

The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8

การวิจัยเชิงนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม พลังงาน และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

INNOVATION RESEARCH FOR DEVELOPMENT IN SUSTAINABLE
INDUSTRY ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

24 พฤษภาคม 2567

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

www.engcon-rmutp.org

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ ๘

The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024



The 8th ENGCN - RMUTP 2024

INNOVATION RESEARCH FOR DEVELOPMENT IN SUSTAINABLE

INDUSTRY ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

“การวิจัยเชิงนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม พลังงาน และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน”



สารจากอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สถาบันอุดมศึกษา มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาคนและเป็นกลไกในการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศตามแผนอุดมศึกษาระยะยาว ๑๕ ปี ฉบับที่ ๓ (พ.ศ. ๒๕๖๐ – ๒๕๗๔) โดยมุ่งเน้นการสร้างคนให้เป็นผู้นำ การเปลี่ยนแปลง และสร้างคนดีมีคุณธรรม เปลี่ยนแปลงการศึกษาให้มีพลังในการเสริมสร้างความเข้มแข็งด้วย การสร้างปัญญาและนวัตกรรม ตลอดจนสร้างกระบวนการที่จะนำไปสู่การเป็นมหาวิทยาลัย ๔.๐

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ ๘ The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024 เป็นเวทีสำหรับเผยแพร่องค์ความรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักวิจัยในวิศวกรรมสาขาต่างๆ ทั้งในสถาบันการศึกษาเดียวกัน ระหว่างสถาบัน และระหว่างนักวิจัยกับผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นกิจกรรมทางวิชาการที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้ และสร้างสรรค์นวัตกรรมจากงานวิจัยคุณภาพ ได้เผยแพร่ผลงานวิจัยสู่สาธารณะ รวมถึงการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอต้อนรับท่านผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย นิสิตนักศึกษา และนักวิชาการ ตลอดจนท่านผู้สนใจทุกท่านที่ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมเป็นเครือข่ายสร้างสรรค์งานวิจัยและเป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างองค์ความรู้ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติจริงในอนาคต และนำไปสู่การพัฒนาทางสังคมให้ก้าวหน้าเศรษฐกิจสร้างมูลค่าอย่างยั่งยืน



(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ในนามผู้บริหาร คณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร รู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งและมีความภาคภูมิใจในการจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ครั้งที่ ๘ (The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024) ภายใต้หัวข้อ “การวิจัยเชิงนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี อุตสาหกรรม พลังงาน และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน” Innovation Research for Development in Sustainable Industry Energy And Environmental Technology ในวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๖๗ เพื่อเปิดโอกาสให้คณาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษา ได้นำเสนอและเผยแพร่ผลงานวิจัย นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ด้านวิศวกรรมศาสตร์ จะช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ซึ่งจะนำไปสู่การยกระดับและพัฒนาคุณภาพงานวิจัยให้เกิดประโยชน์ และในการพัฒนาอุตสาหกรรม สังคม และประเทศชาติต่อไป

สังคมของการเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก การพัฒนาส่งเสริม และสร้างนวัตกรรมด้านการศึกษาก็เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ การจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ในครั้งนี้ มุ่งหวังที่จะยกระดับความสามารถ และส่งเสริมความร่วมมือทางด้านการศึกษาและด้านวิชาการของสถาบันวิศวกรรมของประเทศ ตลอดจนการมีส่วนร่วมของภาคอุตสาหกรรมเพื่อสร้างนวัตกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องต่อความต้องการของประเทศในด้านวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอขอบคุณผู้ทรงวุฒิในแต่ละสาขาวิชาที่ได้อ่านและประเมินผลงานที่ตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการนี้ จึงเป็นผลงานที่ผ่านการประเมินคุณภาพแล้วหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อตนเอง องค์กร สถาบัน ตลอดจนชุมชนและประเทศชาติโดยรวมต่อไป และขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการจัดงานครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ก่อนกำเนิด 2501 เริ่มจากกรมอาชีวศึกษา ได้ทำการติดต่อกระทรวงศึกษาธิการขอเปิดโรงเรียนช่างกลขึ้นอีก 2 แห่ง คือ ช่างกลนนทบุรี และช่างกลพระนครเหนือ

17 พฤษภาคม 2501 สำนักนายกรัฐมนตรี ได้อนุมัติให้กระทรวงศึกษาธิการใช้สถานที่เดิมของกรมโยธาธิการ ให้เปิดเป็นโรงเรียนช่างกลพระนครเหนือ

14 กรกฎาคม 2501 ถือเป็นวันสถาปนาโรงเรียนช่างกลพระนครเหนือ โดยการเรียนการสอนในรุ่นแรกนี้ มีนักเรียนจำนวน 803 คน แบ่งเป็น 2 รอบ คือ รอบเช้า 400 คน รอบบ่าย 403 คน

2502 โรงเรียนช่างกลพระนครเหนือแยกออกจากโรงเรียนช่างกลปทุมวัน ซึ่งแต่เดิมนั้นรวมกิจการและอาจารย์ใหญ่คนเดียวกันกับโรงเรียนช่างกลปทุมวัน

2520 มีพระราชบัญญัติจัดตั้งวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาขึ้น โดยมีฐานะเป็นกรมหนึ่งในกระทรวงศึกษาธิการ ให้มีการจัดการศึกษาในระดับปริญญาตรี จึงมีการรวมสถานศึกษาระดับอาชีวศึกษาจำนวน 28 แห่งเข้าด้วยกัน โดยเรียกชื่อว่า วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ

2531 15 กันยายน 2531 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ยกอันดับจากวิทยาลัยเป็นสถาบัน และพระราชทานชื่อใหม่เป็น สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ทำให้วิทยาลัยเทคโนโลยี และอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ ได้ยกฐานะเป็น สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ

2537 ร่วมมือกับสถานประกอบการ ได้แก่ หอการค้าไทย – เยอรมัน บริษัท ไทยอีโนมอเตอร์เซลส์ จำกัด บริษัท กรุงไทยแทรกเตอร์ จำกัด และสมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ

2548 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลได้รับการสถาปนา และแบ่งออกเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 9 มหาวิทยาลัย และวิทยาเขตพระนครเหนือ เข้าสังกัดในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประกาศจัดตั้ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยจัดการเรียนการสอนที่ศูนย์พระนครเหนือ

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8 (The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024)

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8 (The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024) เป็นการประชุมวิชาการระดับชาติ ที่จัดขึ้นโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภายใต้แนวคิด “Innovation Research For Development In Sustainable Industry Energy And Environmental Technology” “การวิจัยเชิงนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี อุตสาหกรรม พลังงาน และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริม การผลิตบทความวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน, การพัฒนา และการเผยแพร่ผลงานทางด้านวิชาการสู่สังคมภายนอก อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนให้อาจารย์ นักวิจัย นิสิตและนักศึกษา จากสถาบันการศึกษาต่างๆร่วมส่งบทความ เพื่อนำเสนอผลงานวิจัย และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในงานวิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีกำหนดการจัดงานดังกล่าว ในวันศุกร์ ที่ 24 พฤษภาคม 2567 ในรูปแบบการบรรยาย โดยบทความที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings) ระดับชาติ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาบทความในการประชุมวิชาการ ประกอบด้วย

- ไฟฟ้า (EE)
- อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (ET)
- เครื่องกลและพลังงาน (ME)
- โยธาและสิ่งแวดล้อม (CE)
- อุตสาหการ (IE)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (IM)
- การผลิตเครื่องประดับ (JM)
- สาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (OR)

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8 (The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเวทีให้แก่ คณาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการ และผู้ปฏิบัติงานทั้งภาครัฐและเอกชน ในการแสดงและนำเสนอผลงานวิชาการ เป็นการเผยแพร่ผลงานอันจะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงวิชาการและสาธารณชน
2. เพื่อสร้างบรรยากาศทางวิชาการและเป็นโอกาสอันดีที่นักวิชาการจากสถาบันต่างๆ ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ทางด้านการวิจัย อันจะก่อให้เกิดการรวมกลุ่มกันเพื่อดำเนินการวิจัยเพื่อยกระดับคุณภาพผลงานวิจัยในระดับชาติ
3. เพื่อส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมทางการวิจัยอันจะสนับสนุนให้เกิดการผลิตผลงานวิจัย การสร้างองค์ความรู้ การพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมต่างๆ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผลงานวิจัยของนักวิศวกรรม นักวิจัยในเครือข่ายและสถาบันอุดมศึกษา หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เป็นการเผยแพร่ผลงานอันจะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงวิชาการและสาธารณชน
2. ก่อให้เกิดการรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายความร่วมมือระดับนักธุรกิจ นักวิจัย สถาบัน หน่วยงาน หรือองค์กรในการวิจัยเพื่อยกระดับคุณภาพผลงานวิจัยในระดับชาติ
3. ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมทางการวิจัยอันจะสนับสนุนให้เกิดการผลิตผลงานวิจัย การสร้างองค์ความรู้ การพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมต่างๆ
4. กระตุ้นและส่งเสริมให้คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้ตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของงานวิจัย ในการผลิตและเผยแพร่ผลงานวิชาการงานวิจัย
5. ผลงานวิจัยที่นำเสนอ ได้รับการสนับสนุนให้มีการตีพิมพ์เผยแพร่ในรูปแบบที่เป็นเอกสารทางวิชาการเป็นที่ยอมรับ
6. ผลงานวิจัยถูกนำไปใช้ในการต่อยอดเชิงพาณิชย์ในระบบอุตสาหกรรม และภาคธุรกิจต่างๆ เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป



การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024

THE 8th ENGCON-RMUTP 2024

CALL FOR PAPERS

“การวิจัยเชิงนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม พลังงาน และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน”

INNOVATION RESEARCH FOR DEVELOPMENT IN SUSTAINABLE
 INDUSTRY ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

24 พฤษภาคม 2567 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาบทความ

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| ไฟฟ้า | คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ |
| อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม | เครื่องมือและแม่พิมพ์ |
| เครื่องกลและพลังงาน | การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน |
| โยธาและสิ่งแวดล้อม | การผลิตเครื่องประดับ |
| อุตสาหกรรม | เมคคาทรอนิกส์ |
| | สาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง |

อัตราค่าลงทะเบียน

นักวิจัยและบุคคลทั่วไป : 2,500 บาท
 นิสิตและนักศึกษา : 1,500 บาท

กำหนดการ

วันสุดท้ายของการส่งบทความ	19 8 เมษายน 2567
ประกาศผลการพิจารณาบทความ	26 10 เมษายน 2567
วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับสมบูรณ์	9 8 พฤษภาคม 2567
วันสุดท้ายของการลงทะเบียน	12 7 พฤษภาคม 2567
วันประชุมวิชาการ	24 พฤษภาคม 2567

รูปแบบบทความ : ภาษาไทย ความยาวไม่เกิน 6 หน้า กระดาษขนาด A4

การส่งบทความ : ลงทะเบียนการส่งบทความ และเลือกสาขาบทความและหัวข้อบทความผ่านระบบ
 ได้ที่เว็บไซต์ www.engcon-rmutp.org โดยเลือกที่หัวข้อการส่งบทความ

การเผยแพร่ : รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings)
 ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ จำนวน 3 ท่าน

รูปแบบการนำเสนอบทความ : นำเสนอโดยการบรรยาย (Onsite)

ติดต่อสอบถามกำหนดการและรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
 โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4112, 4113, 4118 E-mail : engcon8.rmutp@gmail.com

www.engcon-rmutp.org

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Peer Review)

เครื่องกลและพลังงาน

1. ผศ.ดร.ภูภูมิ	พ่วงเจริญชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. ผศ.ดร.ประเสริฐ	วีโรจน์ชีวัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3. ผศ.ดร.ปฏิภาณ	ถิ่นพระบาท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4. ผศ.ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5. ผศ.ดร.จันทิมา	ริ้วลายเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6. ผศ.กฤษศ	สุวันทโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7. อ.ดร.ศุภชัย	หลักคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8. อ.ดร.ปวิวัติ	คมวชิรกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
9. อ.ดร.ณทพร	จินดาประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
10. อ.ดร.อนันต์	เต็มเปี่ยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
11. อ.ดร.ประกอบ	ชาติภักต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
12. อ.ดร.กฤษณ์	อภิญาวิศิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
13. อ.ดร.ฐณพล	เวียงทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อุตสาหกรรม

1. ผศ.ดร.นุชรินทร์	ทิพย์วรรณกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. ผศ.ดร.พิชญ์	ทองขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3. ผศ.ดร.ประภาพรรณ	เกษราพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
4. ผศ.ดร.จักรินทร์	กลิ่นเงิน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
5. อ.ดร.กชกร	วีรัชกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6. อ.ดร.วัชรพันธ์	สุขเกิด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7. อ.ดร.สถาพร	สุริยันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8. อ.ดร.กฤษภา	เหล็กดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
9. อ.ดวงรัตน์	หิรัญญะสิริ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
10. อ.วรุตม์	บุญภักดี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไฟฟ้า

- | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1. รศ.ดร.วุฒิพล | ธาราธีรเศรษฐ์ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. รศ.ดร.อธิคม | ฤกษ์บุตร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 3. รศ.ดร.สาคร | วุฒิพัฒน์พันธุ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 4. ผศ.ดร.ปิยะภัทร | พ่วงศรี | สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน |
| 5. ผศ.ดร.อานนท์ | สิงห์เสถียร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 6. ผศ.เวทรินทร์ | ชัยสิทธิ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |

อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

- | | | |
|---------------------|------------------|---------------------------------------|
| 1. ผศ.ดร.ณัฐชัยธร | วัชรสิริกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 2. ผศ.ดร.นรกมล | วงศ์ศิลป์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 3. ผศ.ดร.สมพร | ศรีวัฒนพล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 4. ผศ.กมลทิพย์ | วัฒน์กำธร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 5. ผศ.ชนะกิจ | วัฒน์กำธร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 6. อ.ดร.คชพงศ์ | สุมานนท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 7. อ.ดร.อัญชลี | มโนสืบ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 8. อ.ดร.ฉัตรแก้ว | จริยตันติเวทย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 9. อ.ร.ต.ดร.พลกฤษณ์ | จริยตันติเวทย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 10. อ.อรรถพล | ช่วยคำชู | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 11. อ.ดร.ชวลิต | รักเหลือ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 12. อ.ดร.ธนาพร | เพชรกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 13. ดร.อภิรดา | นามแสง | สถาบันการบิณพลเรือน |
| 14. นายเรืองยศ | เลิศวินิชย์ทิพย์ | สถาบันการบิณพลเรือน |

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

- | | | |
|--------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1. รศ.ดร.วรินทร์ | สุดคณิง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 2. ผศ.ดร.วีระยุทธ | คุณรัตน์สิริ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 3. ผศ.ดร.บุรฉกร | อยู่สุข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 4. ผศ.ดร.เกรียงไกร | เหลืออำพล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 5. อ.ดร.ยุทธนา | สรवलสรร์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 6. อ.ดร.พรภัทร์ | ศิริธรรมกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 7. อ.ดร.ณัฐวัฒน์ | จันทะเสน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |

8. อ.ดร.มันชนา เตี้ยวงษ์สุวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เมคคาทรอนิกส์

- 1. อ.ดร.สิงห์แก้ว ปือกเท็ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 2. อ.ดร.คมพันธ์ ชมสมุทร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 3. อ.ดร.ชลากร อุดมรักษาสกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โยธาและสิ่งแวดล้อม

- 1. ผศ.ดร.กฤษดา เสือเอี่ยม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 2. ผศ.ดร.กฤษณ์ เจ็ดวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 3. ผศ.ดร.จักรพันธ์ แสงสุวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 4. ผศ.สุนันท์ มนต์แก้ว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 5. อ.ดร.ขวัญชนก อุนทะอ่อน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 6. อ.ดร.บุชิต มาให้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 7. อ.ดร.ภัทรชัย พงศ์โสภา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 8. อ.ดร.พรณรงค์ เลื่อนเพชร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์

- 1. ผศ.ดร.พัทธ์พิมล สุวรรณกาญจน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- 2. อ.ดร.ประเสริฐ ชุมปัญญา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 3. ดร.โชคชัย สิงห์ธรรม ศูนย์ฝึกอบรมและทดสอบงานเชื่อม

การผลิตเครื่องประดับ

- 1. ศ.เกียรติคุณสุชาติ เถาทอง มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
- 2. ศ.ว่าที่ร้อยโท ดร.พิชัย สดภิบาล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3. รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 4. ผศ.ปริศนา บุญศักดิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

- 1. ผศ.ดร.เทอดพงษ์ แดงสี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 2. ผศ.ดร.สุวิทย์ แผงกันยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 3. ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 4. อ.ดร.สะคราญ สีชมรัมย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 5. อ.ดร.เชาน์วัศ อรรถนที มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการจัดงาน

1. คณะกรรมการอำนวยการ

1.1 คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ)		ประธานกรรมการ
1.2 รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย (ผศ.ดร.ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย)		กรรมการ
1.3 รองคณบดีฝ่ายวางแผน (ผศ.ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท)		กรรมการ
1.4 รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา (ผศ.เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ)		กรรมการ
1.5 รองคณบดีฝ่ายบริหาร (อ.ดร.อัญชลี มโนสีป)		กรรมการ
1.6 ผู้ช่วยคณบดีด้านกิจการนักศึกษา (อ.อรรถพล ช่วยคำชู)		กรรมการ
1.7 ผู้ช่วยคณบดีด้านวางแผน (อ.ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ)		กรรมการ
1.8 ผู้ช่วยคณบดีด้านบริหาร (ผศ.ดร.วีระยุทธ คุณรัตนศิริ)		กรรมการ
1.9 ผู้ช่วยคณบดีด้านวิชาการและวิจัย (อ.ประสิทธิ์ แผงเพชร)		กรรมการและเลขานุการ

2. คณะกรรมการดำเนินงาน

2.1 ผศ.ดร.ภูภูมิ	พ่วงเจริญชัย	ประธานกรรมการ
2.2 ผศ.ว่าที่ ร.ต.สุรสิทธิ์	ประกอบกิจ	กรรมการ
2.3 ผศ.สหรัตน์	วงศ์ศรีษะ	กรรมการ
2.4 ผศ.ธนะกิจ	วัฒนกัอักษร	กรรมการ
2.5 ผศ.ดร.เกรียงไกร	เหลืออำพล	กรรมการ
2.6 อ.ดร.วัชร	สงเสริม	กรรมการ
2.7 อ.ดร.กฤษณ์	อภิญาวิศิษฐ์	กรรมการ
2.8 อ.ดร.ขวัญชนก	อุณหะอ่อน	กรรมการ
2.9 อ.อัครเวช	ศุภาคม	กรรมการ
2.10 อ.สมพงษ์	เชื้อพระคา	กรรมการ
2.11 อ.วรวิชัย	ทวีชัย	กรรมการ
2.12 อ.ประสิทธิ์	แผงเพชร	กรรมการและเลขานุการ

3. คณะกรรมการด้านประชาสัมพันธ์ บันทึกภาพ จัดทำเว็บไซต์และป้ายประกาศ

3.1 อ.ดร.อัญชลี	มโนสีป	ประธานกรรมการ
3.2 น.ส.อภิญา	ชุนนุมนณี	กรรมการ
3.3 นางสาวชรัตน์	ฉิมคล้าย	กรรมการ

3.4 นายสมยศ	แสงจันทร์	กรรมการ
3.5 ผศ.ดร.วีระยุทธ	คุณรัตนสิริ	กรรมการและเลขานุการ

4. คณะกรรมการดำเนินงานด้านตรวจรูปแบบบทความและพิจารณาบทความ

เครื่องกลและพลังงาน

4.1 ผศ.ดร.ภุภุมิ	พวงเจริญชัย
4.2 ผศ.ดร.ประเสริฐ	วิโรจน์ชีวัน
4.3 ผศ.ดร.ปฎิภาณ	ถิ่นพระบาท
4.4 ผศ.ดร.จันทิมา	ริ้วลายเงิน
4.5 ผศ.ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ	มงคลเลิศมณี
4.6 ผศ.กฤษศ	สุวันทโรจน์
4.7 อ.ดร.ปฎิวัติ	คมวชิรกุล
4.8 อ.ดร.ศุภชัย	หลักคำ
4.9 อ.ดร.ณทพร	จินดาประเสริฐ
4.10 อ.ดร.อนันต์	เต็มเปี่ยม
4.11 อ.ดร.ประกอบ	ชาติภักต์
4.12 อ.ดร.กฤษณ์	อภิญญาวิศิษฐ์
4.13 อ.ดร.ฐณพล	เวียงทอง

อุตสาหกรรม

4.14 ผศ.ดร.พิชญ์	ทองขาว
4.15 อ.ดร.วัชรพันธ์	สุขเกิด
4.16 อ.ดร.กชกร	วิรัชกุล
4.17 อ.ดร.สถาพร	สุริยันต์
4.18 อ.ดร.อิทธิพล	เนคมานรักษ์
4.19 อ.ดร.ดาราวรรณ	วีรานันต์
4.20 อ.สุทธิพงษ์	จำรูญรัตน์
4.21 อ.พรพิศ	ศิริมา
4.22 อ.สมพงษ์	เชื้อพระคา

ไฟฟ้า

4.23 รศ.ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว
4.24 รศ.ดร.สาคร	วุฒิพัฒน์พันธุ์

4. คณะกรรมการดำเนินงานด้านตรวจรูปแบบบทความและพิจารณาบทความ (ต่อ)

4.25 ผศ.เวทรินทร์	ฉัญสิประเสริฐ
4.26 ผศ.ดร.พูนศรี	วรรณการ
4.27 ผศ.ดร.อานนท์	สิงห์เสถียร
4.28 อ.นเรศ	ชั่งสุทธิ์

อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

4.29 ผศ.ดร.ณัฐชัยธร	วัทธิกรสิริกุล
4.30 ผศ.ชนะกิจ	วัฒน์กำธร
4.31 ผศ.กมลทิพย์	วัฒน์กำธร
4.32 อ.ดร.คชพงศ์	สุमानนท์
4.33 อ.ดร.อัญชลี	มโนสืบ
4.34 อ.ดร.ฉัตรแก้ว	จริยตันติเวทย์
4.35 อ.ร.ต.ดร.พลกฤษณ์	จริยตันติเวทย์
4.36 อ.อรรถพล	ช่วยคำชู

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

4.37 ผศ.ดร.วีระยุทธ	คุณรัตน์สิริ
4.38 ผศ.ดร.บุรีสกร	อยู่สุข
4.39 ผศ.ดร.เกรียงไกร	เหลื่องอำพล
4.40 ผศ.กมลพรรณ	จารูวาระกุล
4.41 ผศ.สิทธิศักดิ์	วรดิษฐ์
4.42 อ.ดร.ยุพธนา	สรวลสรรค์
4.43 อ.ดร.ณัฐวัฒน์	จันทะเสน
4.44 อ.ดร.มัณฑนา	เตี้ยวงษ์สุวรรณ
4.45 อ.นิลमित	นิลาศ

เมคคาทรอนิกส์

4.46 อ.ดร.สิงห์แก้ว	ป๊อกเท็ง
4.47 อ.ดร.คมพันธ์	ชมสมุทร
4.48 อ.ดร.ชลากร	อุดมรักษาสกุล
4.49 อ.ดร.วัชร	สงเสริม
4.50 อ.ดร.สุกัญญา	เชิดชูงาม
4.51 อ.รุ่งโรจน์	สุพงษ์วิบูลพันธ์

4. คณะกรรมการดำเนินงานด้านตรวจรูปแบบบทความและพิจารณาบทความ (ต่อ)

โยธาและสิ่งแวดล้อม

4.52 ผศ.ดร.กฤษดา	เสื่อเอี่ยม
4.53 ผศ.ดร.กฤษณ์	เจ็ดวรรณะ
4.54 ผศ.ดร.จักรพันธ์	แสงสุวรรณ
4.55 ผศ.สุนันท์	มนต์แก้ว
4.56 ผศ.ดร.บุษิต	มาโก้
4.57 อ.ดร.ขวัญชนก	อุณหะอ่อน
4.58 อ.ดร.ภัทรชัย	พงศ์โสภา
4.59 อ.ดร.พรณรงค์	เลื่อนเพ็ชร
4.60 อ.นิโรจน์	เงินพรหม
4.61 อ.สัจจะชาญ	พริตมะลิ
4.62 อ.ณัชพงศ์พล	คงชะสิงห์
4.63 อ.ธนพัฒน์	น้ำจันทร์

การผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์

4.64 อ.ดร.ประเสริฐ	ชุมปัญญา
4.65 อ.ธวัชชัย	ชาติตำนาน
4.66 อ.จักรกฤษณ์	ยิ้มแฉ่ง

การผลิตเครื่องประดับ

4.67 ผศ.ปริศนา	บุญศักดิ์
4.68 อ.อาวุธ	ฉายศิริ
4.69 อ.วรัญชลิย์	ทวิชัย
4.70 อ.ธีรวัฒน์	มั่นดวง

การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

4.71 ผศ.ดร.เทอดพงษ์	แดงสี
4.72 ผศ.ดร.สุวิทย์	แพงกันยา
4.73 ผศ.สหรัตน์	วงศ์ศรีษะ
4.74 อ.ดร.สะคราญ	สิขมรังษี
4.75 อ.ดร.เชานันต์	อรรณานิธิ

5. คณะกรรมการจัดทำเล่มบทความ และประกาศนียบัตร

5.1 อ.ดร.ยุทธนา	สรวลสวรรค์	ประธานกรรมการ
5.2 น.ส.นนทกาญจน์	อยู่อ่วม	กรรมการ
5.3 นายอานนท์	จำเริญพัฒน์	กรรมการ
5.4 น.ส.จันทร์เพ็ญ	คำภูมิ	กรรมการ
5.5 นายสมยศ	แสงจันทร์	กรรมการ
5.6 นายธนพล	สวนลำไย	กรรมการและเลขานุการ

6. คณะกรรมการด้านสื่อโสตทัศนูปกรณ์

6.1 ผศ.ธนะกิจ	วัฒน์กำธร	ประธานกรรมการ
6.2 ผศ.กมลทิพย์	วัฒน์กำธร	กรรมการและเลขานุการ

7. คณะกรรมการด้านอาหารและของที่ระลึก

7.1 น.ส.สุภาภรณ์	ลาหุม	ประธานกรรมการ
7.2 น.ส.พรศิริ	ยงสวัสดิ์	กรรมการ
7.3 น.ส.ศิริกุล	ภูจำนงค์	กรรมการ
7.4 นางวรรณรัฐ	คงสมบูรณ์	กรรมการและเลขานุการ

8. คณะกรรมการด้านงานลงทะเบียน

8.1 อ.ประสิทธิ์	แพงเพชร	ประธานกรรมการ
8.2 นายอานนท์	จำเริญพัฒน์	กรรมการ
8.3 น.ส.สิริขวัญ	ชาวบัวใหญ่	กรรมการ
8.4 นางสุกัญญา	พินิจเวชการ	กรรมการ
8.5 น.ส.นนทกาญจน์	อยู่อ่วม	กรรมการ
8.6 น.ส.จันทร์เพ็ญ	คำภูมิ	กรรมการและเลขานุการ

9. คณะกรรมการด้านต้อนรับและปฐมพยาบาล

9.1 ผศ.เวทรินทร์	ฉัญสิประเสริฐ	ประธานกรรมการ
9.2 น.ส.ศศิขานันท์	ฤกษ์เรืองชัย	กรรมการ
9.3 น.ส.เพ็ญผกา	เกิดแก่น	กรรมการ
9.4 น.ส.กนิษฐา	ปิ่นวนิช	กรรมการ
9.5 นางปาริชาติ	คำกองแก้ว	กรรมการ
9.6 น.ส.ปิยะภรณ์	มีศิริ	กรรมการ
9.7 น.ส.สุภารัตน์	ดวงประทุม	กรรมการ
9.8 น.ส.ทิพรดา	มุงดี	กรรมการและเลขานุการ

10. คณะกรรมการด้านการเงิน พัสดุ และยานพาหนะ

10.1 อ.ดร.อัญชลิ	มโนสืบ	ประธานกรรมการ
10.2 น.ส.วนรัตน์	มุกนนท์	กรรมการ
10.3 น.ส.ธีรนาภา	การุณย์นวลศิริ	กรรมการ
10.4 น.ส.กมลวรรณ	อาชวอาชานกุล	กรรมการ
10.5 น.ส.ปลื้มจิตต์	นราภิมย์ขวัญ	กรรมการ
10.6 นางธัชมนตร์	พินิจเวชการ	กรรมการ
10.7 นางศรัญญา	พิริยประเสริฐ	กรรมการ
10.8 นายอัคคพงศ์	อภิรักษ์สันติ	กรรมการ
10.9 น.ส.สกาวรรัตน์	นัมนงค์	กรรมการ
10.10 นางจุไรภรณ์	กิริติยกุลย์	กรรมการ
10.11 น.ส.เบญจพร	แสงเงิน	กรรมการ
10.12 นายปิยะพันธ์	บำเรอจิตร	กรรมการ
10.13 ผศ.ดร.วีระยุทธ	คุณรัตน์ศิริ	กรรมการและเลขานุการ

11. คณะกรรมการด้านพิธีกร พิธีการ

11.1 อ.ธีรเชษฐ์	แพ่งธีระสุขมัย	กรรมการ
11.2 น.ส.พรศิริ	ยงสวัสดิ์	กรรมการ

12. คณะกรรมการด้านจัดทำหนังสือราชการ

12.1 น.ส.สุภาภรณ์	ลาทุม	กรรมการ
12.2 น.ส.ณชนนันท์	ข้าทศน์	กรรมการ
12.3 น.ส.จิตเกษม	ใจแก้ว	กรรมการ
12.4 น.ส.สุภาพร	มีสาตร์	กรรมการ

13. คณะกรรมการด้านประเมินผลและสถานที่

13.1 ผศ.ดร.ปฎิภาณ	ถิ่นพระบาท	ประธานกรรมการ
13.2 นายเสกสรร	กันธรส	กรรมการ
13.3 น.ส.กุสุมา	กิจสวัสดิ์	กรรมการ
13.4 น.ส.รจนา	สร้อยแก้ว	กรรมการ
13.5 นายปิยะ	พิทักษ์โกมลเสน	กรรมการ
13.6 นายอัศววิทย์	พลจันทิก	กรรมการ
13.7 นายจิตรทิวส์	เสรีรักษ์	กรรมการ
13.8 นางนงนภัส	ทองวิจิตร	กรรมการ
13.9 อ.ดร.ณทพร	จินดาประเสริฐ	กรรมการและเลขานุการ

14. คณะกรรมการด้านยานพาหนะ

14.1 อ.ดร.อัญชลี	มโนสืบ	ประธานกรรมการ
14.2 นายปิยะพันธ์	บำเรอจิตร	กรรมการ
14.3 ผศ.ดร.วีระยุทธ	คุณรัตนสิริ	กรรมการและเลขานุการ

หน่วยงานที่ส่งบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการ

ลำดับ	ชื่อหน่วยงาน	จำนวนบทความ
1	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	25
2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	6
3	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2
4	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	5
5	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	8
6	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	1
7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	1
8	มหาวิทยาลัยบูรพา	1
9	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2
10	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	1
11	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	1
12	สำนักงานเลขาธิการ กรมอณัติ กระทรวงสาธารณสุข	1
	รวม	54 บทความ

จำนวนบทความวิจัย

บทความวิจัย	54 บทความ
เครื่องกลและพลังงาน (ME)	6 บทความ
ไฟฟ้า (EE)	4 บทความ
อุตสาหกรรม (IE)	6 บทความ
อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (ET)	3 บทความ
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)	3 บทความ
เครื่องมือและแม่พิมพ์ (TD)	5 บทความ
โยธาและสิ่งแวดล้อม (CE)	11 บทความ
การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (IM)	8 บทความ
การผลิตเครื่องประดับ (JM)	3 บทความ
สาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	5 บทความ

กำหนดการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
(The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024)
ณ ห้องประชุมเฟื่องเหนือ ชั้น 7 อาคารกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



วันศุกร์ ที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2567

08.00 - 08.30 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงานประชุมวิชาการ					
08.30 - 09.00 น.	พิธีเปิดการประชุมวิชาการ โดยรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาคณาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ณ ห้องประชุมเฟื่องเหนือ ชั้น 7 อาคารกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์					
09.00 - 10.00 น.	ผู้บรรยาย : 1. คุณพงศ์พันธ์ สุธิชัย Digital Construction Business Director บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด					
10.00 - 10.15 น.	พัก - รับประทานอาหารว่าง					
10.15 - 11.15 น.	ผู้บรรยาย : 2. คุณศรีญา ปะสะกวี นักมาตรวิทยาชำนาญการพิเศษ กลุ่มงานไฟฟ้ากำลังและเครื่องมือวัดไฟฟ้าความถูกต้องสูง ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า					
หมายเลขห้อง	1958	1951	1952	1953	1954	1955
กลุ่มสาขาบทความ	CE	JM	ET	EE	IM	CP
11.15 - 12.00 น.	CE802 - CE808	JM1003 - JM1005	ET401 - ET403	EE202 - EE204	IM902 - IM904	CP501 - CP503
ประธาน	ผศ.ดร.บุษิต มาโก้	อาจารย์วรฤทธิชัย ทวีชัย	ดร.คชพงศ์ สุมานนท์	ผศ.ดร.ธนาวัฒน์ ตันมณีประเสริฐ	ดร.สะคราญ ลิขมรัมย์	ดร.ยุทธนา สรวลสรณ์
รองประธาน	ดร.ภัทรชัย พงศ์โสภาค	อาจารย์อาวุธ ฉายศิริ	ร.ต.ดร.พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์	อาจารย์นเรศ ชลิ่งสุทธิ	ดร.พุทธิพงศ์ เลขาชัยวรกุล	ผศ.ดร.บุร็สร อัยสุช
12.00 - 13.00 น.	พัก - รับประทานอาหารกลางวัน					
หมายเลขห้อง	1958	1951	1952	1953	1954	1955
กลุ่มสาขาบทความ	CE	IE	ME	EE , TD	IM	OR
13.00 - 14.30 น.	CE809 - CE814	IE301 - IE308	ME102 - ME111	EE205 , TD602 - TD606	IM905 - IM909	OR1103 - OR1108
ประธาน	ผศ.ดร.บุษิต มาโก้	ผศ.ดร.พิษณุ ทองขาว	ดร.ปฏิวัติ คมวชิรกุล	ผศ.ดร.ธนาวัฒน์ ตันมณีประเสริฐ , ดร.ประเสริฐ ชุมปัญญา	ดร.สะคราญ ลิขมรัมย์	ผศ.ดร.ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย
รองประธาน	ดร.ภัทรชัย พงศ์โสภาค	ดร.อิทธิพล เนคมานุรักษ์	ดร.กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์	อาจารย์นเรศ ชลิ่งสุทธิ , อ.อัศวเดช สุภาค	ดร.พุทธิพงศ์ เลขาชัยวรกุล	อาจารย์ประสิทธิ์ แพงเพชร
14.30 - 14.45 น.	พัก - รับประทานอาหารว่าง					
หมายเลขห้อง	1958	1951	1952	1953	1954	1955
กลุ่มสาขาบทความ	CE					
14.45 - 17.00 น.	CE815 - CE816					
ประธาน	ผศ.ดร.บุษิต มาโก้					
รองประธาน	ดร.ภัทรชัย พงศ์โสภาค					

หมายเหตุ : การนำเสนอบทความ นำเสนอ 10 นาที สอบถาม 5 นาที (รวม 15 นาที/บทความ)

กำหนดการต่างๆ อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม



สารบัญ

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
เครื่องกลและพลังงาน		
ME-102	การประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์: กรณีศึกษา การเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นรถโดยสารไฟฟ้าแบตเตอรี่ <i>พิมพ์ณดา พุฒิวีเชียรุฒิมิ และ นิธิดา นาคะปริษา</i>	1
ME-103	การลดความร้อนสะสมภายในห้องโดยสารรถยนต์ขณะจอดอยู่ด้วยพัดลมระบายอากาศให้กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ <i>พงษ์พัฒน์ บุญมาก นริส ประทีนทอง มานะ อมรกิจบำรุง และ อุสาศ์ บุญบำรุง</i>	5
ME-104	อิทธิพลของรูปร่างครีบบระบายความร้อนต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของฮีทซิงค์สำหรับหลอดไฟ LED กำลังสูง <i>สุธิพงษ์ มัชยม และ พิสิฐ ยงยั้งศักดิ์ถาวร</i>	11
ME-106	การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสาน ในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า: กรณีศึกษา บ้านสองแควพัฒนา จังหวัดเชียงราย <i>ชัยลักษณ์ เกตุโสภา และ สิริภา จุลกาญจน์</i>	17
ME-108	การพัฒนากระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ กรณีศึกษา อาคารสำนักงาน Cosmo Office เมืองทองธานี <i>ภิญญาพัชญ์ ศรีเจริญ เลิศเลขา ศรีรัตน์ะ นันทน์ภัสร์ อินย์ม และ บุญธรรม หาญพาณิชย์</i>	23
ME-111	การศึกษาประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้วัสดุเซรามิคบาร์ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้า <i>ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย ธนาวุฒิ รุ่งโรจน์ รณกฤต สุทธะลักษณ์ และ อิทธิพล กำเนิดมะไฟ</i>	29
ไฟฟ้า		
EE-202	การปรับแต่งตัวควบคุมพีไอ-พีดีเพื่อปรับปรุงผลตอบสนองชั่วคราวและลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมด้วยขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง <i>นฤเบศ อัดโต จิตรกรรณ์ แสงผาด ธนากร ศรพรหม ดนุพล คำปัญญา และ สัตถาภูมิ ไทยพานิช</i>	35
EE-203	การศึกษาผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ <i>นเรศ ชลิ่งสุทธิ อินทัช ฉันทสัมพันธ์ ชญานนท์ วงษ์เสาว์ พูนศรี วรรณการ และมนัส บุญเทียรทอง</i>	41



รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
ไฟฟ้า		
EE-204	การพัฒนาชุดควบคุมปรับระดับค่า pH ในน้ำ ผ่านโทรศัพท์มือถือ ธนารัตน์ ตันมณีประเสริฐ ลิทธิพล สุดสังข์ จิรายุ รุ่งถกลสุขเวช และ ณัฐพล คงแสน	45
EE-205	มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส พูนศรี วรรณการ วิครุต ประจงไสย พงศ์เพชร ภูมิเขียน พนา ดุสิตากร มนต์ บุญเที่ยรทอง สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ สุรเชษฐ เดชทุ่ง และ สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์	49
อุตสาหกรรม		
IE-301	การจัดเส้นทางรถขนส่งไฟฟ้าที่มีคลังสินค้าหลายแห่งและมีกรอบเวลา โดยวิธี อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม ธีรกานต์ สังข์วงษ์ และ วนิดา เหล่ารักษาเกียรติ	53
IE-303	การลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการตรวจสอบขนาดชิ้นงานผลิตภัณฑ์ถุงลมนิรภัย ชาญชัย พลตรี รัตนา ตีร์คมี และ อานนท์ เลิศวงษ์ไพศาล	58
IE-304	การปรับปรุงขั้นตอนและลดเวลาการทำงานในกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ โดย ประยุกต์ใช้หลัก ECRS กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ชลิตา ชาญวิจิตร กฤตย์ติภูมิ ดอกไม้ และ ศิลา วงศ์สุนทรพจน์	64
IE-305	การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปัญหาของเสียในสายการประกอบเครื่องยนต์ ดีเซลสูบนอน กรณีศึกษา : โรงงานผลิตอุปกรณ์การเกษตรแห่งหนึ่ง พรพิศ ศิริมา พิษณุ ทองขาว สมพงษ์ เชื้อพระคา วิยดา โคตรภูเขียว ณัฐกมล บุญพินิจ และ ณัฐธิดา สิงห์สอน	70
IE-306	การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการเชื่อมท่อ คอนเดนเซอร์ ธนา บุญญเศรษฐกุล สมพร เพียรสุขมณี และ ช่อแก้ว จตุรานนท์	77
IE-308	การพัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติด้วยการติดตั้งตัวเซ็นเซอร์ รัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ นรวิวี โยธี ธนกฤต บุตรงาม สุดารัตน์ ผลดี พิษณุ ทองขาว และ สมพงษ์ เชื้อพระคา	83
อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม		
ET-401	โรงเรือนรักษาดันมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT คชพงศ์ สุมานนท์ พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์ ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์ และ อานนท์ สิงห์เสถียร	89
ET-402	Unsupervised Texture Segmentation based on Ensemble of Mutation Operator Differential Evolution Ponlakit Jariyatantiwai and Chatkaew Jariyatantiwai	93



รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม		
ET-403	Noisy Multiobjective Optimization Using Fitness Inheritance and Adaptive Resampling Mechanisms <i>Chatkaew Jariyatantiwait and Ponlakit Jariyatantiwait</i>	99
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ		
CP-501	ระบบแนะนำการเลือกแผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง <i>วีรวรรณ จันทนะทรัพย์ นริศรา หมั่นการนา และ นพรุจ แดงอ่อน</i>	104
CP-502	ระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี <i>นริศรา นาคเมธี วัชรดุล แดงประพันธ์ และ ชีรภัทร หาวงษ์</i>	110
CP-503	ประสิทธิผลของการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อออนไลน์ของผู้ปฏิบัติงานสนับสนุนภารกิจนักบริหาร <i>อรปวีณ สันคามิน</i>	116
เครื่องมือและแม่พิมพ์		
TD-602	การศึกษาการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมต์ 6 <i>แจ๊ค ชุ่มอินทร์ ประสิทธิ์ แผงเพชร อัครเวช ศุภาคม ประเสริฐ ชุมปัญญา สุนทร คำพินิจ ปราบดา ดาวเรือง ศุภชัย มาตรินทร์ เหนือดิดินา รักษ์พันเจริญ และ ปัญญา ณ บางช้าง</i>	122
TD-603	การศึกษาออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขอบและเจาะรูฝาครอบตลับลูกปืน <i>อัครเวช ศุภาคม แจ๊ค ชุ่มอินทร์ ประสิทธิ์ แผงเพชร ประเสริฐ ชุมปัญญา สุนทร คำพินิจ ปัญญา ณ บางช้าง ปรุพท์จักร สุตปลิต ภัทภูมิ มีแสง และ เหนือดิดินา รักษ์พันเจริญ</i>	127
TD-604	การศึกษาอุณหภูมิแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปภาชนะแผ่นรองแก้วจากผักตบชวาชนิดแผ่น <i>จักรกฤษณ์ ยิ้มแจ้ง อนิตยา วงอุดม ปิยะบุตร บุญเกื้อเกียรติ ประเสริฐ ชุมปัญญา วีระเดช จองสุริยภาส และ ธวัชชัย ชาติดำนาญ</i>	131
TD-605	การศึกษาชนิดงานสวมระหว่างเศษจากการตัดขอบฝาครอบปลายเกลียวแทนตัดขวางกับสลักกำหนดตำแหน่งแม่พิมพ์ตัดขอบ <i>อัครเวช ศุภาคม ปัญญา ณ บางช้าง ปรุพท์จักร สุตปลิต และ ภัทภูมิ มีแสง</i>	137
TD-606	การพยากรณ์ระยะการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยจำลองการไหลและตรรกศาสตร์คลุมเครือ <i>วิภาวี ไชยพงษ์ และ อุเทน คณะวาปี</i>	141



รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
โยธาและสิ่งแวดล้อม		
CE-802	การปลดปล่อยไมโครพลาสติกจากการซักผ้าโพลีเอสเตอร์ผสมสแปนเด็กซ์ <i>ศุภโชค บุระมาน และ สุชีลา พลเรือง</i>	145
CE-804	การปล่อยไมโครพลาสติกจากใยผ้าสังเคราะห์ <i>ธรรณัฐ นาคแก้ว และ สัญญา สิริวิทยาปกรณ์</i>	151
CE-808	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) จากการพัฒนา โครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (อ่างเก็บน้ำนฤบดินทรจินดา) จังหวัดปราจีนบุรี <i>ชฎานิต ฤทธิตรีเนียม และ สุชีลา พลเรือง</i>	156
CE-809	ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกเดินทางโดยสารรถกอล์ฟไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏพระนครศรีอยุธยา <i>ณัฐพงษ์ แก้วนาคำ และ กิตติชัย ธนทรัพย์สิน</i>	162
CE-810	การศึกษาประสิทธิผลของเส้นจราจรแบบซิกแซก และ แบบแถบลดความกว้างช่อง จราจร ต่อการลดความเร็วของยานพาหนะ กรณีศึกษา :ทางข้ามอัจฉริยะ ทางหลวง หมายเลข 314 ตอนแสนภูดาษ - ฉะเชิงเทรา <i>เมษา ชัยทอง และ กิตติชัย ธนทรัพย์สิน</i>	168
CE-811	ปัจจัยในการเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ ในเส้นทางอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร <i>วรท มีป้อม และ กิตติชัย ธนทรัพย์สิน</i>	174
CE-812	การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและความร้อนของมอร์ต้าผสมเม็ดยาง <i>ภัทรชัย พงศ์โสภา บูชิต มาโก้ ธนพัฒน์ น้ำจันทร์ กฤษดา เสือเอี่ยม ขวัญชนก อุณหะอ่อน จักรพันธ์ แสงสุวรรณ ณัฏพงษ์พล คงชะสิงห์ และ ดารกร อินทรบุตร</i>	180
CE-813	ความแม่นยำของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของเสาเข็มจากการคำนวณของมาตรฐาน BNBC (2015) และเทียบกับ วิธีทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของเสาเข็มในสนาม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test) <i>ภูพิรัชย์ คักดีจิรพาพงษ์ และ วชิรินทร์ วิทยกุล</i>	184
CE-814	การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน โครงการก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอย เทศบาลตำบลสลกบาตร <i>บุญรักษ์ แวนบอเซอร์ และ อภิวิชญ์ พูลสง</i>	190



รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
โยธาและสิ่งแวดล้อม		
CE-815	การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและการหดตัวของมอร์ต้าผสมผงเปลือกหอยเชลล์และหอยหวาน บุชิต มาโก้ ภัทรชัย พงษ์โสภา ธนพัฒน์ น้ำจันทร์ กฤษดา เสือเอี่ยม ขวัญชนก อุณหะอ่อน จักรพันธ์ แสงสุวรรณ ณิชพงศ์ พลคงชะสิงห์ และ พรณรงค์ เลื่อนเพชร	195
CE-816	นวัตกรรมแผ่นกรองหน้ากากอนามัยสีเขียวจากเส้นใยไบโอดีผสมกับกระดาษทิชชู ดวงฤทัย นิคมรัฐ ภัทริกา สูงสมบัติ พลอยสวย อักษรประเสริฐ จารุวรรณ ราโรจน์ อัครพร พิมสอน ศันสนีย์ ภูประกิจ และ กฤษดา เสือเอี่ยม	199
การจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน		
IM-902	การพัฒนากระบวนการผลิตขม้นชั้นด้วยเทคนิคการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติร่วมกับวิธีการปลูก ปิติพัฒน์ บุตรโคตร และ สกุสรรัตน์ หาญศึก	205
IM-903	การพัฒนาตู้อบปลาแดดเดียวโดยประยุกต์ใช้ระบบ IoT สิทธิพร สุขสีภาค กุลวลัญช์ วรณสิน และ นันทวรรณ อ่ำเอี่ยม	210
IM-904	การพัฒนาแนวทางการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานตามแนวทางของสิน กรณีสึกษา รีสอร์ต บ้านไร่อิงฟ้า เขาใหญ่ ศีตภัทร สกฤษดิ์ภักดี เลิศเลขา ศรีรัตนะ สันท์ รัฐวิบูลย์ และ เกียรติศักดิ์ เกษเสถียร	216
IM-905	การบริหารสินค้าคงคลังของวัสดุสำรองในการซ่อมบำรุงเพื่อลดต้นทุนการดำเนินงาน: กรณีสึกษา อาคารสำนักงานให้เช่า วิริยะ จิววิกุล และ สันท์ รัฐวิบูลย์	222
IM-906	การพัฒนาระบบเพื่อติดตามคุณภาพน้ำด้วยเทคโนโลยี IoT ภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏรำไพพรรณี จักรกฤษ มีเพชร กุลวลัญช์ วรณสิน และ นันทวรรณ อ่ำเอี่ยม	227
IM-907	การประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตราย ด้วยการประเมินแบบ EHS เฮงเฮง จารุนงคราญ	233
IM-908	การปรับปรุงกระบวนการผลิตน้จ้านลิมลือค กรณีสึกษา นิธินันท์ บุตตะ และ นันทวรรณ อ่ำเอี่ยม	239
IM-909	การพัฒนาและออกแบบบทเรียนในรูปแบบโมดูลสำหรับวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ เรื่องแขนกลในอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน ศิวรุทธ์ จุลพรหม ธนัช ปัญญากุลวัต และ สวิช ประวิทย์	245



รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
การผลิตเครื่องประดับ		
JM-1003	การสร้างสรรค์เครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวันวัฒนธรรมล้านนา วรัญชลิย์ ทวีชัย ญัฐณิชา แซ่ฮั่ว นำโชค ลาดนอก และ จรัสพิมพ์ ว่างเย็น	250
JM-1004	การศึกษาสถาปัตยกรรมโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ กรกช สัมฤทธิ์ จารุวรรณ ศรีเสน และ พรรษา สุกานต์กานนท์	254
JM-1005	การศึกษาเอกลักษณ์ดอกกล้วยไม้เพื่อการออกแบบเครื่องประดับเงิน ชุด “รัตนบุปผชาติ” ปริศนา บุญศักดิ์ สุจิรา ยอยรู้ออบ ธีรวัฒน์ แม้นด้วง และ กริษา สิงห์ลมบูรณ์	258
สาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง		
OR-1103	การทำนายความเสี่ยงอุทกภัยในภาคใต้ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง สยาม ลางกุลเสน โชติวิทย์ สุสุทธิพงศ์ และ ญัฐวุฒิ เรืองศรี	263
OR-1104	การใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการจำแนกข้อมูลเพื่อจัดลำดับความสำคัญ รายการซ่อมรถยนต์จากบริษัทประกันภัย ญัฐติญา ไชติยากุล อรัญชัย ศิริวัลย์ และ ปวีร์ วงศาโรจน์	267
OR-1105	การพัฒนาแนวทางการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาตมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ภาสกร ภริตานนท์ช เลิศเลขา ศรีรัตน์ะ กฤษดา พิศลยบุตร และ บุญธรรม หาญพานิชย์	273
OR-1107	การศึกษาการทำงานของ Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเอกสารงาน โครงการก่อสร้าง สำหรับที่ปรึกษาโครงการ จิรายุส ฉิมฉวี กุลวสุญช์ วรณสิน นันทวรรณ อ่ำเอี่ยม	279
OR-1108	การพัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณความปลอดภัยทางรังสีในงานถ่ายภาพรังสี เพื่อใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์ สโรชา ลำลี และ พรรณทิตา ลิ้มแหลมทอง	286



บทความวิจัย

เครื่องกลและพลังงาน

การประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์: กรณีศึกษา การเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นรถโดยสารไฟฟ้าแบตเตอรี่

Assessment of Potential Greenhouse Gas Emission Reduction and Economic Feasibility: A Case Study of Transitioning Internal Combustion Engine Bus to Battery Electric Bus

พิมพ์เณดา พุฒิวีเชียรวุฒิ¹ และ นิธิดา นาคะปรีชา²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารเฉลิมราชกุมาร 60 พรรษา แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330, 6580049320@student.chula.ac.th

²สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยพลังงาน แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330, nitida.n@chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) เป็นรถโดยสารไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) โดยคำนึงถึงการลดก๊าซเรือนกระจกจากประเภทการใช้เชื้อเพลิงของรถโดยสารและต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ (total cost of ownership: TCO) ของรถโดยสาร ICE และรถโดยสาร BEV จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนผ่านสู่รถโดยสาร BEV โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าและไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ จะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 45,000 tCO₂eq และ 50,000 tCO₂eq ตามลำดับ และ TCO ต่อกิโลเมตร (กม.) ของรถโดยสาร BEV มีค่าที่น้อยกว่า TCO ต่อกิโลเมตรของรถโดยสาร ICE อยู่ที่ 1.50 บาท โดยการเปลี่ยนผ่านนั้นมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (net present value: NPV) อยู่ที่ 174,022,000 บาท, อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (financial internal rate of return: FIRR) อยู่ที่ 32.24% และระยะเวลาคืนทุน (payback period: PB) อยู่ที่ 2 ปี 9 เดือน จึงสรุปได้ว่ารถโดยสาร BEV มีโอกาสสร้างควมคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์มากกว่ารถโดยสาร ICE

คำสำคัญ: การลดก๊าซเรือนกระจก; รถโดยสารไฟฟ้า; ต้นทุนรวมความเป็นเจ้าของ; ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

The study appraisal under assessment of potential greenhouse gas emission reduction and economic feasibility: a case study of transitioning internal combustion engine bus to battery electric bus. The result of this research found that total cost of ownership (TCO) analysis, of Internal Combustion Engine (ICE) buses and Battery Electric Vehicles (BEV) buses, transitioning powered by electricity from the grid and solar cells, can significantly reduce greenhouse gas emissions (GHG) that measures are around 45,000 tCO₂eq and 50,000 tCO₂eq, respectively.

TCO costly per kilometer (km) BEV buses show a lower TCO per km than ICE at 1.50 Thai Baht (THB)

The main conclusions of transitioning can be summarized as follows the net present value (NPV) at 174,022,000 THB, the financial internal rate of return (FIRR) at 32.24%, and the payback period (PB) at 2 year 9 months. Therefore, BEV buses have a greater economic advantage than ICE buses.

Keywords: Greenhouse Gas Emission Reduction; Electric Bus; TCO, Economic Feasibility

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) เกิดจากปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases: GHG) ที่ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศที่มากเกินไปจนเกินขีดความสามารถในการดูดซับของธรรมชาติ สาเหตุหลักมาจากความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลที่เพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide: CO₂) ก๊าซมีเทน (methane: CH₄) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide: N₂O) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมดุลพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาสู่พื้นผิวโลก เนื่องจากก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนจากพื้นผิวโลกไม่ให้สะท้อนกลับสู่อวกาศ และมีการแผ่พลังงานส่วนหนึ่งกลับลงยังพื้นผิวโลก ทำให้พื้นผิวโลกและบรรยากาศชั้นล่างอบอุ่นและร้อนกว่าปกติที่เรียกว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ที่นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกหรือภาวะโลกร้อน (global warming) ในปี 2565 ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลกอยู่ที่ 523 ppm โดยค่าความเข้มข้นของ CO₂ อยู่ที่ 417 ppm [1]

ในปี พ.ศ. 2558 ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 21 (Conference of the Parties 21: COP21) ได้มีการจัดทำความตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งเป็นส่วนขยายและเพิ่มเติมต่อจากพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) เพื่อกำหนดมาตรการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เนื่องจากพิธีสารเกียวโดนั้น มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้ ความตกลงปารีสมุ่งเน้นที่จะให้มีข้อตกลงใหม่เพื่อให้มีผลผูกพันครอบคลุมประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่ของโลกและในการประชุม COP22 มีการลงนาม ความตกลงปารีส อย่างเป็นทางการ ณ สำนักงานใหญ่สหประชาชาติในนิวยอร์ก นับจากนั้นเป็นต้นมามีประเทศต่างๆ เข้าร่วมข้อตกลงนี้รวมถึงประเทศไทยด้วย การดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยเพื่อบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศแบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่ 1) การดำเนินงานลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมตามบริบทของแต่ละประเทศ หรือ Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) ภายในปี พ.ศ. 2563 และ 2) การมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Nationally Determined Contribution: NDC) ภายหลังจากปี พ.ศ. 2 (ค.ศ. 2020) เป้าหมาย NDC ประเทศไทยมีความตั้งใจที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 30 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030)

สำหรับประเทศไทยที่ได้วางเป้าหมายการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไว้ร้อยละ 30 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2573 แผนความเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (net zero emission: NZE) ภายในปี พ.ศ. 2593 และปี พ.ศ. 2608 ตามลำดับ เพื่อสอดคล้องความตกลงปารีส (Paris Agreement) นั้น กระทรวงพลังงานจึงได้มีแผนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน 6 ด้าน 17 ประเด็น ซึ่งการศึกษานี้มุ่งเน้นการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน ด้านที่ 6 ประเด็นการปฏิรูปที่ 16 เป็นหลัก โดยแผนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน ด้านที่ 6 เทคโนโลยีนวัตกรรม และโครงสร้างพื้นฐานในประเด็นการปฏิรูปที่ 16 การส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ได้มีมาตรการกระตุ้นตลาดภายในประเทศ โดยกระทรวงคมนาคม จัดทำแผนเช่ารถยนต์ โดยเพิ่มการนำรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอินและรถยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่มาใช้เป็นรถยนต์บริการของสนามบิน (limousine) ในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น

ทางองค์กรซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงคมนาคม ดำเนินธุรกิจท่าอากาศยานได้ให้ความสำคัญทางด้านความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม โดยได้บริหารจัดการการใช้พลังงานเพื่อลดการปล่อย GHG จึงได้มีมาตรการส่งเสริมการลดการปล่อย GHG ในภาคขนส่งขององค์กรเพื่อขับเคลื่อนสู่สนามบินที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (green airport) การใช้ยานพาหนะที่มลพิษต่ำโดยพิจารณาแนวทางการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ในองค์กร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์: กรณีศึกษาการเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นรถโดยสารไฟฟ้าแบบเต็มหรือระบบโครงข่ายไฟฟ้าและรถโดยสารไฟฟ้าแบบเต็มจากพลังงานหมุนเวียน อีกทั้งเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจลงทุน โครงการเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นรถโดยสารไฟฟ้าแบบเต็มที่ใกล้เคียงขององค์กรอื่นในกรณีศึกษา

2. วิธีดำเนินการวิจัย

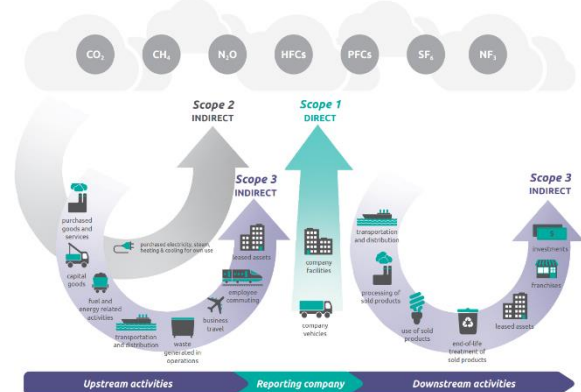
2.1 การประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ แบ่งขอบเขตออกเป็น 3 ขอบเขต ดังนี้

2.1.1 ขอบเขตที่ 1: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (direct emissions) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร โดยตรง เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาเผาหรือเครื่องจักร การใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ การใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย

2.1.2 ขอบเขตที่ 2: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (indirect emissions) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การซื้อพลังงานมาใช้ในองค์กร เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานไอน้ำ เป็นต้น

2.1.3 ขอบเขตที่ 3: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (other indirect emissions) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดเนื่องจากการกิจกรรมขององค์กรแต่องค์กรไม่ได้เป็นเจ้าของหรือควบคุม เป็นส่วนนอกเหนือจาก ขอบเขตที่ 1 และ ขอบเขตที่ 2 เช่น การใช้พาหนะเดินทางหรือขนส่งของหน่วยงานอื่น การเดินทางไปประชุมนอกสถานที่ การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ การจ้างหน่วยงานอื่นให้นำขยะและของเสียไปกำจัด [2] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โดยในการศึกษานี้จะประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2 ซึ่งการประเมินในวิจัยนี้อ้างอิงจากมาตรฐาน The greenhouse gas protocol (2004) และ the intergovernmental panel on climate change (IPCC) guidelines (2006) โดยการวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการคำนวณโดยนำข้อมูลกิจกรรม (activity data) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแสดงผลให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent) เพื่อเปรียบเทียบผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$\text{GHG emissions} = \text{activity data} \times \text{GHG emission factor} \quad (1)$$

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

โดยที่ GHG emissions คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂eq) activity data คือ ข้อมูลกิจกรรม (หน่วย) และ GHG emission factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิง (kgCO₂eq/หน่วย)

ตารางที่ 1 ค่า emission factor (EF) ของพลังงานประเภทต่างๆ

เชื้อเพลิง	หน่วย	ค่า EF
ก๊าซธรรมชาติ	kgCO ₂ -eq/kg	2.2609
ไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า	kgCO ₂ -eq/kWh	0.4999
ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์	kgCO ₂ -eq/kWh	0.1238

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (life cycle assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (life cycle assessment: LCA) การวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของยานยนต์ โดยพิจารณาครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจำหน่าย การนำไปใช้งาน และการทำลายหรือทิ้งไป รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ที่มีโอกาสเกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิต หรืออาจกล่าวได้ว่ามีการพิจารณาผลกระทบของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนกระทั่งตาย (cradle to grave)

2.3 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการซึ่งสามารถคำนวณได้โดยการแปลงกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน คำนวณ NPV จากผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนในแต่ละปีตลอดอายุโครงการภายใต้อัตราคิดลด ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct_n}{(1+r)^t} - C_0 \quad (2)$$

โดยที่ NPV มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุของโครงการ Bt คือ ผลประโยชน์ของโครงการ ในปีที 1, 2, ..., n Ct คือ ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในปีที่ t C₀ คือ ต้นทุนโครงการในปีแรก (ปีที่ 0) r คือ อัตราคิดลดของโครงการ และ t คือ ปีการดำเนินงานโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, ..., n

โดยมีหลักการตัดสินใจเพื่อประเมินการลงทุนโครงการ หาก NPV > 0 คุ้มค่าแก่การลงทุน, NPV < 0 ไม่สมควรลงทุน และ NPV = 0 เท่าทุน

2.3.2 อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (Financial internal rate of return: FIRR)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct_n}{(1+FIRR)^t} - C_0 = 0 \quad (3)$$

โดยที่ FIRR คือ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการทางการเงิน Bt คือ ผลประโยชน์ของโครงการ ในปีที 1, 2, ..., n Ct คือ ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในปีที่ t C₀ คือ ต้นทุนโครงการในปีแรก (ปีที่ 0) และ t คือ ปีการดำเนินงานโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, ..., n

โดยมีหลักการตัดสินใจเพื่อประเมินการลงทุนโครงการ หาก FIRR > อัตราดอกเบี้ยหรือต้นทุนทางการเงินของโครงการ จึงมีความคุ้มค่าแก่การลงทุน

2.3.3 ระยะเวลาคืนทุน (payback period: PB)

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนหรือจำนวนปีในการดำเนินงานที่คุ้มทุนของการลงทุนโครงการ ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (5)$$

2.4 การวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ

ต้นทุนรวมของการเป็นเจ้าของ (total cost of ownership: TCO) ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักดังนี้

2.4.1 ต้นทุนสินทรัพย์ ต้นทุนในการซื้อที่เกี่ยวกับการซื้ออุปกรณ์หรือเครื่องจักรทั้งหมด เช่น ค่าสินค้าราคาขายปลีก ค่าเบ็ดเตล็ด

2.4.2 ต้นทุนการดำเนินงาน ครอบคลุมไปจนกระทั่งสิ้นค้าหมดอายุการใช้งาน เช่น ค่าเชื้อเพลิง ค่าบำรุงรักษา ค่าประกัน ค่าภาษีรถ [3]

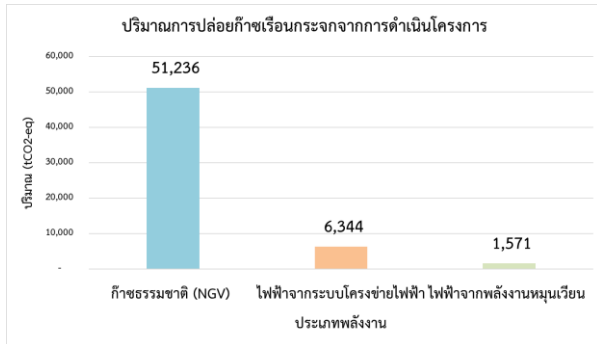
การวิเคราะห์ต้นทุนรวมของการเป็นเจ้าของแสดงให้เห็นถึงต้นทุนรวมที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทและเป็นข้อมูลในการตัดสินใจดำเนินโครงการ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ก๊าซธรรมชาติ: Natural Gas Vehicles: NGV) เป็นรถโดยสารไฟฟ้าแบบมอเตอร์จากเชื้อเพลิงไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า ระยะเวลาโครงการ 7 ปี พบว่าโครงการสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 44,892 tCO₂eq/kWh ตลอดอายุโครงการและหากใช้เชื้อเพลิงจากไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ แทนการใช้เชื้อเพลิงไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 49,665 tCO₂eq/kWh ตลอดอายุโครงการ ดังนี้แสดงในรูปที่ 2

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

การประเมินการปล่อย CO₂ ของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (life cycle assessment: LCA) การศึกษาที่อ้างอิงเรื่องนี้จากการศึกษาของ Carbone พบว่าในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ. 2020) รถโดยสารในประเทศฝรั่งเศส มีค่า LCA ของรถโดยสาร ICE และ BEV อยู่ที่ 1189 gCO₂e/km และ 244 gCO₂e/km ตามลำดับ [4]

ผลการศึกษาคือความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นรถโดยสารไฟฟ้า แบตเตอรี่ ได้ทำการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน และการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

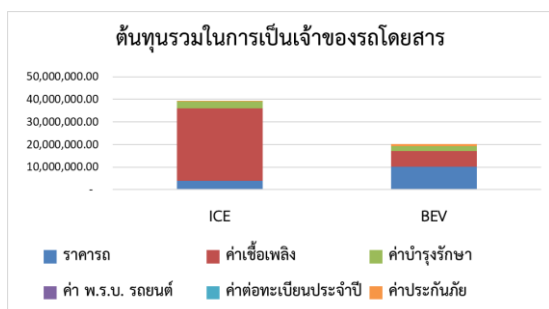
4.1 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 174,021,868 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าที่จะลงทุน

4.2 อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR) มีค่าเท่ากับ 32.24%

4.3 การคิดหาระยะเวลาคืนทุน (PB) 2 ปี 9 เดือน เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนรวมที่แท้จริงในการเป็นเจ้าของ พบว่ารถโดยสาร ICE มีมูลค่าสูงกว่ารถโดยสาร BEV หากลดรายละเอียดด้านส่วนประกอบของต้นทุนรวมพบว่า รถโดยสาร BEV มีข้อได้เปรียบอย่างเห็นได้ชัดคือ ค่าเชื้อเพลิง อยู่ที่ 7.66 บาท/กม. ขณะที่ค่าเชื้อเพลิง NGV มีอัตราการเพิ่มขึ้นของเชื้อเพลิงทุกปี

กล่าวคือการเปลี่ยนผ่านโดยการใช้รถโดยสาร BEV ก่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า ICE ซึ่ง TCO ต่อ กม. ของรถโดยสาร ICE และ BEV อยู่ที่ 3.10 และ 1.60 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถโดยสาร

4. สรุป

ผลการศึกษาคือการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาการเปลี่ยนผ่านจากรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นรถโดยสารไฟฟ้าแบตเตอรี่ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าและไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ระยะเวลา 7 ปี จากการศึกษาพบว่าโครงการสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 45,000 tCO₂e และ 50,000 tCO₂e ตามลำดับ โดย TCO ของรถโดยสาร ICE และรถโดยสาร BEV อยู่ที่ 39,381,000 และ 20,317,000 บาทต่อกัน ตามลำดับ และการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์รายละเอียด ดังนี้ 1) NPV อยู่ที่ 174,022,000 บาท 2) FIRR อยู่ที่ 32.24% 3) PB 2 ปี 9 เดือน จึงสรุปได้ว่ารถโดยสาร BEV มีโอกาสสร้างความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์มากกว่ารถโดยสาร ICE

เอกสารอ้างอิง

- [1] Laboratory, the NOAA annual greenhouse gas index (AGGI), 2023. [Online]. Available: <https://gml.noaa.gov/aggi/aggi.html>
- [2] CIBO, GHG Scopes 101: Overview of GHG Protocol scopes and emissions across the value chain, 2015. [Online]. <https://www.cibotechnologies.com/pathway/overview-of-ghg-protocol-scopes-and-emissions-across-the-value-chain-2/>
- [3] Supply chain guru. Total cost of ownership (TCO). [Online]. Available: <https://supplychainguru.co.th/articles/procurement/what-is-total-cost-of-ownership-tco>
- [4] Y. Yoroazu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa. Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface. IEEE Transl. J. Magn. Japan. 2 vols., 1987.
- [5] Carbone, "Road transportation: what alternative motorisations are suitable for the climate? A comparison of the life cycle emissions in France and Europe", 2022. [Online]. Available: <https://www.carbone4.com/files/wp-content/uploads/2021/02/Road-transportation-what-alternative-motorisations-are-suitable-for-the-climate-Carbone-4.pdf>

การลดความร้อนสะสมภายในห้องโดยสารรถยนต์ขณะจอดอยู่ด้วยพัดลมระบายอากาศ ให้กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

Reduction of Heat Accumulation inside a Parked Car Cabin Using Ventilation Fans Powered by Solar Panel

พงษ์พัฒน์ บุญมาก^{1*}, นริส ประทีนทอง^{1*}, มานะ อมรกิจบำรุง² และ อูสาห์ บุญบำรุง³

¹หลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140, pongphat.b@mail.kmutt.ac.th., naris.pra@kmutt.ac.th.

²หลักสูตรเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140, mana.amo@kmutt.ac.th.

³สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150, usa.boo@kmutt.ac.th.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความร้อนสะสมภายในห้องโดยสารรถยนต์ที่จอดตากแดดกลางแจ้ง โดยใช้พัดลมระบายอากาศที่ใช้กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบยืดหยุ่น ทำการทดลองกับรถยนต์เบนซินประเภทส่วนบุคคลแบบ 5 ประตู พร้อมกับเซนเซอร์และอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นที่สามารถส่งการผ่านระบบอินเทอร์เน็ตในเขตกรุงเทพมหานคร โดยนำข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อมที่ได้รับจากกระทรวงพลังงาน และกรมอุตุนิยมวิทยา มาคัดเลือกวันเป็นตัวแทนเพื่อนำไปวิเคราะห์ เปรียบเทียบเป็นกรณีศึกษาในช่วงทำการทดลอง เพื่อลดความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์มีการนำโปรแกรม Global Solar Atlas ซึ่งเป็นโปรแกรม web base software มาใช้ในการกำหนดทิศทางที่เหมาะสมสำหรับการจอดรถ ผลการทดลองพบว่า การจอดรถทั้งวันโดยหันหน้าไปทางทิศตะวันออกส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในห้องโดยสารสูงสุดที่ 59 องศาเซลเซียส เพื่อลดความร้อนที่สะสมควรลดกระจกกลาง 1 นิ้ว และหมุนเวียนอากาศจากด้านหนึ่งของรถไปยังอีกด้านหนึ่งโดยใช้พัดลมกรองกระรอก ใช้งานร่วมกับม่านบังแดดในรถยนต์สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารลงได้อย่างน้อย 5 องศาเซลเซียส และการวางแผนจอดรถที่เหมาะสมที่สุดคือหันหน้าไปทางทิศเหนือ โดยมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบยืดหยุ่นติดตั้งอยู่บนหลังคา

คำสำคัญ : ความร้อนสะสม, เซลล์แสงอาทิตย์แบบยืดหยุ่น, ความเข้มรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิแวดล้อม

Abstract

This research aims to investigate the mitigation of heat accumulation inside a parked car cabin through the use of ventilation fans powered by a flexible solar panel. The experiment was carried out with 5 door multipurpose car equipped with sensors and IOT devices. It is conducted in Bangkok. Solar radiation intensity and ambient temperature data obtained from Ministry of Energy and Meteorological

Department were employed to select the representative days for comparative analysis of case studies during experiment period. In order to minimize the solar heat gain, Global Solar Atlas, a web-based software was used as a tool to determine the suitable orientation for car parking. The experimental findings revealed that parking all day by facing east resulted in the highest temperature at 59 °C. To reduce heat accumulation, lowering windows for 1 inch and circulating air from one side of car to another by using electric blower fans, in combination with car sunshade could lower the temperature by at least 5 °C. The most suitable parking orientation was found to be north facing with the flexible solar panel installed on the car rooftop.

Keywords: Heat Accumulation, Flexible Solar Panel, Solar Radiation Intensity and Ambient Temperature

1. บทนำ

ประเทศไทยมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อนส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อผู้ใช้รถยนต์ สำหรับความร้อนที่เกิดขึ้นในห้องโดยสารเมื่อจอดรถยนต์กลางแจ้งเป็นเวลานาน ความร้อนที่สะสมส่งผลให้ภาระการทำงานเย็นของระบบปรับอากาศสูงขึ้น อาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ภายในรถยนต์ไม่ว่าจะเป็นตัวเครื่องยนต์ เบาะรถยนต์ อุปกรณ์บริเวณแผงควบคุมด้านหน้า และด้านหลังที่ทำมาจากพลาสติก รวมไปถึงระบบปรับอากาศภายในห้องโดยสารที่ต้องรับภาระการทำงานเย็นที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องการหาวิธีระบายอากาศที่มีความร้อนสะสมออกไปจากห้องโดยสารให้ได้มากที่สุดก่อนทำการสตาร์ท เพื่อไม่ให้การทำงานของระบบปรับอากาศนั้นทำงานหนักจนเกินไป มีงานวิจัยศึกษาอุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์ที่จอดตากแดดโดยการนำรถยนต์ 2 คันมาจอดกลางแจ้ง [1], [3], [4], แล้วทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ ความดันและความชื้นภายในห้องโดยสาร มาทำการทดลองทั้งหมด 5 กรณีใน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

สภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน และนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบลักษณะการระบายอากาศภายในห้องโดยสารระหว่างรถยนต์ที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับรถยนต์ที่ไม่ได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อน ผลปรากฏว่ารถยนต์ที่ติดตั้งเทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตัวควบคุมประจุพลังงาน และพัดลม มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศและช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารได้ถึง 9.8 องศาเซลเซียส คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 80 นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยทดลองหาอุณหภูมิสูงสุดภายในรถยนต์ที่จอดไว้กลางแจ้งที่ประเทศอียิปต์ [2] โดยอุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากการทดลองคือ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งในกรณีทดสอบการจอดรถยนต์กลางแจ้งในทิศทางต่างกันทำให้ผลอุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์จะไม่ต่างกันมาก โดยตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิได้สูงสุดคือส่วนแผงควบคุมด้านหน้ารถยนต์ ส่วนการลดกระแงกลางขณะจอดกลางแจ้งส่งผลให้อุณหภูมิลดลงได้ 5 ถึง 10 องศาเซลเซียส

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น อุณหภูมิภายในห้องโดยสารของรถที่จอดตากแดดมีค่าค่อนข้างสูง แต่ยังไม่มีการวิจัยในการลดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารมากนัก จึงเป็นที่มาของงานวิจัยโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบยืดหยุ่น (Flexible PV) ร่วมกับรถยนต์เบนซินส่วนบุคคลแบบ 5 ประตู โดยจะทำการทดลองโดยหันหน้ารถยนต์ทั้ง 4 ทิศทาง สลับหมุนเวียนกันไปอย่างต่อเนื่องและทำซ้ำไปจนกระทั่งมีค่ารังสีอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกัน แล้วนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องโดยสารว่าทิศทางใดเหมาะสมที่สุด

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาการลดความร้อนสะสมในตัวรถโดยใช้พัดลมระบายอากาศที่ใช้กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
- 2.2 เพื่อหาทิศทาง การจัดวางตัวรถ และการจัดวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมในการระบายความร้อนที่สะสมภายในห้องโดยสารรถยนต์

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1 รถยนต์ต้นแบบประเภทส่วนบุคคลส่วนบุคคลแบบ 5 ประตู ขนาด 1,200 ซีซี (cc.) รุ่น Toyota Yaris ไม่มีการปรับแต่งใดๆ
 - 3.1.1) พื้นที่รถยนต์ทั้งหมด 13.13 ตารางเมตร มีพื้นที่กระจก 3.52 ตารางเมตร
 - 3.1.2) พื้นที่ด้านหน้ารถยนต์รวม 2.4 ตารางเมตร มีพื้นที่กระจก 1.1 ตารางเมตร
 - 3.1.3) พื้นที่ด้านหลังรถยนต์รวม 1.32 ตารางเมตร มีพื้นที่กระจก 0.88 ตารางเมตร
 - 3.1.4) พื้นที่ด้านข้างรถยนต์ ผังละ 3.25 ตารางเมตร มีพื้นที่กระจกผังละ 0.77 ตารางเมตร
 - 3.1.5) พื้นที่หลังการรถยนต์รวม 2.88 ตารางเมตร
- 3.2 Solar Cell (PV Flexible) 100 W. จำนวน 1 แผง พร้อมชุดสายไฟ
- 3.3 Charge Controller 12 V. จำนวน 1 เครื่อง
- 3.4 Battery 50 A. จำนวน 1 ก้อน พร้อมชุดสายไฟ
- 3.5 พัดลมกรงกระรอก 12 V. จำนวน 3 ตัว
- 3.6 Power Bank 20,000 mA จำนวน 1 ก้อน
- 3.7 ชุดอุปกรณ์ (Nanobox4) พร้อมเซนเซอร์ 10 จุด จำนวน 1 ชุด

เป็นอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ และความชื้น สามารถส่งการผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้

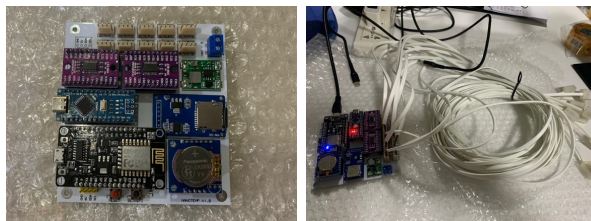
- 3.8 เครื่องวัดความเร็วลม (CFM) จำนวน 1 เครื่อง
- เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วลมในสถานการณ์ที่ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับความเร็ว ทิศทาง และ อัตราการไหลของลม

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาจะนำรถยนต์ไปจอดกลางแจ้ง ไม่มีร่มเงาในทุกช่วงเวลากลางวัน เพื่อเปิดให้รังสีจากดวงอาทิตย์แผ่ความร้อนผ่านกระจกด้านหน้าสู่ห้องโดยสารในช่วงเที่ยงถึงเย็น สถานที่จอดรถคือเขตบางนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร พิกัด 13° 39' 39.7" N, 100° 37' 14.6" E

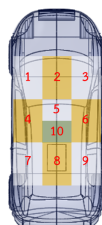
5. ขั้นตอนงานวิจัย

- 5.1 ทำการติดตั้งเซนเซอร์ และชุดรับส่งสัญญาณผ่านระบบอินเทอร์เน็ต และระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก-ค)

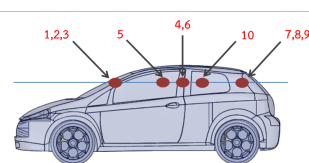


รูปที่ 1 (ก) เซนเซอร์ และชุดรับส่งสัญญาณผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

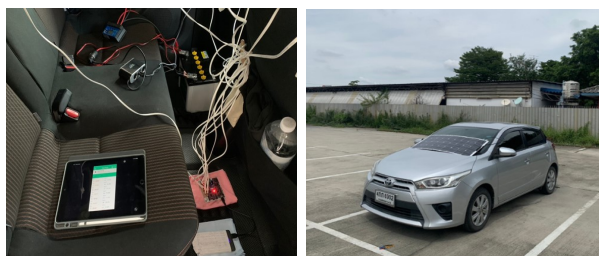
TOP VIEW



SIDE VIEW



รูปที่ 1 (ข) ตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์ 10 ตำแหน่ง



รูปที่ 1 (ค) ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตัวรถยนต์

- 5.2 จอดรถยนต์กลางแจ้งในวันที่ฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆบัง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00 – 17.00 น. เป็นระยะเวลา 4 เดือนต่อเนื่องกัน เริ่มต้นการทดลองโดยการหันหน้ารถยนต์ไปทางทิศตะวันตก ตะวันออก เหนือ และ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ได้ ตามลำดับ ทิศทางละ 4-5 วัน พร้อมวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นภายในห้อง โดยสารรถยนต์ทั้ง 10 ตำแหน่งตลอดระยะเวลาการทดลอง เพื่อนำค่าที่ได้มาสรุปว่าหันหน้ารถยนต์ไปในทิศทางใดทำให้ภายในห้องโดยสารรถยนต์มีค่าอุณหภูมิสูงสุด และตำแหน่งใดภายในห้องโดยสารที่มีค่ารังสีอาทิตย์สูงสุด โดยนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับวันที่มีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุด รังสีอาทิตย์รวมรายวัน และอุณหภูมิแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน

5.3 ใช้โปรแกรม Global Solar Atlas ซึ่งเป็นโปรแกรม web base software ใช้คำนวณกำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ มาประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบทิศทางของพื้นผิวมุมเอียงที่ได้รับรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งวันสูงสุด โดยพิจารณาจากกำลังไฟฟ้าสูงสุดรายชั่วโมง และกำลังไฟฟ้ารวมรายวันสูงสุดที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์ มีวิธีการตั้งค่าการใช้งานโปรแกรม ดังต่อไปนี้

5.3.1) Lock Location ที่ใช้ในการทดลอง (Bangkok, Thailand) เพื่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูล โปรแกรมจะนำฐานข้อมูลจากสถานที่ทดลองจริงมาใช้งาน เพื่อให้มีความใกล้เคียงมากที่สุด

5.3.2) Azimuth of PV Panel (แต่ละทิศทาง) ปรับทิศทางแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเปรียบเทียบกับแต่ละทิศทางที่หันหน้ารถยนต์ (0° ทิศเหนือ, 90° ทิศตะวันออก, 180° ทิศใต้ และ 270° ทิศตะวันตก)

5.3.3) Tilt of PV Panels (75°) ปรับมุมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (75° เป็นมุมที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างรถยนต์ที่ใช้ในการทดลองมากที่สุด)

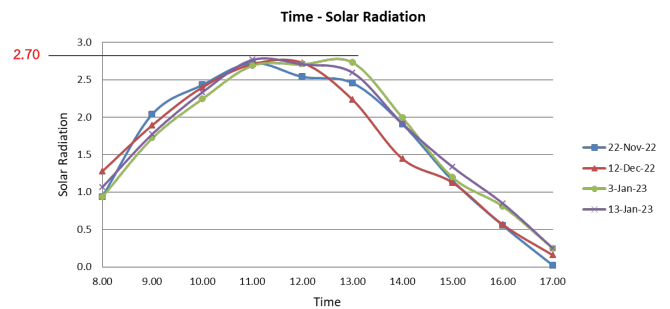
5.3.4) จำลองการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังการผลิต 1 kW ทั้ง 4 ทิศทาง (N, E, S, W) โดยใช้มุมเอียง 75°

5.4 ทำการแบ่งการทดลองเป็น 4 กรณีคือ กระจกทั้ง 4 ด้านปิดสนิท, ลดกระจกด้านหน้าทั้ง 2 ด้านลง 1 นิ้ว, ลดกระจกทั้ง 4 ด้านลง 1 นิ้ว และลดกระจกทั้ง 4 ด้านลง 1 นิ้วพร้อมติดม่านบังแดด เพื่อหาวิธีการระบายอากาศที่ทำให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารมีค่าลดลงมากที่สุด

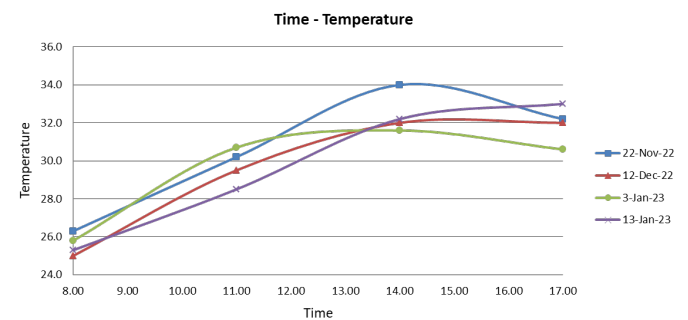
6. ผลการวิจัย

6.1 ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิแวดล้อมจากข้อมูลกระทรวงพลังงาน และกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงระยะเวลา 3 เดือนแรกของการทดลอง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม) [7]

ทำการเลือก 4 วันที่มีค่ารังสีรายชั่วโมงสูงสุด และรังสีรวมรายวันสูงสุด และอุณหภูมิแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันเพื่อมาทำการเปรียบเทียบข้อมูล ทิศทางในการวางตัวรถยนต์ที่ทำให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์มีค่าสูงสุดจากการศึกษาข้อมูล ดังรูปที่ 2, 3 และสรุปเป็นตารางที่ 1



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงรังสีอาทิตย์รายชั่วโมง ตามวัน/เวลาในช่วงทำการทดลอง (วันที่ 22 Nov 2022 / 12 Dec 2022 / 3, 13 Jan 2023)



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อม ตามวัน/เวลาในช่วงทำการทดลอง (วันที่ 22 Nov 2022 / 12 Dec 2022 / 3, 13 Jan 2023)

ตารางที่ 1 ผลเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, รังสีอาทิตย์รายชั่วโมงสูงสุด รังสีอาทิตย์รวมรายวันสูงสุด และอุณหภูมิแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน จากช่วงระยะเวลา 3 เดือนแรกของการทดลอง

Date	Hourly Solar Radiation (Peak, MJ/m ²)	Daily Solar Radiation (Yield, MJ/m ²)	Ambient Temp. (°C)
22 Nov 2022	2.725	16.946	30.60
12 Dec 2022	2.726	17.027	29.63
3 Jan 2023	2.730	17.571	29.73
13 Jan 2023	2.766	17.914	29.75

AVERAGE	2.736	17.365	29.925
SD.	0.019	0.459	0.453

จากการศึกษาพบว่าทั้ง 4 วันที่เลือกขึ้นมา มีค่ารังสีอาทิตย์รายชั่วโมง 2.70 MJ/m², ค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันสูงสุด 17.50 MJ/m², ค่าอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย 30 °C ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่า Average ที่ 2.736 MJ/m², 17.365 MJ/m², และ 29.925 °C ตามลำดับ และมีค่า S.D. ประมาณ 0 – 0.5 ซึ่งมีค่าน้อยสามารถนำผลการทดลองของทั้ง 4 วันมาประเมินเปรียบเทียบกันได้

6.2 อุณหภูมิรถยนต์ที่จอดตากแดด

6.2.1) กรณีปิดกระจกสนิททั้ง 4 ด้าน ผลอุณหภูมิของเซนเซอร์แต่ละตำแหน่ง ดังตารางที่ 2

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 2 ผลอุณหภูมิ และตำแหน่งเซนเซอร์ภายในห้องโดยสารของการ
หันหน้ารถยนต์แต่ละทิศทาง ตลอด 9 ชั่วโมง

Date	Max Temp. (°C)	Time	Sensor	Average Temp. (°C)	ทิศทางหันหน้ารถยนต์
22 Nov 2022	51.60	11.04	1	43.94	ตะวันตก
12 Dec 2022	59.04	13.19	2	48.48	ตะวันออก
3 Jan 2023	57.87	14.30	2	47.09	ใต้
13 Jan 2023	50.72	14.24	2	43.67	เหนือ

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นตำแหน่งเซนเซอร์ที่ 1 และ 2 ภายในห้องโดยสารมีอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันที่ทำการทดลอง เนื่องจากตำแหน่งเซนเซอร์ที่ 1 และ 2 ติดตั้งบริเวณใกล้กระจกด้านหน้ารถยนต์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีพื้นที่กระจกมากที่สุด รังสีอาทิตย์สามารถส่งผ่านเข้ามาในตัวรถและแผ่รังสีจากกระจกเข้ามาภายในห้องโดยสาร ส่วนตำแหน่งเซนเซอร์อื่น ๆ มีค่าอุณหภูมิต่ำลงมาเนื่องจากติดตั้งห่างจากบริเวณกระจก และอุณหภูมิมีการแปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา รวมถึงการเกิดเงาของโครงสร้างรถยนต์ที่มาบังบริเวณตำแหน่งดังกล่าว

6.2.1.1) กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จากการจำลองสมมติให้แต่ละด้านติดตั้งแผงขนาด 1 kWp ผลการคำนวณที่ได้จากเว็บไซต์ Global Solar Atlas คือค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายวันของเดือนที่ทำการทดลอง (Daily PV Output) และค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดรายชั่วโมงของเดือนที่ทำการทดลอง (Hourly PV Output) ดังตารางที่ 3 ส่วนผลอุณหภูมิภายในห้องโดยสารจากการทดลอง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายวันของเดือนที่ทำการทดลอง (Daily PV Output) และค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดรายชั่วโมงของเดือนที่ทำการทดลอง (Hourly PV Output) จากโปรแกรม Global Solar Atlas

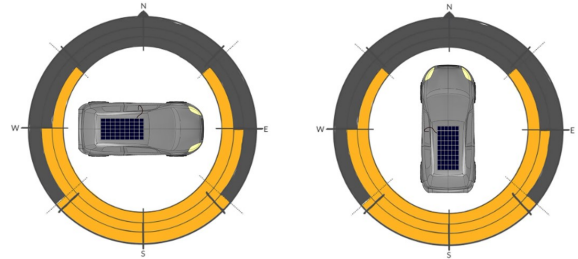
ทิศทางหันโซลาร์เซลล์ (มุมเอียงแผง 75 องศา)	Daily PV Output (W-hour)	Hourly PV Output (W-hour)
ทิศตะวันตก	1930	344.9
ทิศตะวันออก	2304	451.7
ทิศใต้	2184	433.6
ทิศเหนือ	888	110.1

ตารางที่ 4 ผลอุณหภูมิภายในห้องโดยสารจากการทดลอง

Date	ทิศทางหันหน้ารถยนต์	Max Temp. (°C) (จากการทดลอง)
22 Nov 2022	ทิศตะวันตก	51.60
12 Dec 2022	ทิศตะวันออก	59.04
3 Jan 2023	ทิศใต้	57.87
13 Jan 2023	ทิศเหนือ	50.72

จากตารางที่ 3, 4 เป็นผลการจำลองพบว่าทิศทางที่ได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดจะผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายวัน และค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดรายชั่วโมงของเดือนที่ทำการทดลอง ดังนั้นเมื่อหันหน้ารถยนต์ที่มีพื้นที่กระจกมากที่สุดไปในทิศเดียวกันกับทิศที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุด จะทำให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์มีค่าสูงสุด ผลลัพธ์ที่ได้คือ ทิศตะวันออก คือทิศทางที่หันหน้ารถยนต์แล้วได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุด รองลงมา คือ ทิศใต้ ทิศตะวันตก ทิศเหนือ ตามลำดับ

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ว่าการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ส่งผลให้เกิดเงาภายในห้องโดยสารรถยนต์บางตำแหน่ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจทำให้อุณหภูมิเซนเซอร์แต่ละตำแหน่งมีค่าไม่เท่ากัน ประกอบกับข้อมูลด้าน Sun Part Diagram ที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการเกิดเงาจากการหันหน้ารถยนต์แต่ละทิศทางเพื่อรับแสงแดด ณ ช่วงเวลาในการทดลอง ดังรูปที่ 4

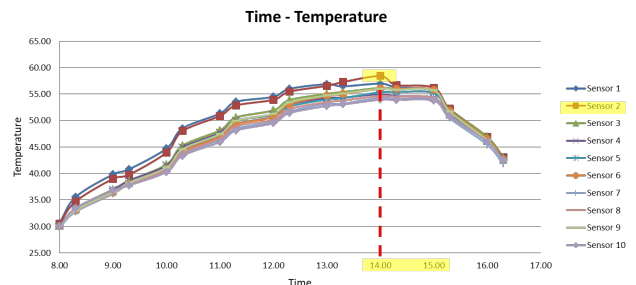


รูปที่ 4 ตัวอย่างลักษณะการหันหน้ารถยนต์แต่ละทิศทางเพื่อรับแสงแดด ณ ช่วงเวลาในการทดลอง Nov 2022 – Feb 2023

6.2.2) ผลการทดลองกรณี (ลดกระจกทั้ง 4 ด้านลง 1 นิ้ว พร้อมติดม่านบังแดด) โดยหันหน้ารถยนต์ทิศตะวันออก ผลการทดลองที่ได้คือ อุณหภูมิภายในห้องโดยสารสูงสุดมีค่า 58.41 องศาเซลเซียส ตำแหน่งเซนเซอร์ที่ 2 มีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลาประมาณ 14.01 นาฬิกา ดังรูปที่ 5

การติดม่านบังแดด และการติดตั้งแก้วกันสาดที่มีความสูง 1 นิ้ว บริเวณกระจกด้านข้าง เมื่อทำการลดกระจกลงจะช่วยให้อากาศมีการถ่ายเทมากยิ่งขึ้น อุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์ลดลง

• ข้อมูลอุณหภูมิการทดลอง วันที่ 23 Feb 2022



Date	Max Temp. (°C)	Time	Sensor	Average Temp. (°C)	ทิศทางหันหน้ารถยนต์
23 Feb	58.41	14.01	2	40.92	ตะวันออก

รูปที่ 5 ผลการทดลองกรณี (ลดกระจกทั้ง 4 ด้านลง 1 นิ้ว พร้อมติดม่านบังแดด)

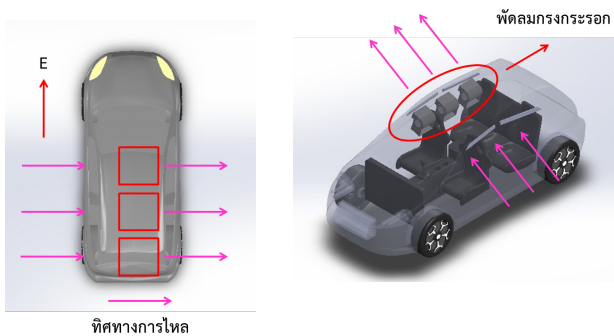
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เส้นกราฟรูปที่ 5, 7 และ 8 แสดงค่าอุณหภูมิตลอดวัน ณ ช่วงเวลาทำการทดลองของเซนเซอร์ 10 ตำแหน่งที่ติดตั้งบริเวณภายในห้องโดยสารรถยนต์

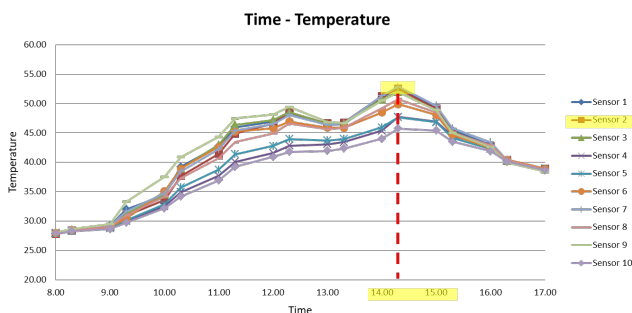
6.2.3) ผลการทดลองกรณี (ลดกระจกทั้ง 4 ด้านลง 1 นิ้ว พร้อมติดม่านบังแดด และติดตั้งพัดลมกรงกระรอกจำนวน 3 ตัว) ลักษณะการจัดวาง, ตำแหน่งการติดตั้ง ดังรูปที่ 6 โดยหันหน้ารถยนต์ทิศตะวันออก ผลการทดลองที่ได้คือ อุณหภูมิภายในห้องโดยสารสูงสุดมีค่า 53.85 องศาเซลเซียส ตำแหน่งเซนเซอร์ที่ 2 มีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลาประมาณ 14.26 นาฬิกา ดังรูปที่ 7 แสดงให้เห็นความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงสุด และต่ำสุดของเซนเซอร์แต่ละตำแหน่ง เนื่องจากการแปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ ถ้าเป็นช่วงเช้า, เย็น ค่ารังสีอาทิตย์ไม่สูงมาก ทำให้อุณหภูมิไม่สูง แต่ถ้าเป็นช่วงบ่าย ตำแหน่งเซนเซอร์รับแสงแดดจากดวงอาทิตย์โดยตรง โดยที่ไม่มีเงามาบัง ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุด จึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารตำแหน่งนั้นมีค่าสูงสุด

การติดตั้งพัดลมกรงกระรอก จะช่วยในการระบายอากาศ เนื่องจากลักษณะการทำงาน เมื่อใบพัดหมุนจะส่งผลให้อากาศที่อยู่รอบๆ หมุนด้วยความเร็วเดียวกัน ทำให้อากาศเคลื่อนที่ออกไปอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์ลดลง



รูปที่ 6 ลักษณะการจัดวาง และตำแหน่งติดตั้งพัดลมกรงกระรอก

- ข้อมูลอุณหภูมิการทดลอง วันที่ 25 Feb 2023

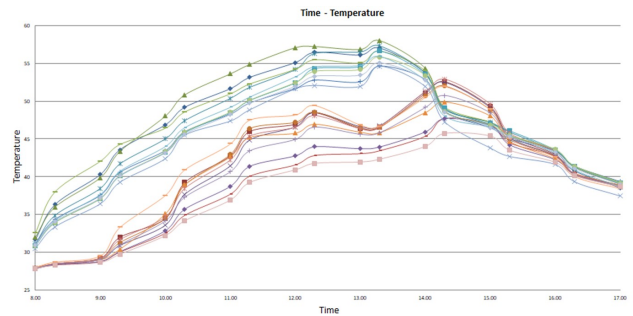


Date	Max Temp. (°C)	Time	Sensor	Average Temp. (°C)	ทิศทางหันหน้ารถยนต์
25 Feb	53.85	14.26	2	41.98	ตะวันออก

รูปที่ 7 ผลการทดลองกรณี (ลดกระจกทั้ง 4 ด้านลง 1 นิ้ว พร้อมติดม่านบังแดด และติดตั้งพัดลมกรงกระรอกจำนวน 3 ตัว)

6.2.4) เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างไม่มีการติดตั้งพัดลม กับมีการติดตั้งพัดลมกรงกระรอก ดังรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งพัดลมกรงกระรอกส่งผลถึงความแตกต่างของอุณหภูมิที่ลดลงในแต่ละช่วงเวลาทำการทดลองได้อย่างชัดเจน

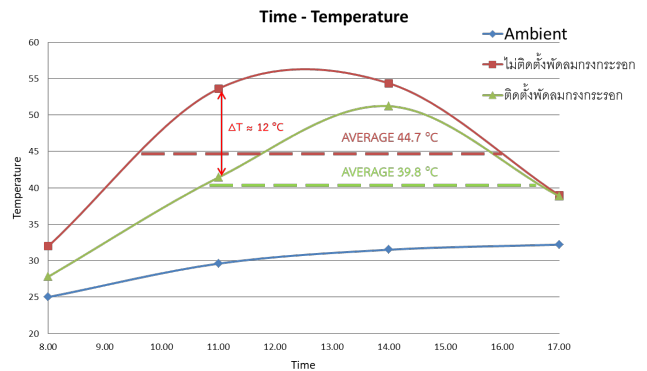
- เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิการทดลอง ระหว่างไม่มีการติดตั้งพัดลมกับการติดตั้งพัดลมกรงกระรอก



รูปที่ 8 ผลการทดลองระหว่าง ไม่มี กับมีการติดตั้งพัดลมกรงกระรอก

สามารถนำผลการทดลองทั้ง 2 วันที่ไม่มีการติดตั้งพัดลม กับมีการติดตั้งพัดลมกรงกระรอกมาเปรียบเทียบร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม โดยมีค่ารังสีช่วงชั่วโมงสูงสุด รังสีรวมรายวันสูงสุด และอุณหภูมิแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันคือ 2.7 MJ/m², 17 MJ/m² และ 30 °C ตามลำดับ

- เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิการทดลอง ระหว่างไม่มีการติดตั้งพัดลมกับการติดตั้งพัดลมกรงกระรอก และอุณหภูมิแวดล้อม



รูปที่ 9 ผลการทดลองระหว่าง ไม่มี กับมีการติดตั้งพัดลมกรงกระรอก ร่วมกับอุณหภูมิแวดล้อม

จากความสัมพันธ์ รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าการทดลองที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมกรงกระรอกเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อม (วันที่ 12 Dec 2022) มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องโดยสาร 44.7 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกับการทดลองที่ติดตั้งพัดลมกรงกระรอกเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อม (วันที่ 25 Feb 2023) มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องโดยสาร 39.8 องศาเซลเซียสอย่างชัดเจน เนื่องจากการติดตั้งพัดลมกรงกระรอกช่วยทำให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารลดลงประมาณ 5 องศาเซลเซียส

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

7. อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองในช่วงระยะเวลา 4 เดือน (ช่วงเดือน พฤศจิกายน 2022 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2023) พบว่าทิศตะวันออกเป็นทิศทางที่ได้รับค่ารังสีอาทิตย์สูงสุด ในการทดลองติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุม (75°) เท่านั้น เนื่องจากในแต่ละช่วงเวลา ฤดูกาล หรือ ตลอดทั้งปี การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะส่งผลกระทบต่อค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละพื้นที่นั้นไม่เท่ากัน จากกรณีศึกษาเพิ่มเติม ถ้าติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุม (15°) ทิศใต้คือทิศทางที่ได้รับค่ารังสีอาทิตย์รวมสูงสุดตลอดทั้งปี เห็นได้ชัดว่ามีความแตกต่างจากการทดลองที่ได้นำเสนอข้างต้น ดังนั้นผู้ศึกษาควรเลือกจอร์จนยนต์ตามทิศทางที่เหมาะสมของแต่ละสถานที่ แต่ถ้านักเรียนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ มีความจำเป็นที่จะต้องจอดในทิศทางที่หันหน้ารถยนต์รับรังสีอาทิตย์ อาจมีการปรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ลมมาบังแสงแดดในช่วงเวลานั้นก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ต่างๆภายในห้องโดยสารเกิดความเสียหาย

8. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าผลการทดลองติดตั้งวิธีนี้สามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารได้สูงสุด 5.19 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการติดตั้งพัดลมกรงกระรอกกับอุณหภูมิแวดล้อม ณ วันที่ทำการทดลอง ที่แสดงผลว่าพัดลมกรงกระรอกช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารได้ประมาณ 5 องศาเซลเซียส แสดงว่าการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นมีความถูกต้องค่อนข้างสูง โดยเลือกหันหน้ารถยนต์ไปทางทิศเหนือ เพราะเป็นทิศทางที่รับรังสีอาทิตย์น้อยที่สุด และป้องกันความร้อนเข้าสู่ห้องโดยสารรถยนต์โดยตรงได้มากที่สุดเมื่อเทียบกันระหว่างพื้นที่ที่ติดตั้งกับกระจก เลือกติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บริเวณด้านบนวางราบไปกับหลังคารถยนต์ เพราะไม่มีความซับซ้อนในการติดตั้ง สามารถใช้งานแบบเคลื่อนที่ได้โดยไม่เกิดอันตรายขณะขับขี่ และเพียงพอต่อความต้องการใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้กับพัดลมกรงกระรอก จำนวน 3 ตัวที่ติดตั้งบริเวณด้านขวามือฝั่งคนขับ โชนด้านหน้ากลาง และด้านหลังของห้องโดยสารรถยนต์

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ ที่กรุณาให้คำแนะนำและความคิดเห็น ในการจัดทำบทความวิจัย เพื่อเข้าร่วมการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ในครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Muji, S., Budi, W., et al., 2021, "Cooling Effect and Heat Index (HI) Assessment on Car Cabin Cooler Powered by Solar Panel in Parked Car", Case Studies in Thermal Engineering, Vol.101386, No.28.
- [2] Abd-Fadeel, W. A., & Hassanein, S. 2013, "Temperature variations in a parked car exposed to direct sun during hot and dry climates", International Journal of Automobile Engineering Research & Development, Vol.3(1), pp. 75-80.

- [3] Aljubury, I. M., Farhan, A. A., et al., 2015, "Experimental study of interior temperature distribution inside parked automobile cabin", Journal Engineering, Vol.3(21), pp. 1-10.z
- [4] Al-Kayiem, H. H., Sidik., et al., 2010, "Study on the thermal accumulation and distribution inside a parked car cabin", American Journal of Applied Sciences, Vol.7(6), pp. 784-789.
- [5] Alani, W. K., Zheng, J., et al., 2022, "Enhancing the Fuel Saving and Emissions Reduction of Light-Duty Vehicle by a New Design of Air Conditioning Worked by Solar Energy", Case Studies in Thermal Engineering, Vol.101798, No.30.
- [6] Kolhe, M., Muneer, T., 2017, "Parked Electric Vehicle's Cabin Temperature Management Using Photovoltaic Powered Ventilation", Energy Procedia, Vol. 142, pp. 343-349.
- [7] กรมอุตุนิยมวิทยา และกระทรวงพลังงาน., 2023, "ข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม และรังสีอาทิตย์ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล".

11. ประวัติผู้เขียนบทความ



นายพงษ์พัฒน์ บุญมาก นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
งานวิจัยที่สนใจ พลังงานทางเลือกอุตสาหกรรมยานยนต์

อิทธิพลของรูปร่างครีบบระบายความร้อนต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของฮีตซิงค์สำหรับหลอดไฟ LED กำลังสูง

Effects of Fin Geometry on Heat Transfer Efficiency of Heat Sink for LED Lamp High-Power

สุทธิพงษ์ มัชฌิม* และ พิสิษฐ ยั่งยืนศักดิ์ถาวร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail: Suttipong0000art@gmail.com*, pisit.y@eng.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปร่างครีบบระบายความร้อนในแนวรัศมีต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสำหรับหลอดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้วิธีการจำลองเชิงตัวเลข โดยงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนความสูงและความกว้างของครีบบ (Aspect Ratio - AR) งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบของรูปร่างครีบบระบายความร้อนที่แตกต่างออกไป คือ มุมระหว่างตัวครีบบและฐานครีบบ (inclined angle) รูปร่างครีบบทรงสามเหลี่ยม และรูปร่างครีบบทรง II ในการศึกษาผลกระทบของมุมระหว่างตัวครีบบและฐานครีบบได้กำหนดดังนี้ 30, 45, 60 และ 90 องศา ตามลำดับ ขณะที่รูปร่างของครีบบทรงสามเหลี่ยมได้กำหนดเป็น มุม หรือ อัตราส่วน ความสูงต่อความยาวฐาน (T-AR) ไว้ดังนี้ 2.8, 1.42, 1.09 และ 0.7 ตามลำดับ ผลการจำลองที่ได้พบว่า มุมระหว่างตัวครีบบและฐานครีบบที่ให้ค่าประสิทธิภาพการระบายความร้อนดีที่สุดคือ มุม 90 องศา เมื่อลดมุมระหว่างตัวครีบบและฐานครีบบลง จะทำให้ค่าความต้านทานของการส่งถ่ายความร้อนสูงขึ้น สำหรับอิทธิพลของรูปร่างของครีบบทรงสามเหลี่ยมหรืออัตราส่วน T-AR พบว่าค่า 2.8 ให้ค่าความต้านทานของการส่งถ่ายความร้อนต่ำที่สุด สุดท้ายเมื่อทำการออกแบบรูปร่างครีบบ II โดยแบ่งครีบบ Baseline (design B) ออกเป็นสองส่วนเท่ากันและวางห่างกัน 5 มม. ในแนวรัศมี พบว่ารูปร่างครีบบ II ให้ค่าความต้านทานของการส่งถ่ายความร้อนต่ำที่สุด

คำสำคัญ : การพาความร้อนแบบอิสระ, ครีบบระบายความร้อน, หลอดไฟ LED, การจำลองเชิงตัวเลข, ความต้านทานความร้อน

Abstract

The objective of this research is to study the effect of radial cooling fin shape on the heat transfer efficiency for high-power LED lamps using numerical simulation method. This research is continued from the previous work that observed the influence of the height-to-width ratio of the fins (Aspect Ratio - AR). In this research, the effects of the different fin shape is therefore investigated, which are the inclined angle of the fin, the triangular fin shape, and the II fin shape on the heat transfer efficiency of the radial fin. For the inclined angle of the fin, angles of 30, 45, 60 and 90 degrees are studied. To study the effect of the triangular fin shape, the height to base length ratio (T-AR) are varied from 2.8 to 1.42, 1.09 and 0.7. The simulation results show that the inclined angle of the fin that gives the best cooling efficiency is 90

degrees. When the inclined angle is reduced, it leads to higher resistance of heat transfer. Considering the effect of triangular fin shape or the height to base length ratio (T-AR), it is found that the T-AR of 2.8 provides the lowest heat transfer resistance. Finally, the II fin shaped is designed by dividing the Baseline fin (Design B) into two equal parts and placing 5 mm apart radially. The results show that the II fin gives the lowest heat transfer resistance.

Keywords: Free Convection, Heat Sink, LED, Numerical Simulation, Thermal Resistance

1. บทนำ

จากกระแสการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นทั่วโลก หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode หรือย่อว่า LED) เป็นหนึ่งในอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน หลังจากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนสามารถนำมาใช้ทดแทนหลอดไฟประเภทต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสูญเสียพลังงานที่น้อยกว่า โดยหลักการแล้วใน LED แบบทั่วๆ ไปจะเปลืองแสงโดยมีความร้อนเกิดขึ้นน้อยกว่าหลอดไฟประเภทอื่นที่ใช้กันทั่วไป สามารถใช้มือเปล่าสัมผัสได้ แต่ใน LED กำลังสูง ที่ให้แสงสว่างมากๆ จะมีความร้อนเกิดขึ้นมากตาม ดังนั้นการออกแบบครีบบระบายความร้อนจึงมีความสำคัญเพื่อรักษาประสิทธิภาพและอายุการใช้งาน แผงระบายความร้อนหรือที่เรียกว่าฮีตซิงค์ (Heat Sink) นิยมทำมาจากอลูมิเนียมซึ่งมีคุณสมบัติคือ ราคาไม่สูงเกินไป หลอมขึ้นรูปได้ง่าย น้ำหนักเบา และพาความร้อนได้ดีจึงมีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่ได้ทำการออกแบบครีบบระบายความร้อนแบบรัศมี (Radial Heat Sink) ดังนี้

ในปี 2012 Yu, Jang and Lee [1] ได้ศึกษาออกแบบครีบบแนวรัศมี LM plate-fin โดยเปลี่ยนมาใช้อลูมิเนียมเกรด 6061 ครีบบที่ได้ออกแบบมี 3 แบบ คือ แบบไม่ชุบ (No treatment), แบบชุบโครมเมียม (Chrome gilding) และแบบชุบสีอะโนไดซิ่งดำ (Black anodizing) ผลการศึกษาที่ได้พบว่า ครีบบแบบชุบสีอะโนไดซิ่งดำ ให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนสูงสุด หรือความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด

ในปี 2014 Jang, Yook and Lee [2] ได้นำครีบบแบบ LM plate-fin มาพัฒนาต่อโดยออกแบบใหม่ให้เป็นแบบ In-line array ซึ่งแบ่งออกเป็น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

กรณีนี้แบบเรียงจากสูงไปต่ำตามแนวรัศมี (ประเภท 1) และแบบเรียงจากต่ำไปสูงตามแนวรัศมี (ประเภท 2) ในการศึกษาใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขร่วมกับการทดลอง ผลที่ได้พบว่าแบบเรียงจากต่ำไปสูงตามแนวรัศมี (ประเภท 2) ให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนได้ดีที่สุด โดยดีขึ้นกว่าแบบดั้งเดิม LM plate-fin 50%

ถัดมาในปี 2017 Huang and Wang [3] ได้ศึกษาศรีบระบายความร้อนประเภท In-line array ต่อจากงานวิจัยของ Jang, Yook and Lee [2] วัสดุที่ใช้ทำจากอลูมิเนียมเกรด 6061 เช่นเดียวกัน โดยใช้การคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล (CFD) ศรีบที่ศึกษามีทั้งหมด 3 แบบ คือ (1) แบบ In-line, (2) แบบ In-line (ประเภท 2) และ (3) แบบครีbsd้านนอก (Design B) ผลการจำลอง CFD ที่ได้พบว่า แบบครีbsd้านนอก (Design B) ให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด หรือประสิทธิภาพการระบายความร้อนดีที่สุด

ล่าสุดในปี 2023 ไชยา สุภักดิ์เจริญศรี และพิสิฐ ยิ่งยงค์กัฒวาร [4] ได้ออกแบบครีบระบายความร้อนในแนวรัศมี โดยอ้างอิง Baseline (Design B) จากงานวิจัยของ Huang and Wang [3] โดยออกแบบครีบให้มีอัตราส่วนความสูงและความกว้างของครีบ (Aspect Ratio - AR) แตกต่างกันเพื่อศึกษาอิทธิพลต่อการพาความร้อนแบบอิสระ โดยในการจำลองเชิงตัวเลข ได้ทำการจำลองทั้งแบบที่ไม่มีโดเมนของไหล (Steady State Thermal) และแบบที่มีโดเมนของของไหล (CFD) โดยกำหนดวัสดุที่ใช้เป็นอลูมิเนียมเกรด 6061 และครีบมี Aspect Ratio - AR เท่ากับ 0.2 และ 5.6 ผลจำลองที่ได้พบว่า ในกรณีที่ AR = 5.6 จะให้ค่าความต้านทานความร้อน ต่ำกว่ากรณีที่ AR = 0.2 อย่างชัดเจน และให้การกระจายอุณหภูมิในลักษณะเดียวกัน

สำหรับงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบครีบระบายความร้อนในแนวรัศมีที่มีรูปทรงแตกต่างออกไปจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพื่อคู่อิทธิพลของรูปทรงครีบต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนหรือค่าความต้านทานทางความร้อน

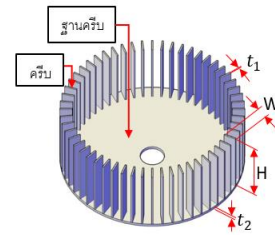
2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ขั้นตอนการจำลองเชิงตัวเลข

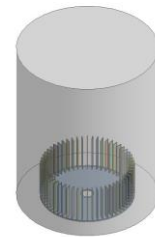
ขั้นตอนนี้เริ่มต้นด้วยการสร้างโมเดล (Modeling) ตามครีbsd้านนอกแบบ (Baseline Model) ดังรูปที่ 1 เป็นโมเดลแบบ 3 มิติ ที่สร้างด้วยโปรแกรม AutoCAD ศรีบระบายความร้อน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือฐานครีบ ส่วนที่สองคือตัวครีบ และส่วนที่สามคือ Fluid Domain เมื่อได้แบบ 3 มิติ จากนั้นทำการนำออกโดยการ (Export) ในรูปของไฟล์ ACIS (*.sat) และนำเข้า (Import) โปรแกรม ANSYS ซึ่งจะได้ Model ตามรูปที่ 2

ขั้นตอนที่สองเป็นการตั้งค่า Meshing โดย Mesh ที่ใช้จะอยู่ในรูปแบบของ 3 มิติ ดังรูปที่ 3 ลักษณะของเมชจะมีความละเอียดสูงในช่วง

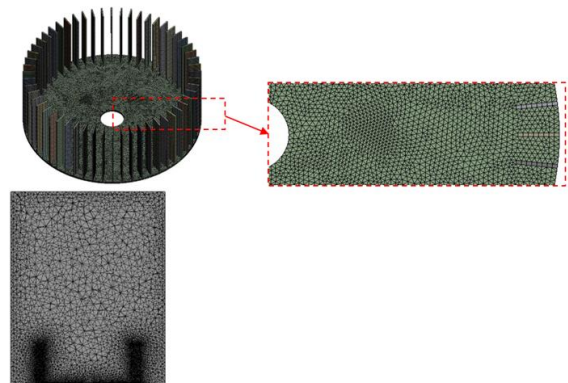
บริเวณ Heat sink และจะเริ่มขนาดเล็กไปใหญ่จากขอบ Heat sink ไปขอบ Fluid domain ด้านนอก ค่า skewness ที่ได้มีค่าประมาณ 0.21



รูปที่ 1 ลักษณะครีbsd้านนอกแบบ (Baseline Model:Design B)



รูปที่ 2 แบบครีบระบายความร้อนที่ได้โหลดเข้าในโปรแกรม ANSYS



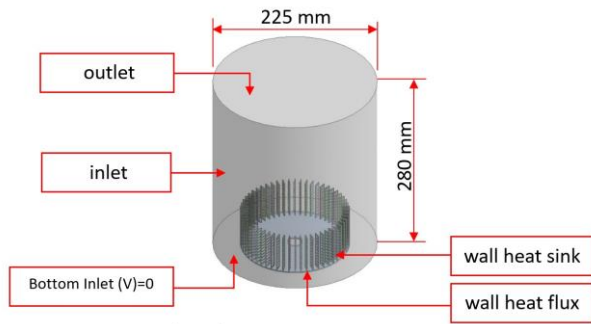
รูปที่ 3 ลักษณะของเมช

ขั้นตอนถัดมาเป็นการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Material Properties) และเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ซึ่งได้กำหนดคุณสมบัติของครีบระบายความร้อนตามตารางที่ 1 ตารางที่ 2 แสดงค่าเงื่อนไขขอบเขต สำหรับคุณสมบัติของอากาศแสดงในตารางที่ 3 โดยเลือกใช้ Boussinesq Model ซึ่งกำหนดค่าแรงโน้มถ่วง (Gravity) ที่แกน Y เท่ากับ -9.81 m/s^2

สุดท้ายเป็นขั้นตอน Solver Setting and Solution โดยปัญหาการระบายความร้อนนี้เป็นการพาความร้อนแบบอิสระร่วมกับการแผ่รังสีความร้อน การไหลของอากาศใน Fluid Domain เป็นแบบ Laminar

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 4 เงื่อนไขขอบเขต

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัสดุอลูมิเนียมเกรด 6061

Properties	Value
ความหนาแน่น (Density)	2.7 g/cm ³
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity)	170 W/(m·K)
ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity)	896 J/(kg·K)

ตารางที่ 2 เงื่อนไขขอบเขต

Boundary Conditions	Value
ค่าฟลักซ์ความร้อน (Heat Flux)	700 W/m ²
อุณหภูมิของบรรยากาศ (Atmospheric Temperature)	29.85 °C
สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Emissivity)	0.94

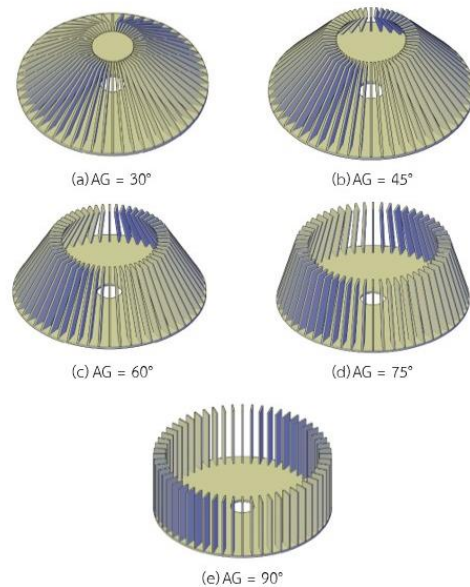
ตารางที่ 3 คุณสมบัติอากาศที่อุณหภูมิ 30°C

Properties	Select	Value
Density	boussinesp	1.164 kg/m ³
C _p (Specific Heat)	constant	1006.43 J/(kg·K)
Thermal Conductivity	constant	896 J/(kg·K)
Viscosity	constant	1.7894e-05 kg/(m·s)
Thermal Expansion Coefficient	constant	0.00332 K ⁻¹

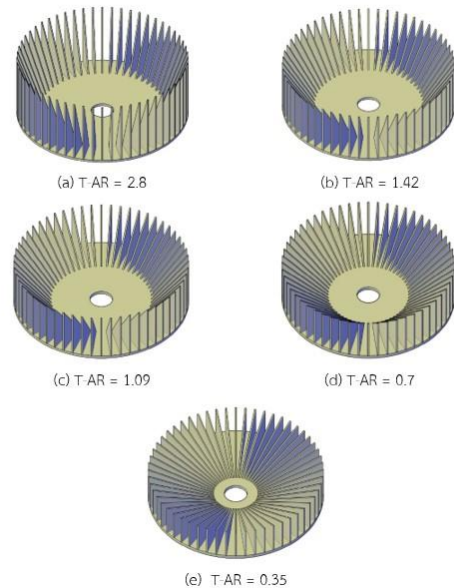
2.2 การออกแบบครีบริบายความร้อน

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและศึกษาผลกระทบของครีบริบาย 3 กรณี คือ (1) มุมระหว่างตัวครีบริบายและฐานครีบริบาย (inclined angle -- AG) (2) รูปทรงครีบริบายสามเหลี่ยม และ (3) รูปทรงครีบริบาย II ในกรณีแรกได้กำหนดความสูงเท่ากันทุกกรณี โดยครีบริบายจะมีมุมเอียงเข้าด้านในแตกต่างกัน ดังนี้ AG (หรือ Model) = 30°, 45°, 60°, 75° และ 90° ดังรูปที่ 5 โดยทุกกรณีมีขนาดความกว้างของครีบริบายเท่ากับ 10 mm ความสูง 56 mm และมีความหนา 1 mm

ในกรณีที่ 2 ได้กำหนดอัตราส่วนของความสูงและความยาวฐานของครีบริบาย (Triangular aspect ratio, T-AR) แตกต่างกัน 5 กรณี ดังนี้ AR = 2.8 (H=56 mm, W= 20 mm), 1.42 (H=40 mm, W= 28 mm), 1.09 (H=35 mm, W= 32 mm), 0.7 (H=28 mm, W= 40 mm), , และ 0.35 (H=20 mm, W= 56 mm) โดยทุกกรณีมีพื้นที่ครีบริบายเท่ากัน คือ 560 mm² ดังแสดงในรูปที่ 6

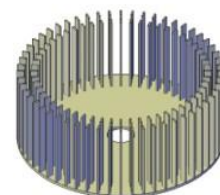


รูปที่ 5 ครีบริบายที่มีมุมระหว่างตัวครีบริบายและฐานครีบริบาย (AG) แตกต่างกัน



รูปที่ 6 ครีบริบายที่มีอัตราส่วนความสูงและความยาวฐานของครีบริบาย (T-AR) แตกต่างกัน

ในกรณีที่ 3 ได้แบ่งครีบริบาย Baseline (Design B) ออกเป็น 2 ส่วนเท่ากัน จากเดิมครีบริบายเดียว ที่มีขนาด H=56 mm, W= 20 mm เป็นสองครีบริบายที่มีขนาด H=56 mm, W= 10 mm วางห่างกัน 5 mm ดังรูปที่ 7



บทความวิจัย

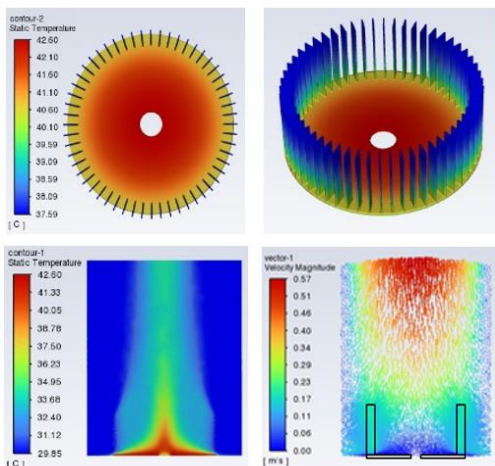
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

รูปที่ 7 ครีบริบทรง II

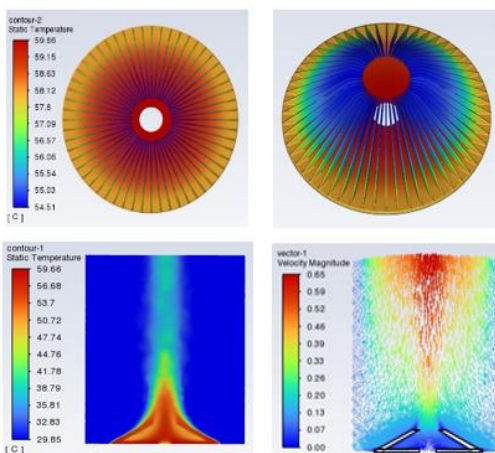
3 ผลการวิจัย

3.1 ผลกระทบของมุมระหว่างตัวครีบริบและฐานครีบริบ (AG)

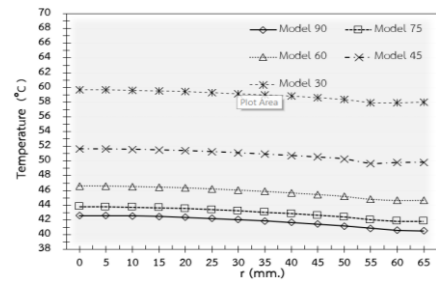
รูปที่ 8 และ 9 แสดงผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว ในกรณีที่มี AG (หรือ Model) = 90 และ 30 ตามลำดับ โดยทั้งสองกรณีพบว่าฐานครีบริบจะมีอุณหภูมิสูงที่บริเวณตรงกลางขณะที่ตัวครีบริบจะมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ปลายครีบริบด้านบน อากาศรอบครีบริบจะไหลเข้ามาจากด้านข้างผ่านตัวครีบริบและไหลออกทางด้านบนของ Fluid Domain โดยมีความเร็วสูงสุดที่กึ่งกลางของทางออกด้านบน พบว่าความเร็วของการไหลมีค่าน้อยลงเมื่อมุมเอียงมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงการพาความร้อนอิสระที่ลดลงเนื่องจากการไหลไม่สะดวก และทำให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณแกนกลางบนฐานครีบริบสูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิบนฐานครีบริบและตัวครีบริบสูงกว่า ดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11 และทำให้ค่าความต้านทานความร้อน (R_{TH}) สูงขึ้นดังรูปที่ 12



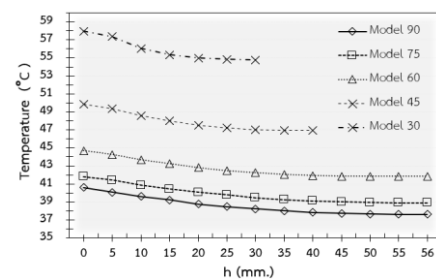
รูปที่ 8 ผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว กรณีที่มี AG = 90



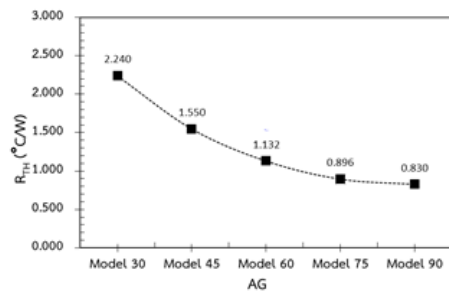
รูปที่ 9 ผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว กรณีที่มี AG = 30



รูปที่ 10 กราฟ T VS r ของครีบริบที่มี AG แตกต่างกัน



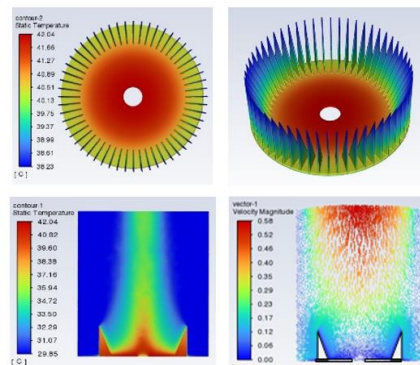
รูปที่ 11 กราฟ T VS h ของครีบริบที่มี AG แตกต่างกัน



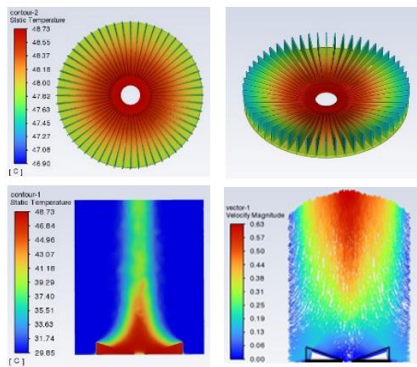
รูปที่ 12 ผลกระทบของ AG ต่อค่า R_{TH}

3.2 ผลกระทบของอัตราส่วนความสูงและความยาวฐานของครีบริบทรงสามเหลี่ยม (T-AR)

รูปที่ 13 และ 14 แสดงผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว ในกรณีที่ T-AR = 2.8 และ 0.35 ตามลำดับ โดยทั้งสองกรณีมีรูปแบบการกระจายอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ปลายตัวครีบริบด้านบน

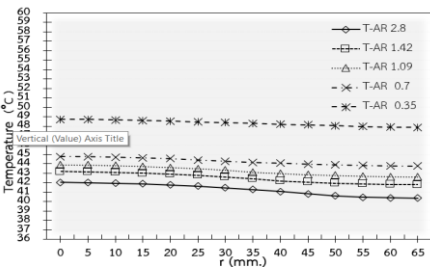


รูปที่ 13 ผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว กรณีที่ T-AR=2.8

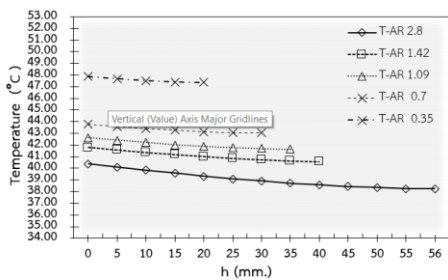


รูปที่ 14 ผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว กรณีที่ T-AR=0.35

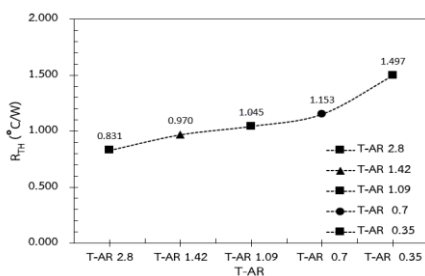
เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองกรณีหรือเมื่อค่า T-AR น้อยลง จาก 2.8 ไปยัง 0.35 พบว่า อุณหภูมิโดยรวมบนฐานครีบริบและตัวครีบริบมีค่าสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 15 และ 16 สังเกตว่าอากาศที่ไหลเข้าบริเวณตรง แกนกลางของฐานครีบริบมีค่าอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยเนื่องจากอากาศที่ไหลผ่าน ฐานครีบริบและตัวครีบริบในกรณีที่ T-AR สูงจะมีการไหลของอากาศผ่าน พื้นผิวเพื่อระบายความร้อนได้ดีกว่า จึงทำให้มีค่าความต้านทานทางความร้อนต่ำกว่าดังรูปที่ 17



รูปที่ 15 กราฟ T VS r ของครีบริบที่มี T-AR แตกต่างกัน



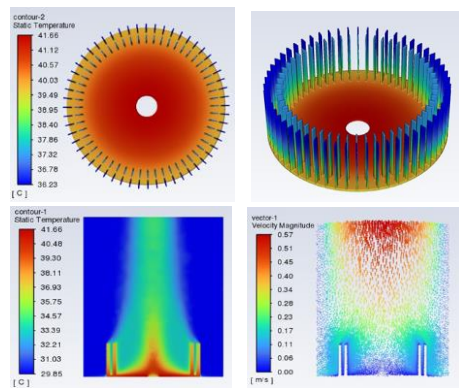
รูปที่ 16 กราฟ T VS h ของครีบริบที่มี T-AR แตกต่างกัน



รูปที่ 17 ผลกระทบของ T-AR ต่อค่า R_{th}

3.3 ผลกระทบของครีบริบรูปทรง II

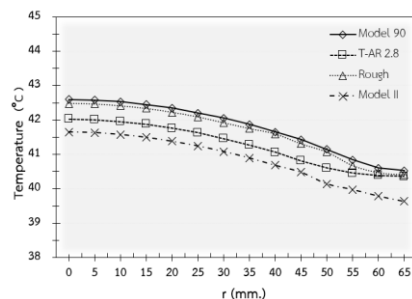
ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของครีบริบระบายความร้อนแบบ รูปทรง II (Model II) ต่อประสิทธิภาพการระบายความร้อน โดยพบว่ามี ผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว ไม่แตกต่างกับกรณี Baseline (Design B หรือ Model 90) มาก มีการกระจายของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าทั้งที่ ฐานครีบริบและตัวครีบริบดังแสดงในรูปที่ 19 และ 20 โดยในรูปได้แสดงผล ของกรณี T-AR = 2.8 ของงานวิจัยนี้และกรณีครีบริบที่มีผิวหยาบ (Rough) ของงานวิจัยก่อนหน้าด้วย



รูปที่ 18 ผลการกระจายของอุณหภูมิและความเร็ว กรณีครีบริบทรง II

เมื่อเปรียบเทียบ T-AR = 2.8 กับ Baseline (Model 90) พบว่า การ กระจายของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าที่ฐานครีบริบ แต่สูงกว่าที่ตัวครีบริบ (ในกรณี Rough จากงานวิจัยก่อนหน้าจะมีผลการกระจายอุณหภูมิใกล้เคียงกับ Baseline (Model 90) มากโดยมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย)

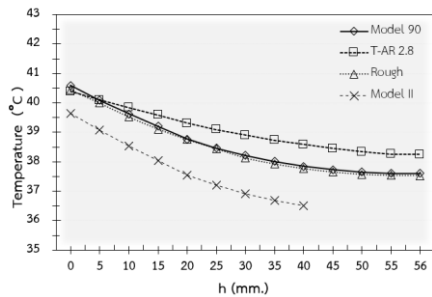
ตารางที่ 4 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้ง 4 กรณี พบว่า Model II มี อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือ T-AR=2.8, Rough และ Model 90 ตามลำดับ ดังนั้นค่าความต้านทานทางความร้อนที่ได้จะมีค่าต่ำสุดในกรณี Model II และตามด้วยคือ T-AR=2.8, Rough และ Model 90 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 19 กราฟ T VS r ของฐานครีบริบ ในกรณีแบบ Model II เปรียบเทียบ กับกรณี T-AR=2.8, Rough และ Model 90

บทความวิจัย

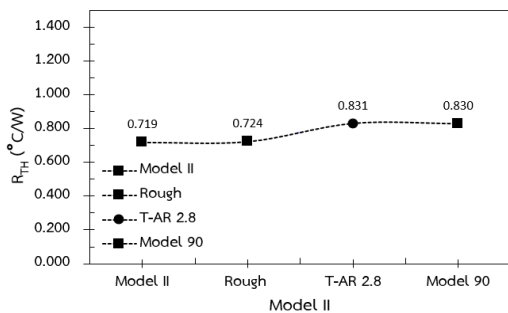
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 20 กราฟ T VS h ของฐานครีบบนกรณีแบบ Model II เปรียบเทียบกับกรณี T-AR=2.8, Rough และ Model 90

ตารางที่ 4 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในกรณีแบบ Model II เปรียบเทียบกับกรณี T-AR=2.8, Rough และ Model 90

Fin surface	Mesh Elements Number	Heat flux (W/m ²)	Amb. Temp. (°C)	Max. Temp. (°C)	Min. Temp. (°C)	Avg. Temp. (°C)
Model II	2,824,324	700	29.85	41.65	36.23	38.59
Rough	3,634,880	700	29.85	42.49	37.40	38.64
T-AR 2.8	2,026,168	700	29.85	40.03	38.23	39.95
Model 90	2,372,527	700	29.85	42.60	37.59	39.93



รูปที่ 21 ค่า R_{th} ในกรณีแบบ Model II เปรียบเทียบกับกรณี T-AR=2.8, Rough และ Model 90

4.สรุป

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบครีบบรรเทาความร้อนของหลอดไฟ LED กำลังสูงด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข โดยได้ศึกษาผลกระทบของรูปร่างครีบบรรเทาความร้อนที่แตกต่างออกไป คือ (1) มุมระหว่างตัวครีบบนและฐานครีบบน (inclined angle) (2) รูปทรงครีบบนทรงสามเหลี่ยม และ (3) รูปทรงครีบบน II

(1) ผลกระทบของมุมระหว่างตัวครีบบนและฐานครีบบน (inclined angle) ได้ศึกษาโดยเริ่มจาก Baseline (Design B) ที่มีครีบบนรูปทรงสี่เหลี่ยม (H=56mm, W=10mm) ติดตั้งอยู่ที่ขอบด้านนอกของฐานครีบบน ผลที่ได้พบว่า เมื่อมุมระหว่างตัวครีบบนและฐานครีบบน (inclined angle) เพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานความร้อนจะมีค่าสูงขึ้น โดยมุมระหว่างตัวครีบบนและฐาน

ครีบบนที่ให้ค่าประสิทธิภาพการระบายความร้อนดีที่สุดคือ มุม 90 องศา (Model 90) หรือ Baseline (Design B)

(2) ในการศึกษาครีบบนรูปทรงสามเหลี่ยม ผลที่ได้พบว่า เมื่อกำหนดค่าอัตราส่วนความสูงและความยาวฐาน (T-AR) น้อยลง จะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงขึ้น โดย T-AR = 2.8 ให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด

(3) สุดท้ายเมื่อออกแบบเป็น ครีบบนรูปทรง II พบว่าให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับทุกกรณีที่ศึกษา

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศและศูนย์วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลและอุปกรณ์อุตสาหกรรม (DMIE) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] S.H. Yu, D. Jang and S.J. Yook. "Effect of radiation in a radial heat sink under natural convection" In International Journal of Heat and Mass Transfer Vol.55 (2012): 505-509
- [2] D. Jang, S.J. Yook and K.S Lee. "Optimum design of a radial heat sink with a fin-height profile for high-power LED lighting applications" In Applied Energy Vol.116 (2014): 260-268.
- [3] C.H. Huang and G.J. Wang. "A design problem to estimate the optimal fin shape of LED lighting heat sinks" In International Journal of Heat and Mass Transfer Vol. 106 (2017): 1205-1217.
- [4] ไซยา สภักเจริญศรี และ ศศ.ดร.พิสิฐ ยงยิ่งศักดิ์ถาวร, "การจำลองการถ่ายเทความร้อนของฮีตซิงค์สำหรับหลอดไฟ LED กำลังสูง: แบบที่มีและไม่มีโคเจนของของไหล", การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 7, 19 พฤษภาคม 2566, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ : สุทธิพงษ์ มัยรม

นักศึกษา : ปริญญาโท

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ : พิสิฐ ยงยิ่งศักดิ์ถาวร

ที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

งานวิจัยที่สนใจ : Fluid and Thermal Systems, Atomization and Sprays

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสาน
ในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า: กรณีศึกษา บ้านสองแควพัฒนา จังหวัดเชียงราย
Feasibility Study of Hybrid Renewable Energy Project in Remote Area with Lack of
Access to Electricity: Case Study of Baan Song Kwa Phatthana, Chiang Rai Province

รัชฎาภรณ์ เกตุโสภณ^{1*} และ สิริภา จุลกาญจน์²

¹ภาควิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารเฉลิมราชกุมาร 60 พรรษา แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330, 6580027520@student.chula.ac.th

²สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยพลังงาน แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330, siripha.j@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสาน ในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า กรณีศึกษา บ้านสองแควพัฒนา จังหวัดเชียงราย โดยพิจารณาจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเพิ่มจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำของชุมชนที่มีอยู่เดิม แบ่งรูปแบบการติดตั้งเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบระบบพลังงานน้ำและแสงอาทิตย์ สำรองด้วยแบตเตอรี่ รูปแบบระบบพลังงานน้ำ เครื่องยนต์ดีเซล รูปแบบพลังงานน้ำและแสงอาทิตย์ สำรองด้วยแบตเตอรี่ และเครื่องยนต์ดีเซล ด้วยวิธีวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ของโครงการ โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐกิจ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนทางการเงิน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และต้นทุนพลังงานไฟฟ้า รวมถึงพิจารณาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบผลิตไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่าระบบพลังงานน้ำและแสงอาทิตย์ สำรองด้วยแบตเตอรี่ มีความน่าลงทุนมากที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนพลังงานต่อหน่วยต่ำที่สุดคือ 15.53 บาทต่อหน่วย และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน; พลังงานหมุนเวียน; พลังงานแสงอาทิตย์; พื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า

Abstract

This research present feasibility study of hybrid renewable energy project in remote area with lack of access to electricity case study of Baan Song Kwa Phatthana, Chiang Rai province. By considering installation the additional electricity generation system from the existing hydroelectric power plant. The design is divided in 3 cases included Hydro-Solar PV base with fully battery backup, Hydro-diesel generator no battery and Hydro-Solar PV base with fully battery and diesel generator backup. The methodology aim to study in the parts of cost and benefit analysis. The economic analysis uses net present value, financial internal rate of return, benefit-cost ratio and cost of energy. In addition to economic analysis, we consider in assessment of carbon dioxide emissions. The results of the study found that the Hydro-Solar PV base with fully battery backup

is the most attractive investment because of the lowest cost of energy which is 15.53 baht/kWh and least carbon dioxide released which is environmentally friendly.

