

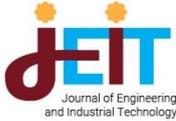
วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

ปีที่ 1 ฉบับที่ 6 (2023)
พฤศจิกายน - ธันวาคม 2566

ISSN 2985 0274 (Print)

ISSN 2985 0282 (Online)



กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

ปีที่ 1 ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน - ธันวาคม 2566)

Vol. 1 No. 6 (November – December 2023)

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

บทความที่ส่งเข้ามามายังวารสารจะได้รับการประเมินคุณภาพของผลงานทางวิชาการโดยหัวหน้ากองบรรณาธิการ (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.วิษุทธ จันทะรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม

ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

ดร.วิจิตรา โพธิสาร

อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สฤติพงษ์ เสี่ยงมศักดิ์
ดร.สวลี อุตรามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์**กองบรรณาธิการ**ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสี่ยงมิบูล
รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ปัตติยะ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก
รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมษฐานุวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.สกุลตลา วรรณปะเข
รองศาสตราจารย์ ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหลลาหามหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่นผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศานาถ แก้ววินิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงดาว วัฒนากลาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ แสงผ่อง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศณุ ชัยจิตวิมลกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กิตติเลิศไพศาล
รองศาสตราจารย์ ดร.เกตุร ดวงอุปมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ วิชามา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑนา ทองสุพล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยณัฐ โตอ่อน
ดร.อัจฉรา ชุมพล
ดร.วรพจน์ สมมูล
ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์**ทีมจัดการบทความและรูปแบบ**

1. ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี
2. ดร.อัจฉรา ชุมพล
3. ดร.สวลี อุตรา
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 ฐิตะภาส

โทร: 088-574-2199

Email: jeit@ksu.ac.th

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับปฐมฤกษ์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 6 เดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2566 จัดทำขึ้นตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์ของการดำเนินงานตามแนวทางการพัฒนาและขับเคลื่อนของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ซึ่งวารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย สนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ และผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเสนอผลงานวิชาการ นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน

ในโอกาสนี้ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งบทความมาลงตีพิมพ์เผยแพร่และขอขอบพระคุณผู้อ่านทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านคงได้รับประโยชน์จากผลงานทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

บรรณาธิการ

สารบัญ (Content)

	หน้า
กองบรรณาธิการ	II
บทบรรณาธิการ	IV
บทความวิจัย	
การพัฒนาเครื่องคัดแยกแครอทลูกเต๋าด้านแบบ : กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด ทวีศักดิ์ แซ่ม้อย และ จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ	1-14
การผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลเพื่อทดสอบใช้งาน ในเครื่องยนต์ ชินภัทร ชูระการ กัมปนาท ไชยเพชร และ เกยูร ดวงอุปมา	15-27
วิธีการจัดอันดับสำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงโดยใช้การประเมิน ประสิทธิภาพแบบไขว้แบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง และ วิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้เคียงสัมพัทธ์ นรงค์ วิชาผา และ อัจฉรา ชุมพล	28-37
การศึกษาปัจจัยต่อการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ ระดับอำเภอ กรณีศึกษา เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม อาภากร เขจรักษ์	38-45

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาเครื่องคัดแยกแครอทลูกเต๋าดันแบบ : กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด

ทวีศักดิ์ แซ่มซ้อย¹ และ จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: jarungrat@eau.ac.th

(รับบทความ: 26 กันยายน 2566; แก้ไขบทความ: 17 พฤศจิกายน 2566; ตอรับบทความ: 27 พฤศจิกายน 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อควบคุมคุณภาพการคัดแยกแครอทลูกเต๋าดันขนาด 10 มิลลิเมตร โดยการออกแบบและสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ ลดต้นทุนการผลิต และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การออกแบบและสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบมีขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง เท่ากับ 25x20x51 เซนติเมตร ตามลำดับ เครื่องต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 90 วัตต์ จากผลการทดลองพบว่า การคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋าดันด้วยแรงงานคนจำนวน 8 คน มีกำลังการผลิตเฉลี่ย 297 กิโลกรัม/วัน เครื่องคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋าดันแบบที่เครื่องต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 90 วัตต์ ใช้ผู้ผลิต 2 คน คือ มีหน้าที่บรรจุใส่ถุง ได้ผลผลิตเฉลี่ย 51.36 กิโลกรัม/วัน ซึ่งน้อยกว่าการคัดแยกขนาดด้วยแรงงานคนคิดเป็นร้อยละ 17.29 เมื่อเพิ่มต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าเป็น 746 วัตต์ กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 425.71 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นร้อยละ 67.76 เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน และประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋าดันแบบอยู่ที่ร้อยละ 92.94 จากการวิเคราะห์คุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ทำให้พบว่าปริมาณการผลิตที่คุ้มทุนเท่ากับ 425.71 กิโลกรัม/วัน โดยระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรอยู่ที่ 26 วัน

คำสำคัญ: เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ประสิทธิภาพโดยรวมระยะเวลาคืนทุน

การอ้างอิงบทความ: ทวีศักดิ์ แซ่มซ้อย และ จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ, “การพัฒนาเครื่องคัดแยกแครอทลูกเต๋าดันแบบ : กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด,” วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 6, หน้า 1-14, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

The Design And Developing of Dice Carrot Size Sorting Machine : A Case Study of ABC Co.Ltd

Thawisak Chaemchoi¹ and Jarungrat Pansuwan^{1,*}

¹ Department of Industrial Engineering, School of Engineering, Eastern Asia University

* Corresponding Author: jarungrat@eau.ac.th

(Received: September 26, 2023; Revised: November 17, 2023; Accepted: November 27, 2023)

Abstract

The objective of this research was to control the quality of carrot size screening in 10 millimeters by designing and developing a prototype of a dice carrot size sorting machine with cost savings and economic efficiency. The design and development of the dice carrot size sorting machine prototype had a size of 25x20x51 centimeters, respectively. Prime Movers needs 90 watts of electric motor. The result of the research has shown that by sorting the size of a diced carrot with 8 human laborers, the production capacity is 297 kilograms per day. The prototype of a dice-carrot-size sorting machine using a 90-watt motor along with two human laborers for placing plastic bags in the machine will have a production capacity of 51.36 kilograms per day. By using 90 watts of dice sorting machines, their production capacity of 17.29% is less than that of 8 human laborers. By increasing the power of the machine motor to 746 watts, the production capacity increased to 425.71 kilograms per day, which amounted to 67.76 percent compared to the labor force. And the overall equipment effectiveness of the carrot-size screening machine prototype was 92.94%. Economic analysis shows the break-even price of the product is 425.71 kilograms per day and the payback period is 26 days.

Keywords: Carrot Dice Master Slider, Economic value, Overall equipment effectiveness, Payback period

Please cite this article as: T. Chaemchoi and J. Pansuwan, "The Design And Developing of Dice Carrot Size Sorting Machine : A Case Study of ABC Co.Ltd," *The Journal of Engineering and Industrial Technology*, Kalasin University, vol. 1, no. 6, pp. 1-14, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

บริษัท ABC จำกัด ประกอบธุรกิจสินค้าเกี่ยวกับการเกษตร ทางบริษัทเป็นผู้ปลูกผลิตพืชผักและผลไม้แปรรูปที่ได้จากสินค้าเกษตร ซึ่งได้แก่ พืชผักเมืองร้อน พืชผักเมืองหนาว และผลไม้ เช่น พริกหวาน หัวหอมใหญ่ ต้นหอมญี่ปุ่น กระเทียม ชিং แครอท และอื่น ๆ โดยผลผลิตบางส่วนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผักผลไม้หั่นเต๋าและแช่เยือกแข็ง เช่น พริกหวาน หอมหัวใหญ่แครอท และฟักทอง เป็นต้น แต่เนื่องจากปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจมีอัตราการแข่งขันที่สูงขึ้นทำให้ผู้ผลิตต้องมีการปรับตัวและพัฒนากระบวนการการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้น

จากการที่ได้เข้าไปศึกษากระบวนการผลิตของบริษัท ABC จำกัด พบว่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตมีปริมาณน้อย (%Yield) ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นกับทางบริษัทและส่งผลกระทบต่อสายการผลิตมากที่สุดเกิดจากแผนกคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋าด้วยตะกร้า โดยใช้แรงงานคนในการร่อน สาเหตุของการได้ผลผลิตน้อยคือ แครอทติดอยู่ภายในของตะกร้าคัดแยก พนักงานใส่แครอทลูกเต๋าในการร่อนจำนวนมาก แครอทลูกเต๋ากระดอนออกจากตะกร้า และใช้เวลาในการร่อนแครอทลูกเต๋าสั้น จากสาเหตุดังกล่าวทำให้แครอทลูกเต๋าที่ไม่ได้ขนาดปะปนไปยังส่วนงานบรรจุแครอทลูกเต๋าแล้วถูกส่งไปยังลูกค้า ทำให้เกิดการส่งคืนสินค้าเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ส่งไปไม่ได้คุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ จากปัญหาเหล่านี้สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมเพื่อการแก้ปัญหาด้านขนาดวัตถุดิบ เพื่อเพิ่มผลผลิตวัตถุดิบและการลดค่าใช้จ่ายจากกระบวนการผลิต

2. วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมคุณภาพการคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋า โดยการออกแบบและสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าต้นแบบ ลดต้นทุนการผลิต และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในครั้งนี้อย่างส่วนของการสร้างเครื่องคัดแยกขนาด ต้นทุนการผลิต และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) เป็นตัวชี้วัดที่ครอบคลุมถึงการวัดประสิทธิภาพและการวัดประสิทธิผลการดำเนินงานของเครื่องจักร โดยมีวัตถุประสงค์ของวัดค่าการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร [8]

- ช่วยในการประเมินประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของเครื่องจักร
- นำมาใช้ในการปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิผลโดยรวมสูงสุด

ด้วยการใช้หลักการความสูญเสียหลัก 6 ประการที่มีผลต่อเครื่องจักรเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพและประสิทธิผลการดำเนินงานของเครื่องจักรซึ่งมีตัวแปรหลัก 3 ค่า คือ

- อัตราการเดินเครื่อง (Availability)
- ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency)
- อัตราคุณภาพ (Quality Rate)

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance Efficiency} \times \text{Quality Rate}$$

วรพงศ์ บุญช่วยแทน และคณะ [1] ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการคัดแยกเปลือกข้าวซ้อมมือ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกเปลือกข้าวซ้อมมือ เพื่อลดเวลาในการคัดแยกเปลือกข้าวซ้อมมือ และเพิ่มผลผลิตข้าวซ้อมมือให้เกษตรกร พร้อมทั้งลดการใช้ปริมาณแรงงานคนในขั้นตอนการคัดแยกเปลือกข้าวให้ได้เป็นข้าวซ้อมมือ โดยคำนึงถึงความสะอาดและความปลอดภัยทั้งผู้ปฏิบัติงาน และ

บทความวิจัย (Research Article)

ผู้บริโภครู้สึกว่าเครื่องตัดแยกเปลือกข้าวซ้อมมือใช้เวลาเฉลี่ย 3.06 นาที มีความสามารถในการแยกข้าวได้ 0.76 กิโลกรัม แยกข้าวเปลือก 0.17 กิโลกรัมและแกลบ 0.23 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนพบว่าเครื่องตัดแยกเปลือกข้าวซ้อมมือสามารถตัดแยกข้าวซ้อมมือได้ 22.75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็น 1.97 เท่าของแรงงานคนที่มีความสามารถในการตัดแยกได้ 11.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

รุ่งเพชร สุวรรณ บุญชัย แซ่ลิว และศุภรัชชัย วรรัตน์ [2] และปิยชาติ ธาตรีรัตนานนท์ [3] ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องร่อนทราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องร่อนทราย การสร้างเครื่องร่อนทรายสำหรับใช้ในโรงงานก่อสร้างเพื่อความรวดเร็วในการทำงาน ซึ่งมีขนาดความสูงเท่ากับ 100 เซนติเมตร ความกว้างเท่ากับ 70 เซนติเมตร ความยาวของตัวเครื่องตลอดแนว 100 cm โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 HP เป็นเครื่องต้นกำลังส่งผ่านกำลังโดยสายพานและต่อกับแกนกระทุ้งเพื่อให้ตระแกรงร่อนทรายทำงาน ผลการทดลองพบว่า เครื่องร่อนทรายใช้เวลาร่อนทราย 5 นาที ที่ปริมาณทรายเฉลี่ยที่ได้ทั้งหมด 90 กิโลกรัม คัดแยกได้ทรายละเอียด 73 กิโลกรัม และได้ทรายหยาบ 17 กิโลกรัม ในระยะเวลา 5 นาที ส่วนแรงงานคนร่อนทรายใช้เวลาในการร่อนทราย 5 นาที ที่ปริมาณทรายเฉลี่ยที่ได้ทั้งหมด 40 กิโลกรัม คัดแยกได้ทรายละเอียด 28 กิโลกรัม และได้ทรายหยาบ 12 กิโลกรัม

ศักดิ์สิทธิ์ แก้วคำ และคณะ [4] ได้ศึกษาการศึกษาเครื่องตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการการตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่และการเพิ่มผลผลิตด้วยเครื่องจักร สร้างเครื่องตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่มาเป็นต้นแบบและทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่ และเพื่อเผยแพร่เครื่องตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่แก่กลุ่มแปรรูปกาแฟบ้านสันเจริญ ผลการทดลองพบว่า เครื่องตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่สามารถทำงานได้ดีที่มุมเอียง 5 องศา มีความสามารถ

ในการตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่เบอร์ 1 เท่ากับร้อยละ 88 เบอร์ 2 เท่ากับร้อยละ 91 และเบอร์ 3 เท่ากับร้อยละ 94 มีประสิทธิภาพในการตัดแยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอร์รี่ในภาพรวมเท่ากับร้อยละ 91 และมีอัตราในการตัดแยกปริมาณเมล็ดกาแฟเชอร์รี่เท่ากับ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

นัสสรามีอินทร์ [5] ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องตัดแยกและผ่าผลลูกหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า เพื่อช่วยสนับสนุนและส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เพาะปลูกหมากสามารถพัฒนาวิธีการผลิตหมากแห้ง จากการทดสอบของเครื่องตัดแยกขนาดและผ่าผลลูกหมากได้แก่ การลดของเสีย การลดต้นทุน และการเพิ่มผลผลิต โดยทำการทดลองให้เครื่องทำการตัดแยกผลหมากโดยให้มีมิติสามารถผ่าได้ที่จุดกึ่งกลาง พบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวมมีค่าเท่ากับร้อยละ 89.28 และสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัยการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า เครื่องตัดแยกและผ่าผลลูกหมากมีระยะในการคืนทุนที่ 0.3 ปี

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ และคณะ [6] ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดขนาดกระเทียม เครื่องตัดขนาดกลีบกระเทียมถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและลดเวลาในการตัดขนาดกลีบกระเทียมสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องเทศ เครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างชุดตัดขนาด ช่องป้อนกลีบกระเทียม ระบบส่งกำลังและใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้นกำลังการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนกลีบกระเทียมที่ต้องการตัดขนาดลงในถังป้อนกลีบกระเทียมทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นกลีบกระเทียมจะไหลเข้าสู่ชุดตัดขนาดที่ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอกหมุน 3 ชั้น ที่สามารถตัดขนาดได้ 3 ขนาด และกระเทียมที่ผ่านการตัดขนาดจะไหลสู่ช่องทางออกต่าง ๆ ทางด้านหน้าเครื่อง จากการทดสอบโดยการป้อนแบบต่อเนื่องและใช้ความเร็วรอบของชุดตัด 10 15 และ 20 รอบต่อนาทีตามลำดับ พบว่าเครื่องตัดขนาดกระเทียมต้นแบบสามารถ

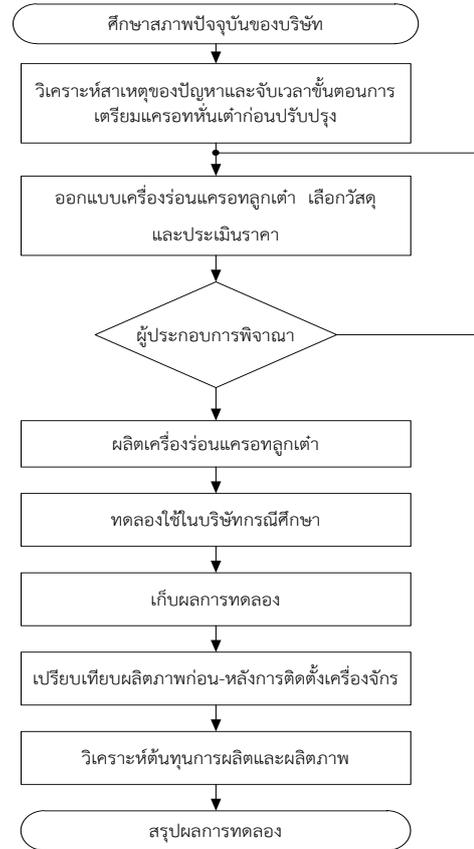
บทความวิจัย (Research Article)

ทำงานได้ดีที่ความเร็วของชุดคัตขนาด 20 รอบต่อ นาที มีความแม่นยำในการคัตขนาดร้อยละ 90.8 ความสามารถในการทำงาน 167.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.8 กิโลวัตต์- ชั่วโมง และผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ วิศวกรรม พบว่าเมื่อใช้เครื่องคัตขนาดกลีบกระเทียม 2,400 ชั่วโมงต่อปี ได้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 0.2 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 1.06 ปี และการใช้ งานที่จุดคุ้มทุน 557 ชั่วโมงต่อปี ในปีเดียวกัน ชัยวัฒน์ พงษ์มา ธิติ เสือจันทร์ และอภิวัฒน์ แสงสุวรรณ [7] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องคัตขนาดทรายเพื่อใช้ กรองน้ำให้ได้ 3 ขนาด ใช้หลักการทำงานโดยการ สั่นสะเทือนของตะแกรงเพื่อคัตขนาด และสามารถ ปรับมุมเอียงของตะแกรงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ คัตขนาดได้

จากรายละเอียดที่กล่าวมาในข้างต้นทฤษฎี และ การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ทำการศึกษา นั้นทำให้ได้ทราบหลักการแก้ปัญหาของสาเหตุใน กระบวนการผลิตแปรรูปแครอท รวมทั้งการออกแบบ และสร้างเครื่องในการคัตแยกขนาด สามารถประยุกต์ ทฤษฎีต่าง ๆ มาใช้ได้หลากหลายวิธีแต่ต้องเลือกให้ เหมาะสมกับลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งสามารถ ทำให้กระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น โดยการประยุกต์หลัก ต่าง ๆ ทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมที่สำคัญมีหลากหลาย แนวทางด้วยกันดังที่กล่าวมาในส่วนรายละเอียดของ ทฤษฎี และการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น นำมาใช้ในงานวิจัยนี้

4. วิธีการดำเนินงาน

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแครอทลูกเต๋า นำข้อมูลที่ได้มา วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไข จากนั้นจึงทำการ ออกแบบเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดั้งแบบ ตั้งแต่การ ออกแบบระบบการทำงาน จนถึงการออกแบบชิ้นส่วน ต่าง ๆ ของเครื่องโดยมีวิธีการดำเนินงานตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการดำเนินงาน

4.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแครอทลูกเต๋า พันธุ์ของแครอทไทยที่นิยมมี 4 ชนิด

- 1) พันธุ์หงส์แดง (New Kuruda)
- 2) พันธุ์มินิเอ็กซ์เพรส (Mini Express)
- 3) พันธุ์Thumbelina (Thumbelina)
- 4) พันธุ์ทัวร์โน เอฟวัน (Tourino F1)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแครอทลูกเต๋า คือ พันธุ์หงส์แดง (New Kuruda) จัดอยู่ในสายพันธุ์ขนทาน้ำ เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากมีลักษณะหัวอ้วน รูปกรวย ขนาดประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวได้มากกว่า 15 เซนติเมตรขึ้นไป น้ำหนักเฉลี่ย 250 กรัม ชอบดินร่วนปนทราย ปลูกได้ตลอดปีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 80-100 วัน ดังแสดงในรูปที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 2 พันธุ์หงส์แดง (New Kuruda)

