรอยต่อท่อเหล็กบางจากการปรับค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อม <i>ประหยัด มีบุญเกิด เพชรรัตน์ จันทรทิน อนุรักษ จันทรศรี และพิทักษ์ เกียรติพันธ์</i>	41
5 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดขยะที่เกิดขึ้นของเทศบาลตำบลศาลาด่าน จังหวัดกระบี่ <i>ลดาวรรณ สว่างอารมณ์ ปัญธิพัชรกร บุญพร้อม สดาญ์ สุทธิมาศ และประภัสสร เพ็ชรพันธ์</i>	57
6 การศึกษาพฤติกรรมของผู้พักอาศัย เพื่อแนวทางการออกแบบการระบายอากาศในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร <i>จอร์จ เคดารี มารี เคดารี และจงจิตร หิรัญลาม</i>	66
7 การออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยโปรแกรม MATLAB <i>วิโรจน์ ขาวละออ กิตติยา นาคพันธ์ และฐกฤต ปานขลิบ</i>	77

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย	หน้า
8 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์ <i>ประสงค์ศักดิ์ สองศรี สุทธิลักษณ์ ชุนประวัติ และทวิทย์ วิทย์สหมณี</i>	86
9 การศึกษาการจัดการวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้ว เพื่อเป็นแนวทางการจัดการตามร่าง พรบ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ <i>เรไร แจ่มใจ และสัญญา สิริวิทยาปกรณ</i>	97
10 เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก กรณีศึกษา:บริษัท เอ็กซ์เซลเลนท์ ฟู้ด จำกัด <i>กันยารัตน์ พูลเพียร</i>	109
บทความวิชาการ	
11 INTRODUCTION TO CYBERPSYCHOLOGY FOR ENHANCING CYBERSECURITY <i>Varin Kherac and Suthee Chantrapunth</i>	120

การพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาด้วยโปรแกรมช่วย คำนวณทางวิศวกรรมสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE PARABOLIC TROUGH SOLAR COLLECTOR WITH COMPUTER-AIDED ENGINEERING FOR HOT WATER PRODUCTION IN RURAL AREAS

Received: November 17, 2022

Revise: April 20, 2023

Accepted: May 19, 2023

กฤษฎางค์ สุกระมุล^{1*}, ภาคภูมิ สุภาชาติ², อูชา โปธิ์สุวรรณ³Krissadang Sookramoon^{1*}, Pakpoom Supachart², Aucha Prosuwan³

¹รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลย
อลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

²อาจารย์ ดร. สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรม
ราชูปถัมภ์

³นักวิทยาศาสตร์ ชำนาญการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

* Corresponding author, Email: krissadang.sook@vru.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำร้อนกันอย่างแพร่หลายเนื่องด้วยเทคโนโลยีนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำน้ำร้อนให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญด้วยต้นทุนที่ไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ แต่การออกแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาให้ได้ประสิทธิภาพการทำความร้อนสูงในราคาที่เข้าถึงและสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ชนบทได้นั้นยังมีการพัฒนาไม่มากนัก ประกอบกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรมมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่มุ่งเน้นพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในชนบทด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรมโดยใช้โปรแกรม SolidWorks ซึ่งช่วยทำนายพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลที่ไหลผ่านท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์กับสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่ได้จากการจำลองกับการทดลอง และเพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา ในการทดลองที่ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง ตั้งแต่ 8.00 - 17.00 น. ช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565 และทำการเก็บการผลตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิน้ำเข้าที่ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิน้ำออกที่ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จากการเปรียบเทียบผลการจำลองกับผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกัน นั่นคือ ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสามารถทำน้ำร้อนให้ได้อุณหภูมิสูงถึง 64.3 °C (ผลการจำลอง) และ 65 °C (ผลการทดลอง) ส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ระหว่าง 26.18 - 68.77% (ผลการจำลอง) และ 27.38 - 69.97% (ผลการทดลอง) ในระหว่างช่วงเวลา 12.00 - 15.00 น. ในการทำน้ำร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์มีค่า 2,939.76 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 10,927.38 บาท/ปี และมีระยะเวลาคืนทุน 0.96 ปี

คำสำคัญ: เครื่องต้นแบบ, ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก, ผลิตน้ำร้อน, คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรม

Abstract

Nowadays, parabolic trough solar collector technology is widely used in hot water production because this technology significantly increases the efficiency of hot water at a low cost compared to other technologies. But the design of parabolic trough solar collectors to achieve high thermal efficiency at an affordable price and be used in rural areas has not been much developed. In addition, the technology of computer-aided engineering (CAE) has been continuously developed; therefore, it was the beginning of this research that focused on the development of a parabolic trough solar collector for hot water production in rural areas with computer-aided engineering using SolidWorks software. This helps predict heat transfer behavior between the fluid flowing through the solar collector tube and the environment. The research aimed to compare the effect of thermal efficiency of the parabolic trough solar collector prototype obtained from the numerical study with the experiment and to study the economic value of this prototype. In the experiment, the research team conducted the experiment from 8:00 a.m. to 5:00 p.m. during April 2022 and collected the results of various variables, including the temperature of the water entering and leaving the solar collector tube, air temperature, and solar irradiation. By comparing the simulation results with the experimental results, it is consistent: the parabolic trough solar collector could heat water temperatures up to 64.3 °C (simulation result) and 65 °C (experimental result); moreover, its thermal efficiency was between 26.18 and 68.77% (simulation result) and 27.38 and 69.97% (experimental result) during a period from 12:00 a.m. to 3:00 p.m. In producing hot water for the prototype, the solar collector is worth 2,939.76 kWh per year, representing a savings cost of 10,927.38 baht per year and a payback period of 0.96 years.

Keywords: Prototype, Parabolic Trough Solar Collector, Hot Water Production, Computer-Aided Engineering

1. บทนำ

พลังงานฟอสซิล (Fossil fuels) เป็นแหล่งพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไปซึ่งโดยส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อนเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่เนื่องจากแหล่งพลังงานชนิดนี้มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องและกำลังจะค่อยๆ หมดไปในอนาคตข้างหน้า [1] ดังนั้นพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) จึงเป็นพลังงานทางเลือกที่นำมาทดแทนซึ่งมีอยู่หลากหลาย อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มนุษย์นิยมนำมาใช้เกี่ยวกับพลังงานความร้อนโดยอาศัยหลักการทำงานของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ (Solar collector) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบกับท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์จะถ่ายเทให้กับท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการแผ่ความร้อนและการนำความร้อน เมื่อน้ำของไหลไหลผ่านท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปสู่ของไหลด้วยวิธีการพาความร้อน [2] ส่งผลให้อุณหภูมิของของไหลสูงขึ้น โดยอุณหภูมิของของไหลจะเพิ่มสูงขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ จากหลักการทำงานที่ไม่ซับซ้อนและคุณสมบัติที่ได้รับความนิยมทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานภายในครัวเรือน นอกจากนี้ยังถือเป็นการช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนในอีกที่ทางหนึ่ง [3] เทคโนโลยีประเภทนี้จึงเหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำน้ำร้อนให้กับชุมชนในพื้นที่ชนบทซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

<http://jeet.siamtechu.net>

[4] แต่อย่างไรก็ตามการออกแบบให้ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยการนำคอมพิวเตอร์ ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรม (Computer-Aided Engineering, CAE) เข้าช่วยนั้นยังไม่ที่แพร่หลายมากนัก เนื่องด้วยเป็นศาสตร์ที่ต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์พอสมควรเพื่อทำให้การนำร่องด้วยตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อชุมชนในพื้นที่ชนบท

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเพื่อทำน้ำร้อนใช้ในชุมชน โดยนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรมเข้ามาช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ร่วมกับนักวิจัยที่เกี่ยวข้องของ Ghasemi และคณะ [5] ได้ศึกษาผลของความหนาจากการใช้วัสดุพูนเพิ่มบริเวณผนังท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ด้วยวิธีเชิงตัวเลข ทีมวิจัยใช้โปรแกรม Fluent เพื่อศึกษาผลของการไหลของของไหลที่ไหลภายในท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ และทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนความหนาของวัสดุพูน (d/D) ที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ จาก 0.6 เป็น 0.7, 0.8 และ 0.9 โดยท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และความยาว คือ 68, 74 และ 2,000 mm ตามลำดับ ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นขณะที่สัดส่วนความหนาของวัสดุพูนลดลง นอกจากนี้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 80% และอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ทางออกของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์สูงมากกว่า 100°C ต่อมา Tzivanidis และคณะ [6] ได้ศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและเชิงแสงของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบระบบรางพาราโบลาด้วยวิธีเชิงตัวเลข ทีมวิจัยประยุกต์ใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อจำลองการแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อน การนำความร้อน และการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ จากนั้นทำการตรวจสอบผลการจำลองจากโปรแกรม SolidWorks ที่ได้ด้วยแบบจำลอง 1-D Thermal model สร้างจากโปรแกรม FORTRAN นอกจากนี้ท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ทำจากวัสดุทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และความยาว คือ 20, 34 และ 1,000 mm ตามลำดับ จากผลการจำลองด้วยโปรแกรม SolidWorks พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่า 75% และอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ทางออกของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ประมาณ 95.5°C นอกจากนี้ค่าการสูญเสียความร้อนของท่อรับรังสีเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนของความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและสิ่งแวดล้อมต่อค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น อีกทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ของของไหลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราส่วนของความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและสิ่งแวดล้อมต่อค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นนั่นเอง หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 2016 Ghodbane และคณะ [7] ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำความร้อนของท่อรับรังสีดวงอาทิตย์แบบ Fresnel collectors ซึ่งประกอบด้วยส่วนของตัวสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (Linear Fresnel Reflector, LFR) กับตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ (Linear Fresnel Collector, LFC) ด้วยวิธีเชิงตัวเลขจากโปรแกรม MATLAB แล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ทีมวิจัยได้นำโปรแกรม MATLAB ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อน อุณหภูมิน้ำร้อนที่ทางออกของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ และสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน ในช่วงเวลา 10.00 - 16.00 น. โดยท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และความยาว คือ 20, 22 และ 1,500 mm ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นมากกว่า 60% นอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ทางออกของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์สูงประมาณ 74°C ต่อมาในปีเดียวกัน Ghodbane และ Boumeddane [8] ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำความร้อนของท่อรับรังสีดวงอาทิตย์แบบระบบรางพาราโบลาด้วยวิธีเชิงตัวเลขจากโปรแกรม Soltrace และ MATLAB โปรแกรม Soltrace ทีมวิจัยได้ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสะท้อนของกระจกที่ครอบท่อรับรังสีดวงอาทิตย์และการดูดซับของท่อรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และความยาว คือ 65, 70 และ 1,200 mm ตามลำดับ ส่วนโปรแกรม MATLAB ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพการ

<http://jeet.siamtechu.net>

ทำความร้อนของท่อรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยทำการเก็บข้อมูล 6 เดือน (ก.พ. เม.ย. มิ.ย. ส.ค. ต.ค. และ ธ.ค.) ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพทางแสงและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อรับรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่า 83.61% และ 82.80% อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ทางออกของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์สูงประมาณ 100 °C รวมทั้งมีการสูญเสียความร้อนระหว่างแผ่นกระจกกับท่อรับรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำร้อนที่ทางออกของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงแสง (Optical parameters) และปัจจัยด้านรูปทรง (Geometric parameters) ของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาข้างต้น สังเกตได้ว่างานวิจัยโดยส่วนใหญ่ทำวิจัยเกี่ยวกับท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในอยู่ในช่วง 20 – 68 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกอยู่ในช่วง 22 – 74 mm ความยาวอยู่ในช่วง 1,000 – 1,500 mm อุณหภูมิน้ำที่ทางออกของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์อยู่ในช่วง 74 - 100 °C และประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ในช่วง 60 – 82.80% ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า ถ้าสามารถทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกัน แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ที่เล็กลง เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและต้นทุนค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในพื้นที่ชนบท จึงเป็นที่มาของงานวิจัยที่มุ่งเน้นพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบทด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบและสร้าง จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบผลการจำลองที่ได้จากโปรแกรม SolidWorks กับผลการทดลอง และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับทำน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบทที่ได้จากการจำลองกับการทดลอง

2.2 เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับทำน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบทด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนด้านการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ รวมทั้งด้านพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและข้อมูลอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท

3.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องทำน้ำร้อน สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของปริมาณความร้อนที่ได้จากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์บนตัวแผ่นสะท้อน (Reflector) เข้าสู่ท่อรับรังสีดวงอาทิตย์ (Receiver tube) โดยทั่วไปประสิทธิภาพเชิงความร้อนนี้แสดงถึงสมรรถนะในการทำน้ำร้อนของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงบ่งบอกว่า เครื่องน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตน้ำร้อนได้อุณหภูมิสูงขณะที่มีการสูญเสียพลังงานจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนมีค่าต่ำ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1 [9]

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{I_r A_s} \quad (1)$$

<http://jeet.siamtechu.net>

กำหนดให้ η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)

Q_u คือ ปริมาณความร้อนของน้ำที่ได้จากรังสีดวงอาทิตย์ (W)

I_t คือ ค่ารังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)

A_s คือ พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2)

นอกจากนี้ปริมาณความร้อนของน้ำที่ได้จากรังสีดวงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 [9]

$$Q_u = \frac{mC_w(T_o - T_i)}{\Delta t} = \frac{mC_w(T_2 - T_1)}{\Delta t} \quad (2)$$

กำหนดให้ m คือ มวลของน้ำร้อน (kg)

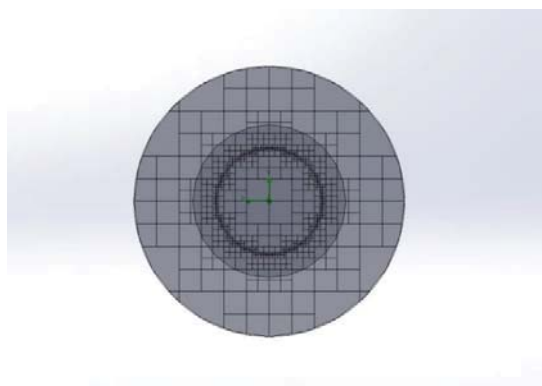
C_w คือ ค่าความจุความร้อนของน้ำ ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)

T_o, T_2 คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนขาออกจากท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ($^\circ C$)

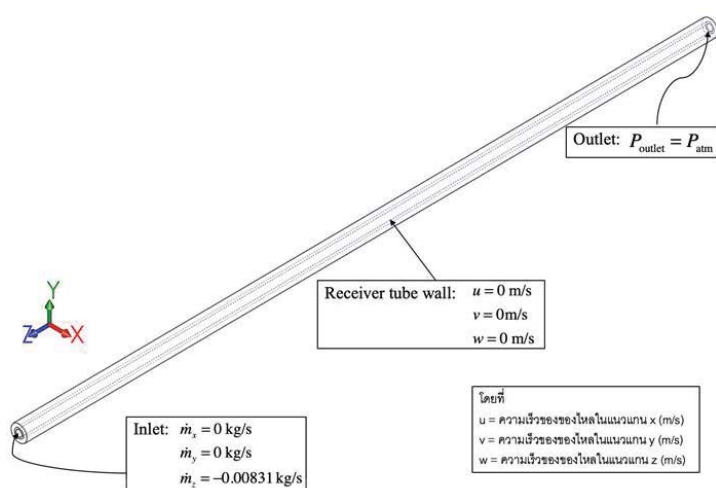
T_i, T_1 คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนขาเข้าจากท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ($^\circ C$)

Δt คือ ช่วงเวลาในการรับรังสีดวงอาทิตย์ (s)

3.1.2 การสร้างกริดและการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา



รูปที่ 1 กริดแบบไร้โครงสร้าง (Unstructured grid) ของเครื่องต้นแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks



รูปที่ 2 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของเครื่องต้นแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks

<http://jeet.siamtechu.net>

กริดแบบไร้โครงสร้างของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่มีวิจัยเลือกใช้แบบสี่เหลี่ยมตลอดทั้งโครงสร้างซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 2,163,296 กริด แสดงดังรูปที่ 1 และใช้อัลกอริทึมแบบ Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations (SIMPLE) ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเฟสของไหล (continuity, momentum and standard k - ϵ model equations) กำหนดให้ค่าคงที่ $\rho_{\text{liquid}} = 997 \text{ kg/m}^3$ และ $\mu_{\text{liquid}} = 0.00089 \text{ Pa.s}$ ส่วนตัวแปรอื่นๆ ในแบบจำลอง standard k - ϵ turbulence model คือ $C_\mu = 0.09$, $\sigma_k = 1.0$, $\sigma_\epsilon = 1.3$, $C_{1\epsilon} = 1.44$ และ $C_{2\epsilon} = 1.92$ นอกจากนี้กำหนดให้สมมติฐานในการจำลองการไหลของของไหลภายในท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ดังนี้ 1) คุณสมบัติของของไหล (ความหนาแน่นและความหนืด) มีค่าคงที่ 2) ใช้แบบจำลอง standard k - ϵ turbulence model ในการคำนวณการไหลของไหลแบบปั่นป่วน 3) การจำลองการไหลของของไหลอยู่ในสภาวะคงตัว (Steady state)

จากรูปที่ 2 แสดงเงื่อนไขขอบเขต (Boundary conditions) และค่าต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองการไหลของของไหล ซึ่งรายละเอียดดังนี้ 1) น้ำเป็นของไหลที่ไหลผ่านท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิ 35°C และความหนาแน่น 997 kg/m^3 2) ช่องทางเข้าของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์กำหนดให้มีอัตราการไหล คือ 0.00831 kg/s และมีลักษณะการไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform flow) ในทิศทางแกน x เท่านั้น 3) ช่องทางออกของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์กำหนดให้เป็นความดันสถิต (Static pressure) มีค่า $101,325 \text{ Pa}$ และของไหลจะไหลออกจากช่องทางออกนี้เมื่อความดันภายในมากกว่าความดันภายนอกท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ 4) ผนังของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ (Receiver tube wall) กำหนดให้เป็นแบบไม่มีการลื่นไถล (No-slip condition) กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ไม่มีความเร็วของของไหลบริเวณผนังท่อนั้นเอง

การเปลี่ยนแปลงการไหลของของไหลภายในท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากการใช้เทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของสมการต่างๆ ได้แก่ สมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัม และสมการอนุรักษ์พลังงาน แสดงรายละเอียดดังสมการที่ 3 [10-11]

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

โดยที่ x, y, z แทนแกนในพิกัดฉาก (Rectangular coordinates) และ u, v, w แทนความเร็วในแนวแกน x, y และ z ตามลำดับ ส่วนสมการอนุรักษ์โมเมนตัมใช้ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน แรงโน้มถ่วงของโลก และแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับของไหล แสดงรายละเอียดดังสมการที่ 4-6

$$\text{x-component: } \rho \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

$$\text{y-component: } \rho \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (5)$$

$$\text{z-component: } \rho \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + \rho g \quad (6)$$

โดยที่ ρ แทนความหนาแน่นของของไหล P แทนแรงดันที่กระทำต่อของของไหล และ μ แทนความหนืดของของไหลในแนวแกน x, y และ z นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์และพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นกับของไหลสามารถคำนวณได้ด้วยสมการอนุรักษ์พลังงาน แสดงรายละเอียดดังสมการที่ 7

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} - k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - Q = 0 \quad (7)$$

โดยที่ c แทนความจุความร้อนจำเพาะของของไหล T แทนอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของของไหล และ Q แทนอัตราการกำเนิดพลังงานความร้อนภายในของไหลต่อหน่วยปริมาตรในแนวแกน x, y และ z

ในการคำนวณการไหลของของไหลที่มีลักษณะแบบปั่นป่วนสามารถคำนวณได้ด้วย แบบจำลอง standard k - ϵ

<http://jeet.siamtechu.net>

turbulence model ซึ่งประกอบด้วย 2 สมการหลักๆ นั่นคือ สมการพลังงานจลน์ปั่นป่วน (Turbulent Kinetic Energy, k) ใช้ในการคำนวณพลังงานจลน์ของของไหลขณะที่ไหลแบบปั่นป่วน และสมการการกระจายตัวปั่นป่วน (Turbulent Dissipation, ε) ใช้ในการคำนวณระดับการปั่นป่วนของของไหล ซึ่งแสดงรายละเอียดดังสมการที่ 8 และ 9

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + (G_k + G_b) - (\rho \varepsilon + Y_M) + S_k \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{\varepsilon 3} G_b) - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (9)$$

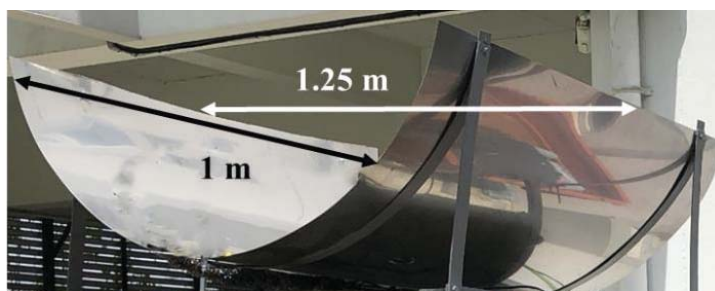
โดยที่ μ_t แทนความหนืดของของไหลที่ไหลแบบปั่นป่วนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10 และ G_k แทนผลของพลังงานจลน์ที่มีต่อของไหลขณะที่ไหลแบบปั่นป่วนซึ่งเกิดจากเกรเดียนท์ความเร็วของของไหลสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11 ส่วน G_b แทนผลของพลังงานที่มีต่อของไหลขณะที่ไหลแบบปั่นป่วนซึ่งเกิดจากแรงลอยตัวที่มากระทำต่อของไหล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 12

$$\mu_t = f \left(\rho \frac{k^2}{\varepsilon} \right) = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (10)$$

$$G_k = 2\mu_t S_{ij} S_{ij} \quad (11)$$

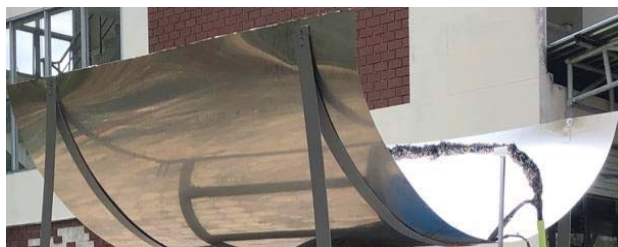
$$G_b = -g_i \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \quad (12)$$

3.1.3 แผ่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์แบบพาราโบลา (Parabolic reflector) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับและสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งมีขนาด $1 \times 1.25 \text{ m}^2$ หนา 0.8 mm และทำมาจากวัสดุสแตนเลส จำนวน 1 แผ่น แสดงดังรูปที่ 3 ในการวัดความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์รวม (Global solar radiation) ทีมวิจัยได้ใช้ไพราโนมิเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัด โดยทำการวัดตั้งแต่ 8.00 – 17.00 น. เป็นระยะเวลา 30 วัน ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565



รูปที่ 3 แผ่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์

3.1.4 ท่อรับรังสีดวงอาทิตย์ (Receiver tube) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์จากแผ่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์แบบพาราโบลา ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 9 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 13 mm ยาว 1,000 mm และทำมาจากวัสดุทองแดง จำนวน 1 เส้น แล้วหุ้มด้วยฟอยล์สแตนเลส เพื่อช่วยให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนจากดวงอาทิตย์มาที่ท่อรับรังสีและถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนจากท่อไปสู่ตัวนำให้ร้อนเร็วขึ้น แสดงดังรูปที่ 4 นอกจากนี้ทีมวิจัยได้ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (Thermocouple type K) เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำร้อน ตั้งแต่ 8.00 – 17.00 น. เป็นระยะเวลา 30 วัน ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565



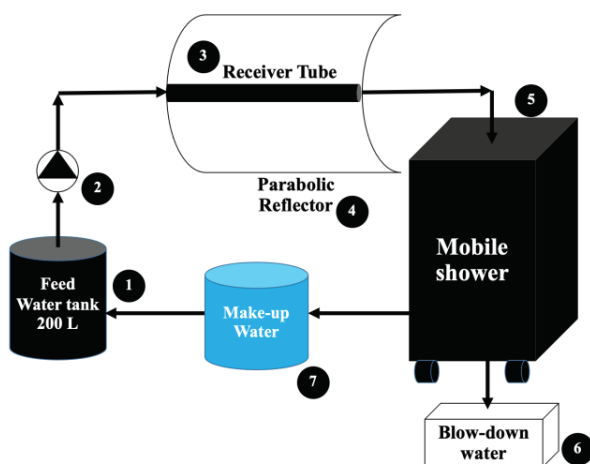
รูปที่ 4 ท่อรับรังสีดวงอาทิตย์

3.1.5 ตู้อาบน้ำแบบเคลื่อนที่ (Mobile shower) คือ อุปกรณ์ใช้ในการอาบน้ำร้อนมีขนาด $70 \times 75 \times 180 \text{ cm}^3$ จำนวน 1 ตู้ ซึ่งมีการติดตั้งเทอร์โมสแตตเพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของน้ำไม่ให้สูงหรือต่ำเกินไปและมีการติดตั้งล้อเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนที่ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตู้อาบน้ำแบบเคลื่อนที่

3.2 กระบวนการทำงานของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาโกลิกสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท



รูปที่ 6 แผนภาพกระบวนการทำงานของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาโกลิก

<http://jeet.siamtechu.net>

เครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท เริ่มกระบวนการทำงานจากน้ำที่เก็บไว้ในถัง (Feed water tank) 200 L (1) ถูกปั๊ม (2) ให้ไหลผ่านท่อรับรังสีดวงอาทิตย์ (Receiver tube) (3) ขณะที่น้ำไหลผ่านท่อรับรังสีดวงอาทิตย์แผ่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์แบบพาราโบลา (Parabolic reflector) (4) ได้รับและสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ท่อรับ จึงส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่ดูดซับเข้าสู่ท่อรับ โดยใช้ไพรานอมิเตอร์ในการวัดความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์และทำการบันทึกผลทุกๆ 10 นาที ส่วนการวัดอุณหภูมิของน้ำใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K และอุณหภูมิของอากาศใช้ไซโครมิเตอร์ในการวัดและทำการบันทึกผลทุกๆ 10 นาทีเช่นเดียวกัน จากนั้นน้ำร้อนจะไหลไปสู่ตู้อาบน้ำเคลื่อนที่ (Mobile shower) (5) ซึ่งมีการติดตั้งเทอร์โมสตัทเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการใช้งาน แล้วไหลออกสู่ฝักบัวเพื่อใช้ในการอาบน้ำ น้ำที่ใช้ในการอาบน้ำเสร็จแล้วจะถูกปล่อยทิ้ง (6) จากนั้นเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการอาบน้ำจึงมีการเติมน้ำจากถังน้ำเดิม (7) กระบวนการทำงานเหล่านี้ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา มีการหมุนเวียนเป็นระบบต่อเนื่องไปตั้งแต่เริ่มต้นอาบน้ำจนกระทั่งเสร็จสิ้น แสดงดังรูปที่ 6

3.3 การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา

ทีมวิจัยทำการประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์จากการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดของระยะเวลาคืนทุน (Payback Time, PBT) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการนำต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา (Total Project Investment, TPI) มาเทียบกับผลประโยชน์พลังงานไฟฟ้า (Periodic Energy Saving, PES) แสดงความสัมพันธ์ดังสมการที่ 13 [12]

$$PBT (\text{Year}) = \frac{TPI (\text{Baht})}{PES (\text{Baht/Year})} \quad (13)$$

ค่า PES สามารถคำนวณได้จากการนำปริมาณความร้อนของน้ำที่ได้จากรังสีดวงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วคิดเป็นผลประโยชน์พลังงานไฟฟ้าจากสมการข้างล่างนี้

$$PES (\text{Baht/Year}) = \frac{Q_u}{1,000} (\text{kW}) \times \text{Working hours} \left(\frac{\text{Hrs}}{\text{Year}} \right) \times 3.7171 \left(\frac{\text{Baht}}{\text{kWh}} \right) \quad (14)$$

หมายเหตุ: อัตราค่าไฟฟ้า 3.7171 บาท/หน่วย มีที่มาจากประกาศของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [13]

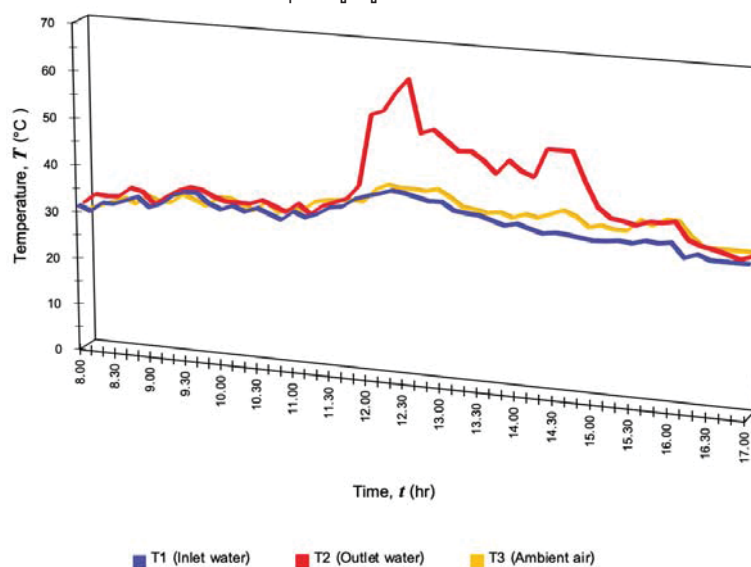
4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลของประสิทธิภาพการทำน้ำร้อนเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่ได้จากการจำลองกับการทดลอง

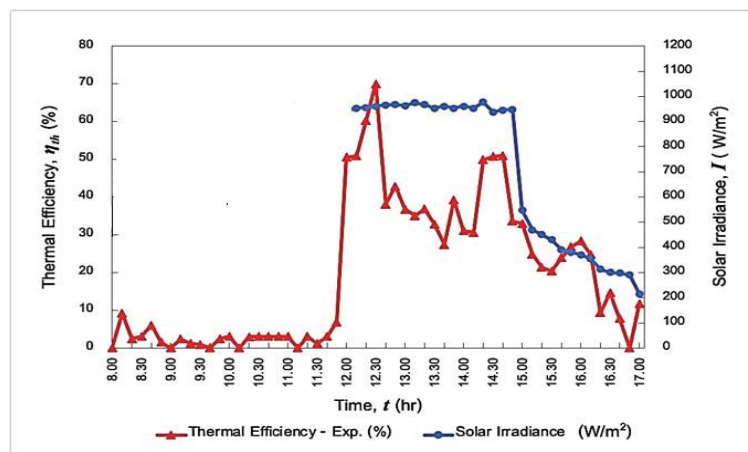
ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบทด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรม โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองกับผลที่ได้จากการทดลอง ตั้งแต่ 8.00 – 17.00 น. เป็นระยะเวลา 30 วัน ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565 พบว่าค่าเฉลี่ยจากผลการทดลองอุณหภูมิ น้ำที่ทางเข้า (T_1 : Inlet water) และอุณหภูมิ น้ำที่ทางออก (T_2 : Outlet water) ของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ รวมทั้งอุณหภูมิ อากาศ (T_3 : Ambient air) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 36.88, 45 และ 36.940 °C ตามลำดับ ตั้งแต่ 11.00 – 12.30 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 950.12 W/m² จึงทำให้เกิดการแผ่รังสี ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และการพาความร้อนจากอากาศมาสู่ท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ จากนั้นเกิดการนำความร้อน

<http://jeet.siamtechu.net>

และพาความร้อนไปสู่ น้ำที่ไหลภายในท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ [14] ต่อมาในช่วงเวลา 12.30 – 17.00 น. ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงโดยเฉลี่ย 675.52 W/m^2 ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณรอบๆ ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ลดลง ประกอบกับไม่มีการหุ้มฉนวนที่ท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงเกิดการสูญเสียความร้อนจากท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ไปสู่อากาศแวดล้อมได้ อุณหภูมิ น้ำที่ทางออกจึงค่อยๆ ลดลงอย่างรวดเร็วสังเกตได้จากช่วงเวลา 16.00 – 17.00 น. [15] แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 7 จากรูปที่ 8 สังเกตได้ว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาอยู่ระหว่าง 27.38 – 69.97% ในระหว่างช่วงเวลา 12.00 – 15.00 น. ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยค่อนข้างสูง อีกทั้งบริเวณท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์มีการหุ้มด้วยฟอยล์สแตนเลสจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มาสู่น้ำที่ไหลผ่านท่อสูงขึ้น นอกจากนี้เครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลายังสามารถทำน้ำร้อนได้อุณหภูมิสูงถึง 65°C



รูปที่ 7 อุณหภูมิ น้ำเข้า น้ำออกของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ และอากาศในระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลอง



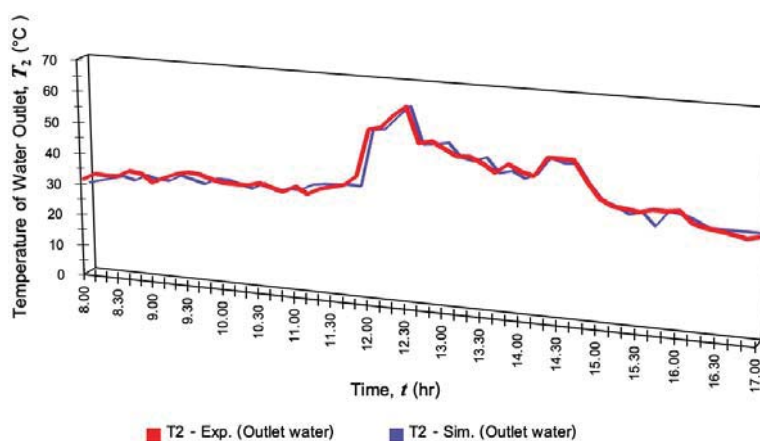
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน

เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองการไหลกับผลการทดลองของน้ำที่ไหลออกจากช่องทางออกตัวเก็บรังสีดวงในช่วงเวลาระหว่าง 8.00 – 17.00 น. แสดงดังรูปที่ 9 พบว่า อุณหภูมิของน้ำที่ได้จากผลการจำลองมีความสอดคล้องกับผล

<http://jeet.siamtechu.net>

การทดลอง ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ 11.00 ไปจนถึง 12.30 น. โดยอุณหภูมิของน้ำที่ช่องทางออกจากผลการจำลองสูงถึง 64.30 °C ส่วนอุณหภูมิของน้ำที่ช่องทางออกจากผลการทดลอง คือ 65 °C จากนั้นในช่วงเวลา 12.30 – 17.00 น. อุณหภูมิของน้ำที่ช่องทางออกจากผลการจำลองมีแนวโน้มลดลงโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 42.11 °C ส่วนอุณหภูมิของน้ำที่ช่องทางออกจากผลการทดลอง คือ 43.35 °C

จากตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่ได้จากการจำลองกับการทดลองในช่วงเวลา 12.00 – 15.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เครื่องต้นแบบสามารถทำประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้มีประสิทธิภาพที่ดี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้จากการจำลองอยู่ระหว่าง 26.18 – 68.77% ส่วนค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้จากการทดลองอยู่ระหว่าง 27.38 – 69.97% นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการจำลองกับผลการทดลองอุณหภูมิของน้ำที่ช่องทางออก ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน สังกัดได้ว่า ค่าที่ได้จากการจำลองมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการทดลอง อาจมีสาเหตุมาจากการจำลองตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเชิงแสง (Optical parameters) ซึ่งครอบคลุมถึงการแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อน การนำความร้อน และการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของท่อรับรังสีดวงอาทิตย์ มีความผันแปรตามค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์น้อยกว่าในการทดลอง ซึ่งอยู่ในสภาวะแวดล้อมจริง [16]



รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิของน้ำที่ช่องทางออกจากตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้จากการจำลองกับการทดลอง

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่ได้จากการจำลองกับการทดลอง

ระยะเวลา (ชม.)	$\eta_{th, Sim.}$ (%)	$\eta_{th, Exp.}$ (%)	% Error
12.00	49.37	50.57	2.37
12.10	49.69	50.89	2.36
12.20	59.04	60.24	1.99
12.30	68.77	69.97	1.72
12.40	36.94	38.14	3.15
12.50	41.67	42.87	2.80
13.00	35.52	36.72	3.27
13.10	33.85	35.05	3.42

<http://jeet.siamtechu.net>

13.20	35.63	36.83	3.26
13.30	31.61	32.81	3.66
ระยะเวลา (ชม.)	$\eta_{th, Sim.}$ (%)	$\eta_{th, Exp.}$ (%)	% Error
13.40	26.18	27.38	4.38
13.50	38.04	39.24	3.06
14.00	29.83	31.03	3.87
14.10	29.46	30.66	3.91
14.20	48.71	49.91	2.40
14.30	49.57	50.77	2.36
14.40	49.79	50.99	2.35
14.50	32.39	33.59	3.57
15.00	31.86	33.06	3.63

4.2 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์นั้น ทีมวิจัยทำการวิเคราะห์จากดัชนีชี้วัดของระยะเวลาคืนทุน ต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ (10,500 บาท) และผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า แสดงดังสมการที่ 13 และ 14 ตามลำดับ โดยรายละเอียดของระยะเวลาคืนทุนเมื่อเทียบกับเงินลงทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 2 พบว่า ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ประเมินได้จากเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์เทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำน้ำอุ่นตามท้องตลาดทั่วไปขนาด 4,500 W [17] ในการทำน้ำร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์มีค่า 2,939.76 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ (PES) 10,927.38 บาท/ปี และมีระยะเวลาคืนทุน 0.96 ปี (PBT)

ตารางที่ 2 การประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก

รายการอุปกรณ์	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า		ผลประหยัด (PES) (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (PBT) (ปี)
	(kWh/ปี)	(บาท/ปี)		
เครื่องทำน้ำอุ่นทั่วไป	3,240	12,043.40		
เครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก	300.24	1,116.02	10,927.38	0.96

5.สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองกับการทดลอง และผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการพัฒนาเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท มีรายละเอียดดังนี้ 1) ในช่วงเวลาทำการทดลองตั้งแต่ 11.00 – 12.30 น. ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 950.12 W/m² นอกจากนี้อุณหภูมิที่ทางเข้าและที่ทางออกของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ รวมทั้งอุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 36.88, 45 และ 36.94 °C ตามลำดับ 2) ในช่วงเวลาทำการทดลองตั้งแต่ 12.30 – 17.00 น. ค่าความ

<http://jeet.siamtechu.net>

เข้รังสีดวงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงโดยเฉลี่ย 675.52 W/m^2 นอกจากนี้อุณหภูมิที่ทางเข้าและที่ทางออกของท่อตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ รวมทั้งอุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มลดลงโดยเฉลี่ยอยู่ที่ $34.85, 42.63$ และ $36.09 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ 3) ในระหว่างช่วงเวลา $12.00 - 15.00$ น. ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกอยู่ระหว่าง $27.38 - 69.97\%$ 4) เครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกยังสามารถทำน้ำร้อนได้อุณหภูมิสูงถึง $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 5) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์นั้น ทีมวิจัยทำการวิเคราะห์จากดัชนีชี้วัดของระยะเวลาคืนทุน ต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ($10,500$ บาท) และผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยรายละเอียดของระยะเวลาคืนทุนเมื่อเทียบกับเงินลงทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แสดงผลการคำนวณ พบว่า ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ประเมินได้จากเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์เทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำน้ำอุ่นตามท้องตลาดทั่วไปขนาด $4,500 \text{ W}$ ในการทำน้ำร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์มีค่า $2,939.76 \text{ kWh/ปี}$ คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ $10,927.38$ บาท/ปี และมีระยะเวลาคืนทุน 0.96 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบพาราโบลิกสำหรับผลิตน้ำร้อนใช้ในพื้นที่ชนบท ทีมวิจัยเสนอแนะให้เพิ่มการออกแบบระบบหมุนตามดวงอาทิตย์ (Solar tracking system) เพื่อช่วยให้ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์สามารถรับรังสีตรง (Direct beam) จากดวงอาทิตย์ได้เพิ่มขึ้นตลอดทั้งวันส่งผลให้ช่วงเวลา $15.00 - 17.00$ น. มีค่าเฉลี่ยรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้สารละลายนาโนทดแทนการใช้น้ำเป็นสารทำงานและการนำชุดตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบพาราโบลิกมาต่อขนานเพื่อพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ก็ถือเป็นทางเลือกหนึ่ง อย่างไรก็ตามควรพิจารณาควบคู่กับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วยเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการนำไปใช้งานในพื้นที่ชนบท

6. รายการตัวย่อและสัญลักษณ์

A_s	พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์, m^2
C_w	ค่าความจุความร้อนของน้ำ, $\text{kJ/kg.}^{\circ}\text{C}$
G_k	ผลของพลังงานจลน์ที่มีต่อของไหลขณะที่ไหลแบบปั่นป่วนซึ่งเกิดจากเกรเดียนต์ความเร็วของของไหล, -
G_b	ผลของพลังงานที่มีต่อของไหลขณะที่ไหลแบบปั่นป่วนซึ่งเกิดจากแรงลอยตัวที่มากกระทำต่อของไหล, -
I_t	ค่ารังสีดวงอาทิตย์, W/m^2
m	มวลของน้ำร้อน, kg
P	แรงดันที่มากกระทำต่อของไหล, N/m^2
PBT	ระยะเวลาคืนทุน, ปี
PES	ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า, บาท/ปี
Q_u	ปริมาณความร้อนของน้ำที่ได้จากรังสีดวงอาทิตย์, W
Δt	ช่วงเวลาในการรับรังสีดวงอาทิตย์, s
T_i, T_1	อุณหภูมิของน้ำร้อนขาเข้าจากท่อรับรังสีดวงอาทิตย์, $^{\circ}\text{C}$
T_o, T_2	อุณหภูมิของน้ำร้อนขาออกจากท่อรับรังสีดวงอาทิตย์, $^{\circ}\text{C}$
TPI	ต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก, บาท
u, v, w	ความเร็วในแนวแกน x, y และ z, m/s
x, y, z	แกนในพิกัดฉาก, -
ρ_{liquid}	ความหนาแน่นของของไหล, kg/m^3

<http://jeet.siamtechu.net>

μ_{liquid}	ความหนืดของของไหล, Pa.s
μ_t	ความหนืดของของไหลที่ไหลแบบปั่นป่วน, Pa.s
η_{th}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, %

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] V. Pranesh, R. Velraj, S. Christopher, and V. Kumaresan, A 50 Year Review of Basic and Applied Research in Compound Parabolic Concentrating Solar Thermal Collector for Domestic and Industrial Applications, *Solar Energy*, 187, 2019, pp. 293-340.
- [2] A.E. Kouche, F.O. Gallego, Modeling and Numerical Simulation of a Parabolic Trough Collector using an HTF with Temperature Dependent Physical Properties, *Mathematics and Computers in Simulation*, 192, 2022, pp. 430-451.
- [3] สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ ประพันธ์ พิกุลทอง และธนศ วิลาศมงคลชัย. การตอบสนองของระบบสะสมพลังงานสำหรับอาคารที่มีการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา: กรณีศึกษาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความไม่สม่ำเสมอ. *Journal of Energy and Environment Technology*. Volume 7, Issue 1, January-June 2020, pp. 1-12.
- [4] ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล กฤษณะ จันทสิทธิ์ และธีรวัฒน์ ชื่นอัสดงคต. ระบบสูบน้ำเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากในระดับครัวเรือน. *Journal of Energy and Environment Technology*. Volume 9, Issue 1, January-June 2022, pp. 11-22.
- [5] S.E. Ghasemi, A.A. Ranjbar, and A. Ramiar, Three-Dimensional Numerical Analysis of Heat Transfer Characteristics of Solar Parabolic Collector with Two Segmental Rings, *Journal of Mathematics and Computer Science*, 7, 2013, pp. 89-100.
- [6] C. Tzivanidis, E. Bellos, D. Korres, K.A. Antonopoulos, and G. Mitsopoulos, Thermal and Optical Efficiency Investigation of a Parabolic Trough Collector, *Case Studies in Thermal Engineering*, 6, 2015, pp. 226-237.
- [7] M. Ghodbane, B. Boumeddane, and N. Said, A Linear Fresnel Reflector as a Solar System for Heating Water: Theoretical and Experimental Study, *Case Studies in Thermal Engineering*, 8, 2016, pp. 176-186.
- [8] M. Ghodbane, B. Boumeddane, A Numerical Analysis of the Energy Behavior of a Parabolic Trough Concentrator, *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(3), 2016, pp. 671-691.
- [9] J.A. Duffie and W.A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4th edition, 2013, published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [10] Y. Jaluria, *Design and Optimization of Thermal Systems*, 3rd edition, 2020, published by CRC press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, United States.
- [11] สมบูรณ์ โอตรวรรณ เกียรติศักดิ์ เจริญสูงเนิน และอิทธิพงษ์ มาลาทิพย์. “คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรม”. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์หนังสือสำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี, 2562.

<http://jeet.siamtechu.net>

- [12] E. Aydin, P. Eichholtz, and E. Yönderc, The Economics of Residential Solar Water Heaters in Emerging Economies: The Case of Turkey, *Energy Economics*, 75, 2018, pp. 285-299.
- [13] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (1 ตุลาคม 2565). อัตราค่าไฟฟ้า-การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Electricity%20Reconsider.pdf?ver=2018-10-01-155123-370.
- [14] S. Gharehdaghi, S.F. Moujaes, and A.M. Nejad, Thermal-Fluid Analysis of A Parabolic Trough Solar Collector of A Direct Supercritical Carbon Dioxide Brayton Cycle: A Numerical Study, *Solar Energy*, 220, 2021, pp. 766-787.
- [15] A.E. Kouche, F.O. Gallego, Modeling and Numerical Simulation of A Parabolic Trough Collector using An HTF with Temperature Dependent Physical Properties, *Mathematics and Computers in Simulation*, 192, 2022, pp. 430-451.
- [16] J. Immonen, K. Mohammadi, and K.M. Powell, Simulating A Solar Parabolic Trough Collector Plant Used for Industrial Process Heat using An Optimized Operating Scheme that Utilizes Flexible Heat Integration, *Solar Energy*, 236, 2022, pp. 756-771.
- [17] Officemate. (9 ตุลาคม 2565). เครื่องทำน้ำอุ่น Stiebel Eltron WL 45 EC, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.officemate.co.th/en/stiebel-eltron-เครื่องทำน้ำอุ่น-stiebel-eltron-wl-45-ec-stiebel-eltron-ofmy004983>.

ศึกษาการยอมรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบบริการจัดการขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด

A STUDY OF THE ACCEPTANCE OF THE APPLICATION OF LOGISTICS SERVICE TECHNOLOGY, A CASE STUDY OF ABC Co., LTD.