Keywords: hybrid energy system; renewable energy; solar energy; remote area with lack of access to electricity

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการพัฒนาโครงข่ายระบบไฟฟ้ากระจายครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลกระทรวงมหาดไทย ปี พ.ศ. 2566 พบว่าครัวเรือนประมาณ 5.9 หมื่นครัวเรือน ใน 48 จังหวัด ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ [1] นอกจากนี้ ในบางพื้นที่ที่ห่างไกลมักมีข้อจำกัดในการวางระบบส่งไฟฟ้าเข้าไปในพื้นที่ ทำให้พื้นที่นั้นยังไม่มีไฟฟ้าใช้ ทั้งนี้ ภาครัฐเห็นปัญหาดังกล่าวจึงมีการสนับสนุนโครงการเพื่อจัดหาไฟฟ้าให้กับชุมชนในพื้นที่ เช่น การตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานหมุนเวียน เป็นต้น และในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 มีการกล่าวถึงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่ไม่เชื่อมต่อบริเวณสายส่ง เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าเพื่อสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับประชาชนในพื้นที่ที่ห่างไกลระบบสายส่ง (Off grid) ตามศักยภาพของพื้นที่จากพลังงานน้ำขนาดเล็ก และพลังงานแสงอาทิตย์ [2]

อย่างไรก็ดี โรงไฟฟ้าที่ได้พัฒนาไว้แต่เดิมในพื้นที่ที่ห่างไกลระบบสายส่งอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่น บ้านสองแควพัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย โดยในพื้นที่มีการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชน 1 โครงการ ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 32 กิโลวัตต์ แต่ปัจจุบันปริมาณการผลิตไฟฟ้าของโครงการมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของคนในชุมชน

สำหรับการศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า โดยพิจารณากรณีบ้านสองแควพัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายเป็นกรณีศึกษา เพื่อเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่เหมาะสมของทั้ง 3 เทคโนโลยี ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล และแบตเตอรี่ ร่วมกับ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

โรงไฟฟ้าพลังน้ำของชุมชนที่มีอยู่เดิมเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในชุมชน และคำนึงถึงศักยภาพพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ ยังพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

ระบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน เป็นการผลิตไฟฟ้าที่นำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนมากกว่า 1 เทคโนโลยีมาทำงานร่วมกัน เพื่อให้ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ามีความสม่ำเสมอ รวมถึงช่วยลดปัญหาจากความผันผวนจากการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีความไม่แน่นอน การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานในประเทศไทย เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานบ้านเกาะจิก อุทยานแห่งชาติภูกระดึง [3] เป็นต้น ทั้งนี้ การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานส่วนใหญ่จะเน้นศึกษาประเด็นสมรรถนะของระบบ [4] และการออกแบบ [5] โดยการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานขึ้นอยู่กับศักยภาพพลังงานในพื้นที่ที่เป็นสำคัญ สำหรับบ้านสองแควพัฒนา มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำอยู่แล้วนั้น จากงานศึกษา สำรวจ ออกแบบ รายละเอียดงาน โครงการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้าของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน แนะนำการออกแบบได้เป็น 3 รูปแบบ [6] ได้แก่

2.1.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำร่วม พลังงานน้ำและแสงอาทิตย์
สำรองด้วยแบตเตอรี่ (Hydro-Solar PV base with fully battery backup: H-PV-B)

2.1.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ สำรองด้วยเครื่องยนต์ดีเซล (Hydro-diesel generator no battery: H-D)

2.1.3 โรงไฟฟ้าพลังน้ำร่วม พลังงานน้ำและแสงอาทิตย์
สำรองด้วยแบตเตอรี่และเครื่องยนต์ดีเซล (Hydro-Solar PV base with fully battery and diesel generator backup: H-PV-B-D)

2.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจของโครงการ

การประเมินหาต้นทุนชีวิตทางเศรษฐกิจของโครงการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (Financial Internal Rate of Return) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio) และต้นทุนพลังงานไฟฟ้า (Cost of Energy)

2.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้และรายจ่ายตลอดอายุโครงการ [7] ดังสมการที่ (1) โดยเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ควรลงทุนในโครงการที่มี NPV เป็นบวก

$$NPV = \sum_{n=1}^t \frac{FVB_t}{(1+r)^n} - \sum_{n=1}^t \frac{FVC_t}{(1+r)^n} - C_0 \quad (1)$$

โดยที่ FVB_t คือ กระแสของรายได้ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา หรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการ เช่น รายได้ทางตรงที่มาจากการขายไฟฟ้า FVC_t คือ กระแสของต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา หรือ

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และบำรุงรักษา C_0 คือ ต้นทุนเริ่มแรกของโครงการ หรือค่าใช้จ่ายการลงทุน r คือ อัตราคิดลดที่คิดจากค่าเสียโอกาส t คือ ปีของโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, ..., t

2.2.2 อัตราผลตอบแทนภายใน

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน [8] ดังสมการที่ (2) โดยเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ควรลงทุนในโครงการที่มี IRR มากกว่าอัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุน

$$\sum_{n=1}^t \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^n} = 0 \quad (2)$$

โดยที่ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน B_t คือ กระแสเงินสดรับของโครงการ C_t คือ กระแสเงินสดจ่ายของโครงการ หรือค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน n คือ อายุของโครงการ

2.2.3 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้ต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน [9] ดังสมการที่ (3) โดยเกณฑ์การตัดสินใจ คือ ควรลงทุนในโครงการที่มีค่า BCR > 1

$$BCR = \frac{\sum_{n=1}^t \frac{CF_t (Benefits)}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^t \frac{CF_t (Costs)}{(1+i)^n}} \quad (3)$$

โดยที่ CF คือ กระแสเงินสด และ i คือ อัตราคิดลด (Discount rate)

2.2.4 ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ (Levelized cost of electricity: LCOE) สามารถคำนวณได้จากมูลค่าปัจจุบันสุทธิเริ่มต้นของต้นทุนในการติดตั้งระบบ รวมทั้งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรายปีตลอดอายุโครงการดังสมการที่ (1) หากด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดโครงการ [10] โดยเกณฑ์การตัดสินใจ คือ ควรลงทุนโครงการที่มีต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำกว่า

2.3 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการศึกษานี้จะคิดจากหน่วยการผลิตไฟฟ้าคูณด้วยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตพลังงาน (Carbon Footprint of Product) [11]

3. วิธีการดำเนินการวิจัยและข้อมูล

3.1 ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า บ้านสองแควพัฒนา

ชุมชนบ้านสองแควพัฒนา ตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงราย โดยพื้นที่ชุมชนเป็นพื้นที่ราบระหว่างหุบเขา ประกอบด้วย 36 ครัวเรือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2566 โดยประชากรมีจำนวนเพิ่มเล็กน้อยจาก 135 เป็น 182 คน เนื่องจากชุมชนอยู่ในเขตพื้นที่ป่าทำให้การขยายตัวของชุมชนมีข้อจำกัด

บทความวิจัย

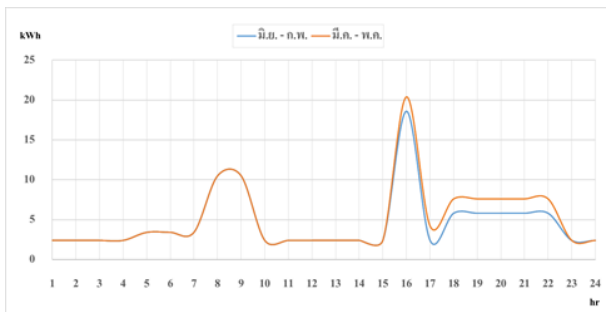
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

อย่างไรก็ดี ความต้องการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่มีอยู่เดิมผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอ

นอกจากนี้ จากการสอบถามและสำรวจเครื่องใช้ไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนพบว่ามีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉพาะในช่วงเช้าและช่วงเย็น เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมและหาของป่าในช่วงกลางวัน และโดยเฉลี่ยมีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่อวัน ดังตารางที่ 1 และทั้งชุมชนมีความต้องการใช้ไฟฟ้า 41,333 kWh/ปี กำลังไฟฟ้าสูงสุด 18.6 kW ในช่วงเวลา 16.00 น. ในเดือนมิถุนายน – กุมภาพันธ์ และ 20.40 kW ในช่วงเวลา 16.00 น. ในเดือนมีนาคม – พฤษภาคม ดังรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน

เครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวน	มี.ค. - พ.ค.		มี.ย. - ก.พ.	
		ชั่วโมงใช้งาน	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ชั่วโมงใช้งาน	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
หม้อหุงข้าว 450 w	36	2	32.4	2	32.4
หลอดไฟ 18 w	56	8	8.064	8	8.064
ตู้เย็น 120 w	20	24	57.6	24	57.6
โทรทัศน์ 120 w	20	5	12	5	12
พัดลม 50 w	36	7	12.6	-	-
ความต้องการพลังงานไฟฟ้า		122.664 kWh		110.064 kWh	



รูปที่ 1 แบบจำลองความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวันของชุมชน

3.2 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชน

โรงไฟฟ้าพลังน้ำบ้านสองแควพัฒนาเป็น โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชน มีขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 32 กิโลวัตต์ จากข้อมูลหน่วยการผลิต พ.ศ. 2560 – 2565 พบว่าสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 25,179-35,997 kWh/ปี ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าไม่เพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้าชุมชนในปัจจุบัน

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยหน่วยการผลิตโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนบ้านสองแควพัฒนา พ.ศ. 2560-2565 (kWh)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ค่าต่ำสุด	1,325	1,247	1,227	1,026	1,115	1,183
ค่าสูงสุด	2,866	2,813	2,068	1,980	2,151	2,297

ค่าเฉลี่ย	2,077	2,120	1,574	1,302	1,769	1,666
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ค่าต่ำสุด	1,255	3,042	3,571	4,066	3,333	1,219
ค่าสูงสุด	2,823	3,952	4,673	6,343	4,752	3,965
ค่าเฉลี่ย	2,113	3,515	3,914	4,609	3,918	2,961

3.3 การออกแบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

การออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานของงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบระหว่างโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนที่มีอยู่เดิม โดยจะเลือกใช้ค่าหน่วยการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในเดือนที่น้อยที่สุด คือ 1,026 kWh ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 เนื่องจากไม่มีข้อมูลหน่วยการผลิตรายวัน จึงใช้ค่าเฉลี่ย คือ 34.2 kWh/วัน สำหรับนำมาคำนวณการออกแบบร่วมกับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบแบตเตอรี่ และระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 41,333 kWh/ปี ทั้งนี้ โรงไฟฟ้าต่างๆ มีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าที่ต่างกัน จึงมีความเหมาะสมในการจ่ายไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่างกัน สำหรับการศึกษานี้แบ่งลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ความต้องการไฟฟ้าพื้นฐาน (Base load) ความต้องการไฟฟ้าปานกลาง (Intermediate load) และความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peaking load) ดังนั้น โรงไฟฟ้าสำหรับการออกแบบแบ่งเป็น 3 กรณี โดยแบ่งตามลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้า สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

การออกแบบ/ลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้า	พื้นฐาน	ปานกลาง	สูงสุด
1. H-PV-B	H	PV + B	PV + B
2. H-D	H	D	D
3. H-PV-B-D	H	PV + B	D

H-PV-B: โรงไฟฟ้าพลังน้ำใช้ผลิตไฟฟ้าสำหรับความต้องการไฟฟ้าพื้นฐาน โดยเริ่มผลิตในตอนเย็นซึ่งเป็นช่วงที่ไม่มีแสงแดด เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับตู้เย็นในชุมชน ซึ่งเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าคงที่ตลอด 24 ชม. โดยเริ่มผลิต เวลา 17.00 - 06.00 น. และพลังงานบางส่วนจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดไฟในชุมชนในช่วงการใช้เวลา 05.00-06.00 น. สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าปานกลางในช่วงกลางวัน และกักเก็บพลังงานที่ไม่ได้ใช้ไว้ในระบบแบตเตอรี่สำรองพลังงาน สำหรับผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ดังรูปที่ 2-(ก)

H-D: โรงไฟฟ้าพลังน้ำผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าพื้นฐาน เวลา 17.00 - 06.00 น. เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับตู้เย็นและหลอดไฟบางส่วน และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลผลิตไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ในช่วงความต้องการไฟฟ้าปานกลางและช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ดังรูปที่ 2-(ข)

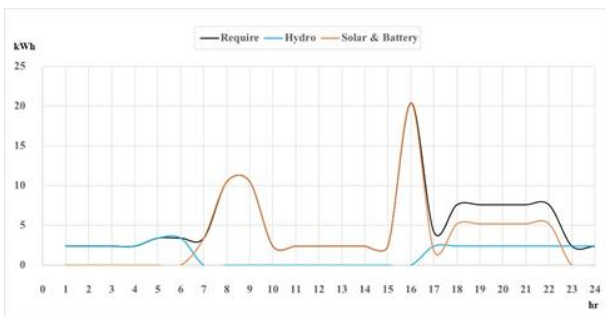
H-PV-B-D: โรงไฟฟ้าพลังน้ำผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าพื้นฐาน เวลา 17.00 - 06.00 น. เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับตู้เย็นและหลอดไฟบางส่วน โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในช่วงความ

บทความวิจัย

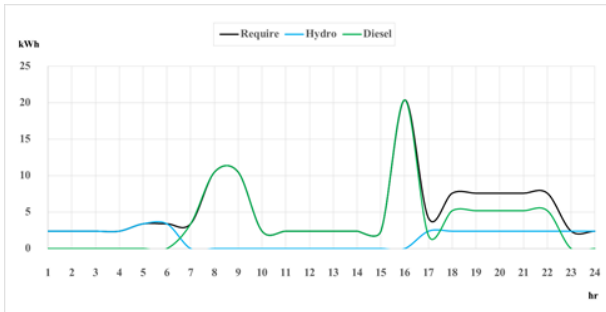
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ต้องการไฟฟ้าปานกลางในช่วงเวลากลางวัน และกักเก็บพลังงานที่ไม่ได้ใช้ไว้ในระบบแบตเตอรี่สำรองพลังงานเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืน และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดที่นอกเหนือจากการผลิตของ PV-B ดังรูปที่ 2-(ค)

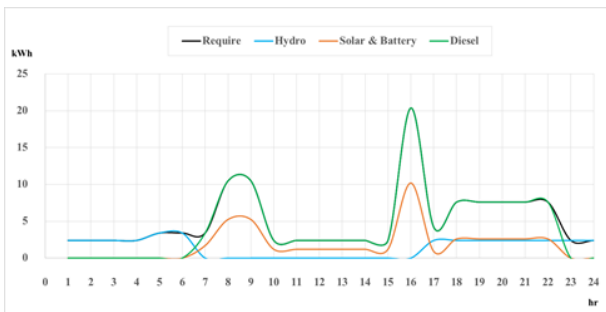
จากแนวคิดการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานของทั้ง 3 กรณี สามารถแสดงคุณลักษณะของโรงไฟฟ้าได้ ดังตารางที่ 4 โดยในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้โปรแกรมจำลองการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (PVsyst) ในการออกแบบระบบและในการเลือกระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลจะใช้ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในการออกแบบ



(ก) H-PV-B



(ข) H-D



(ค) H-PV-B-D

รูปที่ 2 ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในการออกแบบต่างๆ

ตารางที่ 4 คุณลักษณะของโรงไฟฟ้าแบบผสมผสาน

คุณลักษณะ		กรณี 1	กรณี 2	กรณี 3
Plant Capacity (kW)	Hydro	32	32	32
	Solar	30	0	20
	Battery	30	0	20
	Diesel	0	30	15
Energy Production (kWh/ปี)	Hydro	12,312	12,312	12,312
	Solar & Battery	29,021	0	23,069
	Diesel	0	29,021	5,952

3.4. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

3.4.1 ต้นทุนของโครงการ (Project Costs)

การศึกษาต้นทุนของโครงการจะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาโดยจะไม่คิดต้นทุนของโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนและโครงข่ายสายส่งของระบบที่มีอยู่เดิม ค่าใช้จ่ายต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ [12] ดังตารางที่ 5 และค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง [6] และค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไม่รวมค่าติดตั้ง [13] ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

รายการ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 10 kW	1	200,000
Inverter 10 kW	1	100,000
Lithium Ion Battery 10 kWh	1	200,000
โครงเหล็กสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ติดตั้งบนหลังตู้คอนเทนเนอร์แบบพับเก็บได้	1	100,000
ตู้คอนเทนเนอร์	1	250,000
ค่าระบบแสดงผล สายส่งไฟฟ้า	1	400,000
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น		1,250,000

ตารางที่ 6 ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไม่รวมค่าติดตั้ง

ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (kW)	ค่าโรงไฟฟ้าดีเซล (บาท)	ค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (บาท)
2	163,000	-
10	250,000	170,000
15	350,000	268,000
25	485,000	462,900
50	585,000	557,900
100	885,000	802,900
200	1,430,000	1,323,000

สำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และบำรุงรักษา มีสมมติฐาน ดังนี้ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยงานโยธา งานสายส่งไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 1 ของมูลค่างาน งานอุปกรณ์ไฟฟ้า

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

และเครื่องกลไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 2.5 ของมูลค่างาน [6] งานบำรุงรักษาประจำปีของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล คิดเป็นร้อยละ 5 ของค่าลงทุนก่อสร้าง [14] นอกจากนี้ ต้นทุนค่าน้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้าคิดตามขนาดกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าของเครื่องจักรเฉลี่ย แบ่งเป็น 3 ช่วงขนาด ได้แก่ ขนาดกำลังผลิตต่ำกว่า 200 kW ระหว่าง 200 – 1,250 kW และมากกว่า 1,250 kW โดยมีต้นทุนค่าน้ำมันดีเซล 5.68, 4.83 และ 4.71 บาท/kWh ตามลำดับ [6]

3.4.2 การศึกษาผลประโยชน์ของโครงการ (Project Benefits)

ผลประโยชน์ของโครงการจะพิจารณาเฉพาะผลประโยชน์ทางตรงจากการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้วิธีต้นทุนเปรียบเทียบ (Alternative cost approach) จากต้นทุนของโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าอื่นที่สามารถสนองความต้องการทางด้านไฟฟ้าให้แก่พื้นที่โครงการในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า [6] ดังนั้นผลประโยชน์ของโครงการสำหรับงานวิจัยนี้จะคิดเทียบกับต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลที่มีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า หน่วยละ 17.66 บาท ดังตารางที่ 8 และตามหลักเกณฑ์การวิเคราะห์โครงการของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่กำหนดให้อัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสเงินทุนที่ร้อยละ 6-12 [6] โดยอัตราคิดลดที่นำมาคำนวณในงานวิจัยนี้จะใช้อัตราดอกเบี้ย (i) เงินกู้เฉลี่ยของธนาคารพาณิชย์ (Minimum Retail Rate) ที่จดทะเบียนในประเทศไทย คือ ร้อยละ 8.05 [15]

3.5 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลประโยชน์ด้านการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลประโยชน์ทางอ้อมของโครงการ ซึ่งปัจจุบันมีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องยนต์ดีเซล [11] ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องยนต์ดีเซล

แหล่งพลังงาน	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kgCO ₂ eq/kWh)
แสงอาทิตย์	0.0566
ดีเซล	0.9532

4. ผลการศึกษา

จากข้อมูลการศึกษามูลค่าการลงทุนและค่าใช้จ่ายสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานของทั้ง 3 กรณี และสามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อพิจารณาโดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐกิจที่อัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสเงินทุนร้อยละ 8.05 รวมถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่าย	กรณี 1	กรณี 2	กรณี 3
Initial investment (บาท)			
Solar & Battery	3,750,000	-	2,500,000
Diesel	-	2,304,000	936,000
Replacement (บาท)			
Solar & Battery	1,200,000	-	800,000
Diesel	-	536,000	268,000
Operation and Management (บาท/ปี)			
Solar & Battery	60,000	-	40,000
Diesel	-	279,950	80,587
Total expense (บาท)	6,450,000	9,838,743	7,250,675
LCOE (บาท/kWh)	15.53	17.66	15.57
NPV	655,546	0.00	374,920
IRR	10.13%	8.05%	9.54%
BCR	1.14	1.00	1.07
CO ₂ (kgCO ₂ eq/ปี)	1,643	27,663	6,979

5. สรุป

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสานในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า กรณีศึกษา บ้านสองแควพัฒนา จังหวัดเชียงราย พบว่ากรณีที่ 1 รูปแบบระบบพลังงานน้ำและแสงอาทิตย์ ดำรงด้วยแบตเตอรี่ และกรณีที่ 3 รูปแบบพลังงานน้ำและแสงอาทิตย์ ดำรงด้วยแบตเตอรี่และเครื่องยนต์ดีเซลมีความเป็นไปได้ในการลงทุน เนื่องจากเมื่อดำเนินการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนและผลประโยชน์ตลอดอายุของโครงการพบว่าให้ผลตอบแทนมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก คือ 655,546 บาท และ 374,920 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าอัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุน คือ ร้อยละ 10.13 และร้อยละ 9.54 มีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนมากกว่า 1 คือ 1.14 และ 1.07 มีต้นทุนพลังงานต่อหน่วย คือ 15.53 บาท และ 15.57 บาท และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ 1,643 kgCO₂eq/ปี และ 6,979 kgCO₂eq/ปี สำหรับกรณีที่ 2 รูปแบบระบบพลังงานน้ำและเครื่องยนต์ดีเซลไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยให้ผลตอบแทนมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์ มีอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับอัตราค่าเสียโอกาส คือ ร้อยละ 8.05 มีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1 มีต้นทุนพลังงานต่อหน่วยมากที่สุด คือ 17.66 บาท และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 27,663 kgCO₂eq/ปี ดังนั้นในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำของชุมชนที่มีอยู่เดิมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการของชุมชน รูปแบบระบบพลังงานน้ำและแสงอาทิตย์ ดำรงด้วยแบตเตอรี่ จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนพลังงานต่อหน่วยต่ำที่สุด มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุนมากที่สุด และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ซึ่งเป็นการผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้นำบ้านสองแควพัฒนา นายอาเซาะ เซมื่อ สำหรับความอนุเคราะห์ให้ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าชุมชน และกองพัฒนาพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่สนับสนุนให้งานนี้สำเร็จด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ผู้จัดการออนไลน์. “ณ ปี 2566 กว่า 5.9 หมื่นครัวเรือน ใน 48 จังหวัด ยังไร้ไฟฟ้าเข้าถึง หลังสารพัดหน่วยงานรัฐ แจงเวลาที่สำรวจหมู่บ้าน “ตกสำรวจ” ในพื้นที่ หวังห้าม.” mgronline.com. <https://mgronline.com/politics/detail/9660000058811> (accessed 31 มี.ค. 2567)
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580.” [Online]. Available: <https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Alternative%20Energy%20Development%20Plan%202018203%20%28AEDP%202018%29%28TH%29.pdf>, 2563.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน.” [Online]. Available: https://pvgis.kmutt.ac.th/pvstatus2017/th/hybrid_systems.html, 2560.
- [4] ลงฤทธิ แม้นศิริ, นิพนธ์ เกตุจ้อย และฉัตรชัย สิริสัมพันธ์วงศ์, “การศึกษาสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ กับเครื่องย่นดการเกษตรเพื่อการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล,” วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, ปีที่ 20, ฉบับที่ 3, กันยายน-ธันวาคม 2555. [Online]. Available: <https://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/269>
- [5] ไครรัตน์ ปะที, ณัฐภัทร พันธุ์คง, กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์ และสุรินทร์ แหวมงาม, “การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำและเซลล์แสงอาทิตย์ พิกัดสูงสุด 5 กิโลวัตต์สำหรับอาคารเรียนในพื้นที่ห่างไกล,” การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3, ธันวาคม 2553. [Online]. Available: <http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/handle/123456789/516>
- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานฉบับสมบูรณ์ งานศึกษา สำรวจ ออกแบบรายละเอียด งานโครงการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานในพื้นที่ขาดแคลนไฟฟ้า, 2560.
- [7] เกษสุรางค์ จันทร์พูล, “การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย จังหวัดลำปาง,” การศึกษาค้นคว้าอิสระ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560 .
- [8] วสุพร ตีวงม, “การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี สำหรับบ้านที่อยู่อาศัย,”

วิทยานิพนธ์ เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558.

- [9] Corporate Finance Institute. “Benefit-Cost Ratio (BCR).” Corporatefinanceinstitute.com. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/benefit-cost-ratio-bcr/> (accessed Dec. 16, 2023).
- [10] Corporate Finance Institute. “Levelized Cost of Energy (LCOE).” Corporatefinanceinstitute.com <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/levelized-cost-of-energy-lcoe/> (accessed Dec. 16, 2023).
- [11] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช). “การศึกษาวงจรชีวิตของการใช้พลังงานไปสู่ภาคขนส่งและการคำนวณเปรียบเทียบรอยเท้าคาร์บอนในการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เชื้อเพลิงยานยนต์ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงชีวภาพ.” [Online]. Available: <https://waa.inter.nstda.or.th/stfs/pub/2022/20220110-life-cycleenergy-carbon-footprint.pdf>, 2564.
- [12] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “ประมาณราคากลางระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังน้ำ โครงการบ้านป่าเมี่ยง อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่.” [Online]. Available: https://oldwww.dede.go.th/article_attach/PdfServlet%203.pdf
- [13] สำนักงบประมาณ. “บัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ 2566.” [Online]. Available: https://bbstore.bb.go.th/cms/1704878602_4714.pdf
- [14] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานฉบับสมบูรณ์ ศึกษาความเหมาะสม และสำรวจ-ออกแบบรายละเอียดโครงการไฟฟ้าพลังน้ำแม่โต-แม่ลาน้อย อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน, 2564.
- [15] สำนักข่าวอินโฟเควสท์. “อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารพาณิชย์ ประจำวันที่ 26 เมษายน 2567.” infoquest.co.th. <https://www.infoquest.co.th/news/2024-IQRPOIQ726YGW83VAW6NIDGLMYJV021C> (accessed 29 เม.ย. 2567)



ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวรัชฎาลักษณ์ เกตุโสภาค
ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กำลังศึกษา)
งานวิจัยที่สนใจ: ด้านพลังงานทดแทน



ประวัติผู้เขียนบทความ

ดร.สิริภา จุลกาญจน์
ปัจจุบันเป็นนักวิจัยชำนาญ สดบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
งานวิจัยที่สนใจ: นโยบายพลังงานและการสนับสนุนระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย (Distributed Generation) รูปแบบธุรกิจใหม่ในธุรกิจไฟฟ้า

การพัฒนากระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้
กรณีศึกษา อาคารสำนักงาน Cosmo Office เมืองทองธานี

Development of Inspection and Preventive Maintenance for Fire Alarm System:
A Case Study of Cosmo Office Building, Muang Thong Thani

กัญญาพัชญ์ ศรีเจริญ* เลิศเลขา ศรีรัตนะ นันทน์ภัสสร อินยิม บุญธรรม หาญพานิชย์

Pinyapat Sricharoen* Lerdlekha Sriratana Nannapassorn inyim Boomtham Harnpanit

สาขาวิชาการตรวจสอบและกฏหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

E-mail: 6414772008@rumail.ru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนากระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน Cosmo Office เมืองทองธานี เนื่องจากระบบเกิดความขัดข้องโดยเฉลี่ยสูงถึง 18 ครั้งต่อเดือนในปี พ.ศ. 2566 ซึ่งส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของการแจ้งเตือนไหม้ในอาคาร จากการศึกษาพบว่าปัญหาเกิดจากการติดตั้งอุปกรณ์ ผู้ปฏิบัติงานขาดทักษะในการทำงาน และไม่มีแผนงานด้านการบำรุงรักษา ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนการติดตั้งอุปกรณ์ ตรวจสอบติดตามการทำงานของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ พัฒนากระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน พร้อมทั้งทำการฝึกอบรมเกี่ยวกับแผนงาน ระบบเอกสาร และอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม ภายหลังจากการนำแผนงานไปใช้ปฏิบัติงานจริงเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าระบบเกิดความขัดข้องลดลงเหลือเฉลี่ย 8 ครั้งต่อเดือน ผลการฝึกอบรมพบว่าผู้ปฏิบัติงานมีความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้มากขึ้น โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 52.3 เทียบกับก่อนการฝึกอบรม และมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อแผนงานที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การตรวจสอบ, การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, ระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

The purpose of this study was to examine the problem and establish a plan for inspecting and maintaining the fire alarm system using the Cosmo Office Building Muang Thong Thani as a case study. In 2023, the average system failure of the fire alarm system reached 18 times per month, affecting the reliability of fire alarms in buildings.

The analysis discovered that the problem was caused by equipment installation, a lack of job skills among operators, and no maintenance plan. As a result, a plan was devised to install IoT technology to monitor the operation of the fire alarm system, develop inspection and preventative maintenance processes, and organize training on development plans, document systems, and installation equipment. After three months of implementing the developed approach, system failures were reduced by an average of 8 per month. The training results showed that operators had a better understanding of fire alarm system inspection and maintenance. The average testing score rose by 52.3% compared to before the training. Furthermore, the results of the satisfaction assessment of the development plan were at the highest level.

Keywords: Inspection, Preventive Maintenance, Fire Alarm System, Internet of Things

บทนำ

ระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ คือระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัยที่ออกแบบมาเพื่อตรวจจับการเกิดไฟไหม้และแจ้งเตือนไปยังผู้คนที่พื้นที่ให้ได้ทราบถึงการเกิดไฟไหม้ การเตรียมตัวอพยพออกจากบริเวณที่เป็นอันตราย และการเตรียมปฏิบัติตามแผนฉุกเฉินที่ทางสถานประกอบการได้วางเอาไว้ โดยทั่วไประบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA72 จะประกอบด้วยเครือข่ายอุปกรณ์ต่างๆติดตั้งอยู่ทั่วอาคารหรือพื้นที่การทำงาน ตลอดจนแผงตู้ควบคุม และระบบเตือนภัยที่สามารถ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เปิดใช้งานได้เองอัตโนมัติเพื่อให้ผู้คนสามารถอพยพออกจากอาคารหรือพื้นที่ได้ และช่วยป้องกันการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน [1]

อาคารสำนักงาน Cosmo Office เมืองทองธานี เป็นอาคารสำนักงานในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี สูง 10 ชั้น มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 50,000 ตร.ม. อายุการใช้งานอาคาร 7 ปี จากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นพบว่า อาคารแห่งนี้มีการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA72 แต่ระหว่างเดือน มกราคม ถึง สิงหาคม พ.ศ.2566 มีสถิติการรับแจ้งปัญหาาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ขัดข้องสูงถึง 141 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณ 18 ครั้งต่อเดือน และมีอุปกรณ์แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ชำรุด 25 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณ 4 ครั้งต่อเดือน จึงจำเป็นต้องจัดทำมาตรการที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาความขัดข้องของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ และสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารแห่งนี้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาเหตุการเกิดเหตุเพลิงไหม้เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ความประมาทในการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า และการลุกไหม้ขึ้นเองจากปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งส่งผลกระทบต่อสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินและความปลอดภัยในชีวิต จึงจำเป็นต้องมีระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ติดตั้งภายในอาคารหรือภายในห้องต่างๆ ในรูปแบบที่เป็นไปตามการออกแบบและการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เพื่อเป็นการป้องกัน และลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น [2] อาคารสูงอาคารชุมนุมคนอาคารขนาดใหญ่พิเศษ และอาคารสาธารณะ จึงต้องมีศูนย์สั่งการดับเพลิงที่ต้องมีระบบควบคุมและสิ่งอำนวยความสะดวกพร้อมทั้งระบบป้องกันอัคคีภัยตามที่วิศวกรออกแบบตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4887/2559 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 7 ศูนย์สั่งการดับเพลิงในอาคาร, น.9) โดยสามารถวางแผนกำหนดกิจกรรมที่ต้องมีการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่เหมาะสมของอุปกรณ์แต่ละประเภท [3] ในปัจจุบัน ระบบเฝ้าระวังเหตุเกิดอัคคีภัยด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาติดตั้งเพื่อลดมูลค่าความเสียหายจากการเกิดอัคคีภัยและความเสียหายที่เกิดหลังจากระงับเหตุอัคคีภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการนำไปใช้ในโรงงานผลิตเครื่องประดับพบว่าระบบดังกล่าวสามารถควบคุมเหตุอัคคีภัยได้อย่างรวดเร็ว และมีต้นทุนที่น้อยกว่าการใช้แรงงานคน [4] นอกจากนี้การพัฒนาาระบบแจ้งเหตุไฟไหม้ด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านระบบ Wi-Fi เพื่อระบุตำแหน่งอุปกรณ์ดับเพลิงในอาคาร เชื่อมต่อระบบแจ้งเตือน การตรวจสอบและควบคุมระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ที่โรงงานแห่งหนึ่งในประเทศจีน พบว่าเป็นการเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ดับเพลิงอีกด้วย [5]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่าการออกแบบและการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่เหมาะสมและเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้ระบบต้องได้รับการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการป้องกันและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการเกิดเพลิงไหม้ นอกจากนี้ยังสามารถนำเทคโนโลยี IoT ซึ่งเป็นการสื่อสารไร้สายมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ปัญหาาระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้ และ 2) เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้ โดยใช้อาคารสำนักงาน Cosmo Office เมืองทองธานี เป็นกรณีศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยในรูปแบบเชิงผสมผสาน (Mixed-Methods Research) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. รวบรวมและศึกษาข้อมูลปัญหาเบื้องต้นจากรายงานการรับแจ้งปัญหาอุปกรณ์ขัดข้อง สืบสวน และสอบถามจากผู้เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. วิเคราะห์ปัญหาและจัดทำแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสม
4. นำแนวทางการแก้ไขปัญหามาไปปฏิบัติ
5. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการศึกษาก่อนและหลังการนำแนวทางการแก้ไขปัญหามาไปปฏิบัติ
6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ประชากรและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ วิศวกร และผู้ควบคุมระบบ จำนวน 18 คน รวมถึงอุปกรณ์ในระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ทั้งหมดของอาคาร Cosmo Office เมืองทองธานี

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยซึ่งผ่านการประเมินความสอดคล้อง (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ก่อนการนำไปใช้ประกอบด้วย

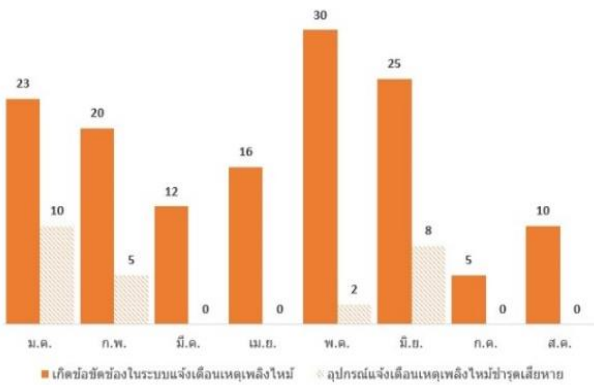
1. แบบประเมินความรู้ของพนักงาน จำนวน 15 ข้อ ประกอบด้วย การประเมินความรู้ในเรื่องอุปกรณ์และการบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ โดยหัวข้อหลักคือกฎหมายขั้นพื้นฐานและระยะเวลาที่ควรบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้
2. แบบประเมินความพึงพอใจ จำนวน 5 ด้านคือ 1. ด้านเจ้าหน้าที่/วิทยากรที่อบรมให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงาน 2. ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร/ประชาสัมพันธ์ 3. ด้านสื่อการอบรม 4. ด้านความรู้ที่นำไปใช้ 5. ด้านความเข้าใจความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

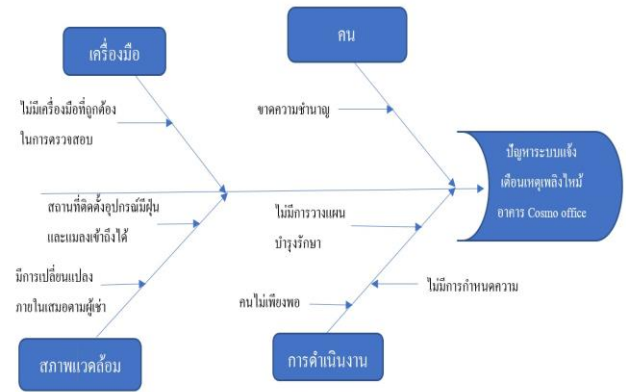
การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากข้อมูลทางสถิติของการรับแจ้งปัญหาอุปกรณ์ขัดข้องของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ของสถานประกอบการแห่งนี้พบว่าตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2566 พบว่าระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ขัดข้องมีจำนวน 141 ครั้ง หรือเฉลี่ย 18 ครั้งต่อเดือนและมีอุปกรณ์แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ชำรุด 25 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4 ครั้งต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 จำนวนรับแจ้งเตือนระบบเหตุเพลิงไหม้ขัดข้อง เดือน ม.ค. ถึง ส.ค. 66

จากการระดมสมอง (Brainstorming) ร่วมกับผู้เกี่ยวข้องในส่วนระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ พบว่าลักษณะของปัญหาคือการขัดข้องในระบบทำให้มีการผิดพลาดในการส่งสัญญาณ และการชำรุดของอุปกรณ์ระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ โดยสามารถแยกประเด็นสาเหตุของปัญหาได้ 4 ด้าน คือ 1. ด้านผู้ปฏิบัติงานที่ขาดทักษะและประสบการณ์ในการทำงาน 2. ด้านเครื่องมือ-อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน 3. ด้านการดำเนินงานที่ไม่มีแผนในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและไม่มีการมอบหมายงานด้านการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ชัดเจน ทำให้ระบบเกิดการชำรุดและไม่มีผู้รับผิดชอบในการประสานงานเพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้ยังใช้คนในการเก็บข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับสภาพการทำงานของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ และมีผู้ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ จึงทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนและไม่ครบถ้วน 4. ด้านสภาพแวดล้อมที่สาเหตุมาจากฝุ่นและแมลงที่สามารถเข้าถึงได้ และมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภายในอาคารตามผู้เช่า ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายตำแหน่งการติดตั้งระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้โดยไม่แจ้งให้ผู้ควบคุมอาคารทราบ จึงไม่มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนย้าย เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานไม่ทราบตำแหน่ง



รูปที่ 2 แผนผังกิ่งปลาแสดงสาเหตุของปัญหาการชำรุดของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้

แนวทางแก้ไขและการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์ปัญหาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ขัดข้อง ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแนวทางการแก้ไขปัญหามาในแต่ละด้านซึ่งคาดว่าจะสามารถลดจำนวนการขัดข้องของระบบได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเน้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากคนซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบ และปัญหาที่เกิดจากการดำเนินงาน ซึ่งจะนำไปปฏิบัติในลำดับต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 แนวทางการแก้ไขปัญหาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้

สาเหตุของปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไขปัญหา
คน (Man)	บุคลากรไม่มีความรู้และประสบการณ์ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้	ฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานให้มีความเข้าใจในระบบและสามารถดูแลรักษาระบบได้
การดำเนินงาน (Method)	1. ไม่มีการวางแผนเมื่อเกิดข้อขัดข้องในวงนระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้	1. วางแผนงานเพื่อแก้ไขข้อขัดข้องและบำรุงรักษาระบบเพื่อลดโอกาสการเกิดปัญหา
	2. ไม่มีการกำหนดความรับผิดชอบดูแลงานระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ที่ชัดเจน	2. กำหนดความรับผิดชอบให้ชัดเจน
	3. ใช้คนตรวจสอบเบื้องต้นทำให้การเก็บข้อมูลและการตรวจสอบสภาพก่อนใช้งานอุปกรณ์ไม่แม่นยำ	3. คิดตั้งระบบจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอัตโนมัติ
เครื่องมือในการตรวจสอบอุปกรณ์ (Equipment)	ไม่มีเครื่องมือตรวจสอบที่เหมาะสม	ขอคำแนะนำหรือจัดจ้างผู้เชี่ยวชาญภายนอกที่มีอุปกรณ์ในการตรวจสอบครบถ้วนในการดูแลรักษาระบบได้
สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment)	1. มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภายในอาคารเสมอเมื่อมีผู้เช่าอาคารสำนักงาน	1. จัดการเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการระบุตำแหน่งและสถานะของอุปกรณ์
	2. ภายในอาคารมีฝุ่นละอองและแมลงที่สามารถเข้าถึงได้	2. ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสิ่งสกปรกหรือสิ่งแปลกปลอม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

1. จัดทำแผนงานและเอกสารตรวจสอบ (Checklist) ที่เกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ และจัดทำคู่มือการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจในแผนในการบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ที่ได้จัดทำขึ้น และการมอบหมายภาระงานที่ชัดเจน เอกสารที่เกี่ยวข้องดังแสดงในรูปที่ 3

ลำดับที่	รายละเอียดของกิจกรรม	การดำเนินการครั้งที่	1	2	3	4
1	ตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมการแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm Control Panel)	- ตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมการแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ (Function Test)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับควัน (Smoke Detector)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Detector)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดน้ำ (Water Flow Detector)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดแรงดันน้ำ (Low Water Pressure Detector)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดแรงดันไฟฟ้า (Low Voltage Detector)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดแรงดันลม (Low Air Pressure Detector)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	ตรวจสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ (Graphic Annunciator)	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับอุณหภูมิ (Lamp Test)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดน้ำ (Control Switches)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดแรงดันน้ำ (Indicating Lamp)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดแรงดันไฟฟ้า (Secondary Power Supply)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	ตรวจสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับการขาดแรงดันไฟฟ้า (Secondary Power Supply)	- การป้องกันการลัดวงจร (Circuit Test)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

รูปที่ 3 ตัวอย่างเอกสารตรวจสอบและคู่มือการปฏิบัติงานที่ได้พัฒนาขึ้น

2. จัดหาและติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยในการทำงานของบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น การระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ การแจ้งสภาพการของอุปกรณ์ และการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าการใช้เทคโนโลยีไร้สายผ่านระบบ IoT ที่สามารถเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนปัญหาข้อผิดพลาดผ่านระบบสมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งคาดว่าจะสามารถช่วยในการตรวจติดตามและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นละอองและสิ่งแปลกปลอมที่อาจทำให้ระบบเกิดความขัดข้องด้วย ทั้งนี้เจ้าของสถานประกอบการให้การสนับสนุนการติดตั้งระบบตรวจติดตามสถานะการทำงานและอุปกรณ์ป้องกันสิ่งแปลกปลอมในระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ในอาคารกรณีศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระบบตรวจติดตามการทำงานของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ผ่านระบบ IoT

3. จัดการฝึกอบรมให้กับผู้เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย หัวหน้างานอาคาร ผู้ควบคุมอาคาร และวิศวกร ให้เข้าใจแผนงานด้านการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่พัฒนาขึ้น สามารถตรวจสอบอุปกรณ์และระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้เบื้องต้นได้ รวมถึงอุปกรณ์ตรวจติดตามและบำรุงรักษาระบบด้วยเทคโนโลยี IoT ที่ทำการติดตั้งใหม่ด้วย

ผลการศึกษา

จากแนวทางการแก้ไขปัญหาที่นำเสนอผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการตามแผนงานเป็นระยะเวลา 3 เดือนระหว่างเดือน ธันวาคม 2566 ถึง กุมภาพันธ์ 2567 โดยได้ทำการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 18 คนซึ่งเป็นประชากรของการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ตามแผนงานที่ได้พัฒนาขึ้น รวมถึงอุปกรณ์และเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปภาพที่ 5 และได้ทำการทดสอบก่อนและหลังการอบรมเพื่อเป็นการประเมินความรู้ของผู้ปฏิบัติงาน ผลการทดสอบพบว่าผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจกระบวนการปฏิบัติงาน โดยพิจารณาจากคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังอบรมเพิ่มขึ้นจากก่อนการอบรม 7 คะแนนเป็น 14.67 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนนหรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 52.3 ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Sample T-Test)



รูปที่ 5 การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้

ภายหลังการปฏิบัติตามแผนงานพบว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างถูกต้อง เทคโนโลยี IoT ที่นำมาใช้เพื่อเก็บข้อมูล ตรวจสอบ และแจ้งเตือนปัญหาข้อผิดพลาดผ่านระบบสมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้ปัญหาข้อผิดพลาดของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ลดลงเหลือ 24 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 8 ครั้งต่อเดือน หรือลดลงร้อยละ 55.56 เทียบกับค่าเฉลี่ย 18 ครั้งต่อเดือนก่อนการพัฒนาแผนงาน และมี

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

อุปกรณ์แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ข่าวด 5 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 2 ครั้งต่อเดือน หรือลดลงร้อยละ 50 เทียบกับค่าเฉลี่ย 4 ครั้งต่อเดือนก่อนการพัฒนาแผนงาน จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อแผนงานที่นำเสนอพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.62 และภาพรวมด้านความพึงพอใจในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมากที่สุดโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.61 จะเห็นได้ว่าผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจในแผนการทำงานและเอกสารคู่มือที่ได้รับการอบรมในเรื่องการบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

อาคารสำนักงาน Cosmo Office เมืองทองธานี มีการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA72 แต่ระหว่างเดือนมกราคม ถึง สิงหาคม พ.ศ.2566 มีสถิติการรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้ชนิดข้อสูงถึง 141 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 18 ครั้งต่อเดือน และมีอุปกรณ์แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ข่าวด 25 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4 ครั้งต่อเดือน โดยมีลักษณะของปัญหาคือการขัดข้องในระบบทำให้การส่งสัญญาณผิดพลาด และการชำรุดของอุปกรณ์ระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของการเตือนเพลิงไหม้ในอาคาร การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและพัฒนากระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ในอาคารแห่งนี้ จากการศึกษาพบว่าสาเหตุของปัญหาเกิดจากปัจจัย 4 ด้าน คือ 1. ด้านผู้ปฏิบัติงานที่ขาดทักษะและประสิทธิภาพในการทำงาน 2. ด้านเครื่องมือ-อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน 3. ด้านการดำเนินงานที่ไม่มีแผนในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและไม่มีการมอบหมายงานด้านการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ชัดเจน นอกจากนี้ยังใช้คนในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ และมีผู้ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ 4. ด้านสภาพแวดล้อมที่สาเหตุมาจากฝุ่นและแมลงที่สามารถเข้าถึงได้ และมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภายในอาคารตามผู้เช่า ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายตำแหน่งการติดตั้งระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้โดยไม่แจ้งให้ผู้ควบคุมอาคารทราบ ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนการติดตั้งระบบตรวจติดตามการทำงานด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านระบบ IoT และอุปกรณ์ป้องกันสิ่งแปลกปลอมในระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ พัฒนาการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และทำการฝึกอบรมเกี่ยวกับแผนงาน ระบบเอกสาร และอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม ภายหลังจากการนำแผนงานไปใช้ปฏิบัติงานจริงเป็นระยะเวลา 3 เดือน ระหว่างเดือนธันวาคม 2566 ถึง กุมภาพันธ์ 2567 พบว่าระบบเกิดความขัดข้องลดลงจากค่าเฉลี่ย 18 ครั้งต่อเดือน เหลือ 8 ครั้งต่อเดือน และมีอุปกรณ์แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ชำรุดลดลงจากค่าเฉลี่ย 4 ครั้งต่อเดือน เหลือ 2 ครั้งต่อเดือน ผลการฝึกอบรมพบว่าผู้ปฏิบัติงานมีความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้มากขึ้น โดยมีคะแนนการ

ทดสอบก่อนการอบรม 7 คะแนน เพิ่มขึ้นเป็น 14.67 คะแนน จากคะแนนเดิม 15 คะแนน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 52.3 และมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อแผนงานที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุด

จากผลการศึกษาพบว่าแผนงานที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถลดปัญหาการชำรุดของระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ได้ตามสมมติฐานการศึกษา แต่อย่างไรก็ตามยังมีการชำรุดของระบบและอุปกรณ์แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ ซึ่งอาจเกิดจากสภาพการใช้งานที่มีการติดตั้งมาเป็นระยะเวลานานตั้งแต่เริ่มใช้อาคาร จึงควรทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนระบบและอุปกรณ์ใหม่ทั้งหมดเพื่อแก้ไขปัญหาค่าความขัดข้องของระบบและอุปกรณ์ นอกจากนี้ควรมีการทดสอบระบบและอุปกรณ์แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ทั้งหมดอย่างละเอียดและสม่ำเสมอด้วยเครื่องมือเฉพาะที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ โดยเจ้าของสถานประกอบการสามารถขอคำแนะนำหรือจัดจ้างผู้เชี่ยวชาญภายนอกที่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบและดูแลรักษาระบบทั้งหมดได้ ซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาที่มีสาเหตุจากการขาดเครื่องมือในการทดสอบระบบและอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อน ราคาสูง และต้องใช้ความเชี่ยวชาญในการทดสอบระบบได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ควบคุมอาคาร ผู้ปฏิบัติงาน และผู้อำนวยการอาคาร Cosmo Office เมืองทองธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินแบบทดสอบและแบบสอบถาม จนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ลือชัย ทองนิล, “การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้” บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด (1989), กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2554.
- [2] มุกระวี มะคะเรต. (2561).ระบบเฝ้าระวังเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร. Journal of Information Science and Technology. Volume 8 (2) JUL – DEC 2018: 56-64.
- [3] รศ.ต่อตระกูล ยมนาค, “มาตรฐานระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้” วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2551
- [4] ชำนาญ พฤติพงษ์พิบูลย์ (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนสร้างระบบเฝ้าระวังเหตุเกิดอัคคีภัยด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง:กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องประดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรมภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

- [5] XU Xiaohu, ZHENG Xin, ZHAO Hairong. “On the reliability of automatic fire detection and alarm systems”, *Journal of Safety and Environment*, 2012. Pp.149-153.



กัญญาพัชญ์ ศรีเจริญ

การศึกษา สาขาวิชาการตรวจสอบและ
กฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง

การศึกษาประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้วัสดุเซรามิคบาร์ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้า

A STUDY ON THE EFFICIENCY OF CONDENSERS USED IN AIR CONDITIONERS BY USING CERAMIC BAR TO REDUCE INLET AIR TEMPERATURE

ณัฐมิ พ่วงเจริญชัย^{2*} ธนาวุฒิ รุ่งโรจน์¹ รณกฤต สุทธะลักษณะ¹ และ อธิวิพล กำเนิดมะไฟ¹

¹ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

E-mail: Niknakubeieie@gmail.com

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

E-mail: phupoom.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้วัสดุเซรามิคบาร์ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ระยะต่างๆ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร เทียบกับแบบที่ไม่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์

จากการทดลองพบว่าแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 7.24 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 11.69 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 19.21 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มประสิทธิภาพ การถ่ายเทความร้อนสูงสุด 23.72 เปอร์เซ็นต์ แบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 6.07 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 11.01 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 12.04 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุด 16.58 เปอร์เซ็นต์ แบบติดตั้ง ชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ระยะห่าง 15 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 4.78 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 10.33 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มประสิทธิภาพ การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 6.71 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุด 8.58 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : เครื่องปรับอากาศ ; คอนเดนเซอร์ ; เซรามิคบาร์

Abstract

This project aims to determine the efficiency of condensers used in air conditioners. By using a ceramic bar material, the inlet air temperature is reduced at various distances of 5, 10, and 15 centimeters, compared to a model that does not install a condenser inlet air temperature reduction kit.

From the experiment, it was found that the installation of the inlet air temperature reduction kit at a distance of 5 centimeters was able to reduce the condenser inlet temperature by an average of 7.24 percent, and was able to reduce the temperature by a maximum of 11.69 percent, and

was able to increase the average heat transfer efficiency by 19.21 percent. and increase efficiency Maximum heat transfer of 23.72 percent. Installation of the inlet air temperature reduction kit at a distance of 10 centimeters can reduce the condenser inlet temperature by an average of 6.07 percent and can reduce the temperature by a maximum of 11.01 percent and increase the average heat transfer efficiency by 12.04 percent. and increases heat transfer efficiency up to 16.58 percent. Installation of the inlet air temperature reducing kit at a distance of 15 centimeters can reduce the condenser inlet temperature by an average of 4.78 percent and can reduce the temperature up to 10.33 percent and increase efficiency. The average heat transfer was 6.71 percent and the maximum heat transfer efficiency was 8.58 percent.

Keywords: Air conditioner ; Condenser ; Ceramic bar

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ระบบปรับอากาศที่ใช้กับบ้านพักอาศัยจำนวนมากใช้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor compression refrigeration system) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลากหลายชนิด เช่น คอยล์เย็น (Evaporator) ประกอบด้วยท่อแฉกคอยล์เย็น พัดลม อุปกรณ์วัด และควบคุมอุณหภูมิห้อง ส่วนที่ทำหน้าที่ในการระบายความร้อนหรือที่เรียกว่า คอยล์ร้อน (Condensing unit) ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการไหลเวียนของสารทำความเย็นหรือที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ และสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและอีกส่วนทำหน้าที่ในการลดความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นหรือที่เรียกว่า อุปกรณ์ลดความดัน (Throttling device) ซึ่งอุปกรณ์ทำงานสัมพันธ์กัน หลักการทำงานของระบบทำความเย็นเป็นการดึงความร้อนออกจากห้องที่ต้องการทำความเย็นซึ่งอุปกรณ์สำคัญในการระบายความร้อนนั้น คือ คอนเดนเซอร์ หากพิจารณาการทำงานของคอนเดนเซอร์ที่เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนของสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอมีอุณหภูมิและความดันสูงด้วยการควบแน่นเอาความร้อนออกและความดันในระบบยังคงลดลงอีกด้วย สำหรับประเทศไทยที่ตั้งอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรจึงทำให้มีอากาศร้อน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

มากกว่าประเทศในเขตอื่น ๆ ทำให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ยังมีประสิทธิภาพที่ไม่สูงมากนัก ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่เหมาะสม เช่น ปริมาณและวัสดุของครีบบระบายความร้อน ความยาวและขนาดท่อของคอนเดนเซอร์ และตำแหน่งการติดตั้ง เป็นต้น ซึ่งอุณหภูมิบริเวณทางเข้าของคอนเดนเซอร์นั้นเมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะเกิดความร้อนที่มาก อาจส่งผลให้มีการทำงานที่หนักและใช้พลังงานที่มาก จึงมีความต้องการที่จะทำให้การทำงานของคอนเดนเซอร์ลดน้อยลง โดยจะทำการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาแก้ไขปัญหานี้ ซึ่งการลดอุณหภูมิที่ทางเข้าของคอนเดนเซอร์นั้นมีอยู่หลายวิธี และในแต่ละวิธีที่นำมาใช้นั้นก็มีปัญหา ในเรื่องของความสกปรกที่ตามมาซึ่งมีผลทำให้เครื่องปรับอากาศนั้นไม่สามารถใช้งานได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้จัดทำโครงการจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุที่ใช้สำหรับการกรองน้ำในตู้ปลา หรือที่นิยมเรียกว่า เซรามิกบาร์ หรือซีบาร์ (C-Bar) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับน้ำ เพื่อทำการศึกษาการลดอุณหภูมิและเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ เพื่อจะสามารถเพิ่มอายุการใช้งานได้ยาวนานขึ้นจนกว่าจะถึงรอบการทำความสะอาดในครั้งต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์
- 1.2.2 เพื่อคำนวณประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศโดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้า

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 อุปกรณ์ที่ช่วยระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ได้แก่ วัสดุเซรามิกบาร์
- 1.3.2 ทดลองกับเครื่องปรับอากาศอินเวอร์เตอร์ขนาดไม่เกิน 9,000 Btu/hr.
- 1.3.3 ตัวแปรที่สนใจศึกษาประกอบด้วย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการถ่ายเทความร้อน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงการ

- 1.4.1 ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์
- 1.4.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ
- 1.4.3 ได้อุปกรณ์ที่ช่วยระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัสดุเซรามิกบาร์หรือซีบาร์ (C-Bar)

เป็นวัสดุกรองทางชีวภาพทำมาจากเซรามิกนำมาอัดเป็นแท่งถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นวัสดุกรองโดยเฉพาะ เซรามิกบาร์ สามารถใช้งานได้จนย่อยสลายแตกหักไปได้เอง มีรูปแบบลักษณะที่เป็นรูพรุนซึ่งเป็นที่อยู่ของแบคทีเรียที่ช่วยในการย่อยสลายของเสียในตู้ปลาได้อย่างดี ในปัจจุบันจะพบได้มากในตู้ปลา เพราะเป็นวัสดุที่มีความสามารถเพิ่มแร่ธาตุและประสิทธิภาพในการกรองน้ำให้มีค่า pH ของน้ำที่ได้มาตรฐานได้เป็นอย่างดี เซรามิกบาร์มีความพรุนขนาดเล็กถึง 0.3 ไมครอน สามารถกรองสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กได้

2.2 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor compression system)

ระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันส่วนมากมักใช้การทำงานแบบอัดไอสารทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์เพื่อนำสารทำความเย็นที่ทำความเย็นกลับมาใช้อีกครั้งซึ่งสารทำความเย็นจะไหลเวียนภายในระบบปิดอยู่ตลอดเวลาในระบบทำความเย็นแบบอัดไอจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆ อยู่ทั้งหมด 4 อย่างคือ คอยล์เย็น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์ควบคุมการไหล

2.3 ความหมายของการปรับอากาศ

การปรับอากาศ คือ การทำให้ภาวะอากาศคงที่ที่อุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการให้อากาศสะอาดและกระจายทั่วบริเวณที่ปรับอากาศ

2.4 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air conditioner)

2.4.1 ชุดเครื่องควบแน่น (Condensing unit) เป็นระบบที่อยู่ภายนอกอาคาร คือ เครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์, พัดลมเครื่องควบแน่น

2.4.2 ชุดเครื่องให้ความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำ (Cooling unit) เป็นระบบที่อยู่ภายในห้องที่จะปรับอากาศ คือ อีวาเรเตอร์ ตัวควบคุมทำความเย็น แผ่นกรองอากาศ พัดลมอีวาเรเตอร์ ถาดรองน้ำทิ้ง

2.5 สมดุลพลังงานและมวลในกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

กระบวนการที่เกิดขึ้นจะเป็นกระบวนการอะเดียเบติกอุณหภูมิของอากาศจะอึมตัวเรียกว่าอุณหภูมิอึมตัวอะเดียเบติก (Adiabatic saturation temperature) และเนื่องจากมีปริมาณน้ำบางส่วนระเหยไป ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการเป็นแบบกระบวนการคงที่ (Steady state) จำเป็นต้องมีน้ำมาชดเชย

2.6 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ระบายความร้อนที่ออกจากสารทำความเย็นจากสภาพไอเป็นของเหลวการจำแนกคอนเดนเซอร์ตามวิธีการระบายความร้อนสามารถแบ่งได้ 3 แบบ ดังนี้ การระบายความร้อนด้วยอากาศ, การระบายความร้อนด้วยน้ำ, การระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ

2.7 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric charts)

แผนภูมิไซโครเมตริกแสดงคุณสมบัติของอากาศ เป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์สมบัติของผสมระหว่างอากาศและไอน้ำ นิยมใช้ในการคำนวณด้านการปรับอากาศเพราะสะดวกซึ่งค่าที่ได้จากการใช้แผนภูมิไซโครเมตริกจะค่อนข้างแม่นยำ สามารถลดข้อผิดพลาดจากการคำนวณค่า และยังช่วยให้คำนวณผลได้อย่างรวดเร็ว

2.8 ประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศโดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์ลดอุณหภูมิทางเข้า

การศึกษาศักยภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศโดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์ลดอุณหภูมิทางเข้า อาศัยหลักการดึงความร้อนจากอากาศไประเหยน้ำให้อากาศเย็นลงโดยปกติแล้วจะใช้วัสดุผิวเปียก (Wetted media) ช่วยในการเพิ่มพื้นที่สัมผัสของน้ำเร็วขึ้น โดยทั่วไประบบทำความเย็นแบบระเหยจะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ การทำความเย็นระเหยตรง (Direct evaporative cooling) และ การทำความเย็นระเหยทางอ้อม (Indirect evaporative cooling)

2.9 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter split type air conditioner)

ระบบอินเวอร์เตอร์ คือระบบการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

circuit) จะแปลงไฟจากกระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟกระแสตรง จากนั้นจะผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter circuit) ที่เปลี่ยนจากไฟกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงทำให้สามารถปรับแรงดันและความถี่ได้ โดยทั้งสองระบบนี้จะถูกควบคุมโดยวงจรควบคุมให้สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรทัต ศศิสนธิ์ และ นัฐวิศ เชมะทัตสิ ได้ทำงานศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนการใช้ PVC Filling ในปี พ.ศ. 2555 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและเครื่องปรับอากาศที่ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยลดอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์

ธีรทัต ศศิสนธิ์ ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบซิลเลอร์ กรณีศึกษากระบวนการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ในปี พ.ศ. 2552 เพื่อทำการลดอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์โดยการใช้วิธีการพ่นละอองน้ำเข้าไปคอนเดนเซอร์ ซึ่งมีการทดลอง 2 กรณี คือ การพ่นน้ำตลอดเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงาน และ พ่นตามอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์

ธีรทัต ศศิสนธิ์ และ นัฐวิศ เชมะทัตสิ ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน ในปี พ.ศ. 2563 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนคอนเดนเซอร์

3. วิธีการทดลอง

การดำเนินการจัดทำการศึกษาประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศโดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้า มีขั้นตอนวิธีการดำเนินงานดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน การศึกษาและการออกแบบโครงสร้าง

3.2 ออกแบบโครงสร้างชิ้นงาน



รูปที่ 1 แบบอุปกรณ์ลดอุณหภูมิลดอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์

3.3 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์

- 3.3.1 วัสดุเซรามิกบาร์ ขนาด 4x15 เซนติเมตร
- 3.3.2 ท่อพีวีซี 1 นิ้ว ยาว 700 เซนติเมตร
- 3.3.3 ปั๊มน้ำ รุ่น BO-2000A

3.3.4 แผ่นอลูมิเนียม 0.4 เซนติเมตร ขนาด 2x3 ฟุต

3.3.5 หัวต่อสายยางและข้อต่อท่อน้ำ

3.3.6 สานยางขนาด 2 เมตร

3.3.7 เครื่องปรับอากาศ

3.3.8 โครงอลูมิเนียม ขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ยาว 3 ฟุต

3.3.9 ก๊อมน้ำลูกลอย

3.4 การดำเนินการสร้างชิ้นงาน

3.4.1 ตัดแผ่นอลูมิเนียมตามขนาดที่ต้องการจากนั้นนำแผ่นอลูมิเนียมมาประกอบกันเป็นถาดเก็บน้ำ ขนาด 10x90x13 เซนติเมตร 1 ชั้น และนำถาดเก็บน้ำมาเจาะรูขนาด 1 นิ้ว ทางด้านข้างของถาดน้ำที่มีความสูง 23 เซนติเมตร เพื่อติดตั้งก๊อมน้ำลูกลอย กับข้อต่อท่อ PVC



รูปที่ 2 ถาดเก็บน้ำ

3.4.2 ตัดแผ่นอลูมิเนียมนำมาสร้างเป็นถาดรองน้ำให้มีขนาด 8x70x5 เซนติเมตรจากนั้นนำถาดรองน้ำมาเจาะรู ขนาด 0.3 เซนติเมตร จำนวน 4 รู ตามแนวตั้ง และจำนวน 33 แถว ตามแนวยาว



รูปที่ 3 ถาดรองน้ำ

3.4.3 ตัดโครงอลูมิเนียม ขนาด 80 เซนติเมตร 2 เส้น, ขนาด 55 เซนติเมตร 4 เส้น และขนาด 9 เซนติเมตร 4 เส้น นำมาประกอบเป็นโครงสร้าง



รูปที่ 4 โครงสร้างงานด้านข้างและด้านล่าง

3.4.4 ตัดแผ่นอลูมิเนียมขนาด 8x63x5 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น และขนาด 5x8 เซนติเมตร จำนวน 6 แผ่นนำมาประกอบกัน โดยที่ด้านยาว 63 เซนติเมตร หนึ่งด้านจะไม่เชื่อมติดกับกล่อง จะนำตัวกลอนล็อกและบานพับขนาด 2x3 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น นำมาประกอบเข้ากับกล่อง เพื่อใช้เป็นด้านปิดเปิดสำหรับวางวัสดุเซรามิกบาร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 5 ก่ออิฐแบบเรียงกัน ก่อผนังด้วยอิฐบล็อก และแผ่นบานพับ

3.4.5 นำแผ่นอิฐแบบเรียงกันที่เตรียมไว้ในข้อที่ 3.4.4 มาเชื่อมติดเป็นก่อกอิฐแบบเรียงกัน แล้ว ทำการเจาะรู ขนาด 0.5 เซนติเมตรจำนวน 2 รู ตามแนวตั้งจำนวน 16 แถว ตามแนวยาวเพื่อเป็นทางที่ให้น้ำไหลผ่านได้



รูปที่ 6 โครงสร้างที่ติดก่อกอิฐแบบเรียงกัน

3.4.6 ตัดท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ยาว 70 เซนติเมตร จากนั้นเจาะรูท่อพีวีซีขนาด 0.3 เซนติเมตร ทั้งสองด้าน ด้านละ 32 รู ตามแนวยาวของท่อ แล้วต่อข้อต่อของท่อพีวีซี เข้าที่ท่อทำการเจาะรูเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7 ท่อน้ำสำหรับการจ่ายน้ำให้เซรามิกบาร์

3.4.7 นำข้อต่อท่อพีวีซีตัวโค้งเกลียวใน ข้อต่อท่อพีวีซีตัวตรงเกลียวใน และข้อต่อเกลียวนอกสำหรับใส่กับสายยาง นำทั้ง 3 อย่างนี้มาต่อรวมกันเพื่อที่จะนำไปติดตั้งกับก๊อมน้ำลูกกลอย และ สายยางจากนั้นตัดสายยางขนาด 1/2 ยาว 30 เซนติเมตร เพื่อต่อท่อน้ำเข้ากับปั้มน้ำ



รูปที่ 8 ข้อต่อสำหรับติดตั้งกับก๊อมน้ำลูกกลอย และสายยางขนาด 30 เซนติเมตร

3.4.8 นำวัสดุเซรามิกบาร์ประกอบเข้ากับ โครงสร้าง แล้วทำการประกอบเข้ากับถาดเก็บน้ำโดยพื้นที่ของเซรามิกบาร์ที่ใช้ในกระบวนการได้เท่ากับ 11x63 เซนติเมตร ประกอบเข้ากับโครงสร้างสามชั้นแต่ละชั้นประกอบด้วยเซรามิกบาร์ 2 แถว แต่ละแถวจะมีเซรามิกบาร์ 18 ชิ้น



รูปที่ 9 วางเซรามิกบาร์เข้ากับโครงสร้างงาน

3.4.9 ก๊อมน้ำลูกกลอย และข้อต่อสำหรับติดตั้งกับก๊อมน้ำลูกกลอยและถาดเก็บน้ำ นำมาประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 10 ติดตั้งก๊อมน้ำลูกกลอย และข้อต่อสำหรับติดตั้งกับก๊อมน้ำลูกกลอย ติดกับถาดเก็บน้ำ

3.4.10 นำถาดรองน้ำ ท่อน้ำสำหรับการจ่ายน้ำให้เซรามิกบาร์ สายยาง และปั้มน้ำนำมาประกอบเข้ากับ โครงสร้างงาน



รูปที่ 11 ติดตั้งถาดรองน้ำ ท่อน้ำสำหรับการจ่ายน้ำให้เซรามิกบาร์ สายยาง และปั้มน้ำ

3.5 ตรวจสอบความสมบูรณ์เรียบร้อยของชิ้นงาน

3.5.1 ตรวจสอบโครงสร้างชิ้นงาน โดยการเช็คข้อต่อสายยาง ข้อต่อท่อ ความแข็งแรงของแผ่นสังกะสีบางจุดยังไม่แข็งแรง ทำการแก้ไขโดยติดข้อต่อแล้วติดโครงสร้างให้แน่น

3.5.2 ตรวจสอบการทำงานของปั้มน้ำลูกกลอย การไหลของน้ำ

3.5.3 ตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำในอุปกรณ์

3.6 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

3.6.1 อุปกรณ์สำหรับใช้ในภาคทดลอง

- 1 เครื่องทดสอบสำหรับการทดลอง
- 2 อุปกรณ์วัดความเร็วลม บริเวณทางออกของคอนเดนเซอร์
- 3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
- 4 ตลับเมตร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 12 ชิ้นงานทดสอบสำหรับการทดลอง

3.7 การเก็บข้อมูลผลการทดลอง

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air conditioner) ขนาด 9000 Btu/hr ตั้งอุณหภูมิทำงานไว้ที่ 25 °C โดยการแบ่งการชนิดการทดลองนั้นออกเป็น 2 แบบ คือ ชนิดการทดสอบแบบไม่ได้ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ และชนิดการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างชุดลดอุณหภูมิกับคอนเดนเซอร์ ตั้งแต่ 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ทำการเก็บผลการทดลองแบบบันทึกต่อเนื่องทุกชั่วโมงเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาสรุปผลการดำเนินงาน

3.7.1 ขั้นตอนในการทดลอง

- 1) ทำการทดลอง ขณะไม่ได้ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ และเก็บค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ
- 2) ทำการทดลอง โดยติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างเครื่องทดสอบกับคอนเดนเซอร์ 5, 10, และ 15 เซนติเมตรด้วยคัลลิเมตร และเก็บค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ
- 3) เมื่อนำอุปกรณ์ทดสอบมาติดตั้งตามระยะห่างที่กำหนดในข้อที่ 2 จากนั้นทำการเปิดเครื่องปั้มน้ำ โดยที่ปั้มน้ำจะถูกเปิดใช้งานตลอดระยะเวลาการทดลอง
- 4) ก่อนจะเริ่มทำการทดลองทั้ง 4 ชนิดการทดสอบ นั้นจะต้องเช็คระยะห่างของอุปกรณ์ทดสอบระหว่างคอนเดนเซอร์ตรงตามระยะที่กำหนดเอาไว้หรือไม่ และปั้มน้ำได้ทำการเปิดใช้งานแล้วเรียบร้อย จึงจะทำการทดลองทั้ง 4 ชนิดการทดสอบแล้วเก็บผลการทดลองได้
- 5) เก็บผลการทดลองทั้ง 4 ชนิดการทดสอบเพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองจึงจะนำไปสรุปผลการดำเนินงาน

4. ผลการทดลอง

4.1 ชนิดการทดสอบ

ผลการดำเนินงานการทดสอบแบบไม่ได้ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์กับการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ เป็นไปโดยดังนี้

แบบที่ 1 ชนิดการทดสอบแบบที่ไม่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ และเก็บข้อมูลของการทดสอบในแต่ละช่วงเวลา

แบบที่ 2 ชนิดการทดสอบแบบที่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างเครื่องทดสอบกับคอนเดนเซอร์ 5 เซนติเมตร และเก็บข้อมูลของการทดสอบในแต่ละช่วงเวลา

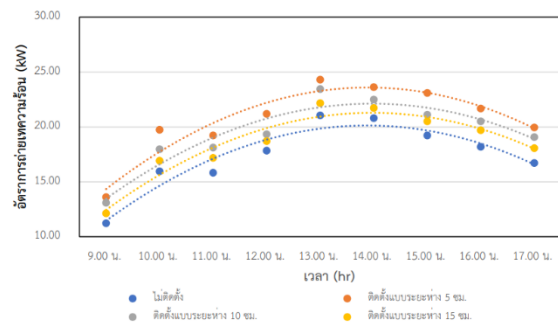
แบบที่ 3 ชนิดการทดสอบแบบที่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างเครื่องทดสอบกับคอนเดนเซอร์ 10 เซนติเมตร และเก็บข้อมูลของการทดสอบในแต่ละช่วงเวลา

แบบที่ 4 ชนิดการทดสอบแบบที่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์กับคอนเดนเซอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างเครื่องทดสอบกับคอนเดนเซอร์ 15 เซนติเมตร และเก็บข้อมูลของการทดสอบในแต่ละช่วงเวลา

จากนั้น แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ ทั้ง 4 แบบของการทดสอบ เพื่อทำการสรุปผล

4.2 ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบของการทดลองในครั้งนี้ทั้ง 4 ชนิดการทดสอบ ได้แก่ ชนิดการทดสอบแบบทำการทดสอบแบบที่ไม่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ ชนิดการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร ชนิดการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร และชนิดการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิที่ระยะห่าง 15 เซนติเมตร



รูปที่ 13 ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้ง 4 แบบการทดสอบ

จากการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ที่ระยะ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร เทียบกับแบบที่ไม่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ สรุปได้ว่า แบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 7.24 เฟอร์เซนต์ และสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 11.69 เฟอร์เซนต์ และจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 19.21 เฟอร์เซนต์ และเพิ่มประสิทธิภาพ การถ่ายเทความร้อนสูงสุด 23.72 เฟอร์เซนต์ แบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 6.07 เฟอร์เซนต์ และสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 11.01 เฟอร์เซนต์ และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 12.04 เฟอร์เซนต์ และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุด 16.58 เฟอร์เซนต์ แบบติดตั้งชุด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ระยะห่าง 15 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 4.78 เฟอร์เซนต์ และสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 10.33 เฟอร์เซนต์ และเพิ่มประสิทธิภาพ การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 6.71 เฟอร์เซนต์ และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุด 8.58 เฟอร์เซนต์

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์ลดอุณหภูมิอากาศทางเข้า ชุดการทดลอง ประกอบไปด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 9,000 บีทียูต่อชั่วโมง, คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ, อุปกรณ์การลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์โดยการใช้วัสดุเซรามิกบาร์, อุปกรณ์อ่านค่าผลการทดสอบต่าง ๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการทดสอบ ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 ชนิดการทดสอบแบบแบบที่ไม่ติดตั้งชุดลดอุณหภูมิอากาศทางเข้าของคอนเดนเซอร์ แบบที่ 2 ชนิดการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบที่ 3 ชนิดการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร แบบที่ 4 ชนิดการทดสอบแบบติดตั้งชุดลดอุณหภูมิที่ระยะห่าง 15 เซนติเมตร พบว่าพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอัตราการถ่ายเทความร้อน และ ความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อเปลี่ยนตัวแปรการเพิ่มระยะห่างระหว่างชุดทดลองกับคอนเดนเซอร์จะทำให้อุณหภูมิลดลงเมื่อมีระยะห่างระหว่างคอนเดนเซอร์ที่ 5 เซนติเมตร และเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะห่างระหว่างคอนเดนเซอร์ที่ 15 เซนติเมตร ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะห่างระหว่างคอนเดนเซอร์ที่ 5 เซนติเมตร และอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงเมื่อมีระยะห่างระหว่างคอนเดนเซอร์ที่ 15 เซนติเมตร จึงสามารถสรุปผลได้การติดตั้งชุดลดอุณหภูมิทางเข้าของคอนเดนเซอร์แบบที่ 2 ที่ระยะห่างอยู่ที่ 5 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนได้สูงที่สุดและสามารถลดอุณหภูมิได้มากที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนได้รับการสนับสนุนและได้รับคำปรึกษาจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย ที่ปรึกษาปริญญาโท และของขอบคุณอาจารย์ที่ช่วยให้อ่านและแนะนำและถ่ายทอดความรู้ตลอดจนควบคุมการทำโครงการจนประสบความสำเร็จด้วยดี ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ชีรพงศ์ บริษัท และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, 2555, การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยการใช้ PVC Filling, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์น

เอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 147-155.

