

วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

ปีที่ 2 ฉบับที่ 5 (2024)

กันยายน – ตุลาคม 2567

ISSN 2985 0274 (Print)

ISSN 2985 0282 (Online)



กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University
ปีที่ 2 ฉบับที่ 5 (กันยายน – ตุลาคม 2567)
Vol. 2 No. 5 (September – October 2024)
ISSN 2985-0274 (Print)
ISSN 2985-0282 (Online)

วัตถุประสงค์

จัดทำขึ้นโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) เปิดรับทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และเพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน โดยมีขอบเขตของวารสาร ดังนี้

- วิศวกรรมทั่วไป (General Engineering)
- วิศวกรรมอุตสาหกรรมและวิศวกรรมการผลิต (Industrial and Manufacturing Engineering)
- วิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering)
- เทคโนโลยีสื่อและประยุกต์ใช้ (Media Technology and Application)
- สถาปัตยกรรม (Architecture)

เงื่อนไขการตีพิมพ์

บทความที่ส่งเข้ามายังวารสารจะได้รับการประเมินคุณภาพของผลงานทางวิชาการโดยหัวหน้ากองบรรณาธิการ (Editor in Chief) ถ้าบทความมีคุณภาพที่อาจได้รับการตีพิมพ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการจะมอบหมายให้บรรณาธิการประจำเรื่อง (Section editor) เป็นผู้พิจารณาและดำเนินการส่งบทความให้ผู้ประเมินบทความ (Peer reviewers) ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวนอย่างน้อย 3 ท่าน ซึ่งบทความที่ถูกส่งไปยังผู้ประเมินจะเป็นแบบปกปิดรายชื่อทั้งผู้เขียนบทความ และผู้ประเมิน (Double -Blinded Review) เมื่อผู้ประเมินบทความส่งข้อคิดเห็นมายังบรรณาธิการประจำเรื่อง บทความที่ถูกประเมินจะได้รับการตัดสินใจจากกองบรรณาธิการโดยอาศัยความคิดเห็นของผู้ประเมินเสียงข้างมาก ดังนี้ ยอมรับให้ตีพิมพ์โดยไม่มีการแก้ไข (Accept Submission) บทความมีการแก้ไข (Revisions Required) และ ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ (Decline Submission)

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ จิระพันธ์ ห้วยแสน
รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ สุตสนธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุทธิ์ จันทะรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม
ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
ดร.วิจิตรา โพธิสาร

อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตพงศ์ เสงี่ยมศักดิ์
ดร.สวลี อุดรา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล
รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ปัตติยะ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก
รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมษฐานวัฒน์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.สกุลตลา วรรณปะเข
รองศาสตราจารย์ ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา
รองศาสตราจารย์ ดร.เกตุร ดวงอุปมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหลาหา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศานาถ แก้ววินิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงดาว วัฒนากลาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ แสงฝ่อง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศณุ ชัยจิตวณิชกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กิตติเลิศไพศาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ วิชาผา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มันทนา ทองสุพล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ชุมพล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ สมมูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยณัฐ โตอ่อน

ทีมจัดการบทความและรูปแบบ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ชุมพล
3. ดร.สวลี อุดรา
4. นางสาวนภัทรธิดา พรหมดีราช

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ออกแบบปกวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ เนียมสา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กำหนดการเผยแพร่ :

ปีละ 6 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์

ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน

ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม

ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม

ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน – ธันวาคม

สำนักงาน

กองบรรณาธิการวารสาร "วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"

"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

โทร: 088-574-2199

Email: jeit@ksu.ac.th

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 5 เดือนกันยายน – เดือนตุลาคม ปีพุทธศักราช 2567 จัดทำขึ้นตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์ของการดำเนินงานตามแนวทางการพัฒนาและขับเคลื่อนของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ซึ่งวารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย สนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ และผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเสนอผลงานวิชาการ นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน

ในโอกาสนี้ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งบทความมาลงตีพิมพ์เผยแพร่และขอขอบพระคุณผู้อ่านทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านจะได้รับประโยชน์จากผลงานทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

บรรณาธิการ

สารบัญ (Content)

	หน้า
กองบรรณาธิการ	II
บทบรรณาธิการ	IV
บทความวิชาการ	
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งสำหรับการบริหารจัดการงานภาคเกษตร	1-10
Aloun Thammakot Latdalay Silamay วิจิตรา โพธิสาร ธงชัย เจือจันทร์ และ Thongchalern Xaysongkham	
บทความวิจัย	
การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส	11-22
วัชรพล พาณิชัย อภิชาติ สิงห์สถิต โชคชัย ศรียากุล พิษณุ โพธิ์หล้า สุรศักดิ์ เขตสถาน ทองสุข พามี ชินภัทร ธุระการ กัมปนาท ไชยเพชร และ เกยูร ดวงอุปมา	
การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด	23-33
เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง สมชาย แสงนวล และ ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์	
การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสำหรับเหล็กแผ่น เคลือบสังกะสีด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสามระดับ	34-43
ศุภกิจ เคิกศิริ อามิณห์ หล้าวงศ์ วิษุทธิ์ จันทะรี อุทัย ธารพรศรี ไทยทัศน์ สุดสวนสี และ ปิยณัฐ โตอ่อน	
การคัดแยกคุณภาพของปลาตะเพียนขาวด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึกและแซทบอท สำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่าย	44-51
อัจฉรา ชุมพล สรายุทธ กรวิรัตน์ รณชัย สังหมื่นเม้า นรงค์ วิชาพา ปรีชาดี เบอร์ขุนทด แพรวา สีกาลุน และ ภัทรพล เภาะริต	

บทความวิชาการ (Academic Article)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรุปลงสำหรับการบริหารจัดการงานภาคเกษตร

Aloun Thammakot^{1*}, Latdalay Silamay¹ วิจิตรา โพธิสาร¹ ธงชัย เจือจันทร์¹ และ
Thongchalern Xaysongkham²

¹ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

² ICT Center, Department of Education and Sports, Pakse City, Champasak Province, Lao People's Democratic Republic

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: aloun.th@srru.ac.th, latdalay.si@srru.ac.th, wijittrapo@srru.ac.th โทรศัพท์: 0887235944
(รับบทความ: 23 กันยายน 2567; แก้ไขบทความ: 20 ตุลาคม 2567; ตอรับบทความ: 24 ตุลาคม 2567)

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรุปลงสำหรับการบริหารจัดการงานภาคเกษตรให้สำเร็จ โดยนำเสนอบทบาทเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรุปลงสำหรับการบริหารจัดการงานภาคเกษตรในอดีตและปัจจุบัน รวมไปถึงตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรุปลงในพื้นที่ทางการเกษตรขนาดเล็กในโรงเรียนในประเทศไทยและการทำฟาร์มอัจฉริยะในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งมีบริบทการทำเกษตรกรรมเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรุปลงสำหรับการบริหารจัดการงานภาคเกษตรให้สำเร็จ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริหารจัดการงานภาคเกษตรให้สำเร็จ ได้แก่ นโยบายภาครัฐ บุคลากร งบประมาณ เวลา และสถานที่ โดยเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมพัฒนางานภาคเกษตรสู่นาตคด้วยการบริหารจัดการงานโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อส่งเสริมรายได้ที่มั่นคงของเกษตรกรต่อไป

คำสำคัญ: เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรุปลง การบริหารจัดการงานภาคเกษตร ฟาร์มอัจฉริยะ เกษตรอัจฉริยะ

การอ้างอิงบทความ: Aloun Thammakot, Latdalay Silamay, วิจิตรา โพธิสาร, ธงชัย เจือจันทร์ และ Thongchalern Xaysongkham, "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรุปลงสำหรับการบริหารจัดการงานภาคเกษตร," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 5, หน้า 1-10, 2567.

บทความวิชาการ (Academic Article)

Application of Internet of Thing Technology in Agricultural Management

Aloun Thammakot^{1*}, Latdalay Silamay^{1*}, Wijittra Potisarn^{1*}, Thongchai Chuachan¹ and
Thongchalern Xaysongkham²

¹ Program in Computer Education, Faculty of Sciences and Technology, Surindra Rajabhat University

² ICT Center, Department of Education and Sports, Pakse City, Champasak Province, Lao People's Democratic Republic

* Corresponding Author: aloun.th@sru.ac.th, latdalay.si@sru.ac.th, wijittrapo@sru.ac.th, Tel: 094-3393160

(Received: September 23, 2024; Revised: October 20, 2024; Accepted: October 24, 2024)

Abstract

This academic article examines the implementation of Internet of Things (IoT) technology for effective agricultural management. It outlines the evolving role of IoT in agriculture, from past applications to present practices. The article also provides case studies, such as the use of IoT in small agricultural plots at schools in Thailand and smart farming initiatives in the Lao People's Democratic Republic, both of which share similar rural settings. Additionally, the study analyzes key factors that influence the successful adoption of IoT technology in agriculture, including government policy, workforce capabilities, funding, time allocation, and geographical location. The findings are intended to offer valuable insights for farmers and related organizations to prepare agriculture for the future. It will generate stable income for farmers by using modern technology.

Keywords: Internet of Thing Technology, Agricultural Management, Smart Farm, Smart Agriculture

Please cite this article as: A. Thammakot, L. Silamay, W. Potisarn, T. Chuachan and T. Xaysongkham, "Application of Internet of Thing Technology in Agricultural Management," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 5, pp. 1-10, 2024.

1. บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว การบริหารจัดการทรัพยากรทางธรรมชาติ เช่น แสง สารอาหาร ความชื้น สภาพแวดล้อม เป็นต้น ดังในงานวิจัยของ รัชสสา จันทาศรี และคณะ [1] ที่ได้นำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) มาช่วยในการบริหารจัดการฟาร์มในการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยอัตโนมัติ ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของฟาร์มมากขึ้น และในงานวิจัยของ ชลัญญา สุตา และคณะ [2] ได้นำเทคโนโลยี IoT มาทำการศึกษาและพัฒนาการเลี้ยงปลาในกระชังในระบบน้ำหมุนเวียนทำให้สามารถเลี้ยงปลาในพื้นที่จำกัดและมีน้ำน้อยได้ ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนได้ และในงานวิจัยของ อุมาร บ่อพิมาย และคณะ [3] ได้นำเอาเทคโนโลยี IoT มาช่วยในการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยได้ง่ายในการเพาะปลูกพืชได้ทุกฤดูกาล ลดการระบาดของโรคและแมลงทุกชนิดได้อย่างแม่นยำ และได้ผลผลิตสูงขึ้นตามที่ต้องการ นอกจากนี้เทคโนโลยี IoT ยังช่วยสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น [4-6]

เทคโนโลยี IoT เป็นเทคโนโลยีที่สามารถรวบรวมข้อมูล จัดการ ประมวลผล และกระจายข้อมูลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สามารถตรวจจับข้อมูลด้วยเซนเซอร์ (Sensor) อุปกรณ์สื่อสาร และเครือข่าย รวมไปถึงการประมวลผลข้อมูล โดยการทำงานนี้อาจมีการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) มาใช้ร่วมกับ IoT ซึ่งไม่จำเป็นต้องให้คนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงาน [7]

จะเห็นว่าเทคโนโลยี IoT ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และควบคุมการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามก็ตามพบปัญหาของเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องคือการขาดความเข้าใจของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT มาการบริหารจัดการงานเกษตร ด้วยประสบการณ์ทำงานเกษตรแบบดั้งเดิมเป็นระยะเวลาช้านานซึ่งถ่ายทอดองค์ความรู้ทางการเกษตรจาก

บรรพบุรุษ ทำให้การเปิดรับเทคโนโลยีใหม่เข้ามาจะทำได้ยากจำกัด ดังนั้นในบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งสำหรับการบริหารจัดการงานภาคเกษตรให้สำเร็จโดยนำเสนอบทบาทเทคโนโลยี IoT สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรในอดีตและปัจจุบัน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในพื้นที่ทางการเกษตรขนาดเล็กในโรงเรียนในประเทศไทย การทำฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยี IoT สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรให้สำเร็จ ด้วยหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร นักวิชาการเกษตร และนักวิจัยต่อไปในอนาคต

2. บทบาทเทคโนโลยี IoT สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรในอดีตและปัจจุบัน

การทำเกษตรมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย พืชผักหลากหลายชนิด การจัดการน้ำที่ไม่เพียงพอส่งผลกระทบต่อเกษตรกร ซึ่งในเมื่อก่อนมีปัญหาการขาดแคลนน้ำในภาคเกษตร และได้นำเอาระบบชลประทานทางท่อมาใช้ให้ครอบคลุมพื้นที่เพื่อจัดการน้ำให้เพียงพอ แต่ก็ยังเผชิญกับปัญหาจากภัยธรรมชาติ เช่น ดินโคลน ใม่ กิ่งไม้ มาอุดตันปากท่อน้ำ เนื่องจากในอดีตยังไม่มีระบบเซ็นเซอร์เทคโนโลยีช่วยในการเตือน ทำให้ท่อน้ำแตก สูญเสียน้ำมากโดยไม่ทราบสาเหตุ [8] ปัจจุบันแม้เกษตรกรอินทรีย์จะเป็นที่สนใจและได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง แต่ยังคงพบว่าเกษตรกรบางกลุ่มขาดความรู้ และเทคนิควิชาการที่ทันสมัยในการเพาะปลูกเพื่อลดการใช้สารเคมี การเปลี่ยนไปใช้เกษตรกรอินทรีย์ยังมีการเปรียบเทียบกับเกษตรกรแบบเดิม และรวมไปถึงภัยแล้งที่เพิ่มความรุนแรง ทำให้เกษตรกรบางพื้นที่ขาดน้ำในการเพาะปลูก ซึ่งการเก็บข้อมูลในพื้นที่การเกษตรโดยใช้เทคโนโลยี IoT จะช่วยเก็บข้อมูลระยะยาวและนำมาวิเคราะห์อย่างถูกต้อง ส่งผลให้

บทความวิชาการ (Academic Article)

การผลิตมีความแม่นยำมากขึ้น ลดความเสี่ยงและต้นทุนได้ดี [9]

จะเห็นว่าเทคโนโลยี IoT ได้เข้ามามีบทบาทในการจัดการน้ำอย่างมากในภาคอุตสาหกรรมเกษตร มีการใช้เซ็นเซอร์สำหรับ IoT เพื่อตรวจวัดปริมาณน้ำ ความชื้นในดิน และสภาพอากาศแบบเรียลไทม์ โดยได้มีการใช้ระบบเทคโนโลยีแบบอัจฉริยะ (Smart Farmer) ในการทำการเกษตรเป็นทางเลือกหรือรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อสามารถเป็นตัวแบบ หรือศูนย์การเรียนรู้ การถ่ายทอดเทคนิควิธีการปลูก และการเลี้ยงแบบใหม่ เช่น โรงเรือน ระบบให้น้ำ และอื่น ๆ เป็นต้น โดยการใช้ระบบเทคโนโลยี IoT มาช่วยแก้ไขปัญหาหลัก ๆ คือ การประหยัดพลังงาน การผลิต การลดการใช้แรงงาน การลดเวลาในการผลิตให้สั้นลง การลดการใช้สารเคมี การปลูกได้หลายฤดูกาลและหลากหลายชนิด รวมไปถึงการปลูกพืชปลอดสารพิษ การเพิ่มผลผลิตและมีคุณภาพ [10] นอกจากนี้ยังมีการใช้สำหรับเฝ้าสังเกตข้อมูลและควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต มีการเชื่อมโยงกับระบบการผลิตและการตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรจำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัย ซึ่งการทำเกษตรแบบเดิมนั้นเรานิยมใช้คนทำการเกษตรมากกว่าใช้เทคโนโลยี ดังนั้นในยุคสมัยที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้จำเป็นต้องมีการพัฒนารูปแบบการทำการเกษตรให้ทันสมัยมากขึ้นโดยใช้ระบบ IoT และส่งการผ่านแท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟน ในการให้น้ำและปุ๋ย ปรับอุณหภูมิของดิน และให้แสงสว่าง [11] จะเห็นว่าการปฏิวัติภาคการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการบริหารจัดการน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการผลิตพืชผลทางการเกษตร การนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและจัดการการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้กับเกษตรกร และช่วยให้การเกษตรกรรมมีความยั่งยืน ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [12]

สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรด้วยเทคโนโลยี IoT ได้แก่ ความชื้นในดิน (Soil Moisture) อุณหภูมิ (Temperature) และการควบคุมน้ำ (Water Control) [13-19] และพบว่ามีการใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำ IoT ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เช่น arduino uno R3 [15], NodeMCU ESP8266 [16-18], ESP32 [13, 19] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเซ็นเซอร์ (Sensors) การประมวลผลบนกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) และซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานได้ง่าย จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นว่าในแต่ละประเทศแม้จะมีสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน แต่ด้วยเทคโนโลยี IoT สามารถจัดทำได้ในราคาที่เหมาะสมกับพื้นที่ทางการเกษตร

3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในพื้นที่ทางการเกษตรขนาดเล็กในโรงเรียนในประเทศไทย

การเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชในท้องถื่นสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT สำหรับพื้นที่ทางการเกษตรขนาดเล็กได้ โดยออกแบบและพัฒนาระบบเฝ้าสังเกตข้อมูลและควบคุมการรดน้ำแบบอัตโนมัติผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังพื้นที่สวนเศรษฐกิจพอเพียงของโรงเรียนแดกศิวิทยา บ้านหนองขวาง ตำบลแดก อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์ โดยการสนับสนุนการจัดทำแปลงเกษตรสมุนไพรต้นแบบด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ทั้งนี้แปลงเกษตรสมุนไพรต้นแบบดังกล่าวได้เป็นแหล่งเรียนรู้และถ่ายทอดวิธีการใช้งานเทคโนโลยี IoT ในพื้นที่ตำบลแดกได้ ผลที่เกิดขึ้นพบว่า ชุมชนและนักเรียนในโรงเรียนเห็นความสำคัญของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในทางการเกษตร มีความรู้ความเข้าใจในระบบเทคโนโลยี IoT และประโยชน์ของการใช้งาน การติดตั้งระบบ ดังรูปที่ 1 และการติดตั้ง IoT ในสวนเศรษฐกิจพอเพียงของโรงเรียนแดกศิวิทยา บ้านหนองขวาง ตำบลแดก อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แผงควบคุมพร้อมระบบเฝ้าสังเกตข้อมูลและควบคุมการรดน้ำผ่านอินเทอร์เน็ต
ที่มา: ธงชัย เจือจันทร์ และคณะ [13]



รูปที่ 2 แปลงเกษตรสมุนไพรต้นแบบด้วยระบบเทคโนโลยี IoT
ที่มา: ธงชัย เจือจันทร์ และคณะ [13]

จากรูปที่ 1 และ 2 เมื่อพิจารณางบประมาณในการผลิตอุปกรณ์และติดตั้งจากกรณีศึกษาสวนเศรษฐกิจพอเพียงของโรงเรียนแตลศิริวิทยา จะสามารถแบ่งออกเป็นดังนี้

1. งบประมาณทำอุปกรณ์ IoT เป็นเงินประมาณการ 10,000 บาท รายละเอียดประกอบด้วย 1) ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 2) เซ็นเซอร์ตรวจจับ

ข้อมูล 3) รีเลย์ 2 ช่อง 4) อะแดปเตอร์แปลงไฟ Micro USB (ของแท้) ขนาด 20 วัตต์ 5) สายชาร์จ Micro USB 6) สาย LAN นอกอาคาร 7) สาย Jumper 8) Wireless Access Point 9) Network Switch และ 10) Switching Power Supply

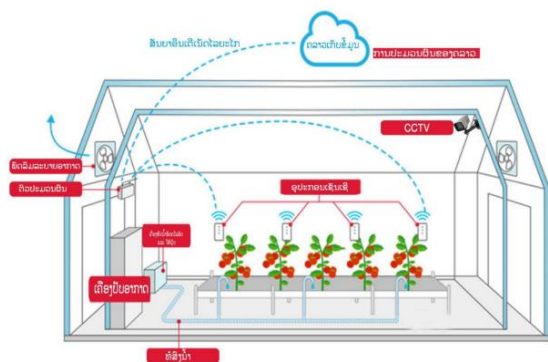
2. งบประมาณติดตั้งเครื่องปั้มน้ำ เติมน้ำ และอุปกรณ์อื่น ๆ เป็นเงิน 20,000 บาท (ขึ้นอยู่กับความต้องการของพื้นที่การเกษตร)

นอกจากนี้ในหน่วยงานภาคเอกชน โดย บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ได้จัดโครงการอัจฉริยะเกษตรสำหรับโรงเรียนในโครงการมูลนิธิสานอนาคตการศึกษา CONNEXT ED ในพื้นที่จังหวัดชัยภูมิ โดยจัดกิจกรรมอบรมให้ความรู้เชิงปฏิบัติการด้าน IoT กับนักเรียน ครู และผู้บริหารโรงเรียนบ้านชีลองเหนือ โรงเรียนบ้านโนนสำราญวิทยา และโรงเรียนบ้านชำมุลนาก จังหวัดชัยภูมิ รวมไปถึงการยกระดับด้วยการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้กับพื้นที่แปลงเกษตร แปลงปลูกผักสวนครัว และโรงเพาะเห็ดในโรงเรียน อันจะนำไปสู่ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farming) ต่อไป [20]

4. การทำฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Thongchalern Xaysongkham [15] ได้จัดทำโครงการฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฟาร์มอัจฉริยะที่เป็นต้นแบบและสามารถถ่ายทอดไปยังชุมชนและเกษตรกรในพื้นที่ได้และเพื่อสร้างความเข้าใจในเทคโนโลยีการเกษตรที่ทันสมัย โดยฟาร์มอัจฉริยะประกอบไปด้วย ระบบตรวจวัดสภาพอากาศ ระบบรดน้ำอัตโนมัติ การควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ ผลการดำเนินงานติดตามได้ที่เพจ <https://www.facebook.com/Lth-103654628743524> และผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบฟาร์มอัจฉริยะ ดังรูปที่ 3

บทความวิชาการ (Academic Article)



รูปที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบโรงเรือน
ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm)

ที่มา: Thongchalern Xaysongkham [14]

จากรูปที่ 3 เป็นการควบคุมและจัดการสภาพแวดล้อมภายในเรือนกระจก ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. พัฒนาระบบอากาศ สำหรับควบคุมอุณหภูมิ และการไหลเวียนของอากาศภายในเรือนกระจก
2. เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้น สำหรับควบคุมการให้น้ำแก่พืชและวัดความชื้นในดิน
3. กล้องซีซีทีวี (CCTV) สำหรับการเฝ้าระวังและติดตามสภาพภายในเรือนกระจก
4. ระบบให้น้ำ เพื่อให้ น้ำกับพืชอย่างมีประสิทธิภาพ
5. การจัดส่งข้อมูลผ่านการประมวลผลแบบคลาวด์

จากผลการดำเนินงานดังกล่าวทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้และผลผลิตมีคุณภาพสามารถลดการใช้แรงงานและอีกทั้งยังประหยัดพลังงานมากขึ้น

5. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยี IoT สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรให้สำเร็จ

แม้ว่าเทคโนโลยี IoT จะมีประโยชน์ต่อการทำการเกษตรมากมาย แต่เกษตรกรหลายคนก็ยังไม่กล้าจะลงทุน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการไม่เข้าใจในระบบ

การทำงานของเทคโนโลยี IoT การขาดงบประมาณที่จะติดตั้งและดูแลระบบ ความไม่เชี่ยวชาญในเทคโนโลยี หรือการขาดที่ปรึกษาในการช่วยสนับสนุนให้คำแนะนำในการใช้งาน ซึ่งก็คือการดูแลตลอดทั้งการติดตั้งและการดูแลหลังการติดตั้ง ดังงานวิจัยของ วรากร อิศรางกูร ณ อยุธยา [21] กล่าวว่า ในการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะในยุคดิจิทัลให้เป็นที่น่าพึงพอใจนั้น จะต้องประกอบไปด้วย การจับต้องได้ (Tangibility) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) การตอบสนอง (Responsiveness) และการประกัน (Assurance) จะเห็นได้ว่า เมื่อมีองค์ประกอบดังกล่าวแล้ว ผู้ใช้งานก็จะมั่นใจการใช้เทคโนโลยี IoT ต่อไป และเมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จ [21] นั้น พบว่า การจัดการความชื้น แสง ปุ๋ย และการไหลของอากาศ มีผลต่อความพึงพอใจของระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรในยุคดิจิทัลด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ

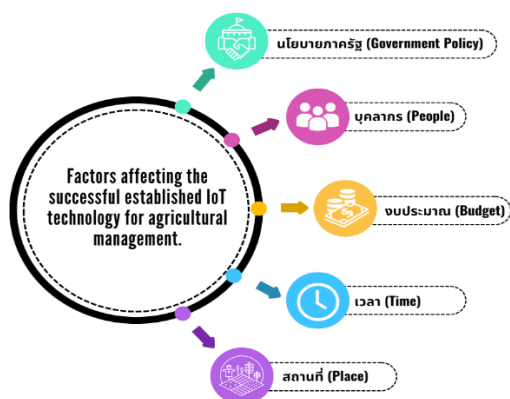
ปริตา ชัยภัทรวงษ์ และ นพดล บุรณนัญ [22] กล่าวว่า การจัดการอุตสาหกรรมเกษตรอัจฉริยะ ขึ้นกับ 1) นโยบายภาครัฐ 2) ปัจจัยการผลิต 3) เทคโนโลยีอัตโนมัติ และ 4) กระบวนการผลิต สำหรับกระบวนการผลิต ขึ้นอยู่กับนโยบายภาครัฐ ปัจจัยการผลิต และเทคโนโลยีอัตโนมัติ สำหรับเทคโนโลยีอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับนโยบายภาครัฐ สำหรับปัจจัยการผลิต ขึ้นอยู่กับนโยบายภาครัฐ จะเห็นได้ว่า นโยบายภาครัฐ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการสนับสนุนการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรด้วยเทคโนโลยี IoT ไม่ว่าจะ เป็นนโยบายการสนับสนุนด้วยบุคลากร เวลา และงบประมาณ เป็นต้น

เอกลักษณ์ กาญจนนิยม [23] กล่าวว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปแบบการเป็น Smart Farming ที่ยั่งยืนในชุมชนเมือง คือ นโยบาย เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม โดยปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้แก่ 1. บุคลากร ที่จะต้องมีความรู้ ความสามารถด้านเกษตรอัจฉริยะ 2. งบประมาณ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพราะอุปกรณ์ IoT จำเป็นต้องจัดซื้อจัดหา 3. การรับรู้เกี่ยวกับ

บทความวิชาการ (Academic Article)

Smart Farming 4. ความตระหนักถึงคุณภาพสินค้า ในส่วนของปัจจัยกระบวนการ จะต้องวางแผนการผลิต เลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม การติดตามและประเมินผล การพัฒนาปรับปรุง ในปัจจัยผลผลิต ควรมุ่งเน้นรายได้ที่เกิดขึ้น ซึ่งการนำเทคโนโลยี IoT จะส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิต ลดรายจ่าย และสร้างรายได้

จากเอกสารที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้างต้น สามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยี IoT สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรให้สำเร็จ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยี IoT สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรให้สำเร็จ

จากรูปที่ 4 สามารถอธิบายดังนี้

1. นโยบายภาครัฐ (Government Policy) โดยได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลผ่านหน่วยงานภาครัฐ ทั้งการให้ความรู้ บุคลากร และงบประมาณ ผ่านโครงการต่าง ๆ

2. บุคลากร (People) ในที่นี้หมายถึงกลุ่มคน 2 ประเภท ได้แก่ ผู้รับประโยชน์ คือ เกษตรกร หรือ ชุมชน จะต้องมีความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงมาใช้งานเทคโนโลยี IoT เพราะจะต้องเรียนรู้และเปิดรับเทคโนโลยีใหม่มาประยุกต์ใช้กับอาชีพการเกษตร และผู้ให้ประโยชน์ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี IoT ที่มีความสามารถในการถ่ายทอดให้กับผู้รับประโยชน์ได้

3. งบประมาณ (Budget) เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยี IoT จะต้องพัฒนาทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) และพีเพิลแวร์ (People ware) งบประมาณจะต้องเพียงพอเพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

4. เวลา (Time) ด้วยการเปลี่ยนแปลงระบบจะต้องใช้เวลาเพื่อให้เกิดผลผลิตที่มีคุณภาพ รวมไปถึงการที่จะสามารถลดต้นทุนการผลิตนั้น จำเป็นจะต้องใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่ง เมื่อเกิดผลผลิตที่ชัดเจนแล้ว จึงจะเกิดการยอมรับเทคโนโลยีขึ้นในที่สุด

5. สถานที่ (Place) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT จะต้องสอดคล้องเหมาะสมกับสถานที่ พื้นบริเวณแคบหรือกว้างก็จะต้องปรับโครงสร้างของระบบให้เหมาะสม รวมไปถึงต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ หรือซอฟต์แวร์ที่ใช้งาน เป็นต้น

นอกจากนี้ในการพัฒนาเทคโนโลยี IoT ในอนาคตยังพบปัจจัยที่สำคัญ คือ การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้ามาใช้งานร่วมกับเทคโนโลยี IoT เช่น การนำ AI มาใช้แทนคน [7] การทำให้ IoT มีความปลอดภัยมากขึ้น [24] และการจัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์จำนวนมากในกรณีที่พื้นที่ทางการเกษตรขยายเป็นวงกว้างมากขึ้น [25] จะเห็นว่าจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยี IoT สำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตรให้สำเร็จ (รูปที่ 4) จึงมีความจำเป็นที่จะดูแลแนวโน้มในอนาคตของการพัฒนา IoT เพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน

6. บทสรุป

กล่าวโดยสรุปบทความนี้จะทำให้เห็นแนวทางในการพัฒนาการเกษตรที่ทันสมัยด้วยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งสำหรับการบริหารจัดการงานภาคการเกษตร ถึงแม้ว่าจะมีการใช้งานเทคโนโลยี IoT มานานแล้ว แต่จะเห็นว่าในภาคการเกษตรในภูมิภาคอาเซียน ทั้งในประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวยังมีความจำเป็นที่จะต้อง

บทความวิชาการ (Academic Article)

พัฒนาระบบการบริหารจัดการการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาครัฐบาลที่จะต้องให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อการเกษตรมากขึ้น อีกทั้งยังต้องเร่งพัฒนาบุคลากรให้พร้อมที่จะรับการเปลี่ยนแปลง มีการสนับสนุนงบประมาณ จัดสรรเวลา และหาสถานที่เหมาะสมในการทำการเกษตรสมัยใหม่ ซึ่งนอกจากจะเพื่อสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรแล้วยังจะสามารถทำเป็นแหล่งเรียนรู้ ถ่ายทอดองค์ความรู้ไปยังกลุ่มคนหรือองค์กรอื่นได้อีกด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] รักษ์สา จันทาศรี, วิรุณ โมนะตระกูล, สุจิตรา ฝาระนัด, และ นามาศ จันทาศรี, "ประสิทธิภาพการผลิตมะระขึ้นกอินทรีย์ ระบบ Smart farming ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ของประเทศไทย," *วารสารเกษตรพระวรุณ*, ปีที่ 19, ฉบับที่ 2, หน้า 51–58, 2565.
- [2] ชลัญญา สุตา, สายัณห์ อุ่นนันทาศ, โดม อุดลย์ สุข, จงกล พรหมยะ, และ จอมสุตา ดวงวงษา, "การเลี้ยงปลาชะโอนระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็ก ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำที่จำกัดของต้นแบบเกษตรอัจฉริยะบนระบบไอโอที (IoT)," *วารสารแก่นเกษตร*, ปีที่ 50, ฉบับที่ 2, หน้า 348–361, 2565.
- [3] อุมาร บ่อพิมาย, นิคม ลนขุนทด, อัสภา วรรณกายนต์, และ เทียงธรรม สิทธิจันทเสน, "ระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์," *วารสารมหาจุฬานาครธรรม์*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 11, หน้า 63–78, 2563.
- [4] X. Luo, S. Zhu, and Z. Song, "Quantifying the income-increasing effect of digital agriculture: Take the new agricultural tools of smartphone as an example," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, no. 4, p. 3127, 2023. doi: 10.3390/ijerph20043127.
- [5] X. Zhang and D. Fan, "Can agricultural digital transformation help farmers increase income? An empirical study based on thousands of farmers in Hubei Province," *Environment, Development and Sustainability*, vol. 26, no. 6, pp. 14405–14431, 2024. doi: 10.1007/s10668-023-03200-5.
- [6] N. B. Kamarul Zaman, W. N. A. Abdul Raof, A. R. Saili, N. N. Aziz, F. A. Fatah, and S. K. N. Vaiappuri, "Adoption of smart farming technology among rice farmers," *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 29, no. 2, pp. 268–275, 2023. doi: 10.37934/araset.29.2.268275.
- [7] A. Sadeghi-Niaraki, "Internet of Thing (IoT) review of review: Bibliometric overview since its foundation," *Future Generation Computer Systems*, vol. 143, pp. 361–377, 2023. doi: 10.1016/j.future.2023.01.016.
- [8] สามารถ สินทร์, สิทธิชัย บุขหมั่น, ประมุข ศรีชัย วงษ์, สมโภช ทองน้ำเที่ยง, และ ชนัญชิดา ของผม, "การพัฒนาระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับความผิดปกติของน้ำในท่อประปาภูเขาด้วยเทคโนโลยี IoT เพื่อการเกษตรและอุปโภคของชุมชนตาตรินทอง จังหวัดชัยภูมิ," *วารสารเกษตรพระวรุณ*, ปีที่ 19, ฉบับที่ 2, หน้า 143–149, 2565. doi: 10.14456/paj.2022.30.
- [9] ไพโรจน์ สมุทรักษ์, อำนาจ สวัสดิ์นะที, และ สายชล ทองคำ, "เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่งอุปกรณ์ดิจิทัลขนาดย่อมสำหรับการเพาะปลูกข้าวแบบเกษตรอินทรีย์,"

บทความวิชาการ (Academic Article)

- วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, หน้า 67–82, 2567.
- [10] สกรณ บุษบง, อมรเพชร ตลับทอง, และ วราวุธ จอสูงเนิน, "การพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยสมองกลฝังตัวผ่าน NETPIE," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 61–72, 2563.
- [11] พรทิพย์ กัญญา, วิจิตรรัตน์ สีสมาน, กฤตนิย เจริญเกาะ, ปณิพัทธ์ สีคำแสน, ปภาณไชย สงคราม, พิพัฒน์ ไกลมณี, และ อุมภาพร บ่อพิมาย, "การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะ," *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 67–82, 2565. doi: 10.14456/journalindus.2022.4.
- [12] สุชาติ ดุมนิล, "การพัฒนาระบบรดน้ำเกษตรอัจฉริยะโดยใช้ Internet of Things," *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 112–126, 2566.
- [13] ธงชัย เจือจันทร์, นพรัตน์ โพธิ์สิงห์, สุวัฒน์ กล้ายทอง, วีรชัย บุญปก, ทวีวัฒน์ มูลจิต, และ อูรา กันพานิชย์, "การออกแบบและพัฒนาระบบเฝ้าสังเกตข้อมูลและควบคุมการรดน้ำอัตโนมัติตามปัจจัยสภาพแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีไอโอที," *สุรินทร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 2565.
- [14] T. X. Xaysongkham, *Smart Farm Transforming the Future of Agriculture through IoT*, Champasak: Department of Education and Sports, Pakse City, 2022.
- [15] M. A. M. Al-Obaidi, M. A. H. Radhi, R. S. Ibrahim, and T. Sutikno, "Technique smart control soil moisture system to watering plant based on IoT with arduino uno," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 9, no. 5, pp. 2038–2044, 2020. doi: 10.11591/eei.v9i5.1896.
- [16] K. Bounnady, P. Sibounnavong, K. Chanthavong, and S. Saypadith, "Smart crop cultivation monitoring system by using IoT," in *2019 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST)*, 2019, pp. 1–3. doi: 10.1109/ICEAST.2019.8802584.
- [17] T. Sutikno, A. Nur Wahyudi, T. Wahono, W. Arsadiando, and H. S. Purnama, "Smart irrigation system using node microcontroller unit ESP8266 and Ubidots cloud platform," *Computer Science and Information Technologies*, vol. 5, no. 2, pp. 168–175, 2024. doi: 10.11591/csit.v5i2.p168-175.
- [18] W. Pratama, A. R. Y. Siregar, and M. Wahyudi, "The design of an automatic soil monitoring and watering system for ornamental plants using microcontrollers based on the Internet of Things (IoT)," *Instal: Jurnal Komputer*, vol. 15, no. 2, pp. 242–250, 2023. doi: 10.54209/jurnalkomputer.v15i02.133.
- [19] H. Y. Tung, A. M. I. Bin Pirman, A. Kiring, L. Barukang, M. Mamat, and S. K. Chung, "IoT-based farming system: Soil moisture and temperature control," in *2023 IEEE International Conference on Applied Electronics and Engineering (ICAEE)*, 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICAEE58583.2023.10331161.
- [20] สำนักข่าวอีไฟแนนซ์ไทย, "พลิกแปลงเกษตรในโรงเรียน สู่ Smart Farming ซีพีเอฟ หนุนใช้

บทความวิชาการ (Academic Article)

- เทคโนโลยี IoT จุดประกายคนรุ่นใหม่,"
[ออนไลน์]. Available:
<https://www.efinancethai.com/LastestNews/LatestNewsMain.aspx?ref=A&id=OkJneU1WHVTS3c9>. [เข้าถึงเมื่อ: 16 ตุลาคม 2567].
- [21] วรารังกู อิศรางกูร ณ อยุธยา, "ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะในยุคดิจิทัล: แนวทางแอปพลิเคชันบนมือถือ," *วารสารวิชาการสังคมศาสตร์เครือข่ายวิจัยประชาชน*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 3, หน้า 20–41, 2566.
- [22] ปรีดา ชัยภัทรวงษ์ และ นพดล บุรณันท์, "ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการอุตสาหกรรมเกษตรอัจฉริยะ จังหวัดอุดรธานี," *วารสารรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 465–482, 2567.
- [23] เอกลักษณ์ กาญจนนิยม, "รูปแบบการเป็น SMART FARMING ที่ยั่งยืนในชุมชนเมือง," *วารสารมหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัยวิทยาเขตร้อยเอ็ด*, ปีที่ 13, ฉบับที่ 1, หน้า 651–663, 2567.
- [24] M. Saied, S. Guirguis, and M. Madbouly, "Review of artificial intelligence for enhancing intrusion detection in the internet of things," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 127, p. 107231, 2024. doi: 10.1016/j.engappai.2023.107231.
- [25] A. A. AlZubi and G. K., "Artificial intelligence and internet of things for sustainable farming and smart agriculture," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 78686–78692, 2023. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3298215.

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส

วัชรพล พานิชย์¹, อภิชาติ สิงห์สถิต¹, โชคชัย ศรียากุล¹, พิษณุ โพธิ์หล้า¹, สุรศักดิ์ เขตสถาน¹, ทองสุข พามิ¹,
ชินภัทร ธุระการ², กัมปนาท ไชยเพชร² และ เกียรติ ดวงอุปมา^{2,*}

¹ วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย ที่อยู่ 231 ม.1 ต.โคกงาม อ.ด่านซ้าย จ.เลย

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความฉบับ: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duanguppama@hotmail.com โทรศัพท์: 093-3272292

(รับบทความ: 22 กันยายน 2567; แก้ไขบทความ: 17 ตุลาคม 2567; ตอรับบทความ: 20 ตุลาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 300 350 และ 400 องศาเซลเซียส ที่ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง จากนั้นทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดียวขนาด 10.5 แรงม้า เพื่อหาสมรรถนะเครื่องยนต์ ผลวิจัย พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ขณะที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุดร้อยละ 49 โดยน้ำหนัก เมื่อวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนสูงสุด 39.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดต่ำ และปริมาณเถ้าต่ำสุดร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไพโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนต่ำสุด 32 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดสูง และปริมาณเถ้าสูงที่สุดร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก หลังการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีแรงม้าเบรกสูงสุด 10.1 แรงม้า และอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกต่ำสุด 1.0 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกลดลง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิสและควรต่อยอดงานวิจัยนี้เพื่อขยายผลสู่การใช้งานจริงต่อไป

คำสำคัญ: น้ำมันเชื้อเพลิง เศษชีวมวล พารา ไพโรไลซิส

การอ้างอิงบทความ: วัชรพล พานิชย์, อภิชาติ สิงห์สถิต, โชคชัย ศรียากุล, พิษณุ โพธิ์หล้า, สุรศักดิ์ เขตสถาน, ทองสุข พามิ, ชินภัทร ธุระการ, กัมปนาท ไชยเพชร และ เกียรติ ดวงอุปมา, "การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 5, หน้า 11-22, 2567.