Received: September 11, 2022

Revise: December 16, 2022

Accepted: May 19, 2023

อาภัสรา ไชยคาม¹ เอกนรี ทูมพล^{2*} เชษฐภณัญญ์ ปัญญวัชรวงศ์³ นันทนภัส สว่างการ⁴Arphutsara Chaiyakam¹ Aeknaree Toomphol^{2*} Chetphanat Panyavacharawongse³Nannaphat Sawangkan⁴

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

^{2*}อาจารย์ดร.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการbin วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

^{3,4}อาจารย์ดร.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รอง คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการbin วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

298 ถ.สรรพาวุธ แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260

*Corresponding author E-mail : Aeknaree.t24@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของ บริษัท ABC จำกัด และ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการขนส่ง โดยใช้แบบสอบถามที่ผ่านการทดสอบหาความเชื่อมั่น โดยมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .962 เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริหาร พนักงานจัดสายขนส่ง เจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ พนักงานขับรถขนส่ง บริษัท ABC จำกัด โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามตารางของ Krejcie and Morgan (Krejcie and Morgan . 1970 :607-610.) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ± 5 ได้เท่ากับ 100 คน วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ และการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้จัดการในสายงานขนส่ง ซุปเปอร์ไวเซอร์ส่วนงานขนส่ง และพนักงานจัดสายขนส่งอาวุโสจำนวน 3 ท่าน โดยการเลือกผู้ให้ข้อมูลสำคัญแบบเฉพาะเจาะจง

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 31 - 40 ปี การศึกษาปริญญาตรี รายได้ต่อเดือน 15,001 – 25,000 บาท ประสบการณ์ในการทำงาน ต่ำกว่า 5 ปี ตำแหน่งพนักงานขับรถขนส่งโดยปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของ บริษัท ABC จำกัดในภาพรวมทุกด้าน มีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งระดับมาก ($\bar{X}=4.10$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งสูงสุด คือ ด้านประโยชน์ของเทคโนโลยี ($\bar{X}=4.19$) รองลงมาคือ ด้านการปรับปรุงแบบการทำงาน ($\bar{X}=4.16$) รองลงมาคือ ด้านการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ($\bar{X}=4.13$) รองลงมาคือ ด้านทัศนคติต่อเทคโนโลยี ($\bar{X}=4.12$) และ ด้านการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี TMS ($\bar{X}=3.92$) จากผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงปัจจัยด้านประโยชน์ของเทคโนโลยี

<http://jeet.siamtechu.net>

ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด และมีทิศทางเดียวกันในเชิงบวกโดยมีค่าน้ำหนักมากที่สุดได้แก่ ด้านประโยชน์ของเทคโนโลยี โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.537 รองลงมา ด้านการปรับรูปแบบการทำงาน โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ .303 รองลงมา ด้านการเข้าถึงการใช้เทคโนโลยี โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ .126 และ ด้านการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ .063 ทั้งนี้ยังพบว่าปัจจัยด้านทัศนคติของพนักงาน มีทิศทางเชิงลบ โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ -.203 เนื่องจากพนักงานส่วนใหญ่เห็นว่าการนำระบบเข้ามาใช้ทำให้บทบาทของพนักงานลดลงและกลัวการตรวจสอบการปฏิบัติงานของพนักงานทำให้เกิดความกังวล ซึ่งทำให้เกิดทิศทางตรงกันข้าม และไม่ยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

คำสำคัญ : การยอมรับเทคโนโลยี , เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง

Abstract

This research aims to study the application of ABC transportation management system technology, and In order to improve the efficiency of the transportation management system, the tested questionnaire is used to determine the confidence value. The entire confidence value is equal to. 962 Data was collected from ABC Ltd management, transport managers, quality inspectors and transport drivers through random sampling. (Unexpected sampling) Determine the sample size according to the table of Krejcie and Morgan (Krejcie and Morgan, 1970:607-610). At 95% confidence level, the error of ± 5 is equal to 100 people. Use product regression analysis to analyze the data. And in-depth interviews with transport managers, transport supervisors and three senior transport managers. By selecting a specific information provider

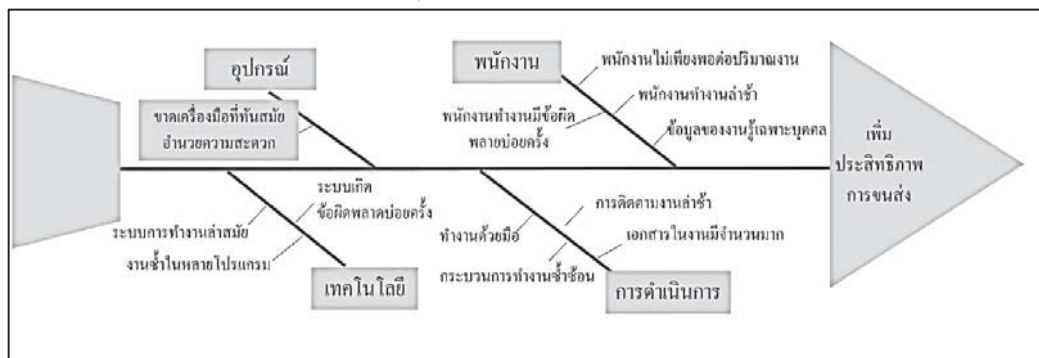
The study found that most of the respondents were male, aged between 31 and 40, with a bachelor's degree and a monthly income of 15001- 25000 Baht less than 5 years of working experience as a transport driver ABC is limited in all aspects, which is very important for accepting high-level transportation management technology ($\bar{X}$ = 4.10) Considering every aspect, the most important aspect of transportation management system technology is the benefits of technology. ($\bar{X}$ = 4.19) The second is the working mode adjustment ($\bar{X}$ = 4.16) followed by technical access ($\bar{X}$ = 4.13) Next is the attitude to technology ($\bar{X}$ = 4.12) Services of TMS technical service provider ($\bar{X}$ = 3.92) The results of showing technical benefits affect the adoption of ABC transportation management system technology. Statistical significance is limited to 0.05 level. The factors that affect the adoption of ABC transportation management system technology have the same positive direction and the largest weight. The weight of the technology is 0.537, followed by the working mode adjustment, which is. 303. In terms of technology, the weight is. 126, and in terms of service provided by technical service providers, the weight is. 063 It is also found that the employee attitude factor is in a negative direction, and the weight value is -.203. Because most employees think that the implementation of the system reduces the role of employees, and they worry that monitoring the performance of employees will cause concern. ABC Transportation Management System Co., Ltd

Keywords: technology acceptance, transportation management system technology

1. บทนำ

การขนส่งสินค้าเป็นกิจกรรมในธุรกิจที่มีบทบาทสำคัญในการกระจายสินค้าสู่ตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทำหน้าที่เคลื่อนย้ายสินค้าในแต่ละชั้นของห่วงโซ่อุปทาน (ตั้งแต่วัตถุดิบ/สินค้าขั้นต้น สินค้าขั้นกลาง และสินค้าสำเร็จรูป) ภาวะของธุรกิจจึงเคลื่อนไหวในทิศทางเดียวกับปริมาณสินค้าซึ่งเติบโตตามภาวะเศรษฐกิจของประเทศ โดยคาดการณ์ปี 2562-2564 ธุรกิจบริการขนส่งสินค้าทางถนนมีแนวโน้มเติบโตเฉลี่ย 1 – 2 % ต่อปี จากปัจจัยหนุนจากการเติบโตของการผลิต การค้า และการลงทุนภาครัฐและเอกชน รวมถึงผลผลิตสินค้าเกษตรที่มีการปรับตัวดีขึ้น ทำให้มีความต้องการขนส่ง กระจายสินค้าเพื่อจำหน่าย

บริษัท ABC จำกัด เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจในการนำเข้าและจัดจำหน่ายสินค้าเคมี ภายในประเทศ ซึ่งหัวใจในการขับเคลื่อนเคมีไปยังเป้าหมายจะต้องใช้การขนส่งที่มีประสิทธิภาพ ต้นทุนที่เหมาะสม รวมถึงเวลาในการจัดส่งที่สำคัญ แต่ในปัจจุบันการดำเนินการในส่วนงานขนส่งยังเป็นรูปแบบการดำเนินงานด้วยมือ ทำให้ผู้บริหารงานส่วนขนส่งเห็นถึงปัญหาในส่วนงานที่เกิดขึ้นที่กระทบต่อการพัฒนาในเรื่องการขนส่ง ทั้ง ปัญหาทางด้านเวลา ข้อมูลของลูกค้าที่มีความซ้ำซ้อน ขั้นตอนการปฏิบัติงานด้านเอกสาร การส่งงานและควบคุมการเดินรถ รวมไปถึงการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่มักเกิดข้อผิดพลาดจากพนักงานที่ปฏิบัติด้วยแบบมือ และเป้าหมายของบริษัทมุ่งเติบโต 100% ภายในระยะเวลา 5 ปี



ภาพที่ 1 แผนภูมิกำงปลาวิเคราะห์สาเหตุ

จากแผนภูมิกำงปลาต้นบนนั้นแสดงปัญหาที่เกิดจากการทำงานในรูปแบบเดิมที่ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของงานขนส่งบริษัท ABC จำกัด จึงทำให้ผู้บริหารงานขนส่ง ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในงานขนส่งในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการทำงาน โดยนำระบบบริหารจัดการขนส่ง (TMS:Transportation Management System) เข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานในส่วนขนส่ง ประกอบด้วย 1.วางแผนและตัดสินใจ การวางแผนระบบการขนส่งที่ดีจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก เช่น การจัดเส้นทางขนส่ง การกำหนดตารางเวลาขนส่ง, การคิดค่าบริการขนส่ง, และค่าใช้จ่ายต่อการขนส่ง ฯลฯ 2.การดำเนินงานขนส่งการดำเนินงานขนส่งก็สำคัญไม่แพ้กัน ขั้นตอนนี้คือการดำเนินงานตามแผนการที่วางไว้ โดยเป็นการสื่อสารให้กับทุกคนในองค์กร มอบหมายงานให้ฝ่ายปฏิบัติการ และช่วยให้ฝ่ายปฏิบัติการ หรือคนขับรถสามารถทำงานขนส่งตามขั้นตอน ได้ด้วยระบบบริหารงานจัดส่งและกระจายสินค้าผ่านเครื่องมือสื่อสาร (e-POD) ที่บันทึกหลักฐานการรับ-ส่งสินค้า 3.การติดตามสถานะงานขนส่งการติดตามงานขนส่งให้กับลูกค้าสามารถทำได้ง่ายขึ้น โดยสามารถเช็คสถานะขนส่งสินค้าผ่านระบบได้ตามเวลาจริง (Real Time) ไม่ต้องรอการอัปเดตจากฝ่ายปฏิบัติการ 4.การวัดผล การดำเนินทางธุรกิจต้องสามารถวัดผลได้ เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการขนส่ง โดยสามารถดูรายงานการดำเนินการได้ทุกเมื่อ เช่น รายงานรายละเอียดงานขนส่ง รายงานค่าใช้จ่าย และรายงานกำไร จากแนวคิดนี้ก็จะตอบรับการแข่งขันในยุคคมนาคมดิจิทัลตามนโยบายการพัฒนาของภาครัฐเนื่องจากการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาปรับใช้กับองค์กรที่เคยชินกับการทำงานในแบบการดำเนินงานด้วยมืออาจมีผลกระทบกับการปรับตัวและยอมรับเทคโนโลยีของพนักงานที่ปฏิบัติงาน

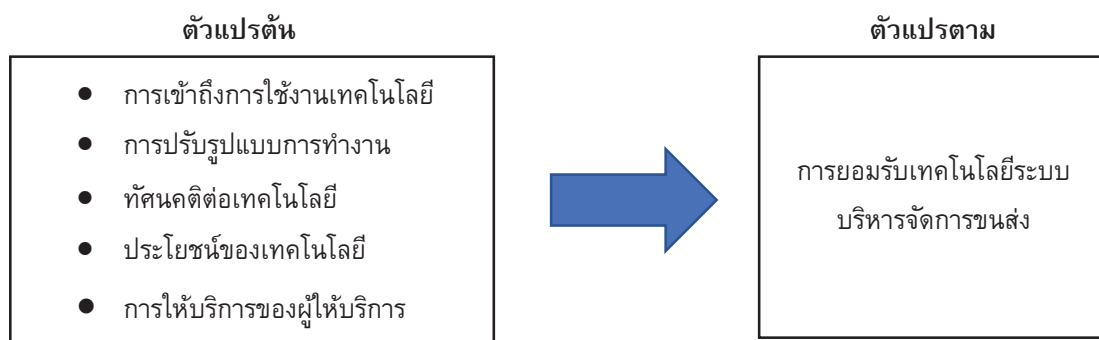
ดังนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาการยอมรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด โดยศึกษาการ 1)เข้าถึงการใช้เทคโนโลยีมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยี 2)การปรับปรุงแบบการทำงานของพนักงาน 3)ประโยชน์ของเทคโนโลยีต่อพนักงานในการยอมรับ 4)ทัศนคติของพนักงานในการยอมรับ 5)การให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยีต่อคุณภาพที่ได้รับ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานในส่วนงานขนส่งสินค้าของบริษัท ABC จำกัดและบริษัทอื่น ๆ ที่ประกอบธุรกิจด้านการขนส่งที่ต้องในการใช้งานเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง (TMS:Transportation Management System) มาใช้ในการปฏิบัติงาน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด
2. เพื่อนำเสนอปัจจัยในการนำเอาเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งมาเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการขนส่ง

3. กรอบแนวคิดในการศึกษา

วิจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด มีกรอบแนวคิดที่ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเพื่อนำมาพัฒนากรอบแนวคิด ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาไว้โดยนำแนวคิด (Davis , 2003) ดังนี้



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. การดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ผู้วิจัยได้ศึกษาวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ที่ใช้วิธีวิทยาทั้งวิจัยเชิงปริมาณ(Quantitative Research) และวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ผู้ศึกษามีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา ดังนี้

4.1 ประชากรตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างการวิจัย

4.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณ

การยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ตัวอย่างได้แก่ ผู้บริหาร พนักงานจัดสายขนส่ง เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ ผู้บริหารของบริษัทผู้รับเหมาขนส่ง พนักงานขับรถขนส่งบริษัท ABC จำกัด จำนวน 105 คน โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามตารางของ Krejcie and Morgan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ± 5 วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ Accidental Sampling (รชนีกุล วิทยุภาณุวัฒน์. 2556) ได้เท่ากับ 100 ตัวอย่าง

<http://jeet.siamtechu.net>

4.1.2 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

การเก็บข้อมูลเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญโดยเลือกใช้วิธีการเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จากกลุ่มผู้บริหารงานในส่วนขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ได้แก่ ผู้จัดการในสายงานขนส่ง หัวหน้างานส่วนงานขนส่ง และพนักงานวางแผนจัดเส้นทางขนส่งอาวุโส จำนวน 3 ท่าน

4.2 การใช้เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

4.2.1 การวิจัยเชิงปริมาณ

ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย 3 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ประสบการณ์ในการทำงาน ตำแหน่งงาน ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ(มากที่สุด = 5 , มาก = 4 , ปานกลาง = 3 , น้อย = 2 , น้อยที่สุด = 1) ประกอบด้วย 1) การเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี 2) การปรับปรุงแบบการทำงาน 3) ทศนคติต่อเทคโนโลยี 4) ประโยชน์ของเทคโนโลยี และ 5) การให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี

ตอนที่ 3 เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด โดยมีระดับของความคิดเห็นทั้งหมด 5 ระดับ (มากที่สุด = 5 , มาก = 4 , ปานกลาง = 3 , น้อย = 2 , น้อยที่สุด = 1) ได้แก่ การยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท

เมื่อสร้างแบบสอบถามจากการทบทวนวรรณกรรมเรียบร้อยแล้ว ได้นำแบบสอบถามไปขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านโดยคัดเลือกจาก 1) ผู้เชี่ยวชาญต้องมีระดับการศึกษาปริญญาเอก ที่มีประสบการณ์การวิจัยอย่างน้อย 5 ปี 2) ผู้เชี่ยวชาญมีความเชี่ยวชาญในสาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน อย่างน้อย 5 ปี 3) ผู้เชี่ยวชาญทางสถิติ จากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้หลังจากการแก้ไขปรับปรุงตามความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00) (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2558: 194-196) และจากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ตามวิธีของ Cronbach (Alpha Coefficient : α) (อ้างในพรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 199-203)โดยมีผลของภาพรวมทั้งหมดเท่ากับ .962 แสดงว่าแบบสอบถามนี้อยู่ในเกณฑ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นเพียงพอในการใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

4.1.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ

แบบสัมภาษณ์แบบเชิงลึก (In-depth Interview) เพื่อนำเสนอปัจจัยในการนำเอาเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งมาเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการขนส่ง ซึ่งมีแนวคำถามสำหรับการสัมภาษณ์ประกอบด้วยคำถาม 6 หัวข้อ ได้แก่ 1)ด้านการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี 2)ด้านการปรับปรุงแบบการทำงาน 3)ด้านประโยชน์ของเทคโนโลยี 4)ด้านทัศนคติต่อเทคโนโลยี 5) ด้านการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง(TMS) และ 6) ด้านการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง ที่มีผลต่อการทำงานในส่วนงานขนส่ง โดยสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญจำนวน 3 ท่าน เพื่อให้ได้ข้อมูลแบบเชิงลึกในการนำเสนอปัจจัยในการนำเอาเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งมาเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการขนส่ง ให้บริษัทสามารถพัฒนาศักยภาพและยกระดับคุณภาพการให้บริการในการขนส่งสินค้า

4.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

4.3.1 การศึกษาค้นคว้าจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หนังสือ งานวิจัย เกี่ยวกับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง(TMS) และการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง(TMS) เพื่อศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องและเข้าใจในประเด็นปัญหาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

<http://jeet.siamtechu.net>

4.3.2 สร้างกรอบแนวความคิดและสร้างแบบสอบถามจากการศึกษาค้นคว้าและประเด็นปัญหา รวมทั้งนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและการปรับแก้ไขให้เกิดความสมบูรณ์

4.3.3 นำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของแบบสอบถามกับเที่ยงตรงของเนื้อหางานวิจัย

4.3.4 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability Analysis) ด้วยการนำแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด เพื่อหาความเชื่อมั่น โดยใช้วิธีค่าสัมประสิทธิ์ของแอลฟาครอนบาค

4.3.5 นำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ไปแจกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ชุด

4.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

แบบสอบถามที่ได้หลังจากการแก้ไขปรับปรุงหาความสอดคล้อง (IOC) โดยมีค่าดัชนีชี้วัดระหว่าง 0.67-1.00 (พรณี ลี กิจวัฒน์.2558: 194-196) และจากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) จำนวน 30 คน และนำวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ตามวิธีของ Cronbach (Alpha Coefficient : α) (อ้างในพรณี ลี กิจวัฒน์. 2558 : 199-203)โดยมีผลของภาพรวมทั้งหมดเท่ากับ .962 แสดงว่าแบบสอบถามนี้อยู่ในเกณฑ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นเพียงพอในการใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยมีค่าดัชนีชี้วัดแต่ละด้านดังนี้ 1) ด้านการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .861 2) ด้านการปรับปรุงแบบการทำงาน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .821 3)ด้านประโยชน์ของเทคโนโลยี มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .937 4) ด้านทัศนคติต่อเทคโนโลยี มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .869 5) ด้านการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี TMS มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .956 6) ด้านการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .980

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามวิธีการวิจัย ดังนี้

4.5.1. การวิจัยเชิงปริมาณ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการแจกแบบสอบถามจำนวน 100 ชุดโดยมีขั้นตอนดังนี้

4.5.1.1. ผู้วิจัยได้เดินทางไปยังบริษัท ABC จำกัดเพื่อรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์

4.5.1.2. ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากผู้บริหาร พนักงานจัดสายขนส่ง เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ ผู้บริหารบริษัทขนส่ง พนักงานขับรถขนส่งบริษัท ABC จำกัด ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย

4.5.1.3. ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัยและดำเนินการแจกแบบสอบถามให้กับ ผู้บริหาร พนักงานจัดสายขนส่ง เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ ผู้บริหารบริษัทขนส่ง พนักงานขับรถขนส่งบริษัท ABC จำกัด จำนวน 100 ตัวอย่าง โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจาก Krejcie and Morgan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ± 5 วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ Accidental Sampling (รัชนีกุล ภิญโญภาณุวัฒน์. 2556) ได้เท่ากับ 100 ตัวอย่าง

4.5.1.4. นำแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนำข้อมูลที่ได้มาลงรหัส และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

4.5.2. การวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

การสัมภาษณ์เชิงลึกในกลุ่มตัวอย่างผู้บริหารในส่วนงานขนส่งโดยใช้คำถามที่เป็นชุดเดียวกันกับผู้ถูกสัมภาษณ์ทั้ง 3 ท่านแล้วนำผลสัมภาษณ์ที่ได้นั้นมาทำการสรุปข้อมูล

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.6.1 การวิจัยเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ศึกษาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปดังนี้

<http://jeet.siamtechu.net>

4.6.1.1 การวิเคราะห์แบบสอบถามจากตอนที่ 1 วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) วิเคราะห์หาค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

4.6.1.2 การวิเคราะห์แบบสอบถามตอนที่ 2 วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยสภาพการดำเนินงานทั้งภาพรวมและรายข้อ (พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 358) ดังนี้ค่าเฉลี่ย ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจ 4.50 - 5.00 หมายถึงอยู่ในระดับมากที่สุด 3.50 - 4.49 หมายถึงอยู่ในระดับมาก 2.50 - 3.49 หมายถึงอยู่ในระดับปานกลาง 1.50 - 2.49 หมายถึงอยู่ในระดับน้อย 1.00 - 1.49 หมายถึงอยู่ในระดับน้อยที่สุด

4.6.1.3 การวิเคราะห์แบบสอบถามตอนที่ 3 วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยสภาพการดำเนินงานทั้งภาพรวมและรายข้อ (พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 358) ดังนี้ค่าเฉลี่ย ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจ 4.50 - 5.00 หมายถึงอยู่ในระดับมากที่สุด 3.50 - 4.49 หมายถึงอยู่ในระดับมาก 2.50 - 3.49 หมายถึงอยู่ในระดับปานกลาง 1.50 - 2.49 หมายถึงอยู่ในระดับน้อย 1.00 - 1.49 หมายถึงอยู่ในระดับน้อยที่สุด

4.6.1.4 การคัดเลือกตัวแปรการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4.6.1.5 การทดสอบสมมติฐานการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ Enter Multiple Regression Analysis (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. 2561 : 1)

4.6.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ

การวิจัยเชิงคุณภาพมีการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารในสำนักงานขนส่ง ผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดรวบรวมเป็นข้อมูลรายกรณีของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน มีวิธีดำเนินการดังนี้

4.6.2.1 การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎี เนื้อหา จากเอกสารที่เกี่ยวข้องทางวิชาการ ด้านเทคโนโลยีระบบบริหารสำนักงานขนส่ง ที่มีผลต่อการทำงานในสำนักงานขนส่ง

4.6.2.2 การสัมภาษณ์บุคคลผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Informal Interview) โดยสัมภาษณ์ผู้บริหารในสำนักงานขนส่งจำนวน 3 ท่าน เพื่อให้ได้ข้อมูลเจาะลึกลงไปเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างจากข้อมูลเชิงปริมาณ

4.6.2.3 การใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลที่สำคัญ (Key Informants) คือผู้บริหารในสำนักงานขนส่งจำนวน 3 ท่านเพื่อประเมินร่างรูปแบบการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 ปัจจัยส่วนบุคคล ผลการวิจัยพบว่า เรื่อง การยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชายมากที่สุด รองลงมาเป็นเพศหญิง มีอายุ 31 – 40 ปี มากที่สุด รองลงมา 41 - 50 ปี และ 51 ปีขึ้นไป มีระดับการศึกษาปริญญาตรีมากที่สุด รองลงมา มีระดับการศึกษามัธยมศึกษา/ปวช. รองลงมา มีระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษา รองลงมา มีระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษา และมีระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี มีรายได้ต่อเดือน 15,001 - 25,000 บาทมากที่สุด รองลงมา มีรายได้ต่อเดือน 25,001 - 35,000 บาท รองลงมา มีรายได้ต่อเดือน ต่ำกว่า 15,000 บาท รองลงมา 45,001 บาทขึ้นไป และมีรายได้ต่อเดือน 35,001 - 45,000 บาท ประสบการณ์ในการทำงานต่ำกว่า 5 ปี มากที่สุด รองลงมา ประสบการณ์ในการทำงาน 5 – 10 ปี รองลงมา ประสบการณ์ในการทำงาน 11 – 15 ปี รองลงมา

<http://jeet.siamtechu.net>

ประสบการณ์ในการทำงาน 16 – 20 ปี และประสบการณ์ในการทำงาน 21 ปีขึ้นไป และในส่วนของตำแหน่งงาน พนักงานขับรถขนส่งมากที่สุด รองลงมาตำแหน่งงานพนักงานจัดสายขนส่ง รองลงมาตำแหน่งงาน ผู้บริหารส่วนงานขนส่ง รองลงมาตำแหน่งงานผู้บริหารส่วนงานขนส่ง และตำแหน่งงานเจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ ตามลำดับ

5.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ในภาพรวมมีผลต่อการยอมรับอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีผลต่อการยอมรับสูงสุด คือ ด้านประโยชน์ของเทคโนโลยี รองลงมาคือ ด้านการปรับรูปแบบการทำงาน ด้านการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ด้านทัศนคติต่อเทคโนโลยี และ ด้านการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี TMS โดยมีรายละเอียดแต่ละด้านดังนี้

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดใน ด้านการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ในภาพรวมและรายข้อทุกข้อมีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งระดับมาก ($\bar{X}=4.13$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสูงสุด คือ 2. ท่านคิดว่าเทคโนโลยี TMS ช่วยลดระยะเวลาในการรอคอย ($\bar{X}=4.26$) รองลงมาคือข้อ 3. ท่านคิดว่าเทคโนโลยี TMS สามารถช่วยในการเรียกข้อมูลในการทำงานได้ถูกต้อง ตรงต่อความต้องการ และสะดวกมากขึ้น ($\bar{X}=4.19$) รองลงมาคือข้อ 4. ท่านสามารถเข้าถึงข้อมูลสำหรับการจัดการTMSได้ทันทีแบบเรียลไทม์ ($\bar{X}=4.18$) รองลงมาคือข้อ 5. ระบบจัดเก็บข้อมูลมีความเหมาะสมและกระบวนการเรียกใช้ข้อมูล ($\bar{X}=4.09$) และข้อ1. ท่านคิดว่าเทคโนโลยี TMS เป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้งานได้ง่ายและไม่ซับซ้อน ($\bar{X}=3.94$) ตามลำดับ

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดใน ด้านการปรับรูปแบบการทำงานใน ภาพรวมและรายข้อทุกข้อมีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งระดับมาก ($\bar{X}=4.16$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสูงสุด คือ ข้อ 5. เทคโนโลยี TMS สามารถสรุปผลการทำงานผ่านโปรแกรมทำให้สามารถช่วยลดการใช้เอกสารในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ($\bar{X}=4.30$) รองลงมาคือข้อ 2. เทคโนโลยี TMS ช่วยลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานด้านการขนส่งได้($\bar{X}=4.29$) รองลงมาคือข้อ 4. เทคโนโลยี TMS ช่วยในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งผ่านโปรแกรมได้ถูกต้องและแม่นยำขึ้น ($\bar{X}=4.19$) รองลงมาคือข้อ 3. เทคโนโลยี TMS สามารถแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ด จึงช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น ($\bar{X}=4.09$) และข้อ1. เทคโนโลยีการทำงานด้วยเทคโนโลยี TMS สามารถรักษาความปลอดภัยของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น ($\bar{X}=3.94$) ตามลำดับ

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดใน ด้านประโยชน์ของเทคโนโลยีใน ภาพรวมและรายข้อทุกข้อมีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งระดับมาก ($\bar{X}=4.19$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสูงสุด คือ ข้อ 4. การใช้เทคโนโลยี TMS ช่วยให้สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ($\bar{X}=4.27$) รองลงมาคือข้อ 1. การใช้เทคโนโลยี TMS ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น ($\bar{X}=4.25$) รองลงมาคือข้อ 2. การใช้เทคโนโลยี TMS ช่วยให้คุณภาพของการทำงานดียิ่งขึ้น ($\bar{X}=4.20$) รองลงมาคือข้อ 3. การใช้เทคโนโลยี TMS ช่วยลดเวลาในการทำงานลง ($\bar{X}=4.20$) รองลงมาคือข้อ 5. การใช้เทคโนโลยี TMS ช่วยในการควบคุมการทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ($\bar{X}=4.15$) และข้อ 6. การใช้เทคโนโลยี TMS ช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ($\bar{X}=4.08$) ตามลำดับ

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดในด้านทัศนคติต่อเทคโนโลยีในภาพรวม และรายข้อทุกข้อมีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งระดับมาก ($\bar{X}=4.13$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสูงสุด คือ 2. ท่านคิดว่าเทคโนโลยี TMS เป็นเทคโนโลยีที่มีคุณภาพ ($\bar{X}=4.20$) รองลงมาคือข้อ 3. ท่านคิดว่าเทคโนโลยี TMS ทำให้ท่านสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ($\bar{X}=4.20$) รองลงมาคือ

<http://jeet.siamtechu.net>

ข้อ 4. ท่านคิดว่าการใช้งานเทคโนโลยี TMS ทำให้ท่านลดข้อผิดพลาดในการทำงาน ($\bar{X}=4.12$) รองลงมาคือข้อ 1. ท่านคิดว่าการใช้งานเทคโนโลยี TMS ทำให้ท่านรู้สึกพึงพอใจ ทำงานง่าย ไม่ซับซ้อน ($\bar{X}=3.96$) ตามลำดับ

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดในด้านการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี TMS ในภาพรวมและรายข้อทุกข้อมีความสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.92$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสูงสุด คือ 1. ผู้ให้บริการต้องสามารถรักษาความปลอดภัยของข้อมูลการทำงานในบริษัทของท่านได้ ($\bar{X}=4.09$) รองลงมาคือข้อ 4. ผู้ให้บริการต้องมีหน่วยงานให้คำปรึกษาการทำงานของระบบและมีระบบการสำรองข้อมูลในกรณีฉุกเฉิน ($\bar{X}=3.97$) รองลงมาคือข้อ 2. ผู้ให้บริการต้องสามารถแก้ไขปัญหาของผู้ใช้ระบบและสามารถตอบสนองการร้องขอได้ดี ($\bar{X}=3.96$) รองลงมาคือข้อ 3. ผู้ให้บริการต้องสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานของแต่ละหน่วยงานในการเพิ่มฟังก์ชันต่างๆ ที่ปรับให้เหมาะสมกับงาน ($\bar{X}=3.93$) รองลงมาคือข้อ 5. ผู้ให้บริการมีการคิดค่าบริการอย่างเหมาะสมและยุติธรรม ($\bar{X}=3.67$) ตามลำดับ

5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

ผลการศึกษาพบว่า การยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดระดับมาก ($\bar{X}=4.18$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสูงสุด คือ ข้อ 4 เมื่อท่านได้รู้จักและทดลองใช้เทคโนโลยี TMS ทำให้ท่านต้องการที่จะใช้เทคโนโลยีนี้ในการบริหารจัดการของท่าน ($\bar{X}=4.21$) รองลงมาคือข้อ 1 ท่านมีความตั้งใจที่จะศึกษาการใช้งานเทคโนโลยี TMS เพื่อนำมาใช้ในการบริหารจัดการขนส่ง ($\bar{X}=4.19$) รองลงมาคือข้อ 3 ท่านจะทดลอง ปรับใช้เทคโนโลยี TMS เพื่อหาช่องทางในการพัฒนาในส่วนงานบริหารจัดการขนส่งยิ่งขึ้น ($\bar{X}=4.16$) และข้อ 2 ท่านจะนำเทคโนโลยี TMS มาใช้ในงานให้เต็มประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ($\bar{X}=4.14$) ตามลำดับ

5.4 ผลการสัมภาษณ์บุคคล

1) ปัจจัยที่ 1 การเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี จากการสัมภาษณ์ “การนำเอาเทคโนโลยี TMS เข้ามาใช้งานท่านคิดว่ากลุ่มพนักงานในส่วนงานขนส่งสามารถเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยีอย่างไร” โดยผลสรุปกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ พนักงานต้องมีการอบรมการใช้งาน เพื่อให้เห็นถึงการใช้งานง่ายและเข้าถึงได้ และต้องจัดให้มีการทดลองการใช้งานก่อนใช้งานจริงพร้อมทั้งควรมีคู่มือให้ผู้ใช้งาน ซึ่งมีผลเห็นด้วยกับปัจจัยการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ในการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC

2) ปัจจัยที่ 2 การปรับรูปแบบการทำงาน จากการสัมภาษณ์ เมื่อมีเทคโนโลยีเข้ามาปรับรูปแบบการทำงานของพนักงานในส่วนงานขนส่งท่านคิดว่าสามารถปรับรูปแบบการทำงานได้อย่างไรและส่งผลอย่างไรกับการทำงานของพนักงาน โดยผลสรุปกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ การปรับรูปแบบการทำงานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของพนักงานและทำให้พนักงานต้องใช้เวลาในการปรับตัวสำหรับการทำงานในรูปแบบใหม่ พนักงานจะได้ลดขั้นตอนที่ยุงยากออก ทำงานสะดวกขึ้นเมื่อพนักงานมีความเข้าใจในการทำงานแบบใหม่ที่ใช้เทคโนโลยี ซึ่งมีผลเห็นด้วยกับปัจจัยการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ในการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC

3) ปัจจัยที่ 3 ทศนคติต่อเทคโนโลยี จากการสัมภาษณ์ “ท่านมีทัศนคติอย่างไรต่อเทคโนโลยี TMS” โดยผลสรุปกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ เทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้เกิดการทำงาน มีความคาดหวังสูงในการทำงานที่มี มาตรฐานจากเทคโนโลยีที่จะสร้างการทำงานที่ดี มีประสิทธิภาพ และคิดว่าจะสามารถเข้ามาแก้ปัญหาเรื่องทรัพยากรบุคคลได้ ซึ่งมีผลเห็นด้วยกับปัจจัยการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ในการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท AB

<http://jeet.siamtechu.net>

4) ปัจจัยที่ 4 ประโยชน์ของเทคโนโลยี จากการสัมภาษณ์ “ท่านคิดว่าเทคโนโลยีTMS ที่นำเข้ามาใช้งานนั้นมีประโยชน์อย่างไรกับการทำงานในส่วนขนส่ง” โดยผลสรุปกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ เทคโนโลยีสามารถช่วยให้พนักงานทำงานได้เร็ว สะดวก แบบทันที และด้วยเทคโนโลยีจะสร้างความแม่นยำในงานไม่ต้องรอคอย ลดการใช้ ทรัพยากร และช่วยให้เสริมสร้างศักยภาพของทีมให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น และความผิดพลาดที่อาจ ก่อให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน พนักงานใช้ปริมาณเท่าเดิมกับแผนงานที่กำลังเติบโต 100 % ทำให้เกิดประสิทธิภาพในงาน ซึ่งมีผลเห็นด้วยกับปัจจัย การเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ในการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC

5) ปัจจัยที่ 5 การให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี จากการสัมภาษณ์การใช้บริการกับผู้ให้บริการเทคโนโลยีTMS ท่านคิดว่าผู้ให้บริการสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานของบริษัทท่านอย่างไรโดยผลสรุปกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ ผู้ให้บริการเป็นทีมที่เคยทำงาน ร่วมกันมาในการใช้งาน GPS และเป็นบริษัทที่ผ่านการคัดเลือก และตกลงก่อนการใช้งาน แล้ว ดังนั้นจะต้องสามารถรองรับความต้องการในระดับที่ดี และสามารถช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้การสร้างมุมมอง และรูปแบบการทำงานได้ดี ซึ่งมีผลเห็นด้วยกับปัจจัยการเข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยี ในการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC

5.5 การทดสอบสมมติฐาน

การคัดเลือกปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง และการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง เพื่อนำเข้าสมการพยากรณ์ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	29.297	5	5.859	29.548	.000 ^b
Residual	18.640	94	.198		
Total	47.938	99			

* $p \leq 0.05$

จากตารางที่ 1 พบว่าการตรวจสอบปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง โดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณหลายตัวแปร โดยปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีทั้ง 5 ตัวแปร มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า F = 29.548) ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง ของบริษัท ABC จำกัด จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีการ Enter ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ตารางที่ 2 แสดงผลตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ

<http://jeet.siamtechu.net>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.782 ^a	.611	.590	.44531

จากตารางที่ 2 พบว่า แบบจำลองสมการเส้นถดถอยพหุคูณสามารถทำนายการปัจจัยยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย R Square = 0.611 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง ได้แก่ การเข้าถึงการใช้เทคโนโลยี การปรับรูปแบบการทำงาน ทักษะของพนักงาน ประโยชน์ของเทคโนโลยี และการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี มีอิทธิพลต่อการยอมรับได้ร้อยละ 61.10 และส่วนที่เหลือร้อยละ 38.9 เกิดจากจากปัจจัยอื่น ๆ

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเมื่อให้ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

ตัวแปรที่ศึกษา	b	SE _b	β	t	Sig.	VIF
(Constant)	.162	.345		.469	.640	
การเข้าถึงการใช้เทคโนโลยี	.152	.162	.126	.940	.349	4.366
การปรับรูปแบบการทำงาน	.375	.250	.303	1.502	.137	9.838
ทัศนคติของพนักงาน	-.235	.203	-.203	-1.157	.250	7.454
ประโยชน์ของเทคโนโลยี	.623	.174	.537	3.579	.001*	5.451
การให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี	.062	.092	.063	.674	.502	2.125

*p ≤ 0.05

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัดและมีทิศทางเดียวกันในเชิงบวกโดยมีค่าน้ำหนักมากที่สุดได้แก่ ด้านประโยชน์ขอเทคโนโลยี โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.537 รองลงมา ด้านการปรับรูปแบบการทำงาน โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ .303 รองลงมา ด้านการเข้าถึงการใช้เทคโนโลยี โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ .126 และ ด้านการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยี โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ .063 ทั้งนี้ยังพบว่าปัจจัยด้านทัศนคติของพนักงาน มีทิศทางเชิงลบ โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ -.203 เนื่องจากพนักงานส่วนใหญ่เห็นว่าการนำระบบเข้ามาใช้ทำให้บทบาทของพนักงานลดลงและกลัวการตรวจสอบการปฏิบัติงานของพนักงานทำให้เกิดความกังวล ซึ่งทำให้เกิดทิศทางตรงกันข้าม และไม่ยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

แสดงสมการแบบจำลองถดถอยเชิงพหุ ดังนี้

$$Y = .162 + .152(X_1) + .375(X_2) - .235(X_3) + .623(X_4) + .062(X_5)$$

การพิจารณา Multicollinearity ค่า VIF มีค่า 2.125-9.838 ซึ่งน้อยกว่า 10.0 จึงไม่เกิดปัญหา Multicollinearity กล่าวคือ ตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กันเอง แสดงว่าแบบจำลองนี้จึงใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามได้

<http://jeet.siamtechu.net>

5.6 การอภิปรายผล

จากการศึกษาเรื่อง การยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด 2. เพื่อนำเสนอปัจจัยในการนำเอาเทคโนโลยีมาเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการขนส่ง มีประเด็นสำคัญที่พบจากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้นำมาอภิปรายผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

สมมุติฐานที่ 1 การเข้าถึงการใช้เทคโนโลยีมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

ผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ นั้นพบว่าการเข้าถึงการใช้เทคโนโลยีมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด คือปฏิเสธสมมุติฐาน โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า Sig = .349 ซึ่งไม่สอดคล้องการสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งสามารถเข้าถึงได้ง่าย ต่อการนำไปใช้งานในการดำเนินงานในการทำงานส่วนงานขนส่ง จึงไม่เป็นปัจจัยที่จะส่งผลต่อการยอมรับ ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ นฤมล ยิมะลี (2560) ที่ได้ศึกษาการรับรู้ความง่ายต่อการใช้งาน การรับรู้ประโยชน์ และการสื่อสารปากต่อปากผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ (E-word of Mouth) ที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการแอปพลิเคชันชมภาพยนตร์และซีรีส์ของกลุ่ม Gen Y ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ผลพบว่า การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน การรับรู้ประโยชน์ด้านความ เพลิดเพลิน ด้านความประหยัดเวลา และการสื่อสารปากต่อปากผ่านทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลต่อ ความตั้งใจใช้บริการแอปพลิเคชันชมภาพยนตร์ และซีรีส์ ในขณะที่การรับรู้ประโยชน์ด้านความ สะดวกสบาย ไม่ส่งผลต่อการตั้งใจใช้บริการแอปพลิเคชันชมภาพยนตร์ และซีรีส์ ซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ว่า “พนักงานต้องผ่านการอบรมการใช้งานและต้องจัดให้มีการทดลองใช้งานก่อนเริ่มใช้งานจริง” ดังนั้นการเข้าถึงเป็นสิ่งที่พนักงานจะผ่านการอบรมให้สามารถใช้งานได้ตามแผนของบริษัท

สมมุติฐานที่ 2 การปรับรูปแบบการทำงานมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

ผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ นั้นพบว่าการปรับรูปแบบการทำงานมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด คือปฏิเสธสมมุติฐาน โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า Sig = .137 ซึ่งไม่สอดคล้องการสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งเมื่อนำมาใช้งานแล้วนั้นจะทำให้รูปแบบการทำงานเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบเดิมนั้นจึงไม่เป็นปัจจัยที่จะส่งผลต่อการยอมรับ ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทนิภา ไตรลักษณ์ (2562) ที่ได้ศึกษา ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการทำงาน การมีส่วนร่วมในการทำงาน และการ ติดต่อสื่อสาร มีผลต่อความไว้วางใจในการทำงานของพนักงาน Generation Y บริษัทโลจิสติกส์แห่ง หนึ่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ว่า “ปรับรูปแบบการทำงานแต่ละขั้นตอนใหม่ทั้งหมดและอาจทำให้พนักงานต้องใช้เวลาในการปรับตัวในการใช้งานแต่ งานจะสะดวกขึ้น เร็วขึ้น” โดยทำให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานนั้นส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี ด้วยการปรับเปลี่ยนจะกระทบต่อความคิดของกลุ่มตัวอย่าง

สมมุติฐานที่ 3 ทักษะของพนักงานในยอมรับมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

<http://jeet.siamtechu.net>

ผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ นั้นพบว่าทัศนคติของพนักงานในยอมรับมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด คือปฏิเสธสมมุติฐาน โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า Sig = .250 ซึ่งไม่สอดคล้องการสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งจะมาแทนที่พนักงาน ด้วยเทคโนโลยีสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีระบบรองรับได้มาก จึงทำให้เกิดความรู้สึกในแง่ลบต่อเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่ง ซึ่งผลงานวิจัยนี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิไลวรรณ จ้อยผล (2554) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยเชิง สาเหตุที่ส่งผลต่อการยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษาของครูเกียรติยศในประเทศไทย ผลวิจัยพบว่าปัจจัยด้านทัศนคติและแรงจูงใจ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับ นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา โดยแสดงให้เห็นว่า เมื่อครูเกียรติยศได้รับความรู้มีประสบการณ์ เกี่ยวกับนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา จะเกิดทัศนคติและแรงจูงใจที่จะยอมรับนวัตกรรมและ เทคโนโลยีการศึกษา ทั้งนี้เป็นผลที่เกิดขึ้นจากคุณลักษณะส่วนตัว เช่น อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่ง และคุณลักษณะขององค์กร ซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ว่า “มีความคาดหวังสูงในการทำงานที่มีมาตรฐานจากเทคโนโลยีที่จะ สร้างการทำงานที่ดี มีประสิทธิภาพ และคุณภาพของงานที่เป็นในทิศทางที่มุ่งหวัง” ด้วยทัศนคตินั้นเป็นเรื่องส่วนบุคคลที่จะแสดงข้อคิดเห็นจึงอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หากมีความเข้าใจในเทคโนโลยีมากขึ้น

สมมุติฐานที่ 4 ประโยชน์ของเทคโนโลยีมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

ผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ นั้นพบว่าประโยชน์ของเทคโนโลยีมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด คือ ยอมรับสมมุติฐาน โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า Sig = .001 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งมีประโยชน์ของเทคโนโลยีที่มีฟังก์ชันที่สามารถนำมาใช้งานได้เกิดประสิทธิภาพ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิจันทร์ ปัญจทวี (2560) ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้ระบบสารสนเทศกรณีศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตเชียงใหม่ ซึ่งผลวิจัยพบว่ามี 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยการ ได้รับการสนับสนุนการใช้ระบบ สารสนเทศจากผู้บังคับบัญชา ปัจจัยความคาดหวังจากประสิทธิภาพของเทคโนโลยีสารสนเทศ และ ปัจจัยการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศ ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้ระบบสารสนเทศ คือ ปัจจัยด้านสถานภาพทั่วไป ปัจจัย ด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้ระบบสารสนเทศและปัจจัยการรับรู้ความง่ายในการใช้งานระบบสารสนเทศ ซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ว่า “ช่วยลดเวลา และความผิดพลาดที่อาจก่อให้เกิดความล่าช้าในการ ทำงาน พนักงานใช้ปริมาณเท่าเดิมกับแผนงานที่กำลังเติบโต 100 % ทำให้เกิดประสิทธิภาพในงาน” ด้วยผลของประโยชน์ของเทคโนโลยี หากพนักงานรับทราบจะกลายเป็นอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยี

สมมุติฐานที่ 5 การให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยีต่อคุณภาพที่ได้รับมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด

ผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ นั้นพบว่าการให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยีต่อคุณภาพที่ได้รับมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด คือปฏิเสธสมมุติฐาน โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า Sig = .502 ซึ่งไม่สอดคล้องการสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่า การให้บริการของผู้ให้บริการเทคโนโลยีต่อคุณภาพที่ได้รับนั้นอาจมีข้อผิดพลาดที่ผู้ให้บริการนั้นไม่สามารถดำเนินการได้ทันในเวลาที่ต้องการ หรือ ไม่ตอบสนองตามคาดหวังได้ ซึ่งผลการวิจัยนี้ ไม่สอดคล้องกับงานวิจัย

<http://jeet.siamtechu.net>

ของ นิตยา คำสวนจิก (2558) ได้ศึกษาเรื่อง คุณภาพการให้บริการที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการองค์กรคลังสินค้า ซึ่งผลวิจัยพบว่า ปัจจัยเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการ ได้แก่ ด้านความ น่าเชื่อถือ และด้านความเห็นอกเห็นใจส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการองค์กรคลังสินค้า ส่วน ปัจจัยเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ ด้านการ ตอบสนองลูกค้า และด้านการให้ความมั่นใจแก่ลูกค้า ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการของ องค์กรคลังสินค้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ว่า “ผู้ให้บริการ มีการสร้าง มุมมอง และการขอความคิดเห็นในการ เสนอโครงการมาดีอยู่แล้ว แต่ว่าการดำเนินการจริงต้องติดตามต่อไป แต่คิดว่าจาก รูปแบบการทำงานที่มีการวางแผนคิดว่าน่าจะทำออกมาได้ดี”

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อการยอมรับนั้นคือ ปัจจัยด้านประโยชน์ของเทคโนโลยี ที่สามารถส่งผลต่ออภิผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีของบริษัท ABC ควรให้ความสำคัญต่อการเข้าใจในการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้งานในการทำงานแล้วเกิดประโยชน์และข้อดีอย่างไรให้พนักงานเพื่อลดทัศนคติที่พนักงานมองเทคโนโลยีในแง่ลบ โดยอาจใช้วิธีการให้ทดลองใช้งานโดยจะต้องมีการฝึกอบรมการใช้งาน เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ที่สามารถเข้าถึงการทำงานได้ง่ายกว่าเดิม และปัจจัยรองลงมาคือด้านการปรับรูปแบบการทำงาน คือปัจจัยที่เทคโนโลยีจะเข้ามาปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานจากด้วยมือ เป็นการทำงานที่อยู่ในระบบและให้เทคโนโลยีช่วยอำนวยความสะดวกดังนั้นก็ควรเป็นอีกส่วนปัจจัยหนึ่งที่บริษัทควรมีการวางแผนรูปแบบการทำงานที่จะปรับเปลี่ยนให้เหมาะสม

ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้างต่อไป

ควรศึกษาผลของการใช้งานเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด เพื่อเป็นการศึกษาเทคโนโลยีที่นำมาปรับใช้งานว่าสามารถสร้างประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของส่วนงานขนส่ง และ เพื่อเป็นการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยี หลังการใช้งานของพนักงานบริษัท ABC จำกัด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Administrator. (4 มิถุนายน 2558). ระบบการจัดการการขนส่ง. เข้าถึงได้จาก : DOUBLE I SOLUTIONS: <http://www.double-isolutions.co.th/software/transportation-management-system/>
- [2] Cartrack. (10 สิงหาคม 2561). การพัฒนาระบบเพื่อช่วยบริหารจัดการต้นทุน. เข้าถึงได้จาก : Cartrack: <https://www.cartrack.co.th/tms-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD>
- [3] DTC. (12 ตุลาคม 2559). ประโยชน์ที่ได้จากการจัดหาระบบ TMS. เข้าถึงได้จาก : <https://www.dtc.co.th>
- [4] DTCL. (2561). TMS คืออะไร. เข้าถึงได้จาก DTCL: <https://www.dtcl.co.th/logistics-software>
- [5] SMEONE เพิ่มโอกาสให้ SME ไทย. (22 กันยายน 2563). 5 กลยุทธ์ที่จะช่วยลดต้นทุนในการขนส่ง. เข้าถึงได้จาก SMEONE: <https://www.smeone.info/posts/view/336>
- [6] ชัชวาล อรรถศรีสุภทัต. (11 เมษายน 2554). ทฤษฎีของคุณภาพการให้บริการ. เข้าถึงได้จาก WRITER: https://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?pageid=4&bookID=1285

<http://jeet.siamtechu.net>

- [7] ดร.สิทธิชัย ฝรั่งทอง. (2563). เลือกใช้ผู้ให้บริการขนส่งที่ดี ช่วยเสริมคุณภาพงานบริการที่ดีให้ธุรกิจ. เข้าถึงได้จาก: <http://thewindustry.com/columnist>
- [8] ทรัพยากรบุคคล. (2563). ข้อมูลทรัพยากรบุคคล. วารสารประจำปีบริษัท ABC จำกัด, 7. นาย กิตติพร ไชยโรจน์. (12 กรกฎาคม 2555). แนวคิด ทฤษฎี การจัดการนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา. เข้าถึงได้จาก GotoKnow: <https://www.gotoknow.org/posts/494628>
- [9] ปิยะนุช สถาพงศ์ภักดี. (6 สิงหาคม 2562). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2562-2564: ธุรกิจบริการขนส่งสินค้าทางถนน. เข้าถึงได้จาก ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน): <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/logistics/road-freight-transportation/IO/io-road-freight-transportation-20>
- [10] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทราวดี วงศ์สุเมธ. (2556). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและการใช้งานระบบ เรียนผ่านเว็บ. วารสารนักบริหาร, 8.
- [11] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทราวดี วงศ์สุเมธ. (2556). ปัจจัยที่อาจมีอิทธิพลต่อการยอมรับและการใช้งาน WBLS ของกลุ่มผู้ใช้เป้าหมาย. วารสารนักบริหาร, 5.
- [12] ฝ่ายการตลาดบริษัท ABC จำกัด. (2563). ข้อมูลบริษัท ABC จำกัด. วารสารประจำปีบริษัท ABC จำกัด, 5. เข้าถึงได้จาก บริษัท ABC จำกัด: www.ABC.ltd
- [13] พรณี ลีกิจวัฒนะ. (2559). วิธีการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ: มินเชอร์วิส ซัพพลาย.