- [2] ปิยคนัย ภาชนะพรรณ, 2552, การลดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศโดยวิธีการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์, วารสารวิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยนครสวรรค์, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, หน้า 251-263.
- [3] สิทธิสวัสดิ์ จึงเจริญนิรชร และทวีวัฒน์ สุการส, 2563, การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน, วารสารวิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมงคลศรีวิชัย, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, หน้า 312-322.
- [4] Best Service Air, 2559, หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน [ออนไลน์], แหล่งที่มา : <https://www.bestserviceair.com> [26/7/2564]
- [5] สมัยเซอร์วิสแอร์, 2563, หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ [ออนไลน์], แหล่งที่มา : <https://samaiservice-air.blogspot.com/2015/11/blog-post.html> [26/7/2564]
- [6] บริษัท AigleCompany จำกัด, 2562, ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor compression system) และอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ [ออนไลน์], แหล่งที่มา : <http://www.aigleair.com/index.php?page=home&language=th> [26/7/2564]
- [7] Arohouse.com, วัสดุกรองชนิดต่าง ๆ กับตู้ปลาสวยงาม [ออนไลน์], แหล่งที่มา : <http://www.arohouse.com/article/?action=view&catID=0000125&pid=0000326>. [24/4/2565]
- [8] บริษัท 2pt3q COMPANY จำกัด, 2565, หลักการทำงานของคอนเดนเซอร์หรือ คอยล์ร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน [ออนไลน์], แหล่งที่มา : <https://www.2pt3q.com/content-condenser/> [25/4/2565]
- [9] Thailandindustry.com, 2556, ทำความเข้าใจแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric Chart) [ออนไลน์], แหล่งที่มา : http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/ [25/4/2565]
- [10] บริษัท สยามไดकिनเซลส์ จำกัด, 2558, เครื่องปรับอากาศไดकिनระบบอินเวอร์เตอร์ [ออนไลน์], แหล่งที่มา : <https://www.daikin.co.th/service-knowledge/inverter/> [26/4/2565]



บทความวิจัย

ไฟฟ้า

การปรับแต่งตัวควบคุมพีไอ-พีดีเพื่อปรับปรุงผลตอบสนองชั่วคราวและลดการขยาดตัวของสัญญาณควบคุมด้วยขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

Tuning PI-PD Controller to Recondition Transient Response and Reduce Set-Point Kick by Flower Pollination Algorithm for DC Motor Speed Control

นฤเบศ อัดโอ¹ จิตรกรณ์ แสงผาด¹ ธนากร ศรพรหม¹ ดนุพล คำปัญญา^{1*} และ สัตตภาภูมิ ไทยพานิช²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

450 หมู่ที่ 6 ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130 E-mail: danupon.k@rmutsb.ac.th

²สาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

450 หมู่ที่ 6 ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130 E-mail: sattarpoom.t@rmutsb.ac.th

บทคัดย่อ

รูปแบบที่ปรับปรุงตัวควบคุมพีไอดี คือ ตัวควบคุมพีไอ-พีดี โดยส่วนใหญ่ ตัวควบคุมพีไอดีที่วางตัวอยู่บนทางเดินไปหน้าก่อให้เกิดการขยาดตัวของสัญญาณควบคุม ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง บทความนี้จึงนำเสนอตัวควบคุมพีไอ-พีดี เพื่อลดการขยาดตัวของสัญญาณควบคุม ตัวควบคุมพีไอ-พีดี จะมีเทอมพีและไออยู่ในวิถีไปหน้า และจะมีเทอมพีและเทอมดีอยู่ในวิถีไปกลับ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้ เพื่อปรับแต่งตัวควบคุมพีไอ-พีดีสำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ผลของการปรับแต่งตัวควบคุมพีไอ-พีดี จะเปรียบเทียบกับตัวควบคุมพีไอดีและตัวควบคุมไอ-พีดี ที่ถูกปรับแต่งด้วยขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้ จากผลที่ได้รับพบว่า ขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้สามารถปรับแต่งตัวควบคุมพีไอดี ไอ-พีดี และพีไอ-พีดี อย่างเหมาะสม ตัวควบคุมพีไอ-พีดี จะให้ค่าพุ่งเกินสูงสุดและช่วงเวลาเข้าที่น้อยที่สุด และลดการขยาดตัวของสัญญาณควบคุมได้ใกล้เคียงกับตัวควบคุมไอ-พีดี

คำสำคัญ : ตัวควบคุมพีไอดี; ตัวควบคุมไอ-พีดี; ตัวควบคุมพีไอ-พีดี; มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง; ขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้

Abstract

One of modified versions of the PID controller is the PI-PD controller. Generally, the PID controller is placed on the forward path causing the very higher control signal called the set-point kick effecting to the power electronic devices. This paper proposes the PI-PD controller which its P- and I-elements are placed on the forward path, where as its P- and D-elements are placed on the feedback path. In this work, the flower pollination algorithm (FPA) is applied to design the PI-PD controller for DC motor speed control. Result of the PI-PD controller will be compared to those of the parallel PID and I-PD

controllers. As results, the FPA can tune the PID, I-PD and PI-PD optimally. The PI-PD produces small set-point kick than the PID does. Moreover, the PI-PD can provide the least overshoot and settling time and can reduce the set-point kick as the I-PD does.

Keywords: PID controller; I-PD controller; PI-PD controller; DC motor; flower pollination algorithm (FPA)

1. บทนำ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) [1] เป็นเครื่องจักรกลที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ที่มีใช้กันอย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม เพราะให้กำลังงานสูง ในบริบทของระบบควบคุมการควบคุมมอเตอร์ DC ที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์และออกแบบอย่างรอบคอบ ดังนั้น การออกแบบตัวควบคุมพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative Controller: PID Controller) [2] ให้กับมอเตอร์ DC จึงนิยมใช้แนวทางในการออกแบบที่ยึดถือเป็นแนวปฏิบัติ โดยส่วนใหญ่ คือ การออกแบบเชิงวิเคราะห์ (Analytical Design Method) หรืออาจอาศัยสูตรสำเร็จในการคำนวณ เช่น วิธีของซีกเลอร์และนิโคลส์ (Ziegler-Nichols Method: ZN) [3] เป็นต้น วิธีดังกล่าวจะให้ความสะดวกต่อวิศวกรในภาคปฏิบัติกร อย่างไรก็ตาม วิธีการออกแบบเชิงวิเคราะห์มักประสบปัญหาเกี่ยวกับข้อจำกัดของระบบภายใต้การควบคุม กระบวนการหรือพลานต์ (Plant) ระบบควบคุมที่ผ่านการออกแบบแล้ว จะให้ผลตอบสนองออกมาที่พอมอมรับได้ แต่ไม่อาจกล่าวได้ว่าเป็นผลตอบสนองที่เหมาะสม จึงทำให้การออกแบบระบบควบคุมที่อาศัยวิธีการออกแบบเชิงวิเคราะห์มีข้อจำกัดและไม่เป็นทั่วไป โดยส่วนใหญ่ตัวควบคุม PID ที่วางตัวอยู่บนวิถีไปหน้า (Forward Path) ของระบบ จะส่งผลกระทบต่อสัญญาณควบคุม (Control Signal) นั่นคือ องค์ประกอบ P และ D ในตัวควบคุม PID มีหน้าที่ปรับค่าแบบสัดส่วน (Proportional) และค่าอนุพันธ์ (Derivative) ของสัญญาณอินพุต

ในขณะที่ สัญญาณอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ก่อให้เกิดสัญญาณควบคุมมีค่าสูงมาก เรียกว่า การขยายตัวของสัญญาณควบคุม (Set-Point Kick) [4] สำหรับแก้ปัญหาเพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุม คือ ใช้ตัวควบคุมไอ-พีดี (I-PD) [5] ซึ่งมีองค์ประกอบ I ที่วางตัวอยู่ในวิถีป้อนไปหน้า และองค์ประกอบ P และ D วางตัวอยู่ในวิถีป้อนกลับ (Feedback Path) ของวงรอบการควบคุม จากผลสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ตัวควบคุม I-PD มีความสามารถลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมได้อย่างน่าพึงพอใจ อย่างไรก็ตาม ผลตอบสนองชั่วคราว (Transient Response) ของระบบที่ใช้ตัวควบคุม I-PD ให้ผลตอบสนองช้ากว่าที่ใช้ตัวควบคุม PID ในงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอตัวควบคุม PI-PD เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมและเพื่อปรับปรุงผลตอบสนองในสภาวะชั่วคราวของระบบ ตัวควบคุม PI-PD ที่ได้นำเสนอในบทความนี้ มีองค์ประกอบ P และ I ที่วางตัวอยู่ในวิถีป้อนไปหน้าและองค์ประกอบ P และ D วางตัวอยู่ในวิถีป้อนกลับของวงรอบการควบคุม

ในปัจจุบันกรอบการควบคุมได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบอภิศึกษาสำนึก (Metaheuristic Optimization Search Techniques) [6] ถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง จากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า บรรดาเทคนิคแบบอภิศึกษาสำนึกที่มีการพัฒนา ขึ้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้ (Flower Pollination Algorithm: FPA) นับได้ว่าเป็นอภิศึกษาสำนึกที่ทรงประสิทธิภาพได้รับการนำเสนอครั้งแรกโดย Yang เมื่อปี ค.ศ. 2012 [7] โดยใช้หลักการถ่ายละอองเรณูดอกไม้จากดอกหนึ่ง ไปสู่อีกดอกหนึ่งผสานการบินแบบเลวี (Lévy Flight) [8] ซึ่งเป็นรูปแบบการบินของนกหรือแมลงรูปแบบหนึ่ง ด้วยความที่เป็นขั้นตอนวิธีที่ไม่ซับซ้อน FPA จึงได้รับการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น ระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบควบคุม และระบบปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น ในบทความนี้ นำเสนอการปรับแต่งตัวควบคุม PI-PD สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC ด้วย FPA เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุม โดยที่ ผลการปรับแต่งตัวควบคุม PI-PD จะได้รับการเปรียบเทียบกับตัวควบคุม PID และ I-PD ที่ปรับแต่งด้วย FPA สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC

2. ขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้

ขั้นตอนวิธีของ FPA [7] เลียนแบบกระบวนการถ่ายละอองเรณูดอกไม้ของไม้ดอกตามธรรมชาติผสานกับพฤติกรรมการบินของนกหรือแมลงรูปแบบหนึ่ง (Pollinator) ในฐานะตัวถ่ายละอองเรณูดอกไม้ โดยอาศัยกระบวนการสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเลวี (Lévy Distribution) [8] กระบวนการถ่ายละอองเรณูดอกไม้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การถ่ายละอองเรณูดอกไม้ด้วยตัวเอง (Self-Pollination) และการถ่ายละอองเรณูดอกไม้แบบไขว้ (Cross-Pollination) การถ่ายละอองเรณูดอกไม้ด้วยตัวเองคือ การถ่ายละอองภายในต้นเดียวกันจากดอกเดียวกัน (Autogamy)

หรือจากดอกอื่นในต้นเดียวกัน (Geitonogamy) [9-10] การถ่ายละอองเรณูดอกไม้ด้วยตัวเองจะเกิดขึ้นในไม้ดอกที่มีทั้งเรณูตัวผู้และเรณูตัวเมีย ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในระยะทางใกล้ๆ โดยไม่อาศัยตัวพาหะ เรียกว่าเป็นการถ่ายละอองเรณูเฉพาะที่ (Local Pollination) ส่วนการถ่ายละอองเรณูดอกไม้แบบไขว้คือ การถ่ายละอองข้ามต้นที่อาศัยตัวพาหะ กระบวนการถ่ายละอองเรณูดอกไม้แบบไขว้ที่อาศัยพาหะที่มีชีวิต (Allogamy) เช่น แมลงหรือผึ้ง สามารถเกิดขึ้นในระยะทางไกลๆ เรียกว่าเป็นการถ่ายละอองเรณูวงกว้าง (Global Pollination) ขั้นตอนวิธีของ FPA ที่นำเสนอโดย Yang [7] อาศัยหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

หลักเกณฑ์ที่ 1 การถ่ายละอองเรณูดอกไม้แบบไขว้ที่ใช้สิ่งมีชีวิตเป็นพาหะถือเป็นการถ่ายละอองเรณูวงกว้าง ซึ่งใช้หลักการสร้างผลเฉลยโดยอาศัยกระบวนการสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเลวีดังสมการที่ (1) เมื่อ $x_i^{(t+1)}$ คือผลเฉลยในรอบถัดไป $x_i^{(t)}$ คือผลเฉลยในรอบปัจจุบัน L คือการสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเลวี ดังสมการที่ (2) เมื่อ $\Gamma(\lambda)$ คือฟังก์ชันแกมมามาตรฐาน (Standard Gamma Function) และ g^* คือผลเฉลยที่ดีที่สุดในรอบปัจจุบัน

หลักเกณฑ์ที่ 2 การถ่ายละอองเรณูดอกไม้ด้วยตัวเองที่ใช้สิ่งไม่มีชีวิตเป็นพาหะ ถือเป็นการถ่ายละอองเรณูเฉพาะที่ ซึ่งจะใช้หลักการในการสร้างผลเฉลยโดยอาศัยกระบวนการสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอกรูป (Uniform Distribution) ดังแสดงในสมการที่ (3) เมื่อ \mathcal{E} คือการสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอกรูป $[0, 1]$

หลักเกณฑ์ที่ 3 ความคงตัวของดอกไม้ (Flower Constancy) ถูกพิจารณาเป็นความน่าจะเป็นในการถ่ายละอองเรณูเพื่อขยายพันธุ์ ซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนที่เหมือนกันระหว่างดอกไม้สองดอกที่เกี่ยวข้องกัน

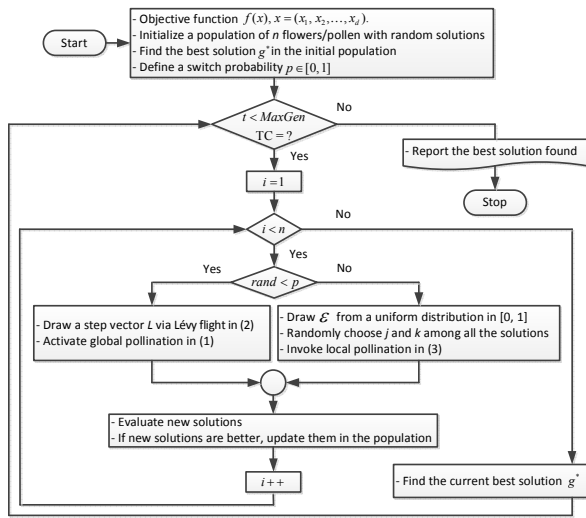
หลักเกณฑ์ที่ 4 การถ่ายละอองเรณูเฉพาะที่และการถ่ายละอองเรณูวงกว้างจะถูกควบคุมด้วยค่าความน่าจะเป็นในการสับเปลี่ยน (Switch Probability) $p \in [0, 1]$

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + L(x_i^{(t)} - g^*) \quad (1)$$

$$L \approx \frac{\lambda \Gamma(\lambda) \sin(\pi\lambda / 2)}{\pi} \frac{1}{s^{(1+\lambda)}}, (s \gg s_0 > 0) \quad (2)$$

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + \mathcal{E}(x_j^{(t)} - x_k^{(t)}) \quad (3)$$

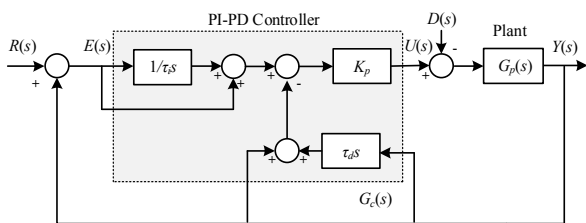
เพื่อเป็นคำแนะนำสำหรับการใช้ค่าพารามิเตอร์ของ FPA เริ่มต้นจะกำหนดจำนวนเรณูดอกไม้ $n = 20 \rightarrow 50$ ค่าความน่าจะเป็นในการสับเปลี่ยนระหว่างการถ่ายละอองเรณูวงกว้าง $p = 0.8$ และในขณะที่การถ่ายละอองเรณูเฉพาะที่ $\lambda = 1.5$ ทั้งนี้ ผู้ใช้งานสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของ FPA ตามความเหมาะสมจากคำแนะนำของ Yang [7] ขั้นตอนวิธีของ FPA แสดงได้ด้วยแผนภูมิของ FPA ดังรูปที่ 1 เมื่อ จำนวนรุ่นการค้นหาลงสูงสุด (MaxGen) ถูกใช้เป็นเกณฑ์ยุติการค้นหา (Termination Criteria: TC)



รูปที่ 1 แผนภูมิของ FPA [7]

3. ปัญหาการปรับแต่งตัวควบคุมพีไอ-พีดี

ตัวควบคุม PI-PD เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบของตัวควบคุม PID ในตัวควบคุม PI-PD พบว่ามีองค์ประกอบ P และ I ที่วางตัวอยู่ในวิถีป้อนไปหน้า และองค์ประกอบ P และ D วางตัวอยู่ในวิถีป้อนกลับของวงรอบการควบคุม ด้วยโครงสร้างที่น่าเสนอ เมื่อสัญญาณอินพุตอ้างอิง $R(s)$ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน จะไม่ส่งผลให้สัญญาณควบคุม $U(s)$ เนื่องจากในวิถีป้อนไปหน้ามีเพียงองค์ประกอบ P และ I ซึ่งเป็นการปรับค่าแบบสัดส่วนและค่าปริพันธ์ (Integral) สัญญาณอินพุตอ้างอิง $R(s)$ เท่านั้น ฟังก์ชันของตัวควบคุม PI-PD ในโดเมนเวลาแสดงได้ดังสมการที่ (4) ในขณะที่ ฟังก์ชันถ่ายโอนวงปิดของระบบควบคุมในรูปที่ 2 แสดงได้ดังสมการที่ (5)



รูปที่ 2 ฟังก์ชันถ่ายโอนวงปิดของระบบควบคุม PI-PD

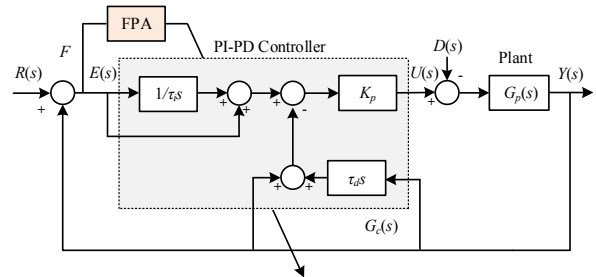
$$u(t)|_{PI-PD} = K_p \left(\left(e(t) + \frac{1}{\tau_i} \int e(t) dt \right) - \left(y(t) + \tau_d \frac{dy(t)}{dt} \right) \right) \quad (4)$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} \Big|_{PI-PD} = \frac{\left(K_p + \frac{K_i}{s} \right) G_p(s)}{1 + \left(K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) G_p(s)} \quad (5)$$

$$G_p(s) = \frac{7.507}{0.002152s^3 + 0.10901s^2 + 1.511s + 5.827} \quad (6)$$

การปรับแต่งระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC จำเป็นต้องทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองของมอเตอร์ DC ตามสมการที่ (6) [4] ในฐานะพลาเน็ตที่ต้องการควบคุม $G_p(s)$ แสดงได้ดังรูปที่ 2 การปรับแต่งตัวควบคุม PI-PD ด้วย FPA แสดงได้ดังรูปที่ 3 ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function: F) กำหนดได้จากผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Sum-Squared Error: SSE) ระหว่างสัญญาณอินพุตอ้างอิง $R(s)$ และสัญญาณเอาต์พุต $Y(s)$ แสดงได้ดังสมการที่ (7) การหาค่าพารามิเตอร์ K_p , K_i และ K_d ที่เหมาะสม สามารถหาจากการป้อนค่า F ให้กับ FPA เพื่อให้น้อยที่สุด และสอดคล้องกับเงื่อนไขสมการดังแสดงในสมการที่ (7) เมื่อ t_r คือ ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) M_p คือ เปอร์เซนต์ค่าพุ่งเกินสูงสุด (Percent Maximum Overshoot) และ e_{ss} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่สถานะอยู่ตัว (Steady-State Error) ตามลำดับ

$$\begin{aligned} \text{Minimize } F &= \sum_{i=1}^N [r(i) - y(i)]^2 \\ \text{subject to } & \left. \begin{aligned} t_r &\leq 0.5 \text{ sec.}, M_p \leq 10\%, e_{ss} \leq 0.1\%, \\ 0 \leq K_p \leq 5.0, 0 \leq K_i \leq 50.0, 0 \leq K_d \leq 0.5 \end{aligned} \right\} \quad (7) \end{aligned}$$



รูปที่ 3 การปรับแต่งตัวควบคุม PI-PD ด้วย FPA

4. ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

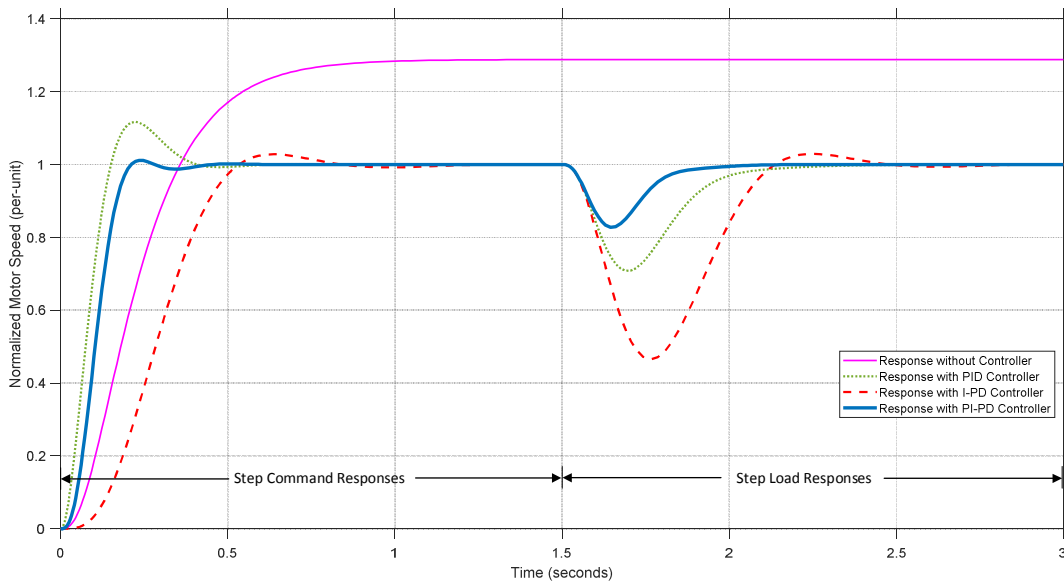
ขั้นตอนวิธีของ FPA ได้รับการพัฒนาด้วยชุดคำสั่งของโปรแกรม MATLAB ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของ FPA ดังนี้ จำนวนละอองเรณูดอกไม้ $n = 22$ ค่าความน่าจะเป็นในการสับเปลี่ยนระหว่างการถ่ายละอองเรณูวงกว้าง $p = 0.8$ และการถ่ายละอองเรณูเฉพาะที่ $\lambda = 1.5$ เมื่อจำนวนรอบของการค้นหาสูงสุด ($MaxGen$) = 1000 รอบ ในฐานะ TC เพื่อให้สอดคล้องกับสมการที่ (7) ดำเนินการค้นหาทั้งหมด 40 ครั้ง เพื่อค้นหาค่าที่ดีที่สุด เมื่อยุติการค้นหาด้วย FPA จะได้ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID I-PD และ PI-PD ที่ถูกออกแบบด้วย FPA แสดงในตารางที่ 1 สมรรถนะและผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC แสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 4 เมื่อ t_s คือ ช่วงเวลาเข้าที่ (Settling Time) t_{reg} คือ ช่วงเวลากำจัดการรบกวน (Disturbance Rejection) และ M_{reg} คือ ขนาดสูงสุดของผลตอบสนองจากการรบกวนหรือการเปลี่ยนแปลงโหลด (Maximum of Disturbance Response or Load Regulation)

บทความวิจัย

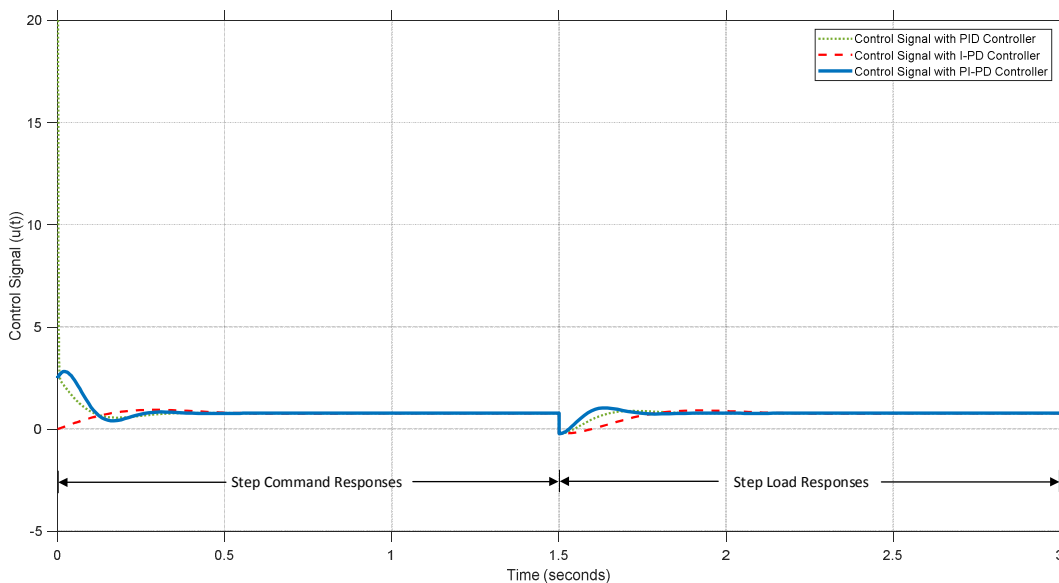
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID I-PD และ PI-PD ที่ถูกออกแบบด้วย FPA

Control Structures	Parameters			Search time (sec.)	Obj. (F)
	K_p	K_i	K_d		
PID	2.5061	12.7439	0.0993	4.0979	94.6093
I-PD	0.9338	6.0000	0.0100	4.2729	292.3678
PI-PD	2.5000	30.0000	0.2033	4.2550	109.3294



รูปที่ 4 ผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC



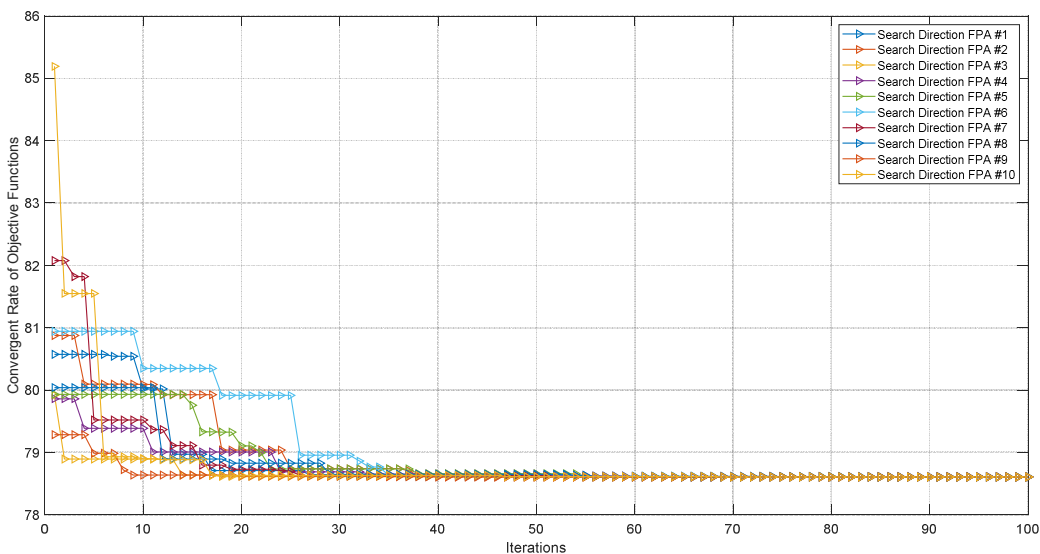
รูปที่ 5 สัญญาณควบคุมของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 2 สมรรถนะของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC

Control Structures	Step Command Responses				Step Load Responses		
	t_r (sec.)	t_s (sec.)	M_p (%)	e_{ss} (%)	t_{reg} (sec.)	M_{reg} (%)	e_{ss} (%)
PID	0.1505	0.3800	11.7240	0.00	0.6630	29.2000	0.00
I-PD	0.5381	0.7730	2.8280	0.00	0.9030	53.4700	0.00
PI-PD	0.2110	0.3760	1.1000	0.00	0.4270	17.2100	0.00



รูปที่ 6 การลู่เข้าหาผลเฉลยของตัวควบคุม PI-PD ด้วย FPA

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 4 พบว่า ตัวควบคุม PID สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC ให้มีผลตอบสนองชั่วคราวที่ดีกว่าตัวควบคุม I-PD และ PI-PD อย่างไรก็ตาม ตัวควบคุม PI-PD ให้ผลตอบสนองชั่วคราวคือ ช่วงเวลาขึ้น t_r ช่วงเวลาเข้าที่ t_s และเปอร์เซ็นต์ค่าพุ่งเกินสูงสุด M_p ที่ดีกว่าตัวควบคุม I-PD เมื่อพิจารณาที่สัญญาณควบคุมในรูปที่ 5 พบว่า การขยายตัวของสัญญาณควบคุม ตัวควบคุม PID จะมีค่ามากกว่าตัวควบคุม I-PD และ PI-PD ในขณะที่ ตัวควบคุม I-PD และ PI-PD สามารถลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมจะมีค่าน้อยกว่าตัวควบคุม PID เมื่อมีสัญญาณรบกวน $d(t) = 1$ เข้ามาในระบบควบคุมที่เวลา 1.5 วินาที พบว่า ตัวควบคุม PI-PD มีช่วงเวลากำจัดการรบกวน t_{reg} และขนาดสูงสุดของผลตอบสนองจากการรบกวนหรือการเปลี่ยนแปลงโหลด M_{reg} น้อยกว่า ตัวควบคุม PID และ I-PD โดยไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนที่สถานะอยู่ตัว e_{ss} การลู่เข้าหาผลเฉลยของปัญหาตามกลไกของ FPA ดำเนินการค้นหา 10 ตัวอย่าง โดยที่จำนวนรอบการค้นหาสูงสุด 100 รอบ ในฐานะ TC หลังจากการยุติการค้นหาด้วย FPA พบว่า ในตัวอย่างที่ 10

จะลู่เข้าหาผลเฉลยวงกว้างได้เร็ว มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ F น้อยที่สุดอยู่ในรอบที่ 69 เท่ากับ 78.6052 ดังแสดงในรูปที่ 6

5. สรุป

การปรับแต่งตัวควบคุม PI-PD ด้วย FPA เพื่อลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุมสำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC ที่นำเสนอในบทความนี้ ตัวควบคุม PI-PD จะมีเทอม P และ I อยู่ในวิถีป้อนไปหน้า และจะมีเทอม P และเทอม D อยู่ในวิถีป้อนกลับ งานวิจัยนี้ประยุกต์ FPA เพื่อปรับแต่งตัวควบคุม PI-PD สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC ผลของการปรับแต่งตัวควบคุม PI-PD จะเปรียบเทียบกับตัวควบคุม PID และตัวควบคุม I-PD ที่ถูกปรับแต่งด้วย FPA จากผลที่ได้รับพบว่า FPA สามารถทำการปรับแต่งตัวควบคุม PID I-PD และ PI-PD อย่างเหมาะสม ตัวควบคุม PI-PD จะมีค่าพุ่งเกินสูงสุดและมีช่วงเวลาเข้าที่น้อยที่สุด และลดการขยายตัวของสัญญาณควบคุม โดยมีค่าใกล้เคียงกับตัวควบคุม I-PD ในขณะที่ มีช่วงเวลากำจัดการรบกวน และขนาดสูงสุดของผลตอบสนองจากการรบกวนน้อยที่สุดเช่นเดียวกัน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 4th ed., Pearson Prentice Hall, 2002.
- [2] N. Minorsky, "Directional Stability of Automatically Steered Bodies," *American Society of Naval Engineering*, vol. 34, 1922, pp. 284.
- [3] J. G. Ziegler and N. B. Nichols, "Optimum Settings for Automatic Standard Methods used for tuning PID Controller are Hand Controllers," *ASME Transaction*, 1992, pp. 759–768.
- [4] M. A. Johnson and M. H. Moradi, *PID control: New Identification and Design Method*, Springer, London, UK, 2005.
- [5] Sato T. and A. Inoue, "A Design Method of Multirate I-PD Controller based on Multirate Generalized Predictive Control Law," in Proc. SICE Annual Conference, 2004, pp. 17–22.
- [6] E. G. Talbi, *Metaheuristics form Design to Implementation*, John Wiley & Sons, 2009.
- [7] X. S. Yang, "Flower pollination algorithm for global optimization," *Unconventional Computation and Natural Computation*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 7445, 2012, pp. 240–249.
- [8] I. Pavlyukevich, "Cooling down Lévy flights," *Journal of Phys. A: Math, Theor.*, vol. 40, 2007, pp. 12299–12313.
- [9] P. Willmer, *Pollination and Floral Ecology*, Princeton University Press, 2011.
- [10] L. Chittka, J. D. Thomson and N. M. Waser, "Flower constancy, insect psychology, and plant evolution," *Naturwissenschaften*, vol. 86, 1999, pp. 361–377.



นฤเบศ อัดโธ กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี สนใจงานวิจัย ขั้นตอนวิธีแบบชาญกลาด



จิตรกรณ์ แสงผาด กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี สนใจงานวิจัย ขั้นตอนวิธีแบบชาญกลาด



ธนากร สรพรหม กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี สนใจงานวิจัย ขั้นตอนวิธีแบบชาญกลาด



ดนุพล คำปัญญา จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี สนใจงานวิจัย การหาค่าเหมาะที่สุดเชิงอภิศักขานี้ก



สัตตการณ์ ไทยพานิช จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี สนใจงานวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลและเหมืองข้อมูล การประมวลผลภาพดิจิทัล

การศึกษาผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์

The study of the effect of generating electricity by using polycrystalline silicon solar cells

นเรศ ชลิ่งสุทธิ, อินทัช ฉันทสัมพันธ์, ชญานนท์ วงษ์เสาร์, พูนศรี วรรณการ และมนัส บุญเกียรติทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4150 E-mail: Narate.c@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเรื่องการศึกษาผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในทิศทางและองศาที่สามารถรับแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด การศึกษาและปรับปรุงใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพให้ได้มากที่สุดนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น บทความนี้เป็นการเปรียบเทียบกรณีศึกษา 2 กรณีคือการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ และการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามแสงอาทิตย์ โดยการทดลองพบว่า การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า 13.00 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 2.79 แอมแปร์ ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า 13.10 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 3.09 แอมแปร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่า การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงนั้นสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า

Abstract

In this article presents electric generating effect of Polycrystalline solar cell. The objective is to study an electric generating effect by solar cell in direction and angle that receives solar rays become direct current electric at maximum efficiency. By studying and improvement solar energy for electric generating in maximum efficiency. So it is necessary to compares between two cases which is in first case installs 15 angles from horizontal line in south direction and second case follows sun's direction. In result of the test which first case generates voltages 13.00 volts and electric currents 2.79 amperes and second case generates voltages 13.10 volts and electric currents 3.09 amperes. From both results of two cases the following sun installation cases generates electric voltages and currents more than 15 angles from horizontal line in south direction.

Keywords: Solar cell, Electric voltage, Electric current

1. บทนำ

ในชีวิตประจำวันเรามักต้องการความสะดวกสบายจึงคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ มากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการนั้นต้องแลกมาด้วยการสูญเสียพลังงานมากมาย เมื่อเล็งเห็นแล้วว่าพลังงานที่เราต้องการใช้ นั้นกำลังจะหมดไป จึงได้มีการค้นหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาและทดแทนแนวทางการแก้ไขคือ การใช้พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทดแทนขึ้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานใต้พิภพ เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดได้จากธรรมชาติเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด หนึ่งในพลังงานที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้นั้นคือ พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

เมื่อปี 2007 [1] ได้มีการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่สามารถผลิตแรงดัน-กระแสได้น้อยจึงได้ออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงสามารถผลิตแรงดัน-กระแสได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ ในปี 2010 [2] ได้ทำการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสง 2 แกนพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสง 2 แกนสามารถเพิ่มพลังงานได้ประมาณ 79.01% หรือมากกว่า 0.02 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kW-h) ซึ่งมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ที่ทำได้ ในปี 2015 [3] ได้มีการเปรียบเทียบพลังงานที่เก็บได้ทั้ง 5 วันพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสง 1 แกน นั้นจะมีค่าผลิตกำลังไฟฟ้ามากกว่าแบบติดตั้งแผงอยู่กับที่โดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ตามแสงอาทิตย์แบบ 1 แกนได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 14.65 วัตต์เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งโครงทำมุม 15 องศา ได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 10.46 วัตต์ซึ่งคิดเป็นค่าความแตกต่างเท่ากับ 4.19 วัตต์และวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงโซลาร์เซลล์ตามความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์แบบ 1 แกนใช้กำลังในการขับเคลื่อนแผงเฉลี่ย 3.63 วัตต์ จึงทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกำลังในการผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่กับที่คิดเป็น 5.35 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นบทความจึงได้ทำการศึกษาคิดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น กรณีศึกษาซึ่งมี 2 กรณีคือ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ และการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามแสงอาทิตย์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2. การค้นพบเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกคิดค้นและสร้างจนสำเร็จ เมื่อปี ค.ศ.1954 ที่โดย แชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และ เพียสัน (Pearson) แห่ง เบลล์เทเลโฟน (Bell Telephone) ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งในตอนแรกนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ถูกผลิตเพื่อใช้สำหรับโครงการในอวกาศเท่านั้น โดยนักวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 คนนี้ได้คิดค้นเทคโนโลยีใหม่โดยการสร้างรอยต่อพี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ซึ่งเป็นวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอนจนทำให้ได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6 % เท่านั้น เซลล์แสงอาทิตย์ [4] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เซลล์แสงอาทิตย์

3. หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานไปกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า N-type Silicon อยู่ด้านหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้อิเล็กตรอนโดยป้อนด้วยสารฟอสฟอรัสทำให้มีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ จะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน และ P-type Silicon คือสารกึ่งตัวนำที่ได้อิเล็กตรอนโดยป้อนด้วยสารโบรอน โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) ทำให้มีคุณสมบัติพิเศษ [5]

เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำ N-type Silicon และ P-type Silicon มาประกบต่อกันด้วย P-N junction จึงทำให้เกิดเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในสภาวะยังไม่มีการแผดแสง N-type Silicon ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมจะให้อิเล็กตรอน ด้านหน้าของ N-type Silicon จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน P-type Silicon ซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล ด้านหลังของ P-type Silicon จะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล [6]

4. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์

เซลล์แสงอาทิตย์ หรืออีกชื่อคือ เซลล์โฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเซลล์แสงอาทิตย์มักถูกทำจากวัสดุซิลิกอน (Silicon) หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้สามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าได้ เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์พลังงานจากแสงอาทิตย์จะกระตุ้นอิเล็กตรอนในชั้นตัวนำ โดยทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ที่เป็นกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไฟฟ้าไปใช้งานได้ทันทีหรือเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้งานภายหลังได้ [7]

เซลล์แสงอาทิตย์ประเภท โพลีคริสตัลไลน์ ดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีลักษณะการผลิตแบบไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีของแข็งหลายอย่างที่เรียกว่า "grains" หรือ "crystals" ซึ่งมาจากการการแขวนตามของโมเลกุลในระหว่างการแข็งตัว ซึ่งทำให้มีขอบเส้นเล็ก ๆ ที่เรียกว่า "grain boundaries" ระหว่าง crystals แต่ละชิ้น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะมีราคาต่ำกว่าและประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า monocrystalline cells ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีคุณภาพสูงกว่า แต่ยังมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ และยังมีต้นทุนที่ต่ำต่อสภาวะอากาศและการใช้งานในระยะยาวด้วย โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้จะมีสีเขียว-น้ำเงินเมื่อมองดูจากด้านบน เนื่องจากผิวที่สมบูรณ์และต้นทุนที่สูง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ [8]



รูปที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์

5. เซนเซอร์รับแสง (LDR)

แอลดีอาร์ (LDR) หรือ Light Dependent Resistor ความหมายตรงตัวคือ "ตัวต้านทานรับแสง" LDR คือ ตัวต้านทานที่สามารถเปลี่ยนสภาพทางความนำไฟฟ้าเมื่อมีแสงมากระทบ บางครั้งเรียกว่า โฟโตริซิสเตอร์ (Photo Resistor) หรือ โฟโตคอนดักเตอร์ (Photo Conductor) เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ประเภทแคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cadmium Selenide) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา โดยจะใช้เซนเซอร์ LDR 2 ตัวในการรับแสงอาทิตย์โดยที่จะติดตั้งเซนเซอร์ LDR ไว้ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา เมื่อเซนเซอร์ฝั่งใดฝั่งหนึ่งรับแสงอาทิตย์ได้ไม่เท่ากับเซนเซอร์อีกฝั่งหนึ่งก็จะทำหน้าที่สั่งให้มอเตอร์หมุนไปในทางที่รับแสงอาทิตย์ได้เท่ากัน [9]

บทความวิจัย

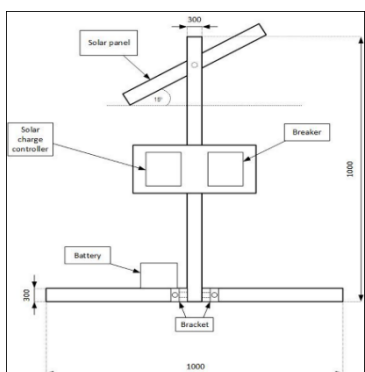
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

6. ตัวตั้งเวลา (Timer)

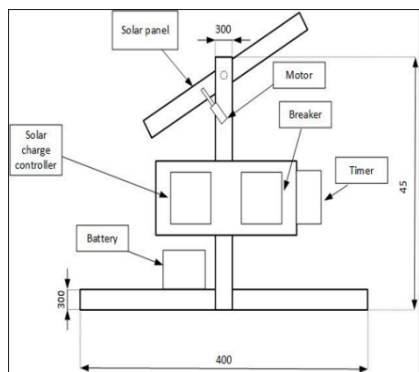
Timer (ไทมเมอร์) คือ อุปกรณ์หรือโปรแกรมที่ใช้ในการวัดหรือตั้งเวลาในการดำเนินงานต่าง ๆ โดยมีจะนับถอยหลังจนถึงเวลาที่ตั้งไว้หรือกำหนดเวลาเพื่อให้เกิดเหตุการณ์บางอย่าง เมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ซึ่งอาจใช้ในหลายสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้ Timer 1 ตัว ในการควบคุม โดย Timer ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์การหมุนเพื่อเปลี่ยนองศารับแสงอาทิตย์ โดยจะประกอบด้วย 5 ช่วงเวลา ในช่วงเวลาที่ 1 7.00 น. ช่วงที่ 2 10.00 น. ช่วงที่ 3 12.00 น. ช่วงที่ 4 14.00 น. และ ช่วงที่ 5 17.00 น. โดยจะกำหนดให้ Timer ในแต่ละช่วงเวลาทำงาน 20 วินาทีเพื่อไปควบคุมเซนเซอร์ LDR

7. กรณีศึกษา

บทความนี้เป็นเปรียบเทียบกรณีศึกษา 2 กรณีคือ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ ดังแสดงในรูปที่ 3 และการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันตามแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยทำโครงสร้างขึ้นมา 2 ชุด โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 12 V 50 W จำนวน 2 แผง ชุดที่ 1 เป็นการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ และชุดที่ 2 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันตามแสงอาทิตย์ เวลาในการทดสอบ 7.00 น. – 17.00 น.



รูปที่ 3 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ



รูปที่ 4 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดหมุนตามแสง



รูปที่ 5 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ และการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดหมุนตามแสง

ตารางที่ 1 คือ ผลการทดลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ

เวลา	แรงดัน (V)	กระแส (A)	อุณหภูมิ (°C)
7.00	12.28	0.22	27°
8.00	13.03	0.42	31°
9.00	13.46	1.82	34°
10.00	13.15	3.27	39°
11.00	13.10	4.07	40°
12.00	13.06	4.62	41°
13.00	12.90	4.65	41°
14.00	13.01	4.33	40°
15.00	12.93	3.65	38°
16.00	12.92	2.45	37°
17.00	13.17	1.31	35°

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันตามแสงอาทิตย์

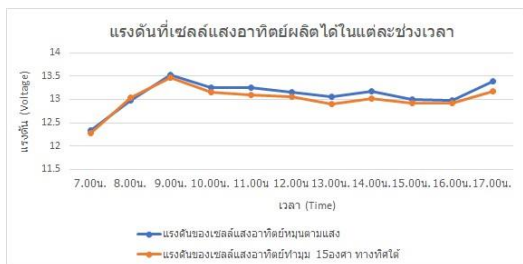
เวลา	แรงดัน (V)	กระแส (A)	อุณหภูมิ (°C)
7.00	12.33	0.22	27°
8.00	12.98	0.45	31°
9.00	13.58	2.17	34°
10.00	13.26	3.67	39°
11.00	13.25	4.24	40°
12.00	13.16	4.49	41°
13.00	13.06	4.55	41°
14.00	13.18	4.52	40°
15.00	13.00	4.28	38°
16.00	12.98	3.37	37°
17.00	13.38	2.07	35°

บทความวิจัย

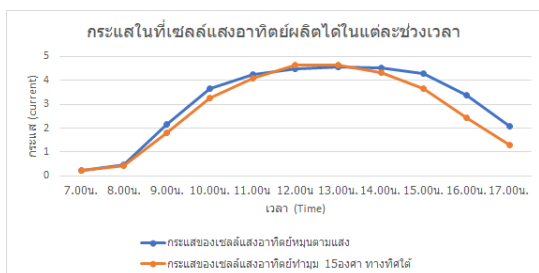
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

8. สรุปวิจารณ์ผล

บทความนี้เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ กับ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 6 และกระแสไฟฟ้าของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ กับ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบแรงดันตั้งแต่ 7.00 น. – 17.00 น.



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 7.00 น. – 17.00 น.

9. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบกรณีศึกษา 2 กรณีคือ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ และการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามแสงอาทิตย์ โดยจากการทดลองพบว่า การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า 13.00 V และกระแสไฟฟ้า 2.79 A ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า 13.10 V และกระแสไฟฟ้า 3.09 A ซึ่งจะเห็นได้ว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงนั้นสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้ทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบ

10. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Al Jumlat Ahmed and Shougat Nazbin Khan, "Performance Evaluation of Solar Panel and Proposed New Algorithm of Solar Tracking System," 2007 International Conference on Green Energy and Technology, 2007.
- [2] Raian Islam and Murad Mehrab Abrar, "Comparative Analysis of a Bifacial and a Polycrystalline Solar Cell Device Performances by Optimizing Effective Parameters Using PC1D," in 2010 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies, 2010.
- [3] Falah I. Mustafa, Sarmid Shakir, Faiz F. Mustafa and Athmar thamer naiyf, "Simple Design and Implementation of Solar tracking System Two Axis with Four Sensors for Baghdad city," in 2015 The International Renewable Energy Congress, 2015.
- [4] Narate Charlangsut, Natchapol Ruangsap and Nattachote Rugthaicharoenchep, "Adjustment Voltage Drop in Commercial with Photovoltaic and Battery Energy Storage System on Death End Distribution System," 2023 International Electrical Engineering Congress (iEECON), 2023.
- [5] M. S. Siddiqui, Vinayan Bhardwaj, A. K. Saxena and S. P. Singh, "Processing of Silicon Heterojunction Solar Cell and Its Secondary Ion Mass Spectrometric Characterization," 2018 International Conference on Recent Innovations in Electrical, Electronics & Communication Engineering (ICRIEECE), 2018.
- [6] Narate Charlangsut, Natchapol Ruangsap and Nattachote Rugthaicharoenchep, "An Assessment of a Return from Carbon Credit of a Hybrid Solar Rooftop System," 2023 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI), 2023.
- [7] Oisin O'Conchubhair, Patrick McEvoy and Max J. Ammann "Integrated antenna currents on a polycrystalline silicon solar cell ", 2015 9th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2015.
- [8] Runze Ji, Shuo Shan, Kanjian Zhang and Haikun Wei, "The Self-labeling of Unsupervised Polycrystalline Solar Cell Micro-crack Images", 2020 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering, 2020.
- [9] Mohamed Alyagoot Elgailani, Ahmed H. H. Al-Masoodi, Nohaidha Binti Sariff, and Nader Abdulrahman, "Light Dependent Resistor Sensor Used for Optimal Power Consumption for Indoor Lighting System," 2021 2nd International Conference on Smart Computing and Electronic Enterprise (ICSCEE), 2021.

การพัฒนาชุดควบคุมปรับระดับค่า pH ในน้ำผ่านโทรศัพท์มือถือ

Development of A Control Unit for Adjusting pH levels in Water via A Mobile Phone

ธนรัตน์ ตันมณีประเสริฐ สิทธิพล สุดสังข์ จิรายู รุ่งกลสุเวช ณ์ัฐพล คงแสน
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 E-mail: thanarat.t@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็น การนำเสนองานออกแบบและสร้างระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอัตโนมัติแบบพกพา โดยการควบคุมสั่งงานผ่านมือถือ เพื่อสามารถนำไปใช้ในแปลงผักไฮโดรโปนิคส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดควบคุมให้สามารถปรับตั้งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอัตโนมัติ และทำการควบคุมสั่งงานผ่านแพลตฟอร์มบนโทรศัพท์มือถือเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายได้

คำสำคัญ : ระบบควบคุม; กรด-ด่าง; น้ำ; ฟาร์มผักไฮโดรโปนิคส์; แพลตฟอร์ม; โทรศัพท์มือถือ, อินเทอร์เน็ต

Abstract

This article presents the design and construction of a portable automatic water pH control system by controlling work through a mobile phone for hydroponic vegetable farms. The objective of this study is to create a control unit that can automatically adjust the pH of the water which can be controlled and operated via a mobile platform connected to a wireless internet network.

Keywords: control system; pH; water; hydroponic vegetable farms; platform; mobile phone; internet

1. บทนำ

น้ำถือเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยมีความสำคัญทั้งในภาคครัวเรือน ด้านเกษตรกรรม สถานประกอบการ และโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งแนวโน้มการใช้ปริมาณน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากทุกปี

ดังนั้นการนำเทคโนโลยีในปัจจุบันมาพัฒนาคุณภาพของน้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญ [1-5] โดยการนำระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ในระบบควบคุม [6-8] ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาออกแบบและสร้างระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในแปลงผักไฮโดรโปนิคส์ โดยสามารถกำหนดช่วงของค่าพีเอช (pH) ที่ต้องการควบคุมได้ตลอดเวลาการทำงานและระบบจะทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหรือสายละลายได้แบบอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์มือถือ

2. ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้น

ค่าความเป็นกรด-ด่างหรือค่า pH ของสายละลายได้มาจากการนำตัวอักษร p ที่มีความหมายว่า power และ H ที่เป็นสัญลักษณ์ของไฮโดรเจนรวมกัน โดยค่า pH แสดงถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เพื่อแสดงความเป็นกรด-ด่าง (เบส) ในสารละลาย

ค่า pH คือการวัดความเป็นกรดหรือด่าง (เบส) ของสารละลาย ซึ่งถูกกำหนดโดยความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสายละลาย ถ้ามีค่า pH เท่ากับ 7 แสดงความเป็นกลาง ซึ่งจะมีระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนเท่ากัน ในส่วนสายละลายที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด และในสายละลายที่มีค่า pH สูงกว่า 7 ถือว่าเป็นด่างหรือเบส

ในปัจจุบันค่า pH สามารถถูกวัดด้วยกระดาษลิตมัส โดยนำไปจุ่มลงในสายละลายที่เป็นของเหลว ซึ่งผลการวัดจะแสดงด้วยการเปลี่ยนสี จากนั้นผู้ใช้ทำการเทียบสีจากหิ้งหลอดผลิตภัณฑ์ เช่น เมื่อกระดาษลิตมัสเปลี่ยนเป็นสีแดงตอบสนองต่อสภาวะที่เป็นกรด (pH น้อยกว่า 7) และเมื่อเป็นกลาง (pH เท่ากับ 7) กระดาษลิตมัสจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องการความแม่นยำสูง

สำหรับงานที่ต้องการวัดระดับค่า pH ให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องมากขึ้นและแสดงผลบนหน้าจอจิจิตอลบนเครื่องวัด สามารถวัดด้วยเครื่องมือ pH Meter ซึ่งมีโพรบหรืออิเล็กโทรด ซึ่งเป็นหลอดแก้วที่ไวต่อไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสายละลายที่กำลังทดสอบ โดยเมื่อวางอิเล็กโทรดในสายละลายจะสร้างกระแสไฟฟ้าขนาดเล็กที่เป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสายละลาย ซึ่งกระแสนี้จะถูกแปลงเป็นค่า pH ดังรูปที่ 1



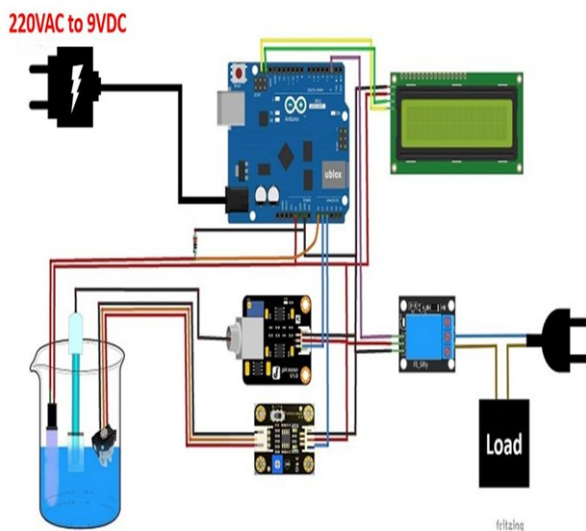
รูปที่ 1 อิเล็กโทรดวัดค่า pH ของสายละลาย

บทความวิจัย

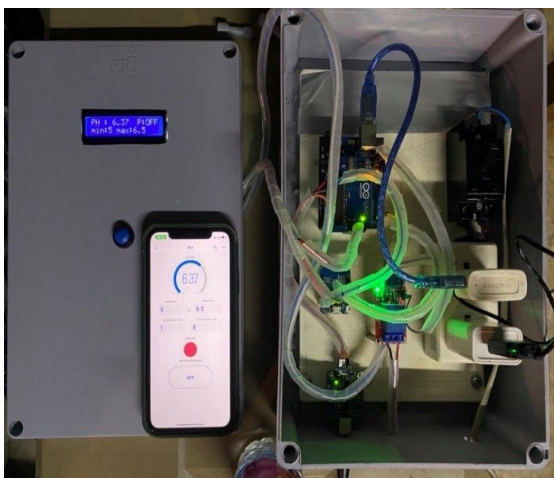
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2.2 การออกแบบและประกอบสร้าง

การออกแบบชุดควบคุมปรับระดับค่า pH ในน้ำผ่านโทรศัพท์มือถือ จะมีโครงสร้างขององค์ประกอบการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเมื่อต่อพลังงานไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 VAC 50 Hz ผ่านอุปกรณ์สวิตซ์ตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) จากนั้นแปลงเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวอแดปเตอร์ (Adapter) 9 V เพื่อจ่ายพลังงานให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno WiFi Rev2 ที่ได้รับการเขียนโปรแกรมให้ควบคุมการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์วัดค่า pH และชุดโซลินอยด์วาล์วของปั๊มน้ำที่อยู่ภายในภาชนะบรรจุสายละลาย โดยสามารถนำค่า pH ที่วัดได้แสดงผลผ่านจอแสดงผล LCD Display และแสดงผลผ่านแพลตฟอร์มบลิง (Blynk Platform) ที่ติดตั้งแอปพลิเคชันลงในมือถือได้



รูปที่ 2 การออกแบบขององค์ประกอบชุดควบคุมปรับระดับค่า pH

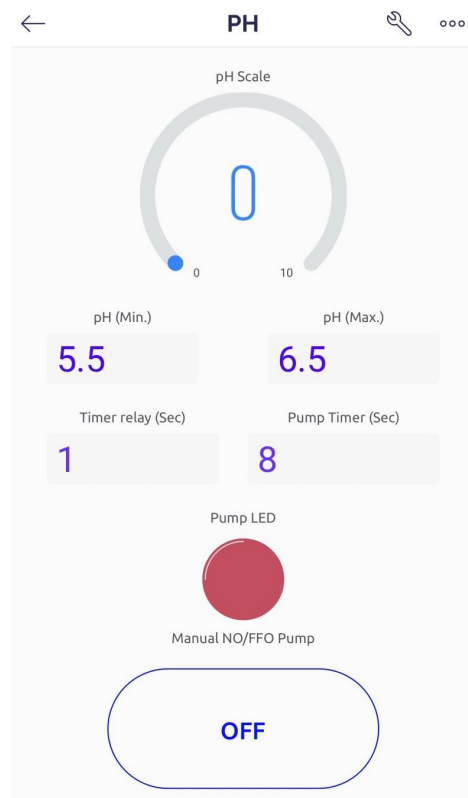


รูปที่ 3 องค์ประกอบโครงสร้างของชุดควบคุมปรับระดับค่า pH

สำหรับการประกอบโครงสร้างของชุดควบคุมปรับระดับค่า pH ในน้ำผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะอยู่ภายในกล่องพลาสติกเพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้งานดังแสดงในรูปที่ 3

2.3 ผลการทดสอบชุดควบคุมปรับระดับค่า pH

ผลการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมปรับระดับค่า pH โดยแพลตฟอร์มแสดงสถานะก่อนการวัดค่าระดับ pH ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีโครงสร้างแพลตฟอร์มประกอบด้วย สเกลวัดระดับค่า pH ช่องใส่ค่าของช่วงระดับสูงและต่ำ pH ที่ต้องการ ช่องใส่ค่าหน่วยเวลาการทำงานของชุดรีเลย์ในการวัดค่า pH ใหม่อีกครั้งหน่วยเป็นวินาที ช่องตั้งค่าเวลาระยะเวลาการทำงานของปั๊มน้ำเพิ่มเติมสายละลายหน่วยเป็นวินาที ปุ่มควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำพร้อมหลอดไฟแสดงสถานะ โดยถ้าหลอดไฟสีแดงแสดงถึงปั๊มน้ำหยุดการทำงาน และถ้าหลอดไฟสีเขียวแสดงถึงปั๊มน้ำกำลังทำงาน



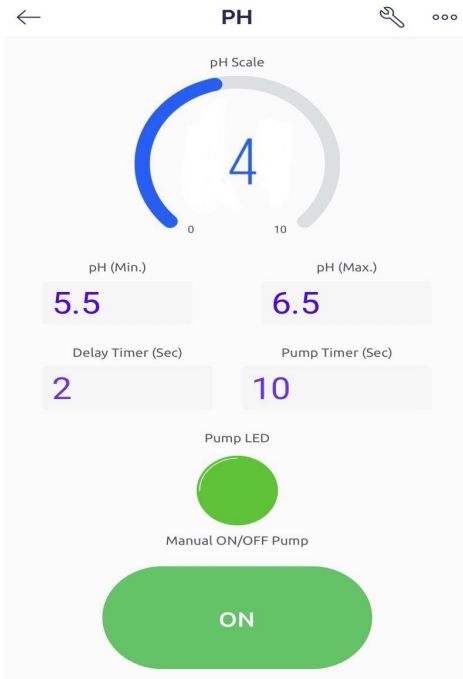
รูปที่ 3 แพลตฟอร์มแสดงสถานะก่อนการวัดค่าระดับ pH

สำหรับผลการทดสอบชุดควบคุมปรับระดับค่า pH ไปใช้กับสำหรับแปลงผักไฮโดรโปนิคส์ โดยปรับช่วงของระดับ pH ระหว่าง 5.5 ถึง 6.5 และตั้งค่าเวลาหน่วยการทำงานของปั๊มน้ำไว้ที่ 10 วินาที ขณะเริ่มต้นนำอิเล็กทรอนิกส์วัดค่า pH ของสายละลายได้ 4 จึงสั่งควบคุมให้ปั๊มน้ำทำงานพร้อมไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว ซึ่งเป็นการเติมสารละลายเข้า

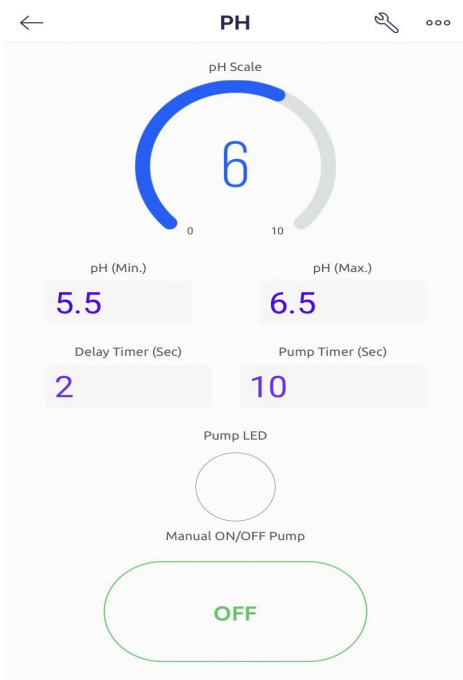
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

สู่ระบบน้ำของฟาร์มผักไฮโดรโปนิคส์ ดังแสดงในรูปที่ 4 จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที สามารถวัดค่า pH ของสายละลายได้ 6 ทำให้ปั๊มน้ำหยุดการทำงาน โดยเป็นการหยุดการเติมสารละลายเข้าสู่ระบบน้ำของแปลงผักไฮโดรโปนิคส์ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 แพลตฟอร์มแสดงสถานะการวัดค่าระดับ pH เท่ากับ 4

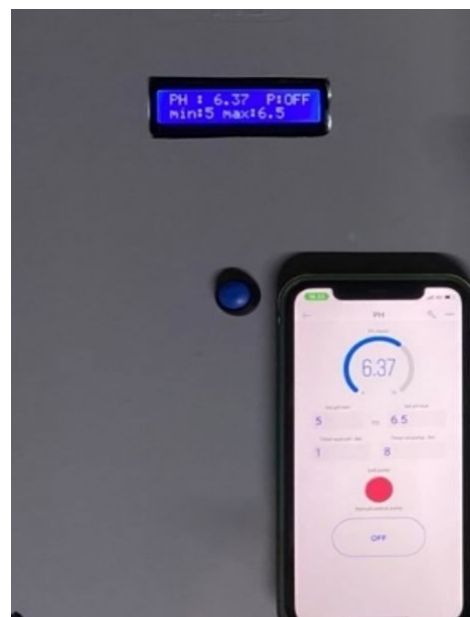


รูปที่ 5 แพลตฟอร์มแสดงสถานะการวัดค่าระดับ pH เท่ากับ 6

สำหรับผลการนำชุดควบคุมปรับระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแบบพกพาได้ไปใช้ในแปลงผักไฮโดรโปนิคส์ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งชุดควบคุมสามารถแสดงผลการวัดค่าระดับ pH แบบดิจิทัล (Digital) ผ่านหน้าจอ (Liquid Crystal Display: LCD) ของตัวเครื่อง และแสดงผลผ่านแพลตฟอร์มบนโทรศัพท์มือถืออีกค่าเท่ากันดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 การนำชุดควบคุมไปใช้ในแปลงผักไฮโดรโปนิคส์



รูปที่ 7 ผลการวัดค่า pH แบบดิจิทัลและผ่านแพลตฟอร์มบนมือถือ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3. สรุป

จากผลการทดสอบพบว่าการทำงานของชุดควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอัตโนมัติแบบพกพาได้สามารถนำไปใช้ในการสำหรับแปลงผักไฮโดรโปนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่อเปรียบเทียบการแสดงผลการวัดค่าระดับ pH แบบดิจิทัลของตัวเครื่องและผลการวัดค่าระดับ pH ผ่านแพลตฟอร์มบนโทรศัพท์มือถือจะมีค่าเท่ากัน

จากผลงานวิจัยนี้สามารถพัฒนาต่อยอดชุดควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอัตโนมัติให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตร และภาคโรงงานอุตสาหกรรม เช่น บ่อบำบัดน้ำเสีย สระว่ายน้ำ บ่อสารเคมีในโรงงานต่างๆ ได้

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

- [1] G. J. Prasunambika, N. Angadala, P. G. Alajangi and S. R. Vanga, "Smart monitoring and automated pH controlled system," in *IEEE Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, India, 2023, pp. 1-6.
- [2] R. Seetharaman, N. Nivetha, S. V. Dakshin, K. Anandan and R. R. Sreeja, "Arduino based system for domestic waste water management using pH sensor," in *IEEE Conference on 6th IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud (I-SMAC)*, Nepal, 2022, pp. 352-355.
- [3] A. Vijayalakshmi, S. eswarapandian, S. Kavin and M. Nareshkumar, "Smart IoT based water monitoring and control system," in *IEEE Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)*, India, 2023, pp. 1-6.
- [4] R. Dong, W. Wu, F. Liu, J. Li, H. Hu, W. Liu and J. Li, "Software development of remote control system for water treatment equipment based on internet of things technology," in *IEEE Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS)*, China, 2018, pp. 33-39.
- [5] P. Singh and P. Padalkar, "IoT based water pollution reporting system: An IoT based system for controlling pollution in water," in *IEEE Conference on 2nd Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*, India, 2021, pp. 1-6.
- [6] ธนารัตน์ ดันมณีประเสริฐ และณัฐ โชติ รักไทยเจริญชีพ. (2564). การออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วรอบและการกลับทิศทางการหมุนแบบอัตโนมัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 (น. 372-375). สถาบันวิจัยและพัฒนา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

- [7] ธนารัตน์ ดันมณีประเสริฐ, สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ, และณัฐ โชติ รักไทยเจริญชีพ. (2565). การออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบพลังงานไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์มือถือ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14 (น. 116-119). กุ๊กเต้: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- [8] ธนารัตน์ ดันมณีประเสริฐ, พูนศรี วรรณการ, สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์, พนา ดุสิตากร, ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว, และณัฐ โชติ รักไทยเจริญชีพ. (2566). การออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบทำความเย็นแบบพกพา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15 (น. 542-545). นครพนม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.