Production of Fuel from Rubber Dung by Pyrolysis

Watcharapol Phanit¹, Aphichit Singhsathit¹, Chokchai Sirayakul¹, Phitsanu Phothila¹, Surasak Khetsathan¹, Thongsook Phamee¹, Chinnapat Turakarn², Kumpanat Chaiphet² and Keyoon Duanguppama^{2,*}

¹Dan Sai Vocational College, Address: 231 Moo 1, Khok Ngam Subdistrict, Dan Sai District, Loei Province

¹Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duanguppama@hotmail.com, Tel: 093-3272292

(Received: September 22, 2024; Revised: October 17, 2024; Accepted: October 20, 2024)

Abstract

This research focuses on the production of fuel from rubber dung by pyrolysis. The objective is to study the effect of 3 temperature levels, 300, 350 and 400°C, on the yield and properties of fuel. Then, the fuel was tested in a 10.5 HP single-cylinder diesel engine to determine the engine performance. The research results found that the pyrolysis temperature of 300°C had the highest fuel yield of 70 wt%. While the pyrolysis temperature of 400°C had the lowest fuel yield of 49 wt%. When analyzing the properties of the fuel, it was found that the fuel obtained from the pyrolysis temperature of 300°C had the highest heat value of 39.1 MJ/kg. High density, low viscosity and the lowest ash content of 0.6 wt%. While the fuel obtained from the pyrolysis temperature of 400°C has the lowest heating value of 32 MJ/kg, the highest density, high viscosity and the highest ash content of 1.6 wt%. The test of the fuel in the engine found that the fuel at 300°C has the highest brake horsepower of 10.1 HP and the lowest specific brake consumption rate of 1.0 kg/kWh. The fuel at 400°C, the engine has reduced brake horsepower and increased fuel consumption rate. Therefore, it can be concluded that the pyrolysis temperature of 300°C is suitable to produce fuel from rubber dung by pyrolysis. This research should be further developed to expand the results to practical applications.

Keywords: Fuel, Rubber dung, Pyrolysis

Please cite this article as: W. Phanit, A. Singhsathit, C. Sirayakul, P. Phothila, S. Khetsathan, T. Phamee, C. Turakarn, K. Chaiphet and K. Duanguppama, "Production of Fuel from Rubber Dung by Pyrolysis," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 5, pp. 11-22, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

เศษชี้อย่างพารา คือ ยางที่ติดตามรอยกรีด ยางกัน ถ้วย ยางที่ตกตามพื้น ยางติดตามภาชนะบรรจุ ยาง จากบ่อบำบัดน้ำเสีย ยางที่เหลือจากการแปรรูปยาง แผ่นดิบ ยางฟอง ยางแผ่นรมควัน เศษน้ำยางข้น หรือ ยางแท่ง เศษชี้อย่างพารานี้ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ยางแท่งคุณภาพต่ำได้ แต่มีข้อเสีย คือ กลิ่นเหม็น จึงสร้างปัญหามลพิษทางกลิ่นต่อสิ่งแวดล้อมและ ชุมชน หากมีการจัดการเศษชี้อย่างพาราที่เหมาะสม เพื่อลดปัญหาเรื่องกลิ่นจะช่วยลดปัญหาด้าน สิ่งแวดล้อมและชุมชนได้อย่างยั่งยืน การแปรรูปเศษ ชี้อย่างพาราเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิสอาจ เป็นอีกกระบวนการที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าและลดปัญหา ทางกลิ่นต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนได้

การไพโรไลซิส คือ การย่อยสลายอนุภาคด้วยเคมี ความร้อนในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนและมี ระยะเวลาคงอยู่ของไอสั้นด้วยการควบแน่นไอย่าง รวดเร็ว โดยไม่มีการสันดาปภายในระบบจึงไม่ส่งผล กระทบทางกลิ่น [1] เพื่อเป็นของเหลว คือ น้ำมัน เชื้อเพลิง วัตถุดิบสำหรับไพโรไลซิสส่วนใหญ่อยู่ในรูป ของแข็ง เช่นเดียวกับคุณลักษณะของเศษชี้อย่างพารา จึงมีสำหรับการไพโรไลซิส ที่ผ่านมามีการไพโรไลซิส ขยะพลาสติกซึ่งมีลักษณะโครงสร้างคล้ายเศษ ชี้อย่างพารา พบว่า ขยะพลาสติกสามารถแปรรูปเป็น น้ำมันเชื้อเพลิงได้สูงถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก [2] การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีปัจจัย ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิต ดังนี้ อุณหภูมิไพโรไลซิส [3-6] ชนิดขยะพลาสติก [7-9] ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา [5, 9-12] และอุณหภูมิชุดควบแน่น [2] ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

ปี พ.ศ. 2562 Danguppama และคณะ [3] ได้ ไพโรไลซิสพลาสติกพีวีซีในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไธซ์ เบด พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 400 เป็น 600 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมัน เชื้อเพลิงสูงสุทธ้อยู่ที่ 64 โดยน้ำหนัก เมื่อไพโรไลซิส

ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโคโลไมท์และดินขาวเคโอลิน พบว่า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก แต่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อน ไกล่เคียงน้ำมันดีเซล คือ ประมาณ 42 เมกะจูลต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตาม เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย นี้ยังมีจุดด้อย คือ ระหว่างกระบวนการต้องใช้น ไนโตรเจนเป็นแก๊สพาซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับ ระบบการผลิต ต่อมาในปี พ.ศ. 2563 ชินภัทร ธุระการ และคณะ [4] ได้ไพโรไลซิสถุงพลาสติกใน เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่โดยไม่ใช้นโตรเจนเป็น แก๊สพา พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิสระหว่าง 400-600 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณแตกต่างกัน อยู่ในช่วงร้อยละ 48.7-65.7 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์ สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 500 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ปีเดียวกัน กัมปนาท ไชย เพชร และคณะ [7] ได้ไพโรไลซิสขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกพีวีซี พบว่า พลาสติกทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง แตกต่างกันร้อยละ 65.7 62.3 และ 58.6 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2564 เกียรติ ดวงอุปมา และคณะ [8] ได้ทดลองใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกใน เครื่องยนต์แบบสูบเดียวขนาด 12 แรงม้า พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะถุงพลาสติกมีแรงม้าเบรก สูงสุด 11.4 แรงม้า และน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพีวีซีมี แรงม้าเบรก 10.8 แรงม้า และงานวิจัยของ Pannuchaoenwong และคณะ [9] ได้ทดสอบใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในเครื่องยนต์ พบว่า สามารถ ลดมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์ได้มากกว่าร้อยละ 50 ในปี พ.ศ. 2566 Pannuchaoenwong และคณะ [2] ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการลดอุณหภูมิ ไพโรไลซิสเป็น 300 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำมัน เชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียง น้ำมันเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม เมื่อวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีองค์ประกอบใกล้เคียง

บทความวิจัย (Research Article)

กับน้ำมันดีเซล ซึ่งแสดงให้เห็นว่างานวิจัยที่ผ่านมาใช้เครื่องปฏิกรณ์ที่ไม่ใช้แก๊สพาสสามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงได้และสามารถนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ได้ แต่ยังไม่พบรายงานการใช้เครื่องปฏิกรณ์ลักษณะนี้กับเศษขี้ยางพารา

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้ยางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 3 ระดับ คือ 300, 350 และ 400 องศาเซลเซียส ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ในอัตราการป้อนเศษขี้ยางพารา 30 กิโลกรัมต่อการทดลอง เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการ จากนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติ เช่น ค่าความร้อน ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และปริมาณเถ้า นอกจากนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตจะถูกนำไปทดสอบการใช้งานในเครื่องยนต์ เพื่อวิเคราะห์แรงม้าเบรกและอัตราการสิ้นเปลือง

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยเริ่มต้นเตรียมเศษขี้ยางพารา จากนั้นเตรียมหน่วยผลิตและเริ่มผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อได้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติและทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเตรียมเศษขี้ยางพารา

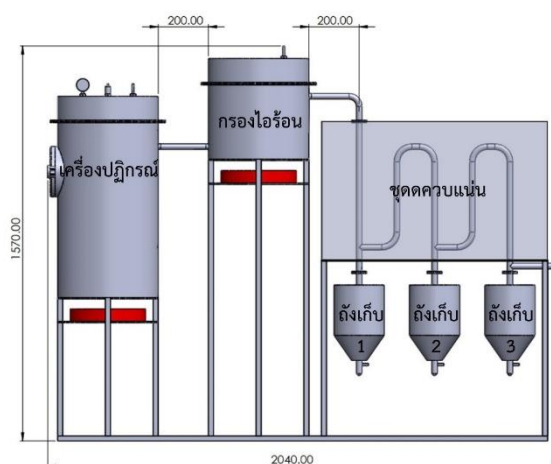
เศษขี้ยางพาราที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ได้จากเศษขี้ยางพาราที่ได้จากการกรีดยางในวิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย จังหวัดเลย เศษขี้ยางพาราจะถูกหั่นให้เป็นชิ้นเล็กขนาด กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1 และเก็บในภาชนะมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนก่อนทดลอง



รูปที่ 1 เศษขี้ยางพาราหั่น

2.2 การผลิตน้ำมันจากเศษขี้ยางพารา

เริ่มต้นการทดลองด้วยการนำเศษขี้ยางพาราที่เตรียมไว้ปริมาณ 30 กิโลกรัม ใส่ในเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นเริ่มให้ความร้อนกับกรองไอร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ด้วยชุดเตาน้ำมันเชื้อเพลิง และควบคุมอุณหภูมิของชุดควบคุมที่ 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิทั้งสองจุดได้ตามค่ากำหนดเริ่มให้ความร้อนกับเครื่องปฏิกรณ์ตามเงื่อนไขการทดลอง คือ 300 350 และ 400 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2 แผนภาพหน่วยผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

บทความวิจัย (Research Article)

หลังจากการทดลองครบ 3 ชั่วโมง ปิดการทำงานของชุดเตาน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์ กรองไอร้อน และหยุดการควบคุมอุณหภูมิของชุดควบแน่น จากนั้นปล่อยให้เครื่องเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง เมื่ออุปกรณ์ความร้อนเย็นตัวลงทำการสมมูลมวลเพื่อหาปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติและทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์



รูปที่ 3 หน่วยผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

2.3 การสมมูลมวล

น้ำมันเชื้อเพลิง คือ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงคำนวณจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากของเหลวที่อยู่ในถังเก็บของชุดควบแน่น ขณะที่ปริมาณผลได้ของแก๊สคำนวณจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของของแข็งในเครื่องปฏิกรณ์ และกรองไอร้อน สำหรับปริมาณผลได้ของแก๊สคำนวณโดยความต่างของปริมาณผลได้ผลิตภัณฑ์

2.4 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

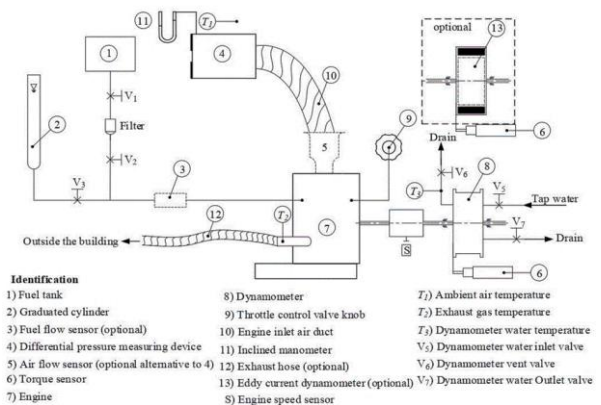
สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และปริมาณเถ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

ลำดับที่	การวิเคราะห์	มาตรฐาน
1	ค่าความร้อน	DIN 51900
2	ความหนาแน่น	ASTM D4052
3	ความหนืด	ASTM D445
4	จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ	ASTM D93
5	เถ้า	DIN EN7

2.5 ทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์

งานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยวที่หูกุโบต้า ขนาด 10.5 แรงม้า ทดสอบที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที โดยรูปที่ 4 แสดงไดอะแกรม และรูปที่ 5 คือ ชุดทดสอบสมรรถนะ



รูปที่ 4 ไดอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยว [9]

ซึ่งมีสมการคำนวณ ดังนี้

1. กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (engine brake power)

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \quad (1)$$

เมื่อ P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (วัตต์)
 T = แรงบิด (นิวตันเมตร)
 n = รอบของเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)

บทความวิจัย (Research Article)

2. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (fuel Combustion)

$$Q_{mf} = Q_{vf} \rho_f \quad (2)$$

เมื่อ Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
(กิโลกรัมต่อวินาที)

Q_{vf} = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง
(ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ρ_f = ความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง
(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

3. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ
เบรก (brake specific fuel consumption)

$$B_{sfc} = \frac{3600 Q_{mf}}{P} \quad (3)$$

เมื่อ B_{sfc} = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
จำเพาะเบรก
(กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (กิโลวัตต์)

Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
(กิโลกรัมต่อวินาที)



รูปที่ 5 ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล
แบบสูบเดียว [13]

2.6 การวิเคราะห์แก๊สไอเสียของเครื่องยนต์

งานวิจัยนี้วิเคราะห์การปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ด้วยเครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสียรถยนต์ยี่ห้อ CAPELEC รุ่น CAP-3201-GO มีรายละเอียดดังนี้

- แสดงค่า HC 0-20000 PPM
- แสดงค่า CO ร้อยละ 0-5 โดยปริมาตร
- แสดง CO ที่ถูกต้อง: ร้อยละ 0-10 โดยปริมาตร
- แสดงค่า NOX ตั้งแต่ 0-5,000 PPM
- แสดงความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 0-9999

รอบต่อนาที

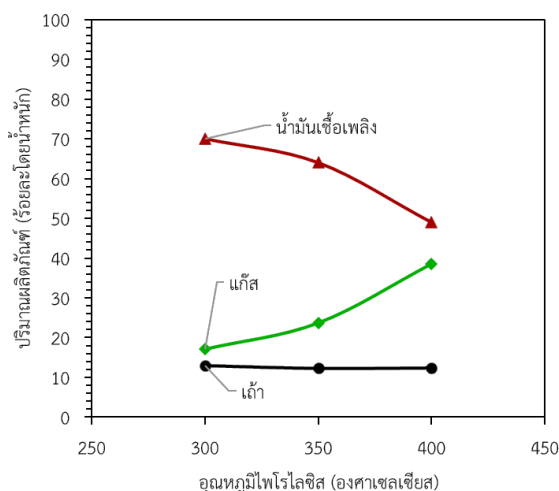
- ความดันบรรยากาศตั้งแต่ 750-1150 มิลลิบาร์
- ตอบสนองต่อการวัดภายใน 5 วินาที
- ได้รับการรับรอง OIML R99 คลาส 0, ISO-3930 และ BAR97

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลของอุณหภูมิไพลซิสต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่มีกำลังการป้อนวัตถุดิบต่อครั้ง 30 กิโลกรัม โดยผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิกรองไอร้อน 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิชุดควบแน่น 30 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการผลิต 3 ชั่วโมง ผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิไพลซิสที่แตกต่างกันระหว่าง 300 ถึง 400 องศาเซลเซียส ในรูปที่ 6 มีปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างชัดเจน

อุณหภูมิไพลซิส 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก เท่ากับปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไพลซิสขยะพลาสติก [2] เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไพลซิสขึ้นเป็น 350 และ 400 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงอย่างต่อเนื่องเป็นร้อยละ 64 และ 49 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ นั้นเป็นเพราะว่าอุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณผลได้ของแก๊สเพิ่มขึ้น ซึ่งรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของแก๊สเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 17 เป็น 38 โดยน้ำหนัก การเพิ่มขึ้นของแก๊สเป็นผลมาจากความดันภายในระบบเพิ่มขึ้นจึงไม่สามารถควบแน่นไอล์ได้สมบูรณ์ ชุดควบแน่นจึงไม่สามารถควบแน่นไอล์ให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดเป็นแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอล์ เนื่องจากไอล์ที่ได้ในแต่ละการทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 6 ผลของอุณหภูมิไพลซิสต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

3.2 ผลของอุณหภูมิไพลซิสต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไพลซิสที่แตกต่างกันส่งผลให้สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิไพลซิส 300 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนสูงสุด 39.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่ออุณหภูมิไพลซิสเพิ่มขึ้นเป็น 350 และ 400 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 33.3 เป็น 32 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นั้นเป็นเพราะว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไพลซิสที่อุณหภูมิสูงมีปริมาณไอล์สูง โดยตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิไพลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณไอล์ในน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 0.6 เป็น 1.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งไอล์นี้เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ดังนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณไอล์สูงจึงมีค่าความร้อนต่ำ อีกทั้งไอล์ยังอาจสร้างปัญหาอุดตันต่อระบบทางเดินของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน จึงควรเลือกน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณไอล์ต่ำเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

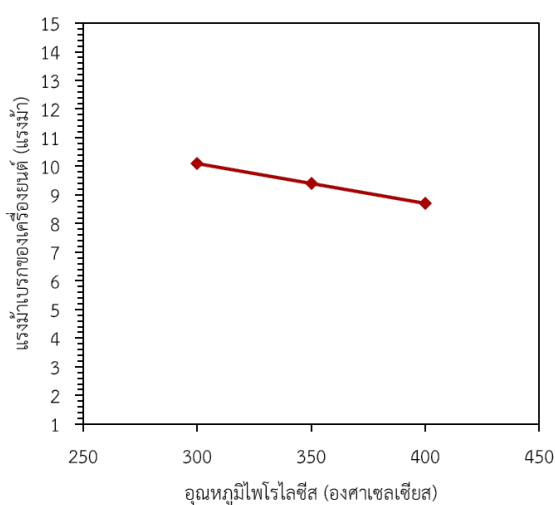
สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง	อุณหภูมิไฟโรไลซิส (องศาเซลเซียส)		
	300	350	400
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	39.1±0.7	33.3±0.5	32.0±0.8
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร)	835.3±2.7	824.6±3.4	800.1±2.5
ความหนืด (เซนติสตรกส์)	1.3±0.4	1.6±0.2	2.4±0.2
จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ (องศาเซลเซียส)	25±0.6	25±0.4	25±0.5
ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.6±0.3	1.0±0.2	1.6±0.3

ความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงในตารางที่ 2 จะเห็นว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 835.3 เป็น 800.1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่นที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีส่วนผสมของของแข็ง [9] ซึ่งตารางที่ 2 จะสังเกตได้ว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูงมีปริมาณเถ้าต่ำ ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นต่ำมีปริมาณเถ้าสูง เถ้าที่อยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงยังส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น [10] โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก มีความหนืด 1.3 เซนติสตรกส์ ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้าร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก มีความหนืด 2.4 เซนติสตรกส์ อย่างไรก็ตาม น้ำมันเชื้อเพลิงได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิแตกต่างกันก็สามารถติดไฟได้เหมือนกัน เพราะผลการทดลอง พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสเศษชียางพาราที่อุณหภูมิ 300 ถึง 400 องศาเซลเซียสติดไฟได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

จึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณเถ้าในน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการผลิตมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลง และค่าความร้อนลดลง

3.3 ผลการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชียางพาราในเครื่องยนต์

การทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จะใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตร้อยละ 100 ในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยวขนาด 10.5 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ผลการทดสอบในรูปที่ 7 พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 10.1 แรงม้า ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุด 8.7 แรงม้า แรงม้าเบรกของเครื่องยนต์ที่ลดลงเป็นผลมาจากค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง [8] ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงกว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส

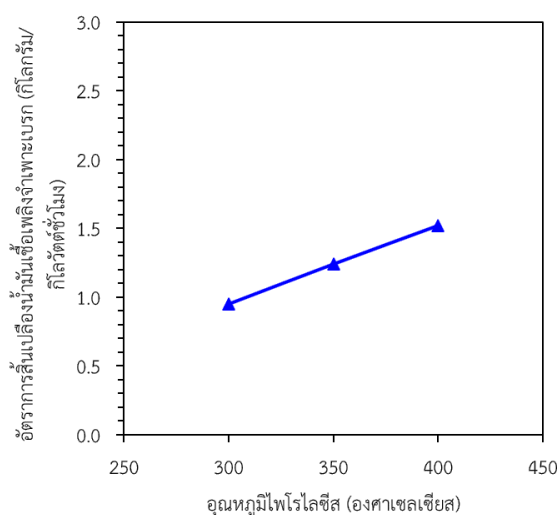


รูปที่ 7 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่อแรงม้าเบรกเครื่องยนต์

น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูง [9] ดังนั้นรูปที่ 8 จึงแสดงให้เห็นว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

บทความวิจัย (Research Article)

เชื้อเพลิงจำเพาะเบรกด่ำสุด 1.0 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์
ชั่วโมง

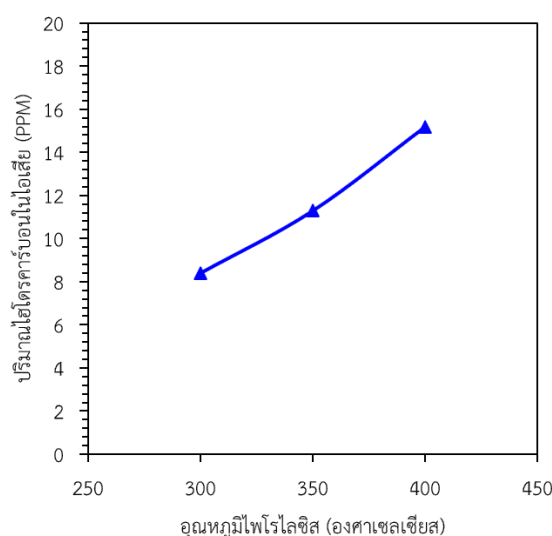


รูปที่ 8 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่ออัตราการ
สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิ 350 และ 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 1.2 และ 1.5 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ นั่นเป็นเพราะน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสูงมีค่าความร้อนต่ำ

ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้มีการกำหนดมาตรฐานของปริมาณการปล่อยแก๊สไอเสีย เพื่อให้ผู้ผลิตใช้เป็นเงื่อนไขในการออกแบบและสร้างเครื่องยนต์ น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสันดาปภายในเครื่องยนต์ เพราะน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสมบัติที่ดีจะช่วยให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีตามไปด้วย งานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์แก๊สไอเสียของเครื่องยนต์เพื่อป้องกันมลพิษที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชียางพาราอยู่ในระดับใดบ้าง

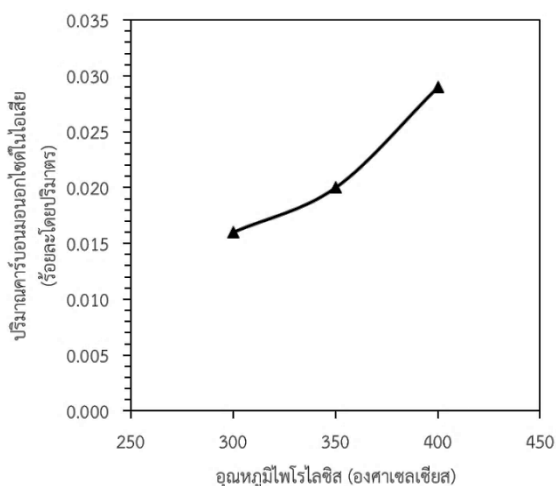
รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียต่ำสุด 8.4 PPM ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไพโรไลซิส 350 และ 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียเพิ่มขึ้นเป็น 11.3 และ 15.2 PPM ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นนี้คาดว่าเป็นผลมาจากปริมาณเถ้าในน้ำมันเชื้อเพลิง [9] จึงก่อให้เกิดเขม่าในไปเสีย เพราะฉะนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไพโรไลซิสอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าสูงสุดร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จึงส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียมีมากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้าต่ำ



รูปที่ 9 ผลของอุณหภูมิไพโรไลซิสต่อปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสีย

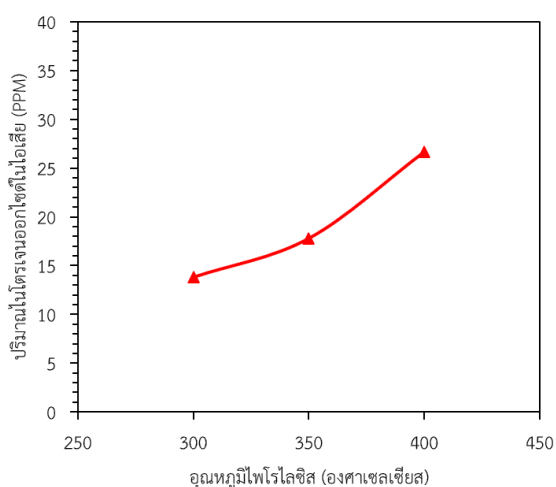
รูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิโพรไลซิส 300 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงช่วยให้เครื่องยนต์ปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 0.016 โดยปริมาตร ขณะที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียสูงสุด คือ 0.029 โดยปริมาตร

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 10 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย

รูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียเครื่องยนต์ต่ำสุด 13.8 PPM ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิไฟโรไลซิส 350 และ 400 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ของไอเสียเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 26.7 PPM



รูปที่ 11 ผลของอุณหภูมิไฟโรไลซิสต่อปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสีย

อย่างไรก็ตาม ผลวิเคราะห์ไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยวขนาด 10.5 แรงม้า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันจากเศษชีอย่างพาราเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ปริมาณมลพิษในไอเสียเครื่องยนต์ที่ปล่อยออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด (ไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 99 PPM, คาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกินร้อยละ 100 โดยปริมาตร, ไนโตรเจนออกไซด์ไม่เกิน 100 PPM)

4. สรุปผล

การไฟโรไลซิสเศษชีอย่างพารากำหนดเงื่อนไขอุณหภูมิการไอร้อน 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิชุดควบแน่น 30 องศาเซลเซียส เศษชีอย่างพารา 30 กิโลกรัมต่อการทดลอง และระยะเวลาไฟโรไลซิส 3 ชั่วโมงต่อการทดลอง ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ขณะที่อุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุดร้อยละ 49 โดยน้ำหนัก เมื่อวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนสูงสุด 39.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดต่ำ และปริมาณเถ้าต่ำสุดร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากอุณหภูมิไฟโรไลซิส 400 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนต่ำสุด 32 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นสูง ความหนืดสูง และปริมาณเถ้าสูงที่สุดร้อยละ 1.6 โดยน้ำหนัก หลังการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 10.1 แรงม้า อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกต่ำสุด 1.0 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง และมีปริมาณแก๊สไอเสีย เช่น ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ต่ำสุด น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกลดลง อัตรา

บทความวิจัย (Research Article)

การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น และปริมาณแก๊สไอเสียเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม มลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์อยู่ในเกณฑ์ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา ที่อนุมัติทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ภายใต้โครงการขับเคลื่อนนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์อาชีวศึกษา เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์และเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมและพาณิชย์กรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. V. Bridgwater, D. Meier, and D. Radlein, "An overview of fast pyrolysis of biomass," *Organic Geochemistry*, vol. 30, no. 12, pp. 1479-1493, 1999.
- [2] N. Pannucharoenwong, K. Duanguppama, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaiphet, and P. Rattanadecho, "Improving fuel quality from plastic bag waste pyrolysis by controlling condensation temperature," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 125-138, 2023.
- [3] K. Duanguppama, K. Chaiphet, P. Kraisoda, and C. Turakarn, "Fuel production from plastic waste with fast pyrolysis," *The First National and International Conference of Kalasin University 2019: Recent Innovation of Sciences and Social Sciences for Sustainability (2019 KSUC)*, vol. 1, no. 1, pp. 82-90, 2019.
- [4] ชินภัทร ชูระการ, กัมปนาท ไชยเพชร, เกียรติสุดา สุวรรณปา, และ เกยูร ดวงอุปมา, "ผลของอุณหภูมิไพโรไลซิสต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากถุงพลาสติก," ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 11*, vol. 11, หน้า 566-571, 2563.
- [5] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaiphet, and P. Rattanadecho, "Pyrolysis of cigarette waste to fuel production," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 462-473, 2023.
- [6] K. Duanguppama and A. Pattiya, "Fast pyrolysis of *Leucaena leucocephala* in a circulating fluidised bed reactor," in *European Biomass Conference and Exhibition*, vol. 23rd, pp. 1206-1211, 2015.
- [7] กัมปนาท ไชยเพชร, ชินภัทร ชูระการ, สุรินทร์ พงษ์สกุล, และ เกยูร ดวงอุปมา, "ผลของชนิดพลาสติกต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากการไพโรไลซิสแบบเร็ว," ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 11*, vol. 11, หน้า 1296-1302, 2563.
- [8] ชินภัทร ชูระการ, เกยูร ดวงอุปมา, กัมปนาท ไชยเพชร, อภิชน มุ่งชู, สุพัตรา บุไธสง, และ สุรสิทธิ์ พ่อคำ, "ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วต่อแรงม้าเบรกต่ำสุดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์," *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, vol. 4, no. 2, หน้า 14-20, 2564.
- [9] N. Pannucharoenwong, K. Duanguppama, K. Chaiphet, C. Turakarn, S. Echaroj, and P. Rattanadecho, "The fuel production for diesel engine from catalytic pyrolysis of plastic waste," *Engineered Science*, vol. 26, p. 964, 2023.
- [10] K. Chaiphet, C. Turakarn, K. Duanguppama, C. Sasan, S. Khamsumwan, and P. Promphipha, "The product yields

บทความวิจัย (Research Article)

- and fuel properties from catalytic pyrolysis of plastic bag," *Journal of Materials Science and Applied Energy*, vol. 11, no. 1, pp. 16-23, 2022.
- [11] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaiphet, and P. Rattanadecho, "Processing of *Leucaena leucocephala* for renewable energy with catalytic fast pyrolysis," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 466-479, 2022.
- [12] K. Duanguppama et al., "Catalytic fast pyrolysis of *Leucaena leucocephala* in fluidised-bed reactor with in-situ and ex-situ vapors upgrading," in *TSME International Conference on Mechanical Engineering*, vol. 7th, p. 170, 2016.
- [13] C. Turakan, K. Chaiphet, and K. Duanguppama, "Production of bio-oil by fast pyrolysis of biomass for testing in engines," *Journal of Engineering and Industrial Technology Kalasin University*, vol. 1, no. 6, pp. 15-27, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด

เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง^{1*} สมชาย แสงนวล¹ และ ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: Chalermchat.me@gmail.com โทรศัพท์: 0875647371
(รับบทความ: 25 กันยายน 2567; แก้ไขบทความ: 13 ตุลาคม 2567; ตอรับบทความ: 17 ตุลาคม 2567)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด สร้างความสะดวกสบายแก่ผู้โดยสาร การทดลองดำเนินการในสภาวะอากาศ ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และ ฤดูหนาว โดยใช้การเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และการใช้พลังงานของระบบ การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือพบว่า ในฤดูร้อนระบบสามารถทำให้อุณหภูมิลดลงจากพัดลมต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 5 องศาเซลเซียส ในขณะที่ฤดูฝนและฤดูหนาวสามารถลดอุณหภูมิได้ 3 ถึง 4 องศาเซลเซียส ผู้โดยสารที่นั่งห่างจากพัดลมประมาณ 0.5 เมตร จะรู้สึกสบายในฤดูร้อนและฤดูฝน แต่ในฤดูหนาวรู้สึกเย็นเล็กน้อย ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศนี้มีค่าระหว่าง 0.0196 ถึง 0.0303 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับการศึกษาระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบสองชั้น ที่มีการปรับปรุงเรขาคณิตและควบคุมกระแสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบอยู่ในช่วงประมาณ 0.02 ถึง 0.04 งานวิจัยนี้ศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้การทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานอยู่ที่ประมาณ 0.025 ถึง 0.035 ซึ่งค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีค่าต่ำกว่าระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์และแบบดูดซึม ที่ใช้สารทำความเย็น R134a มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานอยู่ที่ 3.0 ถึง 3.5 อย่างไรก็ตามเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกนี้มีข้อดี คือ ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ไม่มีเสียงดัง มีขนาดเล็ก สามารถแยกการทำงานแต่ละเครื่องได้อย่างอิสระ ซึ่งทำให้เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่จำกัด การใช้งานอุปกรณ์ที่ต้องการความเงียบสงบ การบำรุงรักษาค่า

คำสำคัญ: การปรับอากาศ เทอร์โมอิเล็กทริก อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ระบบทำความเย็น ยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด

การอ้างอิงบทความ: เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง, สมชาย แสงนวล และ ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์, "การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 5, หน้า 23-33, 2567.

บทความวิจัย (Research Article)

Design and Study on Efficiency of Air Conditioning Unit using Thermoelectric for Use in Open Air Electric Vehicles

Chalermchat Mekmuangthong^{1*}, Somchai Saengnual¹ and Chonlathit Pitipoomsuksan¹

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Rai College

* Corresponding Author: Chalermchat.me@gmail.com, Tel: 0875647371

(Received: September 25, 2024; Revised: October 13, 2024; Accepted: October 17, 2024)

Abstract

This research focuses on the design and performance evaluation of an air conditioning system using Peltier modules in open air electric vehicles to enhance passenger comfort. The experiments were conducted under three seasonal conditions summer, rainy season, and winter. The data collected includes temperature, wind speed, relative humidity, and the system's energy consumption. The comfort analysis revealed that in summer, the system can reduce the air temperature from the fan by 5°C below the ambient air temperature, while in the rainy season and winter, the temperature reductions were 3°C to 4°C. Passengers seated approximately 0.5 meters from the fan felt comfortable in both summer and rainy conditions, though they reported feeling slightly cold during winter. The Coefficient of Performance (COP) of this air conditioning system ranged from 0.0196 to 0.0303, which is comparable to studies on two-stage thermoelectric cooling systems with optimized geometry and current control, yielding COP values between 0.02 and 0.04. Research aimed at enhancing the performance of solar panels using thermoelectric cooling reported a COP of approximately 0.025 to 0.035. Thermoelectric systems typically exhibit lower COP values compared to traditional compressor and absorption cooling systems, with refrigerants like R134a achieving COPs between 3.0 and 3.5. However, this thermoelectric air conditioning system offers several advantages.

Keywords: Air conditioning, Thermoelectric, Coefficient of performance, Peltier, Open air electric vehicles

Please cite this article as: C. Mekmuangthong, S. Saengnual and C. Pitipoomsuksan, "Design and Study on Efficiency of Air Conditioning Unit using Thermoelectric for Use in Open Air Electric Vehicles," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 5, pp. 23-33, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในปัจจุบันวิกฤติพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง หลายประเทศให้ความสนใจในการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการลดปัญหาการปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม การขนส่ง ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Battery Electric Vehicle: BEV) แทนยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีนโยบายสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเต็มที่ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หนุมุดหมายที่ 3 ซึ่งมุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2566 – 2570) เพื่อให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า หนึ่งในประเภทของยานยนต์ไฟฟ้าที่มีอย่างแพร่หลายเป็นยานยนต์ไฟฟ้าโดยสารสาธารณะภายในหน่วยงานต่างๆ หรือ ยานยนต์โดยสารบริเวณแหล่งท่องเที่ยว การขนส่งบุคลากรในพื้นที่ส่วนบุคคล ซึ่งได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะยานยนต์โดยสารสาธารณะที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเน้นการถ่ายเทอากาศด้วยสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ต้นทุนการออกแบบสร้างต่ำ ลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคประเภท Airborne (แพร่กระจายผ่านอากาศ) หรือ Droplet (แพร่ผ่านละอองฝอย) อีกทั้งยังส่งเสริมการขึ้นชมทัศนียภาพในระหว่างการเดินทาง ในอนาคตการเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิดสามารถพัฒนาไปควบคู่กับการเติบโตทางด้านการท่องเที่ยว การขยายพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมเป็นรถประจำในนิคมเพื่อรับ - ส่งพนักงานของบริษัทต่าง ๆ แม้แต่ในส่วนสถานศึกษาหรือส่วนราชการ

อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยมีสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ยานยนต์แบบเปิดที่ไม่มีระบบปรับอากาศจะไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างเต็มที่ ในสภาวะที่ยานยนต์ไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ช้า

ระบบปรับอากาศจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการขับขึ้นท้องถนน เพื่อให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารเกิดความสบายตลอดการเดินทางเช่นเดียวกับยานยนต์แบบปิดที่มีการปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศสำหรับยานยนต์ในปัจจุบันที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นระบบปรับอากาศแบบอัดไอ (Vapor Compression System) ซึ่งมีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Coefficient of Performance, COP) สูง โดยที่ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R134a จะอยู่ที่ 3.0 ถึง 3.5 ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ สารทำงานในระบบ และสภาวะการทดสอบ [1] โดยค่า COP คือค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นหรือระบบทำความร้อน ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ได้จากกระบวนการกับพลังงานที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนระบบ อย่างไรก็ตาม เครื่องปรับอากาศแบบอัดไรมีข้อด้อยหลายประการ เช่น การใช้สารทำความเย็นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก มีความซับซ้อนของระบบ การใช้งานด้วยต้นกำลังหลักเพียงจุดเดียวอาจทำให้เกิดภาระการทำงานหนักโดยไม่จำเป็นในกรณีที่มีจำนวนผู้โดยสารน้อย และ ต้องการการบำรุงรักษาโดยผู้เชี่ยวชาญอย่างสม่ำเสมอ

นอกจากนี้ ระบบอัดไอยังไม่เหมาะสมกับยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด เนื่องจากไม่สามารถการปรับแต่งการจ่ายลมเฉพาะจุด (Zonal Cooling) หรือการเลือกจ่ายลมเพียงจุดใดจุดหนึ่งได้ ทำให้เกิดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเมื่อต้องปรับอากาศทั่วทั้งยานยนต์ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก หรือ แผ่นเพลเทียร์ (Peltier Module) เป็นอุปกรณ์ที่มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว แผ่นเพลเทียร์สามารถสร้างความเย็นและความร้อนได้โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านวัสดุเพลเทียร์ เรียกว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) ซึ่งมีข้อดีหลายประการ เช่น ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ไม่มีเสียงดัง มีขนาดเล็ก [2-4] มีน้ำหนักเบา และไม่ต้องการการบำรุงรักษาที่ซับซ้อน

บทความวิจัย (Research Article)

นอกจากนี้ ยังสามารถจัดทำเป็นโมดูลอิสระแยกจากกันเพื่อการกระจายความเย็นเฉพาะจุดได้ ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานที่สูญเสียเปล่า

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเพื่อชดเชยข้อด้อยของระบบปรับอากาศแบบอัดไอ การศึกษาและพัฒนาเครื่องปรับอากาศเฉพาะจุดด้วยแผ่นเพลเทียร์จะช่วยให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารรู้สึกสบายในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้โดยสารและประหยัดพลังงาน [5,6] ทั้งยังเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 1 ยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิดวิทยาลัยเชียงราย

ตาราง 1 สัญลักษณ์และคำอธิบาย

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
W	วัตต์
kg/m ³	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
m/s	เมตรต่อวินาที
m ²	ตารางเมตร
m ³ /s	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
kg/s	กิโลกรัมต่อวินาที
kJ/kg·K	กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน
W/m ² ·K	วัตต์ต่อตารางเมตรเคลวิน
K	เคลวิน
°C	องศาเซลเซียส

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
mm	มิลลิเมตร
V	โวลต์
Ah	แอมป์-ชั่วโมง

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

ระบบปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การค้นพบปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) ในศตวรรษที่ 19 ในช่วงแรก ๆ เทคโนโลยีนี้ถูกใช้งานในอุปกรณ์ทำความเย็นขนาดเล็ก เช่น ตู้เย็นแบบพกพา และอุปกรณ์ที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิที่เฉพาะเจาะจง แต่เนื่องจากข้อจำกัดในด้านวัสดุที่ใช้สร้างแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เช่น Bismuth Telluride (Bi₂Te₃) ที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนที่ยังไม่สูงพอ ทำให้ระบบปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีค่า COP ต่ำกว่าเทคโนโลยีทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System) อย่างมาก [7-9]

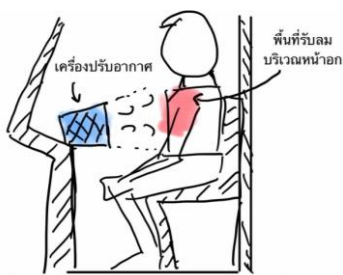
ในปัจจุบัน การพัฒนาเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกได้ก้าวหน้าอย่างมาก โดยการใช้วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น วัสดุแบบ Bismuth Telluride ที่ผ่านการปรับปรุง และการออกแบบระบบควบคุมพลังงานที่เหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและการระบายความร้อนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในการใช้งานในรูปแบบการระบายความร้อนเฉพาะจุด (spot cooling) [2,3,5] เทคโนโลยีนี้สามารถใช้งานได้ในพื้นที่ที่ต้องการความเงียบและการควบคุมอุณหภูมิอย่างแม่นยำ เช่น ห้องปฏิบัติการ ห้องคลีนรูม หรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิที่แน่นอน

ระบบปรับอากาศที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีข้อดีหลายประการ เช่น ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว จึงไม่มีเสียงรบกวน ไม่ต้องการการบำรุงรักษาบ่อยครั้ง และมีขนาดเล็กกว่าระบบปรับอากาศแบบอัดไอ นอกจากนี้ เทคโนโลยีนี้ยังสามารถนำมาปรับใช้ใน

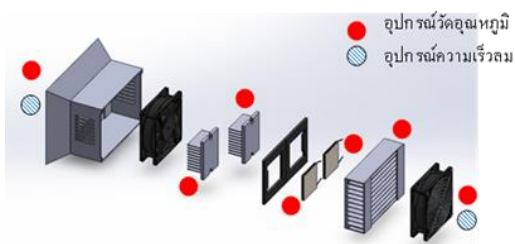
บทความวิจัย (Research Article)

หลาย ๆ สถานการณ์ เช่น การปรับอากาศในพื้นที่ขนาดเล็กหรือการทำความเย็นเฉพาะจุด ซึ่งช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน [6-10]