การศึกษาวิเคราะห์เพื่อลดความร้อนในระบบกรอบอาคาร

ANALYTICAL STUDY FOR REDUCE HEAT IN BUILDING FRAME SYSTEM

สุนทร แสงเพชร^{1*} โจเซฟเคดารี² สุวิไล อารีจิตต์³ ธัชพรพรณ หนูเนียม⁴Soonthorn Sangpetch^{1*} Prof. Joseph Khedari² Suwilai Areejit³ Thachapan Nooniem⁴¹อาจารย์ตร.ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี²ศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี³⁻⁴อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี^{*}Corresponding author, Email: soonthorn.sae@bkkthon.ac.th

Received: February 19, 2023

Revise: June 6, 2023

Accepted: June 6, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกรอบอาคารให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นโดยการวัดค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทั้ง 4 ด้านก็จะได้อัตราการสูญเสียการถ่ายเทความร้อนก่อนและหลังเพื่อนำมาวิเคราะห์และปรับปรุง เพราะประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่ในเขตแบบภูมิอากาศร้อนชื้น ทำให้อาคารที่ใช้อยู่ปัจจุบันมีสภาพอากาศร้อนทำให้สิ้นเปลืองค่าพลังงานไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับกรอบอาคารโดยกรอบอาคารที่ดีควรสามารถป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาภายในตัวอาคารมากเกินไปเพื่อลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศและนำไปสู่การลดภาระการทำความเย็นและค่าใช้จ่ายในการสิ้นเปลืองค่ากระแสไฟฟ้า โดยปกติภาระการปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนถ่ายเทจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคารจะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเองการที่เราสามารถเข้าใจกลไกของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารว่าเป็นอย่างไรมีลักษณะใดบ้างและทราบถึงวิธีการประเมินสมรรถนะของกรอบอาคารจะช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางป้องกันความร้อนเหล่านั้นไม่ให้เข้ามาภายในอาคารสำหรับอาคารหนึ่งๆภาระการปรับอากาศเป็นผลจากปัจจัยภายนอกอันได้แก่ความร้อนที่การถ่ายเทจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคารและจากปัจจัยภายในอันได้แก่ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัวอาคารเองโดยปกติแล้วความร้อนจากที่ถ่ายเทจากภายนอกจะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในคือคิดเป็นร้อยละ 60 ของภาระการปรับอากาศ โดยผลการทำวิจัยสรุปค่า OTTV (N) ลดลง = 41.17 W/m^2 = ลดความร้อนลง 45.70 % , OTTV (E) ลดลง = 64.25 W/m^2 = ลดความร้อนลง 39.39 % , OTTV (S) ลดลง = 67.29 W/m^2 = ลดความร้อนลง 42.49 % , OTTV (W) ลดลง = 67.1 W/m^2 = ลดความร้อนลง 40.29 % รวมค่าเฉลี่ยค่าการถ่ายเทความร้อนลดลง 42 %

คำสำคัญ: กรอบอาคาร, พลังงานไฟฟ้า, ภาระการปรับอากาศ

Abstract

This research is to improve the efficiency of the building frame to be more efficient by measuring the heat transfer values of all 4 walls. The heat transfer temperatures before and after will be analyzed and improved. Because Thailand is located in a tropical climate zone. Causing the current building to have a hot weather, causing electricity costs, so it is necessary to focus on the building framework, with a good building frame, it should be able to prevent too much heat inside the building to reduce the burden. Cooling of the air conditioning system and leads to a reduction in the cooling load and the cost of wasting electricity. Normally, the air conditioning load caused by heat transfer from the outside of the building into the building will be higher

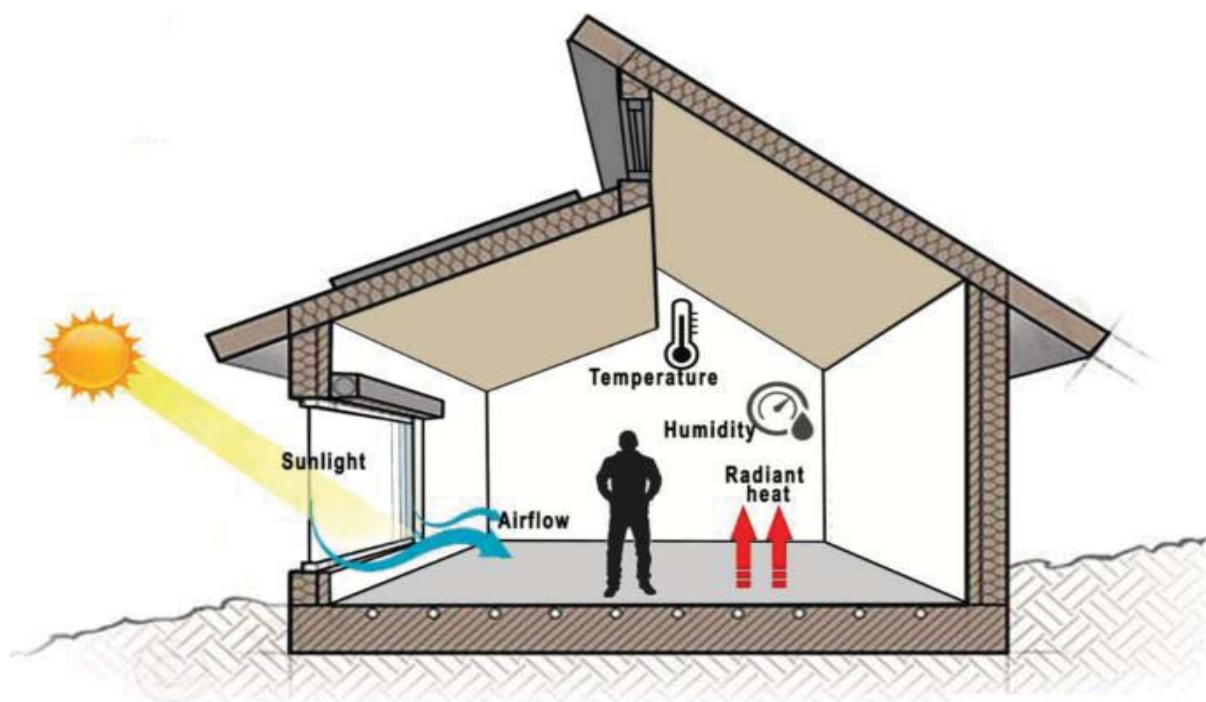
<http://jeet.siamtechu.net>

than the heat generated inside the building itself. We can understand the mechanism of heat transfer into the building. What characteristics and knowing how to assess the performance of the building frame will help us analyze to find ways to prevent those heats from entering the building. For a building, the air conditioning load is affected by external factors, i.e. heat transferred from the outside of the building into the building, and by internal factors, i.e. heat generated from within the building itself. The proportion of heat generated from the outside is higher than the heat generated from the inside, accounting for 60 percent of the air conditioning load. The results of the research concluded that OTTV (N) decreased = 41.17 W/m^2 = reduced heat by 45.70 %, OTTV (E) decreased = 64.25 W/m^2 = reduced heat by 39.39 %, OTTV (S) reduced Down = 67.29 W/m^2 = Reducing heat by 42.49% , OTTV (W) Reducing = 67.1 W/m^2 = Reducing heat by 40.29% Total average value of heat transfer is reduced by 42%.

Keywords: Building Frame, Electric Power, Air Conditioning Load

1.บทนำ

สำหรับอาคารหนึ่งๆ การะการปรับอากาศเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอก คือความร้อนที่มีการถ่ายเทของอากาศจาก ภายนอกอาคารเข้ามายังตัวอาคารและจากปัจจัยภายในตัวอาคารเอง โดยปกติแล้วความร้อนจากการถ่ายเทภายนอกจะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายใน คือ คิด เป็นสัดส่วนร้อยละ 60 ของการะการปรับอากาศ ดังรูปที่แสดงแหล่งที่มาของความร้อนในรูปแบบต่างๆ ที่เป็นการะการปรับอากาศ



รูปที่ 1 แสดงแหล่งความร้อนของการะการปรับอากาศ

ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(สามัญ), 2550

1. การส่งผ่านรังสีจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรงผ่านพื้นผิวที่โปร่งแสงเช่นหน้าต่าง, หลังคาโปร่งแสง (Skylight)

<http://jeet.siamtechu.net>

2. การนำความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านทางผนังภายนอก (ผนังทึบและผนังกระจก) พื้นและหลังคา
3. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากตัวคน, หลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆที่อยู่ภายในอาคาร
4. ความร้อนที่เกิดจากอากาศภายนอกที่นำเข้ามาเพื่อการระบายอากาศภายในหรือที่แทรกซึมเข้าสู่อาคาร (เช่นอากาศที่ผ่านเข้าทางประตูหรือหน้าต่างในส่วนที่เปิดไว้)

เมื่อกล่าวถึงเรื่องการใช้พลังงานภายในอาคาร ซึ่งในที่นี้หมายถึงพลังงานไฟฟ้า คนทั่วไปส่วนมากจะมีความเข้าใจเฉพาะการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เนื่องจากสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและเห็นเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน แต่ที่แท้จริงแล้วยังมีอีกหลายวิธีที่สามารถช่วยให้เกิดมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้ ซึ่งหนึ่งในวิธีนั้นก็คือ “การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคาร” หรือที่เรียกทั่วไปว่า วัสดุก่อสร้าง ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ และมีส่วนลดการใช้พลังงานอย่างถูกวิธีสาเหตุเนื่องจากวัสดุกรอบอาคาร โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ภายนอกเปรียบเสมือนเป็นเปลือกหุ้มอาคารเหล่านั้นไว้ ถ้าเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านก็จะไม่รู้สึกร้อนและภายในอาคารก็จะอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ตลอด และเมื่อมีการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ มาวิเคราะห์แล้วพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในอาคารพักอาศัยถูกใช้ไปกับการลดความร้อนภายในอาคารเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดนั่นก็คือ การใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาเสริมเมื่อต้องการให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ที่ผ่านมาในขั้นตอนของการออกแบบก่อสร้างจะมีผู้ที่คำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่มากนัก หากมีการเตรียมการป้องกันในขั้นต้นอย่างเหมาะสมแล้ว ก็จะไม่ทำให้ภาระในการลดความร้อนตกไปอยู่กับระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากชนิดหนึ่งในการทำงานของระบบเมื่อทราบถึงความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารให้มีความเหมาะสมแล้ว ก็ควรที่จะทำการศึกษาหรือมีความเข้าใจพื้นฐานของวัสดุบ้างในระดับหนึ่ง เพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม และก่อนที่จะกล่าวถึงคุณสมบัติและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างแล้ว สิ่งหนึ่งที่จะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการทำความเข้าใจ คือความรู้ทางด้านทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้อง ระหว่างวัสดุก่อสร้าง ความร้อน และพลังงานในระดับเบื้องต้น อันจะเป็นประโยชน์ในการทำความเข้าใจคุณสมบัติต่างๆของวัสดุต่อไป การที่เราทำการวิจัยและสามารถหาวิธีเพิ่มสมรรถนะในการป้องกันความร้อนของกรอบอาคารจะทำให้ภายในตัวอาคารมีอุณหภูมิลดลง ทำให้ช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก

2. วัตถุประสงค์

1. ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร
2. เข้าใจหลักการคำนวณสมรรถนะของกรอบอาคาร OTTV

3. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้โรงงานต้นแบบประเภทซอมมิเอ็กทอนิกส์โดยการวัดค่าความร้อนที่อุณหภูมิของผนังอาคารทั้ง 4 ด้านเพื่อเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทำวิจัยโดยใช้หลักทฤษฎีและหลักปฏิบัติแล้วนำมาคำนวณเพื่อให้ทราบสมรรถนะของกรอบอาคารสำนักงาน

3.1 สมการ

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value: OTTV)

$$OTTV_i = (U_w) (1-WWR) (T_{Deq}) + (U_f) (WWR) (\Delta T) + (WWR) (SHGC) (SC) (ESR). \quad (1)$$

ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(สามัญ), 2550

<http://jeet.siamtechu.net>

โดยที่ $OTTV_i$ คือ Total heat transfer of the wall under consideration, W/m^2

U_w คือ Total heat transfer coefficient of solid wall, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

WWR คือ The area of the window is translucent by giving it a aspect ratio. and or of the translucent wall to the total area of that wall consider

TD_{eq} คือ temperature different indoors and outdoors $^\circ C$

U_f คือ Total heat transfer coefficient of glass or transparent wall, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

ΔT คือ Temperature difference outside and inside $^\circ C$

$SHGC$ คือ coefficient of solar radiation transmitted through glass translucent wall or transparent wall $W/m^2 \cdot ^\circ C$

SC คือ shading coefficient of shading devices

ESR คือ the amount of incident sunlight that affects heat transfer through translucent walls and/or opaque walls, W/m^2

3.2 สมการ

การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาอาคาร(Roof Thermal Transfer Value: RTTV)

$$RTTV_{ni} = (U_r) (1-SRR) (TD_{eq}) + (U_s)(SRR) (\Delta T) + (SRR) (SHGC) (SC) (ESR) \quad (2)$$

ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(สามัญ), 2550

โดยที่ $RTTV_{ni}$ คือ Total heat transfer of the considered roof section, W/m^2

U_r คือ Total heat transfer coefficient of the roof, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

SRR คือ The ratio of the area of the translucent roof to the total area of the considered roof.

TD_{eq} คือ The temperature difference equivalent between the outside and the inside of the building including the solar radiation absorption effect of the solid wall, $^\circ C$

U_s คือ Total heat transfer coefficient of translucent roof, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

ΔT คือ Temperature difference between indoor and outdoor

$SHGC$ คือ coefficient Heat from solar radiation transmitted through the translucent roof.

SC คือ shading coefficient of shading devices

ESR คือ solar radiation affecting heat transfer or amount of incident sunlight, translucent wall and/or opaque wall, W/m^2

3.3 ความหนาแน่น (Density; ρ) และความร้อนจำเพาะ (Specific heat; C_p) ของวัสดุต่าง ๆ

ตารางที่ 1. ตารางการนำความร้อนและความต้านทานความร้อน (ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(สามัญ), 2550

ลำดับ	วัสดุ	K ($W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$)	P (Kgm^{-3})	C_p ($Kj.Kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$)
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	0.198	1860	1.00
2	แผ่นฉนวนกันความร้อน	0.108	720	1.00
3	วัสดุฉนวนหลังคาแอสฟัลท์	1.226	1100	1.51
4	บิตูเมน(Bitumen)	1.298	1100	1.26
5	อิฐ			
	(ก) แท่งและฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสกหรือกระเบื้อง	0.807	1760	0.837
	(ข) ผนังไม่ฉาบปูน	1.154	1600	0.79
6	คอนกรีต	1.442	2400	0.92
7	คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่นต่างๆ			
	(ก) 620 Kg/m^3	0.160	620	0.84
	(ข) 960 Kg/m^3	0.303	960	0.84
	(ค) 1120 Kg/m^3	0.346	1120	0.84
	(ง) 1280 Kg/m^3	0.476	1280	0.84
8	บล็อกคอนกรีต	1.02	1370	0.92

3.4 ค่าคุณสมบัติอุณหภาพของกรอบอาคาร

1. ค่าสัมประสิทธิ์ผิวนิ่งทึบ (U_w)
2. ค่าความต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})
3. ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับผนังโปร่งแสง (DT)
4. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
5. สัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient: SC)
6. รังสีแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation: ESR)



(ก) อิฐมอญ



(ข) อิฐบล็อก



(ค) อิฐมวลเบา

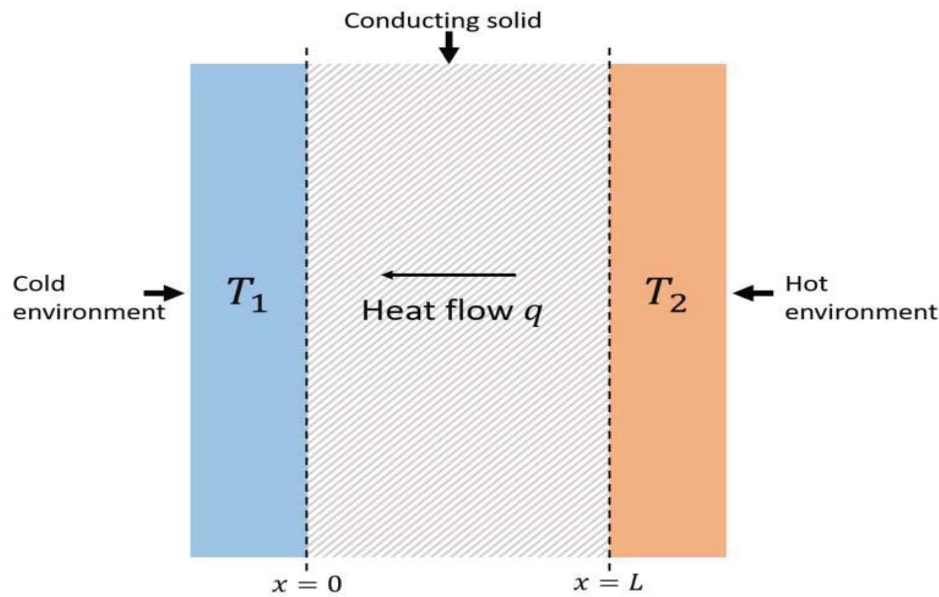


รูปที่ 2 แสดงวัสดุที่ใช้ประกอบอาคาร

ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(สามัญ), 2550

3.5 สมรรถนะเชิงอุณหภาพของผนังทึบ

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Coefficient of heat transfer หรือ U)



รูปที่ 3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง
ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(สามัญ), 2550

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (3)$$

เมื่อ Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

A = พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด (m^2)

ΔT = ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ($^\circ C$)

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน เพื่อให้สะดวกต่อการกำหนดค่า คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) และเมื่อนำทั้งสองส่วนมารวมกันก็จะได้เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทั้งหมด โดยการวิจัยครั้งนี้ จะทำการศึกษาเฉพาะ(OTTV) และทำในเฉพาะอาคารห้องสำนักงาน

1.ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง จะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ส่วนของผนังอาคารทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นผนังทึบหรือผนังโปร่งแสง เช่น ช่องประตูหรือหน้าต่างซึ่งในปัจจุบันมีข้อกำหนดให้อาคารที่สร้างใหม่จะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังไม่มากกว่า $45 W/m^2$ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง คำนวณได้จาก

$$OTTV_i = U_w \cdot (1-WWR) \cdot T_{d_{eq}} + U_f \cdot WWR \cdot \Delta T + SC \cdot WWR \cdot SF \quad (4)$$

เมื่อ A_1 = พื้นที่ผนังส่วนที่ 1 (m^2)

ฉะนั้น

$$OTTV_{รวม} = \frac{A_1 \cdot OTTV_1 + A_2 \cdot OTTV_2 + \dots + A_i \cdot OTTV_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i} \quad (5)$$

3.6 เก็บข้อมูลก่อนการศึกษาทำวิจัย

ตารางที่ 2. ตารางการบันทึกข้อมูลก่อนการศึกษาทำวิจัย

Type of building office	OTTV (W/m ²)			
	N	E	S	W
ESR	100.50	150.04	170.20	160.98
TD _{eq}	5.40	11.90	12.65	12.90
OTTV (W/m ²)	75.83	106.02	117.02	112.38

$$OTTV_i = (U_w) (1-WWR) TD_{eq} + (U_f) (WWR) T + (WWR) (SHGC) (SC) (ESR)$$

$$OTTV_i(N) = (2.297) (1-0.714) 5.40 + (5.764) (0.714) 5 + (0.714) (0.73) (1) (100.50) = 75.83$$

$$OTTV_i(E) = (2.297) (1-0.714) 11.90 + (5.764) (0.714) 5 + (0.714) (0.73) (1) (150.04) = 106.02$$

$$OTTV_i(S) = (2.297) (1-0.714) 12.65 + (5.764) (0.714) 5 + (0.714) (0.73) (1) (170.20) = 117.02$$

$$OTTV_i(W) = (2.297) (1-0.714) 12.90 + (5.764) (0.714) 5 + (0.714) (0.73) (1) (160.98) = 112.38$$

3.7 ค่าบันทึกข้อมูลหลังทำการเปลี่ยนเป็นผนังทึบและหลังคาทึบ

ตารางที่ 3. ตารางการบันทึกข้อมูลหลังทำการเปลี่ยนเป็นผนังทึบและหลังคาทึบ

Type of building office	OTTV (W/m ²) Standard criteria according to law OTTV ≤ 50			
	N	E	S	W
ESR	50.00	60.55	72.33	65.20
TD _{eq}	1.5	3.83	6.55	7.44
OTTV (W/m ²)	34.665	41.77	49.73	45.28

$$OTTV_i = (U_w) (1-WWR) TD_{eq} + (U_f) (WWR) T + (WWR) (SHGC) (SC) (ESR)$$

$$OTTV_i(N) = (0.50) (1-0.714) 1.50 + (0.65) (0.714) 5 + (0.714) (0.90) (1) (50.00) = 34.665$$

$$OTTV_i(E) = (0.50) (1-0.714) 3.83 + (0.65) (0.714) 5 + (0.714) (0.90) (1) (60.55) = 41.77$$

$$OTTV_i(S) = (0.50) (1-0.714) 6.55 + (0.65) (0.714) 5 + (0.714) (0.90) (1) (72.33) = 49.73$$

$$OTTV_i(W) = (0.50) (1-0.714) 7.44 + (0.65) (0.714) 5 + (0.714) (0.90) (1) (65.20) = 45.28$$

3.8 ค่าเปรียบเทียบก่อนและหลังการทำวิจัย

ตารางที่ 4. ตารางเปรียบเทียบก่อนและหลังการทำวิจัย

<http://jeet.siamtechu.net>

Type of building office	Standard criteria according to law OTTV (W/m^2)			
	N	E	S	W
Before OTTV (W/m^2)	75.83	106.02	117.02	112.38
After OTTV (W/m^2)	34.665	41.77	49.73	45.28
Decrease in OTTV (W/m^2)	41.17	64.25	67.29	67.1

3.9 ตารางเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

ตารางที่ 5. ตารางเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

Type building	Standard criteria according to law	Standard criteria according to law
	OTTV (W/m^2 of the exterior wall)	RTTV (W/m^2 of building roofs)
Office	O-OTTV ≤ 50	O-RTTV ≤ 15
Department store / community building	S-OTTV ≤ 40	S-RTTV ≤ 12
Hotel, Hospital, Condominium	H-OTTV ≤ 30	H-RTTV ≤ 10

3.10 เปรียบเทียบงานวิจัยกับเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

ตารางที่ 6. ตารางการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

Type of building office	OTTV (W/m^2) Standard criteria according to law OTTV ≤ 50			
	N	E	S	W
Before OTTV (W/m^2)	75.83	106.02	117.02	112.38
After OTTV (W/m^2)	34.665	41.77	49.73	45.28
Decrease in OTTV (W/m^2)	41.17	64.25	67.29	67.1

4. ผลการศึกษา

จากการเปรียบเทียบจากตารางที่ 6 ทำให้เห็นว่าค่า OTTV (W/m^2) มีการลดลงทุกทิศที่มีการวัดค่าทำให้ผลพวงในภาพรวมในอาคารสำนักงานมีแนวทางที่จะลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าได้แน่นอน

ตารางที่ 7 กรณีออกแบบใช้ผนังกระจกทุกด้าน 100% จะไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายได้

<http://jeet.siamtechu.net>

Type building	OTTV(W/m ²)					law
Office	219.7 X	168.4 X	140.5 X	133.8 X	106.8 X	≤50
Department store / community building	163.8 X	127.5 X	107.8 X	99.7 X	79.5 X	≤40
Hotel, Hospital, Condominium	100.6 X	78.2 X	66.0 X	61.3 X	48.9 X	≤30

ตารางที่ 8. กรณีเปรียบเทียบการไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานและการผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมาย

Type building	RTTV(W/m ²)				law
Office	64.8 X	23.6 X	5.9	4	≤15
Department store / community building	65.6 X	24.0 X	6	4.1	≤12
Hotel, Hospital, Condominium	39.3 X	14.5 X	3.6	2.5	≤10

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาวิเคราะห์เก็บข้อมูลและคุณสมบัติเชิงอุณหภูมิที่สำคัญของวัสดุปรับอากาศ
2. วิเคราะห์เก็บข้อมูลทดลองและนำเอาข้อมูลมาใช้ประโยชน์ต่อสาธารณะได้
3. ทำการศึกษาในระดับข้อมูลที่ซับซ้อนขึ้นต่อไปได้

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยครั้งนี้ทำเฉพาะ OTTV(W/m²) เพื่อพิสูจน์สมการโดยใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลเพื่อดูค่า OTTV(W/m²) หลังจากปรับปรุงจากของเดิมไปแล้วเพราะเวลามีจำกัดและสมการบางตัวก็จะกำหนดให้คงที่เพื่อความคล่องตัวในการเก็บข้อมูลและการคำนวณเพราะโรงงานมีเวลาให้เข้าไปศึกษาโดยมีข้อจำกัดทางด้านเวลาและข้อมูลบางอย่างเปิดเผยไม่ได้เพื่อการแข่งขันทางการค้า แต่ข้อมูลที่ได้นี้ก็เป็นประโยชน์อย่างมากและได้ให้ข้อมูลบางส่วนกับโรงงานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินธุรกิจต่อไปโดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประเภทเชิงทดลองในโรงงานต้นแบบลักษณะการทดลองและออกแบบ โดยทำการทดลองและวัดค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่า OTTV(W/m²) เท่านั้นโดยมีการศึกษาด้วยการเข้าไปเก็บข้อมูลในโรงงานต้นแบบจริงในการหาค่า OTTV(W/m²) จากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก เพื่อนำมาประมวลผลก่อนและหลังเพื่อ จึงหาประเด็นในการลดลงของค่า OTTV(W/m²) เป็นที่น่าสนใจว่าเป็นการลดลงของค่า OTTV(W/m²) อย่างมีนัยสำคัญคือผลการทำวิจัยสรุปค่า OTTV (N) ลดลง = 41.17 W/m²=ลดความร้อนลง 45.70 % , OTTV (E) ลดลง= 64.25W/m²=ลดความร้อนลง 39.39 % , OTTV (S) ลดลง= 67.29W/m²=ลดความร้อนลง 42.49 % , OTTV (W) ลดลง= 67.1W/m²=ลดความร้อนลง 40.29 % หลังจากที่เราศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลก่อนทำและหลังทำวิจัยเพื่อนำไปปรับปรุงในสภาพการณ์จริงเพื่อเพิ่มเติมข้อมูลและพัฒนาให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้นงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะค่า OTTV(W/m²) เพื่อช่วงแรกจะ

<http://jeet.siamtechu.net>

ได้ประหยัดการใช้พลังงานรวมของโรงงาน ซึ่งการทำวิจัยทำเฉพาะในสำนักงานซึ่งมีพื้นที่ไม่ใหญ่มากนักซึ่งในลำดับต่อไปก็จะพัฒนาขยายขอบเขตของอาคารในแต่ละกรณีโดยได้คำนึงถึงค่าไฟฟ้าโดยรวมทั้งหมดและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องด้วยเวลาที่จำกัด ซึ่งอาจเป็นประเด็นที่น่าสนใจในเรื่องเวลาที่ควรพิจารณาให้มากกว่าเดิมเพื่อจะได้ใช้เวลาในการหาข้อมูลที่จะเอืดยเพิ่มเติมและจะได้มีเวลาในการเปรียบเทียบรูปแบบปรับอากาศของอาคารอื่นๆเพื่อเปรียบเทียบเพื่อเป็นแนวทางการประหยัดไฟฟ้าให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งานอาคารต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากบริษัท เอ็คซาบิซ จำกัด ที่ให้เข้าไปเก็บข้อมูลและอำนวยความสะดวกทุกอย่างให้เป็นอย่างดีและมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ที่มอบทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ.โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2547), ตำราฝึกอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผชพ.)สามัญ
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2550), คู่มือมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (พ.ศ. 2545). บทที่ 2 การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน 10 ชนิด. In เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (pp. 2-1 - 2-15)
- [3] ผศ.ดร.สุธรรม นิยมवास และบัญญัติ นิยมवास, (2549). เครื่องจักรกลของไหล, สำนักพิมพ์วิทย์พัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ, [4] เกษม จันทรแก้ว และคณะ. (2543). โครงการศึกษาวิจัย และพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.ตำบลแหลมผักเบี้ยอำเภอบ้านแหลม: เพชรบุรี
- [4] ชัยโรจน์ธนสันติ. (2535).การมีส่วนร่วมของสภาตำบลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ:ศึกษากรณีจังหวัดอุบลราชธานี.วิทยานิพนธ์สังคมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
- [5] คู่มือฝึกอบรมการอนุรักษ์พลังงานภาคปฏิบัติด้านไฟฟ้า (Mini Plant), โครงการทดลองจัดระบบการสอบและการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม PRE, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [6] ศราพร ไกรยะปักษ์. (2553).รูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการพลังงานชุมชน.วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
- [7] นิพนธ์เกตุจ้อย. (2546).ระบบไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ในประเทศไทย.ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
- [8] Cohen, J.M. และ N.T. Up off. (1977), Rural Development Participation: Concept and Measures for Project Design Implementation and Evaluation. Rural Development Committee Center for International Studies, Cornell University.
- [9] Boyle. (1996). Renewable Energy Power for a Sustainable Future. New York: Oxford University Press
38. Lars Kroldrup,(2010), Gains in Global Wind Capacity Reported Green Inc,<http://green.blogs.nytimes.com/author/lars-kroldrup/Ristinen> , Robert A.&Kraushaar,Jack. J ,(1999) Energy and the Environment, New York: John Wiley & Son –
39.http://greenthefuture.com/HYDROELECTRIC_DIY_WATERWHEEL.html ,Vertical wind turbine Online -<http://windy-future.info/tag/vertical-wind-turbine/>

ผลกระทบของการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าที่มีต่อความแข็งแรงของรอยต่อท่อเหล็กบางจากการปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อม

The effective of electric arc welding on the strength of welded thin steel pipes jointed by adjusting various parameters involved in welding

ประยัต มีบุญเกิด^{1*}, เพชรรัตน์ จันทรัตน์², อนรรักษ์ จันทศรี³, พิทักษ์ เกียรติพันธ์⁴

Prayat Meeboongirt^{1*}, Petcharut Chuntarat², Anurak Chansri³, Pithuk Keattipun⁴

^{1*}อาจารย์ประจำสาขาวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

^{2,3}อาจารย์ ดร. สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

⁴พลโท ดร.สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

Received: March 14, 2023

Revise: June 6, 2023

Accepted: June 6, 2023

*Corresponding author, Email: prayat.mee@bkkthon.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการเชื่อมท่อบางให้มีความแข็งแรง โดยการทดลองใช้ท่อเหล็กบางที่มีขนาด Ø20.50 มม. หนา 1.60 มม. ยาวท่อนละ 100 มม. มาเชื่อมต่อกันด้วยวิธีการเชื่อมอาร์คไฟฟ้า โดยใช้ลวดเชื่อม Ø2.0 และ Ø2.6 มม. เปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ใน 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบการเดินแนวเชื่อมเป็นแบบเดินเป็นแนวตรง และแนวซิกแซก, และการปรับกระแสไฟเชื่อมที่ใช้กับลวดเชื่อม โดยลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 ปรับตั้งค่ากระแสไฟเป็น 3 ช่วงเป็น 50, 60 และ 70 แอมแปร์ และลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 ปรับตั้งค่ากระแสไฟที่ใช้เชื่อมเป็น 60, 75 และ 90 แอมแปร์ ตามค่ามาตรฐานการปรับตั้งค่ากระแสไฟเชื่อมของลวดเชื่อมแต่ละขนาด จากนั้นนำไปทดสอบแรงดึงโดยเครื่อง Universal Testing Machine เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่า การปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ทั้ง 2 ด้านนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งการปรับเปลี่ยนกระแสไฟเชื่อม และรูปแบบการเดินแนวเชื่อม

คำสำคัญ: การเชื่อมอาร์คไฟฟ้า, ท่อเหล็กบาง, กระแสไฟเชื่อม

Abstract

The purpose of this research is to study and find the suitable methods for welding thin steel pipe to be strongest by experimenting with the thin steel pipes Ø20.50 mm., thickness 1.60 mm., each piece 100 mm. length connected together by Electric arc welding method as a sample by adjusting 2 parameters, welding feed patterns, straight and zigzag lines, and adjust the welding current of 2 sizes of welding electrodes for 3 current ranges, The welding electrode size Ø2.0 can be set to 3 ranges of current, 50, 60 and 70 amperes, and the electrode size Ø2.6 can be set to the current of 60, 75 and 90 amperes according to the standard value for setting the welding current of each size of welding electrode. After that, conduct the tensile strength test by the Universal Testing Machine in order to compare the strength of each welding line by changing the above

<http://jeet.siamtechu.net>

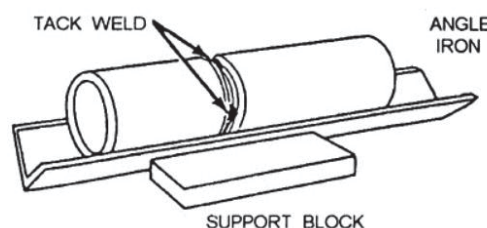
parameters. The results of the research revealed that by adjust above 2 parameters could not be affected the strength of the welding line with the statistically significant.

Keywords: electric arc welding, thin steel pipe, welding current

1. บทนำ

งานเชื่อมอาร์คไฟฟ้า เป็นกระบวนการเชื่อมโดยใช้การอาร์คของกระแสไฟฟ้า ซึ่งในการอาร์คนี้ จะเกิดความร้อนสูงมากพอที่จะทำให้เกิดการหลอมละลายระหว่างปลายลวดอิเล็กโตรด กับชิ้นงานที่เป็นโลหะเหล็ก ปัจจุบันนี้ งานเชื่อมอาร์คไฟฟ้าเป็นที่นิยมแพร่หลายในแทบทุกอุตสาหกรรมการประกอบชิ้นส่วน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมาก และไม่ยุ่งยาก หากเปรียบเทียบกับวิธีการประกอบอื่นๆ การเชื่อมอาร์คไฟฟ้านี้ยังสามารถใช้ได้กับชิ้นส่วนที่มีพื้นผิวราบเรียบตลอดจนชิ้นส่วนที่มีผิวโค้ง เช่น ท่อตันและท่อกลวงที่มีความหนาพอสมควร ไม่เหมาะกับการเชื่อมชิ้นส่วนที่บางมาก เพราะความร้อนจากการอาร์คไฟฟะระหว่างปลายลวดเชื่อมกับผิวชิ้นงานจะสูงมาก ทำให้ชิ้นงานที่มีความบางมาก ๆ เกิดการหลอมละลายเป็นของเหลวเกิดเป็นรูทะลุได้ จึงทำให้การเชื่อมโลหะเหล็กที่มีความบางมาก ๆ นั้นจะควบคุมคุณภาพของการเชื่อมได้ยากมาก และหากพื้นผิวเหล็กทั้งบาง และโค้งไม่แบนเรียบ เช่น ท่อเหล็กกลมบาง ก็ยิ่งจะควบคุมคุณภาพของการเชื่อมได้ยากยิ่งขึ้น อาจมีปัญหาด้านคุณภาพของรอยเชื่อม ที่พบบ่อยๆ ในการเชื่อมท่อเหล็กกลมบางได้แก่ มีรูทะลุจากความร้อนในการเชื่อม เกิด under cut แนวเชื่อมไม่ต่อเนื่อง เกิดปัญหาการซึมลึกไม่เพียงพอ แนวรอยต่อท่อไม่มีการละลายเชื่อมต่อกัน ทำให้ขาดความแข็งแรง หากทดสอบโดยใช้แรงดึงหรือแรงดัดแล้วมักจะขาดหรือแตกหักตรงบริเวณแนวเชื่อม ทำให้การเชื่อมต่อท่อบางไม่มีคุณภาพ

จากปัญหาการเชื่อมชิ้นส่วนดังกล่าว ทำให้ชิ้นงานเกิดความบกพร่องด้านคุณภาพของชิ้นงาน ส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของสินค้า และชื่อเสียงของบริษัทผู้ผลิตสินค้า สร้างความเสียหายต่อธุรกิจได้ในอนาคต ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะหาวิธีในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยจะทำการทดลองปรับค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อมในหลายๆ ด้าน เช่น ขนาดลวดเชื่อม กระแสไฟเชื่อม (Welding Current) รูปแบบในการเดินแนวเชื่อม ฯลฯ เพื่อทำการทดลองและสรุปผลที่ได้ ไปใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิง สามารถนำมาใช้ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมท่อเหล็กบาง ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่ใช้การเชื่อมอาร์คไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง มีคุณภาพและประสิทธิภาพต่อไป



รูปที่ 1 แสดงการเชื่อมท่อเหล็กบางโดยวางชิ้นงานบนรางตัววีเพื่อให้เป็นแนวตรงกันระหว่างชิ้นงานทั้งสองชิ้น แล้ว Tack เป็นจุดยึดโดยรอบก่อน [7]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการเชื่อมไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับการเชื่อมท่อบางให้มีความแข็งแรงโดยไม่เกิดข้อบกพร่อง

2.2 เพื่อกำหนดมาตรฐานวิธีการเชื่อม จากการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับวิธีการเชื่อมไฟฟ้ากับเหล็กท่อบางได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเชื่อมท่อเหล็กบางให้มีความแข็งแรง โดยมีวิธีการขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการเชื่อมโลหะด้วยวิธีอาร์คไฟฟ้า ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อมาประยุกต์ใช้ในการเชื่อมท่อเหล็กบางให้มีความแข็งแรง

3.2 จัดเตรียมวัสดุที่ใช้ทำเป็นชิ้นส่วนตัวอย่าง ซึ่งเป็นท่อเหล็กบาง ST37, Seamless Steel Pipe, Black surface ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 20.50 มม. หนา 1.60 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2 เครื่องเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ Iweld รุ่น NMA200, DC Invertor arc welder กำลังไฟฟ้าเชื่อม input 230 V, 20A/20.8V – 200A/28V ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing$ 2.0 มม. และ $\varnothing$ 2.6 มม.



รูปที่ 2 แสดงท่อเหล็กบางที่ใช้เป็นชิ้นงานตัวอย่างในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้า

3.3 ตัดท่อเหล็กยาวท่อนละ 100 มม. จำนวนทั้งสิ้น 48 ชิ้น เพื่อนำมาเชื่อมอาร์คไฟฟ้าต่อกันใน Condition ต่างๆ ให้ได้ 24 ชุด

3.4 ทำการเชื่อมท่อเหล็กบาง โดยใช้เครื่องเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบดีซีอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ Iweld รุ่น NMA200, DC Invertor arc welder กำลังไฟฟ้าเชื่อม input 230 V, 20A/20.8V – 200A/28V ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 ขนาดลวดเชื่อมไฟฟ้า ใช้ 2 ขนาด ได้แก่ $\varnothing$ 2.0 มม. และ $\varnothing$ 2.6 มม.

3.4.2 กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมตามเงื่อนไขที่ระบุใช้ตามขนาดของลวดเชื่อม โดยลวดเชื่อมขนาดเล็ก $\varnothing$ 2.0 มม. ตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อม 50, 60, และ 70 แอมแปร์ ตามลำดับ ลวดเชื่อมขนาดใหญ่ $\varnothing$ 2.6 มม. ตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อม 60, 75, และ 90 แอมแปร์ ตามลำดับ

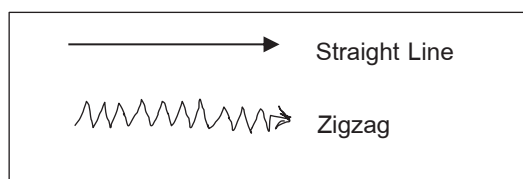


รูปที่ 3 เครื่องเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบ ดีซี อินเวอร์เตอร์

3.4.3 จากการปรับตั้งพารามิเตอร์ในข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 ให้ใช้การเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรง (Straight line) และเดินแนวแบบซิกแซก (Zigzag) ดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนั้น จึงมีการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.0 มม. รวม 18

<http://jeet.siamtechu.net>

ชุดตัวอย่าง และใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.6 มม. อีก 18 ชุดตัวอย่าง รวมเป็นชิ้นส่วนตัวอย่างที่เชื่อมตามการเปลี่ยนพารามิเตอร์ จำนวน 36 ชุดตัวอย่าง



รูปที่ 4 รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่ใช้ในการวิจัย

3.5 หลังจากทำการเชื่อมตามเงื่อนไขต่างๆ แล้ว นำไปทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อมตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-11 และวิธีการทดสอบตาม มอก. 244 เล่ม 6-2525 การทดสอบต่อเหล็กกล้าโดยการดึง [10] สำหรับวัสดุท่อโลหะนั้นในการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม จะใช้วิธีการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength Test) เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อมชิ้นงานแต่ละชุด โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ Shun Yen Model CY-6040A12, Max. Load 100 Tons จากบริษัท Chun Yen Testing Machines Co.,Ltd., Taiwan (R.O.C) ใน Workshop ของสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ Universal Testing Machine

วิธีการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ใหญ่ คือ

3.5.1 แบบ Non-destructive testing เป็นการทดสอบความแข็งแรงและรูปร่างลักษณะภายนอกทั่วไปของแนวเชื่อมแบบไม่ทำลาย เช่น การใช้สายตาตรวจสอบดูแนวเชื่อม (Visual) การใช้ Vernier Caliper วัดขนาดแนวเชื่อม, ใช้ไฟฉายส่องดูความเรียบร้อยของแนวเชื่อม, ฯลฯ

3.5.2 แบบ Destructive testing เป็นการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อมแบบทำลาย มี 4 วิธี คือ

- 1) การทดสอบแรงดึง (Tensile Test)
- 2) การทดสอบแรงดัดโค้ง (Bending Test)
- 3) การทดสอบทนแรงกระแทก (Impact Test)
- 4) การทดสอบความแข็ง (Hardness Test)

<http://jeet.siamtechu.net>

ในการทดสอบความแข็งแรงแนวเชื่อมท่อเหล็กกล้ามีหลายวิธี แต่ในการวิจัยนี้จะใช้วิธีการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เนื่องจากการใช้งานโดยทั่วไปของท่อเหล็กกล้านั้น มักใช้กับงานที่มีแรงดันภายในท่อตามแนวแกน อาจเป็นแรงดันน้ำ แรงดันอากาศ ซึ่งแรงดันดังกล่าวนี้สามารถทำให้แนวเชื่อมที่เชื่อมไว้รอบๆ ท่อเกิดการหลุดหรือฉีกขาดจากกันได้ จึงใช้วิธียืนยันความแข็งแรงของแนวเชื่อมด้วยวิธีการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความแข็งแรงต่อการต้านทานแรงดึง (Tensile Stress) ได้จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{ความเค้น, Stress (} \sigma \text{)} &= F/A & (1) \\ \text{เมื่อ } F &= \text{แรงภายนอกที่มากระทำ มีหน่วยเป็น (kgf)} \\ A &= \text{พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงกระทำ มีหน่วยเป็น (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

3.6 บันทึกผลการทดสอบ Tensile Strength จากที่วัดได้ แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบ สรุปผลการวิจัย

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินว่าชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างชุดใด มีความแข็งแรงของแนวเชื่อมเพียงมากน้อยเพียงใดนั้น จะยึดถือจากผลการทดสอบความเค้นแรงดึง หรือแรงต้านทานการดึง (Tensile Stress) หากมีค่า Tensile Stress สูง แสดงว่าชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงของแนวเชื่อมมาก หากมีค่า Tensile Stress ต่ำ แสดงว่าชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงของแนวเชื่อมต่ำ และจะต้องทำการคำนวณทดสอบเพื่อหาระดับความน่าเชื่อถือในเชิงสถิติของการยืนยันผลการวิจัยด้วย

4. ผลการวิจัย

การเชื่อมท่อเหล็กบางด้วยลวดเชื่อมขนาด 2.0 มม. มีการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

4.1 กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมตาม Spec. ที่ระบุใช้ตามขนาดลวดเชื่อม โดยลวดเชื่อมขนาดเล็ก Ø 2.0 มม. ปรับตั้งค่ากระแสไฟฟ้าเชื่อม 50, 60, และ 70 แอมแปร์ ตามลำดับ ลวดเชื่อมขนาดใหญ่ Ø 2.6 มม. ปรับตั้งค่ากระแสไฟฟ้าเชื่อม 60, 75, และ 90 แอมแปร์ ตามลำดับ

4.2 จากการปรับตั้งพารามิเตอร์ในข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 ให้ใช้การเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรง (Straight line) และเดินแนวแบบซิกแซก (Zigzag) โดยใช้เทคนิคการเดินแนวเชื่อมแบบ เชื่อม-ยก-เชื่อม-ยก ไปจนเสร็จสิ้นแนวเชื่อมรอบท่อเหล็ก ไม่เดินแนวเชื่อมยาวตลอด เพื่อป้องกันการสะสมความร้อนทำให้ท่อเหล็กทะลุเป็นรูได้ ดังแสดงในรูปที่ 6

ในการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.0 มม. จะมีการใช้ชิ้นงานรวม 18 ชุด หรือ 36 ชิ้น (1 ชุด หมายถึงชิ้นงาน 2 ชิ้นที่นำมาเชื่อมต่อกัน) และใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.6 มม. อีก 18 ชุด หรือ 36 ชิ้น รวมเป็นชิ้นส่วนตัวอย่างที่เชื่อมตามการเปลี่ยนพารามิเตอร์ จำนวน 36 ชุด



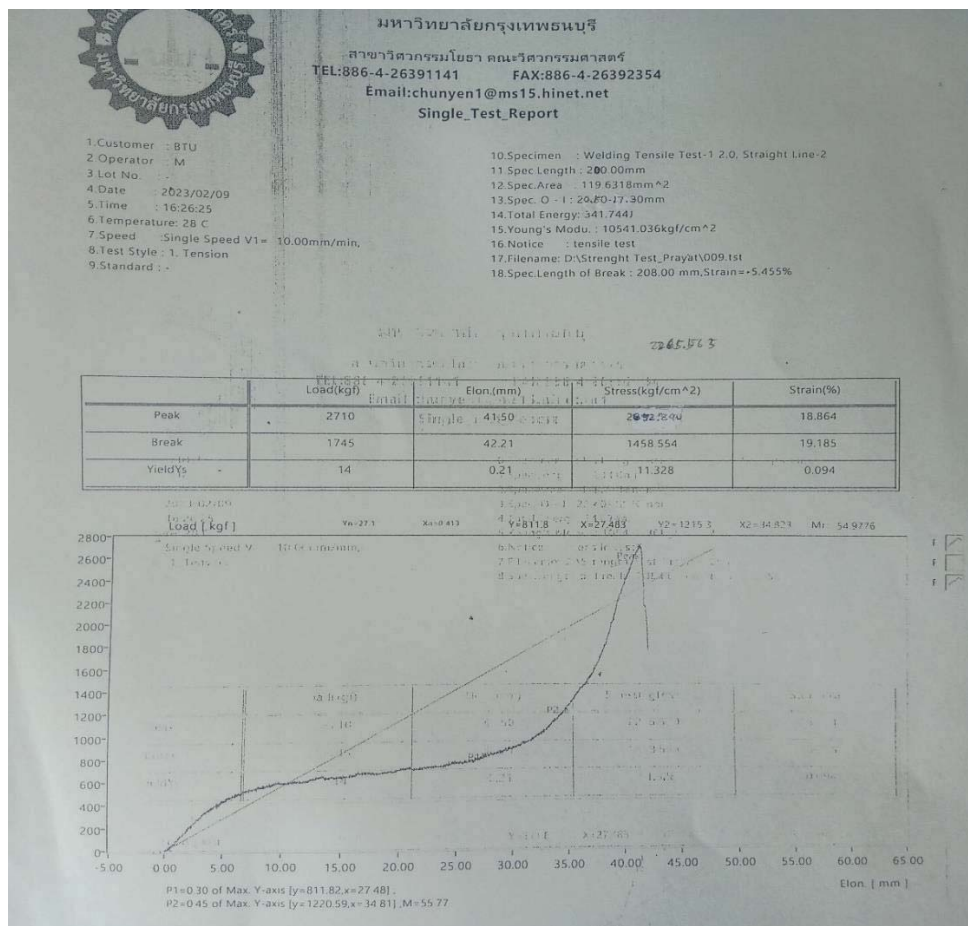
รูปที่ 6 แสดงวิธีการเชื่อมท่อตามการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป

4.3 หลังจากเชื่อมชิ้นงานตัวอย่างตามการปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ แล้ว นำไปเข้าเครื่อง Universal Testing Machine ทำการทดสอบ Tensile Strength เปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การทดสอบ Tensile Strength เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อม

จะได้ผลการทดสอบ Tensile Strength แล้วนำค่าที่ได้จากกราฟมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อที่จะหาว่าวิธีการใดที่กำหนดในพารามิเตอร์ จะส่งผลทำให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงตัวอย่างผลการทดสอบ Tensile Strength ของแนวเชื่อมท่อเหล็กบางตาม Condition ต่างๆ

ในการทดลองนี้ เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine จะต่อพ่วงกับหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลออกมาเป็นกราฟ Stress-Strain Curve, ค่าแรงดึงสูงสุดที่วัดดูกันได้ (Peak Load หรือ Maximum Load), ค่าแรงดึงจุด

<http://jeet.siamtechu.net>

ที่วัสดุขาดเสียหาย (Break Load), ค่าที่วัสดุเริ่มเปลี่ยนรูปและไม่สามารถกลับมามีสภาพดั้งเดิมได้ (Yield point), และค่าต่างๆ

แต่หากเครื่องไม่ได้คำนวณค่าต่างๆ ออกมาได้ และไม่มีกราฟแสดงผลออกมา ดังนั้นก็สามารถคำนวณค่า Stress และสร้างกราฟออกมาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{Stress (} \sigma \text{)} &= F/A & (1) \\ \text{เมื่อ } F &= \text{แรงดึงสูงสุด (kgf)} \\ A &= \text{พื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่ตั้งฉากกับแรงที่กระทำ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

จากผลการทดสอบชิ้นงานที่ 1 มีค่า Peak Load หรือ Max Load เท่ากับ 1289 kgf. และท่อกลวงมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ OD, Outside Diameter – ID, Inside Diameter,

$$OD = 20.50 \text{ มม.}$$

$$ID = 17.30 \text{ มม.}$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่หน้าตัดท่อเป็นวงแหวน (A)} &= \pi(R^2 - r^2) \\ &= \pi(10.25^2 - 8.65^2) \\ &= 95.0018 \text{ มม.}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าสูตร Tensile Stress} &= 1289/95.0018 \\ &= 13.5682 \text{ kgf/mm}^2 \text{ หรือ } = 1356.82 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณเช่นนี้ ไปจนครบทุกชุดชิ้นงานตัวอย่าง

ค่า Tensile Stress ที่ได้นี้จะเป็น Tensile strength (σ_{max}) ที่เป็น stress ที่แรงสูงสุดที่จะทำให้เกิดการขาดบริเวณแนวเชื่อมหรือใกล้แนวเชื่อม โดยจะเกิด necking ทำให้ใช้แรงน้อยลง และ Stress ลดลง จุดที่เกิด necking นี้จะเป็น Maximum tensile strength จะเป็นค่าแรงที่มากกระทำกับผิวหน้าท่อเหล็กที่เชื่อมต่อกัน ตาม condition ต่างๆ ที่กำหนดไว้ หากค่า Tensile Strength ที่ได้มีค่ามาก ก็จะหมายถึงแนวเชื่อมของชิ้นส่วนตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงมากด้วย ในทำนองเดียวกัน หากค่า Tensile Strength ที่ได้มีค่าน้อย ก็จะหมายถึงแนวเชื่อมของชิ้นส่วนตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงน้อยด้วย ทำเช่นนี้ไปจนครบทุกชิ้นส่วนตัวอย่าง แล้วนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อวิเคราะห์สรุปผลว่า ชิ้นส่วนใดมีแนวเชื่อมที่แข็งแรงที่สุด จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังกล่าว

ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงแนวเชื่อมของท่อเหล็กบาง ด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นมาตรฐานในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้ากับท่อเหล็กบางดังกล่าว เพื่อให้มีความแข็งแรงมากที่สุด โดยเกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุด หรือไม่เกิดข้อบกพร่องเลย ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่า Tensile Strength ที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้ากับท่อเหล็กบางโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด ϕ 2.0 มม. (ค่ามาตรฐานกระแสไฟเชื่อม 50-70 A.)