ธนารัตน์ ดันมณีประเสริฐ สำเร็จการศึกษาปริญญาเอก (Ph.D.) สาขา Electronics and Electrical Engineering ณ University of Southampton, UK เชี่ยวชาญงานวิจัยระบบควบคุมอัตโนมัติ, วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง, การประยุกต์ใช้นวัตกรรมในระบบไฟฟ้ากำลัง



ลิทธิพล สูดสังข์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี (B.Eng.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เชี่ยวชาญงานวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง



จิรายุ รุ่งกมลสุขเวช สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี (B.Eng.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เชี่ยวชาญงานวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง



ณัฐพล คงเสน สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี (B.Eng.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เชี่ยวชาญงานวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส

Three Phase Induction Motor Used with Single Phase System

พูนศรี วรรณการ วิศรุต ประจงไสย พงศ์เพชร ภูมิเขียน พนา ดุสิตากร มนต์ บุญเกียรติทอง สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ

สุรเชษฐ เดชทุ่ง และ ศาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: poonsri.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส เพื่อแก้ไขปัญหาในกรณีที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส อาศัยหลักการทำงานของตัวเก็บประจุซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์สามารถเริ่มทำงานได้ โดยค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ทดสอบในงานวิจัยนี้มี 4 ค่า ได้แก่ 25 μF , 35 μF , 40 μF และ 45 μF จากนั้นทำการวัดค่าแรงดัน (V), กระแส (I), กำลังไฟฟ้า (P), แรงบิด (T) และความเร็วยรอบ (RPM) เพื่อเปรียบเทียบตัวเก็บประจุแต่ละตัวว่าตัวใดสามารถสตาร์ทมอเตอร์ให้หมุนได้ มีความเหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด และมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมถึงได้มีการการออกแบบและคำนวณเพื่อเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมกับค่าตัวเก็บประจุ

คำสำคัญ : มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส; ตัวเก็บประจุ; ความเร็วยรอบ

Abstract

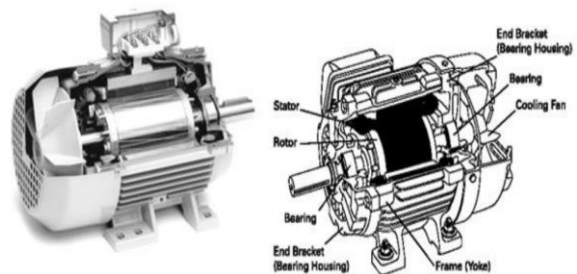
This article presents the application of a 3-phase induction motor to a 1-phase power system in order to solve the problem in the absence of a 3-phase power supply. It relies on the working principle of a capacitor, which is an electrical device that stores charge so that the motor can start rotating. There are four capacitor values used for testing in this research are 25 μF , 35 μF , 40 μF , and 45 μF . Then measure voltage (V), current (I), power (P), torque (T), and rotational speed (RPM) to compare each capacitor to see which one can start the motor to rotate, most suitable for use and most effective. Additional, the design and calculation to choose the motor that is suitable for the capacitor value.

Keywords: 3-phase induction motor; capacitor; rotational speed

1. บทนำ

ในบางสถานการณ์ที่ไม่สามารถหาแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟสได้ อาจเนื่องมาจากอยู่ห่างไกลในชนบท หรือมีการปั่นไฟฟ้าใช้เอง ซึ่งมีเฉพาะไฟฟ้าเฟสเดียว แต่มีความจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ตัวใหญ่ย่อมเป็นการยากที่จะหาซื้อมอเตอร์เฟสเดียวที่มีขนาดใหญ่ เพราะโดยส่วนใหญ่จะผลิตมาเป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟสเสียเป็นส่วนใหญ่นั่นเองหรือเมื่อมอเตอร์ตัวใหญ่

มากๆ ชุดเริ่มหมุน หรืออุปกรณ์อาจจะไม่สามารถหาได้ดังนั้น การตัดแปลงเอามอเตอร์ 3 เฟสมาใช้กับไฟเฟสเดียว ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาได้ ปัญหาของการนำเอามอเตอร์ 3 เฟสมาใช้กับไฟเฟสเดียวคือ เราไม่สามารถเริ่มหมุนมอเตอร์โดยใช้ไฟเฟสเดียวได้เพราะแรงบิดเริ่มหมุนจะมีค่าต่ำมาก และลักษณะคุณสมบัติของมอเตอร์จะไม่ค่อยดีนัก ทำให้มอเตอร์แบบนี้เหมาะสำหรับขับโหลดแบบพัดลมและใช้กับเครื่องจักรที่เริ่มหมุนแบบตัวเปล่า หรือไม่มีโหลดต่อกับมอเตอร์เพื่อแก้ไขสถานการณ์ที่ไม่สามารถหาแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟสได้ จึงได้มีการประยุกต์ใช้คาปาซิเตอร์มาต่อร่วมกับขดลวดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อให้สามารถใช้งานได้กับไฟ 1 เฟสในการช่วยให้อุปกรณ์เหนี่ยวนำ 3 เฟสทำงานหมุนลุดโหลดได้ [1-4] ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ 1. สเตเตอร์ส่วนที่อยู่กับที่ 2. โรเตอร์ส่วนที่หมุนได้



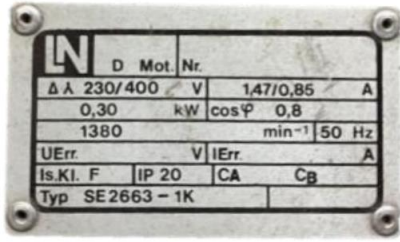
รูปที่ 1 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

สเตเตอร์และโรเตอร์ทำด้วยแกนเหล็กแผ่นไฟฟ้าที่เคลือบผิวทั้ง 2 หน้าด้วยฉนวนเช่นเดียวกับแกนเหล็กหม้อแปลง แผ่นเหล็กแต่ละแผ่นนำไปบีบด้วยเครื่องบีบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง จำนวนสล๊อตภายในสำหรับสเตเตอร์และสล๊อตภายนอกสำหรับโรเตอร์ตามขนาดมาตรฐานที่ต้องการแล้วนำหลายๆแผ่นมาวางเรียงซ้อนกันอัดแน่นให้ได้ความลึกตามขนาดมาตรฐานของมอเตอร์นั้น ๆ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2. มอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2 แผ่นป้ายพิกัดมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

แผ่นป้ายพิกัดมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองแสดงในรูปที่ 2 เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส รับแรงดันไฟ 3 เฟสระหว่างสายอยู่ที่พิกัดขนะต่อแบบสตาร์ไม่เกิน 230 โวลต์ รับแรงดันไฟ 3 เฟสระหว่างสายอยู่ที่พิกัดขนะต่อแบบเดลต้าไม่เกิน 400 โวลต์ มีพิกัดกระแสขนะต่อแบบเดลต้าอยู่ที่ 1.47 แอมป์ และพิกัดกระแสขนะต่อแบบสตาร์อยู่ที่ 0.85 แอมป์ มีพิกัดกำลังไฟ 300 วัตต์ มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.8 มีความเร็วรอบพิกัดอยู่ที่ 1380 รอบต่อนาที เมื่อทดสอบมอเตอร์ที่ความถี่ป้อนเข้ามอเตอร์เท่ากับ 50 Hz

3. ชนิดคาปาซิเตอร์ที่เลือกมาใช้ในการทดสอบ

งานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวเก็บประจุชนิดโพลีโพรพิลีน ซึ่งแสดงในรูปที่ 3 โดยตัวเก็บประจุชนิดนี้มีข้อดีของการคายประจุต่ำ ความต้านทานของฉนวนสูง ประสิทธิภาพด้านไฟฟ้าที่คงที่ ตัวเก็บประจุแบบนี้เหมาะสำหรับใช้งานกับมอเตอร์ในการช่วยสตาร์ทและช่วยในการทำงานของมอเตอร์[5]



รูปที่ 3 ตัวเก็บประจุชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene Capacitor)

4. การเลือกขนาดคาปาซิเตอร์

ค่าของตัวเก็บประจุที่ใช้ในการต่อให้กับมอเตอร์ 3 เฟสไปใช้กับไฟ 1 เฟส[6] สามารถหาค่าได้ดังสมการที่ (1)

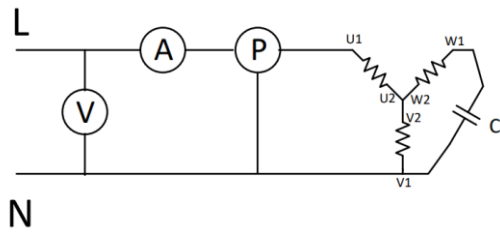
$$C = 50 \times Hp \times \left(\frac{220}{V}\right)^2 \times \left(\frac{50}{f}\right) \quad (1)$$

โดย

- C = ค่าตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็น ไมโครฟารัด
- Hp = แรงม้าของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น แรงม้า
- V = แรงดันไฟฟ้า 1 เฟส มีหน่วยเป็น โวลต์
- f = ความถี่ไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์

5. วงจรการต่อมอเตอร์ คาปาซิเตอร์ และเครื่องวัดไฟฟ้าต่างๆ

การต่อขดลวดสเตเตอร์มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ตัวเก็บประจุ เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า และเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า [7] ต่อวงจรมตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 การต่อขดลวดสเตเตอร์มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ตัวเก็บประจุ เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า และเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

6. ผลการทดสอบ

ลำดับขั้นการทดสอบ

1. ต่อเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้างดังรูปที่ 4
2. ต่อสายไฟเข้ามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส และตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 4
3. เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 45 μF ต่อในวงจรมตามรูปที่ 4 ปรับ โหลดทางกลที่เพลามอเตอร์ตามค่าในตารางที่ 1 บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า แรงบิดเอาต์พุต และความเร็วรอบเพลามอเตอร์ บันทึกผลลงในตารางที่ 1
4. เปลี่ยนตัวเก็บประจุเป็นขนาด 40 μF, 35 μF และ 25 μF ต่อในวงจรมตามรูปที่ 4 ปรับ โหลดทางกลที่เพลามอเตอร์ตามค่าในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4 บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า แรงบิดเอาต์พุต และความเร็วรอบเพลามอเตอร์ บันทึกผลลงในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4 ตามลำดับ

การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส มีการทดสอบตามรูปที่ 5 โดยชุดควบคุมโหลดทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวควบคุมโหลดทางกลเอาต์พุตแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้กับระบบไฟฟ้า 1

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 6 ชุดควบคุมโหลดทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 45 μF ต่อวงจรตามรูปที่ 4 ป้อนแรงดันไฟฟ้า 1 เฟส ให้กับมอเตอร์ แล้วทำการทดสอบมอเตอร์ที่สภาวะโหลดต่างๆ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบมอเตอร์เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 45 μF

V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	τ_{out} (N.m)	N_r (rpm)	P_{out} (W)	% η
233.9	1.5	402	0	1340	0	0
234.3	1.6	406	0.5	990	51.836	12.767
234.3	1.7	407	0.55	0	0	0

เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF ต่อวงจรตามรูปที่ 4 ป้อนแรงดันไฟฟ้า 1 เฟส ให้กับมอเตอร์ แล้วทำการทดสอบมอเตอร์ที่สภาวะโหลดต่างๆ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบมอเตอร์เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF

V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	τ_{out} (N.m)	N_r (rpm)	P_{out} (W)	% η
234	1.4	403	0	1350	0	0
233.4	1.4	403	0.2	1260	28.274	7.015
233.7	1.4	404	0.4	1150	52.779	13.064
233.9	1.6	410	0.6	0	0	0

เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 35 μF ต่อวงจรตามรูปที่ 4 บันทึกราค่าต่างๆ ลงในตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบมอเตอร์เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 35 μF

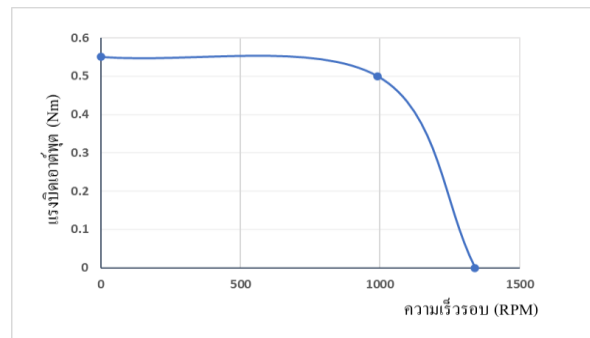
V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	τ_{out} (N.m)	N_r (rpm)	P_{out} (W)	% η
235.3	1.5	406	0	1390	0	0
235.2	1.5	408	0.2	1345	28.169	6.904
235.2	1.6	410	0.6	1190	74.769	18.235
235.3	1.7	411	0.75	0	0	0

เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 25 μF ต่อวงจรตามรูปที่ 4 บันทึกราค่าต่างๆ ลงในตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบมอเตอร์เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 25 μF

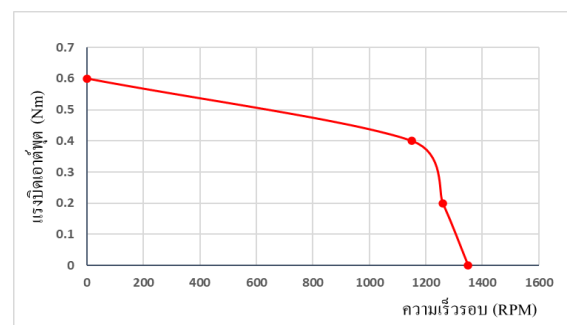
V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	τ_{out} (N.m)	N_r (rpm)	P_{out} (W)	% η
235.2	1.2	407	0	1430	0	0
235.3	1.3	407	0.2	1400	29.321	7.204
235.3	1.3	412	0.4	1370	57.386	13.928
235.2	1.3	413	0.8	1200	100.531	24.341
235.2	1.3	414	1	0	0	0

นำค่าแรงบิดมอเตอร์กับความเร็วมอเตอร์จากผลการทดสอบที่ตัวเก็บประจุขนาด 45 μF ในตารางที่ 1 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์ที่ค่าตัวเก็บประจุขนาด 45 μF

นำค่าแรงบิดมอเตอร์กับความเร็วมอเตอร์จากผลการทดสอบที่ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF ในตารางที่ 2 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 8

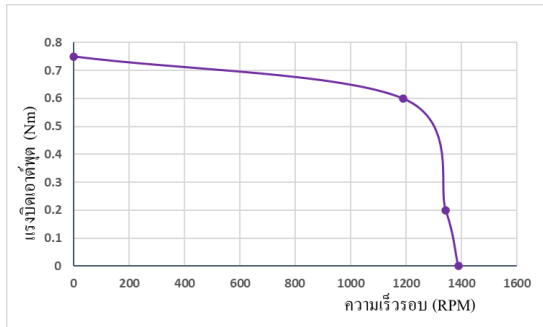


รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์ที่ค่าตัวเก็บประจุขนาด 40 μF

บทความวิจัย

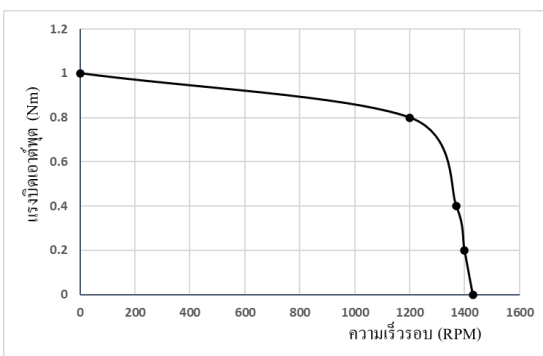
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

นำค่าแรงบิดมอเตอร์กับความเร็วมอเตอร์จากผลการทดสอบที่ตัวเก็บประจุขนาด 35 μF ในตารางที่ 3 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์ที่ตัวเก็บประจุขนาด 35 μF

นำค่าแรงบิดมอเตอร์กับความเร็วมอเตอร์จากผลการทดสอบที่ตัวเก็บประจุขนาด 25 μF ในตารางที่ 4 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมอเตอร์กับแรงบิดเอาต์พุตของมอเตอร์ที่ตัวเก็บประจุขนาด 25 μF

7. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบข้างต้นเมื่อนำตัวเก็บประจุขนาด 45 μF , 40 μF , 35 μF และ 25 μF ต่อเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ตามรูปที่ 4 และนำไปต่อใช้งานกับไฟฟ้าระบบ 1 เฟส ผลปรากฏว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถเริ่มหมุนได้ในสภาวะไม่มีโหลดทางกลเอาต์พุต จากตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 1 ที่แรงบิดจุดโหลดเท่ากับ 0.5 Nm ความเร็วรอบ 990 RPM เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพคำนวณได้เท่ากับ 12.767 % ตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 2 ที่แรงบิดจุดโหลดเท่ากับ 0.4 Nm ความเร็วรอบ 1150 RPM เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพคำนวณได้เท่ากับ 13.064 % ตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 3 ที่แรงบิดจุดโหลดเท่ากับ 0.6 Nm ความเร็วรอบ 1190 RPM เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพคำนวณได้เท่ากับ 18.235 % ตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 4 ที่แรงบิดจุดโหลด

เท่ากับ 0.8 Nm ความเร็วรอบ 1200 RPM เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพคำนวณได้เท่ากับ 24.341 % จากการทดสอบสังเกตได้ว่าถ้าตัวเก็บประจุที่นำมาต่อให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมีค่าขนาด 25 μF จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่นำมาใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส มีค่าเปอร์เซนต์ประสิทธิภาพมากกว่าการนำตัวเก็บประจุขนาด 45 μF , 40 μF , และ 35 μF ต่อเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แล้วนำไปต่อใช้งานกับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ทดสอบจุดโหลดทางกลเอาต์พุต เมื่อพิจารณาทางด้านแรงบิดสตาร์ทของมอเตอร์จากการใช้ตัวเก็บประจุขนาด 45 μF , 40 μF , 35 μF และ 25 μF ต่อในวงจรตามรูปที่ 4 ตามตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 1 ถึง 4 จะเห็นได้ว่าที่ตัวเก็บประจุ 25 μF มีแรงบิดสตาร์ทสูงกว่า

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ในการทำวิจัยในบทความที่นำเสนอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators, IEEE Standard 112-2004 Nov.2004.
- [2] International Standard, Rotating Electrical Machines, IEC60034, 1999
- [3] XIV International scientific and technical conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics) 10-12 November 2020, Omsk, Russia.
- [4] Zuriman Anthony, "A Simple Method For Operating The Three-Phase Induction Motor On Single Phase Supply (For Wye Connection Standard)", International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Vol 5. No 1, Nov 2013, pp. 13-16.
- [5] https://th.made-in-china.com/co_shingchem/product_AC-Motor-Capacitor-Washing-Machine-Start-Run-Capacitor-Cbb65_uoyoonemu.html
- [6] <https://www.electricaltechnology.org/2021/12/what-happens-connect-3-phase-motor-to-1-phase-supply.html>
- [7] Nabil A. Ahmed, "Three-phase induction motor operating from single-phase supply with an electronically controlled capacitor", Electric Power Systems Research 32(3), July 2004, pp. 121-128.



บทความวิจัย

อุตสาหกรรม

การจัดเส้นทางรถขนส่งไฟฟ้าที่มีคลังสินค้าหลายแห่งและมีกรอบเวลา
โดยวิธีอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม
The Multi-Depot Electric Vehicle Routing Problem with Time Windows
by Genetic Algorithm

ธีรภรณ์ สังข์วงษ์¹ และ วนิดา เหล่ารักษาเกียรติ²*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและ โลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชากรินทร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

¹s_theerakarn@hotmail.com, ²wanida.l@eng.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยรถไฟฟ้า (Electric Vehicle : EV) หลายขนาด (Heterogeneous Fleet) โดยมีคลังสินค้ามากกว่าหนึ่งแห่ง (Multi-Depots) และ มีการกำหนดกรอบเวลา (Time Windows) ในการเข้าให้บริการลูกค้า รูปแบบการชาร์จรถเป็นการชาร์จแบบเต็มประจุ (Full Charge) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพ GA โดยใช้ชุดข้อมูลปัญหามาตรฐานที่มีจำนวนลูกค้า 5 ราย 10 ราย และ 15 ราย ผลการศึกษาที่ได้พบว่า GA มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ EV โดยสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้เท่ากันหรือใกล้เคียงกับข้อมูลที่น่ามาเปรียบเทียบ และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการหาคำตอบ พบว่า GA ใช้เวลาน้อยกว่าในการประมวลผลหาคำตอบ

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะไฟฟ้า; กรอบเวลา; คลังสินค้าหลายแห่ง; อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม

Abstract

This research presents the application of Genetic Algorithm (GA) in solving the electric vehicle (EV) routing problem with multiple depots and time windows for customer service (MD-EVRPTW). In the proposed model, full charging is considered with the heterogeneous fleet of EV. The objective is to find the shortest total distance. The instance datasets of MD-EVRPTW with 5, 10, and 15 customers are used to test the efficiency of GA. The result shown that GA has an efficiency to solve this problem. The best answer value can be found that is closest or equal to the data being compared and takes the few times to find the best answer.

Keywords: EVRP; Time Windows; Multi-Depot; Genetic Algorithm

1. บทนำ

การขนส่งจัดเป็น 1 ใน 13 กิจกรรมที่สำคัญที่สุดในบรรดา กิจกรรม โลจิสติกส์ ต้นทุนขนส่งสินค้าคือต้นทุนส่วนใหญ่ของ

โครงสร้างมูลค่างาน โลจิสติกส์ [1] ฉะนั้น การศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problems : VRP) จึงเป็นเรื่องที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจ การกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมก่อให้เกิดต้นทุนต่ำและสามารถตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าได้ แต่การจะควบคุมค่าขนส่งให้คงที่นั้นเป็นไปได้ยาก เพราะราคาที่เป็นต้นทุนหลักของค่าขนส่ง และเนื่องจากประเทศไทยไม่ได้เป็นประเทศผู้ผลิตน้ำมันรายใหญ่ของโลก จึงไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงความผันผวนของราคาน้ำมันในตลาดโลกได้ ผนวกกับโครงสร้างราคาขายปลีกน้ำมันภายในประเทศ [2] ทำให้ราคาน้ำมันตามสถานีให้บริการต่าง ๆ มีอัตราที่สูงขึ้นไปอีก ดังนั้น ทางออกในการรับมือกับปัญหาความผันผวนของราคาน้ำมัน คือการเปลี่ยนมาใช้ยานพาหนะพลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicle : EV) ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือก ข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงสถิติการจดทะเบียนของรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 จนถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2566 [3] ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี

ตารางที่ 1 สถิติจำนวนรถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ที่จดทะเบียนใหม่กับกรมขนส่งทางบก ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2560 – 2566 (*ม.ก.-ก.ย.)

ปี	รวม (คัน)	แบบผสม (Hybrid)	ไฟฟ้า (BEV)
2560	12,110	11,945	165
2561	20,669	20,344	325
2562	32,248	30,676	1,572
2563	35,270	32,271	2,999
2564	48,743	42,854	5,889
2565	96,183	75,366	20,817
2566*	142,890	76,618	66,272

อย่างไรก็ตาม รถ EV ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางการเดินทาง ซึ่ง [4] ได้ระบุถึงข้อดีของ EV เมื่อเทียบกับยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine Vehicle : ICEV) เช่น ระยะทางในการเดินทางที่สั้นเนื่องจากความจุแบตเตอรี่ที่จำกัด จำนวนสถานีชาร์จสาธารณะที่มีอยู่อย่างจำกัด และ ระยะเวลาในการชาร์จไฟฟ้าที่นานกว่าเมื่อเทียบกับระยะเวลาการเติมน้ำมัน ข้อดีเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการขนส่งและความพึงพอใจของลูกค้าทั้งสิ้น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ในงานวิจัยนี้ได้ทำศึกษาเทคนิคการแก้ปัญหาจัดเส้นทางยานพาหนะไฟฟ้า (Electric Vehicle Routing Problem : EVRP) โดยการใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางรวมทั้งสิ้นที่สุด ส่วนที่ 2 ของบทความเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 แสดงตัวแบบทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ EV ส่วนที่ 4 แสดงผลการศึกษา และ ส่วนที่ 5 เป็นบทสรุปของการศึกษา

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากยานพาหนะไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะช่วยลดต้นทุนการขนส่งและลดผลกระทบต่อมลภาวะเมื่อเปรียบเทียบกับยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล แต่ด้วยระยะเวลาการเดินทางที่จำกัด อีกทั้งยังใช้เวลาในการชาร์จที่ยาวนานกว่าการเติมน้ำมัน ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าปัญหา EVRP โดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านการบรรทุกของรถ ความจุแบตเตอรี่และรูปแบบการชาร์จประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ด้วย

Wang, Peng และ Liu [5] ทำการแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางรถ EV ที่มีข้อจำกัดด้านน้ำหนักบรรทุก โดยใช้วิธีการค้นหาแบบทาบ (Tabu Search : TS) เพื่อหาระยะทางรวมทั้งสิ้นที่สุด ผลการทดลองพบว่า TS สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ และใช้เวลาในการหาคำตอบได้เร็วกว่าต่อมา Zi-Hao และคณะ [6] ได้คิดค้นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีอาณานิคมมด (ACO) เพื่อสร้างคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ EV แบบมีข้อจำกัดด้านความจุและระยะเวลาในการชาร์จ (EVT-CC) Jie และคณะ [7] ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางรถ EV ที่มีข้อจำกัดด้านความจุ มีคลังสินค้ามากกว่าหนึ่งแห่ง (Multi-Depots) และใช้วิธีการสลับแบตเตอรี่ (Battery Swapping Station : BSS) โดยใช้ไฮบริดอัลกอริทึมที่รวมวิธี Column Generation และ Adaptive Large Neighborhood Search (CG-ALNS) ในการแก้ปัญหา จากนั้นนำผลของต้นทุนจากปัญหา MDEVRP-BSS ที่ได้มาเปรียบเทียบกับต้นทุนกรณีใช้รถ IECV พบว่าการใช้รถ EV มีต้นทุนสูงกว่า Almouhanna และคณะ [8] นำเสนอวิธีการ Multi Start Biased-Randomized Heuristic (MS-BRH) และ Biased Randomized Variable Neighborhood Search (BR-VNS) Metaheuristic เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ EV ที่มีข้อจำกัดด้านความจุและมีคลังสินค้ามากกว่าหนึ่งแห่งเช่นกัน ซึ่งวิธี MS-BRH สามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพได้รวดเร็ว มีประโยชน์สำหรับสถานการณ์ที่จำเป็นต้องตัดสินใจอย่างรวดเร็ว ส่วนวิธี BR-VNS จะใช้เวลาคำนวณหาคำตอบที่นานกว่า Karakatić [9] ที่ได้นำเสนอวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) สำหรับการแก้ปัญหาการปรับเวลาการชาร์จแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear charging time) ของปัญหาการจัดเส้นทางรถ EV แบบมีกรอบเวลาและพิจารณาการชาร์จแบบบางส่วน โดย GA สามารถจัดลำดับของเส้นทาง ลำดับการเข้าสถานีชาร์จ และ สามารถหาระยะเวลาในการชาร์จที่เหมาะสมได้ด้วย ต่อมา Zhenfeng และคณะ [10] ได้แก้ไขปัญหามหา EVRPTW ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนในการจัดส่งที่ต่ำที่สุด โดยพิจารณาต้นทุนการจัดส่งทั้งหมด รวมถึงค่าปรับกรณีที่มีการจัดส่งสินค้าออกนอกกรอบเวลาที่กำหนด โดยได้พัฒนา GA เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา พารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น จุดของลูกค้า จำนวนยานพาหนะ สถานีชาร์จ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของยานพาหนะ และ ค่าปรับ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ นำเสนออัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งไฟฟ้าที่มีคลังสินค้าหลายแห่งและมีกรอบเวลา (Multi-Depot Electric Vehicle Routing Problem with Time Windows : MD-EVRPTW) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางรวมทั้งสิ้นที่สุด โดยพิจารณาเงื่อนไขการชาร์จแบบเต็มประจุ (Full charge) รวมถึงเป็นปัญหาที่มีรูปแบบของรถขนส่งมากกว่าหนึ่งรูปแบบ (Heterogeneous fleet type) รถ EV แต่ละคันสามารถมีขนาดบรรทุก และความจุแบตเตอรี่ ที่แตกต่างกันได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยได้มาจากชุดข้อมูลมาตรฐานของปัญหา MD-EVRPTW

3. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่ใช้ในการแก้ปัญหา

3.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงจากงานวิจัยของ J. C. Paz et al. [11] เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะไฟฟ้าที่มีขนาดแตกต่างกัน มีคลังสินค้ามากกว่าหนึ่งแห่ง มีการกำหนดกรอบเวลาในการเข้าให้บริการลูกค้า โดยได้เพิ่มเงื่อนไขนโยบายด้านการชาร์จแบตเตอรี่เป็นการชาร์จแบบเต็ม โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\min Distance = \sum_{i,j \in V'_R | i \neq j} \sum_{k \in K} d_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

$$\sum_{j \in V_{+1}} \sum_{k \in K} x_{ij}^k = 1 \quad ; \forall i \in V \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V_{+1}} \sum_{k \in K} x_{ij}^k \leq 1 \quad ; \forall i \in V' \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V'} x_{0j}^k \leq 1 \quad ; \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in V'_0} x_{ij}^k = \sum_{i \in V'_{+1}} x_{ij}^k \quad ; \forall j \in V', \forall k \in K \quad (5)$$

$$p_i + (t_{ij} + s_i) \sum_{k \in K} x_{ij}^k \leq p_j + l_0 \left(1 - \sum_{k \in K} x_{ij}^k \right) \quad (6)$$
$$; \forall i \in V, \forall j \in V'_{+1}$$

$$p_i + t_{ij} x_{ij}^k + g^k (Q^k - y_i^k) \leq p_j \quad (7)$$

$$+ (l_0 + g^k \cdot Q^k) (1 - x_{ij}^k)$$

$$; \forall i \in V', \forall j \in V'_{+1}, \forall k \in K$$

$$e_i \leq p_i \leq l_i \quad ; \forall i \in V'_R \quad (8)$$

$$y_j^k \leq y_i^k - (h^k \cdot d_{ij}) x_{ij}^k + Q^k (1 - x_{ij}^k) \quad (9)$$

$$; \forall i \in V, \forall j \in V'_{+1}, \forall k \in K$$

$$y_j^k \leq Q^k - (h^k \cdot d_{ij}) x_{ij}^k \quad (10)$$

$$; \forall i \in V' \cup R_0, \forall j \in V'_{+1}, \forall k \in K$$

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

$$y_0^k \leq Q^k \quad ; \forall k \in K \quad (11)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V_{+1}} q_i x_{ij}^k \leq C^k \quad ; \forall k \in K \quad (12)$$

$$x_{ij}^k, y_i^k \in \{0, 1\} \quad ; \forall i, j \in V'_R, \forall k \in K \quad (13)$$

ตารางที่ 2 คำอธิบายตัวแปรและดัชนี

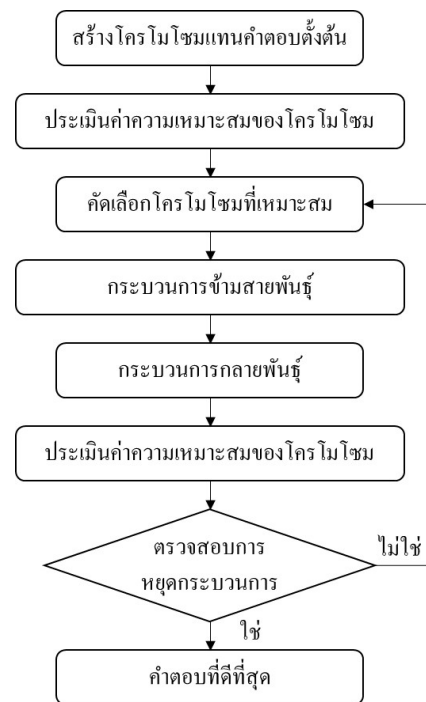
ตัวแปร/ดัชนี	คำอธิบาย
R_0, R_{+1}	จุดที่รถ EV ออกจากคลังสินค้า และ กลับเข้าคลังสินค้า
R	กลุ่มของคลังสินค้า โดยที่ $R = \{R_0, R_{+1}\}$
F	กลุ่มของสถานีชาร์จ $F = \{N+1, \dots, N+m\}$
F'	จุดจำลองของกลุ่มของสถานีชาร์จ
V	กลุ่มของลูกค้า โดยที่ $V = \{1, 2, \dots, N\}$
V'	กลุ่มของลูกค้าและสถานีชาร์จ โดยที่ $V' = V \cup F'$
V'_0, V'_{+1}, V'_R	กลุ่มของลูกค้า สถานีชาร์จ และ คลังสินค้า โดยที่ $V'_0 = V' \cup \{R_0\}$, $V'_{+1} = V' \cup \{R_{+1}\}$ และ $V'_R = V' \cup R$
K	กลุ่มของยานพาหนะไฟฟ้า โดยที่ $k \in K$
d_{ij}	ระยะทางจากจุด i ไป j ; $\forall i, j \in V'_R$ และ $i \neq j$
h^k	อัตราการใช้พลังงานของรถ EV ต่อหน่วยระยะทางของรถคันที่ k
Q^k	ความจุของแบตเตอรี่ของรถ EV คันที่ k
C^k	ความจุของรถ EV คันที่ k
g^k	อัตราเร็วในการชาร์จพลังงานไฟฟ้าของรถ EV คันที่ k
t_{ij}	ระยะเวลาที่ใช้เดินทางจาก i ไป j ; $\forall i, j \in V'_R$
e_i	เวลาที่อนุญาตให้ EV เข้าส่งสินค้าได้เร็วสุด ณ จุด i ; $\forall i \in V'_R$
l_i	เวลาที่อนุญาตให้ EV เข้าส่งสินค้าได้ช้าสุด ณ จุด i ; $\forall i \in V'_R$
p_i	เวลาที่รถ EV เข้าให้บริการลูกค้า ณ จุด i ; $\forall i \in V'_R$
s_i	ระยะเวลาที่ EV ใช้ในการให้บริการลูกค้า ณ จุด i ; $\forall i \in V_0$
q_i	ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ จุด i โดยที่ $i \in V$
x_{ij}^k	ตัวแปรตัดสินใจ โดย $x_{ij}^k = 1$ ถ้ารถคันที่ k เดินทางจาก i ไป j , 0 กรณีอื่น ๆ
y_i^k	ระดับแบตเตอรี่ของรถคันที่ k เมื่อเดินทางมาถึง i

สมการที่ (1) คือสมการวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดโดยมีสมการที่ (2) – (13) เป็นสมการข้อจำกัด ซึ่งสมการที่ (2) เป็นการจำกัดว่าลูกค้าแต่ละรายจะต้องได้รับบริการเพียงครั้งเดียว สมการที่

(3) และ (4) หมายถึงรถ EV สามารถเข้าสถานีชาร์จได้เพียงครั้งเดียว และเดินทางได้เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น ตามลำดับ สมการที่ (5) เพื่อให้แน่ใจว่ารถ EV เดินทางเข้าจุดใด จะต้องเดินทางออกจากจุดนั้น สมการที่ (6) และ (7) เพื่อให้เส้นทางที่ออกจากจุดของลูกค้า หรือคลังสินค้า และ สถานีชาร์จ เป็นไปตามลำดับและสอดคล้องกับกรอบเวลา สมการที่ (8) เป็นการกำหนดว่า EV จะเข้าให้บริการลูกค้าได้เฉพาะในกรอบเวลาที่กำหนดเท่านั้น สมการที่ (9) แสดงถึงปริมาณพลังงานที่รถ EV คันที่ k ต้องใช้ในการเดินทางจาก i ไป j สมการที่ (10) เพื่อให้แน่ใจว่าจะดับแบตเตอรี่ลงเหลือของรถ EV คันที่ k เพียงพอต่อการเดินทางไปยัง สถานีชาร์จหรือคลังสินค้า สมการที่ (11) กำหนดให้การชาร์จแบตเตอรี่ เป็นไปตามนโยบายการชาร์จแบบเต็มประจุ และต้องไม่เกินความจุของแบตเตอรี่ สมการที่ (12) เป็นข้อจำกัดด้านการบรรทุก โดยรถแต่ละคันไม่สามารถบรรทุกได้เกินความจุของรถ และ สมการที่ (13) เพื่อกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

3.2 อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA)

หลักการทำงานของ GA จะใช้กลไกการคัดเลือกพันธุกรรมตามหลักธรรมชาติในการหาคำตอบ โดยอาศัยหลักการสุ่มจากค่าที่เหมาะสมที่สุดของประชากรรุ่นก่อน มาพิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมา กระบวนการของ GA สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

3.2.1 การสร้างโครโมโซม (Chromosome encoding) โดยการสุ่มคำตอบมาสร้างโครโมโซม ซึ่งได้แก่ การเข้ารหัสของลำดับของ Depot และลูกค้า และการเลือกรูปแบบรถ EV แสดงในรูปที่ 2

บทความวิจัย

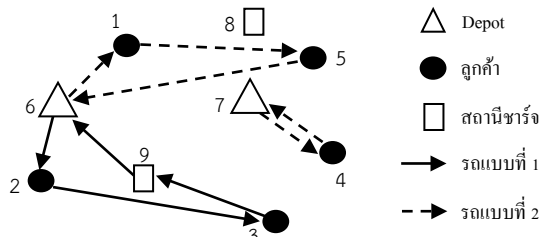
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

6	2	3	1	5	7	4	2	1	1	2	2
ลำดับ Depot และลูกค้า						รูปแบบรถ EV					

รูปที่ 2 การเข้ารหัสโครโมโซม

จากตัวอย่างการเข้ารหัส กำหนดให้ลำดับลูกค้าคือหมายเลข 1-5 และลำดับ Depot คือ หมายเลข 6-7 รูปแบบรถ EV มี 2 รูปแบบ ขั้นตอนการเข้ารหัสจะเริ่มจากการสุ่มลำดับของลูกค้า ซึ่งจะได้ (2, 3, 1, 5, 4) หลังจากนั้น กำหนดให้ Depot ที่มีค่า Index น้อยที่สุด คือ Depot 6 ให้เป็นจุดเริ่มต้น แล้วจึงสุ่มตำแหน่งให้กับ Depot ที่เหลืออยู่ สำหรับรูปแบบรถ EV เพื่อใช้จัดส่งให้กับลูกค้าแต่ละรายจะมาจากการสุ่ม ซึ่งจากรูปที่ 2 ลูกค้าหมายเลข 2, 3 จะถูกส่งโดยรถ EV แบบ 1 ส่วนลูกค้าหมายเลข 1, 4 และ 5 จะถูกส่งโดยรถ EV แบบ 2

3.2.2 การถอดรหัส (Chromosome Decoding) โดยการนำโครโมโซมมาคำนวณค่าระยะทางการขนส่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการเลือกสถานีชาร์จที่มีระยะทางน้อยที่สุด เมื่อรถ EV เหลือพลังงานไม่เพียงพอในการวิ่งไปยังลูกค้าลำดับถัดไป ซึ่งจากรูปที่ 3 รถ EV จะวิ่งจาก Depot 6 โดยรถ EV แบบที่ 1 จะมีลำดับการขนส่งคือ 6-2-3-9-6 ลำดับการวิ่งของรถ EV แบบที่ 2 คือ 6-1-5-6 และ 7-4-7 โดยเส้นทางขนส่งแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลำดับเส้นทางขนส่ง

3.2.3 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value) โดยประเมินจากผลรวมค่าระยะทางตามสมการวัตถุประสงค์ แต่ในกรณีที่รถขนส่งจัดส่งล่าช้ากว่ารอบเวลา และการวิ่งไปยังสถานีชาร์จใช้พลังงานมากกว่าพลังงานคงเหลือ จะมีการใส่ค่าปรับเพื่อให้โครโมโซมนั้นมีค่ามาก

3.2.4 การคัดเลือกโครโมโซมด้วยวิธีวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel selection) ซึ่งจะแบ่งพื้นที่ในวงล้อตามค่าความเหมาะสม โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมาก ก็จะมีพื้นที่หรือโอกาสที่จะถูกเลือกมากกว่า

3.2.5 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โดยประกอบด้วย การข้ามสายพันธุ์และการกลายพันธุ์

ก) การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) โดยการสุ่มโครโมโซมจากประชากรมา 2 โครโมโซมและทำการแลกเปลี่ยนชิ้นระหว่างโครโมโซม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการ PMX ในส่วนของลำดับลูกค้า และใช้วิธี Single Point ในส่วนของรูปแบบรถ EV

ข) การกลายพันธุ์ (Mutation) คือการสลับชิ้นภายในโครโมโซม โดยใช้วิธี SWAP ทั้งลำดับลูกค้าและรูปแบบรถ EV

3.2.6 การตรวจสอบเงื่อนไขการจบกระบวนการ (Stop criteria) โดย GA จะสิ้นสุดการทำงานก็ต่อเมื่อได้ดำเนินการจนครบตามจำนวนรุ่นของประชากร โดยกำหนดเป็นจำนวนรอบ หรือ อาจกำหนดให้สิ้นสุดการทำงานเมื่อค่าค่าตอบในหลาย ๆ รอบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการนำไปประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Matlab และใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ AMD Ryzen 5 5600X 6-Core Processor with memory 16.0 GB ในการประมวลผลข้อมูล ใช้ชุดข้อมูลตัวอย่าง (benchmark) เดียวกับงานวิจัยของ J. C. Paz et al. [11] โดยสุ่มข้อมูลที่มีจำนวนลูกค้า 5 ราย 10 ราย และ 15 ราย มาอย่างละ 6 ตัวอย่าง ทำการรันผลซ้ำตัวอย่างละ 5 รอบ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่อ้างอิงซึ่งใช้วิธีการเขียนตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วย C++ บน CPLEX 12.5 โดยผลการเปรียบเทียบค่าคำตอบจาก GA เทียบกับงานวิจัยที่อ้างอิงแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าคำตอบจาก GA กับงานวิจัยที่อ้างอิง

ตัวอย่างที่	ระยะทางรวม		%Diff_Dist (FR/PR)-100%	เวลาเฉลี่ยการรัน (วินาที)
	MD-EVRPTW PR	FR		
C10IC5	229.31	232.71	1%	34.63
C206C5	218.58	191.88	-12%	34.58
R104C5	118.27	118.27	0%	34.68
R202C5	124.39	131.89	6%	34.50
RC105C5	179.50	166.19	-7%	34.68
RC204C5	169.27	169.27	0%	33.48
C10IC10	316.21	359.69	14%	53.26
C202C10	217.20	229.11	5%	50.98
R102C10	224.32	212.99	-5%	50.60
R201C10	195.06	197.82	1%	50.71
RC102C10	362.67	363.47	0%	50.66
RC201C10	292.34	268.83	-8%	50.42
C103C15	315.56	405.50	29%	59.79
C202C15	341.34	373.93	10%	57.76
R102C15	307.53	285.38	-7%	58.78
R202C15	322.51	341.16	6%	58.43
RC103C15	347.21	360.55	4%	57.55
RC202C15	363.45	370.09	2%	56.58

หมายเหตุ : FR = Full Charge; PR = Partial Charge; %Diff_Dist = ร้อยละของผลต่างของระยะทาง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากตารางที่ 3 ซึ่งเป็นการรันข้อมูลจากตัวอย่างที่มีจำนวนลูกค้า 5 ราย 10 ราย และ 15 ราย จำนวนอย่างละ 6 ตัวอย่าง รวมข้อมูลทั้งหมดจำนวน 18 ชุด จะเห็นว่าการจัดเส้นทางรถ EV ภายใต้การพิจารณาการชาร์จแบบเต็มประจุ (Full Charge) ด้วยวิธี GA นั้น สามารถหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดได้ โดยเมื่อนำผลของระยะทางที่ได้จากการรันอัลกอริทึม เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่อ้างอิงที่เป็นปัญหาที่มีรถประเภทเดียว (Homogeneous fleet) พบว่ามีค่าคำตอบที่ได้ระยะทางเท่ากับงานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบจำนวน 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ R104C5 RC204C5 และ RC102C10 และมีชุดข้อมูลตัวอย่างจำนวน 5 ชุด ที่สามารถให้ค่าระยะทางที่สั้นกว่า PR

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยรถไฟฟ้า (Electric Vehicle : EV) ที่มีหลายขนาด (Heterogeneous fleet) โดยมีคลังสินค้ามากกว่า 1 แห่ง (Multi-Depots) และ มีการกำหนดกรอบเวลา (Time Windows) ในการเข้าให้บริการลูกค้า รูปแบบการชาร์จรถเป็นแบบการชาร์จแบบเต็มประจุ (Full Charge) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางรวมที่สั้นที่สุด โดยใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) ในการแก้ปัญหา จากนั้นนำผลที่ได้จาก GA มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่อ้างอิงที่ใช้ CPLEX ในการแก้ปัญหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยเป็นรูปแบบปัญหาที่มีคลังสินค้าหลายแห่งเช่นกัน แต่มีเงื่อนไขการชาร์จเป็นแบบบางส่วน (Partial Charge) และมีรถประเภทเดียว (Homogeneous fleet) จากผลการวิจัยในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางรถ EV โดยใช้ CPLEX ของงานวิจัยที่อ้างอิงนั้น สามารถหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ แต่มีข้อด้อยคือต้องใช้เวลาในการหาคำตอบ ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผล 28,800 วินาที และการจัดเส้นทางรถ EV โดยใช้ GA สามารถหาค่าคำตอบได้เท่ากับหรือใกล้เคียงกับวิธีในงานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบ และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการหาคำตอบ พบว่า GA ใช้เวลาน้อยกว่า

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ และ ไลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับการสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, “รายงานโลก จิสติกส์ ของประเทศไทย ประจำปี 2564,” ข้อมูลจาก https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=12898 (วันที่สืบค้นข้อมูล 19 กรกฎาคม 2566)
- [2] สำนักงานกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง, “โครงสร้างราคาขายปลีกน้ำมัน ภายในประเทศไทยมีอะไรบ้าง,” ข้อมูลจาก <https://www.offo.or.th/node/542> (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 มกราคม 2567)

- [3] กรมการขนส่งทางบก, “จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ จำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง,” ข้อมูลจาก <https://web.dlt.go.th/statistics> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ตุลาคม 2566)
- [4] N. Touati-Moungla and V. Jost, “Combinatorial optimization for electric vehicles management.” *J. Energy Power Eng*, vol. 6, 2012, pp. 738-743.
- [5] Q. Wang, S. Peng, and S. Liu, “Optimization of Electric Vehicle Routing Problem Using Tabu Search,” *Chinese Control And Decision Conference*, 2020, 22-24 August 2020, Hefei, China.
- [6] Zi-Hao et al., “Ant Colony optimization for Electric Vehicle Routing Problem with Capacity and Charging Time Constraints,” *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2022, 9-12 October 2022, Prague, Czech Republic.
- [7] W. Jie et al., “The two-echelon capacitated electric vehicle routing problem with battery swapping stations: Formulation and efficient methodology,” *European Journal of Operational Research*, 2019, vol. 272, pp. 879-904.
- [8] A. Almouhanna et al., “The Location Routing Problem Using Electric Vehicles with Constrained Distance,” *Computers and Operations Research*, vol. 115.
- [9] S. Karakatić, “Optimizing Nonlinear Charging Times of Electric Vehicle Routing with Genetic Algorithm,” *Expert Systems with Applications*, 2021, vol. 164.
- [10] G. Zhenfeng et al., “The Electric Vehicle Routing Problem with Time Windows Using Genetic Algorithm,” *IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference*, 2017, 25-26 March 2017, Chongqing, China.
- [11] J. C. Paz, M. Granada-Echeverri and J. W. Escobar, “The multi-depot electric vehicle location routing problem with time windows,” *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2018, vol. 9, pp. 1-14.



ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวธีรกานต์ สังข์วงษ์

นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและไลจิสติกส์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ประวัติผู้เขียนบทความ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา เหล่ารักษาเกียรติ

อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและไลจิสติกส์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การลดความสูญเปล่าในกระบวนการตรวจสอบขนาดชิ้นงานผลิตภัณฑ์ถุงลมนิรภัย WASTE REDUCTION IN INSPECTION PROCESS OF AIRBAG PRODUCTS

ชาญชัย พลตรี, รัตนา ศิริสัมพันธ์ และ อานนท์ เลิศวงษ์ไพศาล
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลพบุรีบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
Email: amonl@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการและลดความสูญเปล่าในกระบวนการตรวจสอบขนาดชิ้นงานของผลิตภัณฑ์ถุงลมนิรภัย ซึ่งสถานประกอบการที่เป็นกรณีศึกษานี้เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนด้านความปลอดภัยของยานยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ในกระบวนการตรวจสอบขนาดของผลิตภัณฑ์ถุงลมนิรภัยหลังการประกอบจะใช้แรงงานคนเป็นหลัก ปัญหาที่พบคือในการตรวจสอบถุงลมนิรภัยโมเดล K ซึ่งมี 2 รุ่น ได้แก่ ฟังซ้ายและฟังขวาจะต้องมีการเปลี่ยน Fixture ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนรุ่นในการตรวจสอบซึ่งส่งผลให้เสียเวลาทั้งในการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture เวลาที่สูญเสียในรุ่นฟังซ้ายและฟังขวาคิดเป็น 67.12 % และ 67.14 % ตามลำดับ อย่างไรก็ตามลักษณะของถุงลมนิรภัยทั้ง 2 รุ่นมีรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้น ผู้ดำเนินการวิจัยจึงสังเกตเห็นความสำคัญของการออกแบบ Fixture ที่เป็นมาตรฐานให้สามารถใช้กับชิ้นงานทั้ง 2 รุ่นได้ และนำ Fixture นี้มาใช้ร่วมกับเครื่องวัดสามมิติ (Coordinate Measuring Machine: CMM) ในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน การดำเนินงานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการการศึกษาเวลาโดยตรงมาใช้ในการเก็บข้อมูลเวลาเพื่อคำนวณเวลามาตรฐานทั้งก่อนและหลังปรับปรุงรวมทั้งหลักการออกแบบ Fixture ให้สามารถใช้กับชิ้นงานได้โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยน เมื่อมีการนำ Fixture ที่ออกแบบและผลิตไปใช้ในกระบวนการตรวจสอบ ทำให้สามารถลดเวลาที่สูญเสียของรุ่นฟังซ้ายและฟังขวาเหลือ 21.41 % และ 23.56 % ตามลำดับ

คำสำคัญ : การศึกษาเวลาโดยตรง, การลดความสูญเปล่า, การออกแบบ Fixture

Abstract

This research aims to eliminate the wastes of inspection process for airbag products. The owner of the case study is the manufacturer of safety parts for automotive industry in Chonburi. The inspection processes were normally performed by human labors. The problem was found in the airbag model K which contains two models between left and right sides. In order to change the model for inspection, the change of their fixtures was required which led to the waste of setup time. The waste of inspection processes for left side and right side models is 67.12% and 64.17% respectively. However, the shape and size of both models are similar. Therefore, we decided to focus on the design of standard fixture to be compatible with both

models and implements it to use with the Coordinate Measuring Machine (CMM) in inspection process. The procedures of this research apply the principle of time study to collect the data in order to determine the standard time before and after improvement. The idea of new fixture was designed and it was manufactured to implement in the inspection process which is able to eliminate the change of fixture between two models. The improvement can decrease the time waste for left side and right side models to 21.41 % and 23.56 % respectively.

Keywords: Time study, Waste reduction, Fixture design

1. บทนำ

ธุรกิจและอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีจำนวนมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนผู้ประกอบการมากขึ้นทำให้ผู้บริโภคมีตัวเลือกในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันเพิ่มมากขึ้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการตัดสินใจของผู้บริโภค ซึ่งหมายถึงคุณสมบัติหรือลักษณะจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะถูกส่งจำหน่าย

ในงานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนจำหน่าย ได้แก่ ถุงลมนิรภัย ซึ่งบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมอื่นๆ สำหรับยานยนต์ กระบวนการในการผลิตถุงลมนิรภัยสามารถแบ่งได้พอสังเขป ได้แก่ การตัดผ้าถุงลมนิรภัย (Cushion), การเย็บผ้าถุงลมนิรภัย (Folding) และการประกอบถุงลมนิรภัย (Assembly) ในส่วนของกระบวนการที่เกี่ยวข้องคือการประกอบถุงลมนิรภัย ชิ้นส่วนที่นำเข้าสู่กระบวนการประกอบทุกชิ้นต้องผ่านกระบวนการผลิตที่ควบคุมขนาดให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีคุณภาพเป็นไปตามที่มาตรฐานที่กำหนด การตรวจสอบขนาดของชิ้นงานสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือได้หลากหลาย ตั้งแต่เครื่องมือที่เรียบง่าย เช่น เวอร์เนียคาลิเปอร์, ไมโครมิเตอร์ ไปจนถึงเครื่องมือที่ต้องการเทคโนโลยีเข้ามาประกอบการใช้งาน เช่น เครื่องมือวัดสามมิติ (Coordinate Measuring Machine, CMM)

บริษัทที่เป็นกรณีศึกษานี้ประสบปัญหาในการใช้งาน Fixture ในการกำหนดตำแหน่งในการตรวจสอบถุงลมนิรภัยโมเดล K ซึ่งมีอยู่ 2 รุ่น ได้แก่ ฟังซ้าย A และฟังขวา B และแต่ละรุ่นมีจำนวน 3 สี ได้แก่ สีดำ สีเทา และสีน้ำตาลอ่อน เนื่องจากชิ้นงานมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน แต่ใช้ Fixture ต่างกัน 2 ชุด ส่งผลให้เมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นชิ้นงานต้องใช้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เวลาในการเปลี่ยน Fixture ผู้ดำเนินการวิจัยจึงสังเกตเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบ Fixture สำหรับถุงลมนิรภัยโมเดล K ที่ใช้งานสำหรับเครื่องวัดสามมิติ ให้สามารถใช้งานกับชิ้นงานที่มีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อลดเวลาสูญเสียไปในการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture

การลดความสูญเสียไปในกระบวนการนั้นถือเป็นสิ่งที่สำคัญซึ่งจะต้องใช้หลักการศึกษานเวลาโดยตรง เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยจะต้องแบ่งงานย่อยและศึกษาเวลาของแต่ละงานย่อยเพื่อหาขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสียไป งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียของกระบวนการโดยสนใจในเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งมีวิธีการดำเนินการเหมือนกับ ธวัชชัย ประหยัดวงศ์ และคณะ [1] และ พรศิริ คำหล้า และคณะ [2] ทำการศึกษางานและเวลามาตรฐานในกระบวนการทำงาน ใช้วิธีการศึกษานเวลาโดยตรง การหาเวลามาตรฐาน โดยวิธีการจับเวลากิจกรรมงานย่อย การคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสม โดยใช้ตาราง Maytag เมื่อได้จำนวนรอบที่เหมาะสมแล้วจะนำเวลาเฉลี่ยเป็นตัวแทนที่ได้มาคำนวณกับค่าเผื่อเวลาแต่ละกิจกรรมย่อยเพื่อหาเวลามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ (7 QC Tool) เหมือนกับ มงคล กิตติญาณขจร [3] ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องมือคุณภาพ (7 QC Tool)

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 ศึกษากระบวนการผลิตถุงลมนิรภัย

ผลิตภัณฑ์ถุงลมนิรภัยโมเดล K ของบริษัทกรณีศึกษา มีขั้นตอนการผลิตพอสังเขป ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการตัดผ้า โดยพนักงานทำการตัดผ้าด้วยเลเซอร์ตามแบบ จากนั้นพนักงานทำการแยกประเภทของผ้าและนำไปยังกระบวนการถัดไป

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการเย็บผ้า โดยพนักงานทำการเย็บผ้าตามรูปแบบ ซึ่งผ้าแต่ละประเภทจะถูกเย็บในสถานีต่างๆ จากนั้นนำไปยังกระบวนการถัดไป

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการประกอบ โดยพนักงานทำการประกอบชิ้นงานงานอัดโนมิติ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการประกอบแล้ว ผลิตภัณฑ์จะต้องผ่านการตรวจสอบ ก่อนที่จะถูกบรรจุลงกล่องเพื่อจำหน่าย โดยเมื่อผลิตงานชิ้นงานตัวแรกแล้ว จะต้องมีการตรวจสอบชิ้นงานตัวแรกที่ผลิตได้ เพื่อวัดว่ากระบวนการสามารถผลิตชิ้นงานได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ จากนั้นในช่วงของกระบวนการผลิตจะมีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน 1 ตัว ในทุกๆ 2 ชั่วโมง

2.2 ศึกษากระบวนการประกอบถุงลมนิรภัยโมเดล K

กระบวนการประกอบถุงลมนิรภัยโมเดล K สามารถอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

1) การพับถุงลมนิรภัย (Cusion Folding) คือ ขั้นตอนการนำ Inflatior ประกอบเข้ากับผ้าถุงลมนิรภัย จากนั้นทำการพับตามขั้นตอน

2) การกดถุงลมนิรภัย (Cusion Pressing) คือ ขั้นตอนการนำถุงลมนิรภัยที่พับไว้ใส่ในเครื่องจักรเพื่อทำการกด

3) การ ประกอบ ชิ้น ส่วน (Pre-Assembly Housing/Side Bracket) คือ ขั้นตอนการนำถุงลมนิรภัยที่ผ่านการกดมาประกอบเข้ากับชิ้นส่วนและขันยึดด้วยสลักเกลียวให้แน่น

4) การประกอบฝาครอบ (Cover Assembly) คือ ขั้นตอนการนำถุงลมนิรภัยที่ผ่านกระบวนการขันแน่นแล้วมาประกอบเข้ากับฝาครอบและตรวจสอบชิ้นส่วน โดยการทำสัญลักษณ์ที่ชิ้นงาน

5) การจัดเก็บบรรจุภัณฑ์ (Packing) คือ ขั้นตอนการนำถุงลมนิรภัยที่ประกอบสมบูรณ์และผ่านการตรวจสอบท้ายสายการประกอบแล้วนำลงบรรจุภัณฑ์ จะได้ผลิตภัณฑ์ถุงลมนิรภัยที่พร้อมจำหน่าย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์ถุงลมนิรภัย

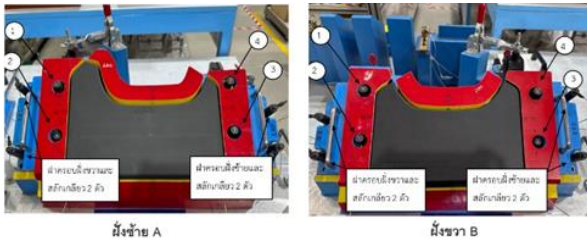
2.3 ศึกษากระบวนการตรวจสอบถุงลมนิรภัยโมเดล K

ในกระบวนการตรวจสอบถุงลมนิรภัยโมเดล K นั้น จะใช้ Fixture เพื่อกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานสำหรับการวัดขนาด และทำการวัดขนาดโดยพนักงานตรวจสอบ ในการวัดชิ้นงานจะใช้เครื่องมือ 2 ชนิด ได้แก่ แก้ววัดร่อง ใช้สำหรับตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู หรือขนาดช่องว่าง (Gap) ในส่วนต่างๆของผลิตภัณฑ์ และแก้ววัดระดับ ใช้ในการวัดระยะความสูงของชิ้นงานในแนวตั้ง ลักษณะการวางถุงลมนิรภัยบน Fixture ดังแสดงในรูปที่ 2 ในกระบวนการตรวจสอบถุงลมนิรภัยโมเดล K นั้น ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งงานย่อยออกเป็น 14 งานย่อยเพื่อทำการศึกษานเวลาในกระบวนการตรวจสอบทั้ง 2 รุ่น โดยมีขั้นตอนในการศึกษาเวลา อธิบายพอสังเขปดังนี้

- 1) จับเวลางานย่อยแต่ละงานจำนวน 5 ครั้ง
- 2) ทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยการคำนวณจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจับเวลาจากตาราง Maytag
- 3) คำนวณความแม่นยำของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
- 4) ประเมินอัตราเร็ว (Rating Factor) ของพนักงานผู้ทำการตรวจสอบ
- 5) คำนวณเวลาปกติ (Normal time) ของการทำงาน
- 6) กำหนดค่าเผื่อต่างๆจากการทำงาน (Allowance)
- 7) คำนวณเวลามาตรฐาน (Standard time)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 2 การตรวจสอบดูลมชนิด K

จากการศึกษาเวลา ได้เวลามาตรฐานของงานย่อยในกระบวนการตรวจสอบดูลมชนิด K สำหรับโมเดลฝั่งซ้าย A และฝั่งขวา B ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากเวลามาตรฐานที่ได้ในการตรวจวัดชิ้นงาน โมเดล K สองรุ่น นั้นพบว่ามีความสูญเปล่าจากกระบวนการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture สามารถสรุปผลเวลาได้ดังแสดงตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าเวลาสูญเปล่าที่ใช้ในการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture ของโมเดลฝั่งซ้าย A และ ฝั่งขวา B จะอยู่ที่ 3.88 และ 3.90 นาที ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น 67.12% และ 67.14% ตามลำดับ

ตารางที่ 1 เวลามาตรฐานการตรวจวัดชิ้นงาน โมเดล K ฝั่งซ้าย A

ลำดับที่	รายละเอียดงานย่อย	Normal Time (วินาที)	Allowance (%)	Standard Time (วินาที)
1	วางชิ้นงานลงบนฟิกซ์เจอร์และจับยึดชิ้นงานด้วยท่อเกลียวทั้งหมด 3 ตำแหน่ง	9.43	15	10.85
2	ใส่เนื้อลวดชิ้นงาน 4 ตัว	33.75	15	38.81
3	ใส่ฝาครอบซ้าย และลวดคั่น 2 ตัว	33.93	15	39.02
4	ใส่ฝาครอบขวา และลวดคั่น 2 ตัว	28.26	15	32.49
5	วัดงานโดยใช้เกจวัดร่องในจุดตรวจสอบที่ 1-3 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	20.38	15	23.43
6	วัดงานโดยใช้เกจวัดร่องในจุดตรวจสอบที่ 4-6 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	18.39	15	21.14
7	ตั้งค่าเครื่องมือเกจวัดระดับ	11.60	15	13.34
8	วัดงานโดยใช้เกจวัดระดับในจุดตรวจสอบที่ 1-2 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	18.46	15	21.23
9	วัดงานโดยใช้เกจวัดระดับในจุดตรวจสอบที่ 3-4 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	17.28	15	19.87
10	วัดงานโดยใช้เกจวัดระดับในจุดตรวจสอบที่ 5-6 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	13.00	15	14.95
11	ถอดน็อต 2 ตัวและฝาครอบฝั่งขวา	27.84	15	32.02
12	ถอดน็อต 2 ตัวและฝาครอบฝั่งซ้าย	29.74	15	34.20
13	ถอดน็อตลวดชิ้นงาน 4 ตัว	32.64	15	37.53
14	ถอดท่อเกลียวยึดชิ้นงาน 3 ตำแหน่ง	6.69	15	7.69
รวม				5.78 นาที