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิด ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งเฉพาะจุดของผู้โดยสารแต่ละคน แยกกันอย่างอิสระโดยไม่เกี่ยวข้องกัน มีการออกแบบสร้างโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ ให้สามารถใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด โดยใช้หลักการของการออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยแผ่นเพลเทียร์ ประยุกต์หลักการและวิธีการจาก Cui Zhang [10], Eid Ahmed Fawzy [11], Ma Ke [12], โดยให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำให้ผู้โดยสารรู้สึกถึงความสบายในระหว่างการเดินทาง ซึ่งอุณหภูมิรับรู้ต่ำสุดสูงสุด อยู่ระหว่าง 25.6 – 31.0 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ความเร็วลม 0.25 – 0.50 เมตรต่อวินาที (m/s) ความชื้นสัมพัทธ์เป็นไปตามธรรมชาติ และทำการทดสอบในสภาวะจริง โดยติดตั้งบริเวณด้านหน้าของรถ เพื่อพัดอากาศให้กระทบบริเวณหน้าอกของผู้โดยสาร ดังแสดงในรูปที่ 2 มีแบบจำลองชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 แนวคิดการออกแบบติดตั้ง



รูปที่ 3 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์

จากกรอบแนวคิดการวิจัยผู้วิจัยจะดำเนินการออกแบบอุปกรณ์และเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลมที่ออกจากพัดลม ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ อุณหภูมิสัมผัส อุณหภูมิของครีbsd้านเย็น อุณหภูมิฐานด้านเย็น อุณหภูมิฐานด้านร้อน อุณหภูมิครีbsd้านร้อน อุณหภูมิลมที่ด้านร้อน ความเร็วลมด้านร้อน กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าให้กับระบบแยกเป็น แผ่นเพลเทียร์และพัดลมระบายอากาศ จากนั้นนำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์เพื่อการพัฒนาการออกแบบ วิเคราะห์ COP เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอด ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนการวิเคราะห์การศึกษา

2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์เลือกใช้แผ่นเพลเทียร์

จากการกำหนดพื้นที่การทำความเย็นเพื่อให้ผู้โดยสารรู้สึกถึงสภาวะน่าสบายบริเวณช่วงอกโดยผู้วิจัยกำหนดขนาดพัดลมด้านทางออกไว้ที่ 120x120 มิลลิเมตร (mm) ความเร็วลมที่ต้องการ 0.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ผลต่างอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผู้โดยสารจะมีความรู้สึกสบาย เพื่อนำมาคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศจากพื้นฐานกลศาสตร์ของไหล สมการ (1) และภาระการทำความเย็นจากการถ่ายเทความร้อนในอากาศ สมการ (2) [13] และใช้ค่าคงที่ต่าง ๆ ที่แสดงในตารางที่ 3 [14]

บทความวิจัย (Research Article)

$$\dot{m} = \rho v A \quad (1)$$

$$Q = \dot{m} c_p \Delta T \quad (2)$$

เมื่อ	Q	คือ ภาระทำความเย็น วัตต์ (W)
	ρ	คือ ความหนาแน่นอากาศ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m ³)
	v	คือ ความเร็วอากาศ เมตรต่อวินาที (m/s)
	A	คือ พื้นที่หน้าตัดที่ทางออก ตารางเมตร (m ²)
	c_p	คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ อากาศ กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน (kJ/kg·K)
	ΔT	คือ ความต่างอุณหภูมิ เคลวิน (K)
	$\dot{m}$	คือ อัตราการไหลของอากาศ กิโลกรัมต่อวินาที (kg/s)

การหาค่า COP ซึ่งสามารถหาได้จากอัตราส่วนปริมาณการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนกับพลังงานไฟฟ้าที่ให้กับระบบดังสมการที่ (3) และ (4) [13]

$$Q_c = Ah\Delta T \quad (3)$$

$$COP = \frac{Q_c}{W} \quad (4)$$

เมื่อ	Q_c	คือ ความร้อนถ่ายเทจากแผ่น เพลเทียร์ด้านเย็น วัตต์ (W)
	W	คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยระบบ วัตต์ (W)
	h	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน วัตต์ต่อตารางเมตรเคลวิน (W/m ² ·K)
	ΔT	คือ ผลต่างอุณหภูมิ เคลวิน (K)
	A	คือ พื้นที่พัดลมด้านเย็น ตารางเมตร (m ²)

ตาราง 2 ค่าคงที่

สัญลักษณ์	ค่าคงที่	หน่วย
ρ	1.2	kg/m ³
c_p	1.005	kJ/kg·K
h	50	W/m ² ·K

จากการคำนวณพบว่าต้องมีอัตราการไหล 0.00864 กิโลกรัมต่อวินาที (kg/s) หรือ 0.0072 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m³/s) ภาระการทำความเย็น มีค่า 43.416 วัตต์ (W) จึงเลือกใช้แผ่นเพลเทียร์ที่ใช้ กำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ ขนาด 40 × 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น ใช้พัดลม ขนาด 120 × 120 มิลลิเมตร ที่ด้าน ร้อน และด้านเย็น ด้านละ 1 มีอัตราการไหลของ อากาศ 0.0259 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m³/s) ใช้ใน การสร้างเครื่องปรับอากาศต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องปรับอากาศต้นแบบ

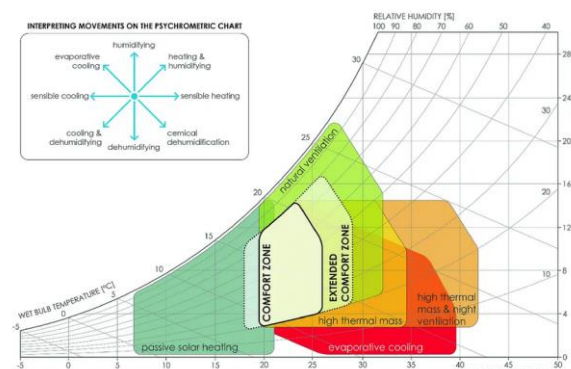
2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความรู้สึกในสภาวะน่าสบายของผู้โดยสาร

การทดสอบทดสอบบนยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด ขณะที่เคลื่อนที่ภายในวิทยาลัยความเร็วเฉลี่ยไม่เกิน 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิเคราะห์สภาวะน่าสบายโดยใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพจากอุณหภูมิของ อากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม เพื่อหาสภาวะ น่าสบายจาก โดยใช้แผนภูมิอากาศ ซึ่งมีการแบ่งพื้นที่ โซนสบาย (Comfort Zone) เป็นพื้นที่ที่ผู้โดยสารรู้สึก สบาย โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่ ทำให้คนส่วนใหญ่รู้สึกสบาย โดยไม่ต้องการการ

บทความวิจัย (Research Article)

ควบคุมความร้อนเพิ่มเติมขยายโซนสบาย (Extended Comfort Zone) ส่วนนี้เพิ่มขึ้นเมื่อมีการระบายอากาศตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถขยายช่วงสภาวะสบายได้ การระบายความร้อนด้วยการระเหย (Evaporative Cooling) หมายถึงการใช้การระเหยของน้ำเพื่อระบายความร้อน ช่วยลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มวลความร้อนสูงและการระบายอากาศเวลากลางคืน (High Thermal Mass & Night Ventilation) แสดงถึงการใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนสูง เพื่อเก็บความร้อนในเวลากลางวันและระบายออกในเวลากลางคืน ช่วยในการรักษาอุณหภูมิที่สบาย

การระบายอากาศตามธรรมชาติ (Natural Ventilation) แสดงถึงการใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติในการรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สบาย การให้ความร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่ใช้พลังงาน (Passive Solar Heating) แสดงถึงการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มความร้อนในสภาวะที่อากาศเย็น มวลความร้อนสูง (High Thermal Mass) แสดงถึงการใช้วัสดุที่มีมวลความร้อนสูงเพื่อรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับสบายในช่วงอุณหภูมิที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 6 พร้อมทั้งเก็บข้อมูลความเร็วลมจากพัดลม ซึ่งความเร็วลมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความรู้สึกเพราะความเร็วลมมีผลต่อการระเหยของน้ำจากผิวหนังร่างกายเพื่อควบคุมอุณหภูมิในร่างกายให้เหมาะสม เพราะเมื่อความเร็วลมน้อยเกินไปจะทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายออกจากร่างกายได้ทำให้รู้สึกอึดอัด แต่ถ้าความเร็วลมมากเกินไปจะเป็นรบกวนทำให้รู้สึกไม่สบาย ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยจากการศึกษาของ (Olgay, 1963) [14] แสดงเกณฑ์การเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายกับความรู้สึกเหมือนอุณหภูมิลดลงตามช่วงความเร็วลมดังแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 6 Bioclimatic Chart (Kosir M, 2019) [15]

ตาราง 3 เกณฑ์การประเมินสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ [14]

ความเร็วลม เมตรต่อวินาที (m/s)	ความเป็นไปได้ของ อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0 - 0.254	ไม่รู้สึกเปลี่ยนแปลงใน สภาวะน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกต ได้
0.254-0.508	ต่ำลง 2-3 C°	รู้สึกสบาย
0.508-1.016	ต่ำลง 4-5 C°	รู้สึกสบายแต่รู้ว่ามี อากาศเคลื่อนไหว
1.016-1.524	ต่ำลง 5-7 C°	รู้สึกว่ามีลมพัด เล็กน้อยจนถึงขั้น รู้สึกรบกวน
มากกว่า 1.524	ต่ำลงมากกว่า 5-7 C°	รู้สึกรบกวนต่อ กิจกรรมที่ทำ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองใช้เครื่องปรับอากาศด้วยแผ่นเพลเทียร์ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด โดยการติดตั้งตัวเครื่องปรับอากาศในบริเวณคอนโซลด้านหน้าดังแสดงในรูปที่ 7 จ่ายพลังงานด้วยแบตเตอรี่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ (V) 16 แอมป์-ชั่วโมง (Ah) เพื่อเตรียมสำหรับใช้งานกับแผงโซลาร์เซลล์ในอนาคต และได้บันทึกข้อมูลเป็นอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิลมจากพัดลม อุณหภูมิแผ่นเพลเทียร์ด้านร้อน อุณหภูมิแผ่นเพลเทียร์ด้านเย็น และ อุณหภูมิอากาศ ทดสอบในยานพาหนะที่เคลื่อนที่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8

บทความวิจัย (Research Article)

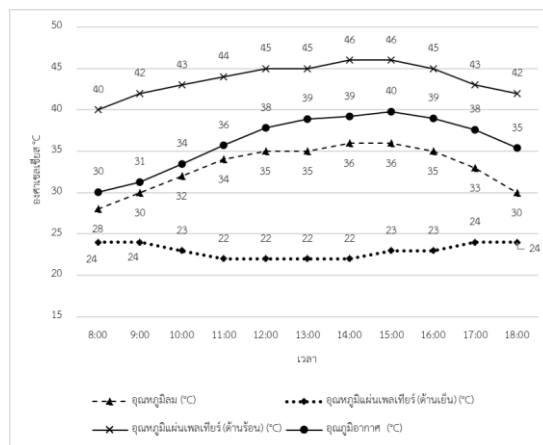


รูปที่ 7 การติดตั้งบริเวณหน้ารถด้านผู้โดยสาร



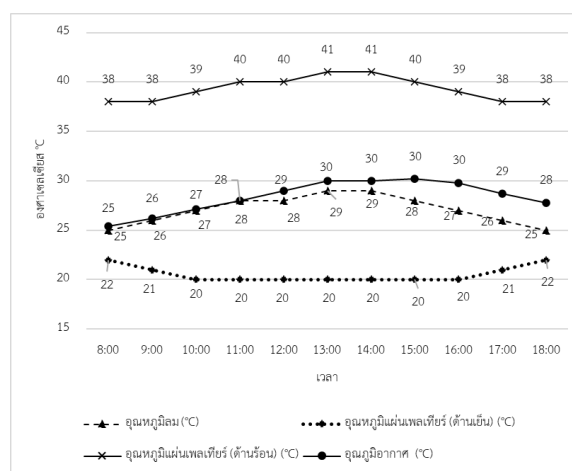
รูปที่ 8 ทดสอบวัดอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิขณะทำงาน

ความรู้สึกสภาวะน่าสบายของผู้ใช้ในฤดูร้อน คือช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ระดับอุณหภูมิอากาศในการทดสอบ 30 องศาเซลเซียส ถึง 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมจากเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส ถึง 36 องศาเซลเซียส เครื่องปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 5 องศาเซลเซียส อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ถึง 70 จัดอยู่ในโซนไม่สบายซึ่งมีพื้นที่ส่วนมากไม่สามารถปรับปรุงให้สบายได้ แต่ในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 32 องศาเซลเซียส ผู้โดยสารจะยังรู้สึกสบาย เมื่อวิเคราะห์จากความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.4 เมตรต่อวินาที (m/s) ช่วยให้อุณหภูมิที่รู้สึกต่ำลง 2-3 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยรวมแล้วจัดว่าอยู่ในระดับที่ รู้สึกสบาย ซึ่งมีผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟอุณหภูมิ
(ฤดูร้อน 28 - 36 องศาเซลเซียส)

ผลการทดลองในรูปที่ 10 ความรู้สึกสภาวะน่าสบายของผู้ใช้ในฤดูฝน คือช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม อุณหภูมิอากาศในการทดสอบ 25 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมจากเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ถึง 29 องศาเซลเซียส เครื่องปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 3 องศาเซลเซียส อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ถึง ร้อยละ 85 จัดอยู่ในโซนสบาย และ โซนสบายอากาศตามธรรมชาติ ตลอดทั้งวัน

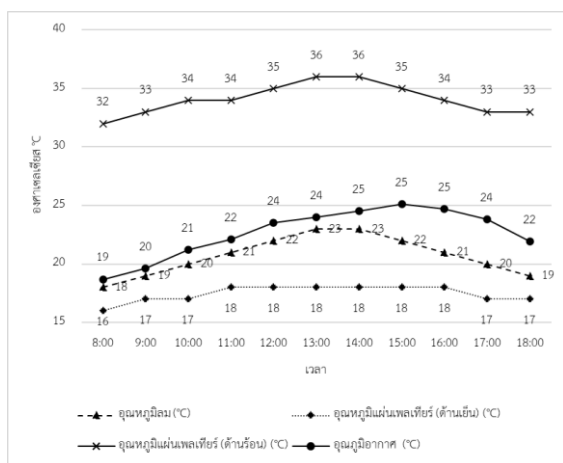


รูปที่ 10 กราฟอุณหภูมิ
(ฤดูฝน 25 ถึง 29 องศาเซลเซียส)

บทความวิจัย (Research Article)

เมื่อวิเคราะห์จากความเร็วลมในช่วง 0.3-0.4 เมตรต่อวินาที (m/s) ช่วยให้อุณหภูมิที่รู้สึกต่ำลง 2 ถึง 3 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยรวมแล้วจัดว่าอยู่ในระดับที่ รู้สึกสบาย ตลอดทั้งวัน

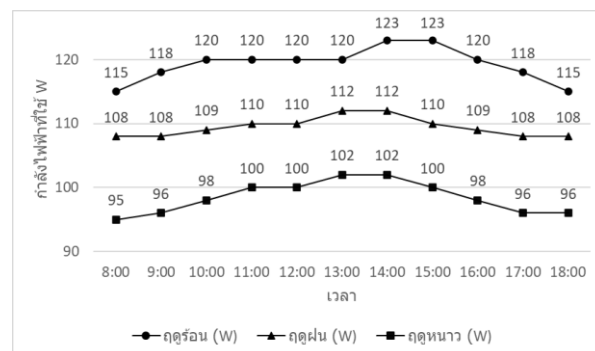
ความรู้สึกสภาวะน่าสบายของผู้ใช้ในฤดูหนาว ตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ อุณหภูมิอากาศในการทดสอบ 19 ถึง 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมจากเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 18 องศาเซลเซียส ถึง 23 องศาเซลเซียส สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 4 องศาเซลเซียส อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 48 ถึง ร้อยละ 55 อยู่ในโซนสบาย และ โชนเย็นเล็กน้อยที่ต้องใช้แสงอาทิตย์ในการปรับปรุงเพื่อให้เกิดความรู้สึกสบาย เมื่อวิเคราะห์จากความเร็วลมอยู่ในระดับสภาวะน่าสบาย อยู่ในสภาวะไม่สามารถสังเกตได้ อุณหภูมิที่รู้สึกไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในบางช่วงเวลา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศก็สามารถรู้สึกสบายได้ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 กราฟอุณหภูมิ (ฤดูหนาว 19 ถึง 25 องศาเซลเซียส)

ในส่วนของการทดสอบด้านการใช้พลังงานเพื่อวิเคราะห์อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน COP ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเก็บข้อมูลการใช้พลังงานซึ่งเป็นพลังงานรวมของระบบทั้งจากแผ่นเพลเทียร์ พัดลม

ระบายอากาศ นำมาเปรียบเทียบกับช่วงฤดูการต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 กราฟการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

โดยในการคำนวณค่า COP กำหนดให้ แผ่นเพลเทียร์ใช้กำลังงาน 60 วัตต์ ขนาด 40 x 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น พัดลม ใช้กำลังงาน 1.56 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ผลการวิเคราะห์เป็นไปดังแสดงในตารางที่ 4

ตาราง 4 การคำนวณค่า COP ในแต่ละฤดูกาล

ช่วงฤดู	ความต่างอุณหภูมิ (°C)	Q _c (W)	W (W)	COP
ฤดูร้อน 28 °C – 36 °C	5	1.28	119	0.0303
ฤดูฝน 25 °C – 29 °C	3	1.12	110	0.0196
ฤดูหนาว 19 °C – 25 °C	4	0.64	98.5	0.0292

4. บทสรุป

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ (เทอร์โมอิเล็กทริก) ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเหมาะสมในการใช้งานในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

การทดลองใช้แผ่นเพลเทียร์ขนาด 40 x 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น และพัดลมระบายความร้อน

บทความวิจัย (Research Article)

ขนาด 120 x 120 มิลลิเมตร ด้านละ 1 ตัว ใช้ครีบริบายความร้อนอลูมิเนียมขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร ด้านละ 1 ชิ้น ติดตั้งในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด จ่ายพลังงานด้วยแบตเตอรี่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ 16 แอมป์-ชั่วโมง (Ah) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นเครื่องปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิของแผ่นเพลเทียร์ด้านเย็นได้แตกต่างกันไปตามสภาวะอากาศ ซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิของลมที่ออกจากพัดลม ซึ่งเครื่องปรับอากาศสามารถทำให้ผู้ใช้งานมีความรู้สึกสบายได้ ทั้ง 3 ฤดูแต่ในช่วงฤดูร้อน ที่อุณหภูมิมากกว่า 32 องศาเซลเซียส จะไม่สามารถปรับปรุงสภาวะได้ ในช่วงฤดูหนาวบางช่วงอาจไม่จำเป็นต้องมีการใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากสภาวะอากาศมีความสบายอยู่แล้ว

ผลการคำนวณค่า COP แสดงให้เห็นว่าระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์หรือระบบดูดซึม ซึ่งการเปรียบเทียบค่า COP ของเครื่องปรับอากาศนี้ มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Nemati et al. (2018) [8] เป็นงานวิจัยศึกษา ระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบสองขั้น (two-stage cascaded thermoelectric cooler) โดยการปรับปรุงทางเรขาคณิตและการควบคุมกระแส ผลการวิจัยพบว่า การควบคุมกระแสและการออกแบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ แต่ COP ที่ได้ยังต่ำกว่าระบบคอมเพรสเซอร์ โดย COP อยู่ในช่วงประมาณ 0.02 ถึง 0.04 [8] และงานของ Dizaji et al. 2019 [9] ได้ทำการทดลองใช้ ระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ โดยคำนวณค่า COP ของระบบ Peltier พบว่าค่า COP อยู่ที่ประมาณ 0.03 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังระบุว่าระบบเทอร์โมอิเล็กทริกยังคงมีข้อจำกัดในการทำงานในระบบที่ต้องการกำลังสูง การวิจัยของ Tan et al. (2017) [2] มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ ระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบ single-stage โดยใช้กฎเทอร์โมไดนามิกส์ข้อที่สอง

(second law of thermodynamics) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า COP ของระบบแบบ single-stage มีค่าประมาณ 0.02 ถึง 0.03 และได้ระบุว่าประสิทธิภาพยังต่ำกว่าระบบอัดไอที่ใช้ในงานทั่วไป Eid et al. (2022) [11] งานวิจัยนี้ทำการศึกษา การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์โดยการทำมาความเย็น ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก โดยพบว่าการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ได้ COP ของระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในงานมีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.025 ถึง 0.035 [11] และเมื่อเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์และแบบดูดซึม ที่มีค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R134a จะอยู่ที่ 3.0 ถึง 3.5

อย่างไรก็ตามระบบนี้มีข้อดีที่ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ไม่มีเสียงดัง และมีขนาดเล็ก และสามารถทำงานแยกอิสระด้วยตัวเอง ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่จำกัดและในอุปกรณ์ที่ต้องการความเงียบสงบ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. O. Bolaji, M. A. Akintunde, and T. O. Falade, "Comparative analysis of performance of three ozone-friendly HFC refrigerants in a vapour compression refrigerator," *Journal of Sustainable Energy & Environment*, vol. 2, pp. 61-64, 2011.
- [2] H. Tan, H. Fu, and J. Yu, "Evaluating optimal cooling temperature of a single-stage thermoelectric cooler using thermodynamic second law," *Applied Thermal Engineering*, vol. 123, pp. 845-851, 2017.
- [3] L. Zhu and J. Yu, "Optimization of heat sink of thermoelectric cooler using

บทความวิจัย (Research Article)

- entropy generation analysis," *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 118, pp. 168-175, 2017.
- [4] N. Panigrahi, K. Venkatesan, and M. Venkata Ramanan, "Performance study of thermoelectric cooler using multiphysics simulation and numerical modelling," *International Journal of Ambient Energy*, 2019.
- [5] E. Fong, T. T. Lam, W. D. Fischer, and S. W. K. Yuan, "Analytical approach for study of transient performance of thermoelectric coolers," *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, vol. 33, pp. 96-105, 2019.
- [6] Y. M. Seo, M. Y. Ha, S. H. Park, G. H. Lee, Y. S. Kim, and Y. G. Park, "A numerical study on the performance of the thermoelectric module with different heat sink shapes," *Applied Thermal Engineering*, vol. 128, pp. 1082-1094, 2018.
- [7] Y. Qin, B. Qin, D. Wang, C. Chang, and L. Zhao, "Solid-state cooling: thermoelectrics," *Energy & Environmental Science*, vol. 15, pp. 4527-4541, 2022.
- [8] A. Nemati, H. Nami, M. Yari, and F. Ranjbar, "Effect of geometry and applied currents on the exergy and exergoeconomic performance of a two-stage cascaded thermoelectric cooler," *International Journal of Refrigeration*, vol. 85, pp. 1-12, 2018.
- [9] H. S. Dizaji, S. Jafarmadar, S. Khalilarya, and S. Pourhedayat, "A comprehensive exergy analysis of a prototype Peltier air-cooler; experimental investigation," *Renewable Energy*, vol. 131, pp. 308-317, 2019.
- [10] X. Cui and T. Hu, "Robust predictive thermal management strategy for lithium-ion battery based on thermoelectric cooler," *Applied Thermal Engineering*, vol. 221, 2023.
- [11] E. A. Fawzy, S. I. Lee, S. G. Hong, and W. Choi, "Hybrid cooling techniques to improve the performance of solar photovoltaic modules," *Solar Energy*, vol. 245, no. 2, pp. 254-264, 2022.
- [12] K. Ma, Z. Zhengxing, and W. Wei, "Design and experimental study of an outdoor portable thermoelectric air-conditioning system," *Applied Thermal Engineering*, vol. 219, 2023.
- [13] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 9th ed., New York, NY: McGraw-Hill Education, 2019.
- [14] V. Olgyay, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1963.
- [15] M. Kosir, "Bioclimatic potential: A way to determine climate adaptability," in *Climate Adaptability of Buildings: Bioclimatic Design in the Light of Climate Change*, M. Košir, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2019.

การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสำหรับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสามระดับ

ศุภกิจ เกลิกศิริ¹, อามินท์ หล้าวงศ์^{1,*}, วิษุทธ จันทะรี¹, อุทัย ธารพรศรี¹, ไทยทัศน์ สุดสวนสี¹ และ ปิยณัฐ โตอ่อน²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

² สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการและเทคโนโลยีขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความฉบับนี้: amin.la@ksu.ac.th โทรศัพท์: 081-799-5035

(รับบทความ: 6 ตุลาคม 2567; แก้ไขบทความ: 17 ตุลาคม 2567; ตอรับบทความ: 23 ตุลาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าแรงดึงของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสำหรับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสามระดับ ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงดึง ประกอบด้วยกระแสไฟฟ้าและระยะการเชื่อมจุดแบบในระนาบ Dy เป็นการทดลองรูปแบบที่ 1 และกระแสไฟฟ้าและระยะการเชื่อมจุดแบบในระนาบ Dx เป็นการทดลองรูปแบบที่ 2 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าและระยะการเชื่อมมีผลกระทบต่อค่าแรงดึงของชิ้นงานทดสอบและมีความแข็งแรงของจุดเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยการทดสอบความเป็นปกติและการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (Minitab Version 18) และพบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้แรงดึงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รูปแบบที่ 1 มีค่ากระแสไฟฟ้า 600 แอมป์ และระยะเชื่อมที่ 5 มิลลิเมตร มีค่าแรงดึง 72.6852 กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และรูปแบบที่ 2 มีค่ากระแสไฟฟ้า 1800 แอมป์ และระยะเชื่อมที่ 15 มิลลิเมตร มีค่าแรงดึง 44.7037 กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร วิธีการนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการหาปัจจัยที่เหมาะสมกรณีที่มีผลตอบสนองเพียงค่าเดียว และช่วยลดการลองผิดลองถูกจากการปรับตั้งค่าของปัจจัย

คำสำคัญ: การเชื่อมความต้านทานแบบจุด เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบสามระดับ

การอ้างอิงบทความ: ศุภกิจ เกลิกศิริ, อามินท์ หล้าวงศ์, วิษุทธ จันทะรี, อุทัย ธารพรศรี, ไทยทัศน์ สุดสวนสี และ ปิยณัฐ โตอ่อน, "การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสำหรับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสามระดับ," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 5, หน้า 34-43, 2567.

Optimization of Tensile Strength in Resistance Spot Welding of Galvanized Steel Sheets Using 3^k Factorial Design

Supakit Seksiri¹, Amin Lawong^{1*}, Vichayut Juntaree¹, Uthai Thanphonsri¹,
Thaithat Sudsuansee¹ and Piyanat To-on²

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

² Department of Logistics Engineering and Transportation Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: amin.la@ksu.ac.th, Tel: 081-799-5035

(Received: October 6, 2024; Revised: October 17, 2024; Accepted: October 23, 2024)

Abstract

This research aims to study the optimal factors affecting the tensile strength of resistance spot welding on galvanized steel sheets. A 3^k factorial design experiment was employed to analyze the influence of welding current and spot-welding distance. Two experiment setups were conducted: in Experiment model 1, the factors were welding current and distance along the Dy axis, while in Experiment model 2, the factors were welding current and distance along the Dx axis. The results indicate that both welding current, and distance significantly affect the tensile strength with normality testing and analysis of variance (ANOVA), using the statistical software Minitab (Version 18), and the optimal conditions for average maximum tensile strength were identified. For Experiment model 1, the optimal welding current was 600 amp with a distance of 5 mm, resulting in a tensile strength of 72.6852 kN/mm², and for Experiment model 2, the optimal welding current was 1800 amp with a distance of 15 mm, resulting in a tensile strength of 44.7037 kN/mm². This method can be used as a guideline for finding appropriate factors in cases where there is only one response value. and helps reduce trial and error from adjusting the settings of factors.

Keywords: Resistance Spot Welding, Galvanized Steel Sheets, Experimental Design (3^k Factorial Design)

Please cite this article as: S. Seksiri, A. Lawong, V. Juntaree, U. Thanphonsri, T. Sudsuansee and P. To-on, "Optimization of Tensile Strength in Resistance Spot Welding of Galvanized Steel Sheets Using 3^k Factorial Design," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 5, pp. 34-43, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

การประกอบชิ้นส่วนโลหะในอุตสาหกรรมผลิตยานยนต์เป็นกระบวนการที่สำคัญในสายการผลิตเชื่อมประกอบรถยนต์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการประกอบชิ้นส่วนโลหะ ดังเช่น โครงสร้างตัวถัง แชสซี และส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อให้ชิ้นงานมีคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานในการผลิต ในส่วนกระบวนการเชื่อมที่ใช้ประกอบงาน คือ การเชื่อมความต้านทานแบบจุด (Resistance Spot Welding: RSM) เป็นวิธีการเชื่อมโลหะบางที่ใช้กระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานโลหะเพื่อทำให้เกิดความร้อนและหลอมรวมโลหะที่ตำแหน่งเฉพาะจุดโดยไม่ต้องใช้วัสดุเชื่อมเสริม เป็นกระบวนการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมยานยนต์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และสามารถรองรับการผลิตจำนวนมากได้ (Mass Product) วัสดุที่นำมาใช้จะเป็นเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี (Galvanized Steel) ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนจากกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุด อย่างไรก็ตาม กระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดที่ใช้กับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีอาจมีการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นภายในรอยเชื่อม เนื่องจากการหลอมละลายไม่สมบูรณ์หรือการแตกร้าวในรอยเชื่อมหรือการเกิดออกไซด์ (Oxidation) ซึ่งมาจากการใช้ปัจจัยของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของงานเชื่อมทำให้คุณสมบัติของชิ้นงานไม่สามารถทนต่อการทดสอบแรงดึง (Tensile Strength) เป็นผลให้ชิ้นงานไม่เป็นไปตามความมาตรฐานที่กำหนด

เพื่อให้ได้รอยเชื่อมที่มีคุณภาพและสามารถรองรับแรงดึงได้อย่างเหมาะสม [1,2] จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าแรงดึงของการเชื่อม RSM และในงานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) ที่จะช่วยให้สามารถระบุเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเชื่อม RSM ที่ใช้วัสดุเหล็กแผ่นเคลือบ

สังกะสี ซึ่งจะส่งผลให้รอยเชื่อมจุดมีคุณภาพดีขึ้น และเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงานโดยรวม [3,4]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีนักวิจัยที่ได้ทำการศึกษา เช่น กวิน สนธิเพิ่มพูน และคณะ [5] หาคาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเชื่อมความต้านทานแบบจุด (Spot Welding) ในอุตสาหกรรมยานยนต์จากมาตรฐาน JIS Z 3140 โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลระดับ 2^k ให้ $k = 3$ ปัจจัย ได้แก่ กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม แรงกดกดอิเล็กโทรด และเวลาในการเชื่อม พบว่า คาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการเชื่อมแบบจุด คือ กระแสไฟฟ้าที่ 17.50 กิโลแอมแปร์ เวลา 200 มิลลิวินาที และแรงกดที่หัวอิเล็กโทรด 591.50 เดคานิวตัน ซึ่งได้ค่าแรงดึงเฉือนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.76 กิโลนิวตัน เป็นค่าที่ทำให้จุดรอยเชื่อมแข็งแรงที่สุด ภูเมศวร์ แสงระยับ และ นิวัฒน์ มูเก็ม [6] ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการเชื่อมด้วยความต้านทานแบบจุดที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยต่อเหล็กกล้าไร้สนิม 316L หนา 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งมีตัวแปรที่ศึกษา คือ กระแสไฟฟ้า เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้า และความดัน จากอิเล็กโทรดกดชิ้นงาน และการออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken) และ ใช้ฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability function) พบว่า เงื่อนไขที่รับแรงเฉือนสูงสุด คือ กระแสไฟฟ้า 4,500 แอมป์ เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้า 2 วินาที และความดันจากอิเล็กโทรดกดชิ้นงาน 0.3 เมกะปาสคาล (MPa) รับแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 2,679.59 นิวตัน

นอกจากนี้ วรญา วัฒนจิตศิริ และคณะ [7] ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรการเชื่อมเสียดทานกวนแบบจุดที่มีผลต่อการเชื่อมรอยต่อเกยระหว่างอะลูมิเนียม AA1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD การทดลองถูกออกแบบด้วยวิธีทากูชิ พบว่า สภาพการเชื่อมที่เหมาะสมที่ทำให้มีความแข็งแรงเฉือน 2165 นิวตัน คือความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที ความเร็วในการสอดตัวกวน 6 มิลลิเมตรต่อวินาที และเวลากดแช่ 6 วินาที มูหามัด เต๊ะยอ และคณะ [8] ศึกษา

บทความวิจัย (Research Article)

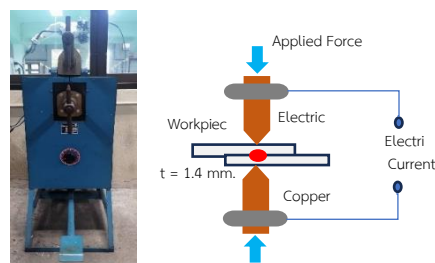
ความแตกต่างของสมบัติทางกลและโครงสร้างมหภาคของรอยเชื่อมต่อชนระหว่างอะลูมิเนียมผสมหล่อกิ่งแข็งสองชนิด คือ SSM356 และ SSM6061 ในสองสถานะ คือ ไม่ผ่านกระบวนการทางความร้อน T6 (as-cast และ T6) และผ่านกระบวนการทางความร้อน T6 โดยใช้วิธีการเชื่อมสามแบบ ได้แก่ การเชื่อมเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding) การเชื่อมทิกแบบเติมลวด และการเชื่อมทิกแบบไม่เติมลวด ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองมีความหนา 4 มิลลิเมตร พบว่ากระบวนการเชื่อมเสียดทานแบบกวนมีค่าความแข็งแรงดึงเฉลี่ยสูงสุด คือ 168.32 เมกะปาสคาล (MPa) ค่าความแข็งแรงของทุกกระบวนการเชื่อมที่บริเวณตรงกลางแนวเชื่อมจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุด และค่าความแข็งแรงจะค่อย ๆ ลดลงต่ำสุดจนถึงบริเวณที่ได้รับผลกระทบทางความร้อน จากงานวิจัยดังกล่าว ในกระบวนการเชื่อมแต่ละประเภทจะใช้ออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลและทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken) เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเชื่อม โดยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะช่วยให้เพิ่มความแข็งแรงของรอยต่อที่ได้จากกระบวนการเชื่อม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การใช้วิธีการออกแบบการทดลองในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าแรงดึงของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสำหรับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ซึ่งเลือกใช้ปัจจัยที่สำคัญคือ กระแสไฟฟ้าและระยะการเชื่อม เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าแรงดึงของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดในระยะแกน Dy และในระยะแกน Dx ต่อค่าแรงดึง กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (KN/mm²) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของชิ้นงาน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial Design)

เป็นรูปแบบหนึ่งของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยหลายตัว (Factors) [8,9] โดยที่แต่ละปัจจัยจะมี 3 ระดับ ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลอง 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ดังรูปที่ 2 โดยแบบที่ 1 มี k = 2 ปัจจัยในการทดลอง ได้แก่ กระแสไฟฟ้า (Amp) ระยะการเชื่อมจุดในแกน Dy และแบบที่ 2 มี k = 2 ปัจจัยในการทดลอง ได้แก่ กระแสไฟฟ้า (Amp) ระยะการเชื่อมจุดในแกน Dx และผลตอบสนองจะเป็นค่าแรงดึงกิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (KN/mm²) ใช้เวลาในการเชื่อมจุด 11 วินาที [9,10] โดยเครื่องเชื่อมแบบจุด มีพิกัดกำลัง 8 KVA กระแสเชื่อมสูงสุด 6000 Amp มีระดับปรับ 10 ค่า ตั้งแต่เบอร์ 1 – 10 ดังรูปที่ 1 ในงานวิจัยนี้จะปรับค่ากระแสไฟฟ้า เบอร์ 1 (600 Amp) เบอร์ 2 (1200 Amp) และเบอร์ 3 (1800 Amp) และมีระยะการเชื่อมจุดในแกน Dy ทดสอบที่ระยะ 5 10 และ 15 มิลลิเมตร จะได้เป็นการทดลองรูปแบบที่ 1 และปรับค่ากระแสไฟฟ้า เบอร์ 1 (600 Amp) เบอร์ 2 (1200 Amp) และเบอร์ 3 (1800 Amp) และมีระยะการเชื่อมจุดในแกน Dx ทดสอบที่ระยะ 5, 10 และ 15 มิลลิเมตร จะได้เป็นการทดลองรูปแบบที่ 2



รูปที่ 1 เครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดแบบใช้เท้าเหยียบ (Resistance Spot Welding)

บทความวิจัย (Research Article)

3. วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล (3^K)

การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลที่ใช้ปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย ($k=2$) และในแต่ละปัจจัยจะมี 3 ระดับในการทดลองเชื่อมจุด ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองแบบที่ 1

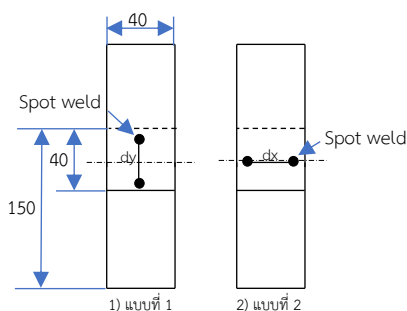
ปัจจัย (k)	ระดับของปัจจัย		
	ต่ำ	กลาง	สูง
กระแสไฟฟ้า (แอมป์: Amp)	600	1200	1800
ระยะเชื่อม Dy (มิลลิเมตร)	5	10	15

ตารางที่ 2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองแบบที่ 2

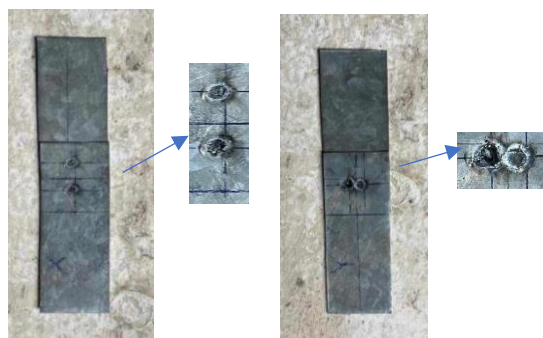
ปัจจัย (k)	ระดับของปัจจัย		
	ต่ำ	กลาง	สูง
กระแสไฟฟ้า (แอมป์: Amp)	600	1200	1800
ระยะเชื่อม Dx (มิลลิเมตร)	5	10	15

3.2 การทดสอบความเป็นปกติ (Normality Test)

ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลการทดลองแบบที่ 1 และแบบที่ 2 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Response Surface Regression [7] นำมาใช้เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลการทดลองมีการแจกแจงตามการแจกแจงแบบปกติหรือไม่



รูปที่ 2 ขนาดของรอยต่อเกลยของชิ้นงานทดสอบ
(หน่วย: มิลลิเมตร)



รูปที่ 3 ตัวอย่างการเชื่อมความต้านแบบจุด

3.3 การหาของปัจจัยที่เหมาะสม (Optimization)

หาของปัจจัยที่เหมาะสมของการทดลองแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ต่อค่าแรงดึงที่สูงสุดตามเงื่อนไขที่กำหนด

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการทดลองแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^K Factorial Design) ของการทดลองแบบที่ 1 ดังรูปที่ 3 โดยใช้ปัจจัยในการทดลอง คือ กระแสไฟฟ้า (แอมป์) ระยะเชื่อม Dy (มิลลิเมตร) และในแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ปรับค่าพารามิเตอร์ตามแผนการทดลองไปทดสอบแรงดึง และบันทึกผลข้อมูลในแต่ละการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 3 และ ผลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^K Factorial Design) ของการทดลองแบบที่ 2 ดังรูปที่ 3 โดยใช้ปัจจัยในการทดลอง คือ กระแสไฟฟ้า (แอมป์) ระยะเชื่อม Dx (มิลลิเมตร) และในแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ปรับค่าพารามิเตอร์ตามแผนการทดลองไปทดสอบแรงดึง และบันทึกผลข้อมูลในแต่ละการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 4 และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมทางสถิติ (Minitab Version 18) ในงานวิจัยในครั้งนี้

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 3 การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล 3^2 ในแต่ละระดับของปัจจัย

Factor		Tensile Strength		
Amp	Dy	Rep1	Rep2	Rep3
1800	5	22	23	21
1200	5	12	11	10
1200	10	24	25	24
600	15	23	18	22
1200	15	21	18	23
600	10	59	62	61
600	5	68	70	70
1800	10	22	21	24
1800	15	71	68	68

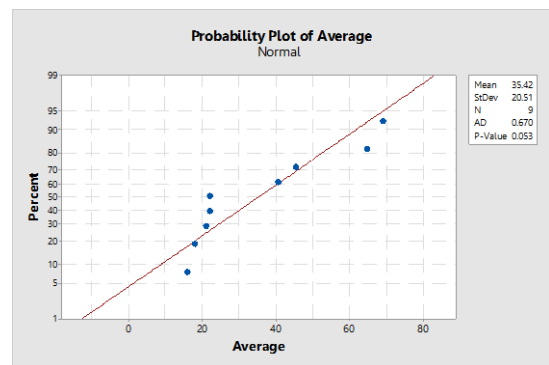
ตารางที่ 4 การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล 3^2 ในแต่ละระดับของปัจจัย

Factor		Tensile Strength		
Amp	Dx	Rep1	Rep2	Rep3
1200	5	27	26	25
1200	15	26	26	27
1800	10	23	23	23
1800	5	10	12	12
600	5	39	38	40
1200	10	16	17	15
600	15	20	20	20
1800	15	44	45	44
600	10	16	17	17

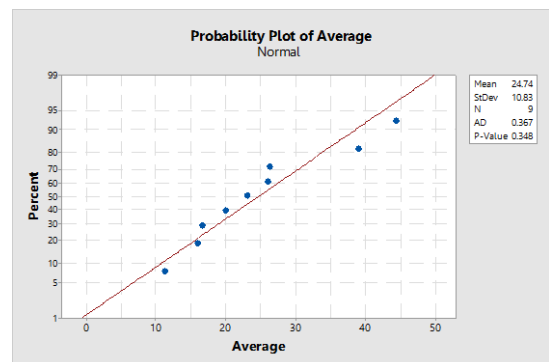
4.1 การทดสอบความเป็นปกติ (Normality Test)