4.2 กระบวนการผลิตแครอทลูกเต๋าขนาด 10 มิลลิเมตร

กระบวนการผลิตแครอทลูกเต๋าขนาด 10 มิลลิเมตร ประกอบด้วย ขั้นตอนหลัก 8 ขั้นตอน คือ รับแครอทจากลูกฟาร์ม ล้าง ปอกเปลือกแครอท เครื่องหั่นเต๋า คัดแยกขนาดแครอท บรรจุแครอทใส่ถุง เครื่องแช่ทำความเย็น และบรรจุลงกล่อง ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตแครอทลูกเต๋าขนาด 10 มิลลิเมตร

ขั้นตอนการทำแครอทลูกเต๋าขนาด 10 มิลลิเมตร สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

- 1) รับแครอทจากลูกฟาร์ม
- 2) ล้างแครอทและตัดหัวของแครอทออก

- 3) ปอกเปลือกแครอท
- 4) เครื่องหั่นลูกเต๋า
- 5) กระบวนการคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋า
- 6) บรรจุแครอทลงถุงน้ำหนัก 2 กิโลกรัม
- 7) เครื่องแช่ทำความเย็น
- 8) บรรจุลงกล่องน้ำหนัก 40 กิโลกรัม

4.3 กำลังการผลิตแครอทลูกเต๋าขนาด 10 มิลลิเมตร

การผลิตแครอทลูกเต๋าจากบริษัท ABC จำกัด ของเดือน มีนาคม พ.ศ.2561 ผลิตแครอทลูกเต๋าเฉลี่ย ที่ 2,370 กิโลกรัม/เดือน ดังแสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ผลผลิตแครอทลูกเต๋าของเดือน มีนาคม พ.ศ. 2561

สัปดาห์	ครั้งที่ทำการผลิต แครอทลูกเต๋า (กิโลกรัม)		ผลผลิตรวม (กิโลกรัม)
	1	2	
1	297	297	594
2	297	295	592
3	297	293	590
4	300	294	594
รวม	1,191	1,179	2,370

*หมายเหตุ ซึ่งใน 1 สัปดาห์ ทำงาน 2 วัน วันละ 8 ชั่วโมง และการผลิตแครอทลูกเต๋า 2 วัน/สัปดาห์

จากตารางที่ 1 การผลิตแครอทลูกเต๋าในเดือน มีนาคม พ.ศ.2561 ในการผลิตแครอทลูกเต๋า 1 สัปดาห์ พนักงานจะผลิตแครอทลูกเต๋าสัปดาห์ละ 2 ครั้งรวมทั้งหมด 8 ครั้ง ซึ่ง 1 เดือนจะผลิตแครอทลูกเต๋าทั้งหมด 8 ครั้ง ซึ่งสัปดาห์ที่ 1 ผลิตได้ 594 กิโลกรัม สัปดาห์ที่ 2 ผลิตได้ 592 กิโลกรัม สัปดาห์ที่ 3 ผลิตได้ 590 กิโลกรัม และสัปดาห์ที่ 4 ผลิตได้ 594 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 4 สัปดาห์ผลิตแครอทลูกเต๋าได้ 2,370 กิโลกรัม

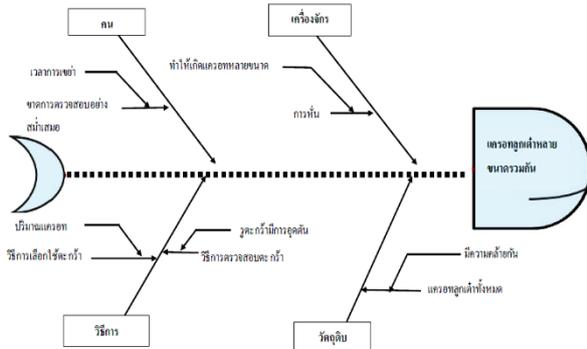
บทความวิจัย (Research Article)

4.4 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่เลือกนำมาแก้ไขปรับปรุง คือ ปัญหาการคัดแยกแครอทลูกเต๋ามากเกินไปขนาด จากนั้นจึงทำการปรึกษากับทีมผู้เชี่ยวชาญและคณะทำงานโดยมีการระดมความคิดจากฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และพนักงานที่ปฏิบัติงานคัดแยกแครอท เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ คน เครื่องจักร วัสดุ และวิธีการทำงาน จากนั้นนำสาเหตุหลักต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์หามาจัดทำผังก้างปลา และแยกสาเหตุย่อยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นลงในผังก้างปลา เพื่อให้ทราบว่าสาเหตุของแต่ละปัญหาเกิดปัจจัยใดบ้าง ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5

1) ปัญหาแครอทลูกเต๋ามากหลายขนาดรวมกัน

ปัจจัยของแครอทลูกเต๋ามากหลายขนาดรวมกันเกิดจากหลายปัจจัยคณะผู้วิจัยจึงได้ใช้ ผังแสดงเหตุและผล ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุของแครอทลูกเต๋ามากหลายขนาดรวมกัน

จากรูปที่ 4 เมื่อทำการพิจารณาปัจจัยหลักของแครอทลูกเต๋ามากหลายขนาดรวมกัน พบว่าปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้
 - การตรวจสอบ
 - วิธีการเลือกใช้ตะกร้า
 - วิธีการตรวจสอบตะกร้า
2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

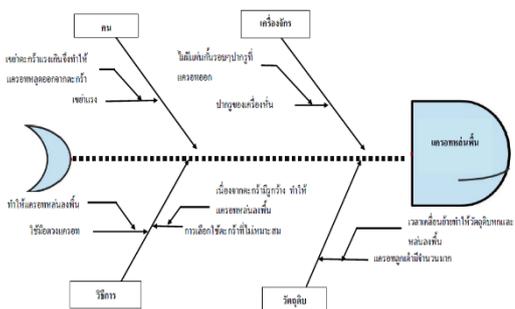
- เครื่องหันลูกเต๋าคือ
- แครอทลูกเต๋ามีความคล้ายกัน

แนวทางการแก้ไขปัญหาแครอทลูกเต๋ามากหลายขนาดรวมกัน แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แนวทางการแก้ไขปัญหาแครอทหลายขนาดรวมกัน

สาเหตุ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. ขาดการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ	1. ต้องมีการตรวจสอบแครอทขนาดร่อนอย่างสม่ำเสมอ
2. เครื่องหันลูกเต๋าคือ	2. ไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากเครื่องหันลูกเต๋ายู่ในปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้
3. วิธีการเลือกใช้ตะกร้า	3. เลือกใช้ตะกร้าที่มีรูที่เท่ากันทุกรูและมีขนาดรูเล็กกว่าขนาดแครอทลูกเต๋าคือ 1 มิลลิเมตร
4. วิธีการตรวจสอบตะกร้า	4. ตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนใช้ทุกครั้ง
5. แครอทลูกเต๋ามีความคล้ายกัน	5. ไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากอยู่ในปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

2) ปัญหาแครอทลูกเต๋ากลับปน ปัจจัยของแครอทลูกเต๋ากลับปน เกิดจากสาเหตุ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของแครอทลูกเต๋ากลับปน

จากรูปที่ 5 เมื่อพิจารณาปัจจัยหลักของแครอทลูกเต๋ากลับปน พบว่าปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และไม่ได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้

บทความวิจัย (Research Article)

- การใช้อุปกรณ์ทดแทนใช้มือตวงแครอท
- การเลือกใช้ตะกร้าให้เหมาะกับงาน
- การเคลื่อนย้ายแครอทในปริมาณที่พอดี
- การนำแผ่นยางมาปิดรอบ ๆ ปากรูของเครื่องหั่นลูกเต๋าคือแครอทออก

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

- แรงในการเขย่าของพนักงานที่ไม่เท่ากัน

แนวทางการแก้ไขปัญหาแครอทลูกเต๋าคือ

ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แนวทางการแก้ไขปัญหาแครอทหั่น

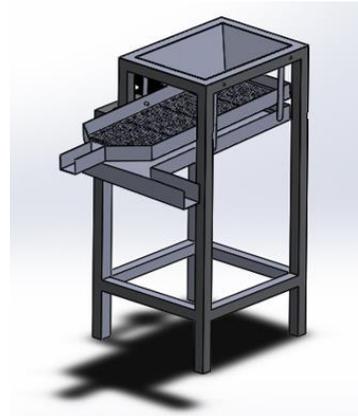
สาเหตุ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. เขย่าแรง	1. นำเครื่องร้อนเข้ามาใช้แทนคนในการร่อนเพื่อลดการหล่นลงพื้น
2. ปากรูของเครื่องหั่นลูกเต๋าคือ	2. นำแผ่นยางมากั้นรอบ ๆ ปากรูของเครื่องหั่นลูกเต๋าคือ
3. การใช้มือตวงแครอท	3. ใช้อุปกรณ์ในการตวงแทนการใช้มือตวง
4. การเลือกใช้ตะกร้าที่ไม่เหมาะสม	4. ใช้เครื่องร่อนแทนการใช้ตะกร้า แครอทจะได้ไม่หล่นลงพื้น
5. แครอทลูกเต๋ามีจำนวนมาก	5. แบ่งแครอทออกจากภาชนะรองรับใส่ภาชนะอีกอัน เพื่อแครอทจะได้ไม่หล่นลงพื้น

4.5 รายละเอียดการออกแบบเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและคำนวณออกแบบเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ จึงจำเป็นต้องนำเอาวัสดุที่ได้เตรียมไว้มาทำการสร้างตามที่ได้ออกแบบ และคำนวณไว้ซึ่งเครื่องร่อนแครอทดันแบบนั้น จะแบ่งการสร้างออกเป็น 6 ส่วนคือ

- 1) ชุดโครงเครื่อง
- 2) ชุดกรวยบรรจุแครอท
- 3) ชุดถาดรองตะแกรงและตะแกรงร่อนสำหรับร่อนแครอทลูกเต๋าคือ
- 4) ชุดถาดรองแครอทจากตะแกรง
- 5) ชุดส่งกำลังหลัก

6) ชุดแบบเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบสมบูรณ์ เพื่อให้การดำเนินการสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบเป็นไปด้วยความสะดวกเรียบร้อยของผู้ปฏิบัติงาน เป็นไปตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 ชุดแบบเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบสมบูรณ์

5. ผลวิจัย

5.1 การสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ

1) เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบมีขนาดโครงสร้าง ความกว้าง×ความยาว×ความสูง เท่ากับ 25×20×51 เซนติเมตร ตามลำดับ

2) เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบได้ทำการทดลองร่อนแครอทลูกเต๋าดันขนาด 10 มิลลิเมตร แต่เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันสามารถร่อนแครอทลูกเต๋าดันได้ 5 ขนาด คือ 3, 5, 8, 10 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยตะแกรงร่อนสามารถถอดเปลี่ยนได้ตามขนาดผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต

3) เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบนี้จะใช้ขนาดรูตะแกรงขนาด 9 มิลลิเมตร แต่เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันจะมีตะแกรงร่อนจำนวน 5 ชุด คือ 2, 4, 7, 9 และ 14 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4) เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบจะใช้เครื่องต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 90 W โดยส่งกำลังผ่านพูลี่ไปคั่นชั๊ก และจากคั่นชั๊กส่งกำลังผ่านสลักเพื่อให้ตัวตะแกรงร่อนทำการเขย่า

บทความวิจัย (Research Article)

5.2 ผลการทดลองการทำงานของเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ



รูปที่ 7 เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบ

- 1) เปิดสวิสให้เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบทำงาน
- 2) นำแครอทลูกเต๋าดันขนาด 10 มิลลิเมตร เทลงกรวยบริเวณปากเครื่องแครอทลูกเต๋าดันแบบ
- 3) จากนั้นแครอทลูกเต๋าดันจะตกลงสู่ตะแกรงร่อน
- 4) เครื่องจะทำการคัดแยก ซึ่งแครอทลูกเต๋าดันที่ได้นั้นจะไหลลงสู่ถาดเพื่อนำไปบรรจุในกระบวนการต่อไป ส่วนของเสียที่ไม่ได้ขนาดจะไหลผ่านช่องตะแกรงลงไปจนถึงที่ใส่แครอทลูกเต๋าดันที่ไม่ได้ขนาด

แครอทที่ได้ขนาดกับที่ไม่ได้ขนาดจะมีอยู่ 3 แบบ

- แบบที่ 1  ลูกตามมาตรฐานลูกค้ำพอใจ
- แบบที่ 2  ลูกค้ำยอมรับหรือไม่
- แบบที่ 3  ลูกค้ำไม่ยอมรับ

ในการทดลองเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบนี้ได้ทำการทดลองใช้ตะแกรงทั้งหมด 4 แบบ คือ

แบบที่ 1 ใช้กระดาษแข็งในการทำเป็นตะแกรง ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ กระดาษแข็งเปียกจากน้ำของแครอทและลูกตะแกรงที่ทำการเจาะรูเองทำให้รูตะแกรงไม่เท่ากัน

แบบที่ 2 ใช้ลวดในการทำเป็นตะแกรง ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ตะแกรงลวดมีขนาดรูตะแกรง 15 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้เวลาเครื่องร่อนแครอททำให้แครอทหล่นไปด้านล่าง จึงทำการเอาตะแกรงลวดนั้นมาซ้อนกันเพื่อให้ขนาดรูตะแกรงเล็กลง และทำการทดลองอีกครั้งก็พบว่าเวลาทำการร่อนแครอทลูกเต๋าดัน มีบางชิ้นส่วนไปติดอยู่ข้างในระหว่างตะแกรง 2 อัน

แบบที่ 3 ใช้ตะแกรงพลาสติก ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ตะแกรงพลาสติกมีขนาดรูเท่ากับแครอทลูกเต๋าดัน จะทำการทดลอง จากการทดลองพบว่าแครอทลูกเต๋าดันมีการติดที่รูตะแกรง เนื่องจากแครอทลูกเต๋าดันกับตะแกรงมีขนาด 10 มิลลิเมตรเท่ากัน

แบบที่ 4 ใช้ตะแกรงพลาสติกขนาด 9 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่าแครอทลูกเต๋าดันไม่มีการติดรูตะแกรง ยังได้ผลผลิตที่ดีสามารถทดลองได้โดยไม่มีปัญหา เนื่องจากขนาดที่ไม่ได้จะหล่นผ่านรูตะแกรง

ตะแกรงทั้ง 4 แบบ มีการทดลองทั้งหมด คือ แบบที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตะแกรงที่ทำการทดลอง

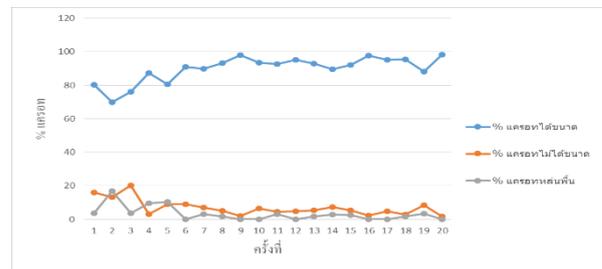
จากการทดลองการทำงานของเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าดันแบบที่ใช้แครอทลูกเต๋าดันขนาด 10 มิลลิเมตรทำการทดลอง 20 ครั้ง พบว่าจับเวลา 1 นาทีร่อนแครอทลูกเต๋าดันขนาด 10 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ย 85 กรัม ดังตารางที่ 4

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกผลการทดลองเครื่องร่อนลูกเต๋าด้านแบบแครอทขนาด 10 มิลลิเมตร

ครั้งที่	เวลา (นาท)	แครอทได้ ขนาด (kg)	แครอทไม่ได้ ขนาด (kg)	แครอท หล่นพื้น (kg)	รวม (kg)	แครอทได้ ขนาด (%)	แครอทไม่ได้ ขนาด (%)	แครอทหล่นพื้น (%)
1	1	0.045	0.009	0.002	0.056	80.35	16.07	3.57
2	1	0.058	0.011	0.014	0.083	69.87	13.25	16.86
3	1	0.064	0.017	0.003	0.084	76.19	20.23	3.57
4	1	0.055	0.002	0.006	0.063	87.30	3.17	9.52
5	1	0.054	0.006	0.007	0.067	80.59	8.95	10.44
6	1	0.110	0.011	0.000	0.121	90.90	9.09	0.00
7	1	0.116	0.009	0.004	0.129	89.92	6.97	3.10
8	1	0.111	0.006	0.002	0.119	93.27	5.04	1.68
9	1	0.095	0.002	0.000	0.097	97.93	2.06	0.00
10	1	0.117	0.008	0.000	0.125	93.60	6.40	0.00
11	1	0.062	0.003	0.002	0.067	92.53	4.47	2.98
12	1	0.061	0.003	0.000	0.064	95.31	4.68	0.00
13	1	0.106	0.006	0.002	0.114	92.98	5.26	1.75
14	1	0.061	0.005	0.002	0.068	89.70	7.35	2.94
15	1	0.103	0.006	0.003	0.112	91.96	5.35	2.67
16	1	0.081	0.002	0	0.083	97.59	2.40	0.00
17	1	0.098	0.005	0	0.103	95.14	4.85	0.00
18	1	0.105	0.003	0.002	0.110	95.45	2.72	1.81
19	1	0.103	0.010	0.004	0.117	88.03	8.54	3.41
20	1	0.112	0.002	0	0.114	98.24	1.75	0.00
ค่าเฉลี่ย		0.085	0.006	0.002	0.094	89.84	6.93	3.22

จากตารางที่ 4 ได้ทำการทดลองทั้งหมด 20 ครั้ง ในเวลา 1 นาที จะร่อนแครอทลูกเต๋าด้านขนาดน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 0.085 กิโลกรัม/นาที แครอทไม่ได้ขนาดน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 0.006 กิโลกรัม/นาที และแครอทหล่นพื้นน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 0.002 กิโลกรัม/นาที และคิดเป็นร้อยละของแครอทแต่ละอย่าง แครอทได้ขนาดคิดเป็นร้อยละ 89.84 แครอทไม่ได้ขนาดคิดเป็นร้อยละ 6.93 และแครอทหล่นพื้นคิดเป็นร้อยละ 3.22 ตามรูปที่ 9 และรูปที่ 10

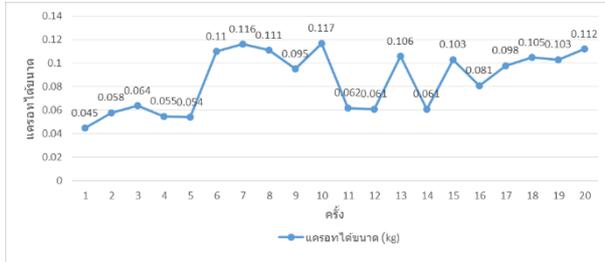


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง และผลผลิตของโรงงาน

จากรูปที่ 9 จากเดิมผลผลิตแครอทลูกเต๋าด้านของ บริษัท ABC จำกัด ผลิตแครอทลูกเต๋าด้านเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 40 และหลังจากทดลองเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้าน

บทความวิจัย (Research Article)

ต้นแบบ พบว่า การทดลองได้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 80 ซึ่งเห็นได้ว่าผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 40



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง กับเครื่องตุลุกเต่าที่ได้ขนาด และเส้นควบคุม

จากรูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดลองแต่ละครั้งกับเครื่องตุลุกเต่าที่ได้ขนาดครั้งที่ 1- 5 พบว่าน้ำหนักของเครื่องตุลุกเต่าอยู่ในช่วง 0.045 - 0.065 กิโลกรัม เกิดจากเครื่องร้อนเครื่องตุลุกเต่าต้นแบบมีรูเปิดของส่วนท้ายตะแกรงร้อน และได้ทำการปิดส่วนท้ายของตะแกรงร้อนและ ทำการทดลองใหม่อีกครั้ง ครั้งที่ 6 - 20 พบว่าน้ำหนักของเครื่อง

ตุลุกเต่าอยู่ในช่วง 0.061 - 0.117 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าน้ำหนักของเครื่องตุลุกเต่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้ว่าน้ำหนักของเครื่องตุลุกเต่ามีแนวโน้มที่ไม่มั่นคง เนื่องจากไม่ได้มีการควบคุมน้ำหนักในการร้อนแต่ละครั้งของการทดลอง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำค่าที่มากกว่าเส้นควบคุมได้แก่ครั้งที่ 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 17, 18, 19 และ 20 ตามลำดับ ที่มีค่ามากกว่า 0.090 กิโลกรัม นำมาคิดเฉลี่ยต่อ 1 นาที จะได้ค่าเฉลี่ยที่ 107 กรัม/นาที มีค่าที่เกินเส้นควบคุมอยู่ 11 ค่า

ในเดือนมีนาคม ปี 2561 จากผลผลิตจากคนจำนวน 8 คนทำได้เฉลี่ย 297 กิโลกรัม/วัน และเครื่องร้อนเครื่องตุลุกเต่าต้นแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 90 W ผลผลิตเฉลี่ยที่ 51.36 กิโลกรัม/วัน และเครื่องร้อนเครื่องตุลุกเต่าที่มีขนาดมอเตอร์ 370, 746, 1,100 และ 1,500 W ให้ผลผลิต 221.15, 425.71, 638.57 และ 856 กิโลกรัม/วันตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดมอเตอร์แปรผันตามผลผลิต และจากกำลังการผลิตเครื่องตุลุกเต่าพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 746 W จะให้ผลผลิตมากกว่าวิธีการแบบเดิม ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลผลิตเครื่องตุลุกเต่า

แรงงานคน (แบบเดิม)	เครื่องร้อนเครื่องตุลุกเต่าต้นแบบ	เครื่องร้อนเครื่องตุลุกเต่า
ผลผลิตเฉลี่ยที่ 297 กิโลกรัม/วัน	มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 90W ผลผลิตเฉลี่ย 51.36 กิโลกรัม/วัน	มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 370 W = 221.15 กิโลกรัม/วัน 746 W = 425.71 กิโลกรัม/วัน 1,100 W = 638.57 กิโลกรัม/วัน 1,500 W = 856 กิโลกรัม/วัน

*หมายเหตุ 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 – 12.00 และ 13.00 -17.00น.