<http://jeet.siamtechu.net>

รูปแบบการ เดินแนวเชื่อม	กระแสไฟ เชื่อม (A)	Tensile Strength Test Results (kgf/mm ²)				หมายเหตุ
		ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 1*	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 2	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
เดินลวดเชื่อม แนวตรง	50	13.57	31.39	32.61	25.86	*ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 1 มี ค่า Tensile Strength ต่ำ กว่าชุดอื่นๆ เนื่องจากมี การเปลี่ยนผู้ปฏิบัติงาน เชื่อมและเครื่องเชื่อม
	60	28.52	39.80	38.10	35.47	
	70	33.01	37.37	37.81	36.06	
ค่าเฉลี่ย		25.03	36.19	36.17	32.46	
เดินลวดเชื่อม แบบซิกแซก	50	20.95	41.08	39.45	33.83	
	60	35.71	41.13	40.99	39.28	
	70	33.45	43.29	40.01	38.92	
ค่าเฉลี่ย		30.04	41.83	40.15	37.34	

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่า Tensile Strength ที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้ากับท่อเหล็กบางโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. (ค่ามาตรฐานกระแสไฟเชื่อม 45-95 A.)

รูปแบบการ เดินแนวเชื่อม	กระแสไฟ เชื่อม (A)	Tensile Strength Test Results (kg/mm ²)				หมายเหตุ
		ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 1*	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 2	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
เดินลวดเชื่อม แนวตรง	60	36.65	35.82	36.86	36.44	*ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 1 มี ค่า Tensile Strength ต่ำ กว่าชุดอื่นๆ เนื่องจากมี การเปลี่ยนผู้ปฏิบัติงาน เชื่อมและเครื่องเชื่อม
	75	37.04	37.31	37.59	37.31	
	95	37.26	36.85	37.09	37.07	
ค่าเฉลี่ย		36.98	36.66	37.18	36.94	
เดินลวดเชื่อม แบบซิกแซก	60	38.14	37.59	37.31	37.68	
	75	36.49	38.54	38.61	37.88	
	95	33.23	37.84	37.63	36.23	
ค่าเฉลี่ย		35.95	37.99	37.85	37.26	

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเปรียบเทียบผลกระทบที่มีต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมท่อจากการเปลี่ยนแปลง 2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม (Welding current) และรูปแบบการเดินแนวเชื่อม (Welding pattern) แบบเดินตรง (Straight line) และแบบซิกแซก (Zigzag) โดยใช้ลวดเชื่อม 2 ขนาด $\varnothing 2.0$ มม. และ $\varnothing 2.6$ มม.

ในการทดสอบเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นทางสถิตินั้น จะทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ โดยใช้เทคนิควิธีการทางสถิติแบบ t-test ในการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Hypothesis Testing เนื่องจากมีขนาดตัวอย่างน้อยไม่เกิน 100 ตัวอย่าง และใช้ S แทน σ เนื่องจากไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มตามรายละเอียดข้างล่าง

ปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม

1) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.0$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจากค่ากลางมาตรฐาน 60 A. เป็น 50 A. ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 50 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

<http://jeet.siamtechu.net>

สมมติฐานทางสถิติ :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (ไม่มีผลกระทบ)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (มีผลกระทบ)

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\frac{\alpha}{2} = 0.025$

คำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD เพื่อการกระจายตัวของข้อมูลแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่ 1 : กระแสไฟเชื่อม 50 A., $S_1 = (13.57+31.39+32.61)/3 = 25.85$

$(13.57-25.85), (31.39-25.85), (32.61-25.85) = -12.28, 5.54, 6.76$

$(-12.28)^2 = 150.7984, (5.54)^2 = 30.6916, (6.76)^2 = 45.6976$

$150.7984 + 30.6916 + 45.6976 = 227.1876$

$= 227.1876/(3-1) = 227.1876/2 = 113.5938$

$S_1 = \sqrt{113.5938} = 10.6580 = 10.66$

กลุ่มที่ 2 : กระแสไฟเชื่อม 60 A., $S_2 = (28.52+39.80+38.10)/3 = 35.47$

$(28.52-35.47), (39.80-35.47), (38.10-35.47) = -6.95, 4.33, 2.63$

$(-6.95)^2 = 48.3025, (4.33)^2 = 18.7489, (2.63)^2 = 6.9169$

$48.3025 + 18.7489 + 6.9169 = 73.9683$

$= 73.9683/(3-1) = 73.9683/2 = 36.98415$

$S_2 = \sqrt{36.98415} = 6.08145952876 = 6.08$

$\bar{X}_1 = 25.86 \quad \bar{X}_2 = 35.47$

$S_1^2 = 113.5930 \quad S_2^2 = 36.9842$

$n_1 = 3 \quad n_2 = 3$

$S^2 = (S_1^2 + S_2^2)/2 = (113.5930 + 36.9842)/2 = 75.2886$

$S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{2S^2/n} = \sqrt{(2(75.2886))/3} = 7.0847$

$t = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)/S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = (25.86 - 35.47)/7.0847 = -1.3564$

$|t| = 1.3564, d.f. = (n_1 + n_2) - 2 = (3+3) - 2 = 4, 2\text{-sides } p\text{-value} = 0.025$

เปิดตาราง t, ได้ $t_{1.3564} < 2.776$ ยอมรับ H_0

แสดงว่า การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 50 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.0$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจาก 60 A. เป็น 70 A.

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 70 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่ สมมติฐานทางสถิติ :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

<http://jeet.siamtechu.net>

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติตามวิธีการข้างต้นแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.154 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดจาก 60 A. เป็น 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.0$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจาก 60 A. เป็น 50 A.

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดจาก 60 A. เป็น 50 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่ สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 1.329 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มจาก 60 A. เป็น 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.0$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจาก 60 A. เป็น 70 A.

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มจาก 60 A. เป็น 70 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่ สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.1059 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มจาก 60 A. เป็น 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจากค่ากลางมาตรฐาน 75 A. เป็น 60 A.

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดจาก 75 A. เป็น 60 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่ สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 2.450 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มจาก 75 A. เป็น 60 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจากค่ากลาง 75 A. เป็น 95 A.

<http://jeet.siamtechu.net>

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่
สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways
ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 1.208 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจากค่ากลางมาตรฐาน 75 A. เป็น 60 A.

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 60 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่
สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways
ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.2714 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 60 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจากค่ากลางมาตรฐาน 75 A. เป็น 95 A.

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่
สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways
ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.9964 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปรับเปลี่ยนวิธีการเดินแนวเชื่อม

1) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.0$ มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับการเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก โดยใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 50 A.

<http://jeet.siamtechu.net>

	Tensile Strength Test Results (kg/mm ²)			
	ชั้นทดสอบที่ 1	ชั้นทดสอบที่ 2	ชั้นทดสอบที่ 3	$\bar{X}$
เดินแนวเชื่อมตรง	13.57	31.39	32.61	25.86
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	20.95	41.08	39.45	33.83

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 50 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= 25.86 & \bar{X}_2 &= 33.83 \\ S_1^2 &= 113.5930 & S_2^2 &= 125.0215 \\ n_1 &= 3 & n_2 &= 3 \\ S^2 &= (S_1^2 + S_2^2)/2 & &= (113.5930 + 125.0215)/2 = 119.3073 \\ S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} &= \sqrt{2S^2/n} & &= \sqrt{(2(119.3073))/3} = 8.9185 \\ t &= (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) / S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} & &= (25.86 - 33.83) / 8.9185 = -0.8936 \\ |t| &= 0.8936, \text{ d.f. } = (n_1 + n_2) - 2 = (3 + 3) - 2 = 4, \text{ 2-sides p-value } = 0.025 \end{aligned}$$

เปิดตาราง t, ได้ = 2.776, $t_{0.8936} < 2.776$ ยอมรับ H_0

แสดงว่า รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 50 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.0$ มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 60 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm ²)			
	ชั้นทดสอบที่ 1	ชั้นทดสอบที่ 2	ชั้นทดสอบที่ 3	$\bar{X}$
เดินแนวเชื่อมตรง	28.52	39.30	38.10	35.47
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	35.71	41.13	40.99	39.28

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.9894 < 2.776$ ยอมรับ H_0

แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.0$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<http://jeet.siamtechu.net>

3) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 70 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm ²)			
	ขั้นตอนทดสอบที่ 1	ขั้นตอนทดสอบที่ 2	ขั้นตอนทดสอบที่ 3	$\bar{X}$
เดินแนวเชื่อมตรง	33.01	37.37	37.81	36.06
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	33.45	43.29	40.01	38.92

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 70 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.2669 < 2.776$ ยอมรับ H_0 แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 60 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm ²)			
	ขั้นตอนทดสอบที่ 1	ขั้นตอนทดสอบที่ 2	ขั้นตอนทดสอบที่ 3	$\bar{X}$
เดินแนวเชื่อมตรง	36.65	35.82	36.86	36.44
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	38.14	37.59	37.31	37.68

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 3.098 < 2.776$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0 แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. จะส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 75 A.

<http://jeet.siamtechu.net>

	Tensile Strength Test Results (kg/mm ²)			
	ชั้นทดสอบที่ 1	ชั้นทดสอบที่ 2	ชั้นทดสอบที่ 3	$\bar{X}$
เดินแนวเชื่อมตรง	37.04	37.31	37.59	37.31
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	36.49	38.54	38.61	37.88

โจทยวิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่กระแสไฟเชื่อม 75 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.7922 < 2.776$ ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 แสดงว่าเมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 75 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6) ใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อนความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 95 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm ²)			
	ชั้นทดสอบที่ 1	ชั้นทดสอบที่ 2	ชั้นทดสอบที่ 3	$\bar{X}$
เดินแนวเชื่อมตรง	37.26	36.85	37.09	37.07
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	33.23	37.84	37.63	36.23

โจทยวิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่กระแสไฟเชื่อม 95 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.5571 < 2.776$ ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด $\varnothing 2.6$ มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 95 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากตารางเปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อมต่อเหล็กบาง ด้วยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ขนาดลวดเชื่อม, รูปแบบลักษณะการเดินแนวเชื่อม, และกระแสไฟเชื่อม โดยพิจารณาจากค่าของความทนทานต่อการต้านแรงดึง (Tensile Strength) พบว่า การปรับเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม โดยให้อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานตามขนาดลวดเชื่อมนั้น ไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม ส่วนรูปแบบลักษณะการเดินแนวเชื่อมนั้น เทคนิคการเดินแนวเชื่อมทั้งแบบเดินแนวตรง และเดินแนวแบบซิกแซก ไม่ส่งผลกระทบต่อความ

<http://jeet.siamtechu.net>

แข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ดังนั้น เราสามารถปรับตั้งค่ากระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมได้ตามย่านที่ระบุไว้ตามมาตรฐานค่ากระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมแบบทาบปากติ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในการวิจัยนี้ ใช้ชิ้นงานตัวอย่างค่อนข้างน้อย หากมีการทำวิจัยในเรื่องนี้ต่อไปในอนาคต คณะผู้วิจัยเห็นว่า ควรมีการเพิ่มจำนวนชิ้นงานตัวอย่าง และอาจเพิ่มตัวแปรต่างๆ ให้มากขึ้น เช่น ขนาดของท่อเหล็กอาจมีหลายๆ ขนาด หลายความหนา, Specification ของท่อเหล็ก, ยี่ห้อของลวดเชื่อม, ระยะอาร์คของลวดเชื่อม, ฯลฯ

6.2 ในการเชื่อมชิ้นส่วนตัวอย่างท่อเหล็กบางนั้น ควรทำการเชื่อมโดยผู้เชื่อมคนเดียวกันทุกชิ้น เพื่อลดความแตกต่างของแนวเชื่อม ซึ่งถ้าหากให้หลายคนเชื่อม จะเกิดความแตกต่างของแนวเชื่อมและส่งผลทำให้ความแข็งแรงของแนวเชื่อม มีความแตกต่างกันอย่างมาก อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

6.3 การเชื่อมท่อเหล็กที่มีบางมากนั้น จะต้องลดขนาด ϕ ของลวดเชื่อมลงจากขนาดปกติ และใช้เทคนิคการเชื่อมแบบเชื่อม-ยก, เชื่อม-ยก สลับกันแบบนี้ไปจนเสร็จ เพื่อป้องกันความร้อนที่สะสมมากเกินไปจนทำให้ท่อเหล็กหลอมละลายได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากงบประมาณกองทุนส่งเสริมงานวิจัยปี 2565 จากสำนักวิจัยมหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร ในการจัดทำงานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้จากประสบการณ์ในการทดลองทำงานจริง, ด้วยความร่วมมือของผู้ร่วมวิจัยอีก 3 ท่าน ที่ได้ร่วมมือกันวิเคราะห์ และปฏิบัติงานวิจัยเชิงทดลองนี้ จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ได้ผลออกมาใช้อ้างอิงสำหรับการพิจารณายึดถือเป็นแนวปฏิบัติในการเชื่อมท่อเหล็กบางได้ต่อไป

ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.บงอร เบ็ญจาริกุล อธิการบดีมหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร ที่ได้มีนโยบายในการพัฒนาบุคลากรอาจารย์ในมหาวิทยาลัยโดยสนับสนุนอนุมัติงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งคณะบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณาจารย์และนักวิจัยประจำสำนักมหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานครทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ และเกิดประโยชน์ในการนำไปใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติงานเชื่อมท่อเหล็กบางในวงกว้างต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] TM Thermal Mechanics. การเชื่อมอาร์คโดยใช้โอเลคโตรดหุ้มฟลักซ์. สืบค้นจาก <https://thermal-mech.com/>.
- [2] จุดบกพร่องในงานเชื่อม (*Defects of Welding*). [Online] Available: <https://www.craftskill.co/post/welding-Defects>.
- [3] สมบูรณ์ เต็งหงส์เจริญ. วิศวกรรมการเชื่อม. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ (ศสว.).
- [4] เสกศักดิ์ อัคระวิสิทธิ์. (2550). การทดสอบแรงดึง. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- [5] metalsteelok.com. เชื่อมเหล็กกล่องบางอย่างไม่ให้ทะลุ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://metalsteelok.com/2021/03/02/เชื่อมเหล็กกล่องบาง/>.
- [6] University of Phayao (2559, มกราคม 26). การทดสอบกำลังดึงของรอยเชื่อม. Manual of Civil Engineering Materials and Testing Laboratory. School of Engineering, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://engineeringmaterialsproject.blogspot.com/2015/12/9.html>.
- [7] Tack welding pipe, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา : <https://www.wcwelding.com/welding-techniques.html>.
- [8] การทดสอบแรงดึงวัสดุโลหะ. (2013, February). American Society for Testing and Material, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.E8/E8M-11. In Annual book of ASTM standard

<http://jeet.siamtechu.net>

- Vol.03.01 West Conshohocken : ASTM,2012, p.65-91, Tensile Testing, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา:
http://www.asminternational.org/pdf/spotlights/5106_01.pdf
- [9] *Strength of Materials*. [ระบบออนไลน์] Available: <https://sites.google.com/site/opasmuonyot2540/>
- [8] การทดสอบเชิงกล สมบัติเชิงกลและการเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://ces.wu.ac.th/news/08/n23379.pdf>
- [9] การทดสอบแรงดึง (Tensile Testing), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Documents/MY318-6.pdf>
- [10] Tension Test, [Online] Available:
<file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Documents/f20090909sukangkanal28.pdf>
- [11] BHRC Research Weekly, รู้จักกับความหมายของ ค่านัยสำคัญทางสถิติ (STATISTICAL SIGNIFICANT), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.bangkokhealth.com/v2/research-weekly-28.html>
- [12] การหา P-Value, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา:
<https://m.facebook.com/1812255885675524/posts/1856824494551996/>
- [13] Walker, H. W. *Degrees of Freedom* ทางสถิติ, Degrees of Freedom, [Online] Available: Journal of Educational Psychology. 31(4), (1940), pp. 253-269.
- [14] t-test (การทดสอบที) [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <file:///C:/Users/Administrator/Desktop/tTestText57.pdf>
- [15] จริญญา จันทลักษณ์. 2549. สถิติการวิเคราะห์และการวางแผนงานวิจัย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [16] สันติชัย ชิวสุทธีศิลป์. 2551. การหาค่าสมภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับขบวนการเชื่อมโลหะ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [17] Fabricating Metal Welding "The Business of Metal Manufacturing". (2021, September 14) *What Is Weld Tensile Testing and Why Is It Important?*, [Online] Available:
<https://www.fabricatingandmetalworking.com/2021/09/what-is-weld-tensile-testing-and-why-is-it-important/>
- [18] บทความโดย ครูสุริยนต์ ینگแก้ว. เครื่องมือการทดสอบความแข็งแรงงานเชื่อมโลหะ, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา:
<file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Documents/021-59.pdf>
- [19] สมบูรณ์ เต็งหงส์เจริญ และ บัณฑิต ใจชื่น. การตรวจสอบงานเชื่อมโลหะ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2541.
- [20] ชีเกะอากิ ยามาโมโต้. *วิศวกรรมเชื่อม*. กรุงเทพฯ : ไทยโกเบเวลด์, ม.ป.ป.
- [21] ขจรศักดิ์ ศิริมัย. (2538). *โลหะวิทยาอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ตซินคเคท.

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดขยะที่เกิดขึ้นของเทศบาลตำบลศาลาด่าน จังหวัดกระบี่

CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT OF SOLID WASTE DISPOSAL OF SALADAN SUBDISTRICT MUNICIPALITY KRABI PROVINCE

ลดาวรรณ สว่างอารมณ์¹ ปัญธิพัชรกร บุญพร้อม^{2*} สดาญ์ สุทธิมาศ³ ประภัสสร เพ็ชรพันธ์⁴

Ladawan Sawangarom¹ Punpaphatporn Bunprom^{2*} Sadayu Suttimat³ Praphatsorn Phetphan⁴

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Received: April 30, 2023

^{2*} คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Revise: June 1, 2023

³ นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ

Accepted: June 2, 2023

⁴ นักวิชาการสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการ

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

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย (2) เพื่อหาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเทศบาลตำบลศาลาด่าน อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ ใช้ข้อมูลในการคำนวณในปี พ.ศ. 2565 นำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีหน่วยเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามแนวทางของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และตามแนวทางของหน่วยงานองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยประเภทขยะอินทรีย์มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 52.18 รองลงมาคือขยะมูลฝอยประเภทพลาสติก และกล่องโฟม คิดเป็นร้อยละ 19.37 และ 14.65 ตามลำดับ ส่วนปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลศาลาด่าน มีค่าเท่ากับ 12,124.68 kgCO_{2eq}/ปี โดยเป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิดเท่ากับ 12,107.97 kgCO_{2eq}/ปี และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยโดยมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอยเท่ากับ 16.71 kgCO_{2eq}/ปี เพื่อให้มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลง ควรลดปริมาณขยะที่นำมาฝังกลบโดยมีมาตรการคัดแยกขยะจากต้นทาง ขยะอินทรีย์ที่มีปริมาณมากควรนำมาหมักเป็นปุ๋ยชีวภาพ การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) หรือนำมาผ่านกระบวนการการผลิตใหม่ (Recycle) และจัดทำแผนการจัดการขยะมูลฝอยในระยะยาว พร้อมให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม เป็นต้น

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ขยะมูลฝอย ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

The objectives of this research were to: (1) study the Physical Characteristic solid waste generated by each source and (2) study the carbon footprint of them generation rate in 2022 to analyze waste composition and CO₂ emission from landfill disposal. The evaluation of carbon dioxide emission was calculated from emission factors (EF) in term of CO₂ equivalent according to the guidelines of The Intergovernmental Panel on Climate Change

(IPCC) and Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) (TGO). The result of the study showed that organic waste represents the largest portion in the waste stream (52.18 %), followed by plastic (19.37 %) and foam box (polystyrene) (14.65 %). The solid waste disposal of Saladan Subdistrict Municipality generated a total of 12,124.68 kgCO₂ eq per year. CO₂ emissions from each type of solid waste landfill 12,107.97 kgCO₂ eq per year and vehicle fuel used for landfill waste 16.71 kgCO₂ eq per year. In order to have less greenhouse gas emissions, the amount of waste brought to landfill should be reduced by having a waste sorting campaign from the source. A large amount of organic waste should be composted into bio-fertilizer, reused or brought through a new production process (Recycle) and created a long-term solid waste management plan to be ready for the public to participate.

Keywords: Carbon Footprint, Solid Waste, Greenhouse Gases

1. บทนำ

สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จากรายงานความก้าวหน้าของการลดก๊าซเรือนกระจกฉบับล่าสุดที่สำนักงานนโยบายธรรมชาติและแผนสิ่งแวดล้อม (สน.) เพื่อเสนอต่อ UNFCCC ได้รายงานว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดก๊าซ ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 354 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ และมีการดูดซับโดยป่าไม้ 91 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีปริมาณปล่อยก๊าซคาร์เรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 263 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อแยกตามแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วพบว่าภาคพลังงาน ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ระบบการขนส่ง ปล่อยถึง 253 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ซึ่งคิดเป็น 70% ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทย ตามด้วยภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะนาข้าวและการทำปศุสัตว์ 52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการผลิตซีเมนต์ 31 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีและภาคของเสีย 17 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี [1] ข้อมูลสถิติของปัญหาขยะระดับโลก ที่จัดทำโดย Verisk Maplecroft Environment Dataset เมื่อปี 2562 ทำให้ทราบว่าสถานการณ์ขยะโลกกำลังน่าเป็นห่วง เนื่องจากในแต่ละปี มีขยะมูลฝอยชุมชน เกิดขึ้นปีละมากกว่า 2.1 พันล้านตัน แต่มีเพียง 16% หรือราว 323 ล้านตันเท่านั้น ที่ถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล โดยประเทศที่สร้างขยะมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจำนวนประชากรต่อปริมาณขยะ คือ สหรัฐอเมริกา ที่มีพลเมืองคิดเป็นเพียง 4% ของจำนวนประชากรโลก ได้ผลิตขยะมูลฝอยชุมชนสูงถึง 239 ล้านตันต่อปี หรือราว 12% ของขยะมูลฝอยชุมชนของโลก สถิติยังระบุอีกว่าพลเมืองอเมริกัน 1 คน ผลิตขยะสูงถึง 773 กิโลกรัมต่อปี สูงเท่ากับอินเดียซึ่งมีจำนวนประชากรมากกว่าสหรัฐฯ เกือบ 5 เท่า หรือคิดเป็น 18% ของจำนวนประชากรโลก [12]

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้องค์กรต่าง ๆ ในหลายประเทศต้องหันมาให้ความสนใจและช่วยกันแก้ไข จัดการปัญหาภัยพิบัติที่เกิดขึ้น โดยการออกกฎระเบียบ นโยบาย การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ พืชสารเขียวโต การกำหนดภาษีคาร์บอน การกำหนด มาตรการแสดงค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น แต่หนึ่งในวิธีการที่แพร่หลาย และเป็นที่ยอมรับ คือ การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หรือที่เรียกว่า “ฉลากคาร์บอน” องค์การบริหารจัดการก๊าซ เรือนกระจก ได้ให้คำจำกัดความของก๊าซเรือนกระจกเอา ไว้ 6 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์ เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) ซึ่งก๊าซเรือนกระจกนั้นสามารถ เกิดได้จากกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นจึงได้พัฒนาแนวทางการ ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม ต่าง ๆ ในการที่กำหนดขอบเขตของการดำเนินงานต้อง ระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กรสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซ เรือนกระจกทางตรงขององค์กร ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน และ ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ [2]

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกได้ให้ความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณการปล่อยและการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจาก กิจกรรมดำเนินงานขององค์กรวัดรวมอยู่ในรูปขององค์กร (กิโลกรัม) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ทั้งนี้ถ้าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสามารถคำนวณได้จากมวล ของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ให้ความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์การปล่อย ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ทั้งการใช้พลังงาน เกษตรกรรม การพัฒนา และการขยาย ตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมใน รูปแบบอื่น ๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อนและนับวันปัญหาดังกล่าวก็ยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นจากผลกระทบของภาวะโลกร้อนทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [3]

โดยเทศบาลตำบลศาลาด่านตั้งอยู่ในอำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ มีหน่วยงานที่ให้บริการ และจัดการขยะมูลฝอยเพียงแห่งเดียว คือ เทศบาลตำบลศาลาด่าน เมื่อปี 2562 – 2564 มีปริมาณขยะมูลฝอย 7,905 ตัน, 5,920.18 ตัน และ 4,313.26 ตัน ซึ่งปัญหาที่พบจากการกำจัดขยะของเทศบาลตำบลศาลาด่าน คือ ปริมาณขยะมูลฝอยที่มีจำนวนมากส่งผลให้พื้นที่รองรับไม่เพียงพอ และขาดพื้นที่ในการบริหารจัดการมูลฝอยอย่างถูกต้อง เนื่องด้วยงบประมาณในการจัดซื้อที่ดินที่ไม่เพียงพอ ที่ดินในพื้นที่มีราคาสูง ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเทศบาลมี ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นเฉลี่ยประมาณ 20 ตันต่อวัน เทศบาลเก็บขยะใช้รถเก็บขน จำนวน 3 คัน เทศบาลตำบลศาลาด่านยังไม่มีศูนย์การกำจัดขยะมูลฝอยในลักษณะรวมศูนย์ ในปัจจุบันมีการกำจัดขยะมูลฝอยแบบ เทกองที่มีการควบคุม โดยใช้รถขุดดินตะขำดำเนินการ สถานที่กำจัดขยะเทศบาล มีพื้นที่ 14 ไร่ 20 ตารางวา ซึ่งเป็นพื้นที่ของเทศบาล ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 3 ตำบลศาลาด่าน อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ [4] เทศบาลตำบลศาลาด่านมีพื้นที่ประมาณ 38.13 ตารางกิโลเมตร มีจำนวน ครวเรือนทั้งหมด 5,181 ครวเรือน มีประชากรทั้งหมด 6,822 คน แยกเป็นชาย 3,463 คน หญิง 3,359 คน สภาพทั่วไปของอำเภอเกาะลันตา ประชาชนมีอาชีพหลัก คือ ประกอบธุรกิจท่องเที่ยวและทำการประมง ปัญหาขยะที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุก ปี เนื่องจากการเจริญเติบโตของประชากรที่เพิ่มมากขึ้น อย่างรวดเร็ว การประดิษฐ์เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อัตราการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นเพื่อผลิตเครื่องอุปโภค บริโภคที่อยู่อาศัยเป็นเหตุให้เศษสิ่งเหลือใช้มีปริมาณมากขึ้นก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นจำนวนมาก [5]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวและตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อประชาชน ในชุมชน จึงได้จัดทำงานวิจัยเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดขยะที่เกิดขึ้นของเทศบาลตำบลศาลาด่าน จังหวัดกระบี่ก่อนที่จะนำไปใช้เคล และฝังกลบต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชน
2. เพื่อศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเทศบาลตำบลศาลาด่าน อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate Change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม ที่มีการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ซีเอฟซี (CFCs), ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs), เพอร์ฟลูโอโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ถ้าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมากส่งผลทำให้ภูมิอากาศแปรปรวนและรุนแรงกว่าที่ควรจะเป็น และส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น ที่เรียกว่า ภาวะโลกร้อน (Global Warming) กิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิง การจัดการขยะของเสียด้วยวิธีการที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ [13] กระบวนการกำจัดขยะมูลฝอยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยที่เป็นพลาสติก เนื่องจากเมื่อมีการเผาทำลายจะมีสารพิษที่ไปทำลายชั้น

ไอโซน โดยเฉพาะพลาสติกโฟมจะมีสารซีเอฟซี (CFCs) ซึ่งเป็นสารพิษเมื่อนำไปทิ้งหรือฝังกลบในดิน รวมทั้งการกำจัดขยะมูลฝอยที่เป็นเศษอาหารที่ถูกทิ้งให้เป็นที่กลายเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศถึงร้อยละ 8 วิธีการทำลายขยะเศษอาหารส่วนใหญ่ใช้วิธีการฝังกลบ ซึ่งเป็นสาเหตุของการสร้างภาวะเรือนกระจก เพราะขยะมูลฝอยเศษอาหารผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) ได้เป็นจำนวนมาก พัทธนันท์ กลั่นแก้ว [14] โดยจากการศึกษาของลักษณะนารา ขวัญชุม ปริชาติ ยะสาระโร และเฉลิมชัย บุญชู [15] ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่โรคัดแยกขยะของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม พบว่า โรคัดแยกขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการกำจัดขยะโดยวิธีการฝังกลบ เท่ากับ 1,125,320.92 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในเขตเทศบาลตำบลศาลาด่าน ครอบคลุมพื้นที่ เทศบาลตำบลศาลาด่าน มีหมู่บ้านทั้งหมด 5 หมู่บ้าน มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 38.13 ตารางกิโลเมตร หรือ 23,831 ไร่ ซึ่งนำขยะมูลฝอยมากำจัด ณ สถานที่บ่อกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลศาลาด่าน



รูปที่ 1 บ่อขยะเทศบาลตำบลศาลาด่าน อ.เกาะลันตา จ.กระบี่
ที่มา: สำนักปลัดเทศบาลตำบลศาลาด่าน

2. ศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอย

ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย (Composition) องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย 14 ชนิด แบ่งประเภทตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ประกอบด้วย 1) เศษอาหาร-เศษอาหารที่กินได้ 2) เศษอาหาร-เศษอาหารที่กินไม่ได้ 3) ขยะจากสวน 4) กระดาษ 5) ไม้ 6) สิ่งทอ 7) ผ้าอ้อม 8) ยางและหนัง 9) พลาสติก 10) โลหะ 11) แก้ว 12) ขยะอิเล็กทรอนิกส์ 13) ของเสียอันตราย และ 14) ขยะอื่น ๆ [E] โดยกระบวนการแบ่งกองมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) ทำการวิเคราะห์สัดส่วนของขยะมูลฝอยแต่ละประเภท ดังนี้ [6]

1) สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยมาประมาณ 1-2 ลูกบาศก์เมตร

2) นำขยะมูลฝอยที่ได้มากองลงบนพื้นที่มีผ้าใบรองอยู่แล้วทำการใช้พลั่วผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกันให้มากที่สุด เพื่อให้ลักษณะขององค์ประกอบของกองมูลฝอยเหมือน ๆ กันทุกส่วน

3) แบ่งกองมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) แล้วเลือก 2 ส่วน จาก 4 ส่วนนำมากองรวมกันแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันจากนั้นทำ Quartering อีกหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งมูลฝอยเหลือประมาณ 50 – 100 ลิตร

4) นำตัวอย่างมูลฝอยไปทำคัดแยกออกเป็นขยะแต่ละชนิด ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก ยาง หนังสือ ผ้า ไม้ แก้ว โลหะ เป็นต้น

5) คำนวณองค์ประกอบของขยะมูลฝอยแต่ละชนิด โดยนำน้ำหนักของขยะที่ทำการคัดแยกแล้ว มาคิดค่าเป็นร้อยละ จากน้ำหนักตัวอย่างรวมของน้ำหนักขยะมูลฝอยทั้งหมด

3. ศึกษาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอย

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอย โดยนำข้อมูลของการกำจัดขยะมูลฝอยแต่ละชนิดโดยการฝังกลบ นำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emissions Factors) ซึ่งมีหน่วยเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยข้อมูล ($\text{CO}_2/\text{หน่วยข้อมูล}$) ตามแนวทางของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) [7] และตามแนวทางของหน่วยงานองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (Thailand Greenhouse gas management organization (Public Organization) :TGO) [8] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน

ก๊าซเรือนกระจก	อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	200-450	1
มีเทน (CH_4)	11	21
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	120	310
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	2-9	140-11,700
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	มากกว่า 1,000	6,500-9,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	3,200	23,900

วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1) นำ Activity data มาแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับค่า emission factor

2) แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

3) แปลงค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าอยู่ในหน่วยกิโลกรัมหรือตัน

4) การแสดงผลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรแสดงเป็น ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อปี

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emissions Factors) ของการกำจัดขยะมูลฝอย

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($\text{KgCO}_{2\text{eq}}/\text{หน่วย}$)
เศษอาหาร	กิโลกรัม	2.53
กระดาษ/กระดาษกล่อง	กิโลกรัม	2.93
เศษไม้	กิโลกรัม	3.33
ยาง,หนัง	กิโลกรัม	3.13
ผ้า	กิโลกรัม	2.00
แก้วขวดเครื่องดื่ม	กิโลกรัม	1.187

ขวดพลาสติก PET (ขวดใส)	กิโลกรัม	3.77
กล่องโฟม	กิโลกรัม	2.297
โลหะอลูมิเนียม	กิโลกรัม	4.43
น้ำมันดีเซล	ลิตร	2.7446

คำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอย โดยการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิด ดังสมการที่ (1)

$$\text{Emission} = \text{Solid Waste (units)} \times \text{EF (kgCO}_2\text{)} \quad (1)$$

โดยที่

Emission	การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลขยะมูลฝอยแต่ละชนิดฝังกลบ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)
Solid Waste	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบแต่ละชนิด (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)
EF	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขยะมูลฝอยแต่ละชนิดฝังกลบ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์)

คำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยโดยมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอย ดังสมการที่ (2)

$$\text{Emission} = \frac{\text{Fuel (units)} \times \text{EF (kgCO}_2\text{)}}{\text{Solid Waste (tones)}} \quad (2)$$

โดยที่

Emission	การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลน้ำมันรถฝังกลบขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)
Solid Waste	ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำไปฝังกลบต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)
Fuel	ปริมาณน้ำมันที่ไ้รถฝังกลบขยะมูลฝอย (ลิตรต่อเดือน)
EF	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้น้ำมันรถฝังกลบขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์)

4. ผลการวิจัย

1. ในปี 2565 ปริมาณและองค์ประกอบขยะมูลฝอยในชุมชนและสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลตำบลศาลาด่าน ซึ่งมีปริมาณขยะทั้งหมด 4,336.53 ตันต่อปี แยกเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ได้ดังนี้ องค์ประกอบขยะที่มีมากที่สุด คือ เศษอาหารจำนวน 2,263.08 ตัน (52.18%) รองลงมาคือพลาสติกจำนวน 840.09 ตัน (19.37%) และโฟมจำนวน 635.38 ตัน (14.65%) กระดาษจำนวน 404.21 ตัน (9.32%) ยางและหนังจำนวน 20.28 ตัน (0.48%) ขยะอันตรายจำนวน 10.41 (0.24%) โลหะและอลูมิเนียมจำนวน 73.73 (1.7%) ขยะติดเชื้อจำนวน 26.46 (0.61%) ขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 10.41 (0.24%) ถ้วยกระเบื้องจำนวน 20.82 (0.48%) แสดงดังตารางที่ 3 ขยะส่วนใหญ่เป็นขยะประเภทเศษอาหาร ขวดน้ำพลาสติก และกล่องโฟมเนื่องจากเทศบาลดังกล่าวมีสถานที่ท่องเที่ยวที่สวยงามได้แก่ เกาะลันตา ซึ่งขยะส่วนใหญ่มาจากการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวชมความงามของธรรมชาติ

ตารางที่ 3 ปริมาณและองค์ประกอบขยะมูลฝอยในชุมชนและสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลตำบลศาลาด่าน ปี 2565

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ตันต่อปี)	ร้อยละ
เศษอาหาร	2,263.08	52.18
กระดาษ	404.21	9.32
เศษไม้	31.66	0.73
ยางและหนัง	20.28	0.48
กล่องโฟม	635.38	14.65
พลาสติก	840.09	19.37
ขยะอันตราย	10.41	0.24
โลหะและอลูมิเนียม	73.73	1.7
ขยะติดเชื้อ	26.46	0.61
ขยะอิเล็กทรอนิกส์	10.41	0.24
ถ้วยกระเบื้อง	20.82	0.48

2. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอย

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยจากขยะมูลฝอย ณ สถานที่บ่อกำจัดขยะมูลของเทศบาลตำบลศาลาด่าน คำนวณมาจาก 2 แหล่ง คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิด และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอย โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอย มีค่าเท่ากับ 12,124.68 kgCO_{2eq}/ปี โดยเป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิด 12,107.97 kgCO_{2eq}/ปี แสดงดังตารางที่ 4 และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยโดยมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอย ซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่นำมากำจัด 361.38 ตัน/เดือน และใช้น้ำมันเชื้อเพลิงปริมาณ 2,200 ลิตร/เดือน ทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยโดยมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลศาลาด่านเท่ากับ 16.71 kgCO_{2eq}/ปี

ตารางที่ 4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิดปี พ.ศ. 2565

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ตันต่อปี)	ค่าแฟคเตอร์ (KgCO _{2eq} /หน่วย)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(kgCO _{2eq} /ปี)
เศษอาหาร	2,263.08	2.53	5,801.49
กระดาษ	404.21	2.93	1,184.34
เศษไม้	31.66	3.33	105.43
ยางและหนัง	20.28	3.13	63.48
กล่องโฟม	635.38	2.297	1,459.47
พลาสติก	840.09	3.77	3,167.14
โลหะและอลูมิเนียม	73.73	4.43	326.62
รวม	-	-	12,107.97

5. อภิปรายผล

การศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดขยะที่เกิดขึ้นของเทศบาลตำบลศาลาด่าน จังหวัดกระบี่

พบว่า องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ณ บ่อฝังกลบขยะของเทศบาลตำบลศาลาด่าน ปี 2565 มีปริมาณขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 52.18% รองลงมาคือขยะพลาสติกคิดเป็น 19.37% และขยะกล่องโฟมคิดเป็นร้อยละ 14.65 % เนื่องจากเทศบาลตำบลศาลาด่านมีแหล่งท่องเที่ยวจำนวนมาก และในแต่ละเดือนจะมีนักท่องเที่ยวเดินทางมาเที่ยวเป็นจำนวนมากทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุชานุช ชูสุวรรณ, ศิริอุมา เจาะจิตต์ และ วาริต เจาะจิตต์ (2563) [9] ขยะส่วนใหญ่เกิดจากนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมที่วัดพระมหาธาตุ วรมหาวิหารขยะที่มากที่สุดคือเศษอาหาร พลาสติก กระดาษ และแก้ว และสอดคล้องกับงานวิจัยของจรัมพร ยุคะลิ่ง, จารุวรรณ วิโรจน์และ ชัยรัช จันทรสมุต (2555) [10] พบว่า ในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีองค์ประกอบของมูลฝอยประเภทต่าง ๆ ได้แก่ เศษอาหาร ร้อยละ 56 ถูพลาสติก ร้อยละ 21 กระดาษ ร้อยละ 9

โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอย มีค่าเท่ากับ 12,124.68 kgCO_{2eq}/ปี โดยเป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิด 12,107.97 kgCO_{2eq}/ปี และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยโดยมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลศาลาด่านเท่ากับ 16.71 kgCO_{2eq} /ปี สอดคล้องกับงานวิจัยของประภัสสร กาวินู, วนิดา ชูอักษร, สุภาวดี ผลประเสริฐ (2564) [11] กระบวนการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบของเทศบาลเมืองน่านเป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 16,405.28 kgCO_{2eq}/ปี ดังนั้นเพื่อให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลงควรมีการคัดแยกและเลือกวิธีการในการจัดการขยะแต่ละประเภทตั้งแต่ต้นทางเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ส่งเสริมการคัดแยกขยะทั้งในครัวเรือนและผู้ประกอบการ รวมถึงการนำขยะไปใช้ประโยชน์ ส่งเสริมให้นำขยะอินทรีย์ไปทำปุ๋ยและเป็นอาหารสัตว์ ขยะรีไซเคิลนำไปขายบนฝั่ง ทำกิจกรรมร่วมกับจิตอาสา นักท่องเที่ยวและหน่วยงานท้องถิ่น เพื่อช่วยกันดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมของเกาะทั้งบนบกและในทะเล และควรมีการศึกษากระบวนการกำจัดขยะทุกขั้นตอน ได้แก่ การเก็บรวบรวม การขนส่งขนถ่าย การคัดแยก การนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ และการกำจัดขยะมูลฝอย

จากการจัดการที่แหล่งกำเนิดด้วยการใช้โครงการ 3Rs และ Zero waste จากการปฏิเสธไม่รับพลาสติกประเภทใช้ครั้งเดียวทิ้ง และมีการปรับเปลี่ยนวิธีการกำจัดก็สามารถลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้เช่นกัน รณรงค์ให้มีการคัดแยกขยะมูลฝอยได้ 100% รวมถึงการนำขยะมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ด้วยการทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากองค์ประกอบของขยะส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณสำนักปลัดเทศบาลตำบลศาลาด่านที่ให้ข้อมูลในการดำเนินการทำวิจัยเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยยศ ยงค์เจริญชัย [2566, มีนาคม. 23]. โลกร้อน: ไทยจะประกาศลดก๊าซเรือนกระจก 25% ในที่ประชุม COP26 แต่นักสิ่งแวดล้อมว่าน้อยไป, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.bbc.com/thai/international-59059419>
- [2] บุญญา บัวเฟื่อน. 2563. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา บริษัท บีเอ็มที เอเชีย จำกัด วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- [3] อับดุลฮาгим ดาราแม. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเทศบาลนครหาดใหญ่รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชาสหกิจศึกษาทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 2563.