จากผลของการทดลองแบบที่ 1 นำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความความเป็นปกติของข้อมูลที่มีการทดลองตามแผนการทดลอง ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 หากข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) มีค่าระดับนัยสำคัญ (p -value > 0.05) แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายที่สอดคล้องกับการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานทางสถิติที่แสดงว่าข้อมูลที่ได้มามีความน่าเชื่อถือ และในทางตรงกันข้าม มีค่าระดับนัยสำคัญ

(p -value < 0.05) แสดงว่าข้อมูลไม่มีการกระจายที่สอดคล้องกับการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานทางสถิติที่แสดงว่าข้อมูลที่ได้มามีความน่าเชื่อถือ ในรูปที่ 3 การทดลองแบบที่ 1 มีค่าระดับนัยสำคัญ (p -value > 0.05) แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ และในรูปที่ 4 การทดลองแบบที่ 2 มีค่าระดับนัยสำคัญ (p -value > 0.05) แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

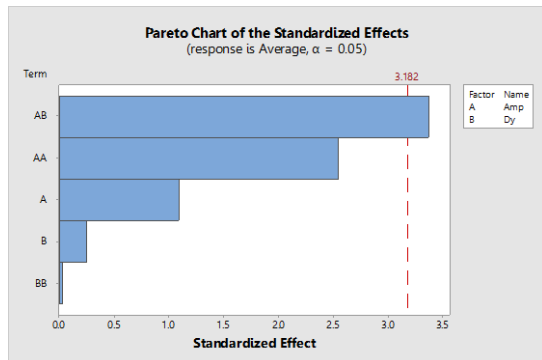


รูปที่ 3 กราฟแสดงการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลแบบที่ 1



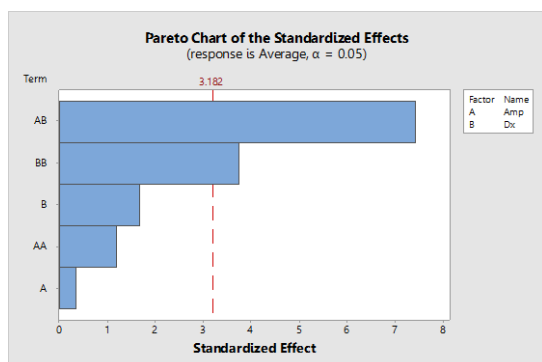
รูปที่ 4 กราฟแสดงการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลแบบที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อค่าการตอบสนองของแรงดึงของข้อมูลแบบที่ 1

จากรูปที่ 5 ปัจจัย A และปัจจัย B (กระแสไฟฟ้า (Amp) กับระยะการเชื่อมจุดในแกน Dy) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมที่ส่งผลต่อค่าการตอบสนองของแรงดึงสูงสุด ที่พิจารณาจากเส้นสีแดง (Critical Value Line) ที่ตำแหน่ง 3.182 เป็นค่าเกณฑ์ (Critical Value) ที่ใช้ในการพิจารณาของปัจจัย A และ B มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถ้าขนาดผล (Standardized Effect) ของปัจจัยใดสูงกว่าเส้นนี้ แสดงว่าปัจจัยนั้นมีนัยสำคัญ



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อค่าการตอบสนองของแรงดึงของข้อมูลแบบที่ 2

จากรูปที่ 6 ปัจจัย A และ B (กระแสไฟฟ้า (Amp) กับระยะการเชื่อมจุดในแกน Dx) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมที่ส่งผลต่อค่าการตอบสนองของแรงดึง

สูงสุด และปัจจัย B (ระยะการเชื่อมจุดในแกน Dx) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมที่ส่งผลต่อค่าการตอบสนองของแรงดึงรองลงมา ที่พิจารณาจากเส้นสีแดง (Critical Value Line) ที่ตำแหน่ง 3.182 เป็นค่าเกณฑ์ (Critical Value) ที่ใช้ในการพิจารณาของปัจจัย A และ B มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถ้าขนาดผล (Standardized Effect) ของปัจจัยใดสูงกว่าเส้นนี้ แสดงว่าปัจจัยนั้นมีนัยสำคัญ

4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย (Response Surface Regression)

การทดลองแบบที่ 1 และการทดลองแบบที่ 2 และผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึง โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Response Surface Regression แบบที่ 1

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	3809.49	761.90	3.80	0.151
Linear	2	248.04	124.02	0.62	0.596
Amp	1	236.46	236.46	1.18	0.357
Dy	1	11.57	11.57	0.06	0.826
Square	2	1289.35	644.67	3.21	0.179
Amp*Amp	1	1289.19	1289.19	6.43	0.085
Dy*Dy	1	0.15	0.15	0.00	0.980
2-Way Interaction	1	2272.11	2272.11	11.33	0.044
Amp*Dy	1	2272.11	2272.11	11.33	0.044
Error	3	601.57	200.52		
Total	8	4411.06			

จากตารางที่ 5 พบว่า ปัจจัยกระแสไฟฟ้ากับระยะการเชื่อมจุดในแกน Dy เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมที่มีค่า p-Value <0.05 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจของปัจจัยกับค่าผลตอบสนอง (R-sq) แสดงถึงความเชื่อมั่นของข้อมูลมีค่า 86.36% และสมการการถดถอย (Regression Equation) แบบ Uncoded Units แสดงหน่วยจริงของปัจจัย ดังสมการที่ 1

บทความวิจัย (Research Article)

$$\begin{aligned} \text{Tensile Strength} &= 224.4 - 0.2592 \text{ Amp} - 9.03 \text{ Dy} + 0.000071 \text{ Amp} \cdot \text{Amp} \\ &\quad - 0.011 \text{ Dy} \cdot \text{Dy} + 0.00794 \text{ Amp} \cdot \text{Dy} \quad (1) \end{aligned}$$

และผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึง โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Response Surface Regression แบบที่ 2

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	901.235	180.247	14.64	0.026
Linear	2	35.741	17.870	1.45	0.362
Amp	1	1.500	1.500	0.12	0.750
Dx	1	34.241	34.241	2.78	0.194
Square	2	189.494	94.747	7.70	0.066
Amp*Amp	1	17.340	17.340	1.41	0.321
Dx*Dx	1	172.154	172.154	13.98	0.033
2-Way Interaction	1	676.000	676.000	54.90	0.005
Amp*Dx	1	676.000	676.000	54.90	0.005
Error	3	36.938	12.313		
Total	8	938.173			

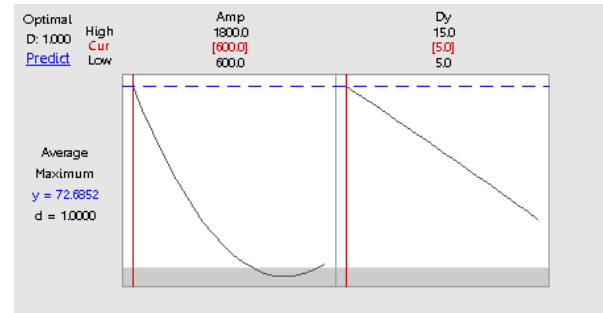
จากตารางที่ 6 พบว่า ปัจจัยกระแสไฟฟ้ากับระยะการเชื่อมจุดในแกน Dx เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมที่มีค่า p-Value <0.05 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจของปัจจัยกับค่าผลตอบแทน (R-sq) แสดงถึงความเชื่อมั่นของข้อมูลมีค่า 96.06% และสมการการถดถอย (Regression Equation) แบบ Uncoded Units แสดงหน่วยจริงของปัจจัย ดังสมการที่ 2

$$\begin{aligned} \text{Tensile Strength} &= 111.7 - 0.0621 \text{ Amp} - 12.14 \text{ Dx} + 0.000008 \text{ Amp} \cdot \text{Amp} \\ &\quad + 0.3711 \text{ Dx} \cdot \text{Dx} + 0.004333 \text{ Amp} \cdot \text{Dx} \quad (2) \end{aligned}$$

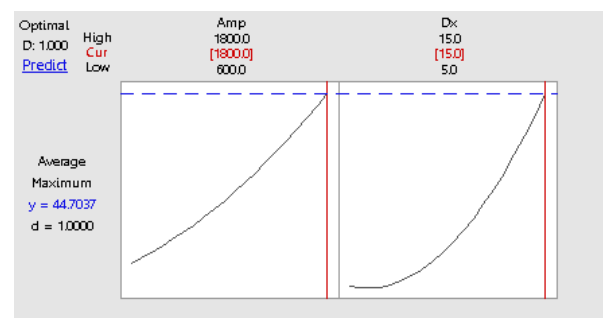
4.3 การหาของปัจจัยที่เหมาะสม (Optimization)

การทดลองแบบที่ 1 และการทดลองแบบที่ 2 และจากรูปที่ 7 แสดงถึงการวิเคราะห์เพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการทดลอง โดยใช้ปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการทดลอง โดยปัจจัย Amp และ Dy เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าการตอบสนองแรงดึงมีค่าสูงสุด ทำให้ค่าการตอบสนอง (Average) มีค่าสูงสุดที่ 72.6852 กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (KN/mm²) โดยค่าของกระแสไฟฟ้าตั้งไว้ที่

600 แอมป์ และ Dy ตั้งไว้ที่ 5 มิลลิเมตร ที่ทำให้มีค่าดัชนีความเหมาะสม (Desirability Index) เท่ากับ 1 ที่มีความเหมาะสมของระดับของปัจจัย



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลตอบสนองของระดับปัจจัยที่เหมาะสม (Optimization plot) [1]



รูปที่ 8 กราฟแสดงผลตอบสนองของระดับปัจจัยที่เหมาะสม (Optimization plot)

จากรูปที่ 8 แสดงถึงการวิเคราะห์เพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการทดลอง โดยใช้ปัจจัยกระแสไฟฟ้า (Amp) และ Dx เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าการตอบสนองแรงดึงมีค่าสูงสุด ทำให้ค่าการตอบสนอง (Average) มีค่าสูงสุดที่ 44.7037 กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (KN/mm²) โดยค่าของกระแสไฟฟ้า (Amp) ตั้งไว้ที่ 1800 แอมป์ และ Dy ตั้งไว้ที่ 15 มิลลิเมตร ที่ทำให้มีค่าดัชนีความเหมาะสม (Desirability Index) เท่ากับ 1 ที่มีความเหมาะสมของระดับของปัจจัย

5. สรุปผล

ศุภกิจ เดิกศิริ และ คณะ, การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสำหรับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสามระดับ

บทความวิจัย (Research Article)

ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมกรณีมีผลตอบสนองเพียงค่าเดียว คือกระบวนการที่ต้องการปรับค่าตัวแปรที่ควบคุมได้ (ปัจจัย) เพื่อให้ผลตอบสนองที่สนใจมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด หรือเพื่อให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ต้องการ ในอุตสาหกรรมยานยนต์จะลดของเสียและเพิ่มคุณภาพในกระบวนการเชื่อมประกอบรถยนต์ [12] และในงานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าแรงดึงของการเชื่อมความต้านแบบจุดด้วยการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล 3^2 ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลอง 2 รูปแบบ สำหรับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยแบบที่ 1 มี $k = 2$ ปัจจัยในการทดลอง ได้แก่ กระแสไฟฟ้า (Amp) ปรับค่ากระแสไฟฟ้า เบอร์ 1 (600 Amp) เบอร์ 2 (1200 Amp) และเบอร์ 3 (1800 Amp) ระยะการเชื่อมจุดในแกน Dy ทดสอบที่ระยะ 5 10 และ 15 มิลลิเมตร และแบบที่ 2 มี $k = 2$ ปัจจัยในการทดลอง ได้แก่ กระแสไฟฟ้า (Amp) ปรับค่ากระแสไฟฟ้า เบอร์ 1 (600 Amp) เบอร์ 2 (1200 Amp) และเบอร์ 3 (1800 A) ระยะการเชื่อมจุดในแกน Dx ทดสอบที่ระยะ 5 10 และ 15 มิลลิเมตร และผลตอบสนองจะเป็นค่าแรงดึงกิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (KN/mm²) และเมื่อนำชิ้นงานที่ปรับค่าตามแผนการทดลองดังกล่าว ไปทดสอบหาค่าแรงดึง และบันทึกผลข้อมูลในแต่ละการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (Minitab Version 18) จะได้ปัจจัยที่เหมาะสม (Optimization) ในการทดลองแบบที่ 1 มีค่าผลตอบสนอง (Average) มีค่าสูงสุดที่ 72.6852 KN/mm² โดยค่าของ Amp ตั้งไว้ที่ 600 แอมป์ และ Dy ตั้งไว้ที่ 5 มิลลิเมตร และแบบที่ 2 ค่าผลตอบสนอง (Average) มีค่าสูงสุดที่ 44.7037 KN/mm² โดยค่าของแอมป์ (Amp) ตั้งไว้ที่ 1800 แอมป์ และ Dy ตั้งไว้ที่ 15 มิลลิเมตร ที่ทำให้ได้ค่าแรงดึงสูงสุด

งานวิจัยนี้ทำการหาปัจจัยที่เหมาะสมกรณีมีผลตอบสนองเพียงค่าเดียว ซึ่งสามารถนำแนวทางนี้ไป

ใช้กับงานด้านอื่นๆ เช่น การทดสอบแรงกด การวัดความเรียบผิว การทดสอบความแข็งแรง และช่วยลดการลองผิดลองถูก (Trial and Error) จากการปรับตั้งค่าของปัจจัย ในงานวิจัยในอนาคตผู้วิจัยอาจจะพิจารณาผลตอบสนองที่มีหลายค่า (Multi-Response Optimization: MRO) [13] ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและตัดสินใจยุ่งยาก และการหาปัจจัยที่เหมาะสมจึงมีความยากในการหาปัจจัย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้การสนับสนุนบทความวิจัยนี้ รวมถึงผู้ประเมินบทความวิจัยทุกท่านที่สละเวลาให้ข้อเสนอแนะทำให้บทความวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Rajarajan, T. Sonar, P. Sivaraj, S. Raja, and N. Mathiazhagan, "The effect of resistance spot welding parameters on microstructure and strength of DP800 steel joints using response surface methodology," *Advances in Materials Science*, vol. 22, no. 3, Walter de Gruyter GmbH, pp. 53–78, Sep. 01, 2022. doi: 10.2478/adms-2022-0013.
- [2] M. Ramdani, M. Benachour, and M. Rahou, "The effects of resistance spot welding parameters on the mechanical behavior of stainless steel," *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 13, no. 2, pp. 10501–10504, Apr. 02, 2023. doi: 10.48084/etasr.5019.
- [3] T. Arunchai, K. Sonthipermpon, P. Apichayakul, and K. Tamee, "Resistance spot welding optimization based on

บทความวิจัย (Research Article)

- artificial neural network," *International Journal of Manufacturing Engineering*, vol. 2014, Hindawi Limited, pp. 1–6, Nov. 09, 2014. doi: 10.1155/2014/154784.
- [4] Y. He, K. Yang, X. Wang, H. Huang, and J. Chen, "Quality prediction and parameter optimisation of resistance spot welding using machine learning," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 19, MDPI AG, p. 9625, Sep. 25, 2022. doi: 10.3390/app12199625.
- [5] กวิน สนธิเพิ่มพูน, ชลลดา เรือนอินทร์, เดชฤทธิ์ กิตติเดช, และปริญญญา ดวงจิตร, "การหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการเชื่อมจุดของอลูมิเนียมอัลลอย 6061-T6 ในอุตสาหกรรมยานยนต์," *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, ปีที่ 18, ฉบับที่ 2, หน้า 96-110, 2566.
- [6] ภูเมศวร์ แสงระยับ และ นิวัฒน์ มุแก้ม, "อิทธิพลของตัวแปรในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยต่อแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม 316L," *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, ปีที่ 14, ฉบับที่ 3, หน้า 705-721, 2565.
- [7] วรญา วัฒนจิตศิริ, สุรัตน์ ทรัพย์วนพงศ์, และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์, "การหาค่าตัวแปรการเชื่อมเสียดทานแบบจุดรอยต่อเกยระหว่างอะลูมิเนียมและเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี," *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, ปีที่ 28, ฉบับที่ 4, หน้า 59-68, 2560.
- [8] มุhammad เต๊ะยอ, อามีนา เมฆารัฐ และประภาศ เมืองจันทร์บุรี, "การเชื่อมอะลูมิเนียมหล่อกิ่งแข็งระหว่าง SSM356 กับ SSM6061โดยกรรมวิธีการเชื่อมทิกและการเชื่อมเสียดทานแบบกวน," *Naresuan University Journal: Science and Technology*, ปีที่ 3, ฉบับที่ 26, หน้า 113-132, 2018.
- [9] สิทธิชัย เจริญราช, ยอดเปรม ภูกำเนิด และสุริยา ประสมทอง, "การพิจารณาสถานะที่เหมาะสมในการเชื่อมพอกผิวต่อการต้านทานการสึกหรอด้วยกระบวนการเชื่อมแก๊สทั้งสแตนเลสอาร์คแบบลวดร้อนโดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง," *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 17, ฉบับที่ 2, หน้า 87-102, 2564.
- [10] สุชาดา มะโนชัย และสมเกียรติ จงประสิทธิ์พร, "การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตในกระบวนการเชื่อมแบบจุดโดยวิธีการออกแบบการทดลองกรณีศึกษาฐานโซ่คอป," ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555, หน้า 194-202.
- [11] E. Hazir, K. Hüseyin Koc, and S. Hızıroglu, "Optimization of sanding parameters using response surface methodology," *Maderas. Ciencia y tecnología*, no. ahead, Universidad del Bio Bio, pp. 0-0, 2017. doi: 10.4067/s0718-221x2017005000101.
- [12] ณัฐวดี มหานิล, บุญเกื้อ หวังรายกลาง, สมพร จงอร่ามเรือง, วิรัชชัย วินิจฉัย และวัชรินทร์ จัตุกุล, "การประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ตามแนวคิดของซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดของเสียในกระบวนการเชื่อมประกอบรถยนต์," *JSCI-SBU*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 68–81, 2024.
- [13] วราภรณ์ แก้วศิริ, อานุภาพ วงษ์แก้ว, และนรงค์ วิชาพา, "การประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS สำหรับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีตอบสนองหลายค่า," *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, JEIT*, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4, หน้า 12–21, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

การคัดแยกคุณภาพของปลาตะเพียนขาวด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึกและแชทบอทสำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่าย

อัจฉรา ชุมพล^{1*}, สรายุทธ กรวิรัตน์¹, รณชัย สังหมั่นเม้า¹, นรงค์ วิชาผา², ปรีชาติ เบอร์ขุนทด¹, แพรว สীগาลุน¹
และ ภัทรพล เกواهرิต³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

³ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*ผู้ประสานงานบทความฉบับนี้: atchara.ch@ksu.ac.th

(รับบทความ: 8 ตุลาคม 2567; แก้ไขบทความ: 24 ตุลาคม 2567; ตอรับบทความ: 29 ตุลาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ แก้ไขข้อจำกัดของการคัดแยกคุณภาพปลาตะเพียนขาวด้วยสายตาตามมนุษย์ ซึ่งมีความแม่นยำจำกัดและไม่สม่ำเสมอ โดยพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกคุณภาพปลา โดยอาศัยการวิเคราะห์ภาพถ่าย โมเดลที่ใช้คือโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) ที่ถูกฝึกด้วยชุดข้อมูลภาพถ่ายจำนวน 700 ภาพที่เก็บรวบรวมในระยะเวลา 7 วัน โดยมีการใช้ตัวเพิ่มประสิทธิภาพ ADAM ในการปรับพารามิเตอร์ระหว่างการฝึก เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกภาพ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาแชทบอทผ่านแอปพลิเคชัน Line เพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบคุณภาพปลาแบบเรียลไทม์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า โมเดลที่พัฒนาสามารถจำแนกคุณภาพปลาได้ด้วยความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 98.12 ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการประมงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การคัดแยกคุณภาพปลา การเรียนรู้เชิงลึก การประมวลผลภาพ แชทบอท

การอ้างอิงบทความ: อัจฉรา ชุมพล, สรายุทธ กรวิรัตน์, รณชัย สังหมั่นเม้า, นรงค์ วิชาผา, ปรีชาติ เบอร์ขุนทด, แพรว สীগาลุน และ ภัทรพล เกواهرิต, "การคัดแยกคุณภาพของปลาตะเพียนขาวด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึกและแชทบอทสำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่าย," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 5, หน้า 44-51, 2567.