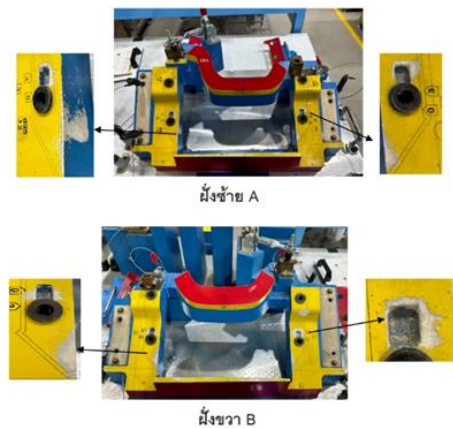
จากรูปที่ 2 วิธีการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture สำหรับโมเดล K ฝั่งซ้าย A และ ฝั่งขวา B จะต้องมีการขันสลักเกลียวเพื่อจับยึดชิ้นงานทั้งหมด 4 ตัว จากนั้นใส่ฝาครอบฝั่งซ้ายและฝั่งขวาและลวดสลักเกลียว 2 ตัวตามลำดับ นอกจากนี้ Fixture ยังเกิดการสึกหรอจากการใช้งานเนื่องจากการออกแบบในส่วนการวางชิ้นงานที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดการเสียดสีในขั้นตอนการวางชิ้นงานลงบน Fixture ลักษณะการสึกหรอของ Fixture สำหรับโมเดลฝั่งซ้าย A และ ฝั่งขวา B ดังแสดงในรูปที่ 3

ตารางที่ 2 เวลามาตรฐานการตรวจวัดชิ้นงาน โมเดล K ฝั่งขวา B

ลำดับที่	รายละเอียดงานย่อย	Normal Time (วินาที)	Allowance (%)	Standard Time (วินาที)
1	วางชิ้นงานลงบนฟิกซ์เจอร์และจับยึดชิ้นงานด้วยท่อเกลียวทั้งหมด 3 ตำแหน่ง	9.41	15	10.82
2	ใส่เนื้อลวดชิ้นงาน 4 ตัว	33.35	15	38.35
3	ใส่ฝาครอบซ้าย และลวดคั่น 2 ตัว	34.70	15	39.91
4	ใส่ฝาครอบขวา และลวดคั่น 2 ตัว	29.51	15	33.94
5	วัดงานโดยใช้เกจวัดร่องในจุดตรวจสอบที่ 1-3 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	20.55	15	23.63
6	วัดงานโดยใช้เกจวัดร่องในจุดตรวจสอบที่ 4-6 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	18.06	15	20.77
7	ตั้งค่าเครื่องมือเกจวัดระดับ	11.65	15	13.39
8	วัดงานโดยใช้เกจวัดระดับในจุดตรวจสอบที่ 1-2 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	18.21	15	20.94
9	วัดงานโดยใช้เกจวัดระดับในจุดตรวจสอบที่ 3-4 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	12.99	15	14.94
10	วัดงานโดยใช้เกจวัดระดับในจุดตรวจสอบที่ 5-6 และบันทึกค่าลงในใบตรวจสอบ	18.11	15	20.82
11	ถอดน็อต 2 ตัวและฝาครอบฝั่งขวา	28.15	15	32.37
12	ถอดน็อต 2 ตัวและฝาครอบฝั่งซ้าย	29.28	15	33.67
13	ถอดน็อตลวดชิ้นงาน 4 ตัว	32.36	15	37.21
14	ถอดท่อเกลียวยึดชิ้นงาน 3 ตำแหน่ง	6.64	15	7.64
รวม				5.81 นาที

ตารางที่ 3 เวลาการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture ของโมเดล K 2 รุ่น (ก่อนปรับปรุง)

รายละเอียด	โมเดล K (รุ่น)	
	ฝั่งซ้าย A1 (นาที)	ฝั่งขวา B1 (นาที)
การจัดตั้งฟิกซ์เจอร์	2.02	2.05
การจัดเก็บฟิกซ์เจอร์	1.86	1.85
เวลาทั้งหมดในการวัดชิ้นงาน 1 รุ่น	5.78	5.81
เวลาสูญเสียรวม (เปอร์เซ็นต์)	67.12%	67.14%



รูปที่ 3 ลักษณะการสึกหรอของ Fixture สำหรับโมเดลฝั่งซ้าย A และ ฝั่งขวา B

3. การดำเนินการปรับปรุง

จากการซึ่งปัญหาในกระบวนการตรวจวัดชิ้นงาน โมเดล K พบว่าในวิธีการตรวจวัดปัจจุบันทำให้เกิดความสูญเปล่าเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่น ชิ้นงานจะมีการเปลี่ยน Fixture และเนื่องด้วยปัจจุบัน โรงงาน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

กรณีศึกษามีเครื่องวัดสามมิติใช้สำหรับการตรวจวัดชิ้นงาน โดยชิ้นงานโมเดลอื่นที่เกิดขึ้นหลังจากมีเครื่องวัดสามมิติแล้ว ได้ทำการปรับปรุงวิธีการตรวจวัด ไปใช้เครื่องวัดสามมิติ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบ Fixture ให้สามารถใช้งานได้ทั้งกับ โมเดลฝั่งซ้าย A และ ฝั่งขวา B เพื่อใช้สำหรับเครื่องวัดสามมิติ โดยได้ศึกษาหลักการออกแบบจาก Abhishek Das [4] และ Li Hui [5]

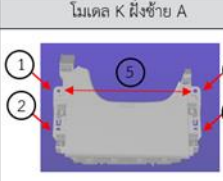
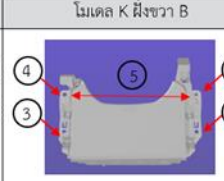

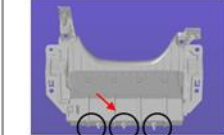
3.1 ศึกษารูปร่างและขนาดของอุ้งลมนิรภัยโมเดล K ทั้ง 2 รุ่น

วิธีที่สะดวกที่สุดคือการใช้ประโยชน์จากรูปกราฟฟิกของโปรแกรม 3 มิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) โมเดล K ฝั่งซ้าย A มีรูเจาะจุดที่ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 ± 0.5 มิลลิเมตร และรูเจาะจุดที่ 2, 3 และ 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ± 0.5 มิลลิเมตร และความลึกของรูเจาะจุดที่ 1 ถึง 4 มีขนาด 317 ± 1 มิลลิเมตร และฐานชิ้นงานมีสลักเกลียว 3 ตำแหน่ง สลักเกลียวตรงกลางอยู่ชิดขอบซ้าย

2) โมเดล K ฝั่งขวา B มีรูเจาะจุดที่ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 ± 0.5 มิลลิเมตร และรูเจาะจุดที่ 2, 3 และ 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ± 0.5 มิลลิเมตร และความลึกของรูเจาะจุดที่ 1 ถึง 4 มีขนาด 317 ± 1 มิลลิเมตร สลักเกลียวตรงกลางอยู่ชิดขอบขวา ดังนั้นขนาดของแขนของชิ้นงาน โมเดล K ฝั่งซ้าย A และฝั่งขวา B มีขนาดรูเจาะเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันทั้งสองโมเดล และจากภาพด้านหลังจะแสดงให้เห็นสลักเกลียว 3 ตำแหน่ง ชิ้นงานฝั่งซ้ายมีสลักเกลียวตรงกลางอยู่ชิดขอบซ้าย และชิ้นงานฝั่งขวามีสลักเกลียวตรงกลางอยู่ชิดขอบขวา






ตารางที่ 4 ขนาดอุ้งลมนิรภัยโมเดล K ทั้ง 2 รุ่น

ตำแหน่งภาพ	โมเดล K ฝั่งซ้าย A	โมเดล K ฝั่งขวา B
ด้านหน้า		
ด้านหลัง		

3.2 ศึกษารูปร่างและขนาดของ Fixture โมเดล K ทั้ง 2 รุ่น

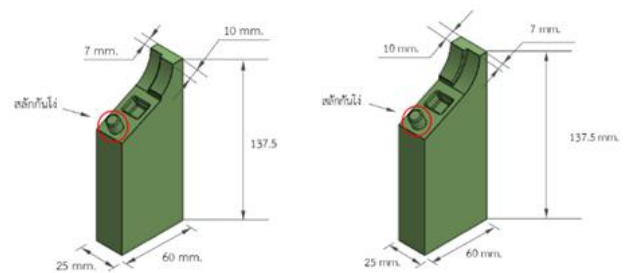
ในการศึกษารูปร่างและขนาดของ Fixture สำหรับวางชิ้นงานจะมุ่งเน้นไปที่ความกว้างของการกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน หรือความกว้างในการจับชิ้นงาน โดยปัจจุบันในโรงงานกรณีศึกษามี Fixture รูปร่างใกล้เคียงกัน 2 รุ่นแต่รูปร่างของฝาครอบ (Cover Assembly) แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในภาพด้านหน้าแสดงให้เห็นว่ามีส่วนที่แตกต่างกันของลักษณะของตัวฝาครอบชิ้นงาน และจากภาพด้านข้างแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานมีการวางในแนวเอียงซึ่งมีองศาเท่ากันคือ 25 องศา และจากภาพด้านหลังแสดงให้เห็นการจับยึดชิ้นงานด้วยท็อกเกิ้ลทั้งหมด 3 ตำแหน่ง แต่แตกต่างกันที่ตำแหน่งการวางท็อกเกิ้ล

ตารางที่ 5 Fixture โมเดล K 2 รุ่น

ตำแหน่งภาพ	ฟิกเจอร์ ฝั่งซ้าย A	ฟิกเจอร์ ฝั่งขวา B
ด้านหน้า ฝาครอบ ลักษณะ แตกต่างกัน		
ด้านข้าง ชิ้นงานเอียง 25 องศา		
ด้านหลัง ท็อกเกิ้ล 3 ตัว		

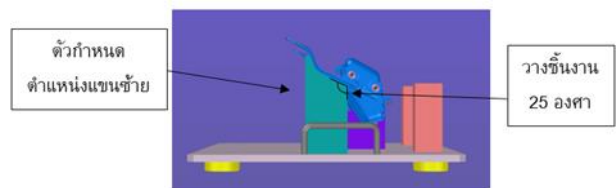
3.3 การออกแบบ Fixture ใหม่

การเลือกจุดกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน ควรเลือกในจุดที่ผิวชิ้นงานมีความเหมือนกันเพื่อชิ้นงาน โมเดล K ฝั่งซ้าย A และฝั่งขวา B สามารถใช้ร่วมกันได้ จากภาพด้านหน้าในตารางที่ 4 ผู้ออกแบบเลือกรูเจาะจุดที่ 2 และ 3 ซึ่งมีขนาดรูเจาะเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันทั้งสองฝั่งคือ 10 ± 0.5 มิลลิเมตร เพื่อออกแบบตัวกำหนดตำแหน่งแบบสลัก (Pin-Type Locators) โดยจะใช้เส้นผ่านศูนย์กลางภายในรูชิ้นงานที่มีขนาดเล็กเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแขนโมเดล K ทั้ง 2 รุ่น โดยจะทำให้ตำแหน่งการวางชิ้นงานเพื่อสวมเข้ากับสลักมีแนวเอียงทำองศา 25 องศาเพื่อให้ชิ้นงานมีการวางแนวเดิมกับ Fixture ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน และตำแหน่งการวางตัวกำหนดตำแหน่งแขนซ้ายและแขนขวามีความกว้างอ้างอิงจากเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะชิ้นงานจุดที่ 1 ถึง 4 มีขนาด 317 ± 0.5 มิลลิเมตร ตัวกำหนดตำแหน่งแขนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาดังแสดงในรูปที่ 4 และแสดงตัวอย่างการวางชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 5



ตัวกำหนดตำแหน่งชิ้นงานแขนซ้าย (Support 1) ตัวกำหนดตำแหน่งชิ้นงานแขนขวา (Support 2)

รูปที่ 4 ตัวกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน

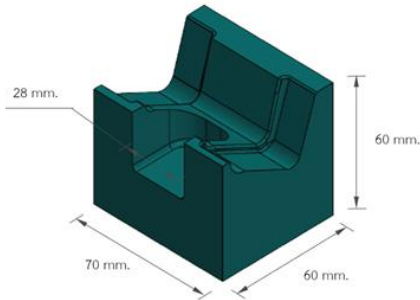


รูปที่ 5 ตัวอย่างการวางชิ้นงานภาพด้านข้าง

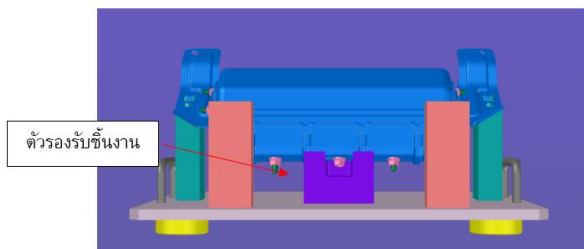
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

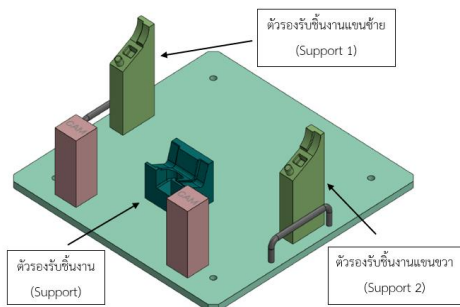
การกำหนดตำแหน่งของตัวรองรับชิ้นงาน (Support) เป็นการกำหนดตำแหน่งของตัวรองรับชิ้นงานส่วนฐานของโมเดล K โดยพิจารณาจากตำแหน่งชิ้นงานส่วนฐานของโมเดล K ทั้ง 2 รุ่น จากภาพด้านหลังในตารางที่ 4 ชิ้นงานฝั่งซ้าย A มีสลักเกลียวตรงกลางอยู่ชิดขอบซ้าย และชิ้นงานรุ่นฝั่งขวา B มีสลักเกลียวตรงกลางอยู่ชิดขอบขวา เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการกำหนดตำแหน่งของตัวรองรับชิ้นงาน (Support) ดังแสดงในรูปที่ 6 และตัวอย่างการวางชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 7 การออกแบบฐานโดยอ้างอิงจาก Fixture ที่ใช้กับเครื่องวัดสามมิติ มี 3 ชั้น ส่วน ได้แก่ ฐาน (Plate), ฐานรอง (Brass) และ หูจับ (Handle) องค์ประกอบทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 8 ส่วนประกอบต่างๆที่ทำการออกแบบมาทั้งหมดนั้นถูกนำมาสร้างเป็นชิ้นส่วนจริงพร้อมติดตั้งที่ออกเกล็ดดังแสดงในรูปที่ 9 ทั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองวางตุ้มนิริภัยทั้ง 2 รุ่นลงบน Fixture ใหม่ เพื่อทำการกำหนดตำแหน่งตรวจสอบด้วยเครื่องวัดสามมิติ ตัวอย่างดังในรูปที่ 10 สามารถวางชิ้นงานได้พอดี และสามารถกำหนดตำแหน่งในการตรวจสอบด้วยเครื่องวัดสามมิติได้ตามที่ต้องการ



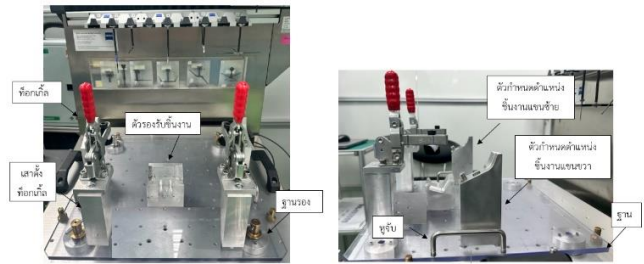
รูปที่ 6 ตัวรองรับชิ้นงาน (Support3)



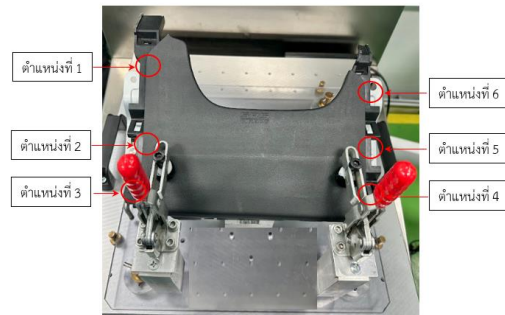
รูปที่ 7 ตัวอย่างการวางชิ้นงานภาพด้านหน้า



รูปที่ 8 องค์ประกอบของ Fixture



รูปที่ 9 Fixture ใหม่สำหรับเครื่องวัดสามมิติ



รูปที่ 10 ตัวอย่างการวางชิ้นงานลงบน Fixture ใหม่เพื่อกำหนดตำแหน่งในการตรวจสอบด้วยเครื่องวัดสามมิติ

4. ผลการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานโดยการวัดเวลาในการตรวจสอบ ซึ่งการนำ Fixture ใหม่มาใช้กับเครื่องวัดสามมิติสามารถลดขั้นตอนงานย่อยลงเหลือเพียง 6 ขั้นตอนเท่านั้น ได้แก่

- 1) วาง Fixture ลงบนเครื่องวัดสามมิติ และจับยึดด้วยสลักเกลียว 4 ตำแหน่ง
- 2) วางชิ้นงานลงบน Fixture และจับยึดด้วยที่ออกเกล็ด 2 ตัว
- 3) แสกนบาร์โค้ด 3 ครั้ง ที่ไปตรวจสอบชิ้นงาน, ที่ Fixture และที่ชิ้นงานตามลำดับ เพื่อส่งการวัดขนาดอัตโนมัติ
- 4) เครื่องวัดสามมิติทำการวัดขนาดชิ้นงาน
- 5) ถอดที่ออกเกล็ด 2 ตัว และยกชิ้นงานออก
- 6) ถอดสลักเกลียว 4 ตำแหน่งและยก Fixture เก็บ

เวลามาตรฐานในการวัดชิ้นงานโมเดล K รุ่นฝั่งซ้าย A และรุ่นฝั่งขวา B ลดลงเหลือ 3.67 และ 3.79 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำมาวิเคราะห์เวลาสูญเสียไปในกระบวนการคือเวลาการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture สามารถสรุปผลได้ดังแสดงตารางที่ 6 ซึ่งเห็นได้ว่าเวลาสูญเสียสำหรับโมเดล K รุ่นฝั่งซ้าย A และรุ่นฝั่งขวา B ลดลงเหลือ 21.41 % และ 23.56 % ตามลำดับ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 6 เวลาการจัดตั้งและจัดเก็บ Fixture โมเดล K ทั้ง 2 รุ่น (หลังปรับปรุง)

รายละเอียด	โมเดล K (รุ่น)	
	ฝั่งซ้าย A1 (นาที)	ฝั่งขวา B1 (นาที)
การจัดตั้งฟิกซ์เจอร์	0.37	0.49
การจัดเก็บฟิกซ์เจอร์	0.41	0.40
เวลาทั้งหมดในการวัดขนาดชิ้นงาน 1 รุ่น	3.67	3.79
เวลาสูญเสียรวม (เปอร์เซ็นต์)	21.41%	23.56%

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยวิจัยขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษา หัวหน้างาน และพนักงานทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้ความร่วมมือกับการเก็บข้อมูลตลอดจนการทำการทดลองจริง รวมทั้งให้การต้อนรับเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ธวัชชัย ประหยัดวงศ์, เชิดชัย ชูระแพง, ทองแท่ง ทองลิ้ม และชูศักดิ์ พรสิงห์, “การศึกษางานและเวลามาตรฐาน ในการผลิต โอ่งมังกร กรณีศึกษา โรง โอ่งมังกร”, วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 15, ฉบับที่ 1, หน้า 1-12, มกราคม – มิถุนายน 2565

[2] พรศิริ คำหล้า, เจษฎา ยาโสกา, ธัญญารัตน์ ไชยกำบัง, ปิยณัฐ โตอ่อน, รัชฎา แต่งภูเขียว, ณัฐนันท์ อิศสระพงษ์ และ กัธริ สารวรรณ, “การศึกษา เวลามาตรฐาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ด้วยการจับเวลา โดยตรง”, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุรินทร์, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 41-51, กรกฎาคม - ธันวาคม 2564

[3] มงคล กิตติญาณขจร, “การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือกโครงการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดของเสีย: กรณีศึกษากระบวนการผลิตถังบรรจุอากาศ”, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 16, ฉบับที่ 2, ธันวาคม 2561

[4] A. Das, P. Franciosa and D. Ceglarek, “Fixture Design Optimization Considering Production Batch of Compliant Non-Ideal Sheet Metal Part”, Procedia Manufacturing, Vol. 1, pp. 157-168, June 2015.

[5] H. Li, W. Chen and S. Shi, “Design and Application of Flexible Fixture”, Procedia CIRP, Vol. 56, pp. 528-532, March 2016.

ประวัติผู้แต่ง



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญชัย พลตรี
การศึกษา
ปริญญาโท สาขา: วิศวกรรมระบบการผลิต
มหาวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2547
ปริญญาตรี สาขา: วิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2538
งานวิจัยที่สนใจ: การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต



นางสาวรัตนา ศิริศรี
การศึกษา
ปริญญาตรี สาขา: วิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยบูรพา (กำลังศึกษา)
งานวิจัยที่สนใจ: วิศวกรรมอุตสาหการ



ดร. อานนท์ เลิศวงษ์ไพศาล
การศึกษา
ปริญญาเอก สาขา: Génie Mécanique, Mécanique des Matériaux
มหาวิทยาลัย: Institut national des sciences appliquées de Toulouse (INSA Toulouse), France 2566
ปริญญาโท สาขา: Master of Engineering (Manufacturing)
มหาวิทยาลัย: University of Malaya, Malaysia 2556
ปริญญาตรี สาขา: วิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยบูรพา 2554
งานวิจัยที่สนใจ: Materials Science / Manufacturing Process

การปรับปรุงขั้นตอนและลดเวลาการทำงานในกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ โดยประยุกต์ใช้หลัก ECRS กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Process improvement and Working Time reduction in the Final Line Stator Inspection Process by ECRS

Principles applications case study: Automotive Parts Factory

ชลิดา ชาญวิจิตร¹ กฤตย์ติภูมิ ดอกไม้² ทิลา วงศ์สุนทรพจน์³

^{1,2}สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการผลิตอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ Email: chalidachan@pim.ac.th

³สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การปรับปรุงขั้นตอนและลดเวลาการทำงานในกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด Final Line โดยประยุกต์ใช้หลัก ECRS พบว่า กระบวนการตรวจสอบมีหลายขั้นตอนและใช้เวลามาก มีสาเหตุจากวิธีการทำงานที่ซับซ้อน พนักงานต้องใช้เวลาในการเตรียมเอกสารเพื่อบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนมาก มีการเคลื่อนที่บ่อยครั้งเพื่อจัดเตรียมเอกสารสำหรับบันทึกข้อมูลทำให้เกิดความล่าช้า จึงได้ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS เพื่อกำจัดขั้นตอนและข้อมูลที่ไม่จำเป็น ลดการเกิดความสูญเปล่า พร้อมทั้งจัดทำที่เก็บเอกสารและเพิ่มข้อมูลสำหรับบันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับการใช้ Microsoft Excel VBA เพื่อให้การทำงานง่ายขึ้น ลดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงานให้ได้น้อยที่สุด พบว่า มีขั้นตอนลดลงจาก 18 ขั้นตอน เหลือเพียง 10 ขั้นตอน จำนวนเวลาของกระบวนการทำงานในกระบวนการตรวจสอบ สเตเตอร์ลดลง 534 วินาที จากเดิมใช้เวลามากถึง 922 วินาที เหลือ 388 วินาที เวลาลดลงคิดเป็นร้อยละ 57.92 พร้อมทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานในการตรวจชิ้นงานเพิ่มขึ้นจาก 97.91 % เป็น 99.06 %

คำสำคัญ : การลดเวลา; การลดขั้นตอน; การปรับปรุงกระบวนการ; Microsoft Excel VBA

Abstract

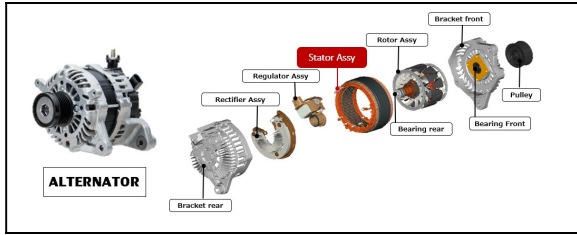
The objectives of this research are 1) to improve the processes and 2) to reduce working time in the final line stator inspection process by applying ECRS Principles. This study found that there are several steps and time-consuming in the inspection processes due to complicated working processes. Besides, the workers need to prepare documents to record tremendous data and frequent movement for document preparation causing delay and time-consuming. Therefore, ECRS principles application is to eliminate unnecessary steps and information resulting in reducing wastes. Along with creating folders and files to record electronically data with Microsoft Excel VBA, these are to maximize in reducing working processes and time.

The results showed that the total working processes were reduced from 18 steps to 10 steps and working time in the stator inspection processes were decreased by 534 seconds from the previous working time 922 seconds to 388 seconds, accounting for 57.92% in time reduction. Additionally, it was able to increase the employees' work efficiency in inspecting workpieces from 97.91% to 99.06%.

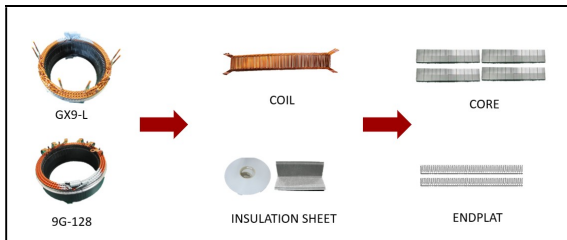
Keywords: Reducing Time, Reducing Steps, Improving Processes, , ECRS, Microsoft Excel VBA

1. บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เป็นหนึ่งในห่วงโซ่อุปทานที่มีบทบาทสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมากต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ อีกทั้ง เป็นส่วนเสริมให้อุตสาหกรรมยานยนต์มีความแข็งแกร่ง เนื่องจากการผลิตรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) หรือรถยนต์ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต้องใช้ชิ้นส่วนการผลิตจากโรงงานที่รับจ้างผลิตผลิตภัณฑ์ตามสูตรของลูกค้า (Original Equipment Manufacturing: OEM) หรือชิ้นส่วนฯ ที่ป้อนให้กับโรงงานประกอบรถยนต์มากถึง 2-3 หมื่นชิ้นต่อคัน ซึ่งประเทศไทยมีอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความแข็งแกร่ง โดยภาพรวมรายได้ของธุรกิจผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ทั้งตลาดในประเทศ และตลาดส่งออกจะทยอยฟื้นตัวต่อเนื่องคาดว่าจะมีมูลค่ารวม 1.51 ล้านล้านบาท ในปี 2566 ซึ่งขยายตัว 1.3% ในปี 2567 และมีโอกาสขยายตัวต่อเนื่องที่ระดับ 2.6% [1] โรงงานกรณีศึกษาผลิตเกี่ยวกับชิ้นส่วนรถยนต์ ส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ ไดชาร์จ (Alternators) ประกอบไปด้วย Bracket Rear, Rectifier Assembly, Regulator Assembly, Stator Assembly, Rotor Assembly, Bearing Rear, Bracket Front, Bearing Front และ Pulley แสดงดังรูปที่ 1 ส่วนประกอบของสเตเตอร์ (Stator Assembly) นั้นเป็นการประกอบขึ้นรูปสเตเตอร์ ส่วนที่อยู่กับที่ และรับพลังไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อเปลี่ยนเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีส่วนประกอบคือ Coil, Core, Insulation Sheet และ Endplate แสดงดังรูปที่ 2

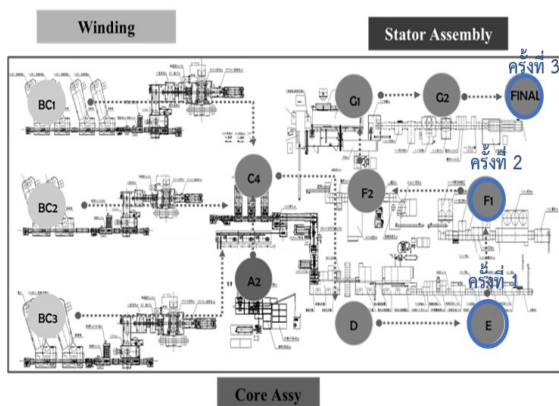


รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternators)



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของสเตเตอร์

จากการศึกษากระบวนการผลิตสเตเตอร์ พบว่าจะต้องตรวจสอบคุณภาพทั้งสิ้น 3 ครั้ง ดังนี้ 1. กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด E 2. กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด F1 3. กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด Final Line ดังรูปที่ 3 รายละเอียดจำนวนขั้นตอนการปฏิบัติงานตรวจสอบสเตเตอร์ และระยะเวลาในการทำงานของแต่ละกระบวนการดังตารางที่ 1



รูปที่ 3 แสดงกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ทั้ง 3 ครั้ง

จากตารางที่ 1 พบว่า กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ที่จุด Final Line มีจำนวนขั้นตอนทั้งสิ้น 18 ขั้นตอน ใช้เวลา 922 วินาที ซึ่งมีขั้นตอนและระยะเวลาในกระบวนการทำงานมากที่สุด คิดเป็น 66.81% จึงเลือกแก้ไขในกระบวนการนี้ อีกทั้งขั้นตอนในกระบวนการทำงานของแต่ละกระบวนการมีความใกล้เคียงกัน หากสามารถแก้ไขกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด Final Line ได้สำเร็จเราก็จะสามารถขยายผลการปรับปรุงไปสู่กระบวนการอื่น ๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 การรวบรวมข้อมูลขั้นตอนและระยะเวลาแต่ละกระบวนการ

ลำดับที่	กระบวนการทำงาน	จำนวนขั้นตอนทั้งหมด	เวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ (%)
1	กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ จุด E	8	356	16.15
2	กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ จุด F1	10	235	17.02
3	กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ จุด Final Line	18	922	66.81
รวม		36	60.93	100

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการ

พรวิรัตน์ ชำรงวุฒิ [1] กล่าวว่า การพัฒนาวิธีจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟท์ Excel โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการจัดตารางการผลิต และปัญหาการจัดลำดับการผลิต หลังจากการนำ VBA มาใช้พบว่า การเขียนคำสั่ง VBA ในโปรแกรมไมโครซอฟท์ Excel เป็นวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหในการจัดลำดับการผลิตกับกรณีศึกษาได้ โดยเวลาที่ใช้ในการผลิตงานเสร็จจากงานดีกว่าวิธีดั้งเดิมจาก 36 วินาที ลดลงเหลือ 34 วินาที ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.56 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้โปรแกรม VBA เป็นค่าที่ถูกต้อง แม่นยำ และใช้เวลาการประมวลผลโปรแกรมได้อย่างรวดเร็วในเวลา 12 วินาที

จารุเดช หิรัญวัฒน์สุข อริษ บุญคำเนิน และนิลวรรณ ชุ่มฤทธิ [2] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องพิมพ์ 2 สีในกระบวนการตรวจสอบกล่องกระดาษลูกฟูก ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องพิมพ์ 2 สีในกระบวนการตรวจสอบ กล่องกระดาษลูกฟูก จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า เครื่องพิมพ์ 2 สีมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 46 สาเหตุมาจากการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการเดินเครื่องใช้เวลานาน และพบการหยุดชะงักของเครื่องจักร จึงลดความสูญเสียจากการปรับตั้งด้วยเทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็วร่วมกับหลักการ ECRS ทำให้อัตราการเดินเครื่องเพิ่มขึ้น ส่วนการหยุดเล็ก ๆ น้อย ๆ ของ เครื่องพิมพ์เมื่อวิเคราะห์ด้วยผังก้างปลาและเทคนิคการตั้งคำถาม ทำให้ไม่พบว่าการตรวจสอบก่อนการเดินเครื่องและไม่มีกรกำหนดความเร็วในการป้อนกระดาษที่มีขนาดต่างกัน การจัดทำแผนบำรุงรักษาและกำหนดวิธีการปฏิบัติงานทำให้ความถี่ของการหยุดชะงักของเครื่องพิมพ์ลดลง และประสิทธิภาพการเดินเครื่องเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 66

2.2 แนวคิดและหลักการอีซีอาร์เอส (ECRS)

ECRS [3] เป็นแนวคิดที่สามารถนำมาบริหารจัดการงานให้มีประสิทธิภาพ โดยเน้นการที่พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อแสวงหาแนวทางใหม่ๆ นำมาปรับปรุงการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงานให้ดีขึ้นอยู่เสมอ หัวใจสำคัญอยู่ที่ต้องการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ไม่มีทางสิ้นสุด แนวทางง่าย ๆ ที่สามารถใช้ปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วยการหยุด การลด การเปลี่ยน การรวม และการทำงานให้ง่ายหรือหลักการของ ECRS ดังนี้

1. E (Eliminate) คือ การตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการออกไป
2. C (Combine) คือ การรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกันเพื่อประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน
3. R (Rearrange) คือ การจัดลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม
4. S (Simplify) คือ ปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยทำงานได้ง่ายขึ้น

2.3 แนวคิดของการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study)

การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา [4] เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุด รวมถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการทำงาน ซึ่งการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาจะใช้วิเคราะห์แนวทางของปัญหาและแก้ไขปัญหาย่างเป็นระบบ แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Problem Definition) จะต้องมีการพิจารณาแยกแยะรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริงว่าอยู่ตรงจุดไหน เป็นอย่างไร มีความสำคัญแค่ไหน ตลอดจนระยะเวลาที่จำเป็นต้องแก้ไขให้แล้วเสร็จ เพื่อพยายามลดข้อบังคับหรือข้อจำกัดบางอย่างจนสามารถกำหนดปัญหาได้อย่างชัดเจน
2. การวิเคราะห์ปัญหา (Analysis of the Problem) เป็นการวิเคราะห์แยกรายละเอียด ข้อจำกัด หรือเงื่อนไขต่างๆพร้อมทั้งอธิบายวิธีการดำเนินงานที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน โดยใช้เครื่องมือ แผนภูมิกระบวนการผลิต (Process Chart) แผนภูมิแสดงการไหล (Flow Diagram) แผนภูมิกคนและเครื่องจักร (Man-machine chart) และจึงค้นหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุด
3. การพิจารณาทางเลือกที่เป็นไปได้ (Search for Possible Solutions) คือการหาคำตอบที่เป็นไปได้ภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ โดยการคิดหาทางเลือกต่างๆ ที่เป็นไปได้เพื่อให้สามารถจัดมูลเหตุที่อาจเป็นปัญหา
4. การประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหา (Evaluation of Alternatives) เพื่อเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการเลือกทางเลือกนี้ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดที่สำคัญ เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา ค่าใช้จ่ายที่จำเป็น เป็นต้น
5. การเสนอวิธีการแก้ปัญหา เพื่อการปฏิบัติ (Recommendation for Action) เมื่อได้ทางเลือกที่ดีที่สุดแล้วต้องทำสรุปเพื่อให้นักปฏิบัติที่เกี่ยวข้องทราบ เพื่อตรวจสอบและอนุมัติดำเนินการแก้ไขต่อไป

2.4 แนวคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา (Kaizen)

แนวคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา [5] โดยเน้นในความร่วมมือ (Participation) ของทุกคนเป็นหลัก และเชื่อในปริมาณของสิ่งที่ดีกว่าการปรับปรุงมากกว่าผลที่ได้จากการปรับปรุง (Return) คือ เน้นการปรับปรุงหลาย ๆ สิ่งทำปริมาณมาก ๆ ถึงแม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะดีขึ้นเพียงเล็กน้อย (Small Improvement) แต่ถ้าทำไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่องก็จะกลายเป็นผลการปรับปรุงที่ยิ่งใหญ่ (Big Improvement) ในอนาคต

การทำกิจกรรมไคเซ็น อาจเป็นกลุ่ม หรือเดี่ยวก็ได้ขึ้นกับเรื่องที่ทำ โดยทำให้เกิดผลดังนี้ เช่น ระยะทางมากขึ้น ย้ายลดลง รอบเวลาการผลิตลดลง ใช้พื้นที่น้อยลง คุณภาพดีขึ้น เพิ่มความปลอดภัยและขวัญกำลังใจดีขึ้น เป็นต้น ดังนั้นสรุปว่าไคเซ็น คือ

1. เปลี่ยนวิธีการ เปลี่ยนวิธีการทำงาน ลดขั้นตอนส่วนที่ไม่จำเป็นออก
2. เปลี่ยนเรื่องเล็ก เปลี่ยนเรื่องเล็ก ๆ หรือปัญหาที่พบเห็นในแต่ละวัน
3. รับมือกับความเป็นจริง ทำเรื่องที่ทำได้ก่อน รับมือกับความเป็นจริงที่มีข้อจำกัด

3. การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดขั้นตอนและระยะเวลาในกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ที่จุด Final Line เพื่อหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปและขั้นตอนการทำงาน

โดยกระบวนการทำงานของโรงงานกรณีศึกษา มีหลักๆ 3 กระบวนการแสดงดังรูปที่ 3 รายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการเชื่อม (Winding) จุด BC1, BC2, BC3 คือ กระบวนการม้วนขึ้นรูปคอล์ย (Coil)
2. กระบวนการประกอบแกนเหล็ก (Core Assembly) จุด A2, C4, D คือ กระบวนการขึ้นรูปแกนเหล็ก
3. กระบวนการประกอบสเตเตอร์ (Stator Assembly) จุด E, F1, F2, G1, G2, Final Line คือ กระบวนการประกอบ และตรวจสอบชิ้นงานสเตเตอร์

กระบวนการประกอบสเตเตอร์แบ่งเป็น 2 ส่วนคือการประกอบ และตรวจสอบ ซึ่งในกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จะมีการตรวจเช็คและตรวจสอบชิ้นงานก่อนที่จะทำการส่งต่อไปในกระบวนการถัด โดยกระบวนการตรวจสอบจะมีการตรวจสอบจำนวน 3 ครั้ง คือ

- ครั้งที่ 1 กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด E คือ การตรวจสอบชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการ
- ครั้งที่ 2 กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด F1 คือ การตรวจสอบชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการ
- ครั้งที่ 3 กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ จุด Final Line คือ การตรวจสอบชิ้นงานสำเร็จรูปก่อนเข้าสู่กระบวนการจัดเก็บสินค้าเข้าคลังสินค้า ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนและเวลาในการดำเนินงานมากที่สุด คือ 18 ขั้นตอนใช้เวลา 922 วินาที โดยกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ จุด Final Line จะมีงานย่อย 3 คือ 1.งานคือการจดบันทึกข้อมูลการ

ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรประจำวัน (Check Sheet) 2. การตรวจสอบ
 ชิ้นงานตามเอกสารขั้นตอนการตรวจชิ้นงาน (Work Sheet) 3. การบันทึก
 ข้อมูลชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานลงในเอกสารรายงานประจำวัน
 รายละเอียดจำนวนขั้นตอนการปฏิบัติงานของแต่ละกระบวนการดัง
 ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนขั้นตอนกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ จุด Final Line

ลำดับ ที่	ขั้นตอน	จำนวนขั้นตอน ทั้งหมด
1	การจดบันทึกข้อมูลการผลิตลงเอกสาร ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรประจำวัน	5
2	การตรวจสอบชิ้นงานตามเอกสารขั้นตอน การตรวจชิ้นงาน (Work Sheet)	9
3	การบันทึกข้อมูลชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน ลงในเอกสารรายงานประจำวัน	4
รวม		18

ตารางที่ 3 เวลาการทำงานในกระบวนการตรวจสอบ Stator ในแต่ละ
 ขั้นตอน

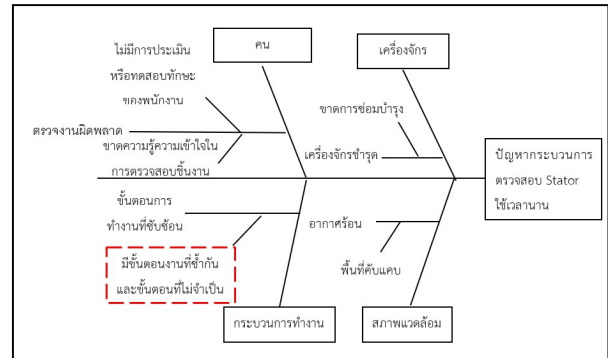
ลำดับ ที่	ขั้นตอน	รอบที่ (วินาที)			เวลา เฉลี่ย (วินาที/ รอบ)
		1	2	3	
1	การจดบันทึกข้อมูล การตรวจสอบสภาพ เครื่องจักรประจำวัน	446 .02	446 .06	446 .00	446.03
2	การตรวจสอบชิ้นงาน ตามเอกสารขั้นตอน การตรวจชิ้นงาน (Work Sheet)	313 .12	313 .15	313 .13	313.13
3	การบันทึกข้อมูล ชิ้นงานที่ไม่ได้ มาตรฐานลงใน เอกสารรายงาน ประจำวัน	163 .23	163 .20	163 .18	163.20
รวม		922 .37	922 .41	922 .31	922.36

จากตารางที่ 3 พบว่า การจดบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสภาพ
 เครื่องจักรประจำวัน มีเวลาเฉลี่ย 446.03 วินาที/รอบ การตรวจสอบ
 ชิ้นงานตามเอกสารขั้นตอนการตรวจชิ้นงานมีเวลาเฉลี่ย 313.13 วินาที/

รอบ และการบันทึกข้อมูลชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานลงในเอกสารรายงาน
 ประจำวันมีเวลาเฉลี่ย 163.20 วินาที/รอบ เวลาเฉลี่ยทั้งหมด 922.36
 วินาที/รอบ ซึ่งเป็นเวลาที่มาก หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ศึกษามาทำการ
 วิเคราะห์ปัญหาที่ก่อให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัญหาและสาเหตุ

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการตรวจสอบ
 สเตเตอร์จุด Final Line ใช้เวลานาน โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา(Cause &
 Effect Diagram) แสดงดังรูปที่ 4 และตารางที่ 4



รูปที่ 4 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยผังแก๊งปลา

ตารางที่ 4 สรุปสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางปรับปรุง

ปัจจัย	สาเหตุของปัญหา
คน	ไม่มีการประเมินหรือทดสอบทักษะของพนักงาน
เครื่องจักร	ขาดการซ่อมบำรุง เนื่องจากไม่มีแผนการบำรุงรักษา
สภาพแวดล้อม	พื้นที่คับแคบ
วิธีการ	มีขั้นตอนงานที่ซับซ้อนและขั้นตอนที่ไม่จำเป็น

จากการวิเคราะห์ สาเหตุของปัญหา การตรวจสอบ
 สเตเตอร์จุด Final Line ใช้เวลานาน พบว่ามีสาเหตุจากวิธีการทำงาน
 เนื่องจากพนักงานต้องใช้เวลาในการถ่ายเอกสารเพื่อบันทึกข้อมูลลงใน
 เอกสารและตรวจสอบชิ้นงาน อีกทั้งมีลำดับขั้นตอนการตรวจงานที่ไม่
 เป็นมาตรฐาน จึงทำให้เกิดความล่าช้า ดังนั้นจึงควรปรับปรุงกระบวนการ
 ตรวจสอบสเตเตอร์ เพื่อลดจำนวนขั้นตอนและเวลาในการทำงาน

3.3 แนวทางการแก้ไข

การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด Final Line โดยการประยุกต์ใช้หลัก ECRS เพื่อให้กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์มีความสะดวกรวดเร็ว ลดเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แนวทางการปรับปรุงขั้นตอนและข้อมูลของกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ทั้งหมด โดยใช้ ECRS

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	สัญลักษณ์					ECRS
		○	➡	D	□	▽	
1	เดินไปชั้น 2 เพื่อถ่ายเอกสาร Check Sheet	○	➡	D	□	▽	E
2	เดินกลับมาตรวจสอบเครื่องจักร	○	➡	D	□	▽	E
3	ตรวจเช็คสภาพของ Jig Check ID, วันหมดอายุ, เช็คการหยิบจับชิ้นงานเข้า - ออก จาก Line	○	➡	D	■	▽	-
4	เช็คและตรวจสอบชิ้นงาน Stator	○	➡	D	■	▽	-
5	จัดบันทึกข้อมูลลงเอกสาร Check Sheet	●	➡	D	□	▽	S
6	รอชิ้นงานที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่องจักร	○	➡	D	■	▽	C
7	ตรวจสอบตามเอกสาร Work Sheet ที่เป็นกระดาษ	○	➡	D	■	▽	C
8	ส่งชิ้นงานไปยัง Process Final 2	○	➡	D	□	▽	-
9	ตรวจสอบรอยจุดมาร์คต่าง ๆ ของงานซ่อม	○	➡	D	■	▽	-
10	ทาน้ำมันป้องกันสนิมด้าน F-R	●	➡	D	□	▽	-
11	เอื้อมมือหยิบกล่องสำหรับเก็บชิ้นงาน	○	➡	D	□	▽	E
12	เอื้อมมือหยิบชิ้นงานที่ทาน้ำมันแล้วลงกล่อง	○	➡	D	□	▽	-
13	ทำการแพกกล่องชิ้นงาน	●	➡	D	□	▽	-
14	จัดเก็บเข้าคลังสินค้า	○	➡	D	□	▽	R
15	หยิบเอกสารรายงานชิ้นงานที่ตรวจไม่ได้ตามมาตรฐาน	○	➡	D	□	▽	C, S
16	บันทึกข้อมูลชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานลงใน Sheet	●	➡	D	□	▽	C, S
17	ตรวจสอบ เอกสารรายงานข้อมูลชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน	○	➡	D	■	▽	-
18	เดินกลับไปตรวจสอบชิ้นงานต่อ	○	➡	D	□	▽	E
รวม		4	7	1	5	1	

จากตารางที่ 5 แนวทางการปรับปรุงขั้นตอนและข้อมูลของกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ทั้ง 18 ขั้นตอน โดยการประยุกต์ใช้หลัก ECRS แบ่งการปรับปรุงเป็น 2 ครั้งดังนี้
การปรับปรุงครั้งที่ 1

- E – Eliminate คือ ตัดขั้นตอนและข้อมูลที่ไม่จำเป็นออกในขั้นตอนที่ 1, 2, 11 และ 18 ออก (หากรวมขั้นตอนแล้วมีขั้นตอนที่เยอะและซ้ำกันอยู่ ทำการปรับปรุงใหม่อีกครั้ง)
- C – Combine คือ รวมขั้นตอนและข้อมูลที่ซ้ำกันในขั้นตอน 6 กับ 7 และขั้นตอนที่ 15 กับ 16 เข้าด้วยกัน เป็นจำนวน 2 ขั้นตอน เมื่อรวมขั้นตอนและข้อมูลแล้วจะเหลือเพียง 1 ขั้นตอน (หากรวมขั้นตอนแล้วยังมีขั้นตอนที่ซ้ำกันอยู่ ทำการรวมกันอีกครั้ง)
- R – Rearrange คือ จัดลำดับการตรวจชิ้นงานใหม่ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ ในขั้นตอนที่ 14
- S – Simplify คือ คิดตั้งจอกคอมพิวเตอร์และจัดทำไฟล์แยกประเภทการใช้งานและแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel VBA เพื่อทำให้ขั้นตอนของ

กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ง่ายขึ้นไม่ซับซ้อน ในขั้นตอนที่ 5, 15 และ 16

การปรับปรุงครั้งที่ 2

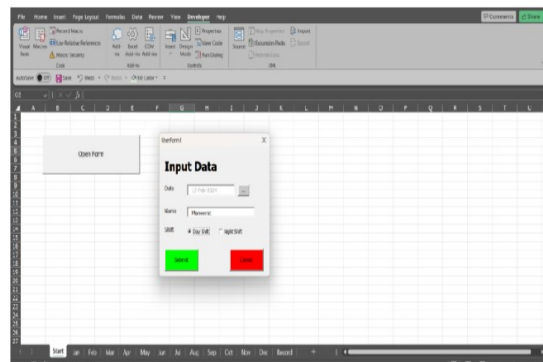
เนื่องจากในครั้งที่ 1 มีการรวมกันของขั้นตอนที่ 6 กับ 7 และขั้นตอนที่ 15 กับ 16 เข้าด้วยกันทำให้มีบางขั้นตอนที่ถูกโยกย้ายและซ้ำซ้อนกัน ทำให้ต้องมีการปรับปรุงกระบวนการใหม่อีกครั้งโดยใช้ E – Eliminate และ C – Combine นำมาทำการปรับปรุงแก้ไข

3.4 ผลการดำเนินงาน

หลังจากที่ได้มีการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ที่มีการรวมข้อมูลที่ซ้ำกันและไม่จำเป็นออกอีกทั้งจัดทำไฟล์เตอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูล และจัดทำไฟล์บันทึกข้อมูลลง Check Sheet ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel VBA ดังรูปที่ 5 ซึ่งขั้นตอนกระบวนการทำงานที่ปรับปรุงแสดงผังแผนภูมิการไหลในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังปรับปรุง

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	สัญลักษณ์				
		○	➡	D	□	▽
1	ไฟล์ Check Sheet และตรวจเช็คสภาพของ Jig Check ID, วันหมดอายุ, เช็คการหยิบจับชิ้นงานเข้า - ออกจาก Line	●	➡	D	□	▽
2	เปิดไฟล์ Work Sheet เพื่อเทียบดูวิธีตรวจเทียบชิ้นงาน และตรวจสอบชิ้นงาน Stator	●	➡	D	□	▽
3	ส่งชิ้นงานไปยัง Process Final 2	○	➡	D	□	▽
4	ตรวจสอบรอยจุดมาร์คต่าง ๆ ของงานซ่อม	○	➡	D	□	▽
5	ทาน้ำมันป้องกันสนิมด้าน F-R	●	➡	D	□	▽
6	เอื้อมมือหยิบชิ้นงานที่ทาน้ำมันแล้วลงกล่อง	○	➡	D	□	▽
7	ทำการแพกกล่องชิ้นงาน	●	➡	D	□	▽
8	บันทึกข้อมูลชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานลงในไฟล์บันทึกงานที่ไม่ได้มาตรฐาน	●	➡	D	□	▽
9	ตรวจสอบ เอกสารรายงานข้อมูลชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน	○	➡	D	■	▽
10	จัดเก็บเข้าคลังสินค้า	○	➡	D	□	▽
รวม		5	2	0	1	1



รูปที่ 5 ตัวอย่างไฟล์บันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel VBA

โดยเปรียบเทียบจำนวนขั้นตอน ระยะเวลา และประสิทธิภาพ
 ในการทำงานของกระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์ ก่อนและหลัง
 ปรับปรุงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลการดำเนินการตรวจสอบสเตเตอร์ก่อนและหลัง
 ปรับปรุง

ลำดับ ที่	รายละเอียด	ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง	จำนวน ที่ลดลง	เปอร์ เซ็นต์ (%)
1	จำนวนขั้นตอน ทั้งหมด (ขั้นตอน)	18	10	8	38.89
2	ระยะเวลาใน การทำงาน ทั้งหมด (วินาที)	922	388	534	57.92
3	ประสิทธิภาพ ในการทำงาน (%)	97.91 %	99.06 %	-	1.15

4. สรุป

จากการดำเนินงาน ปรับปรุงกระบวนการทำงาน ใน
 กระบวนการตรวจสอบสเตเตอร์จุด Final Line โดยใช้หลัก ECRS คือ
 กำจัดขั้นตอนและข้อมูลที่ไม่จำเป็น ที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า พร้อมทั้ง
 จัดทำไฟล์สำหรับบันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้การทำงานง่ายขึ้น
 ทำให้จำนวนขั้นตอนของกระบวนการทำงานในกระบวนการ
 ตรวจสอบสเตเตอร์มีขั้นตอนลดลงจาก 18 ขั้นตอน เหลือเพียง 10
 ขั้นตอน จำนวนเวลาของกระบวนการทำงานในกระบวนการตรวจสอบ
 สเตเตอร์ลดลง 534 วินาที จากเดิมใช้เวลามากถึง 922 วินาที เหลือ 388
 วินาที เวลาลดลงคิดเป็นร้อยละ 57.92

เอกสารอ้างอิง

- [1] อุตสาหกรรมรถยนต์และชิ้นส่วนรถยนต์ 2566 ,2566, [ออนไลน์].
<https://www.mreport.co.th/news/industry-movement/558>- (เข้าถึง
 เมื่อ: 1 เมษายน 2566).
- [2] พรรัตน์ ชำรงวุฒิ, “จัดทำโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาวิธีจัดลำดับ
 การผลิต โดยใช้วีบีเอบน โปรแกรมไมโครซอฟท์ Excel”,
 วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัย
 เทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2560.
- [3] จารุเดช หิรัญวัฒน์สุข อริช บุญคำเนิน และนิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์, “การ
 เพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องพิมพ์ 2 สีในกระบวนการผลิต
 ก่อ่งกระดาษลูกฟูก,”วารสารวิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา
 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ปีที่ 29,
 ฉบับที่ 1, หน้า 45-52, มกราคม – มีนาคม 2561

- [4] อรรถพันธ์ นันทกุลวาณิช, “การปรับปรุงประสิทธิภาพ
 กระบวนการรับสินค้าของคลังสินค้า ภูมิศึกษารุทจักรการผลิตสินค้า,
 งานนิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย วท.ม. (การจัดการการขนส่ง
 และโลจิสติกส์), มหาวิทยาลัยบูรพา,ชลบุรี, 2556.
- [5] รศ.รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคุณ, การศึกษางานอุตสาหกรรม,
 กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562
- [6] โสภณ เกิดสมบัติ, “ได้วิจัยการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและแนว
 ทางการลดต้นทุนในกระบวนการบรรจุ น้ำดื่มโดยการประยุกต์ใช้
 แนวคิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง KAIZEN”, คณะเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี, 2560.

ประวัติผู้เขียนบทความ

ผศ.ดร.ชลิดา ชาญวิจิตร
 อาจารย์ประจำสาขา วิศวกรรมอุตสาหการและการ
 ผลิตอัจฉริยะ
 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์



อาจารย์กฤตย์ศุภภูมิ ดอกไม้
 อาจารย์ประจำสาขา วิศวกรรมอุตสาหการและการ
 ผลิตอัจฉริยะ
 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์



อาจารย์ศศิลา วงศ์สุนทรพจน์
 อาจารย์ประจำสาขา วิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบ
 อัตโนมัติ
 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์



การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปัญหาของเสียในสายการประกอบเครื่องยนต์ดีเซลสูบนอน
กรณีศึกษา : โรงงานผลิตอุปกรณ์การเกษตรแห่งหนึ่ง

IMPROVING PROCESS TO REDUCE WASTE IN AN ASSEMBLY LINE OF HORIZONTAL DIESEL
ENGINE: THE CASE STUDY OF AN AGRICULTURAL EQUIPMENT MANUFACTURER

พรพิศ สิริมา¹, พิษณุ ทองขาว, สมพงษ์ เชื้อพระลา, วิยดา โคตรภูเขียว, ณ์ฐกมล บุญพินิจ และ ณ์ฐริดา สิงห์สอน

¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กทม. 10800 pormpit.s@rmutp.ac.th¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์ดีเซลสูบนอน เพื่อปรับปรุงพื้นที่การจัดเก็บอะไหล่ของแผนกคลังอะไหล่ และเพื่อลดปริมาณของเสียที่พบในสายการผลิตจากการศึกษาข้อมูลพบว่าเกิดปัญหา 3 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ปัญหาต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังสูงเกิดขึ้นที่แผนกจัดซื้อ ปัญหาที่ 2 การจัดเก็บอะไหล่ไม่เป็นหมวดหมู่ เกิดขึ้นในขั้นตอนการจัดอะไหล่รอส่งเข้าสู่สายการผลิต และปัญหาที่ 3 พบของเสียปริมาณมากในสายการผลิตเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการประกอบ ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดต้นทุนการสั่งซื้อสูง, เสียเวลาในการค้นหาอะไหล่ และเสียเวลาในการขอเบิกอะไหล่ใหม่ จึงนำหลักทฤษฎี EOQ มาคำนวณหาจำนวนการสั่งซื้อที่เหมาะสม นำหลักการศึกษางาน (Work Study มาประยุกต์เพื่อศึกษาเวลานำหลักการจัดหมวดหมู่ (ABC Analysis) มาทำการจัดหมวดหมู่คลังอะไหล่ นำหลักการ 5S, มาทำการจัดระเบียบคลังอะไหล่ และสร้างนิสัยความเคยชินให้กับพนักงานคลังอะไหล่ นำหลัก 7QC Tools ทำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพ และนำหลักการ (ECRS) มาทำการจัดหน้าที่การทำงานของพนักงานคลังอะไหล่ใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานที่เพิ่มขึ้น ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า 1) สามารถลดต้นทุนในการสั่งซื้อต่อปีได้จากเดิม 116,015.31 บาท เหลือ 68,089.59 บาท ลดต้นทุนการเก็บรักษาจากเดิม 385,733.04 บาท เหลือ 81,174.5 บาท 2) สามารถลดเวลาในการจัดอะไหล่เพื่อรอส่งเข้าสู่สายการประกอบได้ เหลือจากเดิม รุ่น ET ใช้เวลา 9.95 นาที ลดลงเหลือ 9.15 นาที รุ่น RT ใช้เวลา 12.96 นาที ลดลงเหลือ 11.65 นาที รุ่น Plus ใช้เวลา 18.92 นาที ลดลงเหลือ 17.60 นาที 3) สามารถลดของเสียที่พบในสายการผลิตทั้งหมดจากเดิมร้อยละ 75.78% เหลือร้อยละ 1.66%

คำสำคัญ: การลดเวลา การลดของเสีย EOQ ECRS 7QC Tools
ABC Analysis 5S.

Abstract

This research aims to reduce the costs of purchasing diesel engine components by improving the storage area of the spare parts department, thereby minimizing waste in the production line. The study identified three main problems: the problem of high inventory holding costs in the purchasing department, unclassified storage of components in the pre-production phase, and a significant amount of waste during the assembly process. To address these issues, the research applied the EOQ theory to optimize procurement costs, conducted a Work Study to analyze time efficiency, implemented ABC Analysis for spare parts categorization, utilized the 5S principles for warehouse organization, instilled a culture of familiarity among warehouse staff, employed the 7QC Tools for quality inspection guidelines, and adapted the ECRS principle to redefine the roles of warehouse personnel. The ability to reduce annual procurement the previous amount costs from 116,015.31 to 68,089.59 THB, as well as decreased storage costs from 385,733.04 to 81,174.5 THB. Furthermore, the research successfully reduced the time required for parts allocation in the production line, and significantly decreased overall waste in the production process from 75.78% to 1.66%.

Keywords: Time Reduction Waste Reduction EOQ ECRS 7QC Tools
ABC Analysis 5S.

1. บทนำ

ทีมผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลในแผนกคลังอะไหล่เครื่องยนต์ดีเซลสูบนอน โดยศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์เครื่องยนต์ดีเซลสูบนอนเนื่องจากมีค่าสั่งซื้อสูงสุดและอัตราการผลิตสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว พบว่าในกระบวนการผลิตมีปัญหา

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เกิดขึ้น 3 ด้าน คือ ปัญหาด้านที่ 1 ต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังสูง เกิดขึ้นในขั้นตอนทำงานของแผนกจัดซื้อ ปัญหาด้านที่ 2 ปัญหาจัดเก็บอะไหล่ไม่เป็นหมวดหมู่ เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำงานที่จัดอะไหล่หรือส่งเข้าไปในสายการผลิต ปัญหาด้านที่ 3 พอะอะไหล่เสียเป็นปริมาณมาก ระหว่างการผลิตเครื่องยนต์ดีเซลสูบนอนมากถึง 75.78% เกิดขึ้นในขั้นตอนของสายการประกอบ จากปัญหาและสาเหตุข้างต้น ทีมวิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลและนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไข ปัญหา โดยปัญหาด้านที่ 1 ต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังสูง (Inventory Management) ใช้หลักการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม หรือประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity : EOQ) โดยคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ซึ่งตามแนวทางในการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนนี้จะช่วยลดต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังลงได้ ปัญหาด้านที่ 2 การจัดเก็บอะไหล่ไม่เป็นหมวดหมู่ ใช้ทฤษฎี ABC Analysis และทฤษฎี 5ส โดยทำการจัดหมวดหมู่อะไหล่ตามความเคลื่อนไหวของอะไหล่ เพื่อให้ค้นหาอะไหล่ได้ง่ายขึ้น ลดเวลาในการขนส่งอะไหล่ลงจากเดิมได้ และหลักการศึกษาเวลา (Time Study) ด้วยการสุ่มจับเวลาในการขนส่งอะไหล่เข้าไปในสายการผลิต การแก้ไขปัญหาในขั้นตอนนี้ ช่วยให้ลดระยะเวลาในการค้นหาอะไหล่ให้สั้นลง และลดระยะทางในการขนส่งอะไหล่ลง ส่วนปัญหาด้านที่ 3 ตรวจพบปริมาณอะไหล่เสียมากถึงร้อยละ 75.78% ในสายการประกอบ ทีมวิจัยได้จัดทำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพก่อนทำการจัดเก็บอะไหล่เข้าสู่คลังอะไหล่ โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎี 7 เครื่องมือคุณภาพ (7QC Tools) เพื่อจัดสรรหน้าที่ของพนักงานให้สอดคล้องกับขั้นตอนการทำงานที่เพิ่มขึ้นมา

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษาข้อมูลเครื่องยนต์ดีเซลสูบนอน

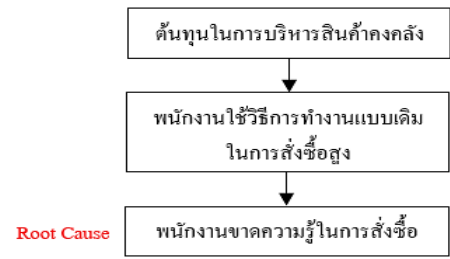
การศึกษาข้อมูลตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2566 ถึงเดือนตุลาคม 2566 ศึกษาขั้นตอนดำเนินงานของแผนกจัดซื้อ และข้อมูลด้านระยะเวลาในการค้นหาอะไหล่ และระยะทางในการขนส่งอะไหล่ของแผนกคลังอะไหล่ มีระยะทางในการขนส่งมากที่สุด 34 เมตร น้อยสุด 23 เมตร และเวลาในการค้นหาอะไหล่เฉลี่ย 14.23 นาที จากนั้นทำการเก็บข้อมูลของเสียที่พบในเดือนกรกฎาคม 2566 พบว่ามีทั้งหมด 143 ชิ้น และของเสียที่พบในเดือนสิงหาคม 2566 ทั้งหมด 126 ชิ้น

2.2 วิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา [13,15]

นำหลักการ Why Why Analysis และ 7QC Tools และใช้ผังก้างปลา มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหา ดังต่อไปนี้

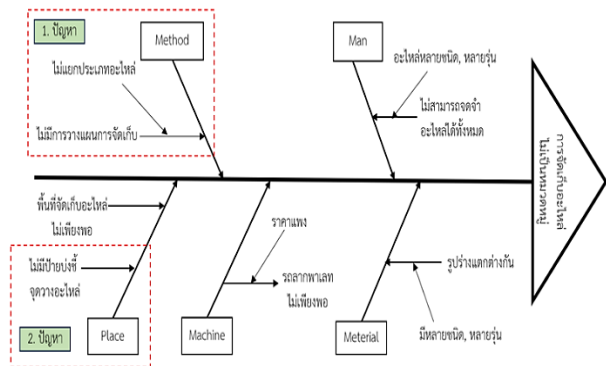
2.2.1 ใช้ Why Why Analysis ในการวิเคราะห์ปัญหาต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังสูง ดังแสดงในรูปที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุโดยใช้ Why Why Analysis สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาในกระบวนการทำงานของแผนกจัดซื้อได้ดังนี้ ปัญหาหลักคือ มีต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังสูง, เนื่องจากไม่สามารถส่งอะไหล่มาเก็บไว้จำนวนมากเพื่อรอผลิตเพราะมีต้นทุนการเก็บรักษาสูง, พื้นที่จัดเก็บมีไม่

เพียงพอ, โรงงานจะผลิตเครื่องยนต์เมื่อได้รับการสั่งซื้อจากลูกค้าเท่านั้น ถ้าหากไม่มีการสั่งซื้อจะไม่สามารถนำอะไหล่ไปผลิตได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดต้นทุนจม เพราะต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด ทั้งนี้ยังมีสาเหตุที่เกิดจากพนักงานทำงานตามวิธีการเดิมที่ทำต่อๆกันมา โดยไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้งว่ามีค่าใช้จ่ายสูงมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 1 สาเหตุปัญหาต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังสูง

2.2.2 ใช้ผังก้างปลาในการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเก็บอะไหล่ไม่เป็นหมวดหมู่ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปัญหา-สาเหตุการจัดเก็บอะไหล่ไม่เป็นหมวดหมู่

ผลการวิเคราะห์ปัญหา-สาเหตุการจัดเก็บอะไหล่ไม่เป็นหมวดหมู่ มีดังนี้ ปัญหาด้านพนักงาน (Man) สาเหตุมาจากพนักงานไม่สามารถจดจำชื่อชิ้นส่วนได้ทั้งหมด เนื่องจากอะไหล่มีหลากหลายชนิด กรณีเร่งรีบจะใช้เวลาค้นหาอะไหล่เวลานานและบางครั้งก็หาอะไหล่ไม่พบเจอ พนักงานใช้ความเคยชินในการจัดวางอะไหล่ เช่น วางบริเวณพื้นที่ว่างตามริมทางเดิน, ส่วนปัญหาด้านวิธีการ (Method) สาเหตุมาจากขาดการวางแผนจัดเตรียมพื้นที่จัดเก็บ, ไม่ทราบปริมาณชิ้นส่วนแต่ละรายการที่แน่นอนเนื่องจากไม่ได้แยกประเภทอะไหล่ให้ชัดเจน ทั้งนี้พนักงานคลังอะไหล่กับพนักงานจัดบันทึกการเบิกจ่ายไม่ใช้พนักงานคนเดียวกัน ชิ้นส่วนบางรายการจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือชิ้นส่วนรายการมีมากเกินไปเกิดความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้เกิดต้นทุนจมและขาดสภาพคล่องทางการเงิน, ส่วนปัญหาด้านเครื่องจักร (Machine) พบว่าสาเหตุมาจากรถลากพาเลทไม่เพียงพอต่อการใช้งานขนส่งระหว่างแผนกคลังอะไหล่กับแผนกประกอบ เนื่องจากรถลากพาเลทมีราคาค่อนข้างสูง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ปัญหาชิ้นส่วนอะไหล่ (Material) มีสาเหตุจากชิ้นส่วนอะไหล่มีขนาดไม่เหมือนกัน ชิ้นส่วนอะไหล่มีหลายรุ่นและสีไม่เหมือนกัน ส่งผลให้การวางชิ้นส่วนอะไหล่ชนิดเดียวกันหลายตำแหน่งหรือวางรวมกัน, ปัญหาพื้นที่ (Place) สาเหตุคือไม่มีการติดป้ายบ่งชี้จุดวางชิ้นส่วนอะไหล่ในแต่ละที่ ส่งผลให้ใช้เวลาในการค้นหาชิ้นส่วนอะไหล่เวลานาน มีพื้นที่ในการจัดเก็บชิ้นส่วนอะไหล่ไม่เพียงพอทำให้วางอะไหล่ไว้กับพื้นที่ว่างหรือบริเวณทางเดิน



Root Cause

รูปที่ 3 สาเหตุปัญหาการตรวจพบปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก

จากรูปที่ 3 การวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงโดยใช้เทคนิค Why Why Analysis สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้ดังนี้ เริ่มตั้งแต่ต้นด้วยหัวข้อปัญหาที่พบคือ พบอะไหล่เสียปริมาณมากในขั้นตอนการผลิตเครื่องชนิดซีแอลทูบนอน สาเหตุมาจากไม่มีการตรวจสอบคุณภาพของอะไหล่ และสาเหตุมาจากขาดวิธีการตรวจสอบคุณภาพที่ชัดเจน เมื่อทราบถึงปัญหาแล้วจึงสร้างมาตรการตอบโต้ที่เหมาะสม ได้แก่ การจัดทำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพ ได้แสดงลักษณะที่ต้องตรวจสอบ เช่น รอยบุบ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจสอบนั้น

2.3 ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง [4,7,11,12,13]

จากการศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทั้ง 3 ด้าน โดยใช้หลักการ Why Why Analysis และแผนผังก้างปลา ทำการระดมสมองจากหัวหน้าฝ่ายผลิต, พนักงานฝ่ายประกอบ, พนักงานงานอะไหล่ และหัวหน้าและพนักงานแผนกจัดซื้อ ซึ่งมีแนวทางแก้ไขปัญหาทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

2.3.1 แก้ไขปัญหาด้านทุนการบริหารสินค้าคงคลังสูง โดยการประยุกต์ใช้หลักการ EOQ (Economic Order Quantity) ทำการพิจารณาและตรวจสอบจากยอดความต้องการในการสั่งซื้อสินค้า ใช้หลักการ EOQ ในการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาการสั่งซื้อที่เหมาะสม และหาจำนวนครั้งที่สั่งซื้อที่ประหยัดต่อปี ซึ่งทำการเก็บข้อมูลด้านความต้องการสินค้าของปี 2562 แสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 1, ด้านค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อแต่ละครั้งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และด้านต้นทุนในการเก็บรักษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณความต้องการสินค้าของปี 2562

ชื่อรุ่น	ราคา/เครื่อง (บาท)	ปริมาณการใช้/ปี (เครื่อง)	ราคารวม (บาท)	มูลค่าสะสม
1. ET	3,211	2,019	6,483,009	12,545,530
2. ET (E)	3,817	961	3,668,137	16,213,667
3. RT	6,459	708	4,572,972	20,786,639
4. RT (E)	6,979	628	4,382,812	25,169,451
5. Plus	4,891	630	3,081,330	3,081,330
6. Plus (E)	5,221	571	2,981,191	6,062,521
ผลรวม	30,578	5,517	25,169,451	83,859,138