- [4] เทศบาลตำบลศาลาด่าน [2566, มีนาคม. 23]. ข้อมูลทั่วไป[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา:
<https://www.saladan.go.th/html/new-menu-view.asp?typemenu=2&id=2>
- [5] นันทพร สุทธิประภา และสุนิดา ทองโท. การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชน กรณีศึกษา: ชุมชนในเขตเทศบาลตำบลระการพิชผล จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปีที่ 14 ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน-ธันวาคม 2563.
- [6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภท กลุ่มอุตสาหกรรม, 2565. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2565. จาก:
http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_emission/products_emission.pnc.
- [7] กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการดำเนินงานลดคัดแยกขยะมูลฝอยภายในอาคารสำนักงาน, 1,000 เล่ม, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ฮีลท์ จำกัด, 2558.
- [8] IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 5: Waste, 2006.
- [9] สุชานุช ชูสุวรรณ, ศิริอุมา เจาะจิตต์ และ วาริท เจาะจิตต์.การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม กรณีศึกษา วัดพระมหาธาตุวรมหาวิหารวารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพาปีที่ 15 ฉบับที่ 2 2563.
- [10] จรัมพร ยุคะลิ่ง, จารุวรรณ วิโรจน์และ ชัยรัช จันทสมุต.ปัญหาและการจัดการมูลฝอยใน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2555, 31(4), หน้า 363-371.
- [11] ประภัสสร กาวีณ, วณิดา ชูอักษร, สุภาวดี ผลประเสริฐ.การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองน่าน .วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 2564.
- [12] ระบบบริหารจัดการข้อมูลและสารสนเทศด้านขยะมูลฝอย กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.ข้อมูลสถิติ...แก้ไข ปัญหาขยะ. สืบค้นเมื่อ 31 พฤษภาคม 2566. จาก: <https://infotrash.deqp.go.th/news/78>
- [13] กรมอุตุนิยมวิทยา. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ, 2562. สืบค้นเมื่อ 31 พฤษภาคม 2566. จาก:
<http://climate.tmd.go.th/content/article/9>.
- [14] พัชรินทร์ กลั่นแก้ว. ภาวะโลกร้อนที่เป็นผลจากพฤติกรรมของคนในสังคม, 2551. สืบค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม 2562. จาก: http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/F124_P69-75.pdf
- [15] ลักษณะนารา ขวัญชุม, ปรีชาดิ ยะสาธะโร, และเฉลิมชัย บุญชูบ. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โรงคัดแยกขยะของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 14 จังหวัดมหาสารคาม, 2558, หน้า 680-693.
- [16] การศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอยปี 2564 กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ 2565.
https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2022/08/pcdnew-2022-08-09_08-58-28_103322.pdf

การศึกษาพฤติกรรมของผู้พักอาศัย เพื่อแนวทางการออกแบบการระบายอากาศในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร

STUDY OF RESIDENTS' BEHAVIOR FOR CONCEPTUAL DESIGN OF ROOM VENTILATION OF CONDOMINIUMS IN BANGKOK

จอร์จ เคดารี^{1*}, มารี เคดารี², จงจิตร์ หิรัญลาภ³

Georges Khedari^{1*}, Marie Khedari², Jongjit Hirunlabh³

Received: April 18, 2023

Revise: June 6, 2023

Accepted: June 6, 2023

¹อาจารย์ สาขาออกแบบภายใน คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²นักวิจัย บริษัท ชันชีร์ จำกัด

³ศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี

* Corresponding author, Email: georges.khedari@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ประชากรผู้พักอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่มีความนิยมเลือกที่พักอาศัยอยู่ในห้องพักอาศัยในคอนโดมิเนียม (Condominium) มากขึ้น และจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ปัญหาฝุ่น pm 2.5 ในกรุงเทพมหานคร ส่งผลต่อพฤติกรรมและการอยู่อาศัย ด้วยการปิดหน้าต่างเพื่อป้องกันฝุ่นละออง แล้วเปิดเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ไม่มีการถ่ายเทและการระบายอากาศภายในห้อง

งานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการอยู่อาศัยของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร โดยการเก็บข้อมูลในเชิงปริมาณจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ด้วยการคำนวณทางสถิติความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การทดสอบความเป็นอิสระ ศึกษาทฤษฎี และหลักการของการระบายอากาศ เพื่อศึกษาอัตราการระบายอากาศในห้องพักที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในห้องพักให้เหมาะสม จากการวิจัย พบว่า ความร้อนจากภายนอกอาคาร การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง (Urban Heat Island) และปัญหาฝุ่นละออง เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการอยู่อาศัย และการระบายอากาศในห้องพัก อย่างมีนัยสำคัญ จากการวิจัย พบว่า อัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมในห้องพัก Standard Room Type ขนาด 24, 30, 35 และ 50 m² คือ 34.92, 41.40, 55.80 และ 72.00 m³/h ตามลำดับ และห้องพัก Duplex Room Type ขนาด 24 และ 35 m² คือ 34.92 และ 55.80 m³/h ตามลำดับ

โดยสามารถลดการเกิดการสะสมของความร้อนและความชื้นภายในห้องพัก ส่งผลให้เกิดสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ ช่วยปรับปรุงคุณภาพอากาศให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Indoor Air Quality : IAQ) และจะช่วยลดความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพของผู้พักอาศัยได้

คำสำคัญ: การระบายอากาศ คุณภาพอากาศภายในอาคาร ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง อาคารชุด

Abstract

Nowadays, people in Bangkok prefer to live in condominiums. Climate change and PM2.5 affected the behavior of residents considerably. Closing doors and windows to prevent dust and turning on the air conditioner to reduce accumulated heat and create comfortable conditions have become usual practices that result in poor indoor air quality due to poor ventilation.

This paper aims to identify appropriate ventilation concepts to improve indoor air quality for the residents of condominiums. To this end, the research studied the factors affecting residents' behavior in condominiums in Bangkok metropolitan. Quantitative data collected from 400 samples of people were analyzed statistically by considering the goodness of fit of the data, the relationships between factors, the independence test, and principles of ventilation were applied to identify the proper room ventilation rate. It was found that urban heat island and outdoor air quality are the main factors that affect the behavior of indoor living and ventilation significantly. The suitable ventilation rate for Standard Room Type sizes 24, 30, 35, and 50 m² are 34.92, 41.40, 55.80, and 72.00 m³/h respectively. and 34.92 and 55.80 m³/h for Duplex Room Type sizes 24 and 35 m² respectively.

This concept design of an appropriate ventilation rate can reduce the accumulation of heat and humidity in the room resulting in a state of thermal comfort, which will reduce the energy consumption of the air conditioner when operated. Consequently, it will improve air quality to be within the relevant standard (Indoor Air Quality: IAQ) and reduce the risk of residents' health problems.

Keywords: Condominium, Indoor Air Quality, Heat Urban Island, Ventilation

1. บทนำ

ปัจจุบันประชากรผู้พักอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่โดยเฉพาะกลุ่มคนรุ่นใหม่ มีความสนใจและมีความนิยมเลือกที่พักอาศัยอยู่ในห้องพักอาศัยในคอนโดมิเนียม (Condominium) หรืออาคารชุดมากขึ้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากวิถีชีวิต รูปแบบการดำเนินชีวิต (Lifestyle) บริบทของสภาพแวดล้อม และสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต การดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ การทำงานที่ต้องแข่งกับเวลา และอีกทั้งปัญหาของการจราจรในกรุงเทพมหานคร ส่งผลให้คนที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร ส่วนมากเลือกอยู่อาศัยในห้องพักของอาคารชุด ที่สามารถตอบสนองความต้องการ และรูปแบบการดำเนินชีวิตของคนที่พักอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครในปัจจุบันได้ [1]

จากการศึกษาปัจจัยด้านบริบทของสภาพแวดล้อม พบว่า เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี [2] ในปัจจุบันปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง (Urban Heat Island) ภาพรวมของอุณหภูมิสภาพแวดล้อม กรุงเทพมหานครเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 [3] อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพสังคม การเติบโตขึ้นของเมือง การเพิ่มขึ้นของอาคาร การใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความร้อน รวมถึงการใช้เครื่องปรับอากาศในอาคาร ทำให้เกิดการสะสมและคายความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิโดยรอบของอาคารและในเมืองเพิ่มสูงขึ้น เกิดเป็นเกาะความร้อนขึ้น [4] รวมทั้งปัญหาของฝุ่น PM 2.5 ในกรุงเทพมหานคร เนื่องมาจากปัญหาของการจราจร และการก่อสร้างในพื้นที่ต่าง ๆ ส่งผลให้กรุงเทพมหานครมีปริมาณของฝุ่นละอองสูง อีกทั้งปัญหาความร้อนและชื้นสะสม เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพอากาศที่ร้อนชื้น ห้องที่ไม่มีถ่ายเทอากาศส่งผลให้เกิดการสะสมของความชื้น เป็นปัจจัยให้เกิดปัญหาเชื้อราได้ ซึ่ง

<http://jeet.siamtechu.net>

จะมีผลต่อปัญหาของสุขภาพของผู้พักอาศัยได้ [5] นอกจากปัจจัยด้านบริบทของสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และคุณภาพอากาศภายนอกอาคาร ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของการอยู่อาศัยที่ต้องปรับเปลี่ยนไป ปัจจัยด้านวิถีชีวิตและรูปแบบการดำเนินชีวิต เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ ที่มีผลกระทบต่อการเดินทางและการทำงานของคนในกรุงเทพมหานคร อาจต้องใช้เวลาราว 2 ใน 3 ของวัน กับการอยู่ภายนอกอาคาร [6] จึงจำเป็นต้องปิดประตู ปิดหน้าต่างของห้องพัก เพื่อความปลอดภัยในช่วงเวลาที่ไม่มีการอยู่อาศัยในห้องพัก ทำให้ไม่มีการถ่ายเทและการระบายอากาศภายในห้อง แต่ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส Covid-19 มีมาตรการรักษาระยะห่างทางสังคม (Social Distance) และมาตรการลดความเสี่ยงของการสัมผัสเชื้อ จึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงาน เป็นการทำงานจากที่บ้าน (Work From Home : WFH) ส่งผลให้ผู้พักอาศัยในห้อง จำเป็นต้องปิดประตู ปิดหน้าต่าง เปิดเครื่องปรับอากาศ และเครื่องฟอกอากาศ ในช่วงเวลาที่มีฝุ่นละออง PM 2.5 ทำให้ไม่มีการระบายอากาศภายในห้องพัก

แนวทางในการออกแบบห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ปัจจุบันมีการออกแบบภายในห้องพัก ให้มีเครื่องปรับอากาศ และเนื้อด้วยพื้นที่จำกัด ส่งผลให้การออกแบบห้องพักส่วนมากมีหน้าต่างเพียงด้านเดียว และการออกแบบ แบบปิดเพื่อความปลอดภัย ป้องกันเสียง และฝุ่นละออง จึงส่งผลให้การออกแบบห้องพักของอาคารชุด ไม่มีการระบายอากาศ อีกทั้งวัสดุและเครื่องเรือนที่ใช้ในการตกแต่ง รวมถึงผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด อาจช่วยก่อให้เกิดสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds : VOCs) ความชื้น และสารเคมีต่าง ๆ ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในห้องพัก (Indoor Air Quality : IAQ) และส่งผลต่อปัญหาสุขภาพของผู้อยู่อาศัยได้ [5] อีกทั้งปัญหาสุขภาพของคนในปัจจุบัน ผู้ที่พักอาศัยในเขตเมือง พบปัญหาสุขภาพ อันมีสาเหตุจากคุณภาพอากาศที่ไม่ดีภายในอาคาร หรือโรคตึกเป็นพิษ (Sick Building Syndrome) ส่งผลให้เกิดปัญหาระบบทางเดินหายใจ และที่มาของปัญหาสุขภาพอื่น ๆ อีกมากมาย [7]

งานวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาพฤติกรรมของการอยู่อาศัย และปัจจัยที่ส่งผลต่อผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร รวมถึงทฤษฎีและหลักการของการระบายอากาศ เพื่อศึกษาอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม ในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศในห้องพัก ให้เหมาะสมต่อบริบทของสภาพแวดล้อม และวิถีชีวิตของคนในกรุงเทพมหานคร

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยดังนี้

2.1 เพื่อศึกษา วิถีชีวิต รูปแบบเวลาการดำเนินชีวิต การออกแบบ และปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของการอยู่อาศัยของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร

2.2 เพื่อศึกษาทฤษฎี และหลักการของการระบายอากาศ และศึกษาอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม ในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศในห้องพักให้เหมาะสมต่อบริบทของสภาพแวดล้อม และวิถีชีวิตของคนในกรุงเทพมหานคร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีการออกแบบวิธีการดำเนินงานวิจัย ได้แบ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยหลัก เป็น 4 ส่วน โดยส่วนที่หนึ่ง คือ การศึกษาปัญหาและข้อมูล เพื่อออกแบบสมมุติฐานและกรอบความคิดของงานวิจัย เพื่อในการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย ส่วนที่สอง คือ การศึกษาทฤษฎี หลักการ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องของหลักการระบายอากาศ และคุณภาพอากาศ เพื่อออกแบบวิธีการดำเนินงานวิจัย ส่วนที่สาม คือ การออกแบบเครื่องมือในการวิจัย และส่วนสุดท้าย คือ การเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย

<http://jeet.siamtechu.net>

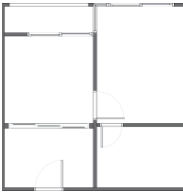
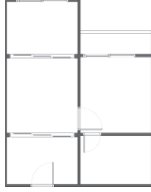
3.1 การออกแบบเครื่องมือในการทำวิจัย

ในงานวิจัยนี้ มีการเก็บข้อมูลในเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อหาข้อเท็จจริง โดยมีทฤษฎี กรอบแนวความคิดในการออกแบบ และการดำเนินงานวิจัย งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณ กรณีประมาณ โดยใช้สูตร Taro Yamane [8] ที่ระดับช่วงความเชื่อมั่น 95 % ความคลาดเคลื่อน 5 % ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถามและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย การทดสอบการแจกแจงของตัวแปร ด้วยการคำนวณทางสถิติ การทดสอบภาวะสารูปสนิทธิ (Chi-Square Goodness of Fit Test) และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ด้วยการคำนวณทางสถิติ การทดสอบความเป็นอิสระ (Chi-Square Goodness of Independence) และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคำนวณ IBM SPSS Statistic โดยได้กำหนดระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) ที่ 0.05 (sig.=0.05) [9]

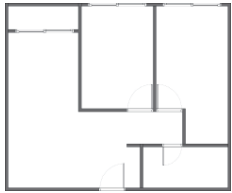
3.2 การศึกษารูปแบบห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร

การเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ ได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร โดยก่อนเริ่มทำการเก็บข้อมูล ได้ทำการศึกษารูปแบบห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาการออกแบบ ปัจจัยเวลาที่มีผลต่อพฤติกรรมการอยู่อาศัย และการระบายอากาศของที่พักอาศัย เพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตของงานวิจัย ดังนี้

ตารางที่ 1-1 รูปแบบ และการออกแบบห้องพักของอาคารชุดทั่วไปในกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	รูปแบบ	ขนาด (m ²) *ประมาณ	จำนวน *เฉลี่ย	การออกแบบและการระบายอากาศ
Standard Room Type				
1.	Studio Type 	24 m ²	1 คน	ห้องขนาดเล็ก การออกแบบ ในส่วนของห้องนอน ห้องนั่งเล่น และห้องครัว เชื่อมต่อถึงกัน มีหน้าต่าง 1 ด้าน การระบายอากาศ: พัฒลระบายอากาศ ในห้องน้ำและครัว เพื่อระบายกลิ่น และความชื้นที่สะสมภายในห้อง
2.	One Bedroom Type 	30-33 m ²	1 คน - 2 คน	ห้องขนาดกลาง การออกแบบ ในส่วนของห้องนอน ห้องนั่งเล่น และห้องครัว แยกจากกัน มีหน้าต่าง 1 ด้าน หรือ 2 ด้าน เฉพาะห้องมุมอาคาร การระบายอากาศ: พัฒลระบายอากาศ ในห้องน้ำและครัว เพื่อระบายกลิ่น และความชื้นที่สะสมภายในห้อง
3.	One Bedroom Plus Type 	35 m ²	1 คน - 2 คน	ห้องขนาดกลาง การออกแบบ ในส่วนของห้องนอน ห้องนั่งเล่น และห้องครัว แยกจากกัน มีหน้าต่าง 1 ด้าน หรือ 2 ด้าน เฉพาะห้องมุมอาคาร การระบายอากาศ: พัฒลระบายอากาศ ในห้องน้ำและครัว เพื่อระบายกลิ่น และความชื้นที่สะสมภายในห้อง

<http://jeet.siamtechu.net>

4.	Two Bedroom Type 	50-60 m ²	2 คน - 3 คน	ห้องขนาดใหญ่ การออกแบบ ในส่วนของห้องนอน ห้องนั่งเล่น และห้องครัว แยกจากกัน มีหน้าต่างมากกว่า 1 ด้าน การระบายอากาศ: พัฒลระบายอากาศ ในห้องน้ำและครัว เพื่อระบายกลิ่น และความชื้นที่สะสมภายในห้อง
----	--	----------------------	-------------	---

ตารางที่ 1-1 รูปแบบ และการออกแบบห้องพักของอาคารชุดทั่วไปในกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบ	ขนาด (m ²) *ประมาณ	จำนวน *เฉลี่ย	การออกแบบและการระบายอากาศ
Duplex Room Type				
5.	One Bedroom Duplex Type 	พื้นที่ 24 m ² พื้นที่ใช้สอย 32 m ²	1 คน - 2 คน	ห้องขนาดกลาง การออกแบบ ในส่วนของห้องนอน ห้องนั่งเล่น และส่วนห้องครัว แยกจากกัน โดยหน้าต่างในห้องพัก เป็นหน้าต่างบานใหญ่ 1 ด้าน การระบายอากาศ: พัฒลระบายอากาศ ในห้องน้ำและครัว เพื่อระบายกลิ่น และความชื้นที่สะสมภายในห้อง
6.	Two Bedroom Duplex Type 	พื้นที่ 35 m ² พื้นที่ใช้สอย 52 m ²	2 คน - 3 คน	ห้องขนาดใหญ่ การออกแบบ ในส่วนของห้องนอน ส่วนห้องนั่งเล่น และส่วนห้องครัว แยกจากกัน โดยหน้าต่างในห้องพัก เป็นหน้าต่างบานใหญ่ 1 ด้าน การระบายอากาศ: พัฒลระบายอากาศ ในห้องน้ำและครัว เพื่อระบายกลิ่น และความชื้นที่สะสมภายในห้อง

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลรูปแบบห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร พบว่า ห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร มีหลากหลายรูปแบบ โดยทั้ง 6 รูปแบบนี้ เป็นรูปแบบที่พบมากที่สุดและพบทั่วไปในอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร โดยทำการการศึกษาและเก็บข้อมูล พฤติกรรมการอยู่อาศัย การออกแบบของผังห้องพัก และการระบายอากาศในห้องพัก จากกลุ่มตัวอย่างที่พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุด รูปแบบต่าง ๆ

3.3 การศึกษาทฤษฎี หลักการของการระบายอากาศ และคุณภาพอากาศ (Indoor Air Quality: IAQ)

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการของการระบายอากาศ ทั้งการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) การระบายอากาศด้วยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยการระบายอากาศด้วยวิธีกล สามารถควบคุมอัตราการไหลของของอากาศ ทำงานร่วมกับระบบทำความเย็นและระบบกรองอากาศได้ ซึ่งระบบระบายอากาศด้วยวิธีกล สามารถให้อัตราการไหลของอากาศให้คงที่และการทำงานแบบบูรณาการ ช่วยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการระบายอากาศและได้ประสิทธิภาพในด้านการใช้พลังงาน อีกทั้งสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) [10] เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบห้องพักของอาคารชุด และพฤติกรรมการอยู่อาศัยของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร จากการศึกษาทฤษฎี หลักการของการระบายอากาศ และคุณภาพอากาศ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษา เกณฑ์

<http://jeet.siamtechu.net>

มาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 2016 [11] และกำหนดมาตรฐานการระบายอากาศ เพื่อเป็นมาตรฐานในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร ที่ยอมรับได้ (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality) ดังที่แสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 1-2 ค่ามาตรฐาน Minimum Ventilation Rates in Breathing Zone

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate (Rp)		Area Outdoor Air Rate (Ra)	
	Cfm/person	m ³ /h/person	Cfm/ft ²	m ³ /h/m ²
Food and Beverage Service				
Bar / Cocktail lounge	7.5	12.74	0.18	3.29
Cafeteria	7.5	12.74	0.18	3.29
Kitchen	7.5	12.74	0.12	2.2
Restaurant dining room	7.5	12.74	0.18	3.29

ตารางที่ 1-2 ค่ามาตรฐาน Minimum Ventilation Rates in Breathing Zone (ต่อ)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate (Rp)		Area Outdoor Air Rate (Ra)	
	Cfm/person	m ³ /h/person	Cfm/ft ²	m ³ /h/m ²
Coffee station	5	8.5	0.06	1.1
Hotel / Motels / Resort / Dormitories				
Bedroom / Living room	5	8.5	0.06	1.1
Lobbies	7.5	12.74	0.06	1.1
Residential				
Corridors	-	-	0.06	1.1
Dwelling unit	5	8.5	0.06	1.1

ที่มา: ASHRAE Standard 62.1 (2016)

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลของพฤติกรรมการอยู่อาศัยในห้องพักของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มนักเรียน นักศึกษา และกลุ่มวัยทำงาน เฉลี่ยช่วงอายุอยู่ที่ 20-35 ปี เวลาส่วนมากจะถูกใช้กับการอยู่นอกห้องพัก ทั้งใช้ในการเดินทาง การทำงาน และการเรียน จึงส่งผลให้เป็นเวลามากกว่าครึ่งวัน ที่ห้องปิดประตูและปิดหน้าต่าง จากการเก็บข้อมูล พบว่า ในช่วงเวลาปกติ ระยะเวลาในการอยู่อาศัยในห้องพักเฉลี่ยอยู่ที่ 10 ชั่วโมงต่อวัน ($mean = 9.6$) ซึ่งเป็นเวลามากกว่า 1 ใน 3 ของวัน ที่ห้องพักจะถูกปิด โดยในช่วงเวลา 8:00 น.-18:00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่ห้องพัก ถูกปิดมากที่สุด ส่งผลให้ภายในห้องไม่มีการระบายอากาศ เกิดการสะสมของความร้อนภายในห้องอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลากลางวัน และในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อ Covid-19 ที่ผู้พักอาศัยอยู่ในห้องพักของอาคารชุด จะมีระยะเวลาการอยู่อาศัยในห้องพักที่เพิ่มสูงขึ้น โดยมีระยะเวลาในการอยู่อาศัยในห้องพักเฉลี่ยอยู่ที่ 21 ชั่วโมงต่อวัน ($mean = 20.93$) ดังที่แสดงในตารางที่ 1-3 ซึ่งเป็นเวลาเกือบตลอดทั้งวันที่ผู้พักอาศัยอยู่ในห้องพัก โดยจากการเก็บข้อมูลด้านพฤติกรรมการอยู่อาศัย พบว่า ผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุด ในช่วงเวลาที่อาศัยอยู่ในห้องพักจะปิดหน้าต่างขณะพักอาศัยห้องพัก เนื่องด้วยปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิภายนอกที่สูง และปัญหาฝุ่นละอองภายนอกอาคาร เป็นร้อยละ 34.3% และ 31.5% ตามลำดับ ดังที่แสดงในตารางที่ 1-4 โดยจากการวิเคราะห์ตัวแปร (Chi-Square Goodness of Fit Test) พบว่า ผู้พักอาศัยส่วนมากมีพฤติกรรมในการอยู่อาศัยในห้องพัก โดยเลือกที่จะปิดหน้าต่าง และเปิดเครื่องปรับอากาศภายในห้องพัก ดังที่แสดงในตารางที่ 1-5

<http://jeet.siamtechu.net>

ตารางที่ 1-3 ระยะเวลาในการอยู่อาศัยในห้องพักของอาคารชุด

	N	Minimum (h)	Maximum (h)	Mean (h)	Std. Deviation (h)
ช่วงปกติ	400	4.00	12.00	9.6175	1.74321
ช่วงโควิด	400	8.00	24.00	20.9350	2.04358

ตารางที่ 1-4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปิดหน้าต่างขณะอยู่อาศัยในห้องพักของอาคารชุด

	Frequency	Percentage	Cumulative Percentage
1.เพื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ	137	34.3	34.3
2.เพื่อป้องกันฝุ่นละออง	126	31.5	65.8
3.เพื่อเพิ่มความเป็นส่วนตัว ลดเสียงรบกวน	51	12.8	78.5
4.เพื่อความปลอดภัย	74	18.5	97.0
5.อื่นๆ	12	3.0	100.0
Total	400	100.0	

ตารางที่ 1-5 พฤติกรรมการอยู่อาศัยในห้องพักของอาคารชุด

	Observed N	Expected N	Residual
1.ไม่เปิดหน้าต่าง และเปิดเครื่องปรับอากาศ	158	100.0	58.0
2.ไม่เปิดหน้าต่าง แต่ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ	107	100.0	7.0
3.เปิดหน้าต่าง สลับเปิดเครื่องปรับอากาศ	94	100.0	-6.0
4.เปิดหน้าต่าง และไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ	41	100.0	-59.0
Total	400		
Test Statistics			
Chi-Square			69.300 ^a
df			3
Asymp. Sig.			0.000

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการเปิดเครื่องปรับอากาศ และการยอมรับคุณภาพอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร พบว่า จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน ผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดร้อยละ 72.3 ไม่ยอมรับคุณภาพอากาศภายนอกอาคาร โดยเลือกเปิดเครื่องปรับอากาศมากกว่าไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่ ผู้ที่ยอมรับสภาพอากาศภายนอกได้ มีเพียงร้อยละ 27.8 แต่จากการเก็บข้อมูล พบว่า กลุ่มผู้ที่ยอมรับสภาพอากาศภายนอกได้ เลือกเปิดเครื่องปรับอากาศมากกว่า ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการทดสอบความเป็นอิสระ (Chi-Square Goodness of Independence) จึงสรุปได้ว่า การเปิดเครื่องปรับอากาศ ไม่สัมพันธ์กับการยอมรับคุณภาพอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารที่ยอมรับได้อย่างมีนัยสำคัญ ($\chi^2 = 0.105, p = 0.416$) ดังที่แสดงในตารางที่ 1-6 จากการวิเคราะห์ จึงสรุปได้ว่า ผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร เลือกที่จะปิดหน้าต่าง และเปิดเครื่องปรับอากาศ แม้คุณภาพอากาศภายนอกจะยอมรับได้

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาในการอยู่อาศัย และระยะเวลาในการเปิดเครื่องปรับอากาศ พบว่า ในช่วงที่ไม่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส Covid 19 และในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส Covid 19 ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในห้องพัก และระยะเวลาในการเปิดเครื่องปรับอากาศมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ

<http://jeet.siamtechu.net>

($r = 0.415$, $p = 0.002$) และ ($r = 0.275$, $p = 0.002$) ดังที่แสดงในตารางที่ 1-7 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ จึงสรุปได้ว่า ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในห้องมาก จะมีการปิดหน้าต่าง และเปิดเครื่องปรับอากาศมาก

ตารางที่ 1-6 พฤติกรรมการอยู่อาศัยในห้องพักของอาคารชุด

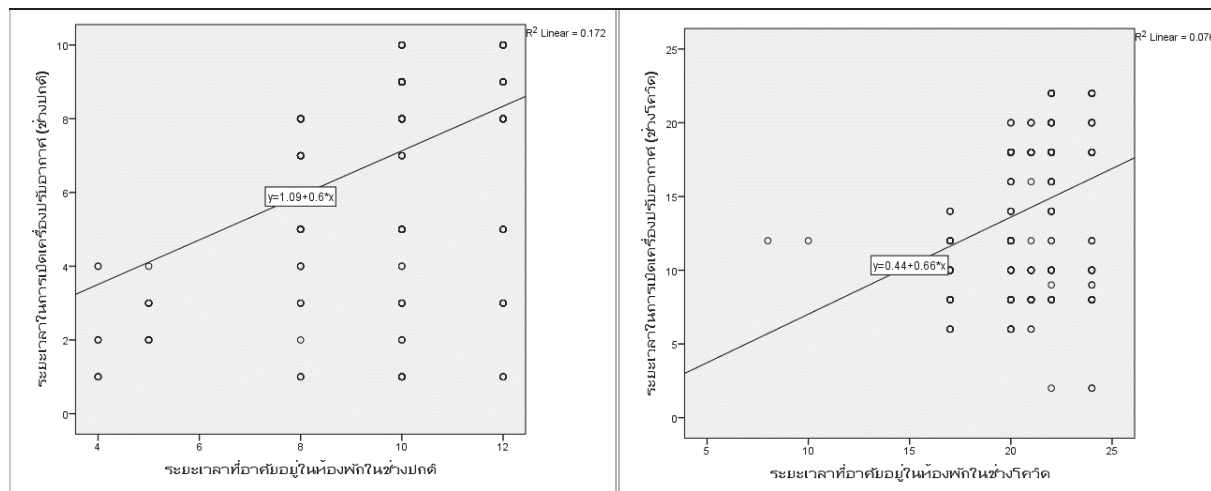
			การยอมรับคุณภาพอากาศของสภาพ อากาศภายในอาคาร		Total
			ยอมรับไม่ได้	ยอมรับได้	
การตัดสินใจเปิด เครื่องปรับอากาศ	ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ	Count	125	50	175
		% of Total	31.3%	12.5%	43.8%
	เปิดเครื่องปรับอากาศ	Count	164	61	225
		% of Total	41.0%	15.3%	56.3%

ตารางที่ 1-6 พฤติกรรมการอยู่อาศัยในห้องพักของอาคารชุด (ต่อ)

			การยอมรับคุณภาพอากาศของสภาพ อากาศภายในอาคาร		Total
			ยอมรับไม่ได้	ยอมรับได้	
Total	Count		289	111	400
	% of Total		72.3%	27.8%	100.0%
Chi-Square Tests					
	Value	df	Asymptotic Significance (2- sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)
Pearson Chi-Square	0.105 ^a	1	0.746	0.822	0.416
การตัดสินใจเปิด เครื่องปรับอากาศ	ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ	Count	125	50	175
		% of Total	31.3%	12.5%	43.8%
	เปิดเครื่องปรับอากาศ	Count	164	61	225

ตารางที่ 1-7 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในห้องพัก และระยะเวลาการเปิดเครื่องปรับอากาศ

ช่วงไม่มีการแพร่ระบาด Covid (ช่วงปกติ)				ช่วงมีการแพร่ระบาด Covid (ช่วงโควิด)			
	Mean (h)	SD. (h)	N		Mean (h)	SD. (h)	N
ระยะเวลาที่อยู่อาศัยช่วงปกติ	9.62	1.743	400	ระยะเวลาที่อยู่อาศัยช่วง Covid	20.94	2.044	400
ระยะเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงปกติ	6.90	2.538	400	ระยะเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศช่วง Covid	14.22	4.884	400
	ระยะเวลาที่อยู่อาศัยช่วงปกติ	เปิดเครื่องปรับอากาศช่วงปกติ			ระยะเวลาที่อยู่อาศัยช่วง Covid	เปิดเครื่องปรับอากาศช่วง Covid	
ระยะเวลาที่อยู่อาศัยช่วงปกติ	Pearson Correlation	1	0.415**	ระยะเวลาที่อยู่อาศัยช่วง Covid	Pearson Correlation	1	0.275**
	Sig. (2-tailed)		0.002		Sig. (2-tailed)		0.002
	N	400	400		N	400	400
ระยะเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงปกติ	Pearson Correlation	0.415**	1	ระยะเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศช่วง Covid	Pearson Correlation	0.275**	1
	Sig. (2-tailed)	.000			Sig. (2-tailed)	0.000	
	N	400	400		N	400	400



จากการศึกษาการออกแบบและการวางผังของห้องพักของอาคารชุด พบว่า เนื่องจากเงื่อนไขด้านพื้นที่ที่มีอย่างจำกัด ส่งผลให้การออกแบบของห้องพัก ไม่สามารถออกแบบให้ห้องพัก มีหน้าต่างที่มากกว่าหนึ่งด้านได้ ในทุก ๆ รูปแบบ โดยเฉพาะการออกแบบห้องพัก รูปแบบสตูดิโอ (Studio Type) และแบบหนึ่งห้องนอน (One Bedroom Type) ซึ่งเป็นรูปแบบห้องที่มีจำนวนและผู้พักอาศัยมากที่สุด ซึ่งการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) เป็นระบายอากาศ แบบ (Single-Side Ventilation) และจากการศึกษาการออกแบบห้องพัก ได้มีการออกแบบระบบระบายอากาศ ที่ช่วยในการระบายอากาศ ด้วยการระบายอากาศด้วยวิธีกล (Mechanical Ventilation) คือ ระบบระบายอากาศในบริเวณห้องน้ำ และบริเวณพื้นที่ครัว แต่การทำงานของระบบระบายอากาศ ได้ออกแบบให้มีการเปิดระบายอากาศ ในช่วงเวลาที่มีการใช้งานเท่านั้น

5. สรุป และอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและเก็บข้อมูล จึงสรุปผลการวิจัยได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อวิถีพฤติกรรมการอยู่อาศัยในห้องพักของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร และการระบายอากาศในห้องพัก พบว่า สภาพแวดล้อมภายนอกเป็นหนึ่งปัจจัย ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการอยู่อาศัยในห้องพัก ทั้งความร้อนจากภายนอกอาคารที่เกิดจากการสะสมของความร้อนในเมือง การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนขึ้นในเมือง (Urban Heat Island) ปัญหาฝุ่นละออง ส่งผลต่อพฤติกรรม การเลือกปิดหน้าต่าง และเปิดเครื่องปรับอากาศ ของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร

จากผลการวิจัย จึงสรุปได้ว่า นอกจากปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการอยู่อาศัย วิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ความเคยชิน และความต้องการในการเปิดเครื่องปรับอากาศของผู้พักอาศัยในปัจจุบัน จากการวิเคราะห์ การทดสอบความเป็นอิสระ (Chi-Square Goodness of Independence) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ระยะเวลาปิดหน้าต่าง และการเปิดเครื่องปรับอากาศ แปรผันไปตามระยะเวลาที่พำนักอาศัยภายในห้องพัก แสดงถึงระยะเวลาที่อาศัยอยู่ภายในห้องแปรผันไปตามระยะเวลาที่ต้องอาศัยอยู่ในห้องที่ไม่มีการระบายอากาศ ซึ่งส่งผลเสียต่อคุณภาพอากาศ และต่อสุขภาพของผู้พักอาศัยในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานครได้

จากการศึกษาการออกแบบและการวางผังห้องพักของอาคารชุด การออกแบบภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดด้านพื้นที่ ส่งผลให้ภายในห้องมีหน้าต่างเพียงด้านเดียว การระบายอากาศภายในห้อง จึงเป็นแบบ (Single-Side Ventilation) อีกทั้งขนาดของห้องพักที่ไม่มาก การปิดประตูและกันพื้นที่ห้อง ส่งผลให้อากาศไม่สามารถไหลและถ่ายเทได้สะดวก เมื่อเปรียบเทียบกับห้องที่มีการออกแบบให้มีช่องเปิดระบายอากาศสองด้าน (Cross Ventilation) ส่งผลให้อุณหภูมิและความชื้น

<http://jeet.siamtechu.net>

ที่ยังคงสะสมอยู่ในห้องพัก แม้ว่ามีการเปิดหน้าต่าง ทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยในห้องพัก เกิดสภาวะไม่สบายทางสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) ได้ อีกทั้งการออกแบบระบบระบายอากาศ ในบริเวณห้องน้ำ และบริเวณพื้นที่ครัว โดยการระบายอากาศด้วยวิธีกล (Mechanical Ventilation) เป็นระบบการทำงานที่ได้ถูกออกแบบให้มีการเปิดระบายอากาศในช่วงเวลาที่มีการใช้งานเท่านั้น ซึ่งเป็นการระบายอากาศแบบครั้งคราว ที่อาจจะเกิดหรือไม่เกิดขึ้นเลย ขึ้นอยู่กับพฤติกรรม การอยู่และการใช้งานของผู้พักอาศัยในห้องพัก

เนื่องจากการออกแบบของห้องพัก ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดด้านพื้นที่ ขนาดห้อง และพื้นที่ช่องเปิดที่จำกัด ส่งผลให้เกิดการสะสมของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องพัก การระบายอากาศที่เหมาะสม จะเป็นตัวแปรที่สำคัญ ที่สามารถลดการเกิดการสะสมของความร้อนและความชื้นภายในห้องพัก ส่งผลให้เกิดสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) จะเป็นส่วนช่วยให้ลดการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในห้องพัก และพลังงานในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ อีกทั้งการปรับปรุงคุณภาพอากาศ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพอากาศภายใน (Indoor Air Quality : IAQ) ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพ ของผู้พักอาศัย ได้โดยคำนวณอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม ดังที่แสดงในตารางที่ 1-8 จากผลการคำนวณ ขนาดพื้นที่ผิวของห้องพัก และจำนวนผู้พักอาศัย แสดงความสัมพันธ์แบบผันตรงโดยชัดเจนต่ออัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมของห้องพัก ในขณะที่ปริมาตรของห้องพัก ซึ่งได้จากความแตกต่างของของสูงของห้องพักแต่ละรูปแบบนั้น ไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการระบายอากาศตาม ASHRAE Requirement 62.1-2016

ทั้งนี้ Air Change Rate คืออัตราหมุนเวียนของอากาศ ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่สำคัญของคุณภาพอากาศภายในห้องพัก เทียบกับเวลา 1 ชั่วโมง จากตารางที่ 1-8 เมื่อใช้อัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณจากขนาดห้องพักของอาคารชุดและเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1-2016 จะได้ค่าเฉลี่ยของ Air Change Rate ของห้องพักแบบ Standard ประมาณ 0.61 และห้องพักแบบ Duplex ประมาณ 0.34

ตารางที่ 1-8 อัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมต่อการระบายอากาศในห้องพักของอาคารชุดในแต่ละรูปแบบ

	Room Dimension (m)		Number of Occupants	ASHRAE Requirement 62.1-2016			Air Change Rate		
	Surface (m ²)	Volume (m ³)		Per Surface Area (m ³ /h/m ²)	Per Occupants (m ³ /h/Person)	Total Requirement (m ³ /h)	Per Surface	Per Person	Total
Standard Room Type									
1	24	57.6	1	25.92	9.00	34.92	0.45	0.16	0.61
2	30	72	1	32.40	9.00	41.40	0.45	0.13	0.58
3	35	84	2	37.80	18.00	55.80	0.45	0.21	0.66
4	50	120	2	54.00	18.00	72.00	0.45	0.15	0.60
Duplex Room Type									
5	24	108	1	25.92	9.00	34.92	0.24	0.08	0.32
6	35	157.5	2	37.80	18.00	55.80	0.24	0.11	0.35
Note: * Standard room height average = 2.4 m.									
* Duplex room height average = 4.5 m.									

จากคำนวณอัตราการระบายในการออกแบบระบบระบายอากาศที่ต้องการ การระบายอากาศในห้องพักของอาคารชุดในแต่ละรูปแบบ สามารถติดตั้งพัดลมระบายอากาศไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current fan : DC fan) แรงดันไฟฟ้า 220 V กำลังไฟฟ้า 19 วัตต์ ขนาด 6 นิ้ว ที่มีในท้องตลาด โดยให้มีการระบายอากาศในช่วงเวลาที่ไม้อาศัยอยู่ในห้องพัก หรือช่วงเวลาก่อนและหลังใช้เครื่องปรับอากาศ จะช่วยระบายความร้อนที่สะสม สามารถลดพลังงานในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ และช่วยปรับปรุงคุณภาพของอากาศภายในห้องพักได้

6. ข้อเสนอแนะการวิจัย

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้ จึงได้ข้อเสนอแนะการออกแบบของระบบระบายอากาศในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร และการวิจัยการในอนาคตดังนี้

6.1 การออกแบบห้องพักของอาคารชุด ที่มีการออกแบบและติดตั้งระบบระบายอากาศที่มีอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมต่อความต้องการการระบายอากาศในห้องพักแต่ละรูปแบบ

6.2 ในการออกแบบระบบระบายอากาศ สามารถออกแบบและทดลอง เพื่อให้สามารถพัฒนารูปแบบและเพื่อพัฒนาในเชิงการออกแบบในรูปแบบอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

6.3 ควรมีการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านประหยัดหรือการอนุรักษ์พลังงานเพิ่มเติม เพื่อสามารถเปรียบเทียบระบบระบายอากาศที่เหมาะสมและประหยัดพลังงาน สำหรับในห้องพักของอาคารชุดในกรุงเทพมหานครต่อไป

7 เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักข่าว efinancethai. (วันที่สืบค้น 21 ธันวาคม 2565). เจาะ 4 สาเหตุ ทำไมคนส่วนใหญ่ถึงเลือกอยู่คอนโดมากกว่าบ้าน, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://www.efinancethai.com/advertorial/>
- [2] J. Khedari, A. Sangprajak, J. Hirunlabh, "Thailand climatic zones", *Renewable Energy*, Vol. 25, (2002), pp. 267-280
- [3] Rathphum Pakarnseree, Kasem Chunkao, Surat Bualert, "Physical characteristics of Bangkok and its urban heat island phenomenon", *Building and Environment*, Vol. 143, (2018), pp. 561-569
- [4] climatekids.nasa. (14 December 2022). What Is an Urban Heat Island, [Online] Available: <https://climatekids.nasa.gov/heat-islands/>
- [5] จอร์จ เคตารี, ธนา อนันต์อาษา. "ประสิทธิภาพของตู้เสื้อผ้าบิวท์อินระบายอากาศ." *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 60*. 21-23 กุมภาพันธ์ 2565. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน: 181-188. 2565.
- [6] BLTBangkok. (วันที่สืบค้น 14 ธันวาคม 2565). สถิติการพักผ่อนของคนกรุงเทพฯ, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://www.bltbangkok.com/poll/>
- [7] อรพรรณ โพชนุกูล. (วันที่สืบค้น 11 ธันวาคม 2565). "SICK BUILDING SYNDROME" ภัยคนเมือง 2020, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://tu.ac.th/thammasat-sick-building-syndrome-2020>
- [8] Yamane, Taro. *Statistics: An Introductory Analysis*, 2nd Edition, New York, Harper & Row, 1967
- [9] เบญจมาศ กุญชรินทร์, การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยสถาปัตยกรรมภายในด้วยโปรแกรมสถิติ, กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547
- [10] Vorakamol Boonyayothin et al, "Ventilation control approach for acceptable indoor air quality and enhancing energy saving in Thailand", *International Journal of Ventilation*, Vol. 9, No. 4, (2011), pp. 315-326
- [11] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Standard 62.1-2016 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta, 2016

การออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยโปรแกรม MATLAB

THE DESIGN OF THE SPEED CONTROL SYSTEM FOR A DC MOTOR BY MATLAB PROGRAMS

วิโรจน์ ขาวละออ^{1*}, กิตติยา นาคพันธ์², ฐกฤต ปานขลิบ³

Wiroj Khawlaor^{1*}, Kittiya Nakphan², Thakrit Panklib³

Received: April 19, 2023

Revise: May 2, 2023

Accepted: May 19, 2023

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

² สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

³ สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

46 ถนนเจริญสุขนิทวงศ์ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600

* Corresponding author, Email: kaola_or@yahoo.com

บทคัดย่อ

ด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีฝังตัวทำให้การใช้งานในระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีความสะดวกมากขึ้น ซึ่งวิธีการที่ใช้ทั่วไปจะเริ่มเปลี่ยนจากการควบคุมแบบ analog ไปสู่การควบคุมแบบ digital โดยการออกแบบจะใช้หลักการของ pulse width modulation การออกแบบและการศึกษาของงานวิจัยฉบับนี้แสดงถึงการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การออกแบบการควบคุมด้วยโปรแกรม MATLAB และ Simulink เพื่อให้สอดคล้องกับ ฮาร์ดแวร์ และการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ได้การทำงานตามต้องการ โดยใช้การควบคุมความเร็วรอบแบบ PID และใช้การทำงานของสัญญาณ PWM เพื่อให้ได้การหมุนและความเร็วของมอเตอร์ตามต้องการ โดยที่ระบบจะมีโครงสร้างไม่ซับซ้อน และมีความสามารถในการป้องกันการรบกวนจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลจากการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB และ Simulink แสดงถึงผลของการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้สะดวกในการทำความเข้าใจและมีเสถียรภาพมากขึ้น และผลการทำงานที่เกิดขึ้นแสดงดังรูปที่ 9 พบว่าระบบควบคุมทำงานที่ความเร็ว 100 rpm จากนั้นทำการเปลี่ยนสถานะของระบบให้ควบคุมที่ความเร็วรอบ 30 rpm พบว่าระบบค่อยๆ ลดความเร็วลงดังรูปที่ 10 และรักษาสถานะคงที่ ที่ความเร็วรอบ 30 rpm โดยมีค่า rise time = 5 sec และ setting time = 9 sec ตามที่กำหนด

คำสำคัญ: Pulse Width Modulation, PID, การควบคุมความเร็ว

Abstract

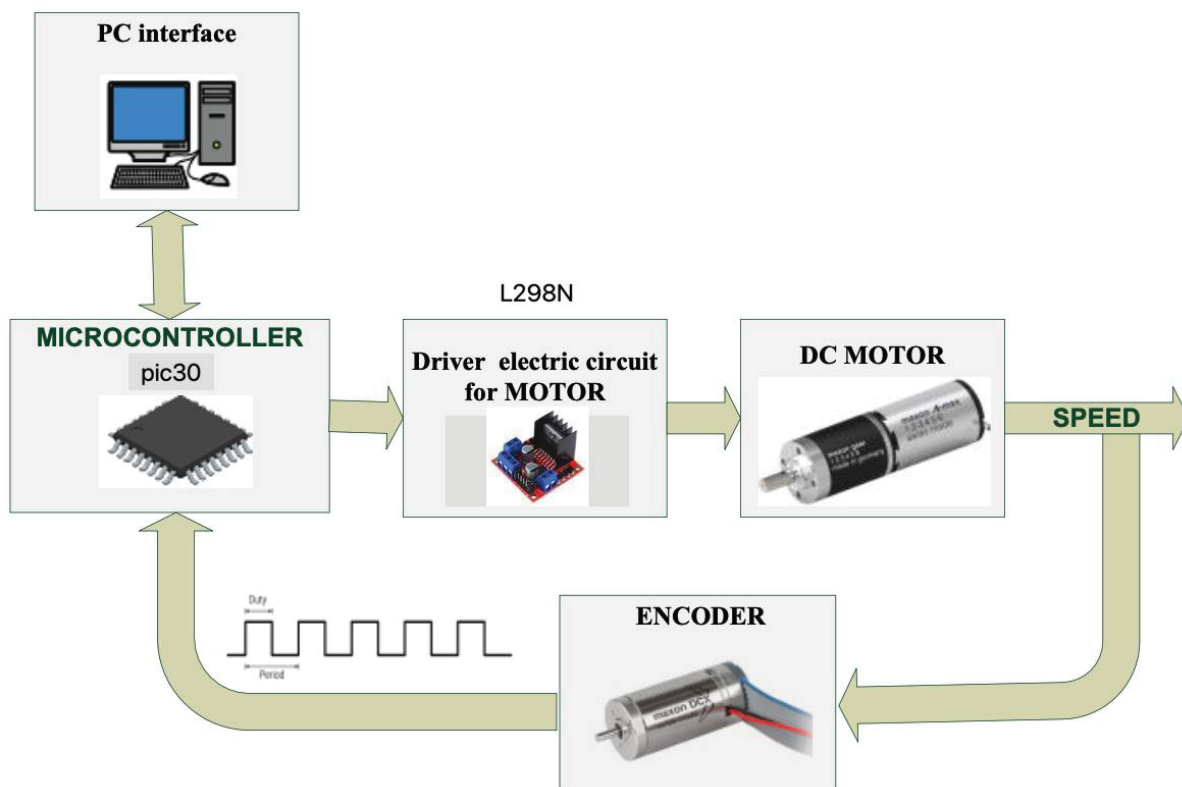
With advancements in embedded technology, it has become more convenient to operate DC motor control systems. The commonly used method is to shift from analog control to digital control. The design is based on the principle of pulse-width modulation. DC electric motor Programmable control design using MATLAB and Simulink to match the hardware and microcontroller programming to achieve the desired operation by using PID closed-loop speed control and PWM signal operation to achieve the desired rotation and speed of the motor has a simple structure. and has the ability to prevent interference from the environment.

The result of simulation by MATLAB and Simulink shows the effect of speed control on a DC electric motor. To make it easier to understand and more stable. The results of the operation are shown in Figure 9. It was found that the control system was running at a speed of 100 rpm. After changing the state of the system to control at a speed of 30 rpm, it was found that the system gradually slowed down as in Figure 10 and maintained a steady state. at 30 rpm with a rise time of 5 sec and a setting time of 9 sec as specified.