5.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการร้อนเครื่องตุลุกเต่าด้วยแรงงานคนกับเครื่อง

การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างเครื่องตุลุกเต่าด้วยแรงงานคนกับเครื่องร้อนเครื่องตุลุกเต่าด้วย

หลักการของวิศวกรรมประกอบไปด้วย เพิ่มคุณค่าด้วยการพัฒนาคุณภาพ เพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน และเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มผลผลิต ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการร้อนเครื่องตุลุกเต่าด้วยแรงงานคนกับเครื่อง

หลักการของวิศวกรรม	แรงงานคน (แบบเดิม)	เครื่องร้อนเครื่องตุลุกเต่า
1. เพิ่มคุณค่าด้วยการพัฒนาคุณภาพ - เครื่องตุลุกเต่าขนาด 10 มิลลิเมตร	297 กิโลกรัม/วัน	425.71 กิโลกรัม/วัน

บทความวิจัย (Research Article)

หลักการของวิศวกรรม	แรงงานคน (แบบเดิม)	เครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋า
2. เพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน – จำนวนแรงงาน – ค่าแรงงาน	8 คน 300 บาท/คน	2 คน 600 บาท/คน
3. เพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มผลผลิต – เวลาการทำงาน – อัตราความเร็วในการผลิต	1 นาที 5 กิโลกรัม	1 นาที 7.10 กิโลกรัม

จากตารางที่ 6 พบว่า เครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋า ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตได้ จากเดิมใช้แรงงาน 8 คน ร้อนแคโรทลูกเต๋าได้เฉลี่ยได้ 5 กิโลกรัม/นาที ค่าจ้างแรงงานราคา 2,400 บาท/วัน ในขณะที่เครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋าดำเนินงานเพียง 2 คนในกระบวนการร้อนแคโรทลูกเต๋าได้เฉลี่ย 7.10 กิโลกรัม/นาที ค่าจ้างแรงงานราคา 600 บาท/วัน

ดังนั้นสรุปได้ว่าเครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋าลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานได้ถึง 1,800 บาท/วัน และผลิตได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 2.10 กิโลกรัม/นาที

5.4 ผลการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋าด้านแบบ

การวัดอัตราการเดินเครื่อง กำหนดให้เครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋าด้านแบบมีเวลาการทำงานทั้งหมดวันละ 480 นาที ในช่วงเวลาการทำงาน 1 วัน

การวัดประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของเครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋าด้านแบบพบว่า อัตราการเดินเครื่อง

ร้อยละ 96.88 ประสิทธิภาพการเดินเครื่องร้อยละ 96.78 และอัตราคุณภาพร้อยละ 92.94

ดังนั้นประสิทธิโดยรวมของเครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋าด้านแบบเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{OEE} &= 100\% \times 100\% \times 92.94\% \\ &= 92.94\% \end{aligned}$$

5.5 การหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่คำนึงถึงระยะเวลาที่มีผลประโยชน์จากการดำเนินงานเท่ากับค่าใช้จ่ายในครั้งแรกหรือต้นทุน เกณฑ์การพิจารณา คือ ระยะทุนยิ่งสั้นยิ่งเป็นผลดีต่อเครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋า ดังนั้นในการหาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการร้อนแคโรทลูกเต๋าดำเนินงาน 8 คน ร้อนแคโรทลูกเต๋าได้เฉลี่ย 297 กิโลกรัม/วัน และ 1 วัน ทำงานเท่ากับ 8 ชั่วโมง ส่วนเครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋าด้านแบบร้อนแคโรทลูกเต๋าได้เฉลี่ย 425 กิโลกรัม/วัน และ 1 วัน ทำงานเท่ากับ 8 ชั่วโมง (อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 4.96 บาทต่อหน่วย)

ตารางที่ 7 แสดงระยะเวลาคืนทุน

รายการ	แรงงานคน (แบบเดิม)	เครื่องร้อนแคโรทลูกเต๋า
ความสามารถในการผลิต	297 กิโลกรัม/วัน	425.71 กิโลกรัม/วัน
ค่าไฟฟ้า	-	มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 746 W เวลา 8 ชั่วโมง = 28.68 บาท/วัน
ค่าแรงงาน	425.71/297 กิโลกรัม/วัน = (1.43 กิโลกรัม/วัน) × (8 ชั่วโมง) × (300 บาท/วัน) = 3,428.57 บาท/วัน	2 คน = 600 บาท/วัน

บทความวิจัย (Research Article)

รายการ	แรงงานคน (แบบเดิม)	เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋า
รวมค่าใช้จ่ายในการร่อนแครอทลูกเต๋า/วัน	3,428.57 บาท/วัน	628.68 บาท/วัน
ผลต่างค่าใช้จ่าย	$3,428.57 - 628.68 = 2,799.89$ บาท/วัน	
ปริมาณการผลิตใน 1 ปี	408,000 ตัน/ปี	
ค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อปี	$(408,000/1,000) \times 2,799.89 = 1,142,355.12$ บาท/ปี	
ระยะเวลาคืนทุน	$83,600/1,142,355.12 = 0.07$ ปี	

จากตารางที่ 7 กำไรสุทธิรวมกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 1,142,355.12 บาท และเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋า 83,600 บาท ดังนั้นระยะคืนทุนเท่ากับ $83,600 / 1,142,355.12 = 0.07$ ปี คิดเป็น 26 วัน

6. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมคุณภาพการคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋าโดยการออกแบบและสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบ ลดต้นทุนการผลิต และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถสรุปผลโดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ควบคุมคุณภาพการคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋า

เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบ ควบคุมคุณภาพการคัดแยกขนาดแครอทลูกเต๋าด้านแบบขนาด 10 มิลลิเมตร โดยเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 90 W ในเวลาการทดลอง 1 นาที ได้แครอทลูกเต๋าที่ได้ขนาดเฉลี่ยที่ 107 กรัม/นาที และค่ากำลังการผลิตในการทำงาน 480 นาที ได้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 51.36 กิโลกรัม/วัน

6.1.1 การออกแบบและสร้างเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบ

- 1) โครงสร้างของเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบมีความกว้าง ความยาว ความสูง เท่ากับ $25 \times 20 \times 51$ เซนติเมตร

- 2) โครงสร้างของกรวยด้านแบบมีขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง เท่ากับ $20 \times 25 \times 6.5$ เซนติเมตร
- 3) ชุดตะแกรงร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบมีขนาดความกว้าง ความยาว เท่ากับ 13.5×33 เซนติเมตร
- 4) ถาดรองรับแครอทลูกเต๋าด้านแบบที่ไม่ได้ขนาด มีขนาดความกว้าง ความยาว เท่ากับ 25×40 เซนติเมตร
- 5) เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 90 W

6.1.2 ลดต้นทุนการผลิต

เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตได้ จากเดิมใช้แรงงาน 8 คน ร่อนแครอทลูกเต๋าได้เฉลี่ยได้ 5 กิโลกรัม/นาที ค่าจ้างแรงงานราคา 2,400 บาท/วัน ในขณะที่เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบใช้แรงงานเพียง 2 คนในกระบวนการร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบได้เฉลี่ย 7.10 กิโลกรัม/นาที ค่าจ้างแรงงานราคา 600 บาท/วัน ดังนั้นสรุปได้ว่าเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานได้ถึง 1,800 บาท/วัน และผลิตได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 2.10 กิโลกรัม/นาที

6.1.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เครื่องร่อนแครอทลูกเต๋าด้านแบบที่ดำเนินการสร้างมีราคา 83,600 บาท ซึ่งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อปีได้ 1,142,355.12 บาท ดังนั้นโดยมีระยะเวลาใน

บทความวิจัย (Research Article)

การคืนทุนของเครื่องร่อนแครอทลูกเต๋ายูที่ 0.07 ปี คิดเป็น 26 วัน

6.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ศึกษาเกี่ยวกับที่ล้อคปากถุงบรรจุแครอท ลูกเต๋าดูโดยไม่ต้องใช้พนักงานในการจับถุง บรรจุแครอทลูกเต๋าคงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ กระบวนการทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น
- 2) ให้ศึกษาเกี่ยวกับการนำสายพานลำเลียง วัตถุดิบเข้าติดตั้งในสายการผลิต

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] วรพงศ์ บุญช่วยแทน, ชาตรี หอมเขียว, รอมฎอน บุระพา, บดินทร์ จิโรภาส, ศตายุ จันทระ, และ ศราวิน ดำน้อย, "การพัฒนากระบวนการคัดแยก เปลือกข้าวซ้อมมือ," *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ศรี วิทย,* ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, หน้า. 15-23, ม.ค. – มิ.ย. 2560.
- [2] รุ่งเพชร สุวรรณ, บุญชัย แซ่สีว, และ ศุภรัชชัย วรรัตน์, "The design and development of filling machine to improve productivity: A case study of corn milk factory," in *IE Network Conference 2014,* 2014, vol. 118.
- [3] ปิยชาติ ชาติรินรานนท์, "การออกแบบและสร้าง เครื่องร่อนทราย," in *National Conference on Technical Education 8th,* 2015.
- [4] ศักดิ์สิทธิ์ แก้วคำ, ศุภริศ กันทิยะ, และ อานนท์ ดวงใย, "การออกแบบและการสร้างเครื่องคัด แยกขนาดเมล็ดกาแฟเชอรี่," *Doctoral dissertation,* 2014.
- [5] นัสสรามีอินทร์, "การพัฒนาเครื่องคัด แยก ขนาด และผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรม คุณค่า," *Doctoral dissertation,* 2014.
- [6] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, และ มานพ ตันตระบัณฑิตย์, "Design and

fabrication of a cassava root picking machine," *Thai Agricultural Research Journal,* vol. 30, no. 3, pp. 300-311, 2012.

- [7] ชัยวัฒน์ พงษ์มา, ธิติ เสือจันทร์, และ อภิวัฒน์ แสงสุวรรณ, "การออกแบบและสร้างเครื่องร่อน ทรายเพื่อคัดขนาด," *Doctoral dissertation,* 2013.

บทความวิจัย (Research Article)

การผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลเพื่อทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์

ชินภัทร ชูระการ¹, กัมปนาท ไชยเพชร¹ และ เกตุร ดวงอุปมา^{1,*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duangsuppama@hotmail.com
(รับบทความ: 25 ตุลาคม 2566; แก้ไขบทความ: 15 พฤศจิกายน 2566; ตอรับบทความ: 29 พฤศจิกายน 2566)

บทคัดย่อ

การผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลเพื่อทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อไพโรไลซิสแบบเร็วของขี้เลื่อยปนเปื้อนในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดที่อัตราการป้อนชีวมวล 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง และอุณหภูมิปฏิกิริยา 500 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียสต่อนาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองสมมูลมวลเพื่อหาปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพ และนำน้ำมันชีวภาพไปวิเคราะห์ค่าความร้อน ความหนืด ความหนาแน่น จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และปริมาณเถ้า จากนั้นนำน้ำมันชีวภาพที่เลือกไปผสมดีเซลที่อัตราส่วนร้อยละ 100:0 80:20 60:40 40:60 20:80 และ 0:100 โดยน้ำหนัก ผลการวิจัย พบว่า มีปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพร้อยละ 61.8 โดยน้ำหนัก โดยน้ำมันชีวภาพหลักที่ได้มาจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นร้อยละ 45.3 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์สมบัติ พบว่า น้ำมันชีวภาพนี้มีค่าความร้อน 32.6 เมกะจูล/กิโลกรัม ความหนืด 7.9 เซนติสโตร์กส์ ติดไฟที่อุณหภูมิ 26.2 องศาเซลเซียส เมื่อนำน้ำมันชีวภาพนี้ไปผสมกับดีเซลในอัตราส่วนที่ลดลงร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนและอุณหภูมิติดไฟเพิ่มขึ้น ขณะที่ความหนืดลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลการทดสอบน้ำมันชีวภาพในเครื่องยนต์ พบว่า ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงอย่างชัดเจน จึงควรต่อยอดงานวิจัยนี้เพื่อประยุกต์ใช้น้ำมันชีวภาพในเครื่องยนต์เพื่อศึกษาสมรรถนะในระยะยาวต่อไป

คำสำคัญ: การไพโรไลซิสแบบเร็ว ขี้เลื่อย เครื่องยนต์ น้ำมันชีวภาพ

การอ้างอิงบทความ: ชินภัทร ชูระการ, กัมปนาท ไชยเพชร และ เกตุร ดวงอุปมา, “การผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลเพื่อทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์,” วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 6, หน้า 15-27, 2566.

Production of bio-oil by fast pyrolysis of biomass for testing in engines

Chinnapat Turakarn¹, Kumpanat Chaipheth¹ and Keyoon Duanguppama^{3,*}

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

* Corresponding Author: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duanguppama@hotmail.com

(Received: October 25, 2023; Revised: November 15, 2023; Accepted: November 29, 2023)

Abstract

Production of bio-oil by fast pyrolysis of biomass for testing in engines. The objective is fast pyrolysis of contaminated sawdust in a fluidized bed reactor at a biomass feed rate of 1 kg/hr and a reaction temperature of 500°C. The heating rate was 50°C/min. At the end of the experiment, a mass balance was performed to quantify the yield of the bio-oil and the bio-oil was analyzed for calorific value, viscosity, density, flash point-fire point and ash content. The selected bio-oil was then mixed with diesel at ratios of 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 and 0:100 wt%. The results of the research found that the yield of bio-oil was 61.8 wt%, with the main bio-oil obtained from the cooling water condensation unit being 45.3 wt%. The properties analysis found that this bio-oil has a high heating value of 32.6 MJ/kg, a viscosity of 7.9 cSt, and fire point of a temperature of 26.2°C. When this bio-oil was mixed with diesel at a ratio reduced by 20 wt%, the calorific value and ignition temperature increased while the viscosity continued to decrease. The results of the test of bio-oil in the engine found that it completely improved the combustion efficiency within the combustion chamber, resulting in a marked reduction in the number of hydrocarbons (HC) and carbon monoxide (CO). Therefore, this research should be extended to apply bio-oil in engines to further study long-term performance.

Keywords: Fast pyrolysis, Sawdust, Engines, Bio-oil

Please cite this article as: C. Turakarn, K. Chaipheth and K. Duanguppama, "Production of bio-oil by fast pyrolysis of biomass for testing in engines," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 6, pp. 15-27, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

การไฟโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวล คือ การย่อยสลายอนุภาคทางเคมีความร้อนของชีวมวลที่อุณหภูมิปฏิกิริยาระหว่าง 400-600 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะปราศจากออกซิเจน ที่ระยะเวลาประมาณ 2.5 วินาที [1] วัตถุประสงค์ของชีวมวลต้องผ่านกระบวนการบดละเอียด คัดขนาด และทำให้แห้งโดยความชื้นเริ่มต้นไม่ควรเกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก [1] เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฟโรไลซิส

ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการไฟโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวล คือ ของเหลว ที่เรียกว่า “น้ำมันชีวภาพ” และมีผลิตภัณฑ์รองจากกระบวนการ คือ ถ่านชาร์ และแก๊ส น้ำมันชีวภาพที่ได้จากการไฟโรไลซิสโดยทั่วไปมีความหนืดสูง มีความเป็นกรด และมีความหนาแน่นมากกว่าเชื้อเพลิงปิโตรเลียม เพราะมีน้ำผสมในปริมาณค่อนข้างสูง นักวิจัยให้ความสำคัญกับการปรับปรุงสมบัติของน้ำมันชีวภาพระหว่างกระบวนการผลิต เช่น การไฟโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา [2-5] ผสมไอน้ำกับไอไฟโรไลซิส [6] ผสมเอทานอลในชีวมวล [7] ปรับปรุงด้วยไฮโดรเจน [8, 9] ผสมพลาสติกกับชีวมวล [10, 11] อย่างไรก็ตาม น้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวยังมีคุณภาพดีขึ้นไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ปี พ.ศ. 2559 มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับชีวมวลปนเปื้อนด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงและของแข็ง โดยในรายงานระบุว่าซีเลียมปนเปื้อน คือ ชีวมวลที่ใช้สำหรับการไฟโรไลซิส โดยก่อนนำมาเป็นวัตถุดิบซีเลียมถูกนำไปใช้ทำความสะอาดคราบน้ำมันที่เปื้อนตามพื้นหลังจากการปฏิบัติงานของช่างในโรงกลึง เมื่อซีเลียมดูดซับน้ำมันจนอิมตัวจะทำให้เศษโลหะเกาะติดไปด้วย ผลวิเคราะห์ พบว่า ชีวมวลนี้มีน้ำมันปนเปื้อนร้อยละ 23.7 โดยน้ำหนัก (ประกอบด้วย น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันเกียร์ และน้ำมันเฟืองท้าย) และของแข็งปนเปื้อน (เศษโลหะ) ร้อยละ 6.1 โดยน้ำหนัก [12] เมื่อนำชีวมวลไฟโรไลซิสแบบเร็วใน

เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดแบบหมุนเวียนได้น้ำมันชีวภาพร้อยละ 67 โดยน้ำหนัก [12] ผลวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันชีวภาพ พบว่า มีค่าความร้อนสูงถึง 31.5 เมกะจูล/กิโลกรัม และมีปริมาณน้ำต่ำกว่าน้ำมันชีวภาพโดยทั่วไปมากกว่า 6 เท่า คือ ร้อยละ 3.8 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมียังพบว่า น้ำมันชีวภาพนี้มีองค์ประกอบของสารในกลุ่มไฮโดรคาร์บอนเป็นหลัก แต่ปริมาณน้ำมันชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณน้อยเนื่องจากมีอัตราการป้อนชีวมวล 100 กรัม/ชั่วโมง จึงไม่สามารถผลิตน้ำมันชีวภาพให้เพียงพอสำหรับทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ผลิตน้ำมันชีวภาพจากการไฟโรไลซิสแบบเร็วของซีเลียมปนเปื้อนจากโรงกลึงในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดที่อัตราการป้อนชีวมวล 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง เพื่อศึกษาปริมาณผลได้และสมบัติของน้ำมันชีวภาพ จากนั้นนำน้ำมันชีวภาพที่ผลิตได้ไปทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว เพื่อศึกษาแรงม้าเบรก อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และมลพิษในไอเสียต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยเริ่มต้นจากการเตรียมชีวมวล แล้ววิเคราะห์สมบัติของชีวมวล จากนั้นเตรียมตัวกลางถ่ายโอนความร้อน และเตรียมหน่วยผลิตน้ำมันชีวภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเตรียมชีวมวล

ชีวมวลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ซีเลียมปนเปื้อนจากโรงกลึงแทนทองคว้านเจียร์ จังหวัดมหาสารคาม นำมาคัดขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงคัดขนาด 0.6-2.0 มิลลิเมตร แล้วนำไปเก็บในภาชนะมิดชิดป้องกันการระเหยตัวของสารปนเปื้อน

การวิเคราะห์สมบัติของชีวมวล ประกอบด้วย การวิเคราะห์แบบประมาณ และการวิเคราะห์ค่าความร้อน ทั้งหมดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

บทความวิจัย (Research Article)

2.1.1 การวิเคราะห์แบบประมาณ

- 1) ปริมาณความชื้นวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E 871-82
- 2) สารระเหยเกิดจากการระเหยตัวของสารที่ควบแน่นได้และไม่ได้ในชีวมวล ซึ่งการวิเคราะห์สารระเหยนี้วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E 872-82
- 3) เถ้า คือ สารอนินทรีย์ในชีวมวล ซึ่งปริมาณเถ้าวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E 1755-01
- 4) คาร์บอนคงที่ จะทราบได้หลังจากรู้ปริมาณของความชื้น สารระเหย และเถ้า เพราะปริมาณคาร์บอนคงที่คำนวณจากน้ำหนักของชีวมวลตัวอย่าง เริ่มต้นลบด้วยปริมาณของความชื้น สารระเหย และเถ้า ตามลำดับ

5) การปนเปื้อนวิเคราะห์โดย การสกัดด้วยสารทำละลายเฮกเซน ที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดเดือดของสารนี้เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำมันที่ปนเปื้อนและเฮกเซนออกจากซีลี้อย่างรวดเร็ว ด้วยวิธีการกรองแบบสุญญากาศด้วยกระดาษกรองเบอร์ 3 ที่มีความละเอียด 6 ไมโครเมตร แล้วแยกน้ำมันที่ปนเปื้อนออกจากเฮกเซนด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน จะทราบปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อน ส่วนปริมาณของแข็งปนเปื้อนวิเคราะห์โดยนำซีลี้อย่างที่เหลือจากการสกัดน้ำมันปนเปื้อนไปวิเคราะห์เถ้าเปรียบเทียบกับซีลี้อย่างไม่ปนเปื้อน

2.1.2 การวิเคราะห์ค่าความร้อนสูง

วิเคราะห์ด้วยวิธีบอมบ์แคลอริมิเตอร์ตามมาตรฐาน ASTM D240 โดยเครื่อง S.M.D. Torino บอมบ์แคลอริมิเตอร์ รุ่น Art.2060/2070

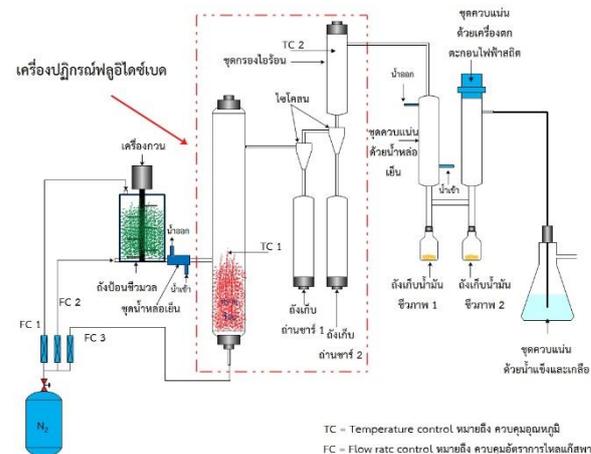
2.2. การเตรียมตัวกลางถ่ายโอนความร้อน

ทราย คือ ตัวกลางถ่ายโอนความร้อน ที่ผ่านการคัดขนาดอนุภาค 0.4-0.6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมกับการเป็นตัวกลางถ่ายโอนความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์ของงานวิจัยครั้งนี้ นำไปเผาที่อุณหภูมิ 575 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASTM

E 1755-01 เพื่อกำจัดเถ้าหรือเศษวัสดุที่ปนเปื้อนทรายออก หลังจากนั้นนำทรายที่ผ่านการเผามาคัดขนาด 0.4-0.6 มิลลิเมตร อีกครั้งก่อนนำไปใช้เป็นตัวกลางถ่ายโอนความร้อน

2.3 การไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวล

เริ่มต้นโดยให้ความร้อนกับขวดลวดความร้อนด้วยการปรับอุณหภูมิปฏิกิริยา (TC 1) ในรูปที่ 1 ให้ได้ 500 องศาเซลเซียส (เครื่องปฏิกรณ์ขนาดความจุ 5 ลิตร) และปรับอุณหภูมิกรองไอรอน (TC 2) ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส เมื่อแน่ใจว่าอุณหภูมิทุกจุดได้ตามค่าที่กำหนดให้ปรับอัตราการไหลของไนโตรเจน (FC 3) 4 ลิตร/นาทีก เพื่อให้ทรายได้รับความร้อนและกระจายความร้อนภายในเครื่องปฏิกรณ์จนกว่าอุณหภูมิไพโรไลซิส (TC 1) จะคงที่ จากนั้นเปิดการทำงานปั้มน้ำหล่อเย็นชุดป้อนชีวมวลและชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็น



รูปที่ 1 แผนภาพหน่วยผลิตน้ำมันชีวภาพ

เริ่มการไพโรไลซิสแบบเร็วด้วยการเปิดเครื่องกลั่นและปรับอัตราการไหลไนโตรเจน (FC 1 และ FC 2) ตำแหน่งละ 2 ลิตร/นาทีก เพื่อป้อนชีวมวลจากถังผ่านท่อลำเลียงเข้าไปยังภายในของเครื่องปฏิกรณ์ด้วยอัตราการป้อน 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อชีวมวลสัมผัสกับทรายร้อนจะสลายตัวกลายเป็นไอผสมกับของแข็ง

บทความวิจัย (Research Article)

ที่ไม่สามารถสลายตัวได้ไหลขึ้นด้านบนเครื่องปฏิกรณ์ ผ่านไปยังไซโคลนทั้งสองตัวเพื่อแยกของแข็งหรือถ่าน ชาร์ จากนั้นไอจะถูกส่งผ่านไปยังกรองไอร้อนเพื่อแยก ถ่านชาร์ขนาดเล็กออกด้วยตัวกลางกรองใยแก้ว หลังจากนั้นไอจะถูกส่งต่อไปควบแน่นให้เป็นน้ำมัน ชีวภาพด้วยชุดควบแน่น 3 ชุด คือ ชุดควบแน่นด้วย น้ำหล่อเย็น ชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้า สติติ และชุดควบแน่นด้วยน้ำแข็งและเกลือ



รูปที่ 2 หน่วยผลิตน้ำมันชีวภาพ

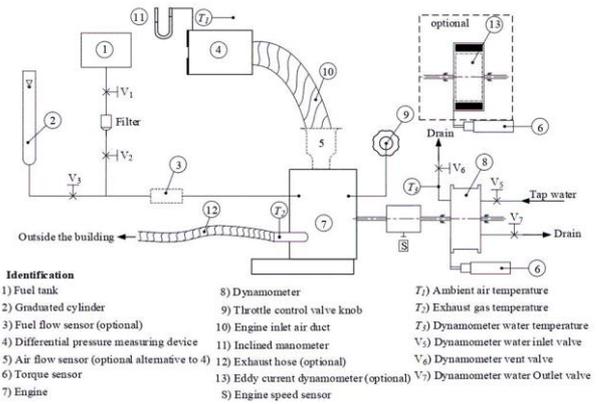
2.4 การสมมูลมวล

น้ำมันชีวภาพ คือ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จาก กระบวนการผลิต ซึ่งปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพ คำนวณจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากของเหลวที่อยู่ในขวด เก็บน้ำมันชีวภาพของชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็น ชุด ควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้า สติติ และชุด ควบแน่นด้วยน้ำแข็งและเกลือ ขณะที่ปริมาณผลได้ ของถ่านชาร์คำนวณจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของของแข็ง ในเครื่องปฏิกรณ์ ไซโคลน กรองไอร้อน และท่อความ ร้อน สำหรับปริมาณผลได้ของแก๊สคำนวณโดยความ ต่างของปริมาณผลได้ผลิตภัณฑ์

2.5 ทดสอบน้ำมันชีวภาพเพื่อหาสมรรถนะใน เครื่องยนต์

น้ำมันชีวภาพที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ จะถูกนำไป ทดสอบการใช้งานในเครื่องยนต์ เพื่อหาสมรรถนะของ

เครื่องยนต์ ประกอบด้วย แรงม้าเบรก และอัตราการ ลื่นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก โดยงานวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลแบบ สูบเดี่ยวยี่ห้อคูโบต้า ขนาด 10.5 แรงม้า ทดสอบที่ ความเร็วรอบ 2400 รอบ/นาที โดยรูปที่ 3 แสดง ไตอะแกรม และรูปที่ 4 คือ ชุดทดสอบสมรรถนะ



รูปที่ 3 ไตอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะของ เครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยว

ซึ่งมีสมการคำนวณ ดังนี้

- กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Engine brake power)

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

เมื่อ P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (วัตต์)

T = แรงบิด (นิวตันเมตร)

n = รอบของเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)

- ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Combustion)

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

เมื่อ Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/วินาที)

Q_{vf} = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง (ลูกบาศก์ เมตร/วินาที)

ρ_f = ความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

- อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption)

บทความวิจัย (Research Article)

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

เมื่อ B_{sfc} = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
จำเพาะเบรค (กิโลกรัม/กิโลวัตต์-
ชั่วโมง)

P = กำลังเบรคของเครื่องยนต์ (กิโลวัตต์)

Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
(กิโลกรัม/วินาที)



รูปที่ 4 ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล
แบบสูบเดี่ยว

2.6 การวิเคราะห์แก๊สไอเสียของเครื่องยนต์

งานวิจัยนี้วิเคราะห์การปล่อยไอเสียของ
เครื่องยนต์ด้วยเครื่องวัดและวิเคราะห์ไอเสียรถยนต์
ยี่ห้อ CAPELEC รุ่น CAP-3201-GO มีรายละเอียด
ดังนี้

- 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
รอบ/นาที

- ความดันบรรยากาศตั้งแต่ 750-1150 มิลลิบาร์

- ตอบสนองต่อการวัดภายใน 5 วินาที

- ได้รับการรับรอง OIML R99 คลาส 0, ISO-
3930 และ BAR97

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน
หลัก คือ ผลวิเคราะห์สมบัติของชีวมวล ผลของ
ปริมาณผลิตภัณฑ์ ผลวิเคราะห์สมบัติของน้ำมัน
ชีวภาพ และผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ดังนี้

3.1 ผลวิเคราะห์สมบัติของชีวมวล

สมบัติของชีวมวลในตาราง 1 จะเห็นว่า ชีวเอมี
ความชื้นต่ำสุดร้อยละ 5.5 โดยน้ำหนัก แฉ่ำต่ำสุดร้อยละ
9.4 โดยน้ำหนัก สารระเหยสูงที่สุดร้อยละ 83.3
โดยน้ำหนัก และไม่มีน้ำมันและของแข็งปนเปื้อน เมื่อ
ชีวลี้อยู่ผ่านการใช้ทำความสะอาดพื้นของโรงกลึง
พบว่า ความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7.8 โดยน้ำหนัก
แฉ่ำเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 11.3 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้สาร
ระเหยลดลงเป็นร้อยละ 81.0 โดยน้ำหนัก นั่นเป็น
เพราะว่า ชีวลี้อยู่ปนเปื้อนด้วยน้ำมันร้อยละ 23.1
โดยน้ำหนัก และปนเปื้อนด้วยของแข็งร้อยละ 6.7
โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 1 สมบัติของชีวมวล

การวิเคราะห์	ชีวลี้อยู่	ชีวลี้อยู่ ปนเปื้อน งานวิจัยนี้	ชีวลี้อยู่ ปนเปื้อน [12]
<i>วิเคราะห์แบบประมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก, ฐานแห้ง)</i>			
ความชื้น	5.5	7.8	6.1
สารระเหย	83.3	81.0	81.6
คาร์บอนคงที่	7.3	7.7	7.2
แฉ่ำ	9.4	11.3	11.2
น้ำมันปนเปื้อน	N/A	23.1	23.7

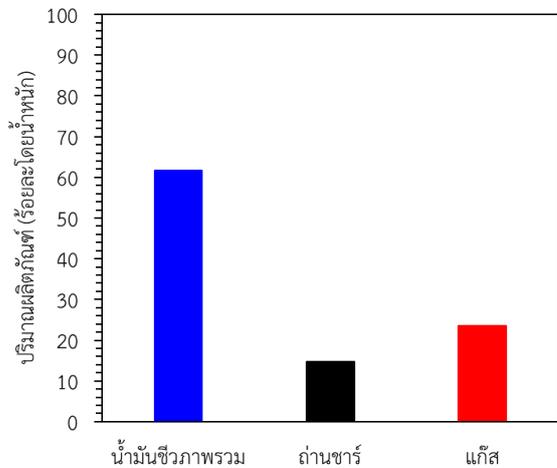
บทความวิจัย (Research Article)

การวิเคราะห์	ซีเลื่อย	ซีเลื่อย ปนเปื้อน งานวิจัยนี้	ซีเลื่อย ปนเปื้อน [12]
ของแข็งปนเปื้อน	N/A	6.7	6.1
ค่าความร้อนสูง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)			
	17.9	22.9	23.2

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของซีเลื่อยปนเปื้อนจะเห็นว่าซีเลื่อยปนเปื้อนในงานวิจัยนี้มีความชื้นและของแข็งที่สูงกว่าเล็กน้อย มีน้ำมันปนเปื้อนร้อยละ 23.1 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้มีปริมาณสารระเหยต่ำกว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ซีเลื่อยปนเปื้อนในงานวิจัยนี้ก็มีค่าความร้อนสูงกว่าซีเลื่อยไม่ปนเปื้อนอย่างชัดเจน 5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าน้ำมันที่ปนเปื้อนในซีเลื่อยช่วยเพิ่มค่าความร้อนของชีวมวลได้

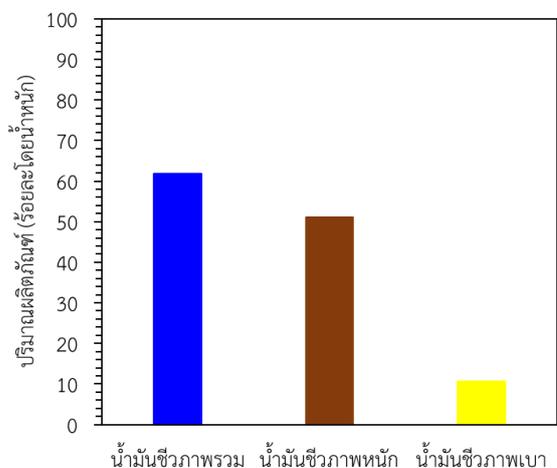
3.2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื่อยปนเปื้อน

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่า การไพโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื่อยปนเปื้อนในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดที่อัตราการป้อน 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิปฏิกิริยา 500 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพร้อยละ 61.8 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าประมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เมื่อเทียบกับการไพโรไลซิสในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดแบบหมุนเวียนที่อัตราการป้อนชีวมวล 100 กรัม/ชั่วโมง [12] นั่นเป็นเพราะว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่มีระบบกำจัดถ่านชาร์ที่เคลือบบนตัวกลางถ่ายโอนความร้อนระหว่างกระบวนการผลิต ส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อนของตัวกลางลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดแบบหมุนเวียนมีระบบกำจัดถ่านชาร์ดังกล่าวจึงช่วยให้มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนดีกว่า ส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำมันชีวภาพสูงกว่า



รูปที่ 4 ปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์

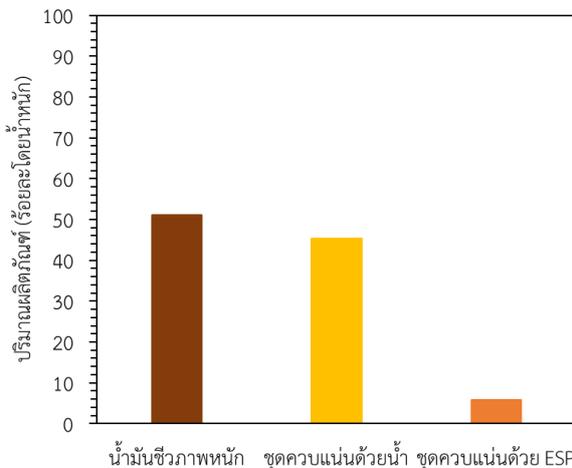
รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันชีวภาพหนักจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นและชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ คือ สัดส่วนหลักร้อยละ 51.2 โดยน้ำหนัก จากปริมาณน้ำมันชีวภาพรวมร้อยละ 61.8 โดยน้ำหนัก จึงอธิบายได้ว่าชุดควบแน่นทั้งสองมีประสิทธิภาพควบแน่นไอไพโรไลซิสให้กลายเป็นน้ำมันชีวภาพได้ค่อนข้างสมบูรณ์ ขณะที่ปริมาณผลได้น้ำมันชีวภาพเบาจากชุดควบแน่นด้วยน้ำแข็งและเกลือ คือ ร้อยละ 10.6 โดยน้ำหนัก สอดคล้องกับการไพโรไลซิสในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดแบบหมุนเวียนที่มีปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพเบาร้อยละ 11 โดยน้ำหนัก [12]



รูปที่ 5 สัดส่วนของน้ำมันชีวภาพ

บทความวิจัย (Research Article)

น้ำมันชีวภาพหนัก คือ ผลิตภัณฑ์หลักของน้ำมันชีวภาพรวม ซึ่งรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นสามารถควบแน่นไอไฟโรไลซิสให้กลายเป็นน้ำมันชีวภาพได้สูงสุดร้อยละ 45.3 โดยน้ำหนัก ขณะที่ชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์มีปริมาณผลได้ร้อยละ 5.9 โดยน้ำหนักจากปริมาณรวมร้อยละ 51.2 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 6 สัดส่วนของน้ำมันชีวภาพหนัก

ความแตกต่างของปริมาณผลได้น้ำมันชีวภาพจากชุดควบแน่นทั้งสองนี้เป็นผลมาจากไอไฟโรไลซิสมีโมเลกุลขนาดใหญ่ [13] เมื่อถูกลดอุณหภูมิจาก 420 เป็น 30 องศาเซลเซียส ด้วยระบบน้ำหล่อเย็นจึงกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวได้ในปริมาณมาก ขณะที่ไอบางส่วนที่ไม่สามารถควบแน่นได้ด้วยชุดนี้มีโมเลกุลขนาดเล็กจึงถูกดักจับด้วยชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์

3.3 สมบัติของน้ำมันชีวภาพ

น้ำมันชีวภาพหนัก คือ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการไฟโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื้อยปนเปื้อน โดยตารางที่ 2 แสดงสมบัติของน้ำมันชีวภาพจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นและชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ ซึ่งจะเห็นว่าชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นได้น้ำมันชีวภาพที่มีความหนืดต่ำ จุกวบน้ำ-จุกตติไฟ