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง (Ordering cost) หน่วย : บาท

รายการ	ค่าใช้จ่าย/เดือน	ค่าใช้จ่าย/ปี
1. ค่าโทรศัพท์ (โทร+อินเทอร์เน็ต 699บาท/เดือน) จำนวน2เครื่อง	699x2 = 1,398	16,776
2. ค่าปากกา, ดินสอ, น้ำยาลบคำผิด, แม็ก และลูกแม็ก, ปากกาไวท์บอร์ด ฯลฯ	511	6,132
3. กระดาษ A4	215	1,356
4. หมึกพิมพ์	-	2,100
5. ค่าบริการหลังการขาย(ในกรณียังอยู่ในการรับประกัน2ปี)	4,500	54,000
รวม		80,364

ตารางที่ 3 ต้นทุนการเก็บรักษาอะไหล่ของการสั่งซื้อต่อครั้ง

ลำดับ	รายการ	เปอร์เซ็นต์
1	ค่าเงินลงทุน	6%
2	ค่าภาษี	2%
3	ค่าประกันภัย	1%
4	ค่าเสื่อมล้าสมัยของอะไหล่	6%
5	ค่าขนส่งเคลื่อนย้าย	2%
6	ค่าวัสดุขาดหาย	3%
7	ค่าเสียโอกาส	2%
	รวมค่าใช้จ่าย	22%

จากทั้ง 3 ตารางได้ทำการคำนวณรุ่น ET โดยการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดแสดงในสมการที่ (1) และจำนวนครั้งที่สั่งซื้อที่ประหยัดต่อปี ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (1)$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(2019)(292.24)}{(3211)(0.22)}} = 41 \text{ เครื่อง}$$

$$\text{ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดของรุ่น ET} = 41 \text{ เครื่อง}$$

$$\text{จำนวนครั้งการสั่งซื้อที่ประหยัด} = D/Q \quad (2)$$

$$= 2019/41$$

$$\text{ดังนั้นจำนวนครั้งการสั่งซื้อที่ประหยัดของรุ่น ET} = 50 \text{ ครั้ง}$$

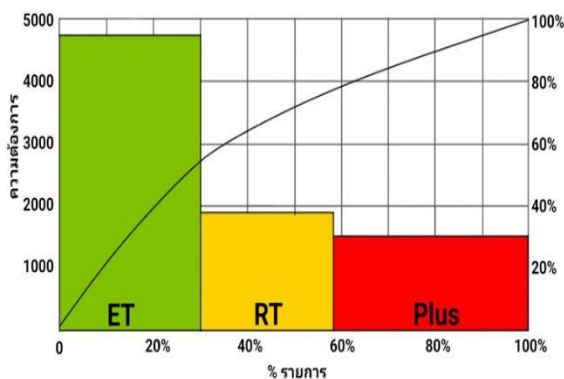
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2.3.2 แก้ไขปัญหาการจับเก็บอะไหล่ไม่เป็นหมวดหมู่ โดยใช้ทฤษฎี 5ส. ในการจัดเก็บอะไหล่ในคลังอะไหล่ให้เรียบร้อย จากนั้นจึงใช้ทฤษฎี ABC Analysis ในการจัดหมวดหมู่อะไหล่ ร่วมกับทฤษฎีการศึกษาเวลา (Time Study) ในการสุ่มจับเวลาระยะเวลาในการค้นหาอะไหล่ และหลักการวิเคราะห์กระบวนการ (Process Analysis) ในการเปรียบเทียบระยะทางในการขนส่งอะไหล่จากคลังอะไหล่เข้าสู่สายการประกอบ โดยมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

การนำหลักการ 5ส มาใช้จัดเก็บอะไหล่ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ได้แก่ สะสาง (Seiri) แยกอะไหล่ที่ใช้และไม่ใช้ออกจากกัน และจัดของที่ไม่ต้องการออก เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการทำงาน, สะดวก (Seiton) จัดเก็บอะไหล่ที่อยู่บนพื้นเข้าชั้นวางสินค้า (Rack) และจัดวางอะไหล่ในคลังอะไหล่ให้เป็นระเบียบรวมไปถึงสิ่งของอื่นๆที่ใช้ในคลังอะไหล่โดยแบ่งการจัดเก็บตามประเภทอย่างชัดเจน ทำป้ายบ่งชี้โดยการบอกรหัสเป็นตัวเลข เพื่อความสะดวกในการค้นหาอะไหล่และความรวดเร็วในการขนส่งอะไหล่เข้าไปในสายการประกอบ, สะอาด (Seisou) ทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในแผนกคลังอะไหล่หลังการใช้งานและสถานที่ทำงานอยู่เสมอ เพื่อบรรยากาศที่ดีและลดอุบัติเหตุและความเสี่ยงในการทำงาน, สุขลักษณะ (Seiketsu) ทำตามสะสาง สะดวก สะอาด ทำการรักษาความสะอาดให้ดีตลอดไปเพื่อสะดวกต่อการทำงาน ทำสถานที่ทำงานให้เป็นระเบียบ สะอาด และบรรยากาศที่ดีในการทำงาน, สร้างนิสัย (Shitsuke) อบรมพนักงานทุกคน สร้างนิสัยให้ปฏิบัติตามระเบียบวินัยข้อบังคับอย่างเคร่งครัด

การนำหลักการ ABC มาทำการจัดหมวดหมู่อะไหล่โดยจัดตามการเคลื่อนไหวของอะไหล่ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟการจัดหมวดหมู่อะไหล่แบบ ABC Analysis

จากรูปที่ 4 เป็นการจัดหมวดหมู่อะไหล่แบบ ABC Analysis รุ่น ET จะจัดอยู่ในกลุ่ม A เนื่องจากมียอดขายสูงที่สุด และรุ่น RT จะจัดอยู่ในกลุ่ม B เพราะมียอดขายรองลงมาจากรุ่น A และรุ่น Plus จะจัดอยู่ในกลุ่ม C เนื่องจากมียอดขายต่ำที่สุด จากนั้นนำหลักการการศึกษาเวลา (Time Study) มาทำการสุ่มจับระยะเวลาในการค้นหาอะไหล่ โดยทำการสุ่มจับเวลาตัวอย่างเป็นจำนวน 40 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การสุ่มจับระยะเวลาในการค้นหาอะไหล่ทุกชิ้นของรุ่น ET

รุ่นของอะไหล่ที่สุ่มจับ	จำนวนครั้ง (นาที)										AVG.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ET	8.01	9.20	10.11	8.65	10.07	7.96	9.73	9.36	10.03	8.20	9.15
	7.63	7.90	8.56	10.02	9.46	9.20	10.67	8.26	9.87	8.97	
	9.45	9.32	10.78	7.92	8.34	8.74	9.43	10.05	9.56	9.45	
	10.23	9.76	8.90	9.38	8.91	10.04	8.86	7.61	7.19	10.13	

จากตารางที่ 4 มีวิธีการคำนวณการคำนวณจำนวนรอบที่เหมาะสมในการจับเวลาดังแสดงในสมการที่ (3)

$$N = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{n^2 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2 \quad (3)$$

$$N = \left[\frac{2}{0.10} \sqrt{(40)(3379 - 13379)} \right]^2$$

$$N = 3.79 \approx 4 \text{ ครั้ง}$$

คำนวณหาเวลาปกติ (Normal Time) ดังแสดงในสมการที่ (4)

และคำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$\text{Normal Time} = \text{Selected Time} \times \text{Rating Factor} \quad (4)$$

$$\text{Normal Time} = 9.95 \times 1.07 = 10.65 \text{ นาที}$$

ดังนั้นเวลาปกติของการเดินไปค้นหาอะไหล่ = 10.65 นาที

$$\text{Standard Time} = \text{Normal Time} + (\text{Normal Time} \times \text{Allowance}) \quad (5)$$

$$\text{Standard Time} = 10.65 + \left(10.65 \times \left(\frac{22}{100} \right) \right) = 12.993 \approx 13 \text{ นาที}$$

ดังนั้นเวลามาตรฐานของการเดินไปค้นหาอะไหล่ = 13 นาที

2.3.3 แก้ไขปัญหาตรวจพบปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก โดยมีมากถึงร้อยละ 75.78% ด้วยการประยุกต์ใช้ 7QC Tools และหลักการ ECRS ประเภทจัดเรียงใหม่: R (Rearrange) ซึ่งวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ประยุกต์ใช้ 7QC Tools จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าไม่มีข้อมูลการตรวจสอบที่เป็นเอกสาร หรือสื่อในการบ่งชี้ลักษณะอะไหล่ที่เป็นของเสีย จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาจึงจัดทำคู่มือการตรวจสอบคุณภาพ (Check Sheet) และได้แสดงตัวอย่างการใช้คู่มือในรูปแบบที่ 5 ซึ่งทางทีมผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบฟอร์มการตรวจสอบคุณภาพของอะไหล่ โดยในแบบฟอร์มจะระบุรายละเอียดของอะไหล่ที่เป็นของเสีย (NG) เช่น รอยบุบ เป็นคัน และมีการจับบันทึกทุกครั้งเมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของอะไหล่ที่เข้ามาในแต่ละล็อต (Lot) เช่น วัน/เดือน/ปี ในการตรวจสอบคุณภาพของอะไหล่

การประยุกต์ใช้ทฤษฎี ECRS ประเภทจัดเรียงใหม่: R ในการจัดแบ่งหน้าที่การทำงานใหม่ให้กับพนักงาน หลังจากที่ทำทางทีมผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนอะไหล่ชิ้นมาใหม่

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3.3 ผลการแก้ปัญหาด้านการตรวจพบปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก

หลังจากการปรับปรุงโดยจัดทำคู่มือตรวจสอบคุณภาพโดยเป็นการตรวจสอบ 100% พบว่าอะไหล่ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 48.68 และพบอะไหล่ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 51.32 จากนั้นฝ่ายผลิตนำอะไหล่ดีที่ผ่านเกณฑ์ไปทำการผลิต พบว่ามีอะไหล่ดีที่ใช้ได้ร้อยละ 49.34 และมีอะไหล่เสียที่ใช้ไม่ได้ร้อยละ 1.66 ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณของเสียที่ตรวจพบก่อน-หลังการปรับปรุง

ขั้นตอนการทำงาน	กรกฎาคม - สิงหาคม 2566		กันยายน - ตุลาคม 2566	
	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	ของดี (%)	ของเสีย (%)	ของดี (%)	ของเสีย (%)
ตรวจสอบคุณภาพ 100%	-	-	51.32	48.68
ฝ่ายผลิตทำการประกอบเครื่องยนต์	24.22	75.78	49.34	1.66
ผลต่างของดีที่ตรวจพบในสายการผลิต			เพิ่มขึ้น 25.12%	
ผลต่างของเสียที่ตรวจพบในสายการผลิต			ลดลง 74.12%	

4. สรุปผลการวิจัย

4.1 สามารถลดต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังลงได้จากค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อปีจากเดิมอยู่ที่ 116,015.31 บาท ลดลงเหลือ 68,089.59 บาท และต้นทุนในการเก็บรักษาจากเดิม 385,733.04 บาท ลดลงเหลือ 81,174.5 บาท

4.2 สามารถปรับปรุงพื้นที่การจัดเก็บอะไหล่ของแผนกคลังอะไหล่เครื่องยนต์ดีเซลสูบนอนได้ ดังนี้ ระยะเวลาค้นหาอะไหล่จากเดิมอยู่ที่ 14.23 นาที ลดลงเหลือ 13.31 นาที เวลามาตรฐานในการเดินไปค้นหาอะไหล่จากเดิมอยู่ที่ 18.64 นาที ลดลงเหลือ 17.29 นาที ระยะเวลาทางขนส่งอะไหล่จากคลังอะไหล่ไปสายการประกอบ A และ B ลดลงได้มากที่สุด 44.12%, 41.3% ตามลำดับ

4.3 สามารถลดปริมาณของเสียที่ตรวจพบในสายการผลิตจากปริมาณของเสียอยู่ที่ 75.78% ลดลงเหลือ 1.66%

เอกสารอ้างอิง

[1] นพรัตน์ ราชจินดา. (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังกรณีศึกษาบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ. วิทยาลัยเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์มหานัท. สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน. มหาวิทยาลัยบูรพา.

[2] ทวนชัย สิริฟ้า. (2552). การศึกษาการใช้วิธีการสั่งซื้ออย่างประหยัดสำหรับอุตสาหกรรมผลิตวงจรรวม, สารนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหานัท. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[3] เฉอรรถฎา คุ่มถนอม, (2564), ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบหลักที่เหมาะสม กรณีศึกษา บริษัทผลิตเหล็กแท่งและเหล็กเส้นก่อสร้าง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหานัท, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[4] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรมฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อปจำกัด.

[5] วันชัย วิจิรวนิช. (2555). การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา, (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] ชมกฤษ ทรัพย์ประวีร์ และรัชชกน เจริญศรี, (2563), การศึกษาเวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิตสายพาน (Belt) โดยใช้วิธีการศึกษาเวลาโดยตรง กรณีศึกษาบริษัท ทรานส์นอร์ม ซิสเต็ม, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี.

[7] มงคล คอตัน และธิดารัตน์ สิทธิหาญ, (2563), การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต กรณีศึกษา : โรงงานแปรรูปกระดาษชำระ, วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[8] กิตติวี วิเชียรประดิษฐ์, 2563, การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน กรณีศึกษาบริษัทผลิตไม้สักแปรรูป, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[9] นันทวรรณ สมศรีและศุภฤกษ์ เหล็กดี, 2563, การลดต้นทุนสินค้าคงคลังด้วยวิธี ABC-FSN Analysis กรณีศึกษา โรงงานผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการและโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

[10] จิรวรรณ เจริญสุข, (2561), การวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดกรณีศึกษาบริษัทเจริญชัย, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

[11] วรณวิภา ชื่นเพชร, (2560), การวางแผนคลังสินค้าสำเร็จรูปด้วยเทคนิค ABC Analysis กรณีศึกษา บริษัท AAA จำกัด, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[12] อนุศักดิ์ ฉิ่งไพศาล. (2557). การพัฒนางานด้วยระบบคุณภาพและเพิ่มผลผลิต, กรุงเทพฯ: บริษัท วี.พี. (1991).

[13] ศุภฤกษ์ชัย นาทะพันธ์, 2551, การควบคุมคุณภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดเคชั่น.

[14] อังควรา เมืองวงศ์, (2563), การใช้ระบบลีนในการจัดการวัตถุดิบที่นำเสียบ่ายในระบบผลิตอาหารแบบตามสั่ง, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

- [15] มณีรัตน์ อินทประเสริฐ และวิชญ์ตรี งามสะอาด, (2564), การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนวัตถุดิบและการตรวจสอบขั้นสุดท้ายในการผลิตเครื่องซักผ้าเพื่อลดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ด้วยแนวคิด Six Sigma กรณีศึกษา : บริษัท ABC, บริหารธุรกิจบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

ประวัติผู้เขียนบทความ

อ.พรพิศ สิริมา

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้เขียนบทความ

ศศ.ดร.พิชญ์ ทองขาว

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้เขียนบทความ

อ.สมพงษ์ เชื้อพระคา

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวณัฐธิดา สิงห์สอน

จบการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2566

งานวิจัยที่สนใจ Lean Production

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวณัฐกมล บุญพินิจ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2566

งานวิจัยที่สนใจ การประยุกต์ใช้เครื่องมือควบคุม

คุณภาพในโรงงาน



ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาว วิชดา โคตรภูเขียว

จบการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระ

นคร

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2566

งานวิจัยที่สนใจ Inventory control



การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการเชื่อมท่อคอนเดนเซอร์

Determination of Optimal Parameters to Improve the Quality of the Condenser Pipe Welding Process

ธนา บุญชูเศรษฐกุล^{1*} สมพร เพียรสุขมณี^{2*} และ ช่อแก้ว จตุรานนท์^{3*}

^{1,3}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด กรุงเทพฯ 10140

E-mail: thana.boonye@kmutt.ac.th^{1*}, sompom.pea@kmutt.ac.th^{2*}, chorkaew.jat@kmutt.ac.th^{3*}

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการเชื่อมท่อคอนเดนเซอร์ด้วยกระบวนการเชื่อมออร์บิทัล เพื่อแก้ไขปัญหาหรือรั่วและความนูนของแนวเชื่อมที่ต่ำกว่าผิวภายนอกท่อ โดยทำการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (ASME) และนำปัจจัยกับระดับของปัจจัยที่ได้จากการทดสอบมาประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย (2^k Factorial Design) พบว่า กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมเท่ากับ 39 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม เท่ากับ 100 มิลลิเมตรต่อนาที และค่าเวลาหน่วงแก๊ส เท่ากับ 30 วินาที สามารถทำให้ค่าระยะนูนของแนวเชื่อมมากที่สุด เท่ากับ 25.54 มิลลิเมตร และนำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้กับกระบวนการผลิตจริง พบว่า ชิ้นงานที่ถูกเชื่อมด้วยพารามิเตอร์ใหม่ให้ค่าระยะนูนเฉลี่ยใกล้เคียงค่าที่ทำการทดลองและไม่เกิดปัญหาหรือรั่วที่แนวเชื่อม

คำสำคัญ : การออกแบบการทดลอง; กระบวนการเชื่อมออร์บิทัล; ความนูนของแนวเชื่อม; ท่อคอนเดนเซอร์

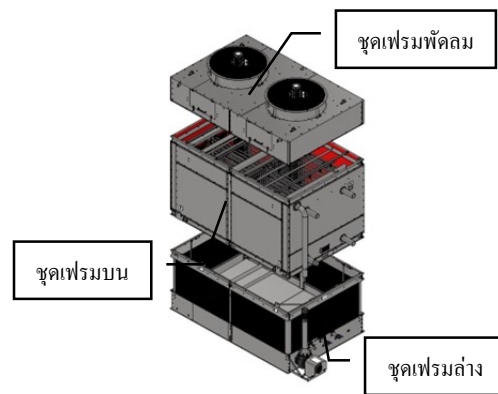
Abstract

The objective of this article is to find suitable parameters to improve the quality of the Orbital welding process of condenser tubes. for solve the problem of leaks and weld convexity of the weld line that is lower than the outside surface of the pipe. do testing sample pieces. to find parameters that pass the standard American Society of Mechanical Engineers (ASME) and applied the factors and levels of factors obtained from the test 2-level, 3-factor factorial experimental design (2^k Factorial Design). It was found that the welding current equal to 39 Amp., welding speed equal to 100 mm./min and the gas-delay time to 30 s. result the maximum weld distance value equal 25.54 mm. And the results from the experiment were applied the actual production process. The tubes that welded with the new parameters had an average value of the weld convexity distance close to Similar the experimental values and no leakage problems.

Keywords: Design of experimental; Orbital welding; Weld convexity; Orbital welding

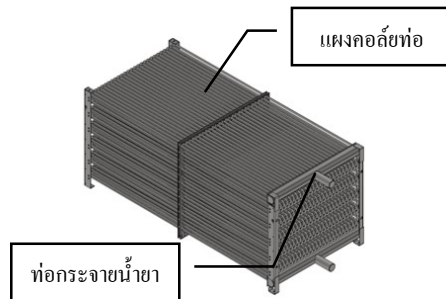
1. บทนำ

จากกรณีศึกษาได้วิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการเชื่อมท่อคอนเดนเซอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเครื่องระบายความร้อน โดยบริษัทกรณีศึกษามีกลุ่มเป้าหมายหลักเกี่ยวข้องกับธุรกิจ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น และอุตสาหกรรมยาภิบาลโรค เป็นต้น เครื่องระบายความร้อนมีส่วนประกอบหลักโดยแบ่งเป็น 3 ส่วนประกอบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องระบายความร้อน

ในส่วนของชุดเฟรมบน จะมีชิ้นส่วนสำคัญหลักในการเก็บสารทำความเย็นเพื่อใช้ในการระบายความร้อนภายในระบบคือแพ็คเกจคอยล์คอนเดนเซอร์ ซึ่งส่วนประกอบของแพ็คเกจคอยล์คอนเดนเซอร์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังรูปที่ 2

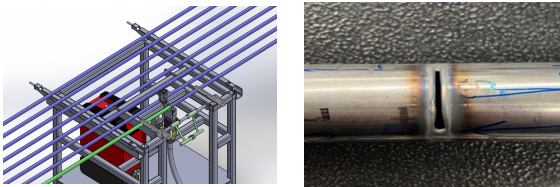


รูปที่ 2 ส่วนแพ็คเกจคอยล์คอนเดนเซอร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากกรณีศึกษาได้นำเครื่องเชื่อมท่อต่อท่อ (แบบออร์บิทัล) มาใช้ในขั้นตอนการเชื่อมท่อคอนเดนเซอร์ ทดแทนการใช้ทักษะช่างฝีมือ เพื่อเพิ่มความมั่นใจในด้านคุณภาพและสร้างคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น และยังช่วยด้านสุขลักษณะที่ดีต่อพนักงานอีกด้วย โดยมาตรฐานของท่อ สเตนเลส คือ ท่อสเตนเลส ASME SA249 SS304 ขนาด 25.4 มิลลิเมตร ความหนาผิว 1.2 มิลลิเมตร แต่ด้วยปัญหาปัจจุบันทำการเชื่อมท่อต่อท่อ ด้วยวิธีเชื่อมโมเดลแบบค่าเริ่มต้นของโปรแกรมเชื่อม พบปัญหาเกิดรอยร้าวและความไม่สมบูรณ์ของแนวเชื่อมดังรูปที่ 3 จึงนำปัญหานี้มาศึกษา เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหานี้

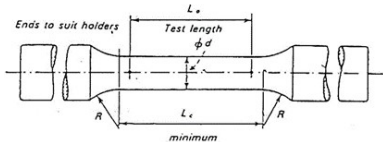


รูปที่ 3 การเชื่อมท่อต่อท่อด้วยเครื่องเชื่อมแบบออร์บิทัล

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

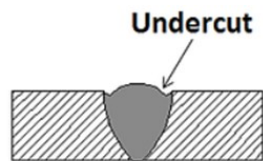
2.1 การตรวจสอบคุณภาพของแนวเชื่อม

การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) [1] วัตถุประสงค์หลักของการทดสอบแรงดึง เพื่อหาคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ได้แก่ ค่าความต้านแรงดึง R_m (Tensile Strength) ความเค้นคราก R_y (yield Stress) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว A (Elongation) ของวัสดุเป็นต้น ในการทดสอบ โดยทั่วไปชิ้นทดสอบจะถูกดึงและระยะยึดของชิ้นทดสอบจะถูกบันทึกไว้ที่เครื่องบันทึก (Recorder)



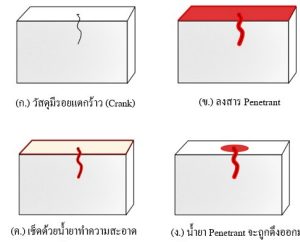
รูปที่ 4 ขนาดชิ้นทดสอบการดึงมีภาคตัดขวางกลม

รอยกัดแหง (Undercut) [1] โดยทั่วไปแล้วเกิดจากเทคนิคการเชื่อมหรือใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป รอยกัดแหงส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างแนวเชื่อมกับโลหะชิ้นงานทั้งด้านหน้าและด้านหลังแนวเชื่อม รอยกัดแหงนี้เป็นรอยบากซึ่งเป็นอันตรายเพราะจะเป็นแหล่งรวมความเค้น (Stress concentrator)



รูปที่ 5 รอยขุดตัวของแนวเชื่อม

การทดสอบด้วยวิธีใช้สารแทรกซึม [2] เป็นวิธีการหาคาบพร่องหรือรอยความไม่ต่อเนื่องที่เปิดสู่ผิวสามารถทดสอบกับวัสดุได้ทุกชนิดที่ไม่เป็นรูพรุน เช่น แก้ว พลาสติก เซรามิก โลหะ อโลหะ เป็นต้น การทดสอบด้วยวิธีนี้จะอาศัยปฏิกิริยาแทรกซึมซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการทาหรือพ่นของเหลวข้อมสีที่มีคุณสมบัติแทรกซึมเข้าไปในรอยร้าว จากนั้นจะใช้สารเคมีน้ำยาที่มีคุณลักษณะคล้ายกับกระดาษซับพื้นหรือ ไรโดยตรงบริเวณที่ต้องการทดสอบ หากมีรอยแตกร้าวหรือรอยบกพร่องใดๆ บนผิวงานจะเกิดเป็นเส้นหรือรอยของสารข้อมสีให้เห็นอย่างเด่นชัด



รูปที่ 6 ขั้นตอนการทดลองสารแทรกซึม (Liquid Penetrant Testing)

2.2 การออกแบบการทดลองเชิง 2^k แฟกทอเรียล (2^k Factorial Design)

การออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial Design [3] เป็นเทคนิคที่สำคัญและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในงานศึกษาวิจัย โดยสามารถประมาณค่าผลกระทบหลัก (Main Effects) และผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ถึง k ปัจจัย (Interaction Effects) ครบทุกเทอมได้อย่างเป็นอิสระต่อกันจากนั้นคัดกรองเฉพาะที่มีนัยสำคัญเพื่อใช้สำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากผลการทดลอง สำหรับทำนายผลการทดลองและกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน (Optimum Condition) กรณีที่ต้องการพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกรูปแบบของการออกแบบการทดลองที่นำมาใช้สามารถใช้ Center Point ในการตรวจสอบ Curvature ของสมการของปัจจัยที่พิจารณา

ในอุตสาหกรรมงานที่เกี่ยวข้องกับท่อ มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง เพื่อใช้ในการหาปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เหมาะสม โดยจากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า สกนธ์ [4] ได้ศึกษาปัจจัยในการลดจำนวนของเสียของกระบวนการรีดขึ้นรูปยื่นท่อ สเตนเลส โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย (2^k Factorial Design) พบว่า การเชื่อมที่กระแสไฟฟ้า 80 แอมแปร์ เวลาที่ใช้ในการเชื่อม 140 วินาทีต่อความยาว 6 เมตร และระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดกับชิ้นงาน 1.6 มิลลิเมตร (1.0 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งสแตนเลสเล็กโทรด) พบสามารถลดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากรอยเชื่อมลดลงเหลือเพียงร้อยละ 0.54 และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2.09 จากร้อยละ 3.42 จากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทั้งหมด อุทุมพร [5] ได้ศึกษาปัจจัยในการตั้งค่าของเครื่องเชื่อมท่ออูมิเนียมจากกระบวนการรีดขึ้นรูป โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3 ระดับ 2 ปัจจัย (2^k Factorial

บทความวิจัย

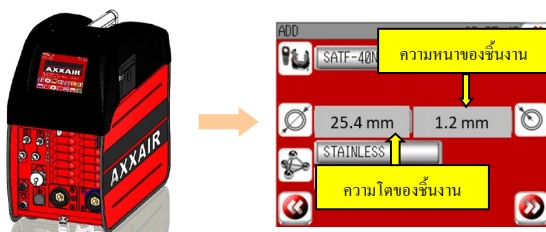
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

Design) ผลการทดลองพบว่า การเชื่อมที่ความเร็วในการเชื่อมเท่ากับ 106.1 เมตรต่อนาที และกำลังไฟฟ้าในการเชื่อมเท่ากับ 268 โวลต์ พบสามารถลดจำนวนของเสียจาก 9.62 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 2.71 เปอร์เซ็นต์ ชีรศักดิ์ [6] ได้ศึกษาปัจจัยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ในกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดระหว่างน็อตกับชิ้นงาน โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย (2^k Factorial Design) ซึ่งผลการทดลองพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมที่ 18.0 แอมแปร์ แรงดันชิ้นงานที่ 7.5 นิวตัน และเวลาในการเชื่อมที่ 20 รอบต่อนาที ที่ได้ค่าเฉลี่ยของแรงดึงที่มากที่สุด ซึ่งส่งผลให้ความสามารถของกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 2.85 สุระวุฒิ [7] ได้ศึกษาปัจจัยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อลดสัดส่วนการเกิดรูพรุนในกระบวนการเชื่อมด้วยก๊าซปกคลุม โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย (2^k Factorial Design) ผลการทดลองพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมเท่ากับ 230 แอมแปร์ แรงดันของก๊าซปกคลุมเท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และความเร็วที่ใช้ในการเชื่อมเท่ากับ 20 รอบต่อนาที ทำให้สัดส่วนการเกิดรูพรุนในกระบวนการลดลงจากร้อยละ 8.18 เหลือร้อยละ 3.23 และชูชัย [8] ได้ศึกษาปัจจัยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับการนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการทำความสะอาดกราบ เขม่าดำจากการเชื่อมโลหะในการประกอบฮาร์ดดิสก์ โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย (2^k Factorial Design) ผลการทดลองพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ แรงดันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 70 บาร์ อุณหภูมิแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ -10 องศาเซลเซียส และระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับฮาร์ดดิสก์ 8 เซนติเมตร ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนของเสียกราบเขม่าดำจากเดิม 0.70 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 0.26 เปอร์เซ็นต์

3. วิธีดำเนินการ

3.1 การใช้งานเครื่องเชื่อมออร์บิทัล

โดยในการปฏิบัติงานผู้ใช้งานสามารถใส่ข้อมูลรายละเอียดชิ้นงานที่จะทำการเชื่อม เพื่อให้เครื่องคำนวณหาค่ามาตรฐานที่สามารถเชื่อมงานได้ โดยจากงานวิจัยนี้ ใช้ท่อสแตนเลส ASME SA249 SS304 ขนาด 25.4 มิลลิเมตร และความหนาผิว 1.2 มิลลิเมตร ในการเชื่อมท่อ โดยแสดงตามข้อมูลดังรูปที่ 7 แต่ด้วยปัญหาที่โมเดลการเชื่อมแบบอัตโนมัติเกิดข้อผิดพลาดที่กล่าวมาในบทนำ จึงเป็นที่มาของการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในครั้งนี้



รูปที่ 7 การใส่ข้อมูลขนาดและความหนาของชิ้นงานที่ทำารเชื่อม

3.2 การวิเคราะห์ปัจจัย

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาในบทนำ จึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยเริ่มจากวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของวัสดุทำการสุ่มทดสอบท่อสแตนเลส ASME SA249 SS304 ขนาด 25.4 มิลลิเมตร ความหนาผิว 1.2 มิลลิเมตร อ้างอิงตารางมาตรฐาน ASME ที่ใช้ในบริษัทดังรูปที่ 8

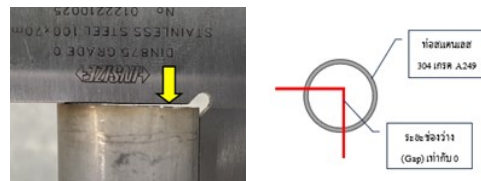
SA-249/SA-249M		ASME BPVC			
TABLE 3 Tensile and Hardness Requirements ^a					
Grade	UNS Designation	Tensile Strength, min, ksi [MPa]	Yield Strength, min, ksi [MPa]	Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	Rockwell Hardness Number, max
TP201	S20100	95 [655]	38 [260]	35	B95
TP 201LN	S20153	95 [655]	45 [310]	45	B100
TP202	S20200	90 [620]	38 [260]	35	B95
TPXM-19	S20910	100 [690]	55 [380]	35	C25
TPXM-29	S24000	100 [690]	55 [380]	35	B100
TP304	S30400	75 [515]	30 [205]	35	B90
TP304L	S30403	70 [485]	25 [170]	35	B90
TP304H	S30409	75 [515]	30 [205]	35	B90

รูปที่ 8 มาตรฐานค่าแรงดึงและความแข็งของวัสดุ

ผลจากการทดลองพบว่าท่อสแตนเลส ASME SA249 SS304 ขนาด 25.4 มิลลิเมตร ความหนาผิว 1.2 มิลลิเมตร อยู่ในค่าตามตารางมาตรฐาน ASME ที่กำหนดไว้ดังนี้

- ค่า Tensile Strength : ผลที่ได้ 663.84 MPa.
- ค่า Yield Strength : ผลที่ได้ 287.32 MPa.
- ค่า Elongation : ผลที่ได้ 58.08 %
- ค่า Rockwell Hardness : ผลที่ได้ 83.8 HRB

วิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการทำงาน โดยการเพิ่มขึ้นตอนการปาดหน้าท่อ (Facing Tube) ระยะช่องว่าง ต้องน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร หรือให้ผิวท่อทำมุม 90° และตั้งค่าระยะห่างของท่อ (Gap) เท่ากับ 0 ตามรูปที่ 9

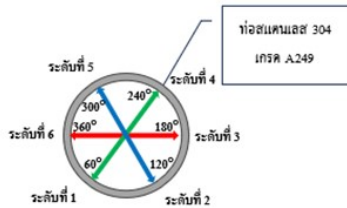


รูปที่ 9 วิธีตรวจสอบหลังปาดหน้าท่อและระยะช่องว่าง

วิเคราะห์การใช้งานเครื่องเชื่อมท่อต่อท่อ (แบบออร์บิทัล) จากค่าพารามิเตอร์โมเดล ออกได้ จึงเริ่มเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าที่มีทั้งหมด 6 ระดับ จากเดิมที่ 47.2, 45.2, 43.2, 41.2, 40.2 และ 39.2 แอมแปร์ เปลี่ยนเป็น 41 แอมแปร์ เนื่องจากค่ากระแสไฟฟ้าระดับที่ 1 ถึงระดับที่ 3 มีผลทำให้ท่อที่เชื่อมเกิดการทะลุ โดยระดับสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 10

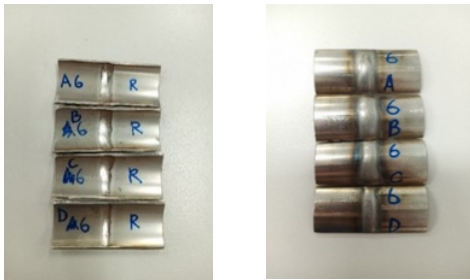
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

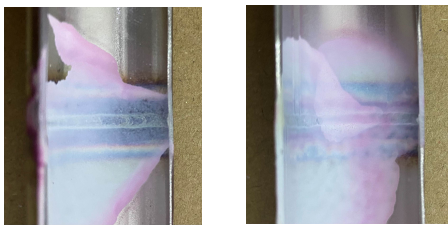


รูปที่ 10 การแบ่งระดับการเชื่อมของเครื่องเชื่อมออร์บิทัล

หลังจากทดลองเชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมท่อต่อท่อแล้วพบว่า แนวเชื่อมหลังการปรับกระแสไฟฟ้ามีความสมบูรณ์ ไม่พบรอยร้าวของแนวเชื่อม และผ่านค่าทดลองมาตรฐาน ASME ด้านค่าความแข็งของวัสดุ และค่าแรงดึง จากนั้นตรวจสอบรูปพรุนด้าน ในท่อ พบว่า แนวเชื่อมไม่เกิดรูปพรุน ดังรูปที่ 11 และทดสอบด้วยวิธีใช้สารแทรกซึม เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม ดังรูปที่ 12



รูปที่ 11 ชิ้นงานทดลองในโมเดลหลังปรับค่ากระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12 ชิ้นงานทดสอบด้วยวิธีใช้สารแทรกซึม

ผลจากการทดสอบด้วยวิธีใช้สารแทรกซึม ไม่พบรูปพรุน (Porosity) ในบริเวณแนวเชื่อมทำให้สามารถสรุปได้ว่าแนวเชื่อมนี้สมบูรณ์ แต่ขนาดของแนวเชื่อมด้านนอกยังพบ ความนูนของแนวเชื่อมที่ต่ำกว่าผิวภายนอกท่อ จึงพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อแนวเชื่อม คือ ค่าความเร็วในการเชื่อม และ ค่าเวลาหน่วงแก๊ส โดยค่ากระแสไฟฟ้าทดสอบที่ค่าต่ำกว่าค่า 41แอมแปร์

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความนูนของแนวเชื่อมที่ต่ำกว่าผิวภายนอกท่อ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความร้อนที่ถูกนำเข้าไปและนำออกจากรอยเชื่อม สำหรับระบบการเชื่อมที่ใช้ในงานวิจัย พบว่า พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและสามารถปรับตั้งได้ ได้แก่

กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม (Power) ความเร็วในการเชื่อม (Speed) และ เวลาหน่วงแก๊ส (Gas) [9]

3.3 การหาระดับของปัจจัย

เงื่อนไขของระดับของปัจจัยที่เหมาะสมแนวเชื่อมต้องสมบูรณ์และผ่านมาตรฐานที่กำหนดก่อน จึงจะสามารถนำมาประเมินระดับปัจจัยให้การพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดการนูนของแนวเชื่อมมากที่สุด โดยจากข้อที่ 3.2 ทำการทดลองโดยแบ่งเกณฑ์ตามตารางที่ 1 ทดลองชิ้นงานจำนวน 3 ชิ้นงานต่อรูปแบบการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 1 การทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

Model	Gas (s.)	Power (A.)	Speed (mm./min)
1	20	40	110
2	10	39	105
3	5	38	120

จากผลการทดลองพบว่า โมเดล 1 กับ 2 มีความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม ไม่พบรอยร้าวของแนวเชื่อม และผ่านมาตรฐาน ASME ด้านค่าความแข็งของวัสดุและค่าแรงดึง แต่มีการยุบตัวของแนวเชื่อมที่ไม่เท่ากัน และโมเดล 3 พบว่าแนวเชื่อมไม่สมบูรณ์ โดยทดลองจากการตัดชิ้นงานและตรวจสอบการซึมลึกของแนวเชื่อม แต่ผ่านค่ามาตรฐาน ASME ด้านค่าความแข็งของวัสดุและค่าแรงดึง จึงสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยและระดับของการออกแบบการทดลองในครั้งนี้ เลือกใช้ข้อมูลดังตารางที่ 2 เพื่อหาความนูนของแนวเชื่อมในกระบวนการผลิตที่มากที่สุด โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (DOE) มาทดลองข้อมูลเชิงสถิติในครั้งนี้

ตารางที่ 2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย			หน่วย
	ต่ำ (-)	กลาง (0)	สูง (1)	
Power	39	40	41	A.
Speed	100	105	110	mm./min
Gas	10	20	30	s.

4. การดำเนินงานวิจัยและผลการวิจัย

4.1 การออกแบบการทดลอง

จากข้อมูลในวิธีดำเนินการ ได้ทำการแก้ไขปัญหามาโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบทดลองแบบ 2^k Factorial Design with Center Point เพื่อหาค่าตัวแปรตอบสนอง (Y; Response) คือ ค่าความนูนของแนวเชื่อม โดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm.) และใช้ปัจจัยกับระดับปัจจัยใน ตารางที่ 2 ทำการทดลองซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง (3 Replicate) และมิ

บทความวิจัย

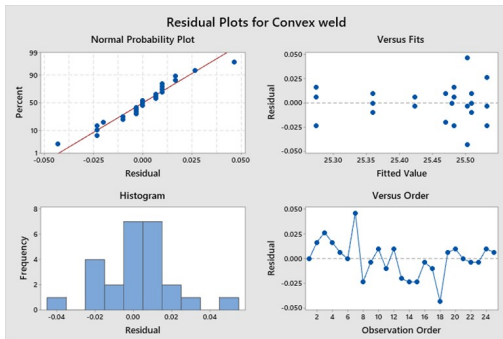
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

1 Center Point เพื่อตรวจสอบ Curvature ของสมการของปัจจัยว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

4.2 ผลการวิจัย

4.2.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องรูปแบบการทดลอง

เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ได้จากการออกแบบการทดลองมีความถูกต้องก่อนนำไปวิเคราะห์ผลการทดลอง จึงได้ทำการตรวจสอบเพื่หาค่าส่วนตกค้างของข้อมูลดังรูปที่ 13

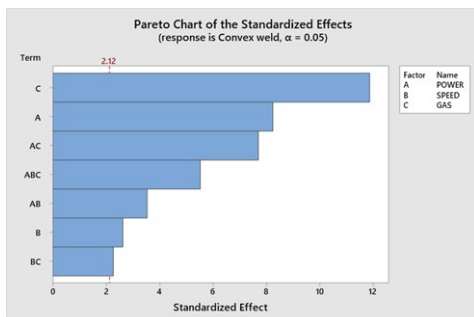


รูปที่ 13 ผลการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

จากการตรวจสอบข้อมูลที่ได้พบว่าข้อมูลมีลักษณะที่เป็นอิสระต่อกัน ค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวในแนวเส้นตรง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นปกติของข้อมูล และความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนมีการกระจายตัวที่ไม่มีลักษณะที่เป็นรูปแบบ จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีคุณภาพและสามารถนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย และผลของความมีนัยสำคัญของปัจจัยร่วมทั้ง 3 พบว่าทุกปัจจัยมีผลต่อความนูนของแนวเชื่อมทั้งหมดทุกเทอมของสมการ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ความมีนัยสำคัญของปัจจัยการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่า Curvature มีค่า P-Value มากกว่า 0.05 ไม่มีนัยสำคัญ จึงทำการตัดเทอมของ Curvature ออก และทำการปรับโมเดลใหม่ ซึ่งผล R-sq (adj) เริ่มต้น เท่ากับร้อยละ 92.96 หลังปรับโมเดลค่าเท่ากับร้อยละ 92.40 ซึ่งผลของ R-sq (adj) ลดลงเล็กน้อยไม่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง จึงใช้วิธี 2^k Factorial Design ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ดังแสดงได้ดังรูปที่ 15

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	0.164063	0.023438	42.67	0.000
Linear	3	0.109513	0.036504	66.46	0.000
POWER	1	0.034504	0.034504	62.82	0.000
SPEED	1	0.003504	0.003504	6.38	0.022
GAS	1	0.071504	0.071504	130.18	0.000
2-Way Interactions	3	0.039046	0.013015	23.70	0.000
POWER*SPEED	1	0.006337	0.006337	11.54	0.003
POWER*GAS	1	0.030104	0.030104	54.81	0.000
SPEED*GAS	1	0.002604	0.002604	4.74	0.044
3-Way Interactions	1	0.015504	0.015504	28.23	0.000
POWER*SPEED*GAS	1	0.015504	0.015504	28.23	0.000
Error	17	0.009337	0.000549		
Curvature	1	0.001204	0.001204	2.37	0.143
Pure Error	16	0.008133	0.000508		
Total	24	0.173400			

รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์หลังจากตัดค่า Curvature ออก

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองตามรูปที่ 13 ซึ่งทุกปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ทั้งหมด และพบว่าอิทธิพลปัจจัยหลัก ได้แก่ ค่าเวลาห่วงแก๊ส, ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม และค่าความเร็วในการเชื่อม ตามลำดับ และในส่วนของค่า 2-Way Interactions และ 3-Way Interactions ล้วนมีนัยสำคัญต่อโมเดลทั้งหมด จากผลสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจให้ค่า R-sq (adj) เท่ากับร้อยละ 92.40

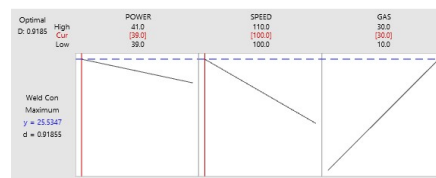
4.2.3 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับตั้งค่าของปัจจัยเพื่อให้ได้ค่าระยะนูนการแนวเชื่อมที่มากที่สุดที่ 25.54 มิลลิเมตร วิเคราะห์โดย Response Optimizer พบว่าค่าปัจจัยที่ทำให้ได้ผลของระยะนูนแนวเชื่อมที่ต้องการมากที่สุด คือ ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม เท่ากับ 39 แอมแปร์, ค่าความเร็วในการเชื่อม เท่ากับ 100 มิลลิเมตรต่อนาที และค่าเวลาห่วงแก๊ส เท่ากับ 30 วินาที ดังรูปที่ 16

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
POWER	39
SPEED	100
GAS	30

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Weld Convexity	25.5347	0.0135	(25.5063, 25.5632)	(25.4777, 25.5918)



รูปที่ 16 ผลค่าตัวแปรตอบสนองระดับปัจจัยที่เหมาะสม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

4.2.4 การนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้

จากการนำผลการทดลองที่ได้ประยุกต์ใช้จริงในกระบวนการผลิต โดยตั้งค่าค่ากระแสไฟในการเชื่อม เท่ากับ 39 แอมแปร์ ค่าความเร็วในการเชื่อม เท่ากับ 100 มิลลิเมตรต่อนาที และค่าเวลาหน่วงแก๊ส เท่ากับ 30 วินาที พบว่า ความหนาของแนวเชื่อมอยู่ในค่าเฉลี่ยระหว่าง 25.52 มิลลิเมตร – 25.55 มิลลิเมตร และนำชิ้นงานที่ทำการเชื่อมไปเข้าสู่กระบวนการถัดไป โดยการทดสอบด้วยความดันที่ออกแบบไว้ที่ 25 บาร์ พบว่า ท่อที่เชื่อมด้วยพารามิเตอร์ใหม่ไม่เกิดรอยรั่ว ตามรูปที่ 17



รูปที่ 17 ผลการทดสอบไม่พบการรั่วที่ความดัน 25 บาร์

5. สรุปผลการวิจัย

บทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการเชื่อมท่อคอนเดนเซอร์ ด้วยกระบวนการเชื่อมออร์บิทัล เพื่อแก้ไขปัญหารอยรั่วและความหนาของแนวเชื่อมที่ต่ำกว่าผิวภายนอกท่อ โดยทำการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (ASME) และนำปัจจัยที่ระดับของปัจจัยที่ได้จากการทดสอบมาประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย (2^3 Factorial Design) จากการออกแบบการทดลอง พบว่า กระแสไฟในการเชื่อม เท่ากับ 39 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม เท่ากับ 100 มิลลิเมตรต่อนาที และค่าเวลาหน่วงแก๊ส เท่ากับ 30 วินาที สามารถทำให้ค่าระยะหนาของแนวเชื่อมมากที่สุด เท่ากับ 25.54 มิลลิเมตร และนำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้กับกระบวนการผลิตจริง พบว่า ชิ้นงานที่ถูกเชื่อมด้วยพารามิเตอร์ใหม่ให้ค่าระยะหนาลดลงใกล้เคียงค่าที่ทำการทดลองและไม่เกิดปัญหารอยรั่วที่แนวเชื่อม จากนั้นทำการทดสอบเข้าสู่กระบวนการถัดไป โดยการทดสอบด้วยความดันที่ออกแบบไว้ที่ 25 บาร์ ไม่พบปัญหารอยรั่วเช่นกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ฮีทอะเวจ จำกัด ที่สนับสนุนทรัพยากรและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดลอง เพื่อผลงานวิจัยที่สมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิรัช รัชมธุรพงษ์, 2550, การศึกษาผลกระทบด้านแรงดึงของรอยเชื่อมใต้ฟลักซ์ที่นำฟลักซ์เก่ามาใช้โดยวิธีการออกแบบการทดลอง, โครงการวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 33-70.
- [2] ศิริพงศ์ สิงห์รัชชดา, 2554, การศึกษาการกัดกร่อนของการเชื่อมซ่อมท่อไอคองเกรต SA 213-T22, โครงการวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 11-18.
- [3] Douglas, C.M., 2013, Design and Analysis of Experiments, 8th ed., Arizona State University, John Wiley & Sons Singapore. Ltd.
- [4] สกนธ์ แจ่มจิราลัย, 2550, การลดจำนวนของเสียของกระบวนการรีดขึ้นรูปเย็นท่อสแตนเลส, โครงการวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 24-98.
- [5] อุทุมพร พงษ์อุดม, 2552, การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการเชื่อมท่ออลูมิเนียมจากกระบวนการรีดขึ้นรูปกรณีศึกษาโรงงานผลิตหม้อน้ำรถยนต์, โครงการวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 47-72.
- [6] ชีรศักดิ์ หอมจันทร์, 2558, การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการเชื่อมความดันแทนแบบจุดระหว่างน็อตกับชิ้นงาน, โครงการวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 12-65.
- [7] สุระวุฒิ ชันสาลี, 2558, การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อลดสัดส่วนการเกิดฟองอากาศในกระบวนการเชื่อมด้วยก๊าซปกคลุม, โครงการวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 28-70.
- [8] ชูชัย ดำรงพาณิชย์, 2563, การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการทำความสะดวกครอบคลุมจากการเชื่อมโลหะในการประกอบฮาร์ดดิสก์, การค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 31-57.
- [9] Hanif M., et. al, Optimization of Bead Geometry during Tungsten Inert Gas Welding Using Grey Relational and Finite Element Analysis, materials, 2023, 16, 3732

การพัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติด้วยการติดตั้งตัวเซตศูนย์

Developing a 3D Printer with a Center Fix Setter

รัชดาศักดิ์ สุพงษ์คำ¹ นายธนวีร์ โยธี² นายชนกฤต บุตรงาม³ นางสาวสุดารัตน์⁴ ผลดี พิษณุ ทองขาว⁵ และสมพงษ์ เชื้อพระคา⁶

^{1,2,3,4,5}สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

E-mail: Sompong.ch@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติให้มีประสิทธิภาพ โดยการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องขึ้นรูปชิ้นงาน โมเดลต่าง ๆ ให้ได้ตามแบบที่ต้องการขนาดที่ตรงตามกำหนดและลดเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปน้อย รวมถึงเวลาในการเซตศูนย์ของเครื่องพิมพ์ซึ่งเครื่องพิมพ์ขนาดเล็กส่วนใหญ่ยังไม่มียุทธศาสตร์เซตศูนย์อัตโนมัติ ปัญหาที่พบคือ การใช้เวลาในการเซตศูนย์ของเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นจะใช้เวลาก่อนข้างมาก และขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละบุคคล ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติ และเพิ่มการติดตั้งอุปกรณ์เซตศูนย์อัตโนมัติในเครื่องพิมพ์สามมิติ และทำการทดลองจับเวลาเพื่อจะได้ทราบว่าสามารถลดเวลาลงไปได้จากเดิมเท่าไร ซึ่งผลจากการทดสอบประสิทธิภาพผลของเวลาการทำงานลดลงอย่างมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คำสำคัญ : เครื่องพิมพ์สามมิติ เวลาในการเซตศูนย์ อุปกรณ์เซตศูนย์อัตโนมัติ

Abstract

The objective of this research is to create an efficient 3D printer. To create an efficient 3D printer, different models must be molded. To get the desired design and size according to the specification and reduce the time required for forming, including the time for setting up the printer's center where small machines do not yet have an automatic centering device. The problem encountered is that it takes time. The alignment of a 3D printer takes a lot of time, and depends on the expertise of each person. Therefore researchers designed and built a 3D printer and added an automatic alignment device to the 3D printer by doing a time trial in order to know how much time can be reduced from the original and be effective. Structural analysis using an Olympus microscope to view the structure of wear marks on the test surface. The results from the efficiency test resulted in a significant reduction in working time with a statistical significance of 0.05.

Keywords: 3D Printer Center fix setting time Automatic center fix

1. บทนำ

เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงในยุคศตวรรษที่ 21 ทำให้ประเทศที่กำลังพัฒนากลายเป็นประเทศที่มีบทบาทในเชิงการผลิตเป็นจำนวนมาก

มาก (Mass Production) ประกอบกับทั้งโครงการ RepRap ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติที่สามารถนำมาใช้งานภายในบ้าน ได้ทำการเปิดเผยข้อมูลของเครื่องพิมพ์สามมิติอย่างเต็มรูปแบบทั้งในซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เครื่องพิมพ์สามมิติจึงมีราคาที่ถูกลงอย่างมากจนบุคคลทั่วไปสามารถเป็นเจ้าของได้ จึงกลายเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่น่าจับตามองอย่างยิ่งในโลกยุคปัจจุบัน การพิมพ์สามมิตินั้น เป็นเทคโนโลยีที่เคยถูกเรียกว่าการสร้างต้นแบบด่วน (Rapid Prototyping) ซึ่งเป็นที่รู้จักครั้งแรกในปี พ.ศ. 2523 แต่ถูกจดสิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2529 ในชื่อว่า Stereo Lithography Apparatus (SLA) และเปิดตัวต่อสาธารณะในปี พ.ศ. 2530 ถึงแม้ว่าจะมีอายุถึง 30 ปี แต่เทคโนโลยีในการพิมพ์งานสามมิติ กลับเพิ่งได้รับความสนใจของสังคมไม่นานนัก ซึ่งตลอดเวลาหลังจากนั้นมา การพิมพ์สามมิติได้รับการพัฒนามาตามลำดับเกิดเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ในรูปแบบต่าง ๆ อีกมากมาย เทคโนโลยีนี้ยังถูกใช้ในระบบอุตสาหกรรมเรื่อยมาจนถึงปี พ.ศ. 2550 เริ่มปรากฏเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีราคาต่ำกว่า 10,000 เหรียญสหรัฐขึ้นมาในท้องตลาด โดยที่ 3D Systems ผู้ที่เป็นเจ้าของสิทธิบัตร (SLA) แต่ด้วยราคาที่สูงจึงไม่สามารถทำการตลาดได้ตามที่ 3D Systems กำหนดได้ หลังจากนั้นเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีราคาต่ำกว่า 5,000 เหรียญสหรัฐที่ถูกออกแบบโดยบริษัทต่าง ๆ ก็เริ่มที่จะปรากฏขึ้นมาในท้องตลาด ส่งผลให้เทคโนโลยีนี้เป็นที่รู้จักและเป็นที่สนใจในวงกว้าง (Dana Goldberg 2014) [1] เครื่องพิมพ์สามมิติ เป็นเครื่องจักรที่ใช้งานในการสร้างชิ้นงานให้ออกมาเป็นรูปทรงสามมิติ ซึ่งสามารถจับต้องได้แตกต่างจากเครื่องพิมพ์เอกสารทั่วไปที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ที่พิมพ์งานออกมาในรูปแบบสองมิติ โดยเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นจะใช้กระบวนการเติมเนื้อวัสดุเป็นชั้นบาง ๆ ทีละชั้น ๆ และชั้นบาง ๆ เหล่านั้นจะซ้อนทับกันจนเกิดเป็นตัวชิ้นงานออกมา สามารถเรียกกระบวนการนี้ว่า Additive Process เครื่องพิมพ์สามมิติ มีหลากหลายประเภท แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดนั่นก็คือ Material Extrusion แต่เนื่องมาจากราคาที่ไม่น่าสูงนักและเป็นเทคโนโลยีที่เป็นแบบ Open Source สามารถนำไปสร้างได้ โดยไม่มีปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในนามว่า Fuse Deposition Material หรือ (FDM) การออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือชิ้นเครื่องพิมพ์สามมิติ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้งานออกแบบสามารถดำเนินไปได้อย่างลื่นไหล จากชิ้นงานที่เป็นข้อมูลดิจิทัล สามารถถ่ายทอดออกมาเป็นชิ้นงานจริงได้ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ทำให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบชิ้นงานที่ออกแบบได้อย่างรวดเร็ว หรือจะเป็นในกรณีของเครื่องพิมพ์ระบบ (SLA) ที่มีความละเอียด ในการพิมพ์สูง ดังนั้นนักออกแบบอาจสามารถพิมพ์ชิ้นงานที่มีรายละเอียดเทียบเคียงกับชิ้นงานจริงได้ เนื่องจาก

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

มาตรฐานการพิมพ์ของระบบนี้มักจะอยู่ที่ 50 ไมครอนในแกน Z หรือมีความหนาแน่นของชั้นของกระดาษ 80 แกรมเท่านั้น ถึงการพิมพ์สามมิติแบบ (SLA) จะมีอายุถึง 30 ปีแล้ว แต่สามารถบอกได้ว่า (SLA) ไม่ใช่สิ่งล้าสมัย ซึ่งตรงกันข้าม (SLA) กลับเป็นที่ยอมรับในท้องตลาด [2-] เป็นวงกว้าง เครื่องพิมพ์สามมิติระบบ (SLA) รุ่น Form2 ของ Formlabs คือสิ่งที่พิสูจน์ได้ด้วยคุณนำไปใช้เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบในการที่จะแสดงถึงความละเอียดของชิ้นงานในการพิมพ์สามมิติ ความรวดเร็วในการพิมพ์ หรือแม้กระทั่งราคาในการขาย ซึ่งปัจจุบันเครื่องพิมพ์สามมิติในท้องตลาดนั้นมีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ซึ่งถ้าขนาดเล็กจะไม่มีอุปกรณ์เซ็นเซอร์อัตโนมัติจะทำให้เสียเวลาในการเซ็นเซอร์ซึ่งระยะเวลาในการเซ็นเซอร์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ใช้ ส่วนเครื่องที่มีขนาดใหญ่จะมีอุปกรณ์เซ็นเซอร์อัตโนมัติ ช่วยในการลดเวลาเซ็นเซอร์ของเครื่องก่อนพิมพ์งานต่าง ๆ ได้ แต่ก็ยังไม่สะดวกในการที่จะพกพาไปยังสถานที่ต่าง ๆ อีกทั้งยังมีราคาที่สูงกว่าแพง จากความเป็นมาข้างต้น ผู้จัดทำได้มีแนวคิดและสนใจในการที่จะจัดทำเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีขนาดเล็กราคาขายย่อมเยาสามารถพกพาได้สะดวก และติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์อัตโนมัติเพิ่มเข้าไปในเครื่องพิมพ์ จึงสามารถเซ็นเซอร์อัตโนมัติได้เช่นเดียวกับเครื่องที่มีขนาดใหญ่และราคาแพงตามท้องตลาด โดยที่ได้นำความรู้ในทางฟิสิกส์ที่หลากหลายมาปรับใช้ในการสร้างและพัฒนานวัตกรรมยุคใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการนำกระบวนการคิดและการเรียนรู้มาปรับใช้ และยังสามารถเป็นการกระตุ้นให้ผู้สนใจสามารถจัดทำหรือสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติขึ้นมาได้เอง ด้วยวัสดุที่ราคาถูกที่มีจำหน่ายทั่วไปในร้านขายวัสดุก่อสร้างและร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงทำให้ต้นทุนในการสร้างลดลง ซึ่งเครื่องพิมพ์ที่จัดทำหรือสร้างขึ้นนั้นจะมีความแตกต่างจากท้องตลาดก็คือ มีฟังก์ชันใหม่ มีซอฟต์แวร์ที่เป็นเวอร์ชันปัจจุบัน รวมทั้งจอแสดงผลและสั่งการในตัวเดียวกัน มีการแสดงผลที่ดีกว่าเวลาเลือกชิ้นงานที่จะทำการขึ้นรูปในระดับที่ใช้ต้นทุนหรือราคาเดียวกันหรือเท่ากับเครื่องตามท้องตลาด และยังมีฟังก์ชันอุปกรณ์เซ็นเซอร์อัตโนมัติ เพื่อช่วยให้ประหยัดเวลาในการตั้งฐานชิ้นงาน และมีความเสถียรในการที่จะขึ้นรูปชิ้นงาน ที่ได้สร้างขึ้น ไปใช้งานในการขึ้นรูปชิ้นงานโมเดลแบบตัวอย่าง งานจำลองที่และมีความเสถียรในการที่จะขึ้นรูปชิ้นงาน ที่ได้สร้างขึ้น ไปใช้งานในการขึ้นรูปชิ้นงานโมเดลแบบตัวอย่าง งานจำลองที่ต้องการหรือ สิ่งของที่ระลึกต่าง ๆ ได้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งต่อผู้จัดทำและผู้สนใจในเครื่องพิมพ์สามมิติต่อไป

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องเครื่องพิมพ์สามมิติ ผู้จัดทำโครงการได้ศึกษารวบรวมข้อมูลจากหนังสือ วารสาร วิทยานิพนธ์ งานวิจัย และฐานข้อมูลออนไลน์ที่เกี่ยวข้อง โดยมีการทบทวนวรรณกรรม แบ่งเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องพิมพ์สามมิติ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติ ทฤษฎีการวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบตารางที่ใช้ในการทดสอบเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer)

2.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ [2-7]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการอย่างเป็นระบบของกิจกรรมต่าง ๆ เริ่มต้นด้วยการกำหนดโอกาสของโครงการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์และสิ้นสุดลงที่การผลิตและการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1 สำหรับข้อมูลด้านหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ [3] การออกแบบนั้นจะมีหลักการพื้นฐาน โดยอาศัยส่วนประกอบขององค์ประกอบศิลป์ องค์ประกอบศิลป์ คือ จุด เส้น รูปร่าง รูปทรง น้ำหนัก สี และพื้นผิว แล้วนำมาจัดวางเพื่อให้เกิดความสวยงามและมีหลักการตามหลักวิศวกรรม



รูปที่ 1 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ดังนั้นความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่รุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว เครื่องพิมพ์สามมิติ ถือเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยม ซึ่งเป็นการสร้างโมเดลเสมือนจริงหรือการขึ้นรูปชิ้นงาน เครื่องพิมพ์แบบสามมิติไม่ใช่เรื่องใหม่ เพราะมีประวัติการพัฒนายาวนานกว่า 30 ปีแล้วแต่สิ่งที่ทำให้เห็นวัฏจักรนี้กลับมาเป็นที่สนใจอีกครั้งเพราะมีผู้พยายามพัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติให้เข้าสู่ผู้ใช้ในระดับครัวเรือนมากขึ้น การพิมพ์สามมิติ (3DP) เป็นประเภท สร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว เทคโนโลยี ขึ้นอยู่กับไฟล์โมเดลดิจิทัล โดยใช้โลหะแข็ง หรือพลาสติก และวัสดุจากอื่น ๆ เพื่อสร้างวัตถุโดยการพิมพ์งานทีละชั้นมีการใช้กันอย่างแพร่หลายใน บริการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ นั้นสามารถสร้างชิ้นงานออกมาเป็นวัตถุที่จับต้องได้ มีความกว้าง ลึก และสูง ไม่เหมือนเครื่องพิมพ์ 2 มิติที่ใช้งานโดยทั่วไปที่พิมพ์หมึกสีลงบนกระดาษ เช่น หากพิมพ์ลูกบอลลงบนกระดาษเราจะได้กระดาษที่มีรูปลูกบอลอยู่ แต่หากเราพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติชิ้นงานที่ออกมาได้นั้น จะเป็นลูกบอลทรงกลมเหมือนของจริง ส่วนใหญ่จะใช้หลักการงานอันเดียวกันคือ พิมพ์สองมิติแต่ละชั้นในแนวระนาบ กับพื้นโลก XY ก่อน ส่วนที่พิมพ์ก็คือภาพตัดขวางของวัตถุนั้นๆ เอง เมื่อพิมพ์ในด้านสองมิติเสร็จแล้วเครื่อง 3D Printer จะเลื่อนฐานพิมพ์ไปพิมพ์ชั้นถัดไป จากนั้นจะพิมพ์ทับไปเรื่อยๆ หลายร้อยหลายพันชั้นจนออกมาเป็นรูปร่าง สามมิติการเคลื่อนขึ้นหรือลง (เคลื่อนในแนวแกน Z) ของฐานพิมพ์ทำให้เกิดมิติที่สาม ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการพิมพ์ชิ้นงานของ 3D Printer นั้นแตกต่างกันออกไปตามประเภทของเครื่องพิมพ์ ไฟล์งานที่ใช้กับเครื่องสามมิตินั้นจะเป็นไฟล์แบบสามมิติแทนที่จะเป็นรูปภาพเหมือนในเครื่องพิมพ์บน กระดาษทั่วไปสำหรับไฟล์ภาพสามมิติ(3D) นี้อาจสร้างจากโปรแกรม เช่น AutoCAD Solid Work 3Ds Max Zbrush Maya SketchUp และ Adobe Photoshop แสดงตัวอย่างของภาพและเครื่องพิมพ์ 3 มิติที่นิยมใช้ดังรูป 2 และ 3 ดังนั้นทางผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติขนาดเล็กขึ้นเพราะส่วนใหญ่ยังไม่มีตัวเซ็นเซอร์แบบอัตโนมัติส่วนมากจะมีในเครื่องขนาดใหญ่และราคาแพง โดยใช้ซอฟต์แวร์ Creality เวอร์ชัน Ender3Neo2023 ใช้ โปรแกรมสำหรับแปลงไฟล์ชิ้นงาน Creality Slicer ใช้สำหรับแปลงไฟล์โมเดลชิ้นงานเป็นคำสั่ง G Code และ M Code และได้นำเครื่องของมหาลัยมาเปรียบเทียบเวลาในการขึ้นรูปชิ้นงาน สเปคของเครื่องที่สามารถพิมพ์งานออกได้กว้างยาวและสูงที่สุดก็คือ กว้าง 150 มิลลิเมตร x ยาว 150

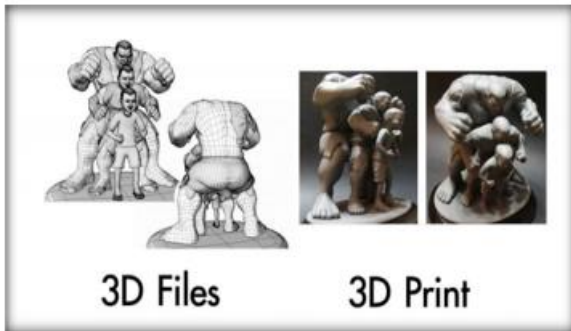
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

มิลลิเมตร x สูง 150 มิลลิเมตร และสามารถรับน้ำหนักของชิ้นงานได้ไม่เกิน 7 กิโลกรัม

2.2 การทดลองและการทดสอบประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากการทดลองตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว หรือ One-way ANOVA ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกันกับ T-test [7] ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบเพื่อที่จะ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นตัวเดียวกับตัวแปรตามเพียงตัวเดียว โดยที่ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นอาจมีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) ที่จำแนกออกเป็นระดับ หรือประเภทต่าง ๆ เช่น เก่ง ปานกลาง อ่อน คีมากติ พอใช้ แย่ เป็นต้น ในส่วนของตัวแปรตามอาจมีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นว่าจะส่งผลอย่างไรกับตัวแปรตาม ตามสมมติฐานคือ



รูปที่ 2 3D Files กับ 3D Print



รูปที่ 3 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ 3 มิติ วัสดุ และชิ้นงาน

สำหรับการทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรที่ต้องการศึกษา จะต้องทำการ วิเคราะห์ผลรวมของกำลังสองของความเบี่ยงเบนของค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือที่เรียกว่า ผลรวม กำลังสอง (Sum of Squares) ของการแปรผันทั้งหมด โดยแสดงดังสมการที่ (1)

$$SST = SSb + SSw \quad (1)$$

เมื่อ SST = ผลรวมของการแปรผันทั้งหมด (Total Sum of Squares)

SSb = ผลรวมของการแปรผัน (ผลรวมกำลังสอง) ระหว่างกลุ่ม (Between Group Sum of Squares) โดย SSb จะสามารถหาค่าได้จากสมการที่ (2)

$$SSb = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ji} - \bar{X})^2 \quad (2)$$

SSw = ผลรวมของการแปรผันภายในกลุ่ม (Within Group Sum of Squares) โดย SSw จะสามารถหาค่าได้ดังสมการที่ (3)

$$SSw = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ji} - \bar{X}_j)^2 \quad (3)$$

เมื่อ X_{ij} = ค่าที่ศึกษาในตัวแปรตาม \bar{X} = ค่าเฉลี่ยของค่าที่ศึกษาในตัวแปรตามทั้งหมด \bar{X}_j = ค่าเฉลี่ยของค่าที่ศึกษาในตัวแปรตามในกลุ่มที่ j, k = จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด n_j = จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่ม จากสูตร $SST = SSb + SSw$ จะเห็นว่าค่าของความแปรผันรวมทั้งหมด (SST) เกิดจากผลรวมของความแปรผันระหว่างกลุ่ม (SSb) บวกกับผลรวมของการแปรผันภายใน (SSw) ซึ่งค่าของ SST SSb และ SSw สามารถหาได้หลายวิธี โดยที่การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนจะใช้วิธีการทดสอบค่า F ซึ่งค่า F เกิดจากผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มกับค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนภายในกลุ่ม โดยเราจะหาค่า F ได้ดังสมการที่ (4)

$$F = \frac{MS_b}{MS_w} \quad (4)$$

เมื่อ MS_b = ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean Squares Between Groups)

MS_w = ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean Squares Within Groups) โดยที่เราจะต้องทำการหาค่าเฉลี่ยของความแปรปรวน $k-1$ = Degree of Freedom ของการแปรผันระหว่างกลุ่ม (dfb), $N-k$ = Degree of Freedom ของการแปรผันภายในกลุ่ม (dfw) [9-10]

3. ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการออกแบบและพัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือความปลอดภัยในการใช้งาน ความสะดวกสบายในการใช้งาน และความคุ้มค่าของเงินลงทุนที่ได้ทำการสร้างขึ้นมา ดังนั้นการที่จะเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีคุณภาพดี มีความคงทนอายุการใช้งานยาวนาน และทดสอบประสิทธิภาพ

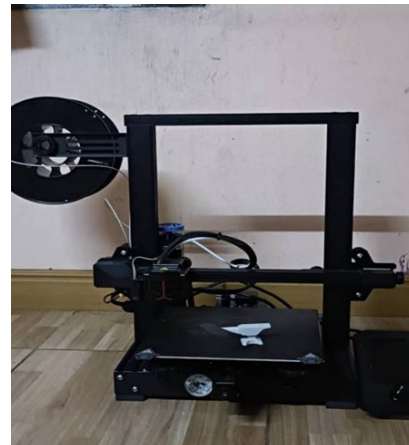
3.1 ประกอบติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆชุดอุปกรณ์ต่างๆและทดลองพิมพ์ชิ้นงาน

อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติ ได้แก่ 1) ไกด์เชิงเส้น อลูมิเนียม 6063-T5 2) แผ่นรองชิ้นงาน กว้าง 235 มิลลิเมตร x ยาว 235 มิลลิเมตร x หนา 1 มิลลิเมตร 3) หน้าจอแสดงผลแบบ UI อินเทอร์เน็ต ขนาด 4.3 นิ้ว 4) ชุดฐานรองรับเส้นใยพลาสติก PLA 3D Filament 5) ชุดสายแกน X Y และ Z 6) ล้อรอง 7) ชุดหัวทำความร้อนเครื่องพิมพ์สามมิติ

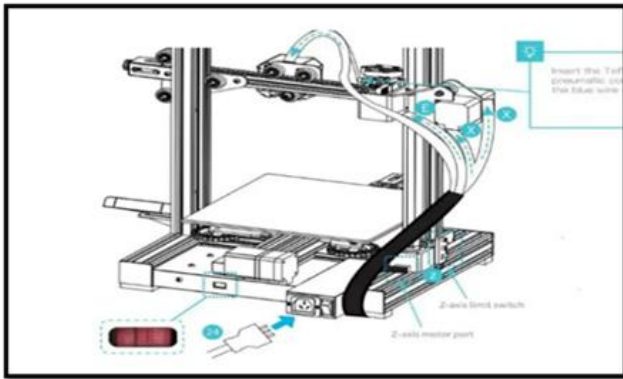
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

8)มอเตอร์และเสาแกน X, Y, Z, และ E อลูมิเนียม 9)สายไฟฟ้าไฟฟ้าเข้าสู่เครื่อง 10)เส้นใยพลาสติกที่ใช้ในการพิมพ์ชิ้นงาน PLA 11)ตัวเดินเส้นใยพลาสติกเข้าหัวทำความร้อน 12)ชุดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะเครื่องพิมพ์สามมิติ ชุดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะเครื่องพิมพ์สามมิติ CREALITY มีคุณสมบัติ Multi Point Detection สมาร์ทชดเชย ความแม่นยำสูงการใช้พลังงานต่ำ ติดตั้งง่ายความเข้ากันได้และแข็งแรงทนทาน และพัฒนาอิสระฟังก์ชันที่มีเสถียรภาพ โดยวางเซ็นเซอร์ Endstops บนแกน Z (ซ้าย) เหมือนภาพด้านล่างจากนั้นใช้สกรู M5x45 ที่ขึ้นเพื่อยึดแกน Z เข้ากับฐาน ติดตั้งชุดมอเตอร์แกน Z และสกรูชนิด T ติดตั้งข้อต่อลม ชุดแกน XE ติดตั้งสายพานซิงโครนัส ติดตั้งชุดอครีบล็อกพลาสติกแกน Z ติดตั้ง Tensioner แกน X ติดตั้งชุดเคลื่อนย้ายแกน Z ติดตั้งชั้นวางวัสดุฝาปิดโครงสร้างรับตั้งสิ่งของและลูกบิดบ่งชี้ ติดตั้ง โครงสร้างรับตั้งสิ่งของ Profile ชุดแสดงผล ติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อเครื่องพิมพ์สามมิติ และมีการการเชื่อมต่อสายไฟต่างๆ ให้เครื่องทำงานสมบูรณ์และทดลองพิมพ์ชิ้นงาน [6] ดังรูปที่ 4-8



รูปที่ 6 ติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อเครื่องพิมพ์สามมิติ



รูปที่ 4 ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆและแกน Z

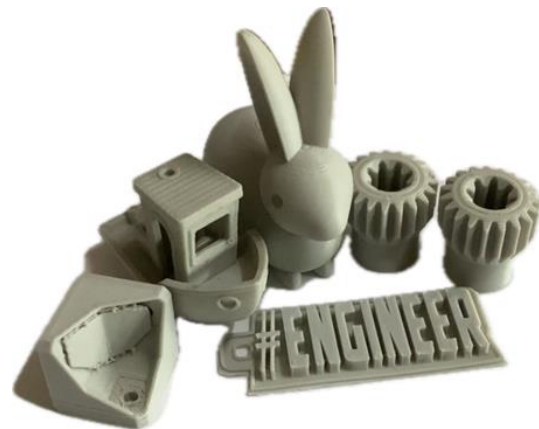


รูปที่ 5 ติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อเครื่องพิมพ์สามมิติ

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

ผลการทดลองจับเวลาด้วยตัวเองในการเชื่อมต่อก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออัตโนมัติ โดยใช้คนทดลอง 2 คน ที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องพิมพ์สามมิติโดยทดลองก่อนติดตั้งคนละ 10 ครั้ง และหลังติดตั้งคนละ 10 ครั้งทั้งสองคน เพื่อที่จะเปรียบเทียบว่าสามารถลด

เวลาในการเชื่อมต่อลงไปได้มากน้อยเพียงใดนั้นโดยทดลองซึ่งได้ผลในการขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิติที่สร้างขึ้นกับเครื่องพิมพ์ของมหาวิทยาลัยที่ไม่มีตัวเชื่อมต่อชิ้นนั้น และตั้งค่าความแข็งของชิ้นงานที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากค่าความแข็งนี้เป็นค่าที่สามารถกำหนดได้เองจากโปรแกรมและชิ้นงานที่ได้จะมีความสมบูรณ์แข็งแรงที่สุด โดยที่เริ่มจากการเชื่อมต่อทั้งสองเครื่อง โดยใช้โปรแกรม Creality ในการเขียนโค้ดและรันโค้ด เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานเหมือนกันและกันแต่มีขนาดที่เท่ากันคือ 20x20x15 ซม. แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 7-8 โดยแสดงในรูปกราฟแสดงเวลาในการเชื่อมต่อก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออัตโนมัติคนที่ 1 และ 2



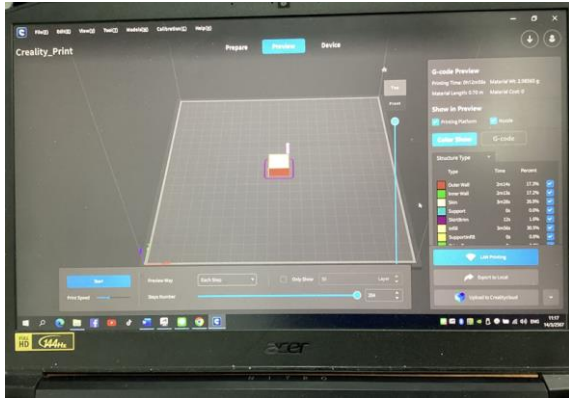
รูปที่ 7 ชิ้นงานที่พิมพ์ออกมา

รูปเป็นวินาทีซึ่งแสดงให้เห็นเวลาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในการขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิติที่สร้างขึ้นกับของมหาวิทยาลัยที่ไม่มีตัวเชื่อมต่อของทั้ง 2 คน โดยผลของการทดลอง 2 คน ก่อนติดตั้ง 10 ครั้ง และรูปที่ 9 และ 10 แสดงกราฟการทดลองการขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิติที่สร้างขึ้นกับของมหาวิทยาลัยที่ไม่มีตัวเชื่อมต่อ ผลการทดลองคนที่ 1 และ 2 ซึ่งใช้เครื่องพิมพ์ที่สร้างขึ้นจับเวลาในการขึ้นรูป หลังติดตั้ง 10 ครั้ง ทั้ง 2 คน ได้ผลการทดลองจับเวลาในการเชื่อมต่อของผู้ทำการทดลองทั้ง 2 คน ๆ ที่ 1 ใช้เวลาก่อนติดตั้งเฉลี่ย 415.6 วินาที หลังติดตั้ง

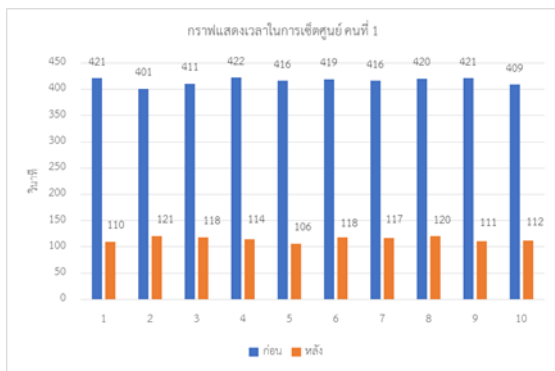
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

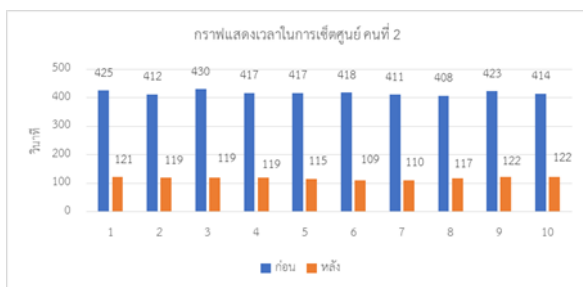
เฉลี่ย 114.7 วินาที คนที่ 2 ใช้เวลาก่อนติดตั้งเฉลี่ย 417.5 วินาที หลังติดตั้งเฉลี่ย 117.3 วินาที ส่วนผลการทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์



รูปที่ 8 โปรแกรมเพื่อพิมพ์ชิ้นงาน 3 มิติ



รูปที่ 9 กราฟแสดงเวลาในการเชื่อมต่อก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออัตโนมัติของคนที่ 1



รูปที่ 10 กราฟแสดงเวลาในการเชื่อมต่อก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออัตโนมัติของคนที่ 2

ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ซึ่งผลการทดลองเชื่อมต่อก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออัตโนมัติคนที่ 1 และคนที่ 2 โดยจับเวลาทั้งในโปรแกรม และจับเวลาดำเนินการด้วยตัวเองก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออัตโนมัติ จากการคำนวณได้ค่าวิกฤติของ F อยู่ที่ 13090.24 และ 13239.97 เมื่อเปิดตารางหาค่า F ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับ สมมติฐานรองสรุปได้ว่าการใช้เวลาในการเชื่อมต่อก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์

เชื่อมต่ออัตโนมัติ มีเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อดูจากค่า P-value จะให้ค่าที่น้อยกว่า 0.00097 แสดงผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 1-2 และได้ทำการทดสอบเวลาในการปฏิบัติงานของทั้งสองคนจากเครื่องพิมพ์ที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องท่อน้ำและเครื่องพิมพ์ที่ได้มีการเชื่อมต่อซึ่งผลการทดสอบได้ค่าวิกฤติของ F อยู่ที่ 0.33 และ 0.30 เมื่อเปิดตารางหาค่า F ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเมื่อดูจากค่า P-value จะให้ค่าที่มากกว่า 0.999 เท่ากันทั้งสองค่า จึงยอมรับ สมมติฐานหลักสรุปได้ว่าเวลาการทำงานของทั้ง 2 คนจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติที่ไม่ได้ติดตั้งตัวเชื่อมต่อและหลังติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออัตโนมัติ มีเวลาการทำงานที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) คนที่ 1

สาเหตุของความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	เปิดตาราง
Between Groups	452704.1	1	452704.1	13090.24	4.413873
Within Groups	622.5	18	34.58		
Total	453326.6	19			

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) คนที่ 2

สาเหตุของความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	เปิดตาราง
Between Groups	450600.2	1	450600.2	13239.97	4.413873
Within Groups	612.6	18	34.03		
Total	451212.8	19			

4. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาเครื่องพิมพ์สามมิตินี้เพื่อค้นคว้าและทดลองหาประสิทธิภาพการขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ เพื่อใช้ในการทำโมเดลสามมิติในงานต่างๆของโรงงานอุตสาหกรรมและเพื่อใช้เป็นแบบจำลองงานจริง ๆ ของอุตสาหกรรมเหล่านั้นก่อนตัดสินใจผลิตงานของโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ชุดส่งกำลังและระบบสั่งการของเครื่องพิมพ์สามมิติหลัก ๆ ก็จะเป็น มอเตอร์ขนาด 42x42x40mm, แรบบิดในการถือ 58oz-in/40Ncm จำนวน 4 ตัว ตามแกนของเครื่องคือ แกน X, Y, Z และ E และระบบสั่งการด้วยจอภาพ สั่งการโปรแกรมและแสดงเวลาและรูปแบบของชิ้นงานในจอเดียว ในการทดสอบเครื่องพิมพ์สามมิติ อย่างแรกคือซึ่งเครื่องว่ามีน้ำหนักเท่าไรแล้วเปิดสวิชเครื่องแล้วกดที่หน้าจอเพื่อการรีเซ็ตตำแหน่งของเครื่องไปที่ค่าเริ่มต้น ก่อนสั่งพิมพ์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ชิ้นงาน แล้วก็จับเวลาเพื่อทดสอบความเร็วของเครื่องในการขึ้นรูป ชิ้นงานตั้งแต่เริ่มจนจบในการขึ้นรูปชิ้นงานนั้นว่าตรงกับเวลาที่แสดงใน จอภาพของเครื่องพิมพ์หรือไม่ ซึ่งเครื่องพิมพ์สามมิติในงานวิจัยนี้จะทำ การติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์อัตโนมัติเพิ่มเข้าไปในตัวเครื่อง ทำการทดลอง 2 คน ก่อนติดตั้ง 10 ครั้ง และหลังติดตั้ง 10 ครั้ง ทั้ง 2 คน สรุปได้ดังนี้ ผล การทดลองจับเวลาในการเชื่อมต่อของคนที่ทำการทดลองทั้ง 2 คน ๆ ที่ 1 ใช้ เวลาก่อนติดตั้งเฉลี่ย 415.6 วินาที หลังติดตั้งเฉลี่ย 114.7 วินาที คนที่ 2 ใช้ เวลาก่อนติดตั้งเฉลี่ย 417.5 วินาที หลังติดตั้งเฉลี่ย 117.3 วินาที สรุปได้ว่า การติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์สามารถลดเวลาในการเชื่อมต่อได้ประมาณ 300 ถึง 300.9 วินาที และทำการทดสอบจับเวลาในการขึ้นรูปชิ้นงานที่ ความแข็ง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Creativity ในการที่จะแปลง ไฟล์ชิ้นงาน และรันโค้ด เครื่องที่สร้างขึ้น คนที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ย 897.7 วินาที และเครื่องของมหาลัยเฉลี่ย 904.3 วินาที คนที่ 2 เครื่องที่สร้างขึ้น ใช้เวลาเฉลี่ย 898.3 วินาที เครื่องของมหาลัยเวลาเฉลี่ย 903.2 วินาที สรุป ได้ว่าคนที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานของทั้งสองเครื่องใช้เวลาไม่แตกต่างกัน ในการทดลองครั้งนี้ เพิ่มเติมจากการวิจัยในครั้งนี้เกี่ยวกับเครื่องพิมพ์สาม มิติ สามารถติดตั้งหัวและสลักเลเซอร์เพิ่มเข้าไปได้ ซึ่งสามารถช่วย ในการเก็บรายละเอียดของชิ้นงานที่การพิมพ์ขึ้นรูปอย่างเดียวไม่สามารถ ทำในจุด ๆ นั้นได้ จะทำให้ชิ้นงานมีความสวยงาม และสมบูรณ์แบบมาก ยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ต้องขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ได้รับการสนับสนุน ทุนในการนำเสนอและต่างๆ ให้มีความลุล่วงไปด้วยดีจากคณะ วิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือผู้ใช้เครื่องพิมพ์3D,เครื่องพิมพ์สามมิติ,2560,[ออนไลน์], แห ล่ ง ที่ ม า : <https://manuals.plus/th/ender/ender-3-v2-neo-3d-printer-manual> [09/12/2565]

- [2] บริษัท หาญเอ็นจิเนียริง โซลูชั่นส์ จำกัด(มหาชน),เครื่องพิมพ์สาม มิติ , 2564,[อ อ น ไ ล น์] , แห ล่ ง ที่ ม า : <https://www.harn.co.th/articles/3d-printing-in-business/>
- [3] สถาบันนวัตกรรมและกรรมภักิบาลข้อมูล,วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ดิจิทัล และ นวัตกรรม ,2565 [ออนไลน์] , แห ล่ ง ที่ ม า : <https://digi.data.go.th/blog/how-to-make-beautiful-graphs-in-excel/> [30/11/2565]
- [4] บริษัท สยาม เรปเรป, เส้นพลาสติกและเส้นเรซิน ,2565 [อ อ น ไ ล น์] , แห ล่ ง ที่ ม า : <https://www.siamreprep.com/2021/11/what-is-3d-printer/>. [18/11/2565].
- [5] บริษัท ไมตรีอุตสาหกรรม จำกัด, การขึ้นรูป,, 2564 [ออนไลน์], แห ล่ ง ที่ ม า : <https://maitreeplastic.com/how-to-produce-this-product/>. [01/04/2564].
- [6] Palawat Co., Ltd. , หลักการทำงานเครื่องพิมพ์3D [ออนไลน์], 2 5 6 6 , แห ล่ ง ที่ ม า : <https://x3dtechnology.com/blogs/knowledge/3d-printing>. [04/01/2566].
- [7] กนต์ธีร์ จงถาวรวุฒิ,พิษณุศักดิ์ มนตรี,สิริวิชญ์ เป็นชีวิต,เครื่องพิมพ์ แบบสามมิติ,ปริญญาโทพนธ์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุนทหารลาดกระบัง,2557.
- [8] One-way ANOVA,SPSS Statistics,2566, [ออนไลน์], แห ล่ ง ที่ ม า : <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/one-way-anova-using-spss-statistics.php>
- [9] มนต์ชัย เทียนทอง, สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ,สถาบันเทคโนโลยี. พระจอมเกล้าพระนครเหนือ,กรุงเทพฯ,2548, หน้า 314-334.
- [10] M.C.Douglas, Design and Analysis of Experiments, 10th Ed., Kindle Edition,Wiley,2019.pp.50-114.



บทความวิจัย

อิเล็กทรอนิกส์

และโทรคมนาคม

โรงเรือนรักษาด้านมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT

The Greenhouse for Maintaining Monstera with Internet of Things System

คชพงศ์ สุมานนท์^{1*} พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์¹ ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์¹ และอานนท์ สิงห์เสถียร²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 089-206-2083 E-mail: kotchapong.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอโรงเรือนรักษาด้านมอนสเตอร์ด้วยระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง ซึ่งคุณลักษณะของโรงเรือนนี้ได้ใช้สแลนกันแดดเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติด้วยการตั้งเวลาที่โมดูลนาฬิกาเวลาจริง พร้อมทั้งมีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นให้คงที่ อีกทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนช่วงการวัดอุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 50 °C และปรับเปลี่ยนความชื้นไม่เกิน 100% ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล โหนดเอ็มซียู

ซึ่งภายในโรงเรือนนี้ได้ถูกทดลองเพื่อคำนวณหาค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์อุณหภูมิและความผิดพลาดสัมพัทธ์ความชื้นของแต่ละเงื่อนไข และมีการทดลองการให้น้ำด้านมอนสเตอร์ผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk ตามลำดับ

คำสำคัญ : มอนสเตอร์; โมดูลนาฬิกาเวลาจริง; โหนดเอ็มซียู

Abstract

This article presents a modeling greenhouse for the monstera plant (Monstera-house) through an operation of the internet of thing (IoT) system. The characteristic of this Monstera-house can demonstrate the sliding sunblock rooftop (it can be applied a shading net) which utilize the automatic real time module (Micro-controller type Node MCU) to manage a moving roof, as well as, the micro-controller can operate to assign the constant temperature (maximum as 50 degrees celsius, humidity (maximum as 100 percents) and so on.

Moreover, a Monstera-house was tested to define the calculation of relative error of the temperature and humidity based on the each realistic condition and it was investigated to water the monstera plant via the Blynk application respectively.

Keywords : monstera; real time clock module; nodemcu

1. บทนำ

ปัจจุบันการปลูกพืชตระกูลใบไม้ประดับเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ที่รักต้นไม้ ซึ่งในกลุ่มผู้ที่ชอบเลี้ยงดูได้หันมาปลูกต้นไม้ชนิดใบ เช่น ตระกูล บอน คล้า และมอนสเตอร์มากขึ้น จึงทำให้กลุ่มดังกล่าว มีความสนใจที่จะหารายได้จากการเพาะปลูกต้นไม้ชนิดนี้เพิ่มขึ้น อีกทั้ง หนึ่งใน

ตระกูลชนิดใบที่เรียกว่า “ต้นไม้มอนสเตอร์” ยังสามารถเป็นต้นไม้สำหรับทำธุรกิจส่งออกไปสู่ต่างประเทศได้อีกด้วย นอกจากนี้ เรื่องการดูแลรักษาด้านมอนสเตอร์ ตามธรรมชาติของต้นไม้ชนิดนี้ จะเจริญเติบโตและอุดมสมบูรณ์ที่อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 °C -30 °C [1] และความชื้นในช่วง 60% - 80% [2] แต่อย่างไรก็ตาม โดยส่วนใหญ่ต้นไม้ดังกล่าวถ้าขาดการดูแลจะทำให้เกิดโรคอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ โรคทางใบ และโรคทางราก โดยโรคที่เกิดจากทางใบจะเกิดจากตัวด้วงกัดกินและเกิดจากแมลงมากเกินไป สาเหตุที่สอง คือต้นไม้ขาดการปรับปรุงดิน และมีการระบายน้ำในภาชนะไม่ดี จึงทำให้เกิดเชื้อราในดินมีผลเสียทำให้รากเน่า

ซึ่งเมื่อพิจารณาต้นไม้มอนสเตอร์ว่าเป็นโรคหรือไม่เป็นโรค โดยสังเกตที่ใบของต้นไม้มอนสเตอร์ ถ้าต้นไม้มอนสเตอร์เกิดโรคที่รากแสดงในรูปที่ 1(ก) จะมีอาการเดือนที่ใบ คือ ใบหงิก ใบงอ [1] โดยเกิดจากสาเหตุได้รับน้ำมากเกินไป จึงทำให้เกิดรากเน่าเปื่อย เพราะมีเชื้อรา ส่วนโรคที่เกิดจากทางใบ คือนำต้นไม้มอนสเตอร์ไปปลูกไว้ตำแหน่งสถานที่ได้รับแสงแดดจ้าตลอดเวลาที่มีผลทำให้ขอบใบไหม้เกรียมดังรูปที่ 1(ข)

ดังนั้นในบทความนี้จึงได้นำเสนอ “โรงเรือนรักษาด้านมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT” ซึ่งโรงเรือนนี้ได้แนวคิดมาจาก [3] และโรงเรือนนี้มีข้อดี คือใช้รักษาโรคใบ ด้วยการลดความเข้มแสงแดดด้วยการใช้สแลนกันแดดแบบอัตโนมัติเพื่อลดอาการโรคทางใบ ที่ขอบใบไหม้เกรียมของมอนสเตอร์ ส่วนการรักษาโรคเน่าของต้นไม้มอนสเตอร์ได้ใช้เซนเซอร์ DHT11 ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพื่อควบคุมพัลลวะระบายอากาศ รักษาอุณหภูมิให้คงที่ พร้อมกับใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินตรวจจับการความชื้นในดิน โดยอุปกรณ์นี้จะเป็นตัวกำหนดการให้โซลินอย์วาล์ว เปิด-ปิดการให้น้ำแก่ต้นไม้มอนสเตอร์



(ก) โรคที่เกิดจากราก



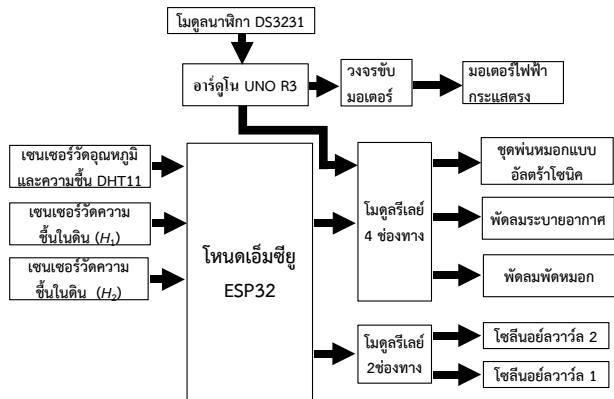
(ข) โรคที่เกิดจากใบ

รูปที่ 1 โรคที่เกิดกับมอนสเตอร์

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วย

ระบบ IoT



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT

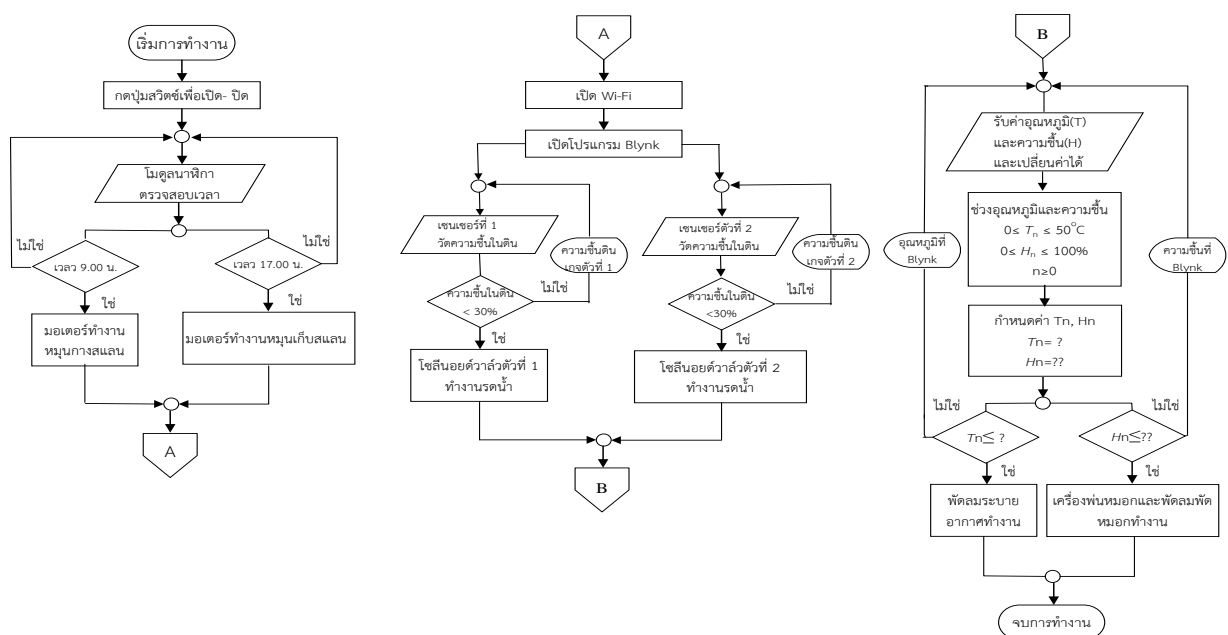
จากรูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ ส่วนแรกคือ 1) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT11) มีหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนที่นำเสนอได้ตามที่ออกแบบ 2) เซนเซอร์วัดความชื้นในดินทำหน้าที่วัดปริมาณความชื้นดินที่อยู่ในกระถางปลูกมอนสเตอร์ 3) โมดูลนาฬิกาเวลาจริง DS3231 มีหน้าที่ตั้งเวลาเพื่อควบคุมเปิด-ปิดสแลนสำหรับกันแดดในช่วงเวลาที่กำหนด 4) อาร์ดูโน้ UNO R3 ทำหน้าที่ประมวลผลและคำนวณสัญญาณที่ถูกส่งมา 5) โหนดเอเอ็มซียู ESP32 ทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นต่างๆของโรงเรือนและมีหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ชุดพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ พัดลมพัดหมอก และ

โซลินอยด์วาล์ว 6) โมดูลรีเลย์ 4 ช่องทางมีไว้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก พัดลมระบายอากาศ และพัดลมพัดหมอก 7) โมดูลรีเลย์แบบ 2 ช่องทางมีหน้าที่ควบคุม โซลินอยด์วาล์วทั้ง 2 ตัวสำหรับการให้น้ำต้นมอนสเตอร์ในกระถาง 8) วงจรจับมอเตอร์ทำหน้าที่ ขยายสัญญาณและขับให้มอเตอร์หมุน 9) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทำหน้าที่ หมุนให้สแลนบังแสงแดด 10) ชุดพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกทำหน้าที่พ่นละอองน้ำให้กับใบ 11) พัดลมระบายอากาศทำหน้าที่ดูดและระบายถ่ายเทอากาศ เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ภายในโรงเรือน 12) พัดลมพัดหมอกทำหน้าที่กระจายหมอกให้ทั่วถึง 13) โซลินอยด์วาล์วทำหน้าที่เป็นสวิทช์ควบคุมการไหลให้น้ำลำดับต่อมา

2.2 การออกแบบโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT

จากรูปที่ 3 แผนผังการทำงานทางด้านซอฟต์แวร์ โดยเริ่มจากกดปุ่มสวิทช์เพื่อเปิดตัวระบบ โมดูลเวลาจะเริ่มตรวจสอบการทำงานตามเวลาที่ตั้งเอาไว้ ซึ่งเมื่อตั้งเวลาที่ 9.00 น. โมดูลนาฬิกาเวลาจริงจะส่งข้อมูลให้อาร์ดูโน้ UNO R3 ประมวลผล หลังจากนั้นก็จะสั่งให้สแลนกางออกและปิดกันแดดให้ต้นมอนสเตอร์ด้วยการหมุนของมอเตอร์ ซึ่งสแลนจะทำหน้าที่กันแสงแดดจนถึงเวลา 16.59 น.แต่เมื่อถึงเวลา 17.00น. มอเตอร์ก็จะทำหน้าที่หมุนกลับทิศทางเพื่อให้สแลนหมุนพับเก็บตัวมันเอง

ในการทำงานที่กล่าวข้างต้นนั้น ได้มีการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-fi อยู่แล้วพร้อมกับการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งเมื่อเปิดโปรแกรม Blynk เซนเซอร์วัดความชื้นในดินทั้งสองตัวดังรูปที่ 2 ได้ทำการตรวจวัดความชื้นดินในกระถางที่ 1 (H_1) และทำการตรวจวัดความชื้นดินในกระถางที่ 2 (H_2) ถ้า H_1, H_2 มีค่าความชื้นในดินน้อยกว่า 30% จะส่งผลให้



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT

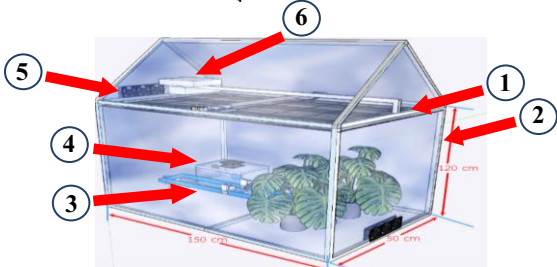
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

โซลินอยด์วาล์วทั้ง 2 ตัว ทำงาน จึงทำให้น้ำไหล นอกจากนี้ข้อดีของโรงเรือนนี้สามารถปรับเปลี่ยนช่วงการวัดอุณหภูมิ (T_n) และความชื้น (H_n) ของตัวเซนเซอร์ด้วยผ่านแอป Blynk โดยช่วงอุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง $0^{\circ}C \leq T_n \leq 50^{\circ}C$ และ $0\% \leq H_n \leq 100\%$ อีกทั้งตัวแปร T_n และ H_n จะทำงานสอดคล้องกับพัดลมระบายอากาศ กับเครื่องพ่นหมอก และพัดลมพ่นหมอก โดยตัวแปรความชื้น และอุณหภูมิจะแสดงผ่านแอป Blynk

2.3 โครงสร้างโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT

โรงเรือนรักษามอนสเตอร์ที่นำเสนอ ในบทความนี้ได้ถูกออกแบบและวาดรูปแบบสามมิติด้วยโปรแกรมสเก็ทอัป ซึ่งโครงสร้างของโรงเรือนที่นำเสนอจะประกอบไปด้วย หมายเลข 1) ความจุของโรงเรือนที่นำเสนอมีความกว้าง 50 cm ความยาว 150 cm และความสูง 120 cm มีหน้าที่ รักษาต้นมอนสเตอร์ หมายเลข 2) ชุดสแลนกันแดดมีหน้าที่บังแดดให้กับต้นมอนสเตอร์ หมายเลข 3) ชุดควบคุมการให้น้ำ ทำหน้าที่ให้ปริมาณน้ำแก่ต้นมอนสเตอร์ที่เหมาะสม หมายเลข 4) ชุดพ่นหมอกมีหน้าที่ทำความชื้นภายในโรงเรือน หมายเลข 5) พัดลมระบายอากาศ ทำหน้าที่ดูดและถ่ายเทอากาศภายในโรงเรือนเพื่อให้อุณหภูมิและความชื้นคงที่ และ หมายเลข 6) ถังรองควบคุม ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของตัวเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆให้เป็นตามเงื่อนไขที่กำหนด



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วย ระบบIoT

3 ผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้จะทำการทดสอบโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ที่นำเสนอ โดยจะมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และการให้ปริมาณน้ำ ตามเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งโรงเรือนที่นำเสนอได้ถูกสร้างขึ้นจริงสำหรับในทางปฏิบัติดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ด้วยระบบ IoT เสร็จสมบูรณ์

จากรูปที่ 5 โรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์ที่นำเสนอจะมีโหมดการทำงานอยู่ 2 โหมดด้วยกัน 1. โหมดแบบอัตโนมัติ 2. โหมดแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งการทำงานของโหมดแบบอัตโนมัติจะทำงานเมื่อมีการกำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเป็นค่าคงที่ค่าๆหนึ่ง ส่วนโหมดที่ 2 คือโหมดกึ่งอัตโนมัติจะมีหลักการที่สามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้ และมีแถบสีสไลด์แบบวงกลมพร้อมมีการแสดงค่าต่างๆบนแอปพลิเคชันBlynk ที่ได้ในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การวัดระหว่างมิเตอร์มาตรฐานกับหน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk

จากรูปที่ 6 ได้ทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ซึ่งการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นได้ถูกเปรียบเทียบระหว่างค่ามิเตอร์มาตรฐาน VT331 กับ ค่าบนหน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองจะถูกนำมาจดบันทึกไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โดยมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ตามลำดับ

ตารางที่ 1 เงื่อนไขภายในโรงเรือนที่อุณหภูมิคงที่ $30^{\circ}C$ และมี ความชื้นเปลี่ยนแปลง

จำนวนการทดลอง	มิเตอร์มาตรฐานวัดอุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	อุณหภูมิที่หน้าจอ Blynk ($^{\circ}C$)	มิเตอร์มาตรฐานวัดความชื้น (%)	ความชื้นที่หน้าจอ Blynk (%)	ค่าความผิดพลาดอุณหภูมิ (%)	ค่าความผิดพลาดความชื้น (%)	ระยะเวลาการทำงานที่พัดลม (min)
1	30.2	30.0	83.1	80.0	0.7	3.7	25.00
2	30.1	30.0	94.1	98.0	0.3	4.1	27.00
3	30.8	30.0	65.6	69.0	2.6	5.2	23.00
4	30.2	30.0	78.3	75.0	0.7	4.2	25.00
5	30.6	30.0	85.6	79.0	2.0	7.7	22.00
ค่าเฉลี่ย	30.4	30.0	81.3	80.0	1.2	4.9	24.40

จากตารางที่ 1 ได้ทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ซึ่งอุณหภูมิในแต่ละครั้งที่ถูกวัดจากมิเตอร์มาตรฐานได้ถูกนำมาคำนวณหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ย มีค่าประมาณ $30.4^{\circ}C$ และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในหน้าจอ Blynk มีค่า อุณหภูมิเฉลี่ย $30^{\circ}C$ แต่ความชื้นภายในโรงเรือนมีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 65.6 % ถึง 98 % ซึ่งพัดลมระบายอากาศจะมีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ย 24.40 min

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ได้ทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง โดยใช้มิเตอร์มาตรฐานวัดค่า และหลังจากนั้นก็ทำการคำนวณหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ย มีค่าประมาณ $31.5^{\circ}C$ และ $32.1^{\circ}C$ อีกทั้งอุณหภูมิเฉลี่ยที่หน้าจอ Blynk มีค่า $31^{\circ}C$ (ตารางที่ 2) และ $32^{\circ}C$ (ตารางที่ 3) แต่ค่าความชื้นภายในโรงเรือนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 65.6 % ถึง 98.0 %

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

(ตารางที่ 2) และ 61.0 % ถึง 72.0 % (ตารางที่ 3) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับพัสดลมระบยาอากาศได้ใช้ระยะเวลาทำงานเฉลี่ย 17.06 min (ในตารางที่ 2) และ 11.05 min (ในตารางที่ 3) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ภายในโรงเรือนอุณหภูมิคงที่ 31°C และความชื้นเปลี่ยนแปลง

จำนวนการทดลอง	อุณหภูมิที่		ความชื้นที่		ความผิดพลาดสัมพัทธ์อุณหภูมิ (%)	ความผิดพลาดสัมพัทธ์ความชื้น (%)	ระยะเวลาการทำงานพัสดลม (min)
	มาตรฐานวัดอุณหภูมิ (°C)	หน้าจอ Blynk (°C)	มาตรฐานวัดความชื้น (%)	หน้าจอ Blynk (%)			
1	31.9	31.0	70.1	84.0	2.8	19.8	14.00
2	31.6	31.0	74.4	81.0	1.9	8.8	17.00
3	31.0	31.0	71.1	71.0	0	0.1	20.00
4	31.7	31.0	65.4	67.0	2.2	2.4	15.00
5	31.4	31.0	95.5	98.0	1.3	2.6	18.00
ค่าเฉลี่ย	31.5	31.0	75.3	80.0	1.6	6.8	17.06

ตารางที่ 3 ภายในโรงเรือนอุณหภูมิคงที่ 32°C และความชื้นเปลี่ยนแปลง

จำนวนการทดลอง	อุณหภูมิที่		ความชื้นที่		ความผิดพลาดสัมพัทธ์อุณหภูมิ (%)	ความผิดพลาดสัมพัทธ์ความชื้น (%)	ระยะเวลาการทำงานพัสดลม (min)
	มาตรฐานวัดอุณหภูมิ (°C)	หน้าจอ Blynk (°C)	มาตรฐานวัดความชื้น (%)	หน้าจอ Blynk (%)			
1	32.5	32.0	63.8	69.0	1.5	8.2	08.00
2	32.0	32.0	62.8	72.0	0	14.6	13.00
3	32.5	32.0	64.1	63.0	1.6	1.7	09.00
4	32.3	32.0	66.8	63.0	0.9	5.7	11.00
5	32.2	32.0	64.3	61.0	0.6	5.1	12.00
ค่าเฉลี่ย	32.1	32.0	64.4	65.6	0.9	7.1	11.05

ตารางที่ 4 ภายในโรงเรือนความชื้นคงที่ 70% และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

จำนวนการทดลอง	อุณหภูมิที่		ความชื้นที่		ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์อุณหภูมิ (%)	ความผิดพลาดสัมพัทธ์ความชื้น (%)	ระยะเวลาการทำงานพัสดลม (min)
	มาตรฐานวัดอุณหภูมิ (°C)	หน้าจอ Blynk (°C)	มาตรฐานวัดความชื้น (%)	หน้าจอ Blynk (%)			
1	29.9	33.0	69.6	70.0	10.4	0.6	15.00
2	31.8	31.0	67.2	70.0	2.5	4.2	13.00
3	31.5	31.0	63.8	70.0	1.6	9.7	11.00
4	31.5	31.0	63.8	70.0	1.6	9.7	09.00
5	30.2	31.0	70.0	70.0	2.6	0	16.00
ค่าเฉลี่ย	31.0	31.4	67.0	70.0	3.7	4.8	13.02

จากตารางที่ 4 ทำการทดลองวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนทั้งหมด 5 ครั้ง ซึ่งในเงื่อนไขนี้จะกำหนดให้ความชื้นภายในโรงเรือนมีค่า 70% คงที่ และอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 29.9°C จนถึง 31.8°C ที่ถูกวัดจากมิเตอร์มาตรฐาน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับพัสดลมระบยาอากาศได้ใช้ระยะเวลาการทำงานเฉลี่ย 13.02 min

ตารางที่ 5 การทดลองตรวจค่าความชื้นในดินทั้งสองกระถาง

จำนวนการทดลอง	การทำงาน		ค่าความชื้นใน Serial monitor(%)		ความชื้นน้อยกว่า 30%		ค่าความชื้นแสดงผลใน Blynk	
	Soil1	Soil2	Soil1	Soil2	Soil1	Soil2	Soil1	Soil2
1	✗	✗	30	30	68	80	68	80
2	✗	✗	30	30	54	54	54	54
3	✗	✗	30	30	54	46	55	46
4	✗	✓	30	30	57	29	55	29
5	✗	✓	30	30	56	16	56	16

จากตารางที่ 5 ผลการทดลองการวัดความชื้นในดินของต้นมอนสเตอร์่าที่ปลูกใน 2 กระถาง ซึ่งได้กำหนดเงื่อนไขโปรแกรมที่ค่าความชื้นดินในทั้งสองกระถางน้อยกว่า 30% จึงทำให้ โซลินอยวาล์วปล่อยให้ น้ำไหล ถ้าพิจารณาจากตารางนี้ ค่าความชื้นในดินกระถางที่ 2 (Soil 2) ประมาณ 29% และทดลองครั้งที่ 4 ประมาณ 16% ในการทดลองครั้งที่ 5

4. สรุป

จากการทดลองสมรรถนะโรงเรือนรักษาต้นมอนสเตอร์่าที่นำเสนอ ตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3 ที่เงื่อนไขแตกต่างกัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงความชื้น แต่อุณหภูมิคงที่ 30°C 31°C และ 32°C ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองจากตารางที่ 1 มีความผิดพลาดสัมพัทธ์อุณหภูมิเฉลี่ยและความผิดพลาดสัมพัทธ์ความชื้นเฉลี่ย ประมาณ 1.2% และ 4.9% ส่วนผลตารางที่ 2 และตารางที่ 3 มีความผิดพลาดอุณหภูมิเฉลี่ยและความผิดพลาดสัมพัทธ์ความชื้นเฉลี่ย ประมาณ 1.6% และ 6.8% กับ 0.9% และ 7.1% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง แต่ความชื้นคงที่ 70% (ในตารางที่ 4) ซึ่งผลที่ได้ความผิดพลาดสัมพัทธ์ของอุณหภูมิเฉลี่ยและความผิดพลาดสัมพัทธ์ความชื้นเฉลี่ย ประมาณ 3.7% และ 4.8% และในตารางที่ 5 การให้น้ำต้นมอนสเตอร์่าทั้ง 2 กระถาง เมื่อความชื้นน้อยกว่า 30% จะมีการให้น้ำกับต้นชนิดนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] มอนสเตอร์่า (Monstera deliciosa) คู่มือการดูแล ได้มาจากเว็บไซต์ https://www.picturethisai.com/th/care/Monstera_deliciosa.html
- [2] Monstera's humidity the key to healthy growth ได้มาจากเว็บไซต์ <https://xanhxanhurbanforest.com/monstera-humidity-the-key-healthy-growth/>
- [3] ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอดิกร เสรีพัฒนานนท์, “ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปร์ยละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้” วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, หน้า 99-111, มกราคม

Unsupervised Texture Segmentation based on Ensemble of Mutation Operator Differential Evolution

Ponlakit Jariyatantiwait and Chatkaew Jariyatantiwait*

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
1381 Pracharat 1 Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

* Corresponding Autor: chatkaew.s@rmutp.ac.th, +66-2-8363000

Abstract

Texture segmentation is a very difficult and challenging problem. Since the texture segmentation problem is converted to the optimization problem, we can use Differential Evolution as the optimization algorithm. Unsupervised texture segmentation based on ensemble of mutation operator Differential Evolution (EMDE) is proposed. EMDE is modified from ACDE. The feature vectors of this method are the gray level of the input image. The verification of the proposed algorithm was done on the different types of texture images.

Keywords: Differential Evolution, Texture segmentation, Unsupervised segmentation

1. Introduction

Texture segmentation is accurately partitioning of an image into disjoint homogeneous regions. It is required for computer vision and image analysis applications. For instance, the cancer diagnosis, mammogram and remote sensing study and robot eyes. Modeling the texture for segmentation problems is very difficult because the texture is usually characterized by two-dimensional variations in the intensities present in the image [13].

There are two types of texture segmentation approaches: supervised and unsupervised segmentation. The supervised approach is higher segmentation accuracy than unsupervised approach. The texture descriptors for this method use statistical features such as grey level occurrence matrix and moment analysis but the high computational complexity and cost are the drawbacks of this method. In addition, the texture prototypes, and the number of clusters of the segmented image are needed and this is not practical in automatically environments such as robot eyes. Because in the real world, there are huge number of texture prototypes.

Unsupervised texture segmentation does not need the texture prototypes of the image and the number of cluster *priori*. This method is preferred for automatically segmentation problems than the supervised approach. In recent years, researchers used Gabor filter in order to extract the texture features from the image, both in supervised and unsupervised segmentation approaches. The extracted features are assigned as the feature vectors. These vectors then are clustered in order to get the segmented image.

Textured segmentation can be treated as the clustering problem where the feature vectors correspond to image patterns and an image region corresponds to a cluster [15]. There are many clustering approaches that are widely used for segmentation problems, for instance, K-means, Fuzzy C-means

(FCM) and ISODATA. However, most of these methods need prior knowledge of the number of clusters to be divided. However, in practical situations, the number of clusters cannot be specified in advance. General unsupervised texture segmentation approach shown in Fig. 1.

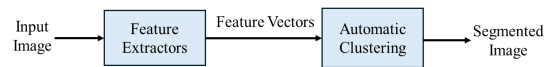


Fig. 1. Block diagram of unsupervised texture segmentation approach.

There are several automatic clustering by evolutionary computation that have been proposed in the past few years. For example, genetic algorithm (GA), evolutionary strategies (ES) and particle swarm optimization (PSO) and differential evolution (DE) [11], [15].

Differential Evolution (DE) is a powerful optimization method proposed by Price and Storn [14]. It is reasonable fast and robust and easy to use. The key concept of DE is to create a population of candidate solutions of an optimization problem which is repeatedly refined by alteration and selection of the best solution that best fits with the optimization problem. The fittest of the solutions are measured by the objective function of the problem. The automatic clustering problem is the optimization problem because we need to optimize the number of cluster and cluster regions. Therefore, DE may be used as the clustering approach for texture segmentation problem. DEs attracts researchers to apply them to the image segmentation problem as well.

The author modified the ACDE algorithm in [11] for doing unsupervised texture segmentation based on ensemble of mutation operator differential evolution (EMDE).

The rest of this report is organized as follows. Section 2 is a texture segmentation background and a brief overview of a previous work. Section 3 is the proposed algorithm: EMDE. Section 4 is the experiments and results. Conclusions are in Section 5.

2. Texture Segmentation Background

2.1 Problem Definition [11]

A pattern is a physical or abstract structure of objects. It can be classified by a collective set of attributes called features, which together represent a pattern. If there are n patterns or data points, each having d features. These patterns can be represented by a profile data matrix $\mathbf{X}_{n \times d}$. Given $\mathbf{X}_{n \times d}$ data matrix, a partition algorithm tries to find a partition

$C = \{C_1, C_2, \dots, C_K\}$ of K classes, such that there are maximum similarity of the patterns in the same cluster and different from other clusters as much as possible. The problem is the optimization problem that finding the optimum C , as in (1)

$$\underset{C}{\text{Optimize}} f(X_{n \times d}, C) \quad (1)$$

where C is a single partition from \mathbf{C} and f is an objective function that quantifies the goodness of the partition as described in section 2.3.

2.2 Similarity Measures [11]

The most popular way to measure the similarity between two patterns is the use of a distance measure. The most widely use is the Euclidean distance, which between two d-dimensional patterns \bar{X}_i and \bar{X}_j is given by

$$d(\bar{X}_i, \bar{X}_j) = \sqrt{\sum_{p=1}^d (X_{i,p} - X_{j,p})^2} = \|\bar{X}_i - \bar{X}_j\| \quad (2)$$

2.3 CS Measure [11]

Cluster validity index corresponds to the objective function used to evaluate the goodness of a clustering algorithm. It can be used to quantify the two objectives of portioning.

- 1) Cohesion: The patterns in one cluster should be similar to each other as much as possible.
- 2) Separation: The distance between the cluster centers should indicate the cluster separation.

There are several well-known cluster validity indexes such as Dunn's index (DI), the Calinski-Harabasz index, the DB index, and the CS measure [16]. The CS measure is employed in the proposed method.

Chou *et al.* [16] proposed the CS measure for evaluating the clustering algorithm. The centroid of a cluster is computed by averaging the data vectors that belong to the cluster using

$$\bar{m}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x_j \in C_i} x_j \quad (3)$$

The CS measure is defined as

$$CS(K) = \frac{\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \left[\frac{1}{N_i} \sum_{x_j \in C_i} \max \{d(\bar{X}_i, \bar{X}_q)\} \right]}{\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \max \{d(\bar{m}_i, \bar{m}_q)\}} \quad (4)$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^K \left[\frac{1}{N_i} \sum_{x_j \in C_i} \max \{d(\bar{X}_i, \bar{X}_q)\} \right]}{\sum_{i=1}^K \max \{d(\bar{m}_i, \bar{m}_q)\}}$$

where $d(\bar{X}_i, \bar{X}_j)$ is a distance metric between any two data

points \bar{X}_i and \bar{X}_j .

As can be seen from (4) that CS measure is a function of the ratio of the sum of within-cluster scatter to between-cluster separation and has the same basic rationale as the DI and DB measures. This measure is more efficient in tacking clusters of different densities and/or sizes than the other popular validity measures. However, one disadvantage of CS measure is the high computational cost with increasing K and n .

2.4 Brief Review of Previous Works

D. Dunn and W. E. Higgins [6] proposed a method to design an optimal Gabor filter for texture segmentation. This method transforms texture differences into filter-output discontinuities at texture boundaries. Once we know the boundary, we can segment this image. This method needs two prototype textures and assumes that an image contains two different textures. This method is supervised segmentation. It is not suitable for an automatic environment.

T.P. Weldon and W.E. Higgins [7] proposed a design method of Gabor filters for texture segmentation. The authors use the total segmentation error measure as the basis for designing the Gabor filter bank. This algorithm needs the texture samples priori.

S. Lu, J.E. Hernandez and G.A. Clark [9] proposed texture segmentation by clustering of Gabor feature vectors. This method uses Kohonen's self-organizing feature map to cluster the Gabor feature vectors. It is an unsupervised method because it does not need texture prototypes. The training of the network is time consuming.

A.K. Jain and F. Farrokhnia [8] proposed unsupervised texture segmentation using Gabor filters. The selection of Gabor parameters is based on reconstruction of the input images from the filtered images. Each selected filtered image in nonlinear transformed and computing the energy and unsupervised square-error clustering is used to integrate the feature images and produce a segmentation image. This method gave good results but need high computational cost.

O. Pichler, A. Teuner and B.J. Hosticka [10] proposed an unsupervised texture segmentation with feature space reduction and knowledge feedback. Gabor filter bank used to extract features and then segmented by using iterative feedback from scrap images (the decomposed segmented image) as additional features to the extracted features. This method is high complexity.

C.A. Basca and R. Brad [12], L. Ma and L. Zhu [13] use the Gabor filter bank to extract features from an input image. They used the genetic algorithm and immune genetic algorithm, respectively, to design the Gabor filter bank. The Gabor filter design problem is converted to the optimization problem, then any kind of evolutionary computation can be used.

D. P. Mital [4] use Gabor filter to extract texture features. An input image is filtered and sent to the second stage for optimization. In the optimization stage, the feature vectors are grouped into homogeneous segments by minimizing an appropriate quality measure.

S. Das, A. Abraham and A. Konar [11] proposed the automatic clustering using an improved differential evolution algorithm (ACDE). The authors implement their clustering technique on image segmentation. The intensity level of each pixel serves as a feature for the clustering process. The author

is interested in this method because the results from these methods for image segmentation are well. Therefore, the proposed algorithm is the modified version of [11].

3. Differential Evolution for Automatic Clustering

3.1 Classical DE Algorithm

The classical DE [14] is a population-based global optimization algorithm which utilizes NP D-dimensional real-value parameter vectors. The most important characteristic of DE is that it uses the difference of the vectors for mutation stage instead of using the probability distribution functions as other EAs. This makes DE has many advantages include, fast and simple for applications and modifications, operation on floating point with high accuracy, high performance on integer, discrete and mixed parameter optimization and ability to optimize non-differentiable functions.

The optimization problem can be classified as the maximization or minimization of an objective function. The DE algorithm flowchart is shown in Fig. 2.

The i th individual (vector) of the population (chromosome) at the population initialization stage is randomly generated which has d dimensions, i.e.,

$$\mathbf{X}_{i,g} = [X_{i,1}, X_{i,2}, \dots, X_{i,d}] \quad (5)$$

Every individual in the population is mutated by the mutation operator. This stage is to enable search diversity and explore the new area in the search space. The mutation operator generates mutated vectors by adding the weighted difference of two randomly selected vectors as in (6).

$$V_{i,g} = X_{r0} + F(X_{r1}^G - X_{r2}^G) \quad (6)$$

where $F > 0$ is the scaling factor and usually be set at 0.8 [14]. In addition to the mutation operator defined in (6) as rand/1, there are several DE mutation operators such as rand/best/1, rand/best/2, rand/2, trigonometric operator.

Crossover stage is to increase the diversity of the population. The mutated vector $V_{i,g}$ are used to generate the trial vector in the crossover stage. Each element in the trial vector is generated as in (7).

$$u_{i,g}^j = \begin{cases} v_{i,g}^j & \text{if } (\text{rand}_j[0,1] \leq CR) \text{ or } (j = j_{rand}) \\ x_{i,g}^j & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

where $CR \in [0,1]$ is the crossover rate and its value is generally 0.8 [14].

In order to decide whether the trial vector should become a member of a new generation $g+1$, the trial vector is compared to the target vector $X_{i,g}$ using the greedy criterion as in (8)

$$X_{i,g+1} = \begin{cases} U_{i,g}^j & f(U_{i,g}^j) \geq f(X_{i,g}) \\ x_{i,g}^j & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

where f is the function to be optimized (minimized or

maximized) called the objective function.

The iteration of mutation, crossover and selection will be repeated until met the stopping criterion.

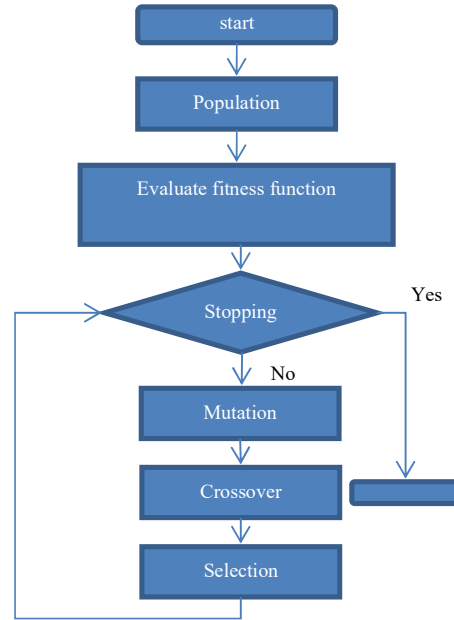


Fig. 2 Differential Evolution algorithm flowchart.

3.2 ACDE [11]

The automatic clustering method that the author modified is from S. Das, A. Abraham and A. Konar [11]. Each individual in the population is encoded as in Fig. 3. Each d dimensional and for a user-specified maximum number of clusters K_{max} , an individual is a vector of real numbers. The first K_{max} elements are positive floating-point numbers in $[0,1]$. These are the threshold to control which clusters will be active. The next K_{max} elements are the cluster centroids.

$$\vec{V}_i(t) = \underbrace{T_{i,1} \quad T_{i,2} \quad \dots \quad T_{i,K_{max}}}_{\text{Thresholds}} \quad \underbrace{\vec{m}_{i,1} \quad \vec{m}_{i,2} \quad \dots}_{\text{Centroids}}$$

Fig. 3 Chromosome of ACDE [11].

The j th cluster center in the i th individual is active for partitioning if $T_{i,j} > 0.5$. The rule for selecting the actual number of clusters specified by an individual is

$$\begin{aligned} &\text{IF } T_{i,j} > 0.5 \text{ THEN the } j\text{th cluster center} \\ &\quad \vec{m}_{ij} \text{ is ACTIVE} \\ &\text{ELSE } \vec{m}_{ij} \text{ is INACTIVE} \end{aligned} \quad (9)$$

Mutation operator for ACDE is (6) but the scaling factor F is modified from the classical DE as

$$F = 0.5 \times (1 + \text{rand}(0,1)) \quad (10)$$

where $\text{rand}(0,1)$ is a uniformly distributed random number within the range $[0,1]$. The CR are adapted every generation as the following equation:

$$CR = (CR_{\max} - CR_{\min}) \times (\text{MAXIT} - \text{iter}) / \text{MAXIT} \quad (11)$$

ACDE uses CS measure as the cluster validity index. Therefore, the objective function of ACDE is to maximize (12)

$$f = \frac{1}{CS_i(K) + \text{eps}} \quad (12)$$

In order to avoid the error of an individual during calculation of CS measure, a division by zero may be occurred. To avoid this problem, they check to see if any cluster has fewer than two data points in it, the cluster center are reinitialized by an average computation. They put n/K data points for every individual cluster center, such that a data point goes to the nearest center.

Pseudocode of ACDE is as follows:

Step 1) Initialize each individual as Fig. 3 to contain the K number of random cluster centers and K number of activation thresholds.

Step 2) Check for the active cluster as in (9)

Step 3) For $g = 1$ to g_{\max} do

a) clustering by assigning \bar{X}_p to a cluster center

\bar{m}_j where

$$d(\bar{X}_p, \bar{m}_{i,j}) = \min_{\forall b \in \{1,2,\dots,K\}} \{d(\bar{X}_p, \bar{m}_{i,b})\}$$

b) Check if the number of data points that belong to any cluster is less than 2, the cluster center are reinitialized by an average computation. They put n/K data points for every individual cluster center, such that a data point goes to the nearest center.

c) Do the mutation, crossover, and selection as in (6)-(10) and the objective function is (12)

3.3 Ensemble of Mutation Operator Differential Evolution (EMDE)

The author modified the ACDE by ensemble of mutation operator differential evolution (EMDE). The mutation operator of ACDE is $\text{rand}/1$ type as in (6). This operator performs the global search in the search space because the difference vectors are randomly selected. This operator increases the diversity of searching for optimum. In order to ensemble the mutation operator, the author selected the operators based on the different search characteristics. The selected operators are (6) and the trigonometric mutation operator which was proposed by H. Y. Fan and J. Lampinen [17]. It is a local search operator as can be seen from (13)

$$V_{i,g} = (X_{r1,g} + X_{r2,g} + X_{r3,g}) / 3 + (p2 - p1)(X_{r1,g} - X_{r2,g}) + (p3 - p2)(X_{r2,g} - X_{r3,g}) + (p1 - p3)(X_{r3,g} - X_{r1,g}) \quad (13)$$

where $p_1 = \frac{|f(x_{r1,g})|}{p'}$, $p_2 = \frac{|f(x_{r2,g})|}{p'}$, $p_3 = \frac{|f(x_{r3,g})|}{p'}$

with $p' = |f(x_{r1,g})| + |f(x_{r2,g})| + |f(x_{r3,g})|$

where f is an objective function to be optimized. The author uses the individual encoding as the same as ACDE and clustering from step 3) a and b. The flowchart of EMDE is shown in Fig. 4.

The initialization and clustering steps are the same as ACDE, except that the proposed algorithm divides the population into two groups. Each group uses different mutation operators as in (6) and (13) for the reason described above. The selection stage is the tournament selection as in genetic algorithm, by performing the selection from the combination of population group 1 and group 2. The authors from [14] suggested that the scaling factor F is fixed at 0.8 and the crossover rate CR is fixed at 0.8. These values are suitable for the general applications where there are no knowledge of the characteristics of the optimization problem or the search space.

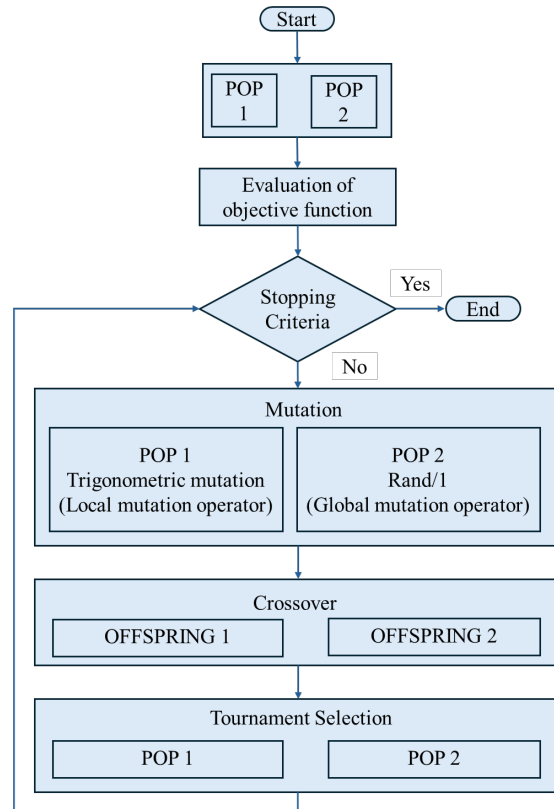


Fig. 4 Flowchart of EMDE.

4. Experiments and Results

4.1 Texture Segmentation by EMDE and Results

The procedure of texture segmentation is as Fig. 1. EMDE performed the clustering task. The author utilizes the gray level of the input image as the feature vectors in order to reduce the dimension of the feature vectors instead of using the Gabor filter banks as the feature extractor. Both *F* and *CR* of EMDE is 0.8 [14]. The population size (NP) is 10. The maximum generation is 30 generations. The experiment is performed on two texture images. One is from [18] and the other one is the authors. The experiments are run for 30 times and choosing the best results found to show here. The input images shown in Fig. 5 [18] and 6.

Fig. 5 is five different textures. The difficulty of this problem is the CS measure is very high computation complexity and cost, even the feature vector is one dimension. The image size of Fig. 5 is 512 by 512 pixels which is 262,144 data point to be clustered. Therefore, the author created Fig. 6. It is three different textures with the image size of 64 by 64 pixels which is 4096 data points to be clustered in order to quicker verify that EMDE can perform texture segmentation.

Fig. 5 cannot be successfully segmented. However, the best three segmented images for Fig. 6 are shown in Fig. 7. The discussion of the results is in Section 4.2.

4.2 Discussion of the Results

EMDE cannot be segmented Fig. 5 due to complexity of pattern that using only gray level of the image as feature vector is not suitable for many texture types in the image. In addition, the CS measure is high complexity and computational cost if the number of clusters is more than 3 [16]. However, the input image from Fig. 6 can be segmented. The segmented images for the input image from Fig. 6 are shown in Fig. 7. Fig. 7(a) is the best result among three output images. EMDE can accurately cluster the lower left texture type, but the middle type and the upper right type are not accurately classified. As can be seen from Fig. 7(a) that some regions of the texture in the upper right are included into the lower left region. This is because of the similar gray level of the pixels. Fig. 7(b) shown that the lower left is accurately clustered but the algorithm cannot classify the middle and the upper right textures. Fig. 7(c) shown that EMDE cannot classify the texture at all.

The observation of the results shown that using the gray level of the image as the feature vectors make the EMDE fail to segment the texture images. EMDE uses the combination of two groups of population that some individual in these two groups can be duplicated. This may make EMDE stuck at local optima and cannot find the global optimum of the number of cluster and centers.

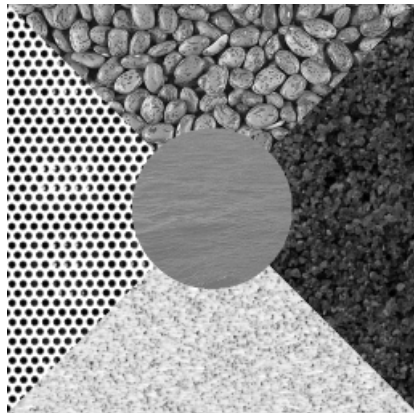


Fig. 5 The first input image.

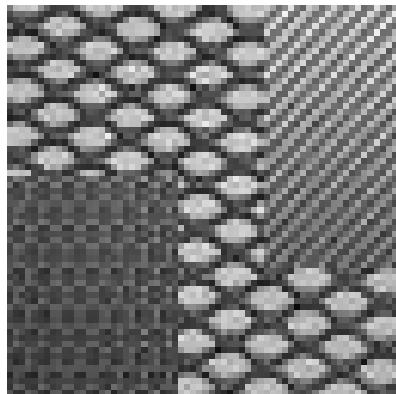
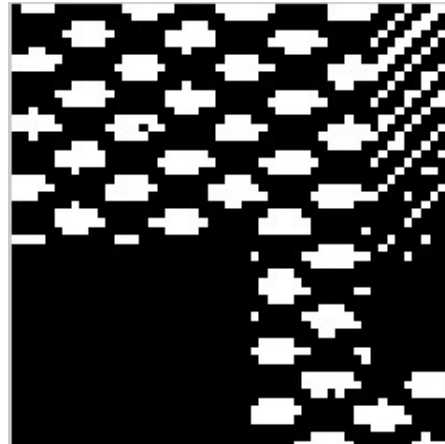
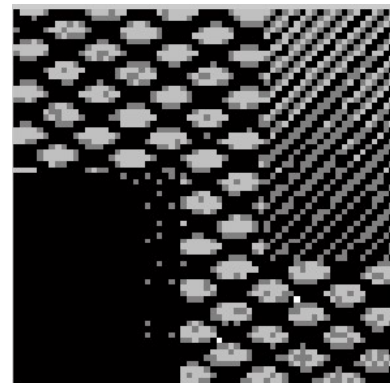


Fig. 6 The second input image.



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 The segmented image for input image Fig. 6.

4. Conclusion

The texture segmentation is converted to an optimization problem because of the need for automatic clustering. Therefore, the optimization algorithm can solve this problem. The modification of ACDE [11] is proposed as the ensemble of mutation operator Differential Algorithm (EMDE). EMDE is used as the clustering scheme after the feature vectors are extracted. This method does not need the number of clusters and the texture prototypes of the input image. EMDE uses two mutation operators: rand/1 for global search and trigonometric operator for local search for the optimum number of clusters and centers. The gray level of the input image served as feature vectors. However, the gray level does not extract the local feature or pattern of the input image. Thus, the results need improving.

The ensemble of different mutation operators which have different search characteristics should be investigated in order to improve the EMDE. In addition to selection of mutation operators, the different feature vectors that can indicate the local features should be used. For instance, using Gabor filter banks as the feature extractor and the filtered image as the feature vectors. On the other hand, the wavelet transform may be used as the feature extractor because it shows both changes in frequency and space.

Acknowledgement

The authors would like to thank the faculty of engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon for supporting our research work.

References

- [1] M. M. Mohamed, T.K. Abdel-galil, M.A. Salama, E.F. El-saadany, M. kamel, A. Fenster, , D.B. Downey, K. Rizkalla, "Prostate cancer diagnosis based on Gabor filter texture segmentation of ultrasound image," in Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, IEEE CCECE 2003. vol. 3, 2003, pp. 1485-1488.
- [2] C. Zheru, L. Houqiang; W. Chao, " Plant species recognition based on bark patterns using novel Gabor filter banks," in 2003 Proc. Int. Conf. Neural Networks and Signal Processing, vol. 2, 2003, pp. 1035-1038.
- [3] Z. Pei, Y. Zhao and Z. Liu, "Image segmentation based on Differential Evolution Algorithm," in IASP 2009, *Int. Conf. on Image Analysis and Signal Processing*, 2009, pp. 48-51.
- [4] D. P. Mital, "Texture Segmentation Using Gabor Filters," *4th Int. Conf. on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies*, Sep. 2000, pp. 109-112.
- [5] T.P.Weldon and W.E. Higgins, "Design of multiple Gabor filters for texture segmentation," in *ICASSP-96 IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 4, pp. 2243-2246.
- [6] D. Dunn, W.E. Higgins, "Optimal Gabor filters for texture segmentation", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4 , no. 7, 1995, pp. 947-964.
- [7] T.P Weldon, W.E. Higgins, "An algorithm for designing multiple Gabor filters for segmenting multi-textured images," in *Proc. Int. Conf. on Image Processing*, vol. 3, 1998, pp. 333- 337.
- [8] A.K. Jain, F. Farrokhnia, "Unsupervised texture segmentation using Gabor filters," *IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics*, 1990, pp. 14-19.
- [9] S. Y. Lu, J.E. Hernandez, G.A. Clark, "Texture segmentation by clustering of Gabor feature vectors," in *IJCNN-91 Int. Joint Conf. on Neural Networks*, vol.1, Seattle, 1991, pp. 683 – 688.
- [10] O. Pichler, A. Teuner, B.J. Hosticka, "An unsupervised texture segmentation algorithm with feature space reduction and knowledge feedback," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 7, no. 1, 1998, pp. 53- 61.
- [11] Swagatam Das, Ajith Abraham and Amit Konar, "Automatic Clustering Using an Improved Differential Evolution Algorithm," *IEEE trans. on System, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, vol. 38, no. 1, Jan, 2008, pp. 218-237.
- [12] C. A. Basca and R. Brad, "Texture Segmentation. Gabor Filter Bank Optimization Using Genetic Algorithms," in *Int. Conf. on Computer as a Tool*, Warsaw, 2007, pp. 331-335,
- [13] L. Ma and L. Zhu, "Integration of the Optimal Gabor Filter Design and Local Binary Patterns for Texture Segmentation," in *2007 Proc. IEEE Int. Conf. on