Keywords: pulse width modulation, PID, speed control

1. บทนำ

การใช้งานในภาคอุตสาหกรรม มีความต้องการระบบควบคุมที่มีความน่าเชื่อถือ และสอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบที่แตกต่างกันเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันมีความต้องการอย่างสูง [1] โดยในงานวิจัยฉบับนี้จะเกี่ยวข้องกับ การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อทำการขับเคลื่อนโหลดทางกลแบบเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นโดยใช้การควบคุมแบบ PID โดยใช้การตอบสนองผ่านกราฟฟิก เพื่อความสะดวกในการเข้าใจ และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอด เพื่อนำเสนอผลการตอบสนองและเพื่อรับประกันความน่าเชื่อถือของระบบควบคุม [2] เนื่องจาก มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกใช้ในสายงานที่หลากหลายรูปแบบ เช่น การควบคุมความเร็ว การใช้งานแบบ start stop หรือเรียกว่า on off control การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเสถียรภาพของระบบ ใช้งานแรงบิดโดยเป็นรอบความเร็วต่ำ หรือใช้งานถึงความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง และ algorithm โดยส่วนใหญ่ จะรับมาจากการควบคุม PID แบบดั้งเดิม ซึ่งมีโครงสร้างของอุปกรณ์ ของระบบประกอบด้วย main board ที่มี microcontroller pic30 และบอร์ดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง L298N , Encoder , Maxon Motor DC 12 V , และ PC interface ด้วยโปรแกรม MATLAB และ Simulink โดยโครงสร้างของอุปกรณ์ของระบบแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 : ระบบโครงสร้างของการควบคุม Motor [1]

ส่วนโปรแกรม Simulink เป็นโปรแกรมย่อย (Tool Block) ชุดหนึ่งของโปรแกรม MATLAB ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าผลตอบสนองของระบบควบคุม ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาค่าจากบล็อกไดอะแกรมได้โดยตรง ทำให้ลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมในลักษณะเป็นคำสั่ง หรือการคำนวณหาค่าสมการต่างๆ ที่มีความซับซ้อน

2. อุปกรณ์ในงานวิจัย

2.1) มอเตอร์

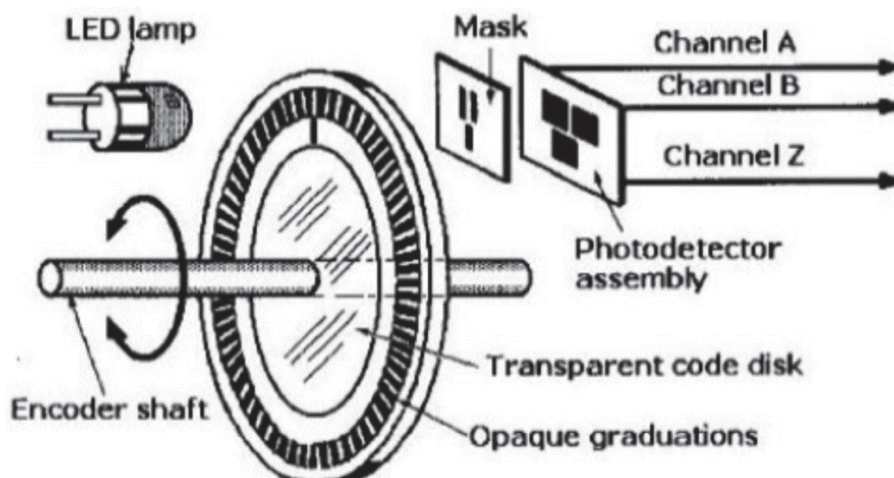
โครงสร้างของฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย เมนบอร์ด ที่มี ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC30 และวงจรการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง Encoder , Motor ของ Maxon motor ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรงที่แรงดัน 12 Vdc แรงบิดที่กำหนด 46.9 mNm กระแสที่กำหนด 4.5 A และมีประสิทธิภาพสูงสุด 88%



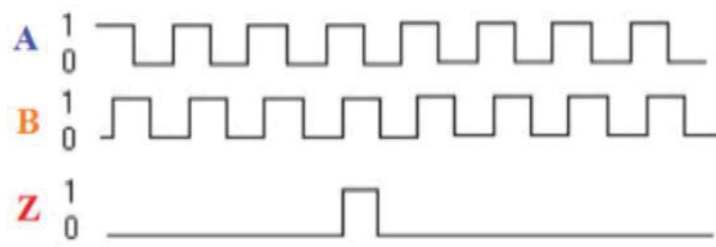
รูปที่ 2 : Maxon DC motor 12 Vdc [6]

2.2) Encoder

เนื่องจากตัวมอเตอร์ไม่มีชุด เอนโคเดอร์ ติดมากับตัวมอเตอร์ ทางผู้วิจัยจึงทำการสร้างชุด เอนโคเดอร์ เพื่อใช้ในการทดสอบเบื้องต้นโดยเป็น อินครีเมนทัล เอนโคเดอร์ แบบหมุนโดยจานหมุนจะมีช่องเล็กๆ เมื่อเพลลาของมอเตอร์หมุนจะทำให้จานหมุนไปตัดกับแสงของเซ็นเซอร์ ออปติคัล ทำให้ชุดรับแสงได้รับสัญญาณเป็นช่วงๆ จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณพัลส์ต่อรอบ (PPR) โดยใช้ 6 พัลส์ ต่อรอบ ซึ่งถ้าสามารถเลือกใช้ตัวมอเตอร์ที่มาพร้อมกับชุด เอนโคเดอร์ ก็จะทำให้สะดวกในการติดตั้งแต่จะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 : แสดงส่วนประกอบของ เอนโคเดอร์ [7]



รูปที่ 4 : ตัวอย่าง พัลส์ เอาต์พุตของ อินครีเมนทัล เอนโคเดอร์ [7]

2.3) PIC30

ไมโครคอนโทรลเลอร์ pic30F2012 ถูกนำมาใช้เพื่อรับมือกับการควบคุมที่เปลี่ยนแปลงในงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานควบคุมทั้งในเรื่องของการควบคุมความเร็วรอบและการควบคุมตำแหน่ง โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นขนาด 16 bit และมีความเร็วนาฬิกา ที่ 3.8 kHz และเนื่องจากบอร์ดควบคุมถูกออกแบบมาเพื่อจุดประสงค์นี้ จึงมี อินพุต เพื่อใช้ในการควบคุม มอเตอร์ และสำหรับของ เอนโคเดอร์ เพื่อรับสัญญาณ PWM จาก เอนโคเดอร์ และ ฟิน ทั้งหมดสามารถที่จะนำไปใช้งานได้หลากหลายฟังก์ชันการทำงาน

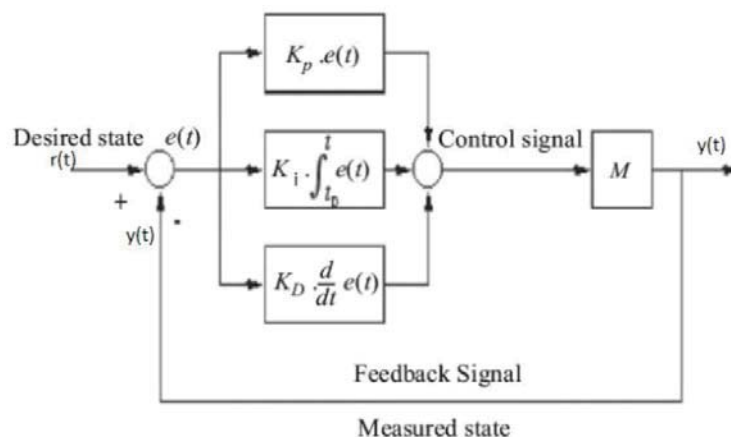
2.4) วงจรขับ มอเตอร์

บอร์ดวงจรได้ถูกออกแบบและผลิตขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมและขับเคลื่อนมอเตอร์ และเนื่องจากถูกออกแบบให้ทำงานได้หลากหลาย ตัวบอร์ดจึงมีฟังก์ชันที่ใช้ในการทำงานได้หลายสายงาน ซึ่งจะประกอบด้วยตัวควบคุม pic30 , 2 H-bridge ที่สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 2 ตัว , 2 encoder อินพุต , UART communication และแหล่งจ่ายไฟ 5V DC-DC

3. อุปกรณ์และหลักการที่ใช้ในการทำงาน

3.1) การทำงานของ PID

กฎการทำงานหลักที่ใช้ในการควบคุมระบบอัตโนมัติ คือการทำงานแบบเชิงเส้นโดยจะเกิดขึ้นจาก ผลรวม และผลต่างของค่าความผิดพลาด จากการทำงานบนพื้นฐานดังกล่าว การควบคุม PID จึงถูกนำไปพัฒนาต่อยอดได้มากมาย โดยมีตัวแปรหลักที่ถูกใช้ในการควบคุม PID คือค่าผลผิดพลาดต้น เอาต์พุต ซึ่งเป็นปริมาณพื้นฐานที่แสดงถึงค่าความแตกต่างระหว่างตำแหน่งที่เกิดขึ้นจริงกับตำแหน่งที่ต้องการของเฟลมอเตอร์ ในกรณีนี้ คือความเร็วเชิงมุม



รูปที่ 5 : บล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุม PID

โดยที่ค่าผิดพลาดสามารถคำนวณได้ด้วยสมการ ดังนี้

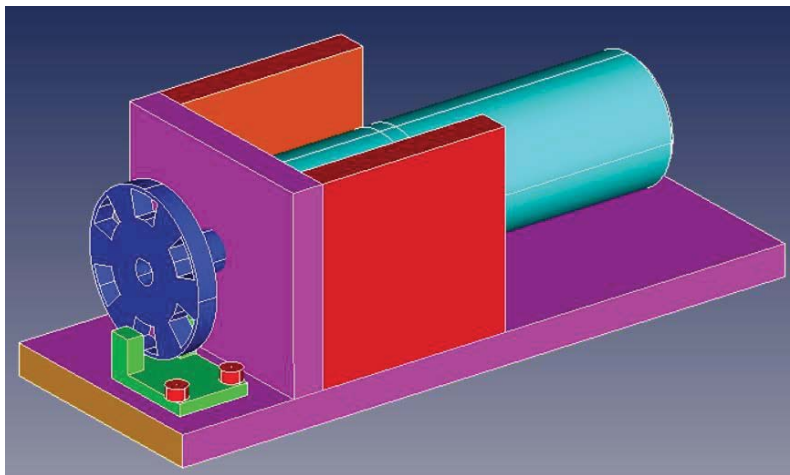
$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (1)$$

$$y(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2)$$

$$U(s) = \left(K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d s \right) E(s) \quad (3)$$

โดยที่ K_p , K_i , K_d แสดงถึงสัมประสิทธิ์ของ ค่าสัดส่วน ค่าอินทิกรัล และค่าอนุพันธ์

3.2) โครงสร้างของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน

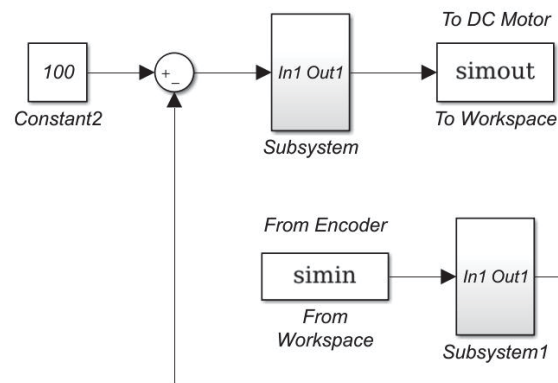


รูปที่ 6 : แสดงส่วนประกอบทางกล ของระบบควบคุมความเร็วรอบ

การควบคุมความเร็วรอบ มีขอบเขตการควบคุมดังนี้โดยจะควบคุมที่ช่วงของความเร็ว 30 – 100 rpm โดยใช้ตัวควบคุม PID ด้วยโปรแกรม MATLAB และ Simulink ได้กราฟการควบคุมที่ความเร็ว 100 กราฟแสดงการตอบสนองของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว และกราฟการควบคุมที่ความเร็ว 30 rpm

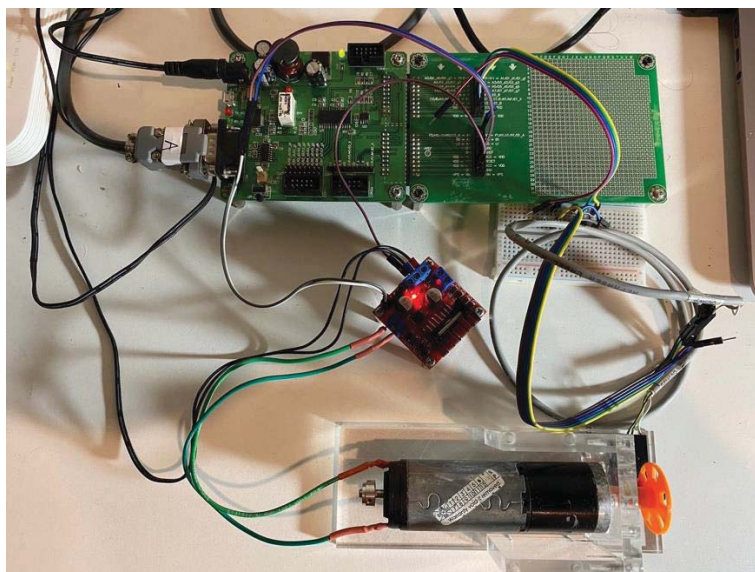
4. ผลการวิจัย

1. สร้างชุดวงจรทางไฟฟ้า เพื่อควบคุมการทำงานความเร็วรอบของ
2. สร้างโครงสร้างทางกล
3. สร้างโค้ดเพื่อสั่งการให้โครงสร้างทางกลกับวงจรทางไฟฟ้าทำงานสอดคล้องและได้ผลลัพธ์ตามต้องการ



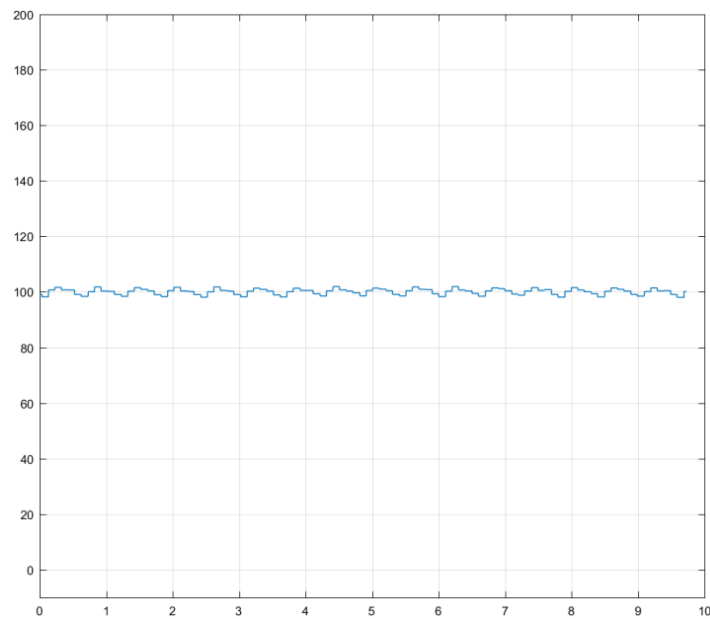
รูปที่ 7 : แสดงการออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 7 แสดงการออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีค่าความเร็วรอบอ้างอิงที่ 100 rpm และมีชุดควบคุมอยู่ในชุด Subsystem ที่รับค่า In1 และส่งค่าการควบคุมออกไปที่ Out1 ส่งออกไปยัง Workspace เพื่อส่งต่อไปยังชุดทดสอบและทำการรับค่าความเร็วรอบจากชุดทดสอบโดยเอนโคเดอร์ เข้ามายัง Workspace และส่งค่าต่อไปยัง Subsystem1 เพื่อนำไปทำการเปรียบเทียบกับค่าความเร็วอ้างอิงที่ได้ตั้งเอาไว้แล้วส่งผลการเปรียบเทียบต่อไปยังชุดควบคุมเพื่อสร้างสัญญาณในการควบคุมความเร็วรอบในวงลูปต่อไป



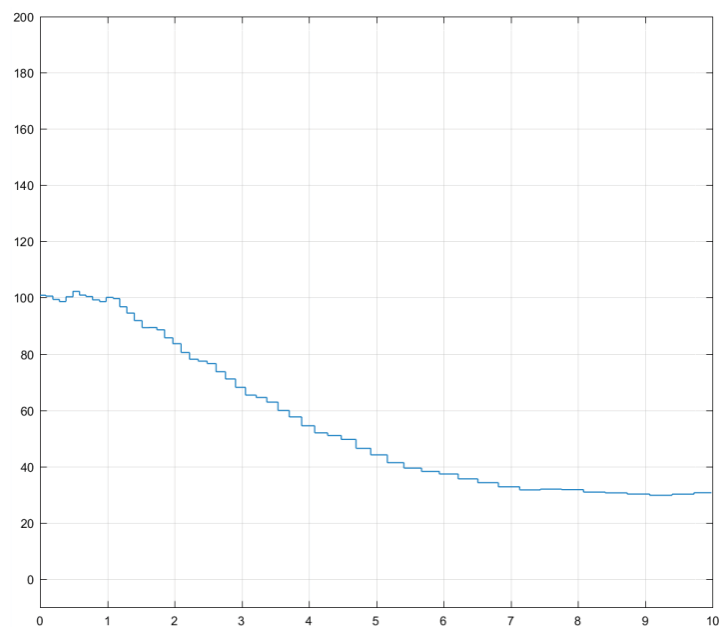
รูปที่ 8 : การประกอบชุดอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบควบคุมความเร็วรอบ DC Motor

รูปที่ 8 แสดงการประกอบชุดอุปกรณ์ทั้งหมดในการควบคุมความเร็วรอบ DC Motor ดังนี้ 1) ชุดบอร์ดควบคุม 2) บอร์ดขับ DC Motor 3) Sensor 4) DC Motor 5) Proto board จากนั้นทำการต่อบอร์ดควบคุมเข้ากับ computer เพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่าง Hardware กับ Software ที่ทำการควบคุมเพื่อสั่งการให้ motor ทำงานที่ความเร็วรอบที่กำหนด



รูปที่ 9 : กราฟแสดงความเร็วรอบ DC Motor 100 rpm

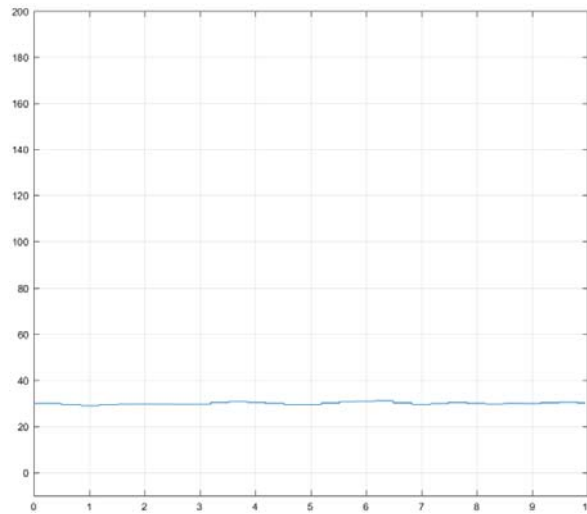
รูปที่ 9 แสดงกราฟการควบคุมความเร็วรอบของ DC Motor ที่ความเร็วรอบ 100 rpm โดยแกน X คือ เวลา (sec) และแกน Y คือค่าความเร็วรอบ (rpm) จากกราฟสังเกตได้ว่าระบบควบคุมทำงานได้ตามต้องการ โดยเมื่อทำการกำหนดความเร็วรอบที่ต้องการคือ 100 rpm แล้วระบบสามารถควบคุมการตอบสนอง output ออกมาได้ 100 rpm



รูปที่ 10 : กราฟแสดงการเปลี่ยนความเร็วจาก 100 เป็น 30 rpm

รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (sec) และผลการตอบสนองของระบบในรูปของความเร็วรอบ (rpm) ซึ่งถูกควบคุมโดยระบบควบคุมที่ได้ทำการออกแบบ โดยทำการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ DC Motor จาก 100

เป็น 30 rpm จากกราฟพบว่า ระบบมีช่วงเวลา rise time ประมาณ 5 sec และระบบไม่มี overshoot และมี steady time ที่เวลาประมาณ 9 sec



รูปที่ 11 : กราฟแสดงความเร็วรอบ DC Motor 30 rpm

รูปที่ 11 กราฟแสดงการควบคุมความเร็วรอบ DC Motor ที่ความเร็ว 30 rpm โดยกราฟแกน X คือ เวลา (sec) และแกน Y คือค่าความเร็วรอบ

5. สรุปผลและวิเคราะห์

จากรายงานวิจัยเป็นการควบคุมความเร็วรอบ DC Motor โดยมีช่วงความเร็วที่ 30 – 100 rpm โดยการใช้โปรแกรม MATLAB และ Simulink ซึ่งในปัจจุบันมีความสะดวกและง่ายในการใช้งานรวมถึงสามารถเข้าถึงได้มากกว่าที่ผ่านมา เนื่องจากไม่ต้องทำการเขียน code แบบที่ผ่านมา จึงทำให้โปรแกรมดังกล่าวเป็นที่ยอมรับและมีการใช้งานมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากรายงานวิจัยพบว่าระบบควบคุมความเร็วรอบสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เนื่องจากตัวระบบมีความเสถียร และสามารถปรับความเร็วได้ตามที่ต้องการ โดยชุดการควบคุมผู้วิจัยได้แสดงผลแบบกราฟโดยแสดงเป็นแบบ real time เพื่อดู sensitivity ของระบบว่ามีการตอบสนองได้รวดเร็วเพียงใด พบว่ามีค่า rise time = 5 วินาที โดยที่ไม่มี over shoot และมีค่าระยะเวลาในสภาวะคงตัวที่ 9 วินาที ซึ่งพบว่าระบบที่ทำการสร้างเป็นระบบที่มีความเสถียร โดยค่าความเร็วรอบจะวิ่งขึ้นลง อยู่ระหว่างค่าที่กำหนด และเนื่องจากระบบเป็นระบบที่สร้างขึ้นได้เองทั้งระบบทำให้สามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในแต่ละสายงานรวมถึงราคาของอุปกรณ์ในการสร้างส่วนประกอบของระบบควบคุมที่ลดลงอย่างมาก เนื่องจาก ต้นทุนราคาของชุด เอนโคเดอร์มีราคาสูงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญถึงการพัฒนาองค์ความรู้ที่สามารถสร้างขึ้นได้เองภายในประเทศจึงเป็นที่มาของงานวิจัยฉบับนี้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณวิทยาลัยเทคโนโลยีสยามที่ให้การสนับสนุนในเรื่องสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ขอขอบพระคุณท่านอธิการบดีวิทยาลัยเทคโนโลยีสยามที่ให้การสนับสนุนในการทำงานที่หลากหลาย รวมถึงท่านคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้คำแนะนำในการทำงานด้วยความกรุณาเสมอมา ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีทุกๆ ท่านที่อำนวยความสะดวกในด้านธุรการต่างๆ ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] He chun hong, Ren Bin (2018). Design of DC motor speed regulation system base on arm. *IEEE (2018)*
- [2] Vladimir Rajs, Nikola Lj, Rašević, Milan Z Bodić, Miodrag M. Zuković, Kalman B. Babković (2022). PID controller design for motor speed Regulation with linear and nonlinear load. *IEEE (2022)*
- [3] Chong Zhao, Zhaoxi Hua (2022). Design of motor speed control system base on STM32 Microcontorller. *IEEE (2022)*
- [4] Mohamed Elhaj Ahmed Mohamed, Guo Yanling, Babekir A.rahman Osman, Abdelmotalib Ahmed Mohamed (2019). Design of Speed Control System of DC motor Based on PID tuning with fuzzy define weighting point. *IEEE (2019)*
- [5] Yavuz Bahadır, Koca Yılmaz Aslan; Bariş Gökçe (2021). Speed Control Based PID Configuration of a DC Motor for An Unmanned Agricultural Vehicle. *IEEE (2021)*
- [6] <https://www.distrelec.de/en/dc-motor-26-mm-maxon-506387/p/30062853>
- [7] <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=157>
- [8] https://www.researchgate.net/figure/The-Model-of-a-PID-Controller-Configuration-From-Figure-3-the-mathematical-expression_fig3_344378374
- [9] Zhou Yanfei, YUAN Wenyu, Sun Xiaoting, Huang Yi. Design of DC Servo Motor Speed Control System Based on DSP Technology [J]. *Electronic Technology and Software Engineering*, 2020(03): 240-242.
- [10] A. Abdulameer, M. Sulaiman, M. S. M. Aras, and D. Saleem, "Tuning methods of PID controller for DC motor speed control," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 343–349, 2016.
- [11] S. D. Sahputro, F. Fadilah, N. A. Wicaksono, and F. Yusivar, "Design and implementation of adaptive PID controller for speed control of DC motor," *QiR 2017 - 2017 15th Int. Conf. Qual. Res. Int. Symp. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2017-Decem, no. 1, pp. 179–183, 2017, doi: 10.1109/QIR.2017.8168478.
- [12] Ronghui Xue. Design of DC Motor Speed Control System Based on PWM Control [J]. *International Core Journal of Engineering*, 2020 (8).
- [13] Nishant Kumar Sinha; P. M. Tiwari, Multiple motor synchronization using nonlinear PID control, 2017 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication & Automation (ICACCA), DOI: 10.1109/ICACCAF.2017.8344713
- [14] Md Mahmud; S. M. A. Motakabber; A. H. M. Zahirul Alam; Anis Nurashikin Nordin, Adaptive PID Controller Using for Speed Control of the BLDC Motor, 2020 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics, DOI: 10.1109/ICSE49846.2020.9166883
- [15] M. A. H. Azman, J. M. Aris, Z. Hussain, A. A. A. Samat, and A. M. Nazelan, "A comparative study of fuzzy logic controller and artificial neural network in speed control of separately excited DC motor," in 2017 7th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), 2017, pp. 336-341.

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์

EFFECTIVE OF FALL DETECTION AND NOTIFICATION SYSTEM FOR PATIENT AND ELDERLY WALKING AID VIA LINE APPLICATION

Received: April 19, 2023

Revise: June 7, 2023

Accepted: June 7, 2023

ประสงค์ศักดิ์ สองศรี^{1*} สุทธิลักษณ์ ชุนประวัต² ทวิทย์ วิทย์สหมุนี³

Prasongsuk Songsree^{1*} Suttitug Choonprawat² Thavit Vitsahamuni³

^{1,2,3}อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

* Corresponding author, Email: Prasongsuks@siamtechno.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยที่นำเสนอนี้เป็นงานวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สำหรับคนที่ดูแลผู้ป่วยและผู้สูงอายุตามสถานการณ์ต่างๆ โดยผู้วิจัยได้เริ่มต้นการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบวอล์กเกอร์ช่วยเดินผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ 1. เพื่อออกแบบระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์ 2. เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ 3. เพื่อหาพิกัดตำแหน่งผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ จากการผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และระบบบอกตำแหน่งของ GPS ของตัวเครื่อง จากการผลวิจัยพบว่าผู้วิจัย 1. ได้สร้างระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์ 2. ได้หาประสิทธิภาพของเครื่องโดยการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณของตัวเครื่องระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สามารถส่งสัญญาณ จากตัวเครื่องไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ของผู้ดูแลผู้สูงอายุได้ตามวัตถุประสงค์ โดยผู้วิจัยได้จำลองเหตุการณ์ว่า ผู้สูงอายุล้ม จากตัวบ้านหรือสถานที่ในการดูแลผู้สูงอายุ ทั้งหมด 3 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นทำการทดลอง 5 ระยะ โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง และได้ทดสอบความไวของตัวเครื่อง ทั้ง 3 ดูพบว่าเครื่องจะส่งความไวในระยะที่ดีที่สุดคือ ระยะ 3 เมตร 3. ระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุสามารถระบุ GPS ของตัวเครื่องที่มีความแม่นยำสามารถบอกตำแหน่งของตัวเครื่องได้ และมีความไวในการส่งสัญญาณ

คำสำคัญ: ผู้ป่วยและผู้สูงอายุ, ประสิทธิภาพ, แอปพลิเคชันไลน์

Abstract

The research presented here is to determine the effectiveness of the fall notification system for patients and the elderly from walk-walking devices through the LINE application. for people who take care of patients and the elderly according to various situations The researcher has started research and development of a prototype walker device to help walk patients and the elderly through the LINE application. by the object of this

<http://jeet.siamtechu.net>

research 1. To design and build a prototype walker to help walk patients and the elderly through the LINE application. 2. To find out the efficiency of the fall notification system for patients and the elderly through the LINE application. 3. To find the location of patients and the elderly through the LINE application. From the results of the test to find out the effectiveness of the fall notification system for patients and the elderly from walk-through devices through the Line application. and the GPS positioning system of the device. From the research results, it was found that the researcher 1. Please Walker, the database of the stream notification system, and the elderly from the online application website helper. 2. Able to locate important devices by testing the transmission of the alarm signal, the alarm system of the elderly through the LINE application. Can send signal from the device to the LINE application of the elderly caregivers according to the objectives. The researchers simulated the event that elderly people fall from the house or place in the care of the elderly, all 3 floors, each floor was tested for 5 phases by doing 10 trials and testing the sensitivity of all 3 machines. It was found that the device will send the sensitivity in the best distance of 3 meters. 3. Walker Citizens can pinpoint The GPS system indicates the position of the device. can accurately tell the location of the machine and is sensitive to the delivery of the contract.

Keywords: Patient and Elderly, Efficiency, Line Application

1. บทนำ

ตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ.2546 [1] ได้บัญญัติคำเรียกบุคคลที่มีสัญชาติไทย ที่มีอายุเกินกว่าหกสิบปีบริบูรณ์ขึ้นไปคือ “ผู้สูงอายุ” หรือบางคนเรียกว่า “ผู้สูงวัย” เป็นคำที่บ่งบอกถึงตัวเลขของอายุว่ามีอายุมากโดยนิยามนับตามอายุตั้งแต่แรกเกิด (Chronological age) หรือทั่วไป เรียกว่า คนแก่ หรือ คน ชรา “ผู้สูงอายุ” เป็นวัยบั้นปลายของชีวิตและปัจจุบันมีผู้ป่วยที่ไม่สามารถพึ่งตัวเองให้เดินมากขึ้นในทุกๆวัน ดังนั้นปัญหาของผู้ป่วยและผู้สูงอายุ จะเกิดขึ้นในทุกด้านโดยเฉพาะด้านสังคม และ สาธารณสุข จึงแตกต่างจากคนในวัยอื่น ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าจำนวนผู้ป่วยและผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก ซึ่งรัฐบาลไทยและทั่วโลกได้ตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องนี้จึงมีความพยายาม และมีการรณรงค์อย่างต่อเนื่องให้ทุกคนตระหนัก เข้าใจ และพร้อมดูแลผู้ป่วยและผู้สูงอายุให้ทัดเทียม เช่นเดียวกับการ ดูแลประชากรในกลุ่มอายุอื่น

ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้พบเห็นปัญหา ภายในชุมชนท้องถิ่นและศูนย์ดูแลผู้ป่วยและผู้สูงอายุต่างๆของประเทศไทย ที่ยังต้องมีคนดูแลผู้สูงอายุตลอดเวลา และคนที่ดูแลผู้ป่วยและผู้สูงอายุไม่สามารถอยู่กับผู้สูงอายุได้ตลอดเวลาต้องไปทำธุรกิจประจำวันมากมายในแต่ละวัน ทำให้เกิดปัญหาคือคนดูแลผู้ป่วยและผู้สูงอายุไม่สามารถอยู่กับผู้สูงอายุได้ตลอดเวลา อีกทั้งในโลกปัจจุบันมีระบบออนไลน์เกิดขึ้นมากมายคนดูแลผู้สูงอายุมีการใช้แอปพลิเคชันในการติดต่อที่ง่ายต่อการติดต่อสื่อสาร

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างวอคเกอร์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สำหรับแจ้งเตือนให้กับคนดูแลผู้สูงอายุ เพื่อแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุให้การใช้ชีวิตประจำวัน และยังสามารถรู้ถึงพิกัดตำแหน่งของผู้ป่วยในเวลานั้นอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุจากอุปกรณ์ช่วยเดินผ่านแอปพลิเคชันไลน์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์
3. เพื่อหาพิกัดตำแหน่งผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานค้นคว้าเรื่องระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ผู้ค้นคว้าได้ ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการตั้งนี้ศึกษาในเรื่องระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ที่ประกอบด้วยรูปแบบการเดินบนลู่วิ่ง ร่วมกับระบบยกและพยุงน้ำหนัก รูปแบบการยกตัวผู้ป่วย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุ ทั้งนี้ต้องศึกษาพฤติกรรมผู้สูงอายุและผู้ที่ต้องดูแลผู้สูงอายุ ศึกษาอุปกรณ์ใกล้เคียงที่มีอยู่ในท้องตลาด เทคนิคและ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

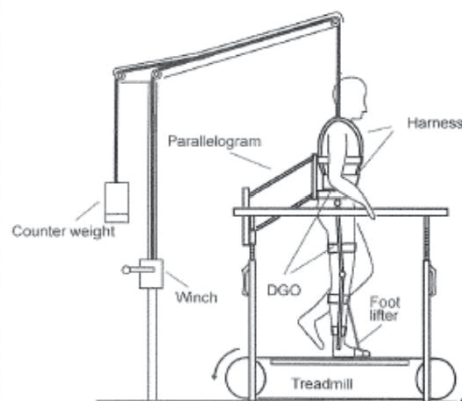
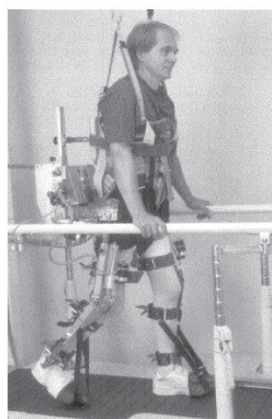
3.1 รูปแบบการเดินบนลู่วิ่ง ร่วมกับระบบยกและพยุงน้ำหนัก

เครื่องทำกายภาพบำบัดโดยให้ผู้ป่วยหัดเดินบนลู่วิ่ง โดยมีการพยุงน้ำหนัก ของร่างกายขณะวิ่งบนลู่วิ่งที่ 50 % ของน้ำหนักตัวทั้งหมด โดยในขณะที่ใช้งานผู้ป่วยจะไม่สามารถควบคุมความสามารถในการทรงตัวได้ในระหว่างการเดิน แต่สามารถตั้งสมาธิไปทีช้าได้ระหว่างการเดิน โดยจำเป็นต้องมีผู้ช่วยเหลือในการจัดทำทางขณะเดิน โดยอุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ Treadmill training รูปที่ 1 [2]



รูปที่ 1 Treadmill training

อุปกรณ์ชิ้นต่อมาเป็นเครื่องทำกายภาพบำบัดโดยใช้ลู่วิ่ง แต่มีระบบ robotic มา ช่วยในการจัดทำทางเดินของผู้ป่วยขณะใช้งาน โดยตัวเครื่องจะมีข้อพิเศษคือ ไม่ต้องมีผู้ช่วยในการจัดสมดุลผู้ป่วยและจัดทำทางเดินขณะทำกายภาพบำบัด โดยอุปกรณ์ชิ้นนี้ ได้แก่ Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Treadmill training of paraplegic patients using a robotic

3.2 รูปแบบการยกตัวผู้ป่วย

การยกตัวโดยใช้รอกดึงขึ้นในแนวตั้งฉากกับพื้นและใช้น้ำหนักถ่วงผั่งตรง ข้าม แบบที่ใช้ในเครื่องที่เป็นลักษณะของลู่วิ่ง จากเครื่อง Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis[11], Lokomat [12] Walking aid[13] และ The Hart Walker แบบปรับปรุง ตามลำดับ ในรูปที่ 3 [2]



รูปที่ 3 การยกตัวโดยใช้รอกดึงขึ้นในแนวตั้งฉากกับพื้นและใช้น้ำหนักถ่วงผั่งตรงข้าม

การยกตัวผู้ป่วยโดยใช้กลไก Actuator จะใช้ Linear Actuator หรือ ระบบ Hydraulic เป็นตัวยกผู้ป่วย โดยตัวผู้ป่วยจะแขวนไว้กับเครื่อง เช่น Lift Walker, Ormesa Grillo Gait Trainer ในรูปที่ 4 [2]



รูปที่ 4 การยกตัวผู้ป่วยโดยใช้กลไก Actuator

การยกตัวโดยใช้ระบบคานสปริง ใช้ค่าความแข็งของสปริงเป็นประโยชน์ ในการยกน้ำหนัก เพื่อให้ได้ค่าความนุ่มนวลในการยก และปรับระดับน้ำหนักได้ จากกระยะทางที่ เปลี่ยนไป เช่น ระบบการพยุงน้ำหนักของ Kid Walk - Dynamic Walking Aid ในรูปที่ 5 [2]



รูปที่ 5 การยกตัวโดยใช้ระบบคานสปริง

3.3 ผลวิจัย 3 อันดับ สื่อกีฬาที่ทรงอิทธิพลต่อผู้สูงอายุ มากที่สุด

สาขาการตลาด วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ทำการวิจัยการตลาดกับกลุ่มผู้สูงอายุ 55-70 ปี จำนวน 604 คน พบว่าสื่อที่มีการใช้งานมากที่สุด 3 อันดับแรกในกลุ่มผู้สูงอายุ ได้แก่ [3]



รูปที่ 6 ผลวิจัย 3 อันดับ สื่อที่ทรงอิทธิพลต่อผู้สูงอายุมากที่สุด

3.3.1 Line จำนวน 50% เนื่องจากใช้งานง่ายในการติดต่อสื่อสาร โดยเมื่อเราเจาะลึกถึง Insight พบว่า เมื่อผู้สูงอายุอ่านเนื้อหาที่ชื่นชอบจะใช้การส่งสติ๊กเกอร์แทนการพิมพ์ข้อความตอบโต้ เนื่องจากไม่ถนัดในการ พิมพ์ที่ละตัวอักษร [3]



รูปที่ 7 สื่อที่ใช้มากที่สุด อันดับที่ 1

3.3.2 โทรทัศน์ จำนวน 24% สื่อโทรทัศน์เป็นสื่อดั้งเดิมที่ยังมีอิทธิพลต่อผู้สูงอายุ โดยผู้สูงอายุคิดเป็น 61% เปิดโทรทัศน์ทิ้งไว้โดยไม่มีการเปลี่ยนช่องและเปิดไว้เพื่อเป็นเพื่อนคลายเหงา



รูปที่ 8 สื่อที่ใช้มากที่สุด อันดับที่ 2

3.3.3 Facebook จำนวน 16% โดยผู้สูงอายุมองว่า Facebook ใช้งานยากกว่า Line เวลาจะแชร์ข้อมูล ให้ผู้อื่นต่อก็ไม่แน่ใจว่าจะกดปุ่มใดต่อ ต้องกดหลายครั้ง ต้องพึ่งพาคนอื่นให้ช่วยสอนการใช้หลายครั้ง ทำให้ผู้สูงอายุไม่อยากจะใช้ Facebook มากนัก เนื่องจากไม่ยากเป็นภาระต่อผู้อื่น [3]



รูปที่ 9 สื่อที่ใช้มากที่สุด อันดับที่ 3

3.4 LINE Notify

LINE Notify คือบริการที่สามารถรับข้อความแจ้งเตือนจากเว็บเซอร์วิสต่าง ๆ ที่สนใจได้ทาง LINE โดยหลังเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อกับทางเว็บเซอร์วิสแล้ว จะได้รับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการของ "LINE Notify" ซึ่งให้บริการโดย LINE นั้นเอง ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับบริการที่หลากหลาย และยังสามารถรับการแจ้งเตือนทางกลุ่มได้อีกด้วย ซึ่งบริการหลักๆ ที่สามารถเชื่อมต่อได้แก่ GitHub, IFTTT หรือ Mackerel เป็นต้น [3]



รูปที่ 10 LINE Notify

4. การดำเนินการวิจัย

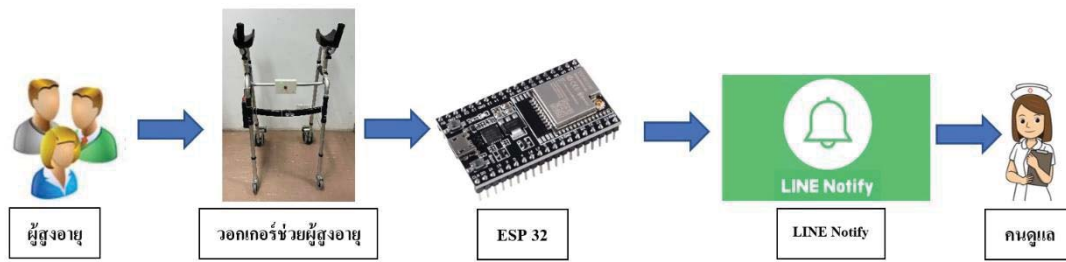
4.1 ขั้นตอนในการออกแบบโครงงาน

- 4.1.1 หาข้อมูลทั่วไปจากเว็บไซต์และสื่อต่างๆ
- 4.1.2 ศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานทางไฟฟ้าของชิ้นงานที่จะทำ
- 4.1.3 ออกแบบวงจรทางไฟฟ้า
- 4.1.4 ลงมือสร้างชิ้นงานตามแผนงานที่วางไว้เป็นลำดับ
- 4.1.5 เมื่อเกิดข้อผิดพลาดรีบแก้ไขแล้วหาข้อบกพร่องเพื่อนำมาพัฒนาให้สมบูรณ์

ในการทำงานของระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยบอร์ดอา두โน ESP32 และอุปกรณ์สำหรับตรวจจับสถานะความผิดปกติของผู้สูงอายุ ได้แก่ ใจโรเซนเซอร์ เพื่อตรวจสอบการล้มของผู้สูงอายุ ระบบ GPS สำหรับระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ผู้สูงอายุใช้งาน เมื่อเซนเซอร์และอุปกรณ์เหล่านี้พบสิ่งผิดปกติของ ผู้สูงอายุ ส่ง

<http://jeet.siamtechu.net>

ข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดอาดูโน ESP32 ที่ทำหน้าที่ประมวลผลและทำการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ผู้ดูแลผู้สูงอายุ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 12 ออกแบบวงจรทางไฟฟ้าของระบบและลักษณะการทำงานของเครื่อง

ผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพของตัวเครื่องโดยการหาความไวและระบบบอกตำแหน่งของ GPS ของตัวเครื่องระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยผู้วิจัยได้จำลองเหตุการณ์ว่า ผู้สูงอายุล้ม จากตัวบ้านหรือสถานที่ในการดูแลผู้สูงอายุ ทั้งหมด 3 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นทำการทดลอง 5 ระยะ โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง และได้ทดสอบความไวของตัวเครื่อง ทั้ง 3 ดู พบว่าเครื่องจะส่งความไวในระยะที่ดีที่สุดคือ ระยะ 3 เมตร ในส่วนของระบบ GPS ระบบตำแหน่งของตัวเครื่องมีความ แม่นยำสามารถบอกตำแหน่งของตัวเครื่องได้ และมีความไวในการส่งสัญญาณ

5. ผลการทดลอง

การวิจัยเรื่อง ระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบตัวเครื่อง ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.1 ได้สร้างเครื่องและตัวระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์



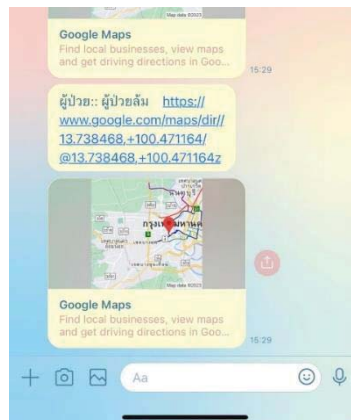
รูปที่ 13 เครื่องและระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและผู้สูงอายุ



รูปที่ 14 รูปแต่ละด้านของวอล์กเกอร์แจ้งเตือนการล้มของผู้ป่วยและสูงอายุ



รูปที่ 15 รูปผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุล้มขณะใช้วอล์กเกอร์แจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุ

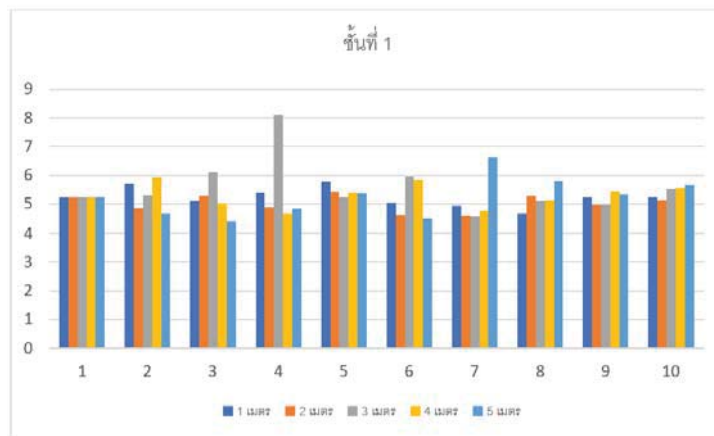


รูปที่ 16 รูปการทำงานของระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์

5.2 คุณสมบัติของระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์

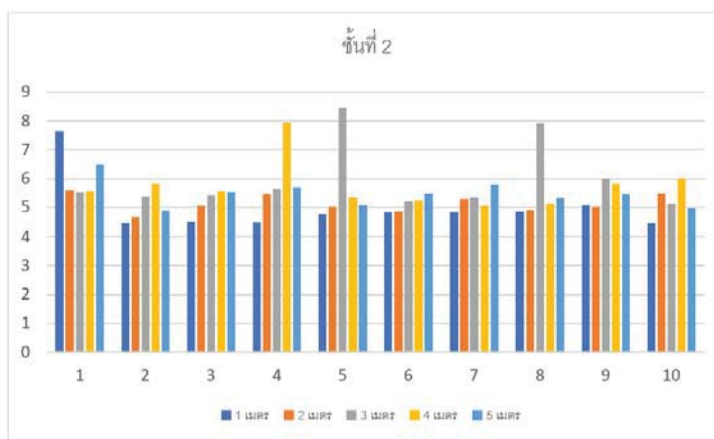
ผู้วิจัยได้จำลองเหตุการณ์ว่า ผู้สูงอายุล้ม จากตัวบ้านหรือสถานที่ในการดูแลผู้สูงอายุ ทั้งหมด 3 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นทำการทดลอง 5 ระยะ โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง และได้ทดสอบความไวของตัวเครื่อง ทั้ง 3 ดู

5.2.1 ผลการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณ ระหว่างเครื่องกับระบบไลน์



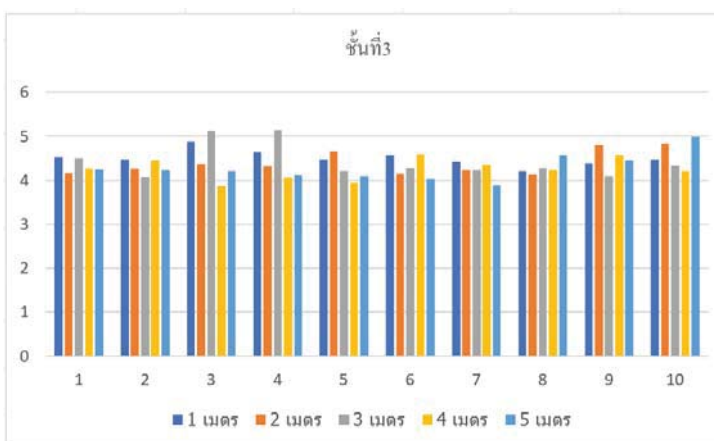
รูปที่ 17 ผลการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณ ชั้นที่ 1

ผลการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณ ระหว่างเครื่องกับระบบไลน์ ชั้นที่ 1 ทำการทดลอง 5 ระยะ โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง และได้ทดสอบความไวของตัวเครื่อง



รูปที่ 18 ผลการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณ ชั้นที่ 2

ผลการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณ ระหว่างเครื่องกับระบบไลน์ ชั้นที่ 2 ทำการทดลอง 5 ระยะ โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง และได้ทดสอบความไวของตัวเครื่อง

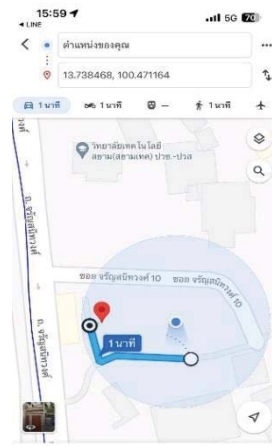


รูปที่ 19 ผลการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณ ชั้นที่ 3

<http://jeet.siamtechu.net>

ผลการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณ ระหว่างเครื่องกับระบบไลน์ ขั้นที่ 3 ทำการทดลอง 5 ระยะ โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง และได้ทดสอบความไวของตัวเครื่อง

5.2.2 ผลการทดสอบการบอกตำแหน่งของ GPS ของตัวเครื่อง



รูปที่ 20 ผลการทดสอบบอกตำแหน่งของ GPS ของตัวเครื่อง



รูปที่ 21 ลักษณะการทำงานของระบบ GPS ของตัวเครื่อง

ผลการทดสอบบอกตำแหน่งของ GPS ของตัวเครื่อง เมื่อโมดูล GPS ที่ตัวเครื่องติดตั้งกลิ้งวอคเกอร์ล้ม ระบบจะส่งสัญญาณไปที่ ESP32 จะส่งสัญญาณไปที่ Application line ของผมที่ดูแลผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ และเมื่อผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ กดลิงค์จากระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ระบบจะส่งสัญญาณไปที่ Google Maps เพื่อระบุตำแหน่ง ของตัวเครื่อง