ต่ำ ปริมาณเถ้าต่ำ และความหนาแน่นใกล้เคียงน้ำมันดีเซล

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันชีวภาพหนัก

สมบัติ	น้ำมันชีวภาพหนักจาก	น้ำมันชีวภาพ	น้ำมันดีเซล
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	ชุดควบแน่นแรก	32.6	42.5
	ชุดควบแน่นสอง	21.6	
ค่าความหนืด (เซนติสโตกร์)	ชุดควบแน่นแรก	7.9	3.39
	ชุดควบแน่นสอง	288.3	
ค่าความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ชุดควบแน่นแรก	896.8	876.3
	ชุดควบแน่นสอง	1114.7	
จุกวบน้ำ (องศาเซลเซียส)	ชุดควบแน่นแรก	25.3	87.9
	ชุดควบแน่นสอง	130.3	
จุกตติไฟ (องศาเซลเซียส)	ชุดควบแน่นแรก	26.2	113.4
	ชุดควบแน่นสอง	149.5	
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ชุดควบแน่นแรก	0.1	0.01
	ชุดควบแน่นสอง	0.3	

หมายเหตุ ชุดควบแน่นแรก (ชุดควบแน่นด้วยระบบน้ำหล่อเย็น) ชุดควบแน่นสอง (ชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์)

นอกจากนี้น้ำมันชีวภาพจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นยังมีค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันชีวภาพจากชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ 11 เมกะจูลต่อกิโลกรัม อีกทั้งมีค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันชีวภาพหนักจากการไฟโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื้อยปนเปื้อนด้วยเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดแบบหมุนเวียน [12] ประมาณ 1 เมกะจูล/กิโลกรัม ซึ่งใช้ชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นและเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์รวมกัน ดังนั้น น้ำมันชีวภาพหนักจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นจึงเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่ถูกเลือกไปทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์

ตารางที่ 3 คือ สมบัติของน้ำมันชีวภาพหนักจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ จะเห็นว่า อัตราส่วนน้ำมันชีวภาพที่ลดลงส่งผลให้ความหนืด ความหนาแน่น และปริมาณเถ้าลดลงอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ค่าความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและจุกตติไฟได้ยากขึ้น

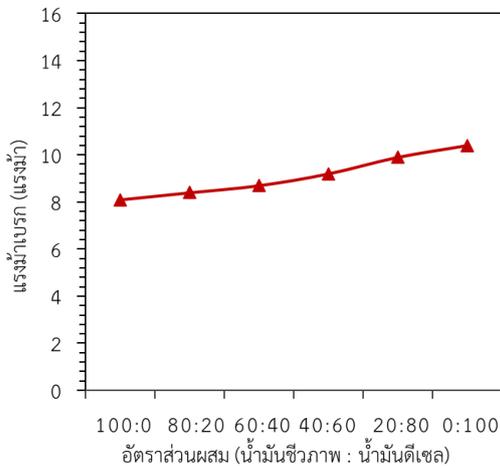
บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 3 สมบัติของน้ำมันชีวภาพที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

สมบัติ	อัตราส่วนน้ำมันชีวภาพต่อน้ำมันดีเซล					
	100:0	80:20	60:40	40:60	20:80	0:100
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	32.6	33.4	35.2	38.7	40.1	42.5
ค่าความหนืด (เซนติสโตกรัส)	7.9	7.1	6.4	5.7	4.2	3.9
ค่าความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	896.8	892.4	890.3	884.3	880.7	876.3
จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	25.3	38.8	47.4	61.2	72.3	87.9
จุดติดไฟ (องศาเซลเซียส)	26.2	42.5	61.8	81.9	93.2	113.4
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.10	0.10	0.08	0.05	0.02	0.01

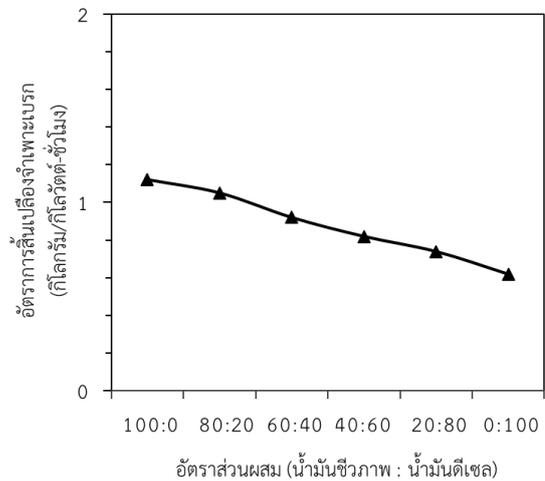
3.4 ผลของอัตราส่วนผสมน้ำมันชีวภาพต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

รูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่า น้ำมันชีวภาพร้อยละ 100 ให้แรงม้าเบรก 8.1 แรงม้า ขณะที่อัตราส่วนของน้ำมันชีวภาพลดลงส่งผลให้แรงม้าเบรกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 10.4 แรงม้า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร้อยละ 100 ซึ่งแรงม้าเบรกเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงผสมที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 ผลของอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพต่อแรงม้าเบรก

รูปที่ 8 แสดงให้เห็นชัดเจนว่าน้ำมันชีวภาพที่มีค่าความร้อนต่ำทำให้แรงม้าเบรกของเครื่องยนต์ลดลง [14] รูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของน้ำมันชีวภาพที่ลดลงส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงตามไปด้วย โดยน้ำมันชีวภาพร้อยละ 100 มีอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกสูงสุด 1.1 กิโลกรัม/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อลดอัตราส่วนของน้ำมันชีวภาพเหลือร้อยละ 0 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงอย่างต่อเนื่องเป็น 0.6 กิโลกรัม/กิโลวัตต์-ชั่วโมง



รูปที่ 8 ผลของอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพต่ออัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรก

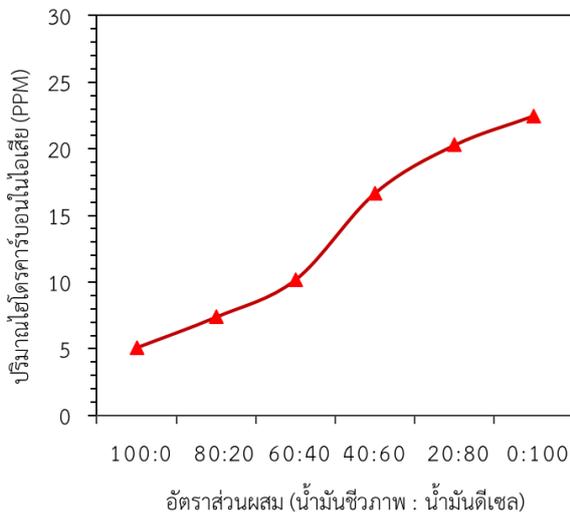
3.5 ผลของอัตราส่วนผสมน้ำมันชีวภาพต่อมลพิษของไอเสีย

ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียของเครื่องยนต์เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ส่งผลให้เชื้อเพลิงถูกปล่อยออกทางท่อไอเสียของเครื่องยนต์ โดยปัจจัยที่ทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น คือ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ต่ำ กำลังอัดต่ำ ส่วนผสมหนาเกินไป หัวฉีดรั่ว หรือการจุดติดไฟในห้องเผาไหม้ไม่ครอบคลุมพื้นที่ รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมน้ำมันชีวภาพร้อยละ 100 มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียต่ำสุด 5.1 PPM ขณะที่การลดอัตราส่วนผสมน้ำมันชีวภาพเหลือร้อยละ 0 ส่งผล

บทความวิจัย (Research Article)

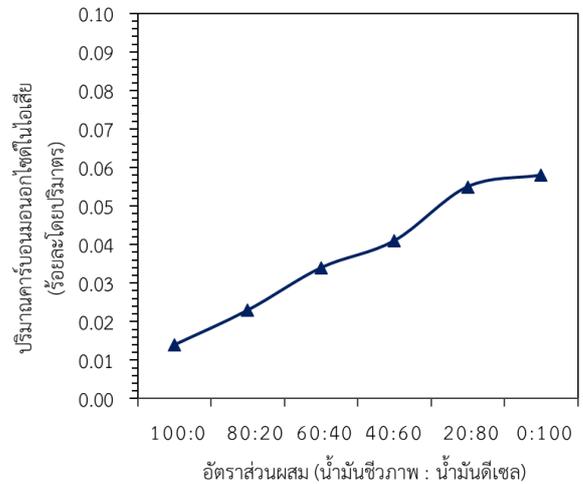
ให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 22.5 PPM

แสดงให้เห็นว่าน้ำมันชีวภาพช่วยลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียได้ดีกว่าถึง 4 เท่า นั้นเป็นเพราะว่าน้ำมันชีวภาพสามารถติดไฟได้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงอาจมีส่วนผสมของน้ำมันเบนซินที่เชื่อมตามพื้นของโรงกลึงติดมาด้วย เมื่อไฟโรไลซิสไอน้ำมันเบนซินจึงถูกควบแน่นร่วมกับน้ำมันชีวภาพ การนำน้ำมันชีวภาพนี้ไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์จึงช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้สมบูรณ์ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น



รูปที่ 9 ผลของอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพต่อปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียเครื่องยนต์

การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ช่วยให้มลพิษของแก๊สไอเสียลดลง [15] โดยรูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันชีวภาพช่วยให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ภายในกระบอกสูบ

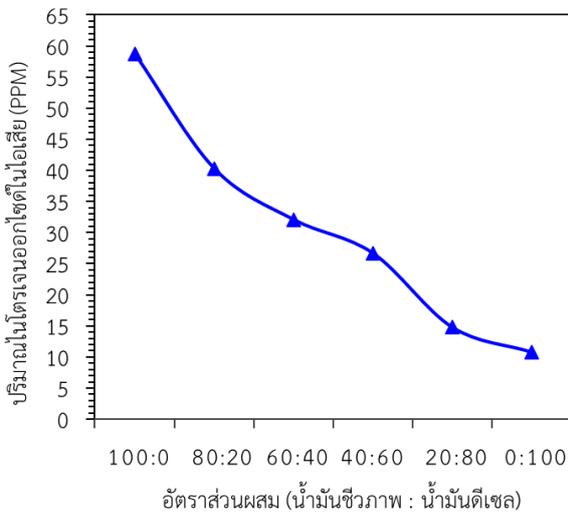


รูปที่ 10 ผลของอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพต่อปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียเครื่องยนต์

อัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพร้อยละ 100 มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียต่ำสุดร้อยละ 0.014 โดยปริมาตร เมื่อลดอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพลงเป็นร้อยละ 0 ทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นร้อยละ 0.058 โดยปริมาตร ซึ่งโดยทั่วไปปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียเครื่องยนต์ไม่ควรเกินร้อยละ 1 โดยปริมาตร [16] ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (14.5:1)

ไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียของเครื่องยนต์เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ที่สมบูรณ์ภายใต้สถานะอุณหภูมิที่สูงกว่า 1,700 องศาเซลเซียส [17] รูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันชีวภาพจากพืชเลี้ยงป็นเพื่อนช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ภายในห้องเผาไหม้เพราะมีปริมาณไนโตรเจนออกไซด์สูงสุด 58.7 PPM เมื่อลดส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ลดลงอย่างต่อเนื่องเป็น 10.8 PPM ที่อัตราส่วนผสมน้ำมันชีวภาพร้อยละ 0

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 11 ผลของอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพต่อปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียเครื่องยนต์

จึงสรุปได้ว่าน้ำมันชีวภาพช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้สมบูรณ์ส่งผลให้มลพิษในไอเสียลดลง

4. สรุปผล

การไพโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื้อยปนเปื้อนในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดที่อัตราการป้อนชีวมวล 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง และอุณหภูมิปฏิกิริยา 500 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพร้อยละ 61.8 โดยน้ำหนัก โดยน้ำมันชีวภาพหลักที่ได้มาจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นร้อยละ 45.3 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์สมบัติ พบว่า น้ำมันชีวภาพนี้มีค่าความร้อน 32.6 เมกะจูล/กิโลกรัม ความหนืด 7.9 เซนติสตรอกซ์ จุดติดไฟที่ 26.2 องศาเซลเซียส การเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันชีวภาพในเชื้อเพลิงมากขึ้น ทำให้ค่าความร้อนลดลง ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิจุดติดไฟลดลง

ผลการทดสอบน้ำมันชีวภาพในเครื่องยนต์ พบว่าปริมาณน้ำมันชีวภาพที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้แรงม้าเบรกลดลงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเพิ่มขึ้น แต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงอย่างชัดเจน จึงควรต่อ

ยอดงานวิจัยนี้เพื่อประยุกต์ใช้น้ำมันชีวภาพในเครื่องยนต์เพื่อศึกษาสมรรถนะในระยะยาว หรือภาวะโหลดที่แตกต่างกันต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2562-2563 จากมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ รหัสข้อเสนอโครงการ 59845 สัญญาเลขที่ 005/2019 และรหัสข้อเสนอโครงการ 14912 สัญญาเลขที่ กท. 012/2020

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] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, L. K. H. Pham, C. Samart, and P. Rattanadecho, "Integrated catalytic pyrolysis and catalytic upgrading of *Leucaena leucocephala* over natural catalysts," *Journal of the Energy Institute*, vol. 106, p. 101155, 2023.
- [3] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaipheth, and P. Rattanadecho, "Processing of *Leucaena leucocephala* for renewable energy with catalytic fast pyrolysis," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 466-479, 2022.
- [4] K. Duanguppama, K. Rueangsan, P. Kraisoda, and C. Turakarn, "The effect of catalyst on the heating value and energy yield from the fast pyrolysis of *leucaena leucocephala*," *Udon thani rajabhat university journal of sciences and*

บทความวิจัย (Research Article)

- technology, vol. 5, no. 1, pp. 97-111, 2017.
- [5] K. Duanguppama *et al.*, "Catalytic Fast Pyrolysis of *Leucaena Leucocephala* in Fluidised-bed Reactor with In-situ and Ex-situ Vapors Upgrading," *TSME International Conference on Mechanical Engineering*, vol. 7th, p. 170, 2016.
- [6] M. Zhang and H. Wu, "Stability of emulsion fuels prepared from fast pyrolysis bio-oil and glycerol," *Fuel*, vol. 206, pp. 230-238, 2017.
- [7] K. Rueangsan, A. Heman, P. Kraisoda, H. Tasarod, K. Duanguppama, and J. Morris, "Bio-oil production via fast pyrolysis of cassava residues combined with ethanol and volcanic rock in a free-fall reactor," *Cogent Engineering*, vol. 10, 2022.
- [8] A. G. Margellou *et al.*, "Catalytic fast pyrolysis of beech wood lignin isolated by different biomass (pre)treatment processes: Organosolv, hydrothermal and enzymatic hydrolysis," *Applied Catalysis A: General*, vol. 623, p. 118298, 2021.
- [9] N. Promsampo, N. Chollacoop, and A. Pattiya, "Effect of low-temperature hydrothermal treatment of HZSM-5 extrudates on the production of deeply-deoxygenated bio-oil via ex-situ catalytic fast pyrolysis of biomass," *Fuel*, vol. 324, p. 124627, 2022.
- [10] W. Cai *et al.*, "Synergetic effects in the co-pyrolysis of lignocellulosic biomass and plastic waste for renewable fuels and chemicals," *Fuel*, vol. 353, p. 129210, 2023.
- [11] A. Abdullahi Shagali *et al.*, "Synergistic interactions and co-pyrolysis characteristics of lignocellulosic biomass components and plastic using a fast heating concentrating photothermal TGA system," *Renewable Energy*, vol. 215, p. 118936, 2023.
- [12] K. Duanguppama, N. Suwapaet, and A. Pattiya, "Fast pyrolysis of contaminated sawdust in a circulating fluidised bed reactor," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 118, pp. 63-74, 2016.
- [13] J. Wang, S. Zhang, M. Chen, Y. Feng, and H. Zhang, "Fractional condensation of pyrolysis oil from fast pyrolysis of food waste digestate for enrichment of high value-added nitrogen-containing components," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 166, p. 105609, 2022.
- [14] K. Midhun Prasad and S. Murugavelh, "Experimental investigation and kinetics of tomato peel pyrolysis: Performance, combustion and emission characteristics of bio-oil blends in diesel engine," *Journal of Cleaner Production*, vol. 254, p. 120115, 2020.
- [15] T. Hassan, M. M. Rahman, A. R. Adib, R. M. Meraz, M. A. Rahman, and M. S. H. K. Tushar, "Effect of Ni and Al nanoadditives on the performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel-castor oil biodiesel-n-butanol blends," *Case Studies in Chemical and*

บทความวิจัย (Research Article)

Environmental Engineering, p. 100531,
2023.

- [16] D. Singh and A. Paul, "Energy, exergy, emission, exergoeconomic, enviroeconomic, and sustainability analysis of diesel engine, fueled by waste cooking oil and waste polyethylene co-pyrolysis oil-diesel blends," *Journal of Cleaner Production*, vol. 426, p. 139186, 2023.
- [17] S. Gowthaman and K. Thangavel, "Performance, emission and combustion characteristics of a diesel engine fuelled with diesel/coconut shell oil blends," *Fuel*, vol. 322, p. 124293, 2022.