บทความวิจัย (Research Article)

Quality Sorting of Silver Barb Fish Using Deep Learning and Chatbot-Based Image Analysis

Atchara Choompol^{1,*}, Sarayut Gonwirat¹, Ronnachai Sangmuenmao¹, Narong Wichapa²,
Parichat Berkhuntod¹, Phaewa Sikalun¹ and Phattarapol Phaowarit³

¹ Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

³ Department of Information Technology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

* Corresponding Author: atchara.ch@ksu.ac.th

(Received: October 8, 2024; Revised: October 24, 2024; Accepted: October 29, 2024)

Abstract

This research aimed to address the limitations of manual quality sorting of silver barb fish, which suffered from limited accuracy and inconsistency. A deep learning model was developed to enhance the efficiency of fish quality classification based on image analysis. The model employed a Convolutional Neural Network (CNN), which was trained using a dataset of 700 images collected over a period of seven days. The ADAM optimizer was utilized to adjust the model's parameters during training, improving the accuracy of image classification. Additionally, a chatbot was developed through the Line Application to facilitate real-time fish quality inspection. The research findings demonstrated that the developed model classified fish quality with an accuracy of 98.12%, highlighting its potential for effective application in the fishing industry.

Keywords: Fish quality classification, Deep learning, Image classification, Chatbot

Please cite this article as: A. Choompol, S. Gonwirat, R. Sangmuenmao, N. Wichapa, P. Berkhuntod, P. Sikalun and P. Phaowarit, "Quality Sorting of Silver Barb Fish Using Deep Learning and Chatbot-Based Image Analysis," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 5, pp. 44-51, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการประมงของประเทศไทยมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มปลาน้ำจืด เช่น ปลาดุกเพียนและปลากะมัง ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตอาหารแปรรูปต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นปลาดุกแห้ง ปลาส้ม และผลิตภัณฑ์จากไข่ปลา สินค้าเหล่านี้มีความต้องการสูงทั้งในตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ ความสำเร็จของอุตสาหกรรมนี้พึ่งพาคุณภาพของวัตถุดิบปลาอย่างมาก ซึ่งส่งผลต่อมูลค่าและความสามารถในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์ในตลาด [1]

อย่างไรก็ตาม กระบวนการคัดแยกคุณภาพปลาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังคงอาศัยการประเมินด้วยสายตามนุษย์ ซึ่งมีข้อจำกัดทั้งในด้านเวลา ความแม่นยำ และความสม่ำเสมอ การพึ่งพาแรงงานมนุษย์ในการคัดแยกปลาไม่เพียงทำให้เกิดข้อผิดพลาด แต่ยังทำให้กระบวนการมีต้นทุนสูง [2] การนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เข้ามาช่วยในการคัดแยกคุณภาพปลาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง [3]

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Deep Learning ในการคัดแยกคุณภาพปลานั้นเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากเทคโนโลยีนี้สามารถช่วยลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ได้ งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ Deep Learning ในการประมวลผลภาพสำหรับการจำแนกประเภทต่าง ๆ เช่น งานวิจัยของ Krizhevsky และคณะ (2012) ที่ได้พัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) เพื่อใช้ในการจำแนกภาพจากชุดข้อมูล ImageNet [4] นอกจากนี้ งานวิจัยของ Chollet (2018) และ Li & Zhang (2022) ยังแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการนำ CNN มาใช้ในการจำแนกคุณภาพปลาจากภาพถ่ายเช่นกัน [5][6] อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโมเดลที่สามารถวิเคราะห์และจำแนกปลาจากข้อมูลภาพถ่ายได้อย่างแม่นยำนั้น จำเป็นต้องมี

การจัดการกับข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นจากคุณภาพของภาพถ่าย เช่น แสงเงาที่แตกต่างกัน ความไม่สม่ำเสมอของระยะห่างในการถ่ายภาพ และการเก็บข้อมูลภาพถ่ายที่มีความหลากหลายเพียงพอ นอกจากนี้ ความท้าทายในการพัฒนาโมเดลที่สามารถใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรมประมง เช่น การตรวจสอบความสดของปลาตามเวลาจริง และการตอบสนองที่รวดเร็วต่อการคัดแยกคุณภาพปลาจากภาพถ่าย ยังคงเป็นประเด็นที่ต้องพิจารณาในการพัฒนาเทคโนโลยีนี้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การนำเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้ในการคัดแยกคุณภาพปลาดุกเพียนขาวจากภาพถ่าย โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) เพื่อวิเคราะห์และจำแนกปลาว่าสดหรือไม่สด อีกทั้งยังได้พัฒนาแอปพลิเคชัน Application Line เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการอัปโหลดภาพและรับผลการวิเคราะห์ในเวลาจริง ซึ่งการใช้งานเทคโนโลยีนี้จะช่วยลดข้อผิดพลาดจากมนุษย์ เพิ่มความแม่นยำในการคัดแยก และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในอุตสาหกรรมประมงของไทย

2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) คือส่วนหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ระบบคอมพิวเตอร์เรียนรู้และประมวลผลข้อมูลอย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องมีการตั้งค่ากฎเกณฑ์ล่วงหน้า [4] แนวคิดนี้เกิดขึ้นจากการพัฒนาของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงซับซ้อน เช่น การประมวลผลภาพ การแยกแยะวัตถุ และการรู้จำคำพูด การเรียนรู้เชิงลึกทำงานโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ที่มีโครงสร้างหลายชั้น (Layered Structure) ซึ่งชั้นเหล่านี้จะช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้และดึงคุณลักษณะสำคัญออกจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไป

บทความวิจัย (Research Article)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) เป็นหนึ่งในสถาปัตยกรรมที่นิยมใช้ในการประมวลผลภาพ ด้วยการสกัดคุณลักษณะเฉพาะจากภาพแล้วนำไปประมวลผลเพื่อจำแนกวัตถุในภาพ [7] CNN ถูกนำมาใช้ในหลายด้าน เช่น การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ การรู้จำใบหน้า และการตรวจจับวัตถุจากภาพถ่ายหรือวิดีโอ

การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) คือกระบวนการที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถ "มองเห็น" และเข้าใจภาพดิจิทัลได้ เช่น การจำแนกประเภทของวัตถุในภาพ การตรวจจับวัตถุ และการแยกแยะลักษณะต่าง ๆ ของวัตถุ การประมวลผลภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการจำแนกภาพ (Image Classification) โดยใช้ CNN ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความแม่นยำสูงในการประมวลผลภาพและการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในภาพ [7] การประมวลผลภาพได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เช่น การวิเคราะห์ทางการแพทย์และระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ

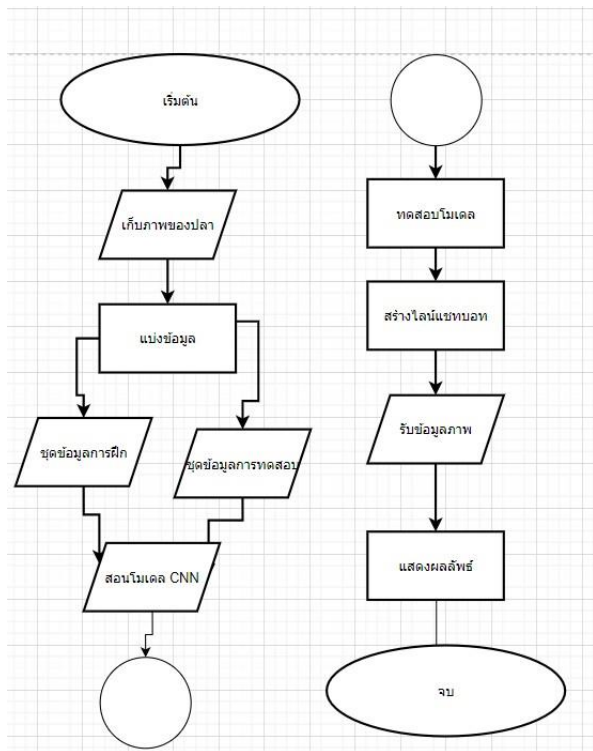
จากการสำรวจงานวิจัยก่อนหน้านี้ซึ่งนำ Deep Learning มาใช้ในงานจำแนกภาพ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Chollet ที่ได้พัฒนาโมเดล CNN สำหรับจำแนกภาพและการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน [8] และ Li และ Zhang ได้ทำการทดลองใช้ Deep Learning ในการจำแนกสายพันธุ์ปลาจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิค CNN เช่นกัน ผลลัพธ์จากงานวิจัยดังกล่าวได้แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำที่สูงในการจำแนกสายพันธุ์ปลาผ่านการประมวลผลภาพถ่าย [9] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา เช่น การประเมินผลลัพธ์ในสถานะที่หลากหลาย งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาและทดสอบโมเดลในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์การใช้งานจริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกคุณภาพปลา นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาแชทบอทที่เชื่อมต่อกับโมเดลเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถ

ประเมินคุณภาพปลาได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ในอุตสาหกรรม

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยถ่ายภาพปลาตะเพียนขาวที่ถูกจัดเก็บในสถานะการแช่เย็นเพื่อตรวจสอบความสดของปลา ภาพถ่ายเหล่านี้ได้ถูกเก็บรวบรวมทุกวันเป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของปลาตามช่วงเวลา โดยมีการควบคุมระยะห่างจากกล้องถ่ายภาพและความสูงที่เท่ากัน (50 เซนติเมตร) เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพและความสม่ำเสมอในการประมวลผล จากนั้นข้อมูลภาพที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) ซึ่งโมเดลจะถูกฝึกด้วยข้อมูลภาพถ่ายเหล่านี้เพื่อเรียนรู้คุณลักษณะที่บ่งบอกถึงความสดของปลา และสามารถจำแนกได้ว่าปลานั้นสดหรือไม่สด นอกจากนี้ยังมีการใช้ตัวเพิ่มประสิทธิภาพ ADAM เพื่อปรับพารามิเตอร์ของโมเดลในระหว่างการฝึก เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการจำแนก ทั้งนี้โมเดลที่พัฒนาขึ้นได้ถูกเชื่อมต่อกับแชทบอทที่สร้างขึ้นผ่าน Line Messaging API โดยแชทบอทที่พัฒนาขึ้นสามารถรับภาพถ่ายจากผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และส่งผลการวิเคราะห์คุณภาพปลาให้ผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบคุณภาพของปลาได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว รายละเอียดขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย แสดงดังรูปที่ 1

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาข้อมูลเกณฑ์การคัดแยกคุณภาพความสดของปลา จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์แปรรูปปลา ซึ่งได้คัดเลือกปลาสำหรับใช้ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ตามความสดของปลา โดยที่ปลาที่มีการแช่เย็นไว้ไม่เกิน 2 วัน จัดเป็นปลาสด จะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลาต้ม หากเลยระยะเวลาดังกล่าว จะถูกนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ปลาร้า โครงการนี้จะทำการคัดแยกคุณภาพความสดของปลา โดยใช้ภาพถ่าย ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายปลาในแต่ละวัน โดยการทดลองได้ทำการจัดเก็บภาพถ่ายเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของสภาพปลา เป็นเวลา 7 วัน และได้มีการออกแบบอุปกรณ์เก็บข้อมูลเพื่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูลภาพ ลดปัญหาสัญญาณรบกวนและเพื่อคงระยะการถ่ายภาพให้สม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล โดยที่อุปกรณ์จัดเก็บ

ข้อมูลประกอบด้วย โทรศัพท์มือถือสำหรับถ่ายภาพ อุปกรณ์ถ่ายภาพซึ่งผู้จัดทำโครงการได้จัดให้มีระยะความสูง เท่ากับ 50 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 อุปกรณ์ถ่ายภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการถ่ายภาพปลาในแต่ละวัน จำนวนภาพทั้งหมด 700 ภาพ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มปลาสด (อายุการจัดเก็บไม่เกิน 2 วัน) จำนวน 200 ภาพ และกลุ่มปลาไม่สด (อายุการจัดเก็บ 3 วันขึ้นไป) จำนวน 500 ภาพ ตัวอย่างชุดข้อมูลที่รวบรวม ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ภาพตัวอย่างชุดข้อมูล

วันที่	ภาพตัวอย่าง
วันที่ 1	
วันที่ 2	
วันที่ 3	

บทความวิจัย (Research Article)

วันที่	ภาพตัวอย่าง
วันที่ 4	
วันที่ 5	
วันที่ 6	
วันที่ 7	

3.2 วิธีการเตรียมข้อมูล

ในการเตรียมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำภาพถ่ายที่รวบรวมมาปรับขนาดให้มีความละเอียด 224x224 พิกเซล เพื่อให้ได้มาตรฐานที่สอดคล้องกับความต้องการของการฝึกโมเดล และทำการกำจัดข้อมูลที่มีปัญหา เช่น ภาพที่ไม่ชัดเจนหรือภาพที่ไม่สมบูรณ์ ออกจากชุดข้อมูล เพื่อรักษาคุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในการฝึกโมเดล จากนั้นใช้เทคนิคการเพิ่มข้อมูล (Data Augmentation) ซึ่งประกอบด้วย การพลิกภาพในแนวนอน การหมุนภาพในมุมต่าง ๆ และการปรับระดับแสงสว่าง เพื่อเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูลและลดความเสี่ยงจากการเกิด overfitting

3.3 การพัฒนาโมเดล

โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ใช้ในการคัดแยกคุณภาพปลานี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) โครงสร้างของ CNN ประกอบด้วย ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) ที่ทำหน้าที่

สกัดคุณลักษณะจากภาพ ชั้นพูลลิง (Pooling Layer) ที่ช่วยลดขนาดข้อมูล และชั้นเชื่อมต่อทั้งหมด (Fully Connected Layer) เพื่อจำแนกภาพ โมเดลนี้ใช้ตัวเพิ่มประสิทธิภาพ ADAM เพื่อปรับพารามิเตอร์ในระหว่างการฝึกโมเดล [11]

3.4 การพัฒนาแชทบอท

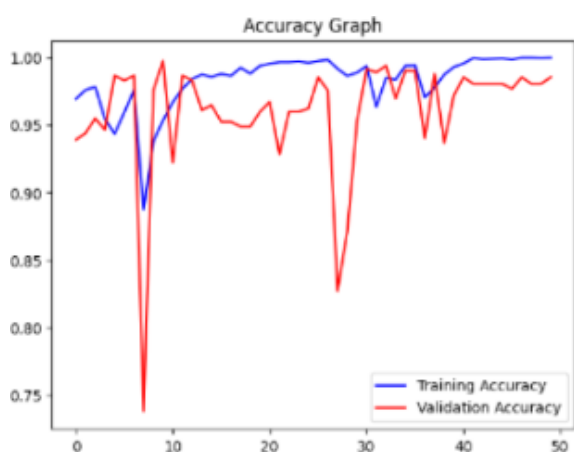
ในส่วนของการพัฒนา Chatbot เพื่อช่วยในการตรวจสอบคุณภาพปลาตะเพียนขาวแบบเรียลไทม์ ใช้ Python เวอร์ชัน 3.9.0 ร่วมกับ Flask ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กสำหรับสร้าง API และจัดการการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้ Line Messaging API สำหรับการส่งและรับข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานและเซิร์ฟเวอร์ เมื่อผู้ใช้งานอัปโหลดภาพปลาผ่านแอปพลิเคชัน Line ภาพจะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่รันโมเดล CNN ที่พัฒนาขึ้น กระบวนการนี้ใช้ TensorFlow และ Keras เวอร์ชัน 2.9.0 ในการประมวลผลภาพ โมเดล CNN จะทำการวิเคราะห์ภาพเพื่อจำแนกคุณภาพของปลาเป็น "สด" หรือ "ไม่สด" ผลการวิเคราะห์จะถูกส่งกลับผ่าน Line Messaging API เพื่อแจ้งผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบ Chatbot กับชุดข้อมูลทดสอบ เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพและตรวจสอบความแม่นยำในการวิเคราะห์ หลังจากนั้นได้ทำการปรับแต่งเพื่อให้การตอบสนองมีความถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งการพัฒนา Chatbot นี้ช่วยให้การใช้งานเทคโนโลยี Deep Learning มีความสะดวกและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการประมงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบคุณภาพปลาได้ทุกที่ทุกเวลาในรูปแบบเรียลไทม์ [12]

4. ผลการทดลอง

โมเดลที่พัฒนาขึ้นถูกทดสอบกับชุดข้อมูลที่ถูกแยกไว้สำหรับการทดสอบ โดยกำหนดข้อมูลสำหรับการฝึกโมเดลและข้อมูลสำหรับการทดสอบ 80:20 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดล CNN ที่พัฒนา

บทความวิจัย (Research Article)

สามารถจำแนกคุณภาพของปลาตะเพียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวัดจากค่าความถูกต้อง (Accuracy) เท่ากับ 98.12% โดยผลการวัดจากค่าความถูกต้อง (Accuracy) ด้วยการคำนวณ Confusion Matrix ที่บ่งบอกถึงการจำแนกที่ถูกต้องและผิดพลาด [13] ผลประสิทธิภาพโมเดลแสดงดังในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพความถูกต้องของโมเดลที่พัฒนา



รูปที่ 4 ค่าความผิดพลาดของโมเดล

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบการใช้งานแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้น โดยส่งภาพปลาไปที่ไลน์แชทบอท จำนวน 50 รูป ประกอบด้วย ปลาสด 25 รูป และปลาไม่สด 24 รูป พบว่า สามารถระบุความสดของปลาได้ถูกต้อง 100%

5. สรุปผล

การวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ Deep Learning ในการคัดแยกคุณภาพของปลา โดยโมเดลที่พัฒนาสามารถจำแนกความสดของปลาด้วยความแม่นยำสูง การพัฒนาแชทบอทช่วยเพิ่มความสะดวกในการนำไปใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม ประมุง โดยเฉพาะในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการคัดแยกคุณภาพปลาตะเพียนขาว ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้เชิงลึกผ่านโมเดล CNN ทำให้สามารถจำแนกคุณภาพปลาได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งช่วยลดการพึ่งพาแรงงานมนุษย์ที่อาจเกิดความผิดพลาด และทำให้กระบวนการคัดแยกมีความแม่นยำและสม่ำเสมอมากขึ้น นอกจากนี้ การพัฒนาแชทบอทที่เชื่อมต่อกับระบบยังช่วยให้สามารถตรวจสอบคุณภาพปลาได้ในรูปแบบเรียลไทม์ ส่งผลให้การจัดการคุณภาพปลาทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น

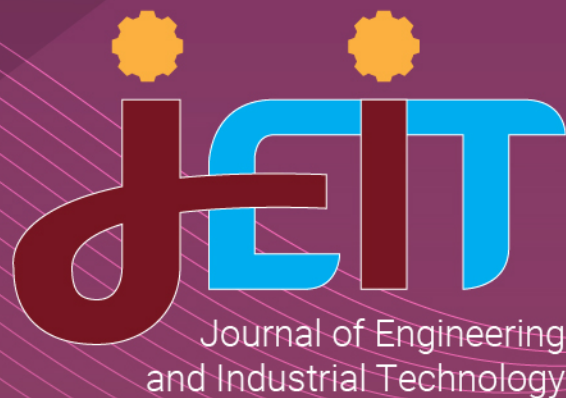
การวิจัยในอนาคตอาจมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงความแม่นยำของโมเดลเพิ่มเติมด้วยการเพิ่มชุดข้อมูลและเพิ่มความหลากหลายของข้อมูลโดยขยายขอบเขตการจำแนกปลาสายพันธุ์อื่น ๆ [14]

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมประมง, "รายงานสถานการณ์การผลิตสัตว์น้ำในประเทศไทย ปี 2563," กรมประมง, กรุงเทพฯ, 2563.
- [2] สุทธิวัฒน์ เบญจกุล, "การตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำ," มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 2548.
- [3] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," *Proceedings of the Neural Information Processing Systems (NIPS)*, 2012.

บทความวิจัย (Research Article)

- [4] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, "Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition," *Proceedings of the IEEE*, 1998.
- [5] F. Chollet, *Deep Learning with Python*, O'Reilly Media, United States, 2018.
- [6] T. Li and X. Zhang, "Deep Learning for Fish Species Classification," *Marine Technology Journal*, 2022.
- [7] A. Jain and B. Kamath, "Applications of Computer Vision in Object Detection," *International Journal of Computer Science*, 2020.
- [8] P. He and S. Li, "Convolutional Neural Network for Image Classification," Location not specified, 2019.
- [9] D. Kingma and J. Ba, "ADAM: A Method for Stochastic Optimization," *International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2015.
- [10] Line Corporation, "Line Messaging API documentation," Line Corporation, Japan, 2023.
- [11] X. Wang, "Applications of Deep Learning in Aquaculture," *Aquatic Science Review*, 2023.
- [12] G. Huang, Z. Liu, L. Van Der Maaten, and K. Q. Weinberger, "Densely Connected Convolutional Networks," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2017.
- [13] K. Simonyan and A. Zisserman, "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition," *International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2015.
- [14] R. Girshick, "Fast R-CNN," *International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2015.
- [15] O. Russakovsky et al., "ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge," *International Journal of Computer Vision (IJCV)*, 2015.



วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

กองบรรณาธิการวารสาร

"วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"

"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

โทร: 088-574-2199 Email: jeit@ksu.ac.th