6. การอภิปรายผล

จากการผลการทดสอบความไวและระบบบอกตำแหน่งของ GPS ของตัวเครื่องระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ พบว่าการทดสอบความไวของการส่งสัญญาณของตัวเครื่องระบบแจ้งเตือนการล้มของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สามารถส่งสัญญาณ จากตัวเครื่องไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ของผู้ดูแลผู้สูงอายุได้ตามวัตถุประสงค์ โดยผู้วิจัยได้จำลองเหตุการณ์ว่า ผู้สูงอายุล้ม จากตัวบ้านหรือสถานที่ในการดูแลผู้สูงอายุ ทั้งหมด 3 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นทำการทดลอง 5 ระยะ โดยทำการทดลอง 10 ครั้ง และได้ทดสอบความไวของตัวเครื่อง ทั้ง 3 ดู พบว่าเครื่องจะส่งความไวในระยะที่ดีที่สุดคือ ระยะ 3 เมตร ในส่วนของระบบ GPS ระบุตำแหน่งของตัวเครื่องมีความแม่นยำ สามารถบอกตำแหน่งของตัวเครื่องได้ และมีความไวในการส่งสัญญาณ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ส.ณ.ฐิติรัตน์ บัณฑิต, ส.ณ.สิงห์ มาเยะ, ส.ณ.วิทวัส เลาเฒ่า, (2562) .*ต้นแบบเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้สูงอายุ*. โครงการสนับสนุนทุนทำโครงการสำหรับโรงเรียนพระปริยัติธรรม. หน้าที่ 1-31

<http://jeet.siamtechu.net>

- [2] วรตต์ สิทธิเหล่าถาวร, (2559). **การออกแบบโครงช่วยฝึกเดินที่มีระบบพยางน้ำหนักบางส่วนสำหรับผู้ที่มีปัญหาการเคลื่อนไหวด้านการเดิน**. วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
- [3] อรุมา บณารมย์, พิมพร จันทรแก่นทอง, ณัฐริณีย์ เลิศสถิตรุ่ง, สมภียา สมถวิล, รณกฤต แสงผ่อง, จุฑาลักษณ์ กองสุข (2557). **การพัฒนาเครื่องช่วยเดินแบบมีเก้าอี้พับเก็บได้ พร้อมอุปกรณ์ ออกกำลังกาย**. Chula Med J Vol. 58 No. 6 November- December 2014
- [4] วรตต์ สิทธิเหล่าถาวร. (2559). **การออกแบบโครงช่วยฝึกเดินที่มีระบบพยางน้ำหนักบางส่วนสำหรับผู้ที่มีปัญหาการเคลื่อนไหวด้านการเดิน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สืบค้นจาก http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/TU_2016_5810032077_7219_5039.pdf
- [5] ชะห์ลิ้น เหล่ามี, รุสลัน หะมะ. (2560). **ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

การศึกษาการจัดการวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้ว เพื่อเป็นแนวทางการจัดการตามร่าง พรบ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

STUDY OF CAR AUDIO WASTE MANAGEMENT AS A WASTE MANAGEMENT GUIDELINE ACCORDING TO THE DRAFT ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT WASTE MANAGEMENT LEGISLATION

เรไร แจงใจ^{1*}, สันญา สิริวิทยาปกรณ์²

Rarai Jangjai^{1*}, Sanya Sirivithayapakorn²

Received: March 29, 2023

Revise: June 7, 2023

Accepted: June 7, 2023

¹นิสิตหลักสูตร มหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²รองศาสตราจารย์ ดร.รองหัวหน้าภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

* Corresponding author, Email: rarai_sjrari@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันมีอยู่ทั่วโลกจากการผลิตและการคิดนวัตกรรมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการและความสะดวกสบายให้กับประชาชนผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้น ทั้งนี้ในประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่บังคับใช้ในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เหล่านี้โดยตรง โดยทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีความพยายามที่จะร่างกฎหมายเพื่อนำมาบังคับใช้ในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้เพื่อลดผลกระทบจากการปนเปื้อนของสารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากิจการจัดการซากผลิตภัณฑ์วิทยุติดรถยนต์ ซึ่งเข้าข่ายเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทหนึ่งที่จะถูกมองข้ามเนื่องจากอุปกรณ์นี้ไม่ได้มีการติดป้ายชื่อของผู้ผลิตและไม่ได้มีการจำหน่ายตรงต่อผู้บริโภคแต่เป็นการจำหน่ายให้กับผู้ผลิตรถยนต์และผู้ผลิตรถยนต์ทำการจำหน่ายรถยนต์ให้กับผู้บริโภคอีกครั้งหนึ่ง โดยงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสำรวจกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกระบวนการจัดการกับวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ เขต อ.บางบ่อและ อ.บางเสาธง ในปี พ.ศ. 2564 โดยทำการสำรวจการนำรถไม่ใช้แล้วไปดำเนินการต่อจำนวน 100 ราย พบว่า จำหน่ายต่อให้กับร้านรับซื้อรถมือสองประมาณร้อยละ 25 อีกร้อยละ 75 จะเก็บรถเก่าไว้ใช้เองและส่งต่อให้คนในครอบครัวใช้ และร้านรับซื้อ-จำหน่ายรถยนต์มือสอง จำนวน 10 แห่ง พบว่า มีการรับรถยนต์เข้ามาปรับปรุงสภาพเพื่อจำหน่ายต่อจำนวน 11,400 คันต่อปี ในจำนวนรถยนต์ที่ทำการปรับปรุงจะพบวิทยุติดรถยนต์เสียจำนวน 264 ชิ้น โดยมีการจัดการด้วยการขายให้กับร้านรับซื้อของเก่า 252 ชิ้น และทิ้งไปกับขยะทั่วไปจำนวน 12 ชิ้น สํารวจร้านซ่อมและร้านเครื่องเสียงติดรถยนต์ 10 แห่ง พบว่า มีการปรับปรุง ปรับแต่งเครื่องเสียงรถยนต์จำนวน 4,380 ชิ้นต่อปี โดยมีการจัดการด้วยการคืนให้กับเจ้าของรถยนต์จำนวน 2,520 ชิ้น ขายต่อให้ผู้ต้องการ 660 ชิ้น ทิ้งไปกับขยะทั่วไป 900 ชิ้น และ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า 300 ชิ้น สํารวจร้านรับซื้อของเก่า 10 แห่ง มีการรับซื้อวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วจำนวนมากกว่า 330 ชิ้นต่อปี และเมื่อรวมกับผลสำรวจที่ทางผู้รับ

<http://jeet.siamtechu.net>

ซื้อรถยนต์มือสองและร้านปรับแต่งเครื่องเสียงรถยนต์ให้มาอีก 550 ชิ้น จะมีจำนวนวิทยุติดรถยนต์เสียที่จะมารวมอยู่ที่ร้านรับซื้อของเก่าจะมีจำนวนมากกว่า 880 ชิ้น เมื่อจัดทำผังการไหลของการจัดการวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและวิเคราะห์เปรียบเทียบกับบทบาทหน้าที่ตามกฎหมายที่มีบังคับใช้ในปัจจุบัน และ เมื่อมีการบังคับใช้ร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในแต่ละหน่วยจะต้องมีการปรับตัวและเตรียมความพร้อมเพื่อปฏิบัติให้สอดคล้องกับกฎหมายที่มีการประกาศใช้ตามที่ได้ศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ไว้

คำสำคัญ : ขยะอิเล็กทรอนิกส์, วิทยุติดรถยนต์

Abstract

The Problems in management of electrical and electronic waste products exist all over the world because of the manufacturing and innovating to meet the needs and for the convenience of users. However, in Thailand, there is no law that directly applies to the management of these waste products. The relevant agencies are trying to draw up a legislation to enforce the disposal of these electrical and electronic equipment waste products to reduce the impact of toxic substances contamination to environment and public health. In this research, the management of car radio waste products was studied. Car radio is considered a type of electronic device that may be overlooked because this device is not branded by the manufacturer and is not sold directly to consumers, but rather to car manufacturers that selling cars to consumers. This research was conducted to survey the groups of stakeholders involved in the process of used car radios in Bang Bo District and Bang Sao Thong District, Samut Prakan Province. A survey of 100 car users found that about 25 % of their used cars were resold to used car dealers and 75% of them would keep their old cars for themselves and pass them on to their family members. A survey of 10 used car dealerships found that 11,400 cars were repair for refurbishment per year. Of the cars that were refurbished, 264 car radios were found to be damaged, 252 pieces were sold to antique shop and 12 pieces were disposed as general waste. A survey of 10 repair shops found that there were 4,380 pieces of car audio had been refurbished per year, with 2,520 of them being returned to owners, 660 pieces were sold to the second buyer, 900 pieces were disposed as general waste, and 300 were sold to antique shops. A survey found that 10 antique shops buys more than 330 used car radios per year, with 550 pieces from used car buyers and audio tuning shops, the number of broken car radios that will be included in the antique shop would be more than 880 pieces. From the survey, the material flow analysis for the unused car audio was constructed. The roles and duties of stakeholders in the current legislation were compared to those of the draft of Electrical and Electronic Equipment Waste Management Legislation as a guideline for preparation and adaptation when the draft legislation is enforced.

Keywords: Electronic Waste, Car Audio

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องการบริโภคเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้บริโภคมีการบริโภคผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้เพิ่มมากขึ้น นอกจากสาเหตุที่มาจากความไม่

<http://jeet.siamtechu.net>

จำเป็นที่ต้องใช้อุปกรณ์เหล่านั้นแล้ว การชำรุด การมีเทคโนโลยีใหม่ๆที่มาสริมความสะดวกสบายหรือช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ จึงทำให้ผู้บริโภคมีความต้องการที่จะนำอุปกรณ์ใหม่ๆมาทดแทนอุปกรณ์เดิมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ต้องมีการกำจัดอุปกรณ์ที่ไม่ใช้แล้วเหล่านั้นเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุดังกล่าวหน่วยงานราชการหลายส่วนจึงมีการนำแนวคิดการจัดการซากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาปรับใช้ในประเทศไทยเพื่อเป็นการช่วยในการจัดการกระบวนการซากผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้น

ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ทั้งประเทศพัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนาได้ให้ความสำคัญถึง ผลกระทบดังกล่าวเช่นกัน โดยได้มีการออกกฎหมายเพื่อจัดการใช้สารอันตรายบางประเภทในผลิตภัณฑ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และกฎหมายเฉพาะเพื่อจัดระบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน กว่า 59 ประเทศได้มีการออกกฎหมายดังกล่าวการจัดการซากผลิตภัณฑ์ โดยประเทศในแถบยุโรป ได้แก่ สวีเดนถือเป็นประเทศแรกที่น่าเสนอแนวคิด “หลักการความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้ผลิต” (Extended Producer Responsibility: EPR) (เสนอโดย Thomas Lindhqvist) ต่อมา สหภาพยุโรปได้นำแนวคิดดังกล่าวมาเป็นพื้นฐาน ในการออกระเบียบว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE Directive 2002/96/EC) โดยกำหนดให้ประเทศสมาชิกต้องออกกฎหมายตามแนวทางของระเบียบ WEEE โดยจะต้องจัดให้มีระบบเก็บรวบรวมซากผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ และนำไปจัดการอย่างถูกต้องโดยใช้ เทคโนโลยีที่ดีที่สุดที่มีอยู่ รวมทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้อื้อต่อการถอดแยกชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่หรือการรีไซเคิล โดยมีภาระค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ในความรับผิดชอบของผู้ผลิตและผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์เหล่านั้น

ประเทศไทยได้เห็นความสำคัญของกฎหมายดังกล่าว จึงได้มีการนำกฎหมายนี้มาปรับใช้ในการจัดการซากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศ โดยกรมควบคุมมลพิษและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้มีความร่วมมือกันในการดำเนินการยกร่างยุทธศาสตร์การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เชิงบูรณาการและมีมติเห็นชอบในคราวการประชุมเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2550 เห็นชอบและได้มีการแต่งตั้งคณะอนุกรรมการกำกับติดตามงานตามยุทธศาสตร์การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เชิงบูรณาการ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้มีเพียงอุปกรณ์ที่เห็นและมีชื่อที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดเท่านั้น แต่ยังมีสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้มีชื่อแต่มีการจำหน่ายให้กับผู้ที่นำไปประกอบกับอุปกรณ์อื่นและนำไปจำหน่ายต่อ ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลิตภัณฑ์วิทยุที่ใช้ภายในรถยนต์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษากระบวนการจัดการซากผลิตภัณฑ์วิทยุติตรถยนต์ที่ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับระเบียบการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และซากผลิตภัณฑ์อื่น

2.2 เพื่อวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกระบวนการจัดการซากผลิตภัณฑ์วิทยุติตรถยนต์

3. วิธีการดำเนินการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการจัดการซากวิทยุติตรถยนต์และวิเคราะห์บทบาทหน้าที่ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของการจัดการซากวิทยุติตรถยนต์ตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงการกำจัดขั้นสุดท้ายตามที่กฎหมายบังคับให้อยู่ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับร่าง พรบ.การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นข้อเสนอแนะในการเตรียมตัวสำหรับ

<http://jeet.siamtechu.net>

การเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการบังคับใช้ร่าง พรบ.การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการซากวิทยุติตรถยนต์ได้อย่างถูกต้อง มีรายละเอียดในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 การศึกษาผังการไหลของวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้ว (Material Flow Analysis)

การศึกษาผังการไหลของวิทยุติตรถยนต์ในจ.สมุทรปราการ อ.บางบ่อ และ อ.บางเสาธง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตการจำหน่าย ของบริษัทผู้ผลิตแห่งหนึ่งที่ส่งผลิตภัณฑ์ให้กับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ รวมถึงการนำไปใช้งานและเกิดเป็นของเสียหรือวัสดุไม่ใช้แล้ว โดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2560 – 2563 ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการสำรวจ รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการจัดการวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงผู้กำจัดสุดท้าย โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

- ข้อมูลเชิงสถิติ เช่น จำนวนการผลิตวิทยุติตรถยนต์ของโรงงานที่ทำการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2563 จำนวนวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วที่โรงงานผู้ผลิตส่งกำจัด เป็นต้น

- ร่างกรอบผังการไหลการจัดการวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงผู้กำจัดสุดท้าย

- ออกแบบสอบถามสำหรับผู้ใช้รถยนต์ ร้านจำหน่ายรถมือสอง ร้านรับซ่อมรถยนต์ ร้านขาย-รับซื้อของเก่า

- การกำหนดจำนวนตัวอย่าง

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง หากต้องการข้อมูลจากประชากรทั้งหมดอาจทำให้เสียเวลาและมีค่าใช้จ่ายสูงหรืออาจต้องตัดสินใจภายในเวลาที่จำกัด ในการศึกษานี้จึงเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบการสุ่มแบบมีจุดมุ่งหมาย หรือ การสุ่มแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นการเลือกสุ่มตัวอย่างให้ตรงตามหลักเกณฑ์หรือจุดมุ่งหมายของผู้วิจัย และผู้วิจัยได้เลือกใช้การสุ่มแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) ซึ่งผู้วิจัยสามารถกำหนดหน่วยตัวอย่างขึ้นเอง โดยคำนึงถึงความสะดวกของผู้วิจัยในการรวบรวมข้อมูล

- เก็บข้อมูลแบบสอบถามผู้ใช้รถยนต์ของบริษัทผู้ผลิตวิทยุติตรถยนต์ที่ทำการศึกษา จำนวน 100 คน เพื่อประเมินพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค

- เก็บข้อมูลแบบสอบถามผู้ปรับปรุง ปรับแต่ง รถยนต์และเครื่องเสียงติตรถยนต์ใน จ.สมุทรปราการ อ.บางบ่อ และ อ.บางเสาธง จำนวน 10 แห่ง เพื่อประเมินการจัดการกับวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วของผู้ปรับปรุง ปรับแต่งรถยนต์และเครื่องเสียงติตรถยนต์

- เก็บข้อมูลแบบสอบถามผู้จำหน่ายรถมือสองใน จ.สมุทรปราการ อ.บางบ่อ และ อ.บางเสาธง จำนวน 10 แห่ง เพื่อประเมินการจัดการกับวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วของผู้จำหน่ายรถมือสอง

- เก็บข้อมูลแบบสอบถามผู้รับซื้อ-ขายของเสียไม่ใช้แล้วใน จ.สมุทรปราการ อ.บางบ่อ และ อ.บางเสาธง จำนวน 10 แห่ง เพื่อประเมินการจัดการกับวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วของผู้รับซื้อ-ขายของเสียไม่ใช้แล้ว

- เก็บข้อมูลการจัดการซากรถยนต์หรือรถยนต์ของกลางของหน่วยงานสถานีตำรวจภูธร อ.บางบ่อ และ อ.บางเสาธง โดยวิธีการสัมภาษณ์เพื่อประเมินการจัดการกับวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วในกรณีที่รถนั้นต้องคดีหรือติดค้างอยู่ที่สถานีตำรวจ

- วิเคราะห์และจัดทำผังการไหลของวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้ว (Material Flow Analysis)

3.1.2 วิเคราะห์บทบาทหน้าที่ตามกฎหมายของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากผังการไหลของวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้ว (Material Flow Analysis)

3.1.3 วิเคราะห์บทบาทหน้าที่ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามร่าง พรบ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.1.4 เปรียบเทียบและเสนอแนะข้อดี ข้อเสีย และการเตรียมตัวของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องตามผังการไหลของวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้ว (Material Flow Analysis)

4. ผลการวิจัย

4.1. ผังการไหลของการจัดการวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วที่ทำการศึกษาค้นพบว่าผลิตภัณฑ์วิทยุติตรถยนต์ที่มีการจำหน่ายให้กับผู้ผลิตรถยนต์เพื่อนำไปประกอบเข้ากับอุปกรณ์ในรถยนต์และผู้ผลิตรถยนต์มีการจำหน่ายรถยนต์ต่อให้กับผู้บริโภคนั้นในปี พ.ศ. 2563 มีจำนวนมากกว่า 520,000 คันและจำหน่ายออกนอกประเทศ จำนวน 1,159,000 คัน จากโรงงานที่ทำการศึกษาค้นพบเป็นวิทยุติตรถยนต์เสียจำนวนมากกว่า 21,000 คัน คิด เป็นร้อยละ 1.2 ของยอดการผลิตทั้งหมด และจากผู้ผลิตรายอื่นอีกกว่า 200,000 คันภายในประเทศ และ ผู้ผลิตรถยนต์มีการจำหน่ายรถยนต์ต่อให้กับผู้บริโภคจำนวนมากกว่า 700,000 คัน ในกระบวนการใช้งานรถยนต์ของผู้บริโภคจะมีการจัดการกับรถยนต์เมื่อไม่ใช้แล้วโดยการจำหน่ายให้กับร้านรับซื้อรถมือสองประมาณร้อยละ 25 จากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาค้นพบ 100 คน ที่เหลืออีกร้อยละ 75 จะเก็บรถเก่าไว้ใช้เองและส่งต่อให้คนในครอบครัวใช้ ซึ่งในส่วนนี้การขายต่อให้กับร้านรับซื้อรถยนต์มือสองก่อนจะนำรถยนต์ออกจำหน่ายจะต้องมีการปรับปรุงสภาพรถยนต์ก่อน และจากสมมติฐานการไหลของวิทยุติตรถยนต์เก่าของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยมีการศึกษาโดยการออกแบบสอบถาม ไปยัง ร้านรับซื้อ-จำหน่ายรถยนต์มือสอง จำนวน 10 แห่งพบว่า มีการรับรถยนต์เข้ามาปรับปรุงสภาพเพื่อจำหน่ายต่อจำนวน 11,400 คันต่อปี ในจำนวนรถยนต์ที่ทำการปรับปรุงจะพบวิทยุติตรถยนต์เสียจำนวน 264 คัน โดยมีการจัดการด้วยการขายให้กับร้านรับซื้อของเก่า 252 คัน และ ทิ้งไปกับขยะทั่วไปจำนวน 12 คัน ในส่วนของการใช้รถยนต์ของผู้บริโภคอาจจะพบปัญหาหรือต้องการปรับแต่งเครื่องเสียงของรถยนต์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสอบถามร้านซ่อมและร้านเครื่องเสียงติตรถยนต์เกี่ยวกับการจัดการกับวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้ว พบว่า มีการรับปรับปรุง ปรับแต่งเครื่องเสียงรถยนต์จำนวน 4,380 คันต่อปี โดยมีการจัดการด้วยการคืนให้กับเจ้าของรถยนต์จำนวน 2,520 คัน ขายต่อให้ผู้ต้องการ 660 คัน ทิ้งไปกับขยะทั่วไป 900 คัน และ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า 300 คัน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการสำรวจร้านรับซื้อของเก่าเกี่ยวกับการจัดการกับวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้วที่ซื้อเข้ามาโดยมีจำนวนมากกว่า 330 คัน รวมกับผลสำรวจที่ทางผู้รับซื้อรถยนต์มือสองและร้านปรับแต่งเครื่องเสียงรถยนต์ให้มาอีก 550 คัน จำนวนวิทยุติตรถยนต์เสียที่จะมารวมอยู่ที่ร้านรับซื้อของเก่าจะมีจำนวนมากกว่า 880 คัน โดยทั้งหมดนี้ทางร้านรับซื้อของเก่าจะทำการแยกส่วนประกอบและนำเข้ากระบวนการเพื่อจำหน่ายต่อเป็นขยะแต่ละประเภทต่อไป

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการจัดการวิทยุติตรถยนต์ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละส่วนจะมีการจัดการที่แตกต่างกันไปทั้งถูกต้องและไม่ถูกต้อง โดยในส่วนของการรับซื้อ-ขายรถยนต์มือสอง และ ร้านปรับแต่งเครื่องเสียงรถยนต์จะพบวิทยุติตรถยนต์เสียจำนวน $264 + 4380 = 4644$ คัน มีการทิ้งไปกับขยะทั่วไปถึง 912 คัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 ของของเสียที่พบ ในส่วนนี้ถือเป็นการจัดการที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการและอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของของเสียที่เกิดจากวิทยุติตรถยนต์ไม่ใช้แล้ว และจำนวนวิทยุติตรถยนต์ที่หมุนเวียนอยู่ในวงจรที่อาจจะใช้ได้ หรือใช้ไม่ได้ที่อยู่กับผู้บริโภคในส่วนนี้ยังไม่ชัดเจนว่าการจัดการอย่างไร

4.2. การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการซากผลิตภัณฑ์วิทยุติตรถยนต์

4.2.1 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช่แล้ว พ.ศ.2548 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช่แล้ว พ.ศ.2548 ได้แก่ผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด 4 ส่วน คือ

- 1) ผู้ก่อกำเนิดของเสียหรือผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ (รวมถึงผู้จำหน่ายรถยนต์)
- 2) ผู้ขนส่งของเสียเพื่อนำไปกำจัด-บำบัด
- 3) ผู้รับกำจัด-บำบัดของเสีย
- 4) หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง

โดยมีหลักการและขั้นตอนอันได้แก่ เมื่อผู้ก่อกำเนิดหรือผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ได้มีการทำให้เกิดของเสียขึ้นจากกระบวนการผลิตผู้ก่อกำเนิดหรือผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จะต้องทำการนำของเสียเหล่านั้นไปกำจัด บำบัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและกฎหมายโดยการใช้บริการของผู้รับกำจัด บำบัด ของเสียเหล่านั้นที่ได้รับการอนุญาตจากภาครัฐให้เป็นผู้ที่มีความสามารถในการกำจัดของเสียนั้นๆได้ โดยผู้รับกำจัด บำบัด อาจเป็นผู้ขนส่งของเสียเหล่านั้นเองเพื่อไปทำการกำจัด บำบัด หรืออาจแต่งตั้งตัวแทนเพื่อทำการขนส่งไปให้กับผู้รับกำจัด บำบัดของเสีย ทั้งนี้หากของเสียนั้นเป็นของเสียอันตราย ผู้ก่อกำเนิดหรือผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ ผู้ขนส่ง และผู้รับกำจัด บำบัด จะต้องตกลงทำสัญญาภาระการรับผิดชอบร่วม หรือ กอ.1 ในกรณีหากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตรวจสอบได้ว่าการกำจัด บำบัดของเสียที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามหลักวิชาการและกฎหมาย ทั้ง 3 ส่วนที่เกี่ยวข้องจะต้องรับผิดชอบกับความเสียหายที่เกิดขึ้น ทั้งนี้จากการศึกษาการจัดการซากผลิตภัณฑ์วิทยุติดรถยนต์ของบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งวิทยุติดรถยนต์นี้จัดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งต้องมีการนำไปกำจัด บำบัดอย่างถูกหลักวิชาการเพื่อไม่กระทบกับสิ่งแวดล้อม โดยจากการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2560 – 2563 บริษัทแห่งนี้มีการส่งกำจัดผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กับโรงงานที่รับกำจัดของเสียเหล่านี้โดยทำการขออนุญาตกำจัดผ่านกรมโรงงานอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือ วัสดุไม่ใช่แล้ว พ.ศ.2548 ด้วยรหัส 160304 ซึ่งกรมโรงงานจัดอยู่ในกลุ่มของเสียไม่อันตรายแต่ต้องมีการนำไปกำจัด บำบัดโดยโรงงานที่ได้รับอนุญาตลำดับที่ 106 เท่านั้น ไม่สามารถส่งต่อให้โรงงานที่เป็นโรงงานลำดับที่ 105 เพียงอย่างเดียวได้ เนื่องจากแม้จะจัดอยู่ในกลุ่มของเสียไม่อันตรายแต่ยังต้องมีการจัดการแบบพิเศษมากกว่าการคัดแยก เนื่องจากหากจัดการไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อม และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยสรุปหน้าที่ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียดังกล่าวได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปบทบาทหน้าที่ของผู้ผลิต ผู้ขนส่ง และผู้รับกำจัดวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช่แล้ว

หน้าที่	ผู้ที่เกี่ยวข้อง		
	ผู้ก่อกำเนิด	ผู้ขนส่ง	ผู้รับกำจัดบำบัด
1. การขอขยายระยะเวลาการกักเก็บ และการมีไว้ในครอบครองตามประเภทของโรงงาน (สก.1)	✓		
2. ผู้ควบคุม ดูแลระบบป้องกันสิ่งแวดล้อม	✓		✓
3. การทำแผนป้องกันอุบัติเหตุและเหตุฉุกเฉิน	✓		✓

4. การขออนุญาตนำของเสียออกนอกโรงงาน (สก.2)	✓		
5. ใบกำกับการขนส่งของเสียอันตราย 02 (Manifest 02)	✓	✓	✓
6. การทำสัญญาการรับภาระการรับผิดชอบ (กอ. 1)	✓	✓	✓
7. การแจ้งการขนส่งผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์	✓		✓
8. การส่งรายงานประจำปีภายใน 1 มีนาคม ของปีถัดไป	สก.3	สก.4	สก.5

ในส่วนของหน่วยงานภาครัฐจะมีหน้าที่อนุญาต กำหนด ตรวจสอบกระบวนการจัดการของเสียของผู้ผลิต ขนส่ง และกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นให้ถูกต้องตามหลักกฎหมายและหลักวิชาการ

4.2.2 ผู้บริโภค ร้านรับซื้อ-ขายรถมือสอง ร้านเครื่องเสียงติดรถยนต์ ร้านรับซื้อของเก่า

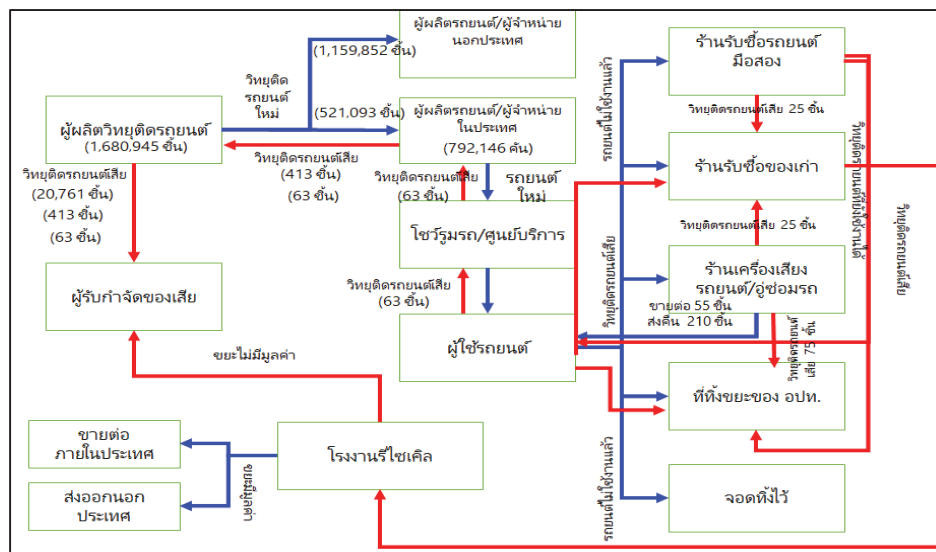
กฎหมายที่จัดการและบังคับใช้อยู่ในปัจจุบันจะกล่าวในลักษณะรวมเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว โดย

1) ผู้บริโภค จะมี พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 กำกับดูแลโดยส่วนงานราชการ มีเนื้อหาสำคัญในการห้ามบุคคลหรือผู้ประกอบการทิ้งของเสีย สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วลงในพื้นที่สาธารณะหรือสถานที่ที่ไม่ใช่สถานที่ที่หน่วยงานราชการหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบจัดเตรียมไว้ให้

2) ร้านรับซื้อ-ขายรถมือสอง ร้านเครื่องเสียงติดรถยนต์ จะมีพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 และ กฎกระทรวงสาธารณสุข เรื่องสุขลักษณะการจัดการมูลฝอยทั่วไป พ.ศ.2560 โดยสาระสำคัญของกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลและวัสดุไม่ใช้แล้วโดยห้ามผู้ประกอบการทิ้งของเสีย สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วลงในพื้นที่สาธารณะหรือสถานที่ที่ไม่ใช่สถานที่ที่หน่วยงานราชการหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบจัดเตรียมไว้ให้

3) ร้านรับซื้อของเก่า จะมีพระราชบัญญัติการควบคุมขายทอดตลาดและค้าของเก่า พ.ศ. 2474 และ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 กำกับดูแลโดยเนื้อหาสำคัญได้แก่ ผู้ซึ่งต้องการประกอบกิจการร้านรับซื้อ-ขายของเก่าต้องทำการขึ้นทะเบียนกับทางหน่วยงานที่รับผิดชอบหรือจะต้องยื่นคำขอรับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นเสียก่อนจึงจะประกอบกิจการได้ในกรณีเป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

โดยกระบวนการต่างๆของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจะถูกควบคุม ตรวจสอบโดยหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบและได้รับมอบหมายตาม พรบ. ต่างๆที่ประกาศใช้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในแต่ละกระบวนการ



รูปที่ 1 ผังการไหลกระบวนการจัดการวิทยุติดรถยนต์ตั้งแต่โรงงานผลิตจนถึงผู้กำจัดสุดท้าย
ภายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2563

4.3 การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามร่าง พรบ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องในการไหลของวิทยุติดรถยนต์สามารถสรุปได้ว่าเมื่อร่าง พรบ. การจัดการซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บังคับใช้ กระบวนการที่จะต้องมีการเพิ่มเข้ามาอย่างชัดเจนได้แก่ การจัดตั้งศูนย์รับคืนซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยในการจัดตั้งนี้ ร่างพรบ. ฉบับนี้ระบุว่า ผู้ที่สามารถดำเนินการจัดตั้งศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องเป็น

- 4.3.1 ดำเนินการโดยหน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่น
- 4.3.2 ดำเนินการจัดตั้งโดยเอกชน
- 4.3.3 ดำเนินการจัดตั้งโดยผู้ผลิตหรือผู้ผลิตร่วมรายอื่น
- 4.3.4 ผู้จัดจำหน่ายเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 4.3.5 บุคคลผู้ซึ่งมีคุณสมบัติตามที่กฎหมายกำหนด

ซึ่งในกระบวนการจัดการกับวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วนี้แนวทางการจัดการที่คาดการณ์ว่าน่าจะเป็นไปได้ มี 5 แบบได้แก่

1) ผู้ผลิตเป็นผู้จัดตั้งศูนย์รับคืนซากวิทยุไม่ใช้แล้วเอง โดยอาจจะร่วมหรือไม่ร่วมกับผู้จำหน่ายก็ได้โดยเมื่อมีการจัดตั้งศูนย์แล้วต้องดำเนินการตามกฎหมายกำหนด โดยการควบคุมดูแลโดยคณะกรรมการจัดการซากฯ และจ่ายเงินเข้ากองทุนการจัดการซากฯในความดูแลของคณะกรรมการการจัดการกองทุน และทำการส่งวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วไปกำจัด บำบัด กับผู้รับกำจัดที่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ

2) บริษัทรับกำจัด บำบัดของเสียที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอย่างถูกต้องอยู่แล้วขอขึ้นทะเบียนเป็นศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถรับคืนซากฯจากส่วนที่มีซากฯ ซึ่งได้แก่ประชาชนทั่วไป ผู้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ร้านเครื่องเสียงติดรถยนต์ที่มีวิทยุติดรถยนต์ที่ไม่ใช้แล้ว เติร์ดมือสองที่มีวิทยุติดรถยนต์ที่ไม่ใช้แล้วหลังการปรับปรุงสภาพและสามารถกำจัดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้นได้โดยไม่ต้องส่งต่อเนื่องจากมีใบอนุญาตสามารถกำจัด บำบัดซากฯเหล่านั้นได้อยู่แล้ว

3) หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่นเป็นผู้จัดตั้งศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดย ทุกส่วนที่มีวิทยุติดรถยนต์ที่ไม่ใช้แล้วสามารถนำวิทยุติดรถยนต์เหล่านั้นไปคืนกับศูนย์ได้ และ หน่วยงานจะเป็นผู้ดำเนินการส่งซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้กับผู้รับกำจัด บำบัด ที่ได้ขึ้นทะเบียนและได้รับอนุญาตแล้ว

4) ร้านรับซื้อของเก่าขอขึ้นทะเบียนเป็นศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเป็นผู้รับกำจัด บำบัด ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยถ้าเป็นแนวทางนี้ตามแผนผังการไหลของวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วจะไม่มีผลกระทบในการจัดการกับซากวิทยุติดรถยนต์ ยกเว้นในส่วนที่มีการทิ้งไปกับขยะทั่วไปต้องนำวิทยุเหล่านั้นมาทิ้งที่ศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ขึ้นทะเบียนถูกต้องและยังสามารถกำจัดซากวิทยุติดรถยนต์และซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เลย

5) ร้านรับซื้อของเก่าขอขึ้นทะเบียนเป็นศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเมื่อรับมาแล้วต้องมีการส่งซากเหล่านั้นให้กับผู้รับกำจัด บำบัด ที่ได้รับอนุญาต โดยถ้าเป็นแนวทางนี้ตามแผนผังการไหลของวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วจะไม่มีผลกระทบในการจัดการกับซากวิทยุติดรถยนต์ ยกเว้นในส่วนที่มีการทิ้งไปกับขยะทั่วไปต้องนำวิทยุเหล่านั้นมาทิ้งที่ศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่นเดียวกับแนวทางที่ 4

อย่างไรก็ตามในทุกแนวทางจะมีส่วนที่ทางผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่จัดการกับวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วที่ทิ้งไปกับขยะทั่วไปจะต้องนำวิทยุเหล่านั้นมาคืนให้กับศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ว่าจะเป็นในแนวทางไหนก็ตาม ซึ่งจะสอดคล้องกับร่าง พรบ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยระบุว่า “ห้ามมิให้ผู้ใดทิ้ง หรือทำลายซากผลิตภัณฑ์ในที่สาธารณะที่รกร้างว่างเปล่าหรือทิ้งปนอยู่กับสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย โดยต้องนำไปคืนที่ศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์” และ ในทุกแนวทางตามร่าง พรบ.ฉบับนี้ระบุว่าผู้ผลิตจะต้องมีการจ่ายเงินเข้ากองทุนการจัดการซากเพื่อใช้ในการบริหารจัดการศูนย์รับคืนซากฯ ทั้งนี้จำนวนเงินที่ต้องจ่ายเข้ากองทุน กฎหมายกำหนดไว้ว่าให้ส่งตามอัตราที่กำหนดในประกาศให้แก่กองทุน โดยให้กรมสรรพสามิตหรือกรมศุลกากรแล้วแต่กรณี มีหน้าที่เรียกเก็บเพื่อกองทุนโดยให้หักเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดเก็บให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่เกินร้อยละ 1.5 ของอัตราค่าบำรุง

ในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีบทบัญญัติในการจัดการซากไว้โดยระบุว่าห้ามมิให้ผู้ใดถอดแยกชิ้นส่วนของซากผลิตภัณฑ์ เว้นแต่กรณีดังต่อไปนี้

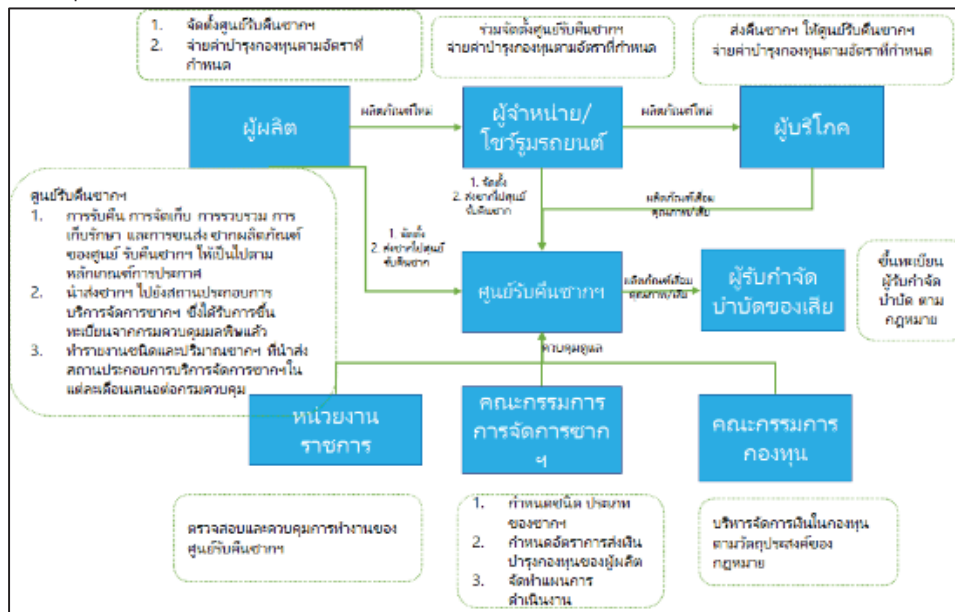
- 1) การถอดและประกอบกลับเข้าตามเดิม
- 2) การซ่อมแซมเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ
- 3) การดำเนินการเพื่อการศึกษา ทดลองและวิจัยโดยหน่วยงานของรัฐหรือสถานศึกษาของรัฐ
- 4) การดำเนินการของโรงงานที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน
- 5) ลักษณะอื่นใดตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

และ ห้ามมิให้ผู้ใดรับคืนจัดเก็บหรือรวบรวมซากผลิตภัณฑ์ เว้นแต่จัดทำโดยศูนย์รับคืนที่ได้จัดตั้งและขึ้นทะเบียนตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดหรือบุคคลหรือหน่วยงานที่มีอำนาจหรือได้รับอนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข ในกรณีที่มีซากผลิตภัณฑ์ปนอยู่กับสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย ที่จัดเก็บให้บุคคลหรือหน่วยงานดังกล่าวทำการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เพื่อนำส่งหรือประสานศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์เพื่อให้มารับคืนซากผลิตภัณฑ์

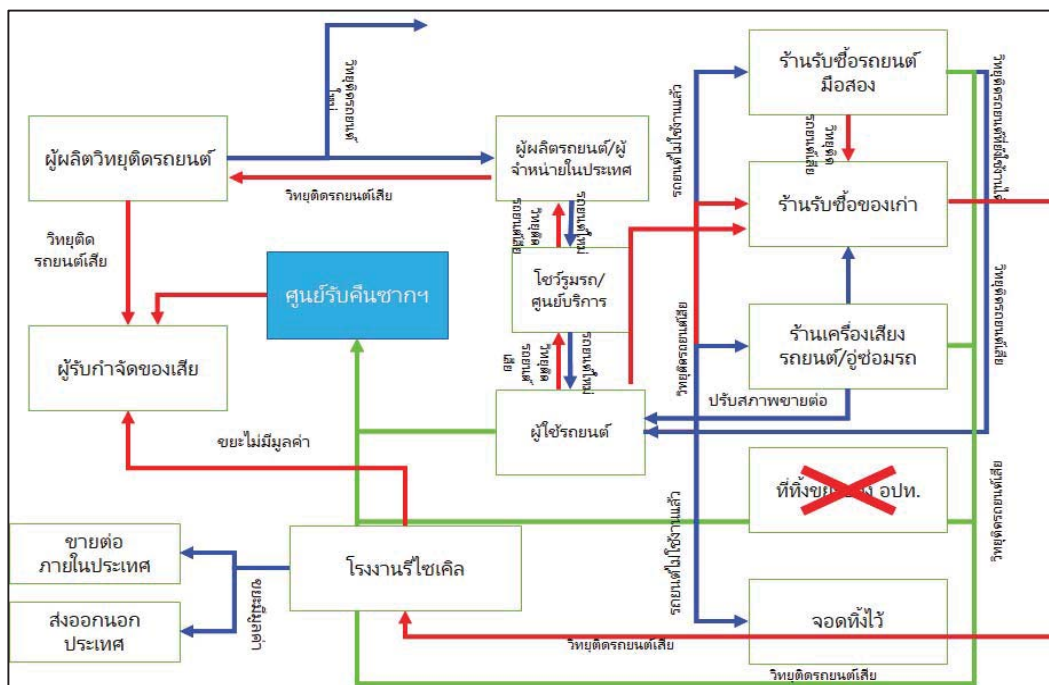
ส่วนสุดท้ายในบทเฉพาะกาลระบุว่า ผู้ใดดำเนินการรับคืน จัดเก็บ และรวบรวมซากผลิตภัณฑ์อยู่ในวันก่อนที่พระราชบัญญัติฉบับนี้ใช้บังคับให้ดำเนินการได้ต่อไป แต่ต้องขอจัดตั้งเป็นศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์ตามพระราชบัญญัตินี้

<http://jeet.siamtechu.net>

ภายใน 90 วันนับแต่วันที่ประกาศเกี่ยวกับหลักเกณฑ์วิธีการและการขึ้นทะเบียนตามร่าง พรบ.การจัดการซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ฉบับนี้ มีผลใช้บังคับใช้



รูปที่ 2 แผนผังการจัดการซากฯผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์และอิเล็กทรอนิกส์ตามร่าง พรบ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3 แสดงผังการไหลการจัดการวิทยุติดรถยนต์ไม่ใช้แล้วเมื่อร่าง พรบ.การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

5. สรุปและการอภิปรายผล

เมื่อเปรียบเทียบกฎหมายที่บังคับใช้อยู่ในปัจจุบันกับร่าง พรบ. การจัดการซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แล้วนั้น ส่วนที่เพิ่มเข้ามาหาก ร่าง พรบ.การจัดการซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีการบังคับใช้นั้น ในส่วนของผู้ผลิตจะได้รับผลกระทบในส่วนการรับผิดชอบต่อซากผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้งานของผู้บริโภค จากกฎหมายฉบับปัจจุบันที่บังคับใช้ผู้ผลิตจะรับผิดชอบการจัดการซากโดยเฉพาะในส่วนที่เกิดจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิตและซากที่เกิดจากการตรวจพบ ตรวจสอบ ของผู้รับซื้อที่นำไปจำหน่ายต่อ โดยจะมีการรับผิดชอบทั้งทางตรงโดยการจัดตั้งศูนย์รับคืนซากและจัดการโดยความควบคุมของคณะกรรมการที่มีอำนาจตามกฎหมาย หรือการรับผิดชอบต่ออ้อม โดยการใช้ศูนย์รับคืนซากที่หน่วยงานที่ได้รับอนุญาตอื่นเป็นผู้จัดตั้ง แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตมีหน้าที่ต้องจ่ายเงินเข้ากองทุนจัดการซาก เพื่อใช้ในการบริหารจัดการศูนย์รับคืนซากที่ถูกจัดตั้งขึ้นไม่ว่าจะด้วยหน่วยงานใดก็ตาม และในส่วนของผู้บริโภคหรือผู้ใช้วิทยุวิทยุในการศึกษานี้ ร้านรับ-ซื้อซากวิทยุวิทยุมือสอง ร้านเครื่องเสียงวิทยุวิทยุมือสอง มีหน้าที่ที่จะต้องส่งซากวิทยุวิทยุวิทยุอิเล็กทรอนิกส์ไม่ใช้แล้วคืนไปยังศูนย์รับคืนซากที่เปิดตามอนุญาตของกฎหมายฉบับนี้ห้ามทิ้งปนไปกับขยะทั่วไปโดยเด็ดขาด เพราะมีความผิดตามบทลงโทษ อีกส่วนคือร้านรับซื้อของเก่า ซึ่งจะได้รับผลกระทบจากการบังคับใช้ได้แก่ หากต้องการที่จะรับซื้อและคัดแยกอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต้องทำการขึ้นทะเบียนเป็นศูนย์รับคืนซากและเป็นผู้รับกำจัด บำบัดซาก ตามระเบียบของร่าง พรบ.ฉบับนี้ และ ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นทันทีเมื่อกฎหมายฉบับนี้มีการบังคับใช้คือ ต้องขอจัดตั้งเป็นศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์ตามพระราชบัญญัตินี้ภายใน 90 วันนับแต่วันที่ประกาศใช้กฎหมาย หากมีการคัดแยกหรือยังมีกระบวนการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] คัดค้านรัฐ ชื่นงศ์อรุณ, ณภัทร ดนัย.(20 เมษายน 2565). ขยะอิเล็กทรอนิกส์เศษซากจากความเจริญรุ่งเรือง.สืบค้นระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://ngthai.com/science/33111/e-waste/>
- [2] OFFICE OF KNOWLEDGE MANAGEMENT AND DEVELOPMENT.(20 เมษายน 2565). E-Waste ปัญหาขยะที่เป็นภาระสิ่งแวดล้อม.สืบค้นระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <https://www.okmd.or.th/okmd-kratooktomkit/4287>
- [3] สายใจ วิทยานุมาส. “การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย” .สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย ฉบับที่ 133.2560.
- [4] สิริลักษณ์ สุนงกฏ. “มาตรการทางกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ : ศึกษากรณีการจัดการซากโทรทัศน์” .นิตยสารตรมหาบัณฑิตสาขากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.2560.
- [5] สุจิตรา วาสนาดำรงดี. “เรียนรู้ความพยายามของสิงคโปร์ในการจัดการขยะอย่างยั่งยืน – จากเตาเผาสู่การลดขยะที่ต้นทาง” .วารสารสิ่งแวดล้อมปีที่ 26 ฉบับที่ 2.2565.
- [6] นิกร ภิญโญ. “การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชน: หลักการและแนวคิดภายใต้มาตรการทางกฎหมายของประเทศไทยและต่างประเทศ” .คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.2563.
- [7] ภัฏญกณิษฐ์ กมลกิตติวงศ์. บุษบา พงกษาพันธุ์รัตน์. “ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการจัดการกรีนซัพพลายเชนในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไทย ; The Critical Factors Affecting Green Supply Chain Management Implementation in Electrical and Electronic Industry in Thailand”.ภาควิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.2558

<http://jeet.siamtechu.net>

- [8] บริษัท ฐานเศรษฐกิจ มัลติมีเดีย จำกัด.16 พฤศจิกายน 2563.กรมศุลกากรนำเข้า-ส่งออกขยะอิเล็กทรอนิกส์และพลาสติกยังสูง.สืบค้นระบบออนไลน์ แหล่งที่มา: <https://www.thansettakij.com/business/289650>
- [9] สำนักงานบริหารนโยบายของนายกรัฐมนตรี.9 กุมภาพันธ์ 2565.แก้ปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ปกป้องสิ่งแวดล้อม-สุขภาพประชาชน.สืบค้นระบบออนไลน์ แหล่งที่มา: <https://www.pmdu.go.th/electronic-waste/>
- [10] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.วารสารณ์ บุญภักดี.3 สิงหาคม 2563.คู่มือประชาชนขยะอิเล็กทรอนิกส์ของเสียที่มาพร้อมเทคโนโลยี.สืบค้นจาก<https://dl.parliament.go.th/handle/lirt/588461>
- [11] ดร.สุจิตรา วาสนาดำรงดี.3 สิงหาคม 2563.ร่างพ.ร.บ. การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ฉบับปรับปรุงแก้ไข): ความหวังหรือความสิ้นหวัง สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.สืบค้นระบบออนไลน์ แหล่งที่มา: <https://thaipublica.org/2015/11/sujittra-e-waste/>
- [12] สุจิตา ฎกทองชนะ. “การศึกษาความตระหนักและแนวปฏิบัติในการเก็บรวบรวมและการคืนซากแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือในประเทศไทย” .วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.2560.
- [13] อภิญา กิจเกิดแสง,สวรยา ธรรมอภิพล. “พฤติกรรมและความรู้ของประชาชนในการจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา ตำบลหัวโพ จังหวัดราชบุรี.ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.2561.

เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก กรณีศึกษา:บริษัท เอ็กซ์เซลเลนท์ ฟู้ด จำกัด

KONJAC PEARL DROPPING MACHINE CASE STUDY: EXCELLENT FOOD CO., LTD.

กันยารัตน์ พูลเพียร

Kanyarat Punpain

Received: November 17, 2022

Revise: June 8, 2023

Accepted: June 10, 2023

อาจารย์สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ, วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

* Corresponding author, Email: kanyarat.pun@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

จากกรณีศึกษาบริษัท เอ็กซ์เซลเลนท์ ฟู้ด จำกัด มีกระบวนการในการผลิตเม็ดบุกไข่มุกเดิมโดยการปั๊มสุบจากถังผสมเพื่อให้ น้ำบุกหยดจากท่อลำเลียง(ท่อพีวีซี) ที่ได้มีการเจาะรูขนาดเท่ากับเม็ดบุกที่ต้องการคือ ขนาดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร แต่แรงดันภายในท่อลำเลียงทำให้เกิดอัตราการหยดไม่เท่ากัน ขนาดของเม็ดบุกไข่มุกจึงต่างกันและทำให้การผลิตล่าช้า จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกเพื่อแก้ปัญหาการผลิต เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้น ประกอบด้วย 2 ชิ้นส่วนใหญ่ ได้แก่ ถังพัก และเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก ผลการทดลอง 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 เป็นการทดลองหัวหยอด ผลการทดสอบได้มีการแก้ไขลักษณะของรูหยอดให้เป็นรูกลมขนาด 3 มิลลิเมตร ขั้นตอนที่ 2 การปั๊มน้ำบุกจากถังพักสู่เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก ผลสามารถปั๊มน้ำบุกจากถังพักสู่เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกได้ทั้งหมด ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบการทำงานทั้งระบบ ผลการทดลองมีจุดรอยต่อระหว่างสายยางส่งต่อน้ำบุกกับหัวกรองน้ำบุกรั่วซึม แก้ไขโดยการไขน็อตยึดระหว่างสายยางกับหัวกรองอีกครั้งให้แน่นขึ้นและใส่ซิลยางบริเวณรอยต่อเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกทำให้สามารถผลิตเม็ดบุกไข่มุกอยู่ที่ 960 กิโลกรัมต่อเวลาการทำงานใน 1 วัน อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น 480 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก; หัวหยอด; ถังเก็บน้ำบุก; หัวกรอง

Abstract

The research objective is to design and build a Konjac pearl dropper. By studying the Konjac pearls sizes in market demand and the Konjac pearls production process from the Excellent Food Company Limited. There is a process to produce the original pearl konjac seed starting from the pump pumping from the mixing tank so that the konjac water drips from the conveying pipe (PVC pipe). Discovered sizes is in market demand which are 3 millimeters. But the pressure inside the conveying pipe causes the drop rate to be uneven. The size of the konjac pearls is different and thus the production is delayed. From the above problem, the researcher has designed and built a

Konjac Pearl Dropper, consisting of mainly 2 parts, namely a hopper and a Konjac Pearl Dropper. Results of the 3-step experiment. The test result, the 1st step, fixed the appearance of the drop hole to be a round hole. The 2nd step, the pumping of konjac water from the tank to the pearl dropper. The result is able to pump all the konjac water from the tank to the pearl dropper. The 3th step, test the whole system. There is a connection point between the hose to deliver the konjac water and the leaking water filter head. Fix it by tightening the fixing nut between the hose and the filter head again and inserting the rubber seal. This makes it possible to produce konjac pearls at 960 kg/working time in 1 day. and the production rate increased by 480%.

Keywords: Pearl pellet dropping machine; drop head; Konjac water tank; filter head

1. บทนำ

ช่วง 2-3 ปีมานี้ คงไม่มีใครที่นิยมไปมากกว่าขนมไข่มุก สะท้อนไปถึงภาพรวมตลาดที่มีมูลค่าราว 2.5-3 พันล้านบาท เติบโตอย่างรวดเร็วถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ตัวเลขนี้มากกว่าตลาดโลกที่มีมูลค่า 6.2 หมื่นล้านบาท เติบโตเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ และคาดว่าจะเติบโตไปเรื่อยๆ จนทะลุ 1 แสนล้านบาท ภายในปี 2023 โดยยืนยันด้วยข้อมูลจาก Grab Food เผยตลาดเครื่องตีขนมไข่มุกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในปี 2561 มียอดขายซื้อเติบโตเพิ่มขึ้น 3,000 เปอร์เซ็นต์ จากแบรนด์ขนมไข่มุกกว่า 1,500 แบรนด์ ที่มีหน้าร้านจำหน่ายรวมกว่า 4,000 สาขา อัตราการบริโภคขนมไข่มุกมากที่สุด เฉลี่ยคนละ 6 แก้วต่อเดือน ตามด้วยชาวฟิลิปปินส์บริโภคขนมไข่มุกเฉลี่ยคนละ 5 แก้วต่อเดือน ชาวมาเลเซีย สิงคโปร์ เวียดนาม และอินโดนีเซีย บริโภคเฉลี่ยคนละ 3 แก้วต่อเดือน และไม่ใช่แค่ Grab Food เท่านั้น LINE MAN และ GET ต่างก็เคยให้ข้อมูลว่า ขนมไข่มุกเป็นเมนูที่คนนิยมสั่งมากที่สุด[1] ความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้วัตถุดิบหลักที่ถูกนำมาเป็นส่วนประกอบของขนมไข่มุกมีความต้องการมากตามไปด้วย โดยเฉพาะไข่มุก ซึ่งไข่มุกที่นิยมเลือกมาทำเป็นวัตถุดิบหลักในร้านขนมไข่มุกมี 2 ประเภท คือ เม็ดไข่มุกที่ทำมาจากแป้ง และเม็ดบุกไข่มุก โดยวัตถุดิบหลักที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ เม็ดบุกไข่มุก วัตถุดิบหลักสำหรับขนมไข่มุก เป็นวัตถุดิบที่ผลิตมาจากบุกหรือกระบุกซึ่งเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง หัวกระบุกสดมีน้ำประมาณ 80-90% ส่วนที่เป็นของแข็ง เป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนส และกลูโคส [2]



รูปที่ 1 ต้นบุกและหัวบุก [2]

จากกรณีศึกษาบริษัท เอ็กซ์เซลเลนท์ ฟู้ด จำกัด มีกระบวนการในการผลิตในปัจจุบันผลิตเม็ดบุกไข่มุกโดยการให้น้ำบุกหยดจากท่อลำเลียงที่ได้มีการเจาะรูขนาดเท่ากับเม็ดบุกที่ต้องการ และเนื่องจากการไหลของน้ำบุกจะไหลผ่านท่อเพียงฝั่งเดียว แรงดันในท่อต้นทางจะมีเยอะกว่าปลายทาง ทำให้อัตราการหยดไม่เท่ากัน ขนาดของเม็ดบุกไข่มุกไม่เท่ากัน ได้มีการแก้ปัญหาเบื้องต้นด้วยการใช้วาล์วลดแรงดันติดตั้งที่รูเจาะมาช่วย ทำให้สามารถคุมขนาดของเม็ดบุกไข่มุกได้แต่อัตราการผลิตกลับลดลง ถ้ามีการเจาะรูเพิ่มนั้นหมายความว่าแต่ละรูเจาะจะต้องมีการติดตั้งวาล์วลดแรงดันทุกรู ด้วยข้อจำกัดด้านความยาวของท่อลำเลียงทำให้รูที่จะสามารถเจาะเพิ่มได้ไม่เกิน 10 รู ดังนั้นอัตราการผลิตที่จะเพิ่มจาก 10 รูเจาะก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ในปัจจุบันโรงงานสามารถผลิตเม็ดบุกไข่มุกได้สูงสุด 200 กิโลกรัมต่อวัน แต่ความต้องการของผลิตภัณฑ์ในหนึ่งวันสูงถึง 1000 กิโลกรัมต่อวัน

จากปัญหาลำต้นผู้วิจัยได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก ร่วมกับบริษัทเอ็กซ์เซลเลนท์ ฟู้ด จำกัด เพื่อแก้ปัญหการผลิตที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกมีหัวสำหรับการหยอดเม็ดบุกทั้งหมด 4 หัวหยอด

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก จำนวน 4 หัวหยอด
2. สามารถหยอดเม็ดบุกไข่มุกได้ 2 ขนาด ได้แก่ 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร
3. หนึ่งหัวหยอดของเครื่องหยอดไข่มุก มีอัตราการผลิต 1000 กิโลกรัมต่อวัน

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

3.1.1 สแตนเลส (Stainless)

สแตนเลส (Stainless) หรือสแตนเลส สตีล (Stainless Steel) ที่ใช้อยู่กันในปัจจุบันนั้น มีมากมายหลากหลายเกรด โดยแบ่งตามมาตรฐาน ISO ซึ่งสแตนเลสที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการใช้ในครัวเรือน (Household) การผลิต และ แปรรูปอาหาร การทำเบเกอรี่ (Bakery) ไปจนถึงอุปกรณ์เวชภัณฑ์ต่าง ๆ ในโรงพยาบาล คือ สแตนเลส 304 (Stainless 304) ซึ่งอยู่ในสแตนเลส ตระกูล ออสเทนนิติก (Austenitic stainless steel) ที่ถือว่าเป็นสแตนเลส มาตรฐาน Food Grade



รูปที่ 2 สแตนเลส (Stainless) [3]

สแตนเลส 304 (Stainless 304) ถูกสร้างขึ้นจาก โลหะ (Metal) โดยมีส่วนผสมหลัก คือ เหล็กกล้า (Fe) 70 – 75%, โครเมียม (Cr) 18 %, นิกเกิล (Ni) 8 %, และยังมีส่วนผสมอื่น ๆ เช่น คาร์บอน (C) และ แมงกานีส (Mn) (เป็นต้น) รวมอยู่ด้วย โดยสแตนเลส 304 (Stainless 304) นั้นมีความแข็งแรงในระดับกลาง แต่ทนต่ออุณหภูมิได้สูงถึง 1400 องศา

เซลเซียส ถือได้ว่าทนต่อความร้อนเป็นอย่างดี โดยการนำไปใช้ประโยชน์นั้น สามารถนำไปใช้งานได้ตั้งแต่ ระดับครัวเรือน (Household) ไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (Industry)[3] ดังนั้นในการสร้างเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกจึงเลือกใช้ สเตนเลส 304 เป็นวัสดุหลักในการสร้าง

3.1.2 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ



รูปที่ 3 เซ็นเซอร์อุณหภูมิชนิดต่างๆ [4]

เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor) มีความแตกต่างกันไปตั้งแต่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแบบธรรมดาไปจนถึงเซมิคอนดักเตอร์ประเภทที่มีความไวสูงซึ่งสามารถควบคุมกระบวนการที่ซับซ้อนได้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทเซ็นเซอร์แบบสัมผัส และประเภทเซ็นเซอร์แบบไม่สัมผัส โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้เซ็นเซอร์แบบไม่สัมผัส[4]

3.1.3 โปรแกรม SolidWorks

โปรแกรมที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก คือ โปรแกรม SolidWorks โปรแกรม SOLIDWORKS เป็นซอฟต์แวร์ออกแบบ 3 มิติ ลิขสิทธิ์แท้สำหรับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ไปจนถึงเครื่องจักรอุตสาหกรรม โดยจุดเด่นของตัวโปรแกรมคือ การใช้งานที่ง่าย ออกแบบได้อย่างแม่นยำ ส่งผลิตได้ทันที พร้อมฟังก์ชันที่ครอบคลุมงานอุตสาหกรรมทุกประเภท



รูปที่ 4 สัญลักษณ์โปรแกรม SolidWorks [5]

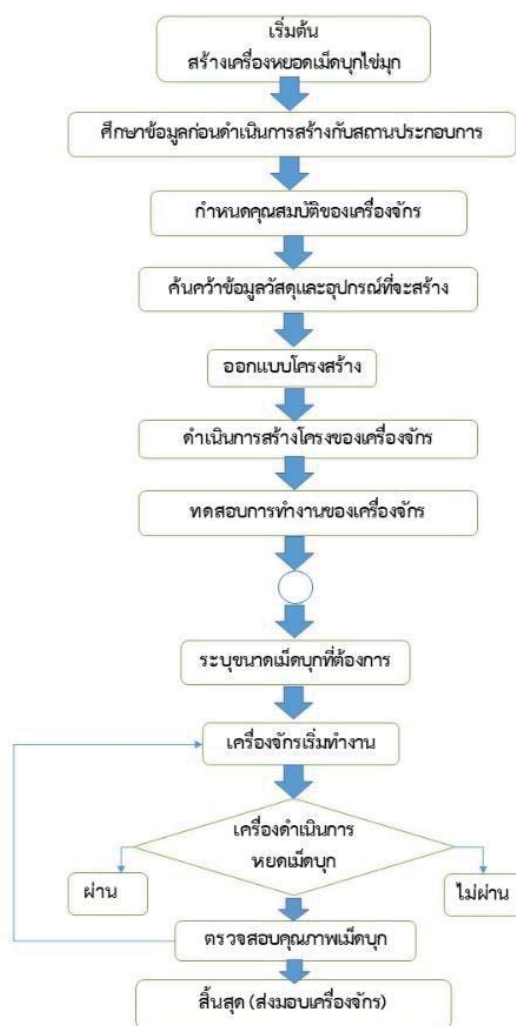
โปรแกรม SolidWorks โดยแบ่งเป็นสามส่วน ประกอบไปด้วย

1. การสร้างชิ้นงานเบื้องต้นหรือ Part ซึ่ง Part จะเป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่จะถูกนำมาประกอบรวมกันกลายเป็นชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนขึ้น และถูกนำไปใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ขึ้นมา

2. การประกอบชิ้นงานหรือ Assembly ชิ้นส่วนย่อยๆ ที่ถูกเรียกว่า Part หลายชิ้นจะถูกนำมาประกอบเป็นชิ้นงานชิ้นเดียวกัน
3. การสร้างภาพเขียนแบบฉาย หรือ Drawing โปรแกรม SolidWorks จะมีความสามารถในการช่วยให้สามารถเขียนแบบภาพฉายได้ง่าย ซึ่งจะสัมพันธ์กับความถูกต้องของการออกแบบ Part และขั้นตอน Assembly ด้วย [5]

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินการสร้างเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก เริ่มต้นจากการศึกษาที่มาของปัญหาจากสถานประกอบการ และทำการกำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของเครื่องจักรที่ทำการสร้าง โดยมีขั้นตอนอย่างละเอียดดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพเม็ดบุกไข่มุก ทำการตรวจสอบทั้งแบบวิธีเก่าและด้วยเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก ใช้น้ำบุก 20 กิโลกรัมในการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบ 2 เงื่อนไข 1. เวลาที่ใช้ในการผลิต จับเวลาตั้งแต่เริ่มทำการผลิตถึงน้ำบุกหมดถึงพักน้ำเพื่อให้อัตราการผลิตต่อ 1 วันทำงาน 2. วัดจำนวนเม็ดบุกไข่มุกที่ไม่ได้มาตรฐานจากปริมาณน้ำหนักของเม็ดบุกไข่มุกที่ไม่ได้ขนาด(3 มิลลิเมตร)

3.3 หลักการในการออกแบบเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

การออกแบบเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ถังพักน้ำบุก ประกอบไปด้วย ถังขนาด 40 ลิตร เครื่องปั้มน้ำ 1 แรง และท่อส่งน้ำบุก ส่วนที่ 1 ทำหน้าที่พักน้ำจากถังผสมขนาดใหญ่ เพื่อสำหรับสูบส่งต่อไปยังเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก โดยถังขนาด 40 ลิตร รับน้ำจากถังผสมขนาดใหญ่ ปั้มน้ำที่ถูกติดตั้งจะสูบน้ำบุกจากถังส่งต่อผ่านท่อส่งน้ำบุกและกระบอกกรอง ก่อนจะไหลเข้าสู่เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

3.4 การกำหนดแบบส่วนประกอบของเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

ส่วนประกอบของเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่

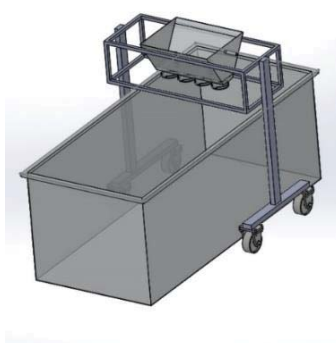
1. ถังพักน้ำบุก



รูปที่ 6 ถังพักน้ำบุก[6]

ถังพักน้ำบุกทำหน้าที่พักน้ำจากถังผสมขนาดใหญ่ ถังพักน้ำบุกมีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ติดตั้งฐานพร้อมล้อเพื่อช่วยในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์และการทำความสะอาดด้านล่างของฐานมีปั้มน้ำ 0.75 กิโลวัตต์ ทำหน้าที่สูบน้ำบุกจากถังพักสู่ถังหยอด

2. เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก



รูปที่ 7 ถังหยอดเม็ดบุกไข่มุก

เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกทำหน้าที่หยอดน้ำบุกลงสู่ถังน้ำสำหรับเม็ดบุกแข็งตัว การหยอดของเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกจะทำการหยอดผ่านหัวหยอดที่ทำการติดตั้งไว้ด้านล่างสุดของเครื่องหยอด หัวหยอดที่ทำการติดตั้งมีทั้งหมด 4 หัวหยอด

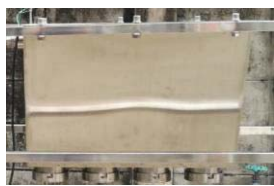
4. ผลการวิจัย

4.1 การประกอบเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปภาพประกอบ
ถังพักน้ำบุกพร้อมฐาน	พักน้ำบุกก่อนทำการหยอด	
หัวกรองน้ำบุก[8]	กรองน้ำบุกให้ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน	

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปภาพประกอบ
ตัวเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก	รับน้ำบุกจากหัวกรองน้ำบุกเพื่อใช้ในการหยอด	
เครื่องปั้มน้ำ ขนาด 0.75 กิโลวัตต์[7]	สูบน้ำจากถังพักน้ำบุกเข้าสู่หัวกรอง	
หัวหยอดเม็ดบุกไข่มุก	หยอดน้ำบุกในรูปทรงที่กำหนด	



รูปที่ 8 เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกเสร็จสมบูรณ์[9]

เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกสภาพสมบูรณ์พร้อมสำหรับการทดสอบก่อนนำไปใช้งาน ถึงพักน้ำบุกพร้อมฐานติดตั้งด้านซ้ายของเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก สายยางอุตสาหกรรมโครงสปริงเชื่อมต่อระหว่างปั้มน้ำและหัวกรองน้ำบุก น้ำบุกถูกปั้มน้ำดูดออกจากถังพักน้ำบุก ส่งต่อไปยังหัวกรองน้ำบุก ตกลงสู่เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก และสุดท้ายผ่านหัวหยอดเม็ดบุกไข่มุกหยดลงน้ำสำหรับไข่มุกแข็งตัว[10]

4.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

การทดสอบการทำงานของเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก มีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง โดยที่ในการทดสอบครั้งที่ 1 เป็นการทดสอบหัวหยอดเม็ดบุกไข่มุก การทดสอบครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องดึงน้ำบุกจากถังพักน้ำบุกไปเครื่องหยอดเม็ดบุก การทดสอบครั้งที่ 3 การทำงานทั้งระบบ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

การทดสอบครั้งที่	ผลการทดสอบ			
	เครื่องจักร		การทำงาน	การแก้ไข
	ทำงาน	ขัดข้อง		
ครั้งที่ 1 ทดสอบหัวหยอดเม็ดบุกไข่มุก (ลักษณะรูหยอดเหมือนฝักบัวอาบน้ำ)		✓	ได้เม็ดบุกไข่มุกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับหยดน้ำ และกลมตามที่ต้องการ ปะปนกันไป	เปลี่ยนแผ่นรูหยอดเป็นรูกลม (ดังแสดงในตารางที่ 1 ขึ้นส่วนหัวหยอดเม็ดบุกไข่มุก)
ครั้งที่ 2 ทดสอบปั้มน้ำบุกจากถังพักน้ำไปเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก	✓		ไม่มีน้ำบุกค้างอยู่ในถังพักน้ำบุก	
ครั้งที่ 3 ทดสอบการทำงานของทั้งระบบ	✓		เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกทำงานได้ปกติ มีเนื้อบุกไหลซึมช่องว่างระหว่างหัวกรองกับสายยาง	ทำการไขน็อตยึดระหว่างสายยางกับหัวกรองอีกครั้งให้แน่นขึ้น และใส่ซิลยางบริเวณรอยต่อ

สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้ ในการทดสอบครั้งที่ 1 เม็ดบุกที่ได้มีลักษณะเป็นรูปหยดน้ำและกลมปะปนกัน ครั้งที่ 2 บั๊มน้ำทำงานได้ปกติ ไม่มีน้ำบุกขังอยู่บริเวณกันถังพัก ครั้งที่ 3 ทดสอบการทำงานทั้งระบบ พบปัญหาน้ำบุกร่วงซึม บริเวณช่องว่างระหว่างหัวกรองกับสายยาง ทำการแก้ไขโดยการยึดน็อตให้แน่นขึ้น และใส่ซีลยางบริเวณรอยต่อ ทดสอบหลังทำการแก้ไข พบว่าไม่มีเนื้อบุกไหลซึม

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการผลิตแบบท่อหยอดเม็ดบุกไข่มุกและเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

รายการ	ท่อหยอดเม็ดบุกไข่มุก	เครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก
1. ที่น้ำบุก 20 กิโลกรัมใช้เวลาทั้งหมด	48 นาที	10 นาที
2. จำนวนของเม็ดบุกไข่มุกไม่ได้มาตรฐาน	0	0.5 %



รูปที่ 9 เม็ดบุกไข่มุกจากเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก

ลักษณะเม็ดบุกที่ได้จะมีรูปทรงกลม และขนาดเท่ากันทุกเม็ดดังในรูปที่ 9 ในตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบการผลิตแบบท่อหยอดเม็ดบุกไข่มุกและเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุก พบว่าในการผลิตน้ำบุก 20 กิโลกรัม จากการผลิตรูปแบบเดิม ท่อพีวีซีใช้เวลาในการผลิต 48 นาที และเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกใช้เวลาในการผลิต 10 นาที และมีจำนวนเม็ดบุกไข่มุกที่ไม่ได้มาตรฐาน 0.5% หรือประมาณ 100 กรัม ซึ่งสาเหตุเกิดจากช่วงท้ายของการผลิต น้ำบุกในเครื่องหยอดเม็ดบุกไข่มุกมีปริมาณน้อย ส่งผลให้น้ำบุกไหลเป็นเส้น ไม่หยดเป็นเม็ดไข่มุก นอกจากนี้ยังสามารถหาอัตราการผลิตต่อ 1 วันทำงานได้ดังนี้ โดยกำหนดให้บริษัทกรณีศึกษาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

1. ท่อหยอดเมล็ดบุกไข่มุก (การผลิตแบบเดิม)

อัตราการผลิตต่อวัน

น้ำบุก	20	กิโลกรัม	ใช้เวลา	48	นาที
เวลาทำงานต่อวัน	8	ชั่วโมง	สามารถผลิตได้	= $(8 \times 60 \times 20)/48$	
				= 200 กิโลกรัม	

2. เครื่องหยอดเมล็ดบุกไข่มุก

อัตราการผลิตต่อวัน

น้ำบุก	20	กิโลกรัม	ใช้เวลา	10	นาที
เวลาทำงานต่อวัน	8	ชั่วโมง	สามารถผลิตได้	= $(8 \times 60 \times 20)/10$	
				= 960 กิโลกรัม	

เพราะฉะนั้นเครื่องหยอดเมล็ดบุกไข่มุกจะสามารถผลิตได้ 960 กิโลกรัมต่อวัน จากปัจจุบันผลิตได้ 200 กิโลกรัมต่อวัน เพิ่มขึ้น 480 เปอร์เซ็นต์ จากรูปแบบการผลิตแบบเดิม

5. สรุปผล

การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดบุกไข่มุก พบว่า เม็ดบุกไข่มุกที่ได้จากการผลิตมีขนาดเม็ดที่สม่ำเสมอสำหรับการผลิตเม็ดบุกไข่มุกขนาด 3 มิลลิเมตร มีเพียงช่วงท้ายของการผลิตเท่านั้นที่จะพบเม็ดบุกไข่มุกมีลักษณะเป็นเส้นแทนเม็ดกลม นอกจากนี้จากการทดสอบผลิตเม็ดบุกไข่มุกจากน้ำบุกปริมาณ 20 กรัม จากรูปแบบการผลิตเดิมคือท่อพีวีซีเจาะรูขนาด 3 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการผลิต 48 นาที และเครื่องหยอดเมล็ดบุกไข่มุกใช้เวลา 10 นาทีในการผลิต เพราะฉะนั้น 1 วันทำงาน (8 ชั่วโมงต่อวัน) เครื่องหยอดเมล็ดบุกไข่มุกมีความสามารถในการผลิตอยู่ที่ 960 กิโลกรัมต่อเวลาการทำงานใน 1 วัน ทำให้อัตราการผลิตเม็ดบุกไข่มุกเพิ่มขึ้น 480 เปอร์เซ็นต์ จากรูปแบบการผลิตแบบเดิม สามารถลดระยะเวลาในการผลิตและแก้ปัญหาการผลิตที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการเม็ดบุกไข่มุกของตลาด

6. ข้อเสนอแนะ

1. ต้องปรับปรุงบริเวณกันถังเป็นลักษณะกรวยเพื่อไม่ให้น้ำบุกตกค้าง
2. ปรับรูหยอดเพื่อป้องกันการหยดเป็นเส้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เอ็กซ์เซลเลนท์ ฟู้ด จำกัด สำหรับข้อมูลในการนำมาสร้างเครื่อง และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ, วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการดำเนินการสร้าง

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] เบญจพลอย โพธิ์พันธ์. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคชาไข่มุก กรณีศึกษาร้าน Tea More. การจัดการธุรกิจและเทคโนโลยีดิจิทัล, 2559, 524-525

- [2] เมตไทย. (01 สิงหาคม 2020).บุก สรรพคุณและประโยชน์ของหัวบุก, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://medthai.com>
- [3] ความรู้เกี่ยวกับสแตนเลส [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.yongthaimetal.com>
- [4] Temperature Sensor Online. 15 September 2020. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.neonics.co.th>
- [5] กอง บก. ปิยะ นากสงค์, กอง บก. อัมรินทร์ เพ็ชรกุล, กอง บก. มณีนุช สมานหนู, กอง บก. มนต์สินี ล่ำ สันเทียะ และกอง บก. กัมพล ชมภูทิพย์, ออกแบบ 3 มิติ ด้านวิศวกรรมและงานช่าง SolidWorks 2018 ฉบับสมบูรณ์, พิมพ์ครั้งที่ 5 ปี, สำนักพิมพ์ชิมพลิฟาย, 2562
- [6] วิรุทธิ์ เจริญวิริยะภาพ, ถึงสแตนเลสที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม, วารสารอาหาร. ปีที่ 37 ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2550) หน้า 109-112
- [7] ศิรดา สมอมหมอบ, กชกร พิมพ์หา และอิสระ มาสิงห์, ระบบปั้มน้ำอัจฉริยะ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2557
- [8] Dr. Sirichai Songsermpong. Filtration. 19 May 2019Dept. of Food Science and Technology Kasetsart University
- [9] ธวัชรัตน์ สัมฤทธิ์, เมธาวิไพศาลพิสุทธิ์, วิรงรอง สุพันธ์, พัชรภรณ์ อินริราย และสุนทรพร ชังไชย, การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่, Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal, vol. 12, pp 12 ,2562
- [10] โรสลีนา ยูโซะ, นูรอินี รีรา, นูรีฮัน บอเนาะ, รอซาลี กายอ, วันชามัน มุซายี, อันวา หะยีบากา, อิบรอเฮง จารง และอาบีดิน ตะแซสาเมาะ, วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้อิทธิพลแรงโน้มถ่วงของโลก, งานวิจัยทุนอุดหนุนงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2557, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

จิตวิทยาทางไซเบอร์เบื้องต้นเพื่อความปลอดภัยทางไซเบอร์

INTRODUCTION TO CYBERPSYCHOLOGY FOR ENHANCING CYBERSECURITY

วารินทร์ แคร่า^{1*}, สุธี จันทรพันธุ์²Varin Khera¹, Suthee Chantrapunth²

Received: March 14, 2023

Revise: June 8, 2023

Accepted: June 9, 2023

^{1*}ผู้ร่วมก่อตั้ง บริษัท คลาวด์เซ็ก เอเชีย จำกัด,²ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท โนวา กรีน พาวเวอร์ ซีเอสเอ็ม จำกัด^{1,2}อาจารย์ประจำสาขาวิชาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์อย่างมืออาชีพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม* Corresponding author, Email: varin.khera@cloudsecasia.com

บทคัดย่อ

อินเทอร์เน็ตได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย และกลายเป็นส่วนประกอบสำคัญของเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ ในปัจจุบันไม่จำเป็นที่จะเป็นการใช้งานส่วนบุคคล การใช้ในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม รวมถึงการประยุกต์ใช้ในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ขณะเดียวกันการใช้อินเทอร์เน็ตได้สร้างผลกระทบทางจิตวิทยาต่อเราเป็นอย่างมาก บทความนี้เป็นการนำเสนอภาพรวมเบื้องต้นเกี่ยวกับจิตวิทยาไซเบอร์และผลกระทบที่มีต่อความปลอดภัยทางไซเบอร์ เนื้อหาเกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจจิตวิทยาไซเบอร์เพื่อลดความเสี่ยงในการถูกโจมตีทางไซเบอร์จากผู้ไม่หวังดี บทความนี้แสดงวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาจิตวิทยาไซเบอร์ ได้แก่ การวิจัยเชิงสำรวจ การวิจัยเชิงการทดลอง และการสังเกต นอกจากนี้ บทความนี้ได้เสนอแนะแนวทางการจัดการจิตวิทยาไซเบอร์เพื่อให้สังคมห่างไกลจากภัยคุกคามทางไซเบอร์ เช่น แนวทางการให้ความรู้ด้านดิจิทัลแก่ผู้ใช้อินเทอร์เน็ต และการพัฒนามาตรการใหม่ ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาการใช้อินเทอร์เน็ต และในตอนท้ายเป็นการแสดงให้เห็นถึงทิศทางในอนาคตของเทคโนโลยีที่มีต่อจิตวิทยาไซเบอร์ และการรับมือ

คำสำคัญ: จิตวิทยาไซเบอร์, จิตวิทยาอินเทอร์เน็ต, ความปลอดภัยทางไซเบอร์, พฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ต

Abstract

The Internet has become an integral part of various technologies and innovations, whether for personal use, business and industrial applications, or energy and the environment. At the same time, the Internet has a significant psychological impact on us. This article provides a basic overview of cyber psychology and its implications for cybersecurity. This article is related to understanding cyber psychology to mitigate the risk of cyberattacks from malicious actors. The article presents various methods and techniques used in studying cyber psychology, such as survey research, experimental research, and observation. Additionally, it suggests strategies for managing cyber psychology to keep society safe from cyber threats, such as digital literacy for internet users and the development of new measures to address internet-related

issues. Lastly, it highlights the future direction of technology's impact on cyber psychology and coping mechanisms.

Keywords: Cyberpsychology, Internet Psychology, Cybersecurity, Online Behavior

1. Introduction

The internet has become an integral part of modern life. We use it for communication, entertainment, and business. According to Statista, approximately 5 billion people, or 63.1%, were active the internet users as of April 2022. Among these, around 4.7 billion or 59 percent of the world's population used social media [1]. The creation and sharing of information and ideas through social media has become a primary form of communication and information exchange [2][3]. Now we have a "technological intimacy" with many devices, carrying and using them wherever we go. This rapid growth of new technologies and an increasingly interconnected world leads to many psychological issues that are unique to the online world [4].

Internet psychology, or so called cyberpsychology, is as an interdisciplinary field that studies the human mind and behavior [5] that is drawn from psychology, sociology, and computer science. It is the psychological processes that covers all aspects and features of technology that interconnected human behavior [6]. Cyberpsychology seeks to understand how the internet and other digital technologies changes the way we think, feel, and behave and how to manage our online behaviors properly, such as understanding internet addiction, online identity, cyberbullying, and online privacy.

1. Internet Addiction: This behavior is concerned with the excessive and inappropriate use of the internet that interferes with daily life. It is a type of behavioral addiction that is similar to gambling addiction and other impulse control disorders [7].

1.2 Online Identity: This behavior is concerned with the way that people present themselves online, including their name, profile picture, and other personal information. It also includes the study of online social networking and the impact of online identity on offline relationships [8].

1.3 Cyberbullying: This behavior is concerned with the use of the internet and other digital technologies to harass, intimidate, or harm others. It includes the study of both the perpetrators and the victims of cyberbullying, as well as the various forms it can take, such as mean comments, spreading rumors, and sharing embarrassing photos [9].

1.4 Online Privacy: This behavior is concerned with the collection, use, and dissemination of personal information online, and the related concerns of confidentiality, security, and consent [10].

2. Cyberpsychology and Cybersecurity

Cybersecurity is the protection against unauthorized access to data centers and other computerized systems, and it is also considered to be within cyberpsychology [11]. Cyberattack, especially social engineering, aims

to exploit its victims by taking specific information or password of their bank accounts. These ordeal experiences can cause long-term negative psychological impacts on these internet users.

On the other hand, cyberattack can be caused by human behaviors. Almost 90% of cyberattacks are caused by behavior or human error. This number corresponds to many studies which confirmed that human errors are still the main cause of many data breaches [12]. For example, exploiting people psychologically to gain sensitive information (e.g., account credentials) remains the primary vehicle used by cybercriminals to gain unauthorized access to IT systems. Many organizations with the best security solutions such as Firewalls, Intrusion Detection Systems, anti-virus, and multi-factor authentication, organizations remain incapable of preventing their employees from becoming victims of social engineering attacks.

Psychologists are now utilizing their understanding of people behavior in cyberspace to develop cultural and behavioral measures to enhance cybersecurity defense for individuals through:

1. Understand how people perceive online risks and what motivates them to become more security conscious. For example, psychologists can identify social situations (e.g., informal conversations such as talking on social media or a casual conversation outside the work) when people tend to reveal sensitive information.

2. Using psychology, patterns of criminal's and other related online malicious activities can be identified and used later by security providers to enhance security solutions to stop cyberattacks before it develops and become a threat.

3. Psychologists can raise public awareness about cybersecurity risks and consequently encourage them to become more privacy-aware by using targeted campaigns through social media networks and other traditional media channels such as TV and newspapers.

3. Methodologies for Studying Cyberpsychology

There are many methodologies to study and understand cyberpsychology, such as perform survey studies, experiments, or observations.

1. Surveys: Surveys are a useful method for studying online behaviors and attitudes in the field of cyberpsychology, and they can provide valuable insights into the ways in which people use and experience the internet. They are a widely used method in cyberpsychology, and they can be administered online or in person. Surveys can be used to collect information about internet use, online behaviors, and attitudes towards the internet [13]. There are several different types of surveys that can be used in cyberpsychology, including:

- 1.1 Self-report surveys: Self-report surveys are a type of survey in which individuals are asked to report on their own behaviors, attitudes, and experiences. This type of survey is commonly used in cyberpsychology to study internet use, online behaviors, and attitudes towards the internet.

- 1.2 Structured Interviews: Structured interviews involve asking a series of predetermined questions to individuals in order to gather information about their behaviors, attitudes, and experiences. This

type of survey can be used in cyberpsychology to study more in-depth topics, such as online identity or cyberbullying.

1.3 Focus Groups: Focus groups involve bringing together a small group of individuals to discuss a specific topic or issue in an open and unstructured way. This type of survey can be useful for gathering qualitative data about online behaviors and attitudes, and it can provide a more nuanced understanding of complex topics.

To conduct a survey in cyberpsychology, researchers need to consider a number of factors, including the research question, the target population, the type of survey being used, and the sampling and data collection methods. It is also important for researchers to ensure that their surveys are well-designed, reliable, and valid in order to obtain accurate and meaningful results.

2. Experiments: Experiments are a useful method for studying the effects of variables on online behaviors in the field of cyberpsychology, and they can provide valuable insights into the ways in which different factors influence online behavior. They are a common method in psychology, and they can be adapted for use in cyberpsychology. For example, an experiment might manipulate the level of anonymity in an online forum to study the effect on social behaviors [14]. There are several different types of experiments that can be used in cyberpsychology, including:

2.1 Laboratory Experiments: Laboratory experiments involve manipulating variables in a controlled environment, such as a laboratory or computer lab, in order to study the effects on online behaviors. This type of experiment allows researchers to control for extraneous variables and to study specific behaviors or phenomena in a more controlled setting.

2.2 Field Experiments: Field experiments involve manipulating variables in a naturalistic setting, such as an online forum or social media platform, in order to study the effects on online behaviors. This type of experiment allows researchers to study online behaviors as they occur naturally, and it can be useful for studying behaviors that are difficult to replicate in a laboratory setting.

2.3 Quasi-experiments: Quasi-experiments involve manipulating variables in a non-randomized way, such as by assigning participants to groups based on their preexisting characteristics. This type of experiment is useful for studying online behaviors in a more realistic setting, and it can provide valuable insights into the ways in which variables interact in the real world.

In order to conduct an experiment in cyberpsychology, researchers need to consider a number of factors, including the research question, the variables being studied, the experimental design, and the data collection and analysis methods. It is also important for researchers to ensure that their experiments are ethical and respectful of the privacy and confidentiality of online users.

3. Observations: Observation studies can be a useful method for understanding and studying online behaviors in the field of cyberpsychology. They are a common method used in the study of cyberpsychology,

and they can be used to study online behaviors in real-time or to analyze the content of online interactions. There are several different types of observation studies that can be used in cyberpsychology, including:

3.1 Naturalistic Observations: Naturalistic observations involve observing online behaviors as they occur in the natural environment, without any manipulation or intervention. This type of observation allows researchers to study online behaviors as they occur naturally, and it can be useful for studying behaviors that are difficult to replicate in a laboratory setting.

3.2 Structured Observations: Structured observations involve observing online behaviors in a more controlled environment, with specific guidelines and protocols in place. This type of observation can be useful for studying specific behaviors or phenomena, and it allows researchers to control for extraneous variables.

3.3 Content Analysis: Content analysis is a type of observation study that involves analyzing the content of online interactions, such as posts, comments, or messages. This type of observation can be used to study the language and communication patterns of online users, as well as the themes and topics that are discussed.

In order to conduct an observation study in cyberpsychology, researchers need to consider a number of factors, including the research question, the population being studied, the type of observation being used, and the data collection and analysis methods. It is also important for researchers to ensure that their observations are ethical and respectful of the privacy and confidentiality of online users.

4. Cyberpsychology Implications for Society

To keep the society safe from cyber perpetrators, this article offers two cyberpsychology implications for dealing with the problems, they are: to provide digital literacy education to society and to develop new interventions to address online problem.

1. Digital Literacy Education: One of the key implications of cyberpsychology for society is the importance of digital literacy education. Digital literacy refers to the skills and knowledge needed to use digital technologies effectively, including the ability to access and evaluate information, communicate with others, and solve problems. Digital literacy is becoming increasingly important in today's digital world, as more and more aspects of our lives are conducted online. This includes everything from banking and shopping to education and entertainment. As such, it is important for individuals to have the necessary digital literacy skills to participate fully in society. There are several ways in which digital literacy education can be promoted, including:

1.1 School-based programs: Many schools now include digital literacy education as part of their curriculum, teaching students how to use technology safely and effectively.

1.2 Community programs: There are also many community-based programs that offer digital literacy education, including libraries, community centers, and non-profit organizations.

1.3 Online resources: There are also many online resources available for individuals to learn about digital literacy, including websites, blogs, and video tutorials.

2. Developing New Interventions to Address Online Problem: Another implication of cyberpsychology for society is the need for new interventions to address online problems, such as internet addiction, cyberbullying, and online privacy. These interventions can take many forms, Counseling and therapy. Counseling and therapy can be an effective intervention for individuals struggling with online problems, such as internet addiction or cyberbullying. These interventions can help individuals develop healthier online

5. Future of Cyberpsychology

The field of cyberpsychology is still in its early stages, and it is rapidly evolving as the internet and other digital technologies continue to transform the way we think, feel, and behave. In the coming years, it is likely that cyberpsychology will continue to grow and expand, as more and more aspects of our lives become digital.

One of the key areas of focus for the future of cyberpsychology will be the impact of artificial intelligence (AI) and machine learning on online behavior [15]. As AI becomes more advanced and sophisticated, it is likely that it will increasingly be used to personalize and tailor online experiences, including the content that we see and the recommendations that we receive. This has the potential to significantly influence our online behaviors and decision-making, and it will be important for cyberpsychologists to understand these impacts and develop strategies to manage them.

Another area of focus for the future of cyberpsychology will be the development of new interventions to address online problems, such as internet addiction, cyberbullying, and online privacy [16]. As the internet becomes increasingly central to our lives, it is likely that the prevalence of these problems will also continue to grow. Cyberpsychologists will need to work with policymakers, educators, and other stakeholders to develop effective interventions to address these issues.

In addition, the future of cyberpsychology will also likely involve the study of new and emerging online behaviors, such as virtual reality (VR) and augmented reality (AR). These technologies have the potential to significantly change the way we interact with the online world, and it will be important for cyberpsychologists to understand their impacts and develop strategies to manage them.

Overall, the future of cyberpsychology is likely to be characterized by continued growth and expansion as the internet and other digital technologies continue to evolve and transform our lives. As such, it will be important for cyberpsychologists to stay current on the latest research and developments in the field in order to effectively understand and manage online behaviors.

6. Conclusion

In conclusion, the field of cyberpsychology is a rapidly growing and evolving field that is concerned with understanding and managing online behaviors. It is an interdisciplinary field that draws from psychology,

sociology, and computer science, and it seeks to understand how the internet and other digital technologies are changing the way we think, feel, and behave.

Over the past few decades, cyberpsychology research has made significant contributions to our understanding of internet addiction, online identity, cyberbullying, and online privacy, among other topics. This research has helped to identify the various factors that contribute to these behaviors, as well as the consequences and impacts on individuals and society.

Looking to the future, it is likely that the field of cyberpsychology will continue to grow and expand, as more and more aspects of our lives become digital. Some of the key areas of focus for future research will include the impact of artificial intelligence and machine learning on online behavior, the development of new interventions to address online problems, and the study of new and emerging online behaviors, such as virtual reality and augmented reality.

Overall, the field of cyberpsychology has much to offer in terms of understanding and managing online behaviors, and it will continue to be an important area of research in the coming years.

7. References

- [1] Statista. (2023). Number of internet and social media users worldwide as of April 2023. Available at: <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/> (Accessed: 30 January 2023).
- [2] Brossard, D., & Scheufele, D. A. (2013). Social science. *Science*, new media, and the public. *Science*, 339 (6115), 40–41. <https://doi.org/10.1126/science.1232329>.
- [3] Smith, A., & Anderson, M. (2018). Social media use 2018: Demographics and statistics. Pew Research Center: Internet, Science & Tech. Available at: <https://www.pewresearch.org/internet/2018/03/01/social-media-use-in-2018/>
- [4] Medical News Today. (2023). Negative effects of technology: What to know. Available at: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/negative-effects-of-technology> (Accessed: 23 February 2023).
- [5] Ayeni, Oyindamola & Madugba, Judith & Sanni, Joseph. (2022). Cyberpsychology, Behavior and Social Networking. 10.13140/RG.2.2.22664.29447.
- [6] Atrill-Smith, A., Fullwood, C., Keep, M., & Kuss, D. J. (Eds.). (2019). The Oxford handbook of cyberpsychology. Oxford University Press. Available at: <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780198812746.001.0001/oxfordhb-9780198812746> (Accessed: 1 February 2023).
- [7] American Psychological Association (APA). (2014). Internet Gaming Disorder. Available at: <https://www.dsm5.org/documents/internet%20gaming%20disorder%20fact%20sheet.pdf> (Accessed: 1 February 2023).
- [8] Ryan, T., & Xenos, S. (2011). Who Uses Facebook? An Investigation into the Relationship between the Big Five, Shyness, Narcissism, Loneliness, and Facebook Usage. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(6), 358-361.

-
- [9] Smith, P. K., Mahdavi, J., Carvalho, M., Fisher, S., Russell, S., & Tippett, N. (2008). Cyberbullying: Its Nature and Impact in Secondary School Pupils. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(4), 376-385.
- [10] Acquisti, A., & Gross, R. (2006). Imagined Communities: Awareness, Information Sharing, and Privacy on the Facebook. In P. Golle & G. Danezis (Eds.), 6th Workshop on Privacy Enhancing Technologies (pp. 36-58). Cambridge, UK: PETS.
- [11] Debb SM. (2021). Keeping the Human in the Loop: Awareness and Recognition of Cybersecurity Within Cyberpsychology. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2021 Sep;24(9):581-583.doi:10.1089/cyber.2021.29225.sde. PMID: 34534015.
- [12] Chief Executive. (2023). Available at: <https://chiefexecutive.net/almost-90-cyber-attacks-caused-human-error-behavior/> (Accessed: 30 January 2023).
- [13] Duggan, M., & Smith, A. (2013). Online Dating & Relationships. Pew Research Center: Internet, Science & Tech. Available at: <http://www.pewinternet.org/2013/10/21/online-dating-relationships/> (Accessed: 5 February 2023).
- [14] Suler, J. (2004). The Online Disinhibition Effect. *Cyberpsychology & Behavior*, 7(3), 321-326.
- [15] Krotoszynski, J. J. (2015). Artificial Intelligence and Human Behavior. *Stanford Law Review*, 68(1), 143-179.
- [16] Salaway, G., Caruso, J. B., & Nelson, M. R. (2015). The MOOC Phenomenon: Who Takes Massive Open Online Courses and Why? *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 16(3), 110-127.

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.

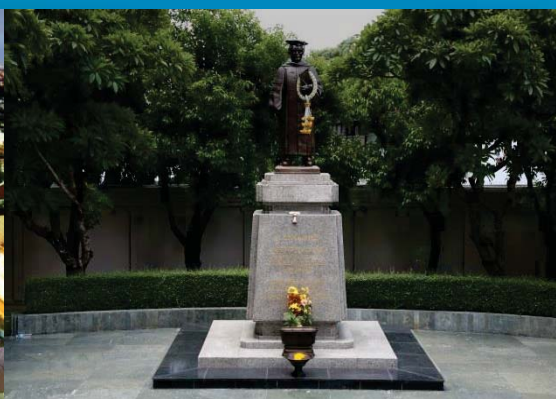
[สื่ออิเล็กทรอนิกส์] ชื่อโฮมเพจ/เว็บไซต์ [อินเทอร์เน็ต]. ชื่อเมืองที่พิมพ์: ชื่อสำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์ [ปรับปรุงเมื่อปี เดือน วันที่; เข้าถึงเมื่อปี เดือน วันที่]. เข้าถึงได้จาก: URL.

เกณฑ์การพิจารณา: บทความจะต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชานั้น 2-3 คน ซึ่งกองบรรณาธิการ อาจให้ผู้เขียนปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และทรงไว้ ซึ่งสิทธิในการตัดสินใจลงพิมพ์หรือไม่ก็ได้

**"บทความที่ลงพิมพ์ เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนต้องรับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากบทความนั้น"**

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Siam Technology College



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