บทความวิจัย (Research Article)

วิธีการจัดอันดับสำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงโดยใช้การประเมินประสิทธิภาพแบบไขว้แบบหลาย วัตถุประสงค์สำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง และ วิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

นรงค์ วิชาภา^{1,*} และ อัจฉรา ชุมพล²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

² สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และระบบอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: narong.wi@ksu.ac.th

(รับบทความ: 27 ตุลาคม 2566; แก้ไขบทความ: 14 พฤศจิกายน 2566; ตอรับบทความ: 30 พฤศจิกายน 2566)

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูล หรือ DEA (Data Envelopment Analysis) แบบดั้งเดิม ถูกใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของหน่วยการตัดสินใจ (DMUs) ที่มีค่าแน่นอน (Precise Data) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูลแบบดั้งเดิมไม่สามารถใช้ในการประเมินประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของหน่วยผลิตที่มีค่าไม่แน่นอน (Imprecise Data) ได้ โดยข้อมูลที่ไม่แน่นอนอาจมีรูปแบบ เช่น ข้อมูลช่วง (Interval Data) หรือข้อมูลแบบคลุมเครือ (Fuzzy Data) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับข้อมูลแบบช่วง หรือ MOIDEA (Multi-Objective Interval Data Envelopment Analysis) และวิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ หรือ RCC (Relative Closeness Coefficient) สำหรับการประเมินและจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง ขั้นตอนแรกวิธี MOIDEA จะถูกใช้สำหรับการหาค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงของหน่วยผลิต จากนั้นนำค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงที่ได้มาทำการแปลงค่าจากค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงให้เป็นค่าตัวเลขที่ชัดเจนโดยใช้วิธี RCC ผลการทดสอบวิธีการที่นำเสนอกับปัญหาในวรรณกรรมพบว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าสหสัมพันธ์สเปียร์แมนสูงมาก ($r = 0.999$) ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอจึงมีความน่าเชื่อถือและสามารถเป็นแนวทางหนึ่งในการประเมินและจัดลำดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูล การวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูลที่มีข้อมูลแบบช่วง วิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับข้อมูลแบบช่วง วิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

การอ้างอิงบทความ: นรงค์ วิชาภา และ อัจฉรา ชุมพล, “วิธีการจัดอันดับสำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงโดยใช้การประเมินประสิทธิภาพแบบไขว้แบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง และ วิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์,” วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 6, หน้า 28-37, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

A Ranking Approach for Decision Making Units with Interval Data using Multi-Objective IDEA Model and Relative Closeness Coefficient Method

Narong Wichapa^{1,*} and Atchara Choopol²

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

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

* Corresponding Author: narong.wi@ksu.ac.th

(Received: October 27, 2023; Revised: November 14, 2023; Accepted: November 30, 2023)

Abstract

The traditional Data Envelopment Analysis (DEA) model can assess the relative efficiency of decision-making units (DMUs) with precise data. However, it cannot be applied to evaluate the efficiency of production units with imprecise data. Imprecise data can take various forms, such as interval data or fuzzy data. This research aims to introduce a ranking method for DMUs with interval data using a Multi-Objective IDEA Model (MOIDEA model) and the Relative Closeness Coefficient method (RCC). In the first step, the MOIDEA model is used to assess interval efficiency. Subsequently, the interval efficiency scores were transformed into precise efficiency scores using the Relative Closeness Coefficient (RCC) method. Testing the proposed method against problem in the literature reveals that it achieves a high Spearman rank correlation ($r > 0.999$) when compared to a method in the literature. Therefore, the proposed method is reliable and can serve as one approach for assessing and ranking DMUs that possess interval data.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Interval Data Envelopment Analysis, Multi-Objective IDEA Model, Relative Closeness Coefficient Method

Please cite this article as: N. Wichapa and A. Choopol, "A Ranking Approach for Decision Making Units with Interval Data using Multi-Objective IDEA Model and Relative Closeness Coefficient Method," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 6, pp. 28-37, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

แม้ว่าวิธีการวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูล หรือ DEA (Data Envelopment Analysis) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมสูงสำหรับนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของหน่วยผลิต หรือ DMUs (Decision Making Units) ที่มีหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยนำเข้า (Inputs) และปัจจัยผลผลิต (Outputs) โดยแต่ละปัจจัยมีค่าข้อมูลเป็นตัวเลขที่ชัดเจน (Crisp Value) [1-3] อย่างไรก็ตามหากข้อมูลเป็นแบบช่วง (มีค่าขอบเขตล่างและค่าขอบเขตบน) วิธี DEA ดั้งเดิมไม่สามารถจัดลำดับหน่วยผลิตได้ [4, 5] ด้วยเหตุนี้ Wang et al. [6] ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูลแบบช่วง หรือวิธี IDEA (Interval Data Envelopment Analysis) สำหรับการประเมินและจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลเป็นช่วง ซึ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับ IDEA ที่สร้างขึ้นจะมี 2 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบ IDEA สำหรับการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ขอบเขตล่าง และ ตัวแบบ IDEA สำหรับการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ขอบเขตบน ซึ่งทั้งสองตัวแบบจะแยกการคำนวณอย่างอิสระต่อกัน ซึ่งเป็นผลให้ผลเฉลยของชุดน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Weights) ของแต่ละปัจจัยอาจไม่สอดคล้องอย่างสมบูรณ์สำหรับบางปัญหา IDEA หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตบนที่คำนวณได้อาจมีค่าน้อยกว่าค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของเขตล่าง ซึ่งในความเป็นจริงค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตบนควรมีค่ามากกว่าค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของเขตล่างเสมอตามหลักการของตัวเลขแบบช่วง

ดังนั้นการพัฒนาวิธีการวัดประสิทธิภาพแบบช่วง หรือ IDEA ดั้งเดิมสำหรับการประเมินและจัดอันดับหน่วยผลิตจึงเป็นสิ่งที่ทำหาย นอกจากนี้ผลลัพธ์หรือค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่ได้จากประเมินหน่วยผลิตสำหรับปัญหา IDEA จะมีค่าเป็นช่วงคะแนน ซึ่งจะทำให้การจัดอันดับหน่วยผลิตมีความยุ่งยากเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นนับเป็นสิ่งทำหายในการพัฒนาเครื่องมือ

สำหรับการจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีผลการประเมินเป็นค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่มีค่าคะแนนเป็นแบบช่วง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการจัดอันดับของหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง เริ่มจากการพัฒนาวิธีการวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่หน่วยผลิตมีข้อมูลแบบช่วงโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์การวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูลแบบช่วงหลายวัตถุประสงค์ หรือ MOIDEA (Multi-Objective IDEA model) สำหรับคำนวณหาค่าวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงก่อน จากนั้นจะนำเสนอวิธีสัมประสิทธิ์ ความใกล้เคียงสัมพัทธ์ (Relative Closeness Coefficient: RCC) โดย Wichapa et al. [7, 8] ซึ่งวิธีนี้ได้ถูกพัฒนามาจากแนวคิดของ TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ของ Hwang and Yoon [9] ซึ่งวิธี RCC ได้ถูกนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพให้สามารถใช้ในการจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงในงานวิจัยนี้

ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเสนอการพัฒนาวิธีการวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ดั้งเดิมให้สามารถแก้ปัญหาหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงได้ ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า MOIDEA รวมถึงยังมีข้อดีอีกประการคือนำเสนอวิธีการ RCC สำหรับจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงได้

2. การทบทวนวรรณกรรม

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูล หรือ DEA (Data Envelopment Analysis) ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Charnes, Cooper and Roberts [10] ซึ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของนี้เรียกว่า CCR ซึ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้ได้ยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการวัดคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ (Relative Efficiency Score) โดยที่ผ่านมานในอดีตพบว่าตัวแบบ CCR ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยหลากหลายสาขา เช่น

บทความวิจัย (Research Article)

ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านอื่น ๆ [11-13]

การวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ด้วยตัวแบบ CCR มีข้อดีคือสามารถวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของหน่วยผลิตจำนวนมาก โดยที่แต่ละหน่วยผลิตแต่ละหน่วยผลิตมีหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตได้ โดยไม่จำเป็นต้องปรับข้อมูลให้เป็นมาตรฐาน (Normalized Data) ก่อนการคำนวณ และไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยก่อนเพราะตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ CCR สามารถหาผลเฉลยของค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยได้จากการประมวลผลโดยใช้ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ได้ [14, 15] อย่างไรก็ตามแม้ว่าวิธี CCR จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของหน่วยผลิตที่มีข้อมูลชัดเจน (Crisp Data) อย่างไรก็ตามวิธี CCR ดั้งเดิมไม่สามารถแก้ปัญหา IDEA ได้ เนื่องจากหน่วยผลิตแต่ละหน่วยผลิตมีข้อมูลแบบช่วง หรือเป็นแบบผสมระหว่างข้อมูลชัดเจน และข้อมูลแบบช่วง

ดังนั้นเพื่อที่จะเอาชนะข้อบกพร่องนี้ Wang et al. [16] จึงได้นำเสนอวิธีการวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงและTOPSIS หรือ IDEA based TOPSIS สำหรับแก้ปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามวิธีการของเขาจะประกอบด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณหาค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตล่าง และตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณหาค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตบนจะแยกการคำนวณโดยอิสระต่อกัน ซึ่งในบางปัญหาอาจทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่คำนวณได้ไม่สอดคล้องกับข้อมูลแบบช่วง กล่าวคือค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตบนอาจมีค่าน้อยกว่าค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตล่างสำหรับบางปัญหา ดังนั้นการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ IDEA ให้เป็นตัวแบบ IDEA แบบหลายวัตถุประสงค์จะเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการแก้ไขข้อบกพร่องนี้

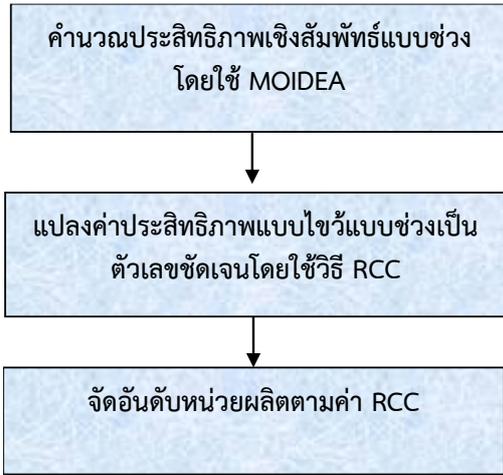
นอกจากนี้สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจากตัวแบบ IDEA จะให้ค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์เป็นแบบช่วง ซึ่งทำให้การการอันดับหน่วยผลิตเป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีความท้าทายอย่างยิ่งสำหรับการที่จะพัฒนาวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง

นอกจากนี้การพัฒนาวิธีการจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีค่าคะแนนประสิทธิภาพแบบไขว้เป็นช่วงโดยอาศัยแนวคิดของ TOPSIS [9] โดยวิธีการที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำมาใช้สำหรับการเปลี่ยนค่าคะแนนที่เป็นช่วง (Interval Efficiency Score) ให้เป็นค่าคะแนนที่ชัดเจน (Crisp Efficiency Score) เพื่อจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วง โดยวิธีการนี้เรียกว่าวิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้เคียงสัมพัทธ์ หรือ RCC (Relative Closeness Coefficient) โดยวิธีการดังกล่าวดัดแปลงมาจาก Wichapa et al. [7, 8] ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วง

3. วิธีการ

รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีที่นำเสนอสำหรับการจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกจะนำเสนอการประเมินประสิทธิภาพไขว้แบบช่วงโดยใช้วิธี MOIDEA จากนั้นแปลงประสิทธิภาพไขว้แบบช่วงโดยใช้วิธี RCC

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการคำนวณของวิธีการที่นำเสนอ

3.1 คำนวณค่าคะแนนประสิทธิภาพจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MOIDEA

กำหนดให้หน่วยผลิตมีจำนวนทั้งหมด n หน่วย $\{DMU_j / j = 1, 2, 3, \dots, n\}$ ซึ่งแต่ละหน่วยผลิต หรือ DMU_j ใช้ปัจจัยนำเข้าจำนวน m ปัจจัย เพื่อสร้างปัจจัยผลผลิตจำนวน s ปัจจัย โดยที่ y_{rj} และ x_{ij} , แทนปัจจัยผลผลิตและปัจจัยนำเข้าตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สำหรับข้อมูลที่เป็นช่วงสามารถนิยามปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตแบบช่วงได้ดังนี้ $[x_{ij}^l, x_{ij}^u]$ และ $[y_{rj}^l, y_{rj}^u]$ ตามลำดับ โดยที่ $x_{ij}^l > 0$ และ $y_{rj}^l > 0$ โดยอาศัยแนวคิดของวิธี IDEA ดังเดิม [6, 16] มาเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MOIDEA สำหรับการประเมินหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง เพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วง $[E_{kk}^l, E_{kk}^u]$ ดังตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ (1)

$$\begin{aligned}
 \text{Max} &= E_{kk}^l + E_{kk}^u \\
 &= \sum_{r=1}^s u_{rk}^l \cdot y_{rk}^l + \sum_{r=1}^s u_{rk}^u \cdot y_{rk}^u \\
 \text{s.t.} & \sum_{r=1}^s u_{rk}^l \cdot y_{rk}^u - \sum_{i=1}^m v_{ik}^l \cdot x_{ij}^l \leq 0, \forall j, j = 1, 2, \dots, n \\
 & \sum_{r=1}^s u_{rk}^u \cdot y_{rk}^u - \sum_{i=1}^m v_{ik}^u \cdot x_{ij}^l \leq 0, \forall j, j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^m v_{ik}^l \cdot x_{ik}^u &= 1, \forall k, k = 1, 2, \dots, n \\
 \sum_{i=1}^m v_{ik}^u \cdot x_{ik}^l &= 1, \forall k, k = 1, 2, \dots, n \\
 v_{ik}^u &\geq v_{ik}^l, u_{rk}^u \geq u_{rk}^l, \forall i, \forall r, \forall k \\
 v_{ik}^l, u_{rk}^l, v_{ik}^u, u_{rk}^u &\geq 0, \forall i, \forall r, \forall k
 \end{aligned}$$

ในสมการที่ (1) เป็นสมการเป้าหมายค่าประสิทธิภาพแบบไขว้มากที่สุด ซึ่งแต่ละ DMU_k เป็นหน่วยผลิตที่กำลังถูกประเมิน กำหนดให้ v_{ik} และ u_{rk} เป็นน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยนำเข้า i และปัจจัยผลผลิต r ตามลำดับ โดยกำหนดให้ E_{kk}^l และ E_{kk}^u เป็นค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตล่าง และค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตบนของหน่วยผลิต DMU_k ตามลำดับ

3.2 แปลงค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงเป็นตัวเลขชัดเจนโดยใช้วิธี RCC

เนื่องจากค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่ได้จะมีค่าเป็นแบบช่วง การจัดเรียงลำดับความสำคัญของหน่วยผลิตจึงจำเป็นต้องพัฒนาแนวคิดในการแปลงค่าแบบช่วง (Interval Value) มาเป็นตัวเลขที่ชัดเจน (Crisp Value) โดยในงานวิจัยนี้จะอาศัยแนวคิดของ TOPSIS มาปรับปรุงเป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ (RCC) ดังสมการที่ (2) ถึงสมการที่ (4)

กำหนดให้ E^n เป็นค่าอุดมคติเชิงลบ และ E^p เป็นค่าอุดมคติเชิงบวก ซึ่งหาค่าดังสมการที่ (2) และสมการที่ (3) ตามลำดับ

$$E^n = \min \{E_{kk}^l, E_{kk}^u\}, k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$E^p = \max \{E_{kk}^l, E_{kk}^u\}, k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

โดยที่ค่าคะแนน E_{kk}^l และค่าคะแนน E_{kk}^u เป็นค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของขอบเขตล่างและ

บทความวิจัย (Research Article)

ขอบเขตบนตามลำดับ ซึ่งได้มาจากการคำนวณตัวแบบ MOIDEA ในตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ (1)

จากนั้นคำนวณค่าระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ (D^-) และค่าระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก (D^+) ดังสมการที่ (4) และสมการที่ (5) ตามลำดับ

$$D_k^- = (E_k^l - E^*) + (E_k^r - E^*), k = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$D_k^+ = (E^* - E_k^l) + (E^* - E_k^r), k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

จากสมการที่ (4) และสมการที่ (5) สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ หรือ RCC (Relative Closeness Coefficient) ได้ ดังสมการที่ (6)

$$RCC_k = (D_k^-) / (D_k^- + D_k^+), k = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

ถ้าหน่วยผลิตใดมีค่า RCC สูงกว่าจะหมายถึงหน่วยผลิตนั้นมีอันดับที่ดีกว่า

4. ผลการวิจัย

วิธีการที่นำเสนอสำหรับการจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงในปัญหา IDEA ในงานวิจัยนี้จะถูกทดสอบกับปัญหา Primary School ซึ่งนำเสนอในงานวิจัยของ Wang et al. [16] กำหนดให้โรงเรียนเป็นหน่วยผลิต (DMUs) จากนั้นกำหนดค่าปัจจัยนำเข้า x_1, x_2, x_3, x_4 และ x_5 หมายถึงจำนวนเจ้าหน้าที่ (Number of Staff) พื้นที่โรงเรียน (School Building Area) สำเนาหนังสือ (Copies of Books) ต้นทุนค่าซ่อม (Fixed Asset) มีหน่วยเป็น Million RMB งบประมาณของโรงเรียน (School Budget) และปัจจัยผลผลิต y_1 หมายถึงจำนวนนักเรียน (Number of Students) ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยนำเข้า ปัจจัยผลผลิต และหน่วยผลิต สำหรับใช้เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการคำนวณประสิทธิภาพแบบช่วงและจัดอันดับหน่วยผลิต ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัญหา Primary School

DMUs	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1
1	[47,53]	3964	8947	3.54	9.26	[313,360]
2	[39,40]	965	4247	2.04	3.41	[102,110]
3	[65,70]	2222	8543	2.23	12.07	[263,300]
4	[43,54]	2316	7560	2.42	5.7	[261,274]
5	[47,49]	3362	11,035	1.23	5.9	[292,312]
6	[49,59]	3273	6120	5.61	8.53	[261,289]
7	[30,36]	1534	7439	2.55	5.73	[256,270]
8	[45,57]	1130	4043	2.25	10.07	[73,81]
9	[38,45]	2278	7306	1.51	7.6	[293,311]
10	[104,124]	7321	25,218	16.91	15.73	[1129,1195]
11	[92,110]	6218	11,552	10.86	13.95	[410,455]
12	[38,40]	1878	4155	3.89	6.43	[191,202]
13	[42,46]	2649	6986	1.41	6.22	[242,263]
14	[39,50]	2402	8623	2.18	7.25	[264,341]
15	[55,57]	2359	7200	5.06	8.57	[221,264]
16	[30,39]	1328	6260	1.87	5.68	[179,227]
17	[132,137]	11,922	53,840	8.28	20.07	[2672,3122]
18	[59,62]	3552	11,674	6.76	8.2	[417,505]
19	[17,19]	1666	3926	2.98	2.83	[125,147]
20	[173,180]	23,200	40,000	23.09	25.18	[3066,3122]
21	[73,74]	3271	21,484	2.34	10.9	[360,386]
22	[59,72]	4301	10,300	2.26	10.14	[290,363]
23	[99,112]	21,175	47,060	7.34	14.35	[1995,2317]
24	[35,41]	1410	13,803	1.65	5.37	[212,230]
25	[65,105]	30,705	22,000	38.3	15.99	[1252,1276]

4.1 ผลการคำนวณค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MOIDEA

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MOIDEA ดังแสดงในตัวอย่างทางคณิตศาสตร์ (1) สามารถนำมาเขียนโค้ดโดยใช้ซอฟต์แวร์ Lingo ดังแสดงในรูปที่ 2

```

MODEL:
SETS:
DMU/1..25/: ;
FACTOR/1..6/::;
DXF ( DMU, FACTOR ):
DMUK/1..25/: ACE_L, ACE_U, CCR_L, CCR_U, SCORE, I
DEACCRL, IDEACCRU;
IK (DMU, DMUK) : INPUT_L, INPUT_U, OUTPUT_L, OUTPU
T_U, CE_L, CE_U;
KJ ( DMUK, FACTOR ): XL, XU, WL, WU ;
ENDSETS
DATA:

```

นรงค์ วิชาภา และ อัจฉรา ชุมพล, วิธีการจัดอันดับสำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงโดยใช้การประเมินประสิทธิภาพแบบไขว้แบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง และ วิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

บทความวิจัย (Research Article)

```

NINPUTS, XL, XU =
@OLE('C:\Users\naron\OneDrive\Paper_EN
journal\Paper1\PrimarySchoolsGameMO.xlsx', '
NINPUTS', 'XL', 'XU');
ENDDATA
MAX = @SUM( DMUK ( K) : SCORE ( K) );
@FOR( DMUK ( K) :@FOR( DMU (
I) :SCORE ( K) =CCR_L ( K) !+ EM ( K) ; + CCR_U (
K) ));
@FOR( DMUK ( K) :@FOR( DMU (
I) :CCR_L ( K) = @SUM( FACTOR ( J) | J #GT#
NINPUTS:XL ( K, J) * WL ( K, J) ));
@FOR( DMUK ( K) :@FOR( DMU (
I) :CCR_U ( K) = @SUM( FACTOR ( J) | J #GT#
NINPUTS:XU ( K, J) * WU ( K, J) ));
@FOR( DMU ( I) :@FOR(
DMU ( K) :@SUM( FACTOR ( J) | J #GT# NINPUTS:
XU ( I, J) * WL ( K, J) ) <=
@SUM( FACTOR ( J) | J #LE#
NINPUTS: XL ( I, J) * WL ( K, J) ));
@FOR( DMU ( I) :@FOR(
DMU ( K) :@SUM( FACTOR ( J) | J #GT# NINPUTS:
XU ( I, J) * WU ( K, J) ) <=
@SUM( FACTOR ( J) | J #LE#
NINPUTS: XL ( I, J) * WU ( K, J) ));
@FOR( DMUK ( K) :@FOR(
DMU ( I) :@SUM( FACTOR ( J) | J #LE#
NINPUTS:XU ( K, J) * WL ( K, J) ) = 1));
@FOR( DMUK ( K) :@FOR(
DMU ( I) :@SUM( FACTOR ( J) | J #LE#
NINPUTS:XL ( K, J) * WU ( K, J) ) = 1));
@FOR( DMUK ( K) :@FOR(
FACTOR ( J) | J #GT# NINPUTS: WL ( K, J) <=WU ( K,
J) ));
@FOR( DMUK ( K) :@FOR(
FACTOR ( J) | J #LE# NINPUTS: WL ( K, J) <=WU ( K,
J) ));
@FOR( DXF ( I, J) :
WL ( I, J) >=0);
@FOR( DXF ( I, J) :
WU ( I, J) >=0);
@FOR( DXF ( I, J) :
WU ( I, J) >=WL ( I, J) );
@FOR( DMUK ( K) :@FOR( DMU (
I) :CCR_L ( K) <=CCR_U ( K) ));
@FOR( DMUK ( K) :@FOR( DMU (
I) :CCR_U ( K) <= 1));
END

```

รูปที่ 2 โค้ดของ Lingo สำหรับตัวแบบ MOIDEA

จากนั้นนำเข้าข้อมูลจากตารางที่ 1 เข้าในโค้ด Lingo ที่เขียนขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นทำการประมวลผลเพื่อหาค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงของแต่ละหน่วยผลิต โดยรายละเอียดผลการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 2

4.2 ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์แบบช่วงของแต่ละหน่วยผลิต

จากผลเฉลยค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงดังแสดงในตารางที่ 2 จากนั้นใช้สมการที่ (2) และสมการที่ (3) กำหนดค่าอุดมคติเชิงลบ (E^-) และค่าอุดมคติเชิงบวก (E^+) จากนั้นคำนวณค่าระยะทางที่ห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ (D_k^-) และระยะทางที่ห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก (D_k^+) โดยใช้สมการที่ (4) และสมการที่ (5) ตามลำดับ สุดท้ายคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์หรือค่า RCC โดยใช้สมการที่ (6) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์และค่าอันดับของแต่ละหน่วยผลิตโดยใช้วิธี RCC

DMUs	$[E_k^-, E_k^+]$	D_k^-	D_k^+	RCC _k	Rank
1	[0.5038,0.5794]	0.4934	0.9169	0.3499	18
2	[0.4119,0.4442]	0.2663	1.1439	0.1889	24
3	[0.5118,0.5838]	0.5059	0.9044	0.3587	17
4	[0.5503,0.5777]	0.5383	0.8720	0.3817	16
5	[0.6296,0.6727]	0.7126	0.6976	0.5053	9
6	[0.5647,0.6253]	0.6003	0.8100	0.4256	13
7	[0.6373,0.6721]	0.7197	0.6906	0.5103	8
8	[0.2949,0.3272]	0.0323	1.3780	0.0229	25
9	[0.6630,0.7037]	0.7769	0.6334	0.5509	6
10	[0.7240,0.7663]	0.9005	0.5098	0.6385	5
11	[0.4688,0.5202]	0.3992	1.0110	0.2831	22
12	[0.6485,0.6858]	0.7446	0.6657	0.5280	7
13	[0.5748,0.6247]	0.6098	0.8005	0.4324	11
14	[0.5004,0.6463]	0.5570	0.8533	0.3950	15
15	[0.4801,0.5736]	0.4640	0.9463	0.3290	19
16	[0.5147,0.6527]	0.5777	0.8325	0.4097	14
17	[0.8559,1.0000]	1.2661	0.1441	0.8978	3
18	[0.5704,0.6908]	0.6715	0.7388	0.4761	10
19	[0.4592,0.5400]	0.4094	1.0009	0.2903	21
20	[0.9821,1.0000]	1.3923	0.0179	0.9873	1
21	[0.4203,0.4506]	0.2812	1.1291	0.1994	23
22	[0.4608,0.5768]	0.4480	0.9623	0.3176	20
23	[0.8610,1.0000]	1.2713	0.1390	0.9015	2
24	[0.5742,0.6229]	0.6073	0.8029	0.4307	12
25	[0.6950,0.9152]	1.0205	0.3898	0.7236	4
$[E^-, E^+] = [0.2949, 1.0000]$					

บทความวิจัย (Research Article)

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาแต่ละหน่วยผลิตพบว่าค่า RCC ของหน่วยผลิตที่ 20 มีค่ามากที่สุด (RCC=0.9873) ดังนั้นจึงถูกจัดไว้ในอันดับที่ 1 ในขณะที่หน่วยผลิตที่ 8 มีค่า RCC น้อยสุด (RCC=0.0229) จึงถูกจัดไว้ในอันดับที่ 25

จากนั้นวิธีการที่นำเสนอจะถูกเปรียบเทียบกับวิธีการของ Wang et al. [16] ดังตารางที่ 3 ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการจัดอันดับของวิธีที่นำเสนอกับวิธีของ Wang

DMUs	Distance [วิธีของ Wang]	Rank	RCC _k (วิธีที่นำเสนอ)	Rank
1	0.3445	18	0.3499	18
2	0.5383	24	0.1889	24
3	0.3348	17	0.3587	17
4	0.3097	16	0.3817	16
5	0.2000	9	0.5053	9
6	0.2671	12	0.4256	13
7	0.1926	8	0.5103	8
8	0.7852	25	0.0229	25
9	0.1612	6	0.5509	6
10	0.1030	5	0.6385	5
11	0.4191	22	0.2831	22
12	0.1783	7	0.5280	7
13	0.2610	11	0.4324	11
14	0.3031	15	0.3950	15
15	0.3683	19	0.3290	19
16	0.2880	14	0.4097	14
17	0.0135	3	0.8978	3
18	0.2250	10	0.4761	10
19	0.4118	21	0.2903	21
20	0.0000	1	0.9873	1
21	0.5298	23	0.1994	23
22	0.3839	20	0.3176	20
23	0.0125	2	0.9015	2
24	0.2681	13	0.4307	12
25	0.1009	4	0.7236	4

จากตารางที่ 3 นำข้อมูลการจัดอันดับหน่วยผลิตไปทดสอบสหสัมพันธ์สเปียร์แมนระหว่างวิธีที่นำเสนอและวิธี IDEA based TOPSIS ของ Wang et al. [16] ผลการทดสอบพบว่าวิธีทั้งสองมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ

0.999 ($r_s=0.999$) ซึ่งแสดงว่าวิธีที่นำเสนอสอดคล้องกับวิธีการของ Wang et al. [16] สูงมาก ดังนั้นวิธีที่นำเสนอจึงเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือสูงสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินและจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงในกรณีอื่นได้

5. สรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบล้อมกรอบ หรือ DEA (Data Envelopment Analysis) เป็นวิธีการเชิงตัวเลขที่ได้รับความนิยมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของหน่วยผลิต หรือ DMUs (Decision Making Units) ที่มีข้อมูลแบบชัดเจน ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ DEA มีโครงสร้างที่เรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพในการประเมินประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของหน่วยผลิตที่มีจำนวนมากได้ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ DEA ดังเดิม ถูกใช้สำหรับการประเมินหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง อย่างไรก็ตามโลกในความเป็นจริงการได้มาซึ่งข้อมูลที่ชัดเจนเป็นสิ่งที่ยาก ซึ่งโดยทั่วไปข้อมูลจะถูกวัดมาเป็นตัวเลขที่ไม่แน่นอน เช่น ข้อมูลแบบช่วง หรือข้อมูลแบบคลุมเครือ ดังนั้นการพัฒนาวิธีการใหม่สำหรับการประเมินและจัดอันดับหน่วยผลิตจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบหลายวัตถุประสงค์ สำหรับข้อมูลแบบช่วง หรือ MOIDEA (Multi-objective Interval Data Envelopment Analysis) และวิธีสัมประสิทธิ์ความใกล้เคียงสัมพัทธ์ หรือ RCC (Relative Closeness Coefficient) สำหรับการประเมินและจัดอันดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง โดยในขั้นตอนแรกวิธี MOIDEA จะถูกใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงของหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วง จากนั้นนำค่าคะแนนประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์แบบช่วงที่ได้มาทำการแปลงค่าให้เป็นค่าตัวเลขที่ชัดเจนโดยใช้วิธี RCC ถ้าค่า RCC ของหน่วยผลิตใดสูงกว่าจะหมายถึงหน่วยผลิตนั้นมีอันดับที่สูงกว่า จากผลการทดสอบกับปัญหาหนึ่งใน

บทความวิจัย (Research Article)

วรรณกรรมพบว่าวิธีการที่นำเสนอค่าสหสัมพันธ์สเปียร์แมนสูงมาก ($r = 0.999$) เมื่อเทียบวิธี IDEA based TOPSIS [16] ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอจึงมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินและจัดลำดับหน่วยผลิตที่มีข้อมูลแบบช่วงได้

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคตคือวิธีการที่นำเสนอควรถูกทดสอบกับปัญหา IDEA อื่น ๆ เพิ่มเติม โดยเฉพาะนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงหรือกรณีศึกษาอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้มากขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยเชื่อว่าวิธีการ RCC สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ หรือปัญหา MCDM ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์สำหรับการสนับสนุนบทความวิจัยนี้ และผู้แต่งขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของบทความวิจัยนี้ให้ดียิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. Fan, B. Bai, Q. Qiao, P. Kang, Y. Zhang, and J. Guo, "Study on eco-efficiency of industrial parks in China based on data envelopment analysis," *Journal of Environmental Management*, vol. 192, pp. 107-115, 2017/05/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.048>.
- [2] A. Panwar, M. Olfati, M. Pant, and V. Snasel, "A Review on the 40 Years of Existence of Data Envelopment Analysis Models: Historic Development and Current Trends," *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 29, no. 7, pp. 5397-5426, 2022/11/01 2022, doi: [10.1007/s11831-022-09770-3](https://doi.org/10.1007/s11831-022-09770-3).
- [3] K. Fotova Čiković, I. Martinčević, and J. Lozić, "Application of Data Envelopment Analysis (DEA) in the Selection of Sustainable Suppliers: A Review and Bibliometric Analysis," *Sustainability*, vol. 14, no. 11, p. 6672, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/11/6672>.
- [4] A. H. Tajik Yabr, S. E. Najafi, Z. Moghaddas, and P. Shahnazari Shahrezaei, "Interval Cross Efficiency Measurement for General Two-Stage Systems," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2022, p. 5431358, 2022/02/28 2022, doi: [10.1155/2022/5431358](https://doi.org/10.1155/2022/5431358).
- [5] M. Toloo, E. K. Mensah, and M. Salahi, "Robust optimization and its duality in data envelopment analysis," *Omega*, vol. 108, p. 102583, 2022/04/01/ 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102583>.
- [6] Y.-M. Wang, R. Greatbanks, and J.-B. Yang, "Interval efficiency assessment using data envelopment analysis," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 153, no. 3, pp. 347-370, 2005/08/01/ 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2004.12.011>.
- [7] N. Wichapa, A. Lawong, and M. Donmuen, "Ranking DMUs using a novel combination method for integrating the results of relative closeness benevolent and relative closeness aggressive models," *International Journal of Data and*

บทความวิจัย (Research Article)

- Network Science*, vol. 5, no. 3, pp. 401-416, 2021.
- [8] N. Wichapa and S. Sodsoon, "A Relative Closeness Coefficient Model Based on the Distance of Virtual DMUs Cross-Efficiency Method for Ranking Thai Economic Development," *Engineering Letters*, vol. 31, no. 1, 2023.
- [9] C. Hwang and K. Yoon, "Methods for multiple attribute decision making. Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey," *Mult. Attrib. Decis. Mak.*, vol. 1, pp. 58-191, 1981.
- [10] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units," *European Journal of Operational Research*, vol. 2, no. 6, pp. 429-444, 1978/11/01/ 1978, doi: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).
- [11] A. Fazlollahi and U. Franke, "Measuring the impact of enterprise integration on firm performance using data envelopment analysis," *International Journal of Production Economics*, vol. 200, pp. 119-129, 2018.
- [12] J. Sun, J. Wu, and D. Guo, "Performance ranking of units considering ideal and anti-ideal DMU with common weights," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 37, no. 9, pp. 6301-6310, 2013.
- [13] F. Hosseinzadeh Lotfi, T. Allahviranloo, M. Shafiee, and H. Saleh, "Data Envelopment Analysis," in *Supply Chain Performance Evaluation: Application of Data Envelopment Analysis*: Springer, 2023, pp. 179-241.
- [14] C.-N. Wang, X.-T. Nguyen, and Y.-H. Wang, "Automobile industry strategic alliance partner selection: The application of a hybrid DEA and grey theory model," *Sustainability*, vol. 8, no. 2, p. 173, 2016.
- [15] P. Peykani, E. Mohammadi, R. F. Saen, S. J. Sadjadi, and M. Rostamy-Malkhalifeh, "Data envelopment analysis and robust optimization: A review," *Expert Systems*, vol. 37, no. 4, p. e12534, 2020, doi: <https://doi.org/10.1111/exsy.12534>.
- [16] L. Wang, L. Li, and N. Hong, "Entropy Cross-Efficiency Model for Decision Making Units with Interval Data," *Entropy*, vol. 18, no. 10, p. 358, 2016. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1099-4300/18/10/358>.

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาปัจจัยต่อการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จระดับอำเภอ กรณีศึกษา เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

อภากร เขจรักษ์^{1,*}

¹ กลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคและเภสัชสาธารณสุข สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดมหาสารคาม

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: apanut13@gmail.com โทรศัพท์: 096-3635669
(รับบทความ: 10 ธันวาคม 2566; แก้ไขบทความ: 29 ธันวาคม 2566; ตอรับบทความ: 31 ธันวาคม 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยต่อการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จระดับอำเภอกรณีศึกษา เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 1) สืบหาข้อมูลเบื้องต้นและการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องต่อปัจจัยในการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) จำนวน 13 แห่ง ในจังหวัดมหาสารคาม 2) กำหนดค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของปัจจัยที่ได้จากการสำรวจในข้อ 1.นำมาให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในงานคุ้มครองผู้บริโภคระดับจังหวัด ที่มีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินปัจจัยแต่ละปัจจัยด้วยมาตรประมาณค่า 1-9 โดยใช้โปรแกรม Expert Choice ในการประมวลผลด้วยวิธีการตัดสินใจหลายเกณฑ์ด้วยวิธีการหาค่าการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) และ 3) ค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละปัจจัยในการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดเรียงตามลำดับ จำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ C3: ความสะดวกในการเข้าถึงบริการบนแพลตฟอร์มดิจิทัล (3E: E-service, E-learning, E-document) มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.606 C1: ความรวดเร็วในการให้บริการและการเข้าถึงข้อมูลที่ทันสมัย มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.191 C4: ความเป็นกันเองและความเป็นมืออาชีพของเจ้าหน้าที่ มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.119 C5: ความสะอาดและความเรียบร้อยของสถานที่ให้บริการ มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.049 และ C2: ความชัดเจนและความถูกต้องของข้อมูลที่ให้บริการ มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.036 ตามลำดับ และปัจจัยดังกล่าวนำมาใช้เป็นเกณฑ์การประเมินให้กับศูนย์บริการในแต่ละแห่งต่อการพัฒนาคุณภาพการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จต่อไป

คำสำคัญ: โปรแกรม Expert Choice กระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น ศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ

การอ้างอิงบทความ: อภากร เขจรักษ์, "การศึกษาปัจจัยต่อการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จระดับอำเภอ กรณีศึกษา เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 6, หน้า 38-45, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

A Study of Factors Affecting the Service Provision of One Stop Service Center: A Case Study in Maha Maha Sarakham Province Area

Arpakorn Kejornrak^{1,*}

¹ Health Consumer Protection and Pharmacy Department, Mahasarakham Provincial Public Health Office

* Corresponding Author: apanut13@gmail.com, Tel: 096-3635669

(Received: December 10, 2023; Revised: December 29, 2023; Accepted: December 31, 2023)

Abstract

The objective of this research is to study factors affecting the service provision of the One Stop Service Center (OSSC) at the district level, using a case study in the Maha Sarakham Province area. The research methodology involves three steps: 1) Survey of preliminary data and interviews with those involved in the service factors of 13 One Stop Service Center (OSSC) in Maha Sarakham Province. 2) Determining the weight ratios of factors obtained from the aforementioned survey. These ratios were presented to five provincial-level consumer protection experts with over five years of experience. The experts assessed each factor on a scale of 1–9 using the Expert Choice software, employing the Analytic Hierarchy Process (AHP) for multi-criteria decision-making analysis. 3) The relative weight of each factor in the service provision of the One Stop Service Center (OSSC). The research findings identified the most crucial five factors in the following sequence: C3: Convenience in accessing services via digital platforms (3E: e-service, e-learning, e-document) holds a factor weight of 0.606. C1: speed in service provision and access to up-to-date information with a factor weight of 0.191. C4: Empathy and professionalism of the staff, with a factor weight of 0.119. C5: Cleanliness and tidiness of the service facilities with a factor weight of 0.049. C2: Clarity and accuracy of the provided information have a factor weight of 0.036, respectively. And such factors are used as evaluation factors for each the OSSC to further develop the quality of services at the One Stop Service Center (OSSC).

Keywords: Expert Choice, Analytic Hierarchy Process, One Stop Service Center

Please cite this article as: A. Kejornrak, “A Study of Factors Affecting the Service Provision of One Stop Service Center: A Case Study in Maha Maha Sarakham Province Area,” *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 6, pp. 38-45, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (One Stop service Center: OSSC) คือ แนวคิด หรือ แพลตฟอร์มที่มุ่งเน้นการให้บริการที่ครบวงจรแก่ ผู้บริโภคในด้านผลิตภัณฑ์สุขภาพ โดยมีเป้าหมายในการจัดสรรแหล่งข้อมูลและบริการที่จำเป็นต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการและความสะดวกสบายของลูกค้าในเรื่องของผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และสุขภาพ โดยมุ่งเน้นการให้บริการที่ครบวงจรตั้งแต่ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ เช่น การแนะนำ การให้คำปรึกษา เป็นต้น จนถึงขั้นตอนการซื้อสินค้าและบริการหลังการขาย เพื่อให้การใช้ผลิตภัณฑ์ด้านสุขภาพเป็นไปอย่างราบรื่นและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคทุกคนที่เข้ามาใช้บริการในศูนย์ (OSSC) อีกทั้งยังเป็นที่มาของข้อมูลทางการแพทย์และสุขภาพที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภคและประชาชนทั่วไปด้วย ในทางปฏิบัติ (OSSC) อาจมีการรวมการบริการของหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ อาทิเช่น การแพทย์ การเภสัชกรรม และบริการทางการแพทย์เสริมเพื่อให้บริการที่ครบวงจรแก่ผู้ใช้บริการอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนี้ยังเน้นในการเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลทางการแพทย์และสุขภาพที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภคและประชาชนทั่วไปด้วย โดยมีขอบเขตหลักของ (OSSC) สามารถสรุปได้เป็น

1) การให้บริการทางการแพทย์และสุขภาพที่ครบวงจร มุ่งเน้นให้บริการที่ครอบคลุมตั้งแต่ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ การแนะนำ คำปรึกษา จนถึงขั้นตอนการซื้อและการให้บริการหลังการขาย เพื่อให้ลูกค้าได้รับประสบการณ์ที่เต็มเปี่ยมและครบถ้วนตลอดทั้งกระบวนการใช้ผลิตภัณฑ์สุขภาพนั้น ๆ

2) แหล่งรวบรวมข้อมูลทางการแพทย์และสุขภาพ เป็นที่มาของข้อมูลทางการแพทย์และสุขภาพที่เชื่อถือได้ ที่ผู้บริโภคและประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงและ

นำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพของตนเองและครอบครัว

3) การรวมบริการหลายหน่วยงาน อาจารย์รวมการบริการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพมากมาย เช่น การแพทย์ การเภสัชกรรม และบริการทางการแพทย์เสริม เพื่อให้บริการที่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้ใช้บริการ

ศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ มุ่งเน้นการทำให้กระบวนการใช้ผลิตภัณฑ์สุขภาพเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้บริโภคทุกคนที่มีความต้องการในด้านสุขภาพและการดูแลสุขภาพเองในทุกช่วงของชีวิตของพวกเขา

ปัจจุบันศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ จังหวัดมหาสารคาม มีแนวทางการพัฒนาคุณภาพศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายแม่บทของ ในปี พ.ศ. 2563-2566 ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้พัฒนาระบบงานอนุญาตผลิตภัณฑ์สุขภาพส่วนกลางและภูมิภาค เพื่อบริการประชาชนให้รวดเร็ว ทันสมัย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดมหาสารคาม โดยมีกลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคและเภสัชสาธารณสุข เป็นผู้รับผิดชอบต่อการขับเคลื่อนงานให้บรรลุเป้าหมาย โดยได้จัดทำโครงการพัฒนาศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จอย่างต่อเนื่อง (2563-2566) ให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี และสอดคล้องตามคำสั่งหัวหน้าคณะรักษาความสงบแห่งชาติที่ 77/2559 มีการบริหารจัดการตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข การรับและจ่ายเงินที่จัดเก็บตามกระบวนการพิจารณาอนุญาตผลิตภัณฑ์สุขภาพ พ.ศ. 2560 เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตามแผนงาน หรือ โครงการที่เป็นประโยชน์สาธารณะ เพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคด้านผลิตภัณฑ์สุขภาพ จึงได้จัดทำโครงการพัฒนาศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จอย่างต่อเนื่อง (2563- ปัจจุบัน) จากนโยบายดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาปัจจัยในการให้บริการ

บทความวิจัย (Research Article)

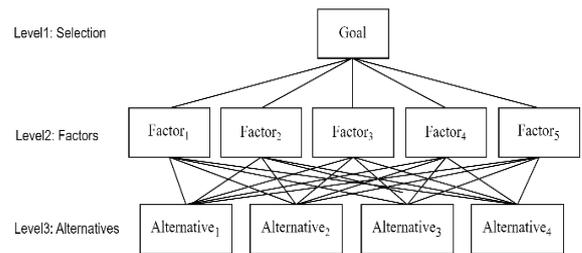
ของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) จำนวน 13 แห่ง ประกอบด้วย สาธารณสุขอำเภอชื่นชม สาธารณสุขอำเภอกันทรวิชัย สาธารณสุขอำเภอมหาสารคาม สาธารณสุขอำเภอแกดำ สาธารณสุขอำเภอวาปีปทุม สาธารณสุขอำเภอนาคู สาธารณสุขอำเภอยางสีสุราช สาธารณสุขอำเภอนาเชือก สาธารณสุขอำเภอบรบือ สาธารณสุขอำเภอกุตุรง สาธารณสุขอำเภอโกสุมพิสัย และสาธารณสุขอำเภอเชียงยืน ในจังหวัดมหาสารคาม และกำหนดค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของปัจจัยโดยใช้โปรแกรม Expert Choice [1] ในประมวลผลด้วยวิธีการตัดสินใจหลายเกณฑ์ โดยใช้วิธีการกระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ที่ได้รับความนิยมจากนักวิจัยหลายคน [3,4,5] ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยต่อการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จระดับอำเภอ กรณีศึกษา เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม และปัจจัยดังกล่าวนำมาใช้เป็นเกณฑ์การประเมินให้กับศูนย์บริการในแต่ละแห่งต่อการพัฒนาคุณภาพการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Decision Making - MCDM)

การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (MCDM) เกี่ยวข้องกับหลายทฤษฎีและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์การตัดสินใจที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการตัดสินใจในสถานการณ์ที่มีการพิจารณาหลายปัจจัยหรือด้านต่าง ๆ ในงานวิจัยได้เลือกใช้กระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ถูกพัฒนาโดย Thomas L. Saaty [2] เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจโดยการสร้างโครงสร้างลำดับความสำคัญของปัจจัยและตัวเลือกที่จะใช้เปรียบเทียบ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. การจำแนกโครงสร้างของการตัดสินใจ เป็นโครงสร้างที่เลียนแบบกระบวนการตัดสินใจของมนุษย์ ดังรูปที่ 1 ซึ่งสามารถแบ่งออกได้หลายระดับขึ้นอยู่กับปัญหาในการตัดสินใจนั้น ๆ ประกอบด้วย 3 ระดับชั้น ดังนี้



รูปที่ 1 โครงสร้างลำดับขั้นในการตัดสินใจ

2. การเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจด้วยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่ละคู่ (Pair wise comparison) โดยให้ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องประเมินให้คะแนนตามมาตรฐานระดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก ดังตารางที่ 1 และดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เมตริกซ์เปรียบเทียบความสัมพันธ์เป็นคู่

	A ₁	A ₂	A ₃	A _n
A ₁	1	a ₁₂	a ₁₃	a _{1n}
A ₂	1/ a ₁₂	1	a ₂₃	a _{2n}
A ₃	1/ a ₁₃	1/ a ₂₃	1	a _{3n}
A _n	1/ a _{1n}	1/ a _{2n}	1/ a _{3n}	1

ตารางที่ 2 แสดงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย

มาตรฐานพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบ		
ระดับความสำคัญ	เชิงคุณภาพ	คำอธิบาย
9	สำคัญกว่าสูงสุด	ความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่ง ในระดับสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	ความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีอิทธิพลเหนือกว่าอย่างได้ชัด
5	สำคัญกว่ามาก	ความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก

บทความวิจัย (Research Article)

มาตรฐานพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบ		
ระดับความสำคัญ	เชิงคุณภาพ	คำอธิบาย
3	สำคัญกว่าปานกลาง	ความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้งสองปัจจัยส่งผลกระทบต่อทางเลือกพื้นที่เหมาะสมที่เท่ากัน
ระดับความสำคัญ 8 สำคัญกว่ามากถึงสูงสุด อยู่ระหว่าง 7 และ 8		
ระดับความสำคัญ 6 สำคัญกว่าค่อนข้างมากถึงมากที่สุด อยู่ระหว่าง 5 และ 7		
ระดับความสำคัญ 4 สำคัญปานกลางถึงมากกว่า อยู่ระหว่าง 3 และ 5		
ระดับความสำคัญ 2 เท่ากันถึงปานกลาง อยู่ระหว่าง 1 และ 3		

3. คำนวณผลลัพธ์: ใช้วิธีการคำนวณ AHP เพื่อหาผลลัพธ์หรือค่าสำคัญของแต่ละปัจจัย และรวมผลลัพธ์เพื่อดูค่าความสำคัญของแต่ละตัวเลือก ความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: CR) ดังสมการ (1)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

เมื่อ RI คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index) ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 3 ซึ่งถ้าค่า $CR \leq 0.10$ แสดงว่าปัจจัยมีความสอดคล้องกันสามารถนำค่า Eigenvector ไปใช้เป็นค่าน้ำหนักได้ และหากค่า $CR > 0.10$ แสดงว่าปัจจัยไม่มีความสอดคล้องกันต้องทำการปรับการให้คะแนนความสำคัญใหม่

ตารางที่ 3 ค่า RI ดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม

ปัจจัย n	1	2	3	4	5
ค่า RI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11
ปัจจัย n	6	7	8	9	10
ค่า RI	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

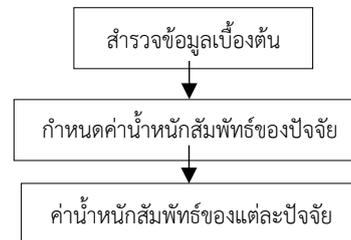
4. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ เพื่อตัดสินใจหรือปรับปรุงแผนการดำเนินงานต่อไป

วิธีการ AHP จริงเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนโดยการให้ความสำคัญให้กับปัจจัยต่าง ๆ

และช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถตัดสินใจอย่างมีระบบและมีเหตุผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ [6,7,8,9]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่ 2 ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ในการศึกษาปัจจัยในการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC)



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 สำรวจข้อมูลเบื้องต้น

ทางทีมผู้วิจัยลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง และทั้งระดมความคิด (Brainstorming) ต่อปัจจัยในการให้บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) จำนวน 13 แห่งในจังหวัดมหาสารคาม และนำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มของปัจจัย (Affinity Diagram)

3.2 กำหนดค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของปัจจัย

ได้จากการสำรวจปัจจัยในข้อ 1. นำมาให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในงานคุ้มครองผู้บริโภคระดับจังหวัด ที่มีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินปัจจัยแต่ละปัจจัยด้วยมาตรประมาณค่า 1-9 โดยใช้โปรแกรม Expert Choice ในการประมวลผล [1]

บทความวิจัย (Research Article)

3.3 ค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละปัจจัย

โดยใช้วิธีการกระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (AHP) กับปัจจัยในการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC)

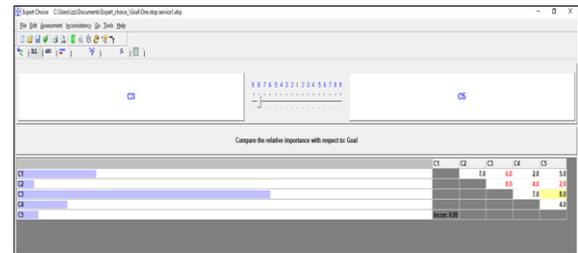
4. ผลการทดลอง

1) จากการสำรวจปัจจัยในการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) จำนวน 13 แห่ง ในจังหวัดมหาสารคาม ได้ปัจจัยที่สำคัญจำนวน 5 ปัจจัย ดังตารางที่ 4

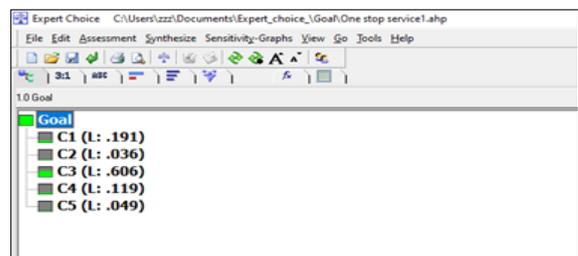
ตารางที่ 4 ปัจจัยในการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC)

ปัจจัย	รายละเอียด
C1: ความรวดเร็วในการให้บริการและการเข้าถึงข้อมูลที่ทันสมัย	ความเร็วในการให้บริการช่วยให้ประชาชนได้รับบริการอย่างทั่วถึง และการเข้าถึงข้อมูลที่มีความทันสมัยช่วยในการตัดสินใจและการวางแผนเพื่อสุขภาพที่ดีขึ้น
C2: ความชัดเจนและถูกต้องของข้อมูลที่ให้บริการ	ข้อมูลที่ชัดเจนและถูกต้องช่วยให้ประชาชนได้รับข้อมูลที่มีคุณภาพและนำไปสู่การตัดสินใจที่ดีต่อสุขภาพของตนเองและครอบครัว
C3: ความสะดวกในการเข้าถึงบริการบนแพลตฟอร์มดิจิทัล	การให้บริการผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลช่วยให้ประชาชนสามารถเข้าถึงบริการและข้อมูลได้อย่างสะดวกสบายทุกเมื่อและทุกที่
C4: ความเป็นกันเองและความเป็นมืออาชีพของเจ้าหน้าที่	ความเป็นกันเองและความเป็นมืออาชีพของเจ้าหน้าที่ช่วยให้มีการสร้างความไว้วางใจและความสบายใจให้กับผู้รับบริการ
C5: ความสะอาดและบรรยากาศของสถานที่ให้บริการ	ความสะอาดและบรรยากาศของสถานที่ให้บริการมีผลต่อการให้บริการที่ดีและสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการรับบริการของประชาชน

2) กำหนดค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของปัจจัยที่ได้จากการสำรวจ นำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Expert Choice โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ทำการประเมินแบบกลุ่ม (Group Decision) ดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบแบบคู่ของแต่ละปัจจัย



รูปที่ 4 ค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละปัจจัย

5. สรุปผล

ในงานวิจัยนี้ได้นำโปรแกรม Expert Choice มาแก้ปัญหาการตัดสินใจหลายเกณฑ์ [10,11] โดยใช้วิธีการกระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ซึ่งนำเอาเทคนิคทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการแก้ไขปัญหาการตัดสินใจหลายเกณฑ์ในการหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยต่อการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จระดับอำเภอ กรณีศึกษา เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 13 แห่ง ในจังหวัดมหาสารคาม โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในงานคุ้มครองผู้บริโภคระดับจังหวัด ที่มีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินแบบกลุ่ม (Group Decision) ของปัจจัยแต่ละปัจจัย

บทความวิจัย (Research Article)

จำนวน 5 ปัจจัย ดังตารางที่ 5 ซึ่งปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยนั้นใช้วิธีการระดมความคิด (Brainstorming) และนำข้อมูลที่ได้นั้นมาจัดกลุ่มของปัจจัย (Affinity Diagram) ในการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC)

ตารางที่ 5 ค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละปัจจัยที่ได้จากโปรแกรม Expert Choice

ปัจจัย	น้ำหนักของปัจจัย
C1: ความรวดเร็วในการให้บริการและการเข้าถึงข้อมูลที่ทันสมัย	0.191
C2: ความชัดเจนและความถูกต้องของข้อมูลที่ให้บริการ	0.036
C3: ความสะดวกในการเข้าถึงบริการบนแพลตฟอร์มดิจิทัล (3E: E-service, E-learning, E-document)	0.606
C4: ความเป็นกันเองและความเป็นมืออาชีพของเจ้าหน้าที่	0.119
C5: ความสะอาดและความเรียบร้อยของสถานที่ให้บริการ	0.049

จากตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) มีค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของปัจจัยโดยเรียงลำดับจากความสำคัญมากที่สุดไปหาความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ C3: ความสะดวกในการเข้าถึงบริการบนแพลตฟอร์มดิจิทัล (3E: E-service, E-learning, E-document) มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.606 C1: ความรวดเร็วในการให้บริการและการเข้าถึงข้อมูลที่ทันสมัย มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.191 C4: ความเป็นกันเองและความเป็นมืออาชีพของเจ้าหน้าที่ มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.119 C5: ความสะอาดและความเรียบร้อยของสถานที่ให้บริการ เจ้าหน้าที่ มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.049 และ C2: ความชัดเจนและความถูกต้องของข้อมูลที่ให้บริการ มีค่าน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 0.036 ตามลำดับ และมีค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (CR= 0.09) แสดงว่าปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยมี

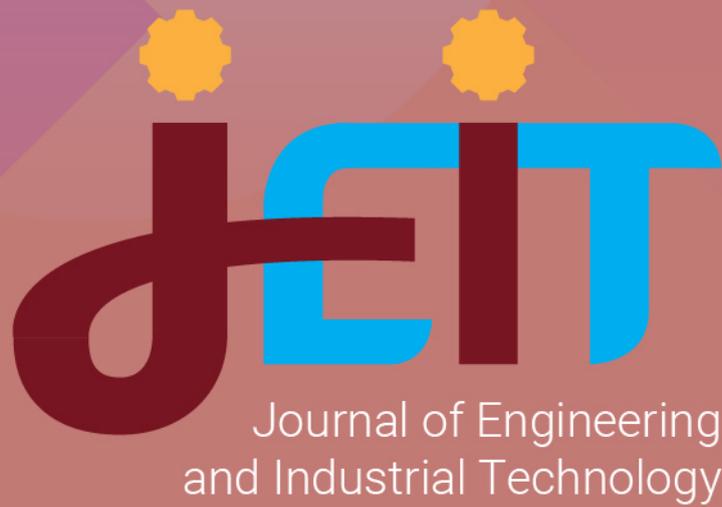
ความสอดคล้องกัน ทั้งนี้ทุกปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญกับการให้บริการของศูนย์บริการผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) ทั้ง 13 แห่ง ในจังหวัดมหาสารคาม และยังสามารถขยายผลไปในจังหวัดต่างๆ ในการดำเนินการวางแผนการปรับปรุงหรือพัฒนาศูนย์บริการให้สามารถตอบสนองต่อความสำคัญของแต่ละปัจจัยต่อการบริหารหน่วยงานในองค์กร [12,13] และเน้นไปที่ปัจจัยที่มีน้ำหนักของปัจจัยที่มีค่ามากที่สุดคือการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลที่ประชาชนสามารถเข้ามาใช้บริการศูนย์ผลิตภัณฑ์สุขภาพเบ็ดเสร็จ (OSSC) และสามารถแสดงผลข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการบริการของเจ้าหน้าที่ให้การให้บริการกับประชาชน อีกทั้งยังสร้างบรรยากาศในสถานที่บริการให้มีความสะอาดและเรียบร้อยของสถานที่ให้บริการ และการให้คำแนะนำต่อการดูแลสุขภาพของประชาชน เพื่อสร้างประสบการณ์การให้บริการที่ดีต่อประชาชนและการสร้างความเชื่อมั่นต่อผู้ใช้บริการต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] I. Alessio and L. Ashraf, "Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations," *OR Insight*, vol. 22, pp.201-210, 2009.
- [2] Saaty, T.L. and Mitra, G., What is the analytic hierarchy process?, *Mathematical models for decision support*. 1988. Springer Berlin Heidelberg. pp. 109-121.
- [3] มัลลิกา อุทริกษ์ และอามิณท์ หล้าวงศ์, "การตัดสินใจเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้โครงการวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้นกรณีศึกษาโรงเรียนอนุคุณสุนารี," *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 2, หน้า 44-51, 2023.
- [4] ชาญณรงค์ ภูขงควาริน และกสิณ รังสิกรรพุม, "การวิเคราะห์ปัจจัยและการจัดเส้นทางสำหรับการเดิน

บทความวิจัย (Research Article)

- รถสาธารณะในจังหวัดอุบลราชธานี," *วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, ปีที่ 15, ฉบับที่ 1, หน้า 6-16, 2020.
- [5] กมลชนก วงศ์เครือ, ก้องภู นิมนันท์ และวรัทยา แจ่มกระจ่าง, "การคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะโซ่อุปทานของผู้ประกอบการธุรกิจการท่องเที่ยวและกิจกรรมในจังหวัดเชียงใหม่," *วารสารช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 29-47, 2563.
- [6] S. Katharina, et al., "Applying the Analytic Hierarchy Process in healthcare research: A systematic literature review and evaluation of reporting," *BMC Med Inform Decis Mak*, vol. 15, no. 1, pp. 1-27, 2015.
- [7] ณัฐมน เสมือนคิด, "การศึกษาระดับค่าน้ำหนักของปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งแฟรนไชส์เครื่องดื่ม," ใน *การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ และนานาชาติ ครั้งที่ 13*, 12 พ.ค. 2565.
- [8] ยุวลักษณ์จุลปาน, กมลชนกสุทธิวาทณฤพุดิ และ อรัญญา ศรีชัยพ, "การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ*, ปีที่ 15, หน้า 30-41, 2019.
- [9] W. Ying, W. Ntapat and P. Manoch, "Route Selection of Thai Fruit Maritime Logistics between Thailand and southern China," *Journal of Administrative and Management Innovation*, vol. 8, no. 2, pp.101-115, 2020.
- [10] H. Dhian, S. Sudarmi, S. Sakir, A. Asriani, and La Ode Midi, "Analytical hierarchy process (AHP) in Expert Choice for determining superior plantation commodities: A case in East Kolaka Regency, Indonesia," *Songklanakar J. Sci. Technol*, vol. 44, no. 4, pp.923-928, 2022.
- [11] A. Ahmad and P. S. Danial, "Using Analytic Hierarchy Process for Exploring Prioritization of Functional Strategies in Auto Parts Manufacturing SMEs of Pakistan," *SAGE Publications*, vol. 4, no. 4, pp.1-12, 2014.
- [12] A. Mohamed and D. Mahfoudh, "Use of a multi-criteria decision support model based on the AHP method for the selection of health infrastructure projects," *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, vol. 15, no. 1, pp.1-26, 2023.
- [13] D. Mehran and Y. Azizah, "Hierarchies Consistency Analysis for Quality Performance Assessment: A study of the criterion weights," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bandung, Indonesia, March 6-8*, pp. 2529-2539, 2018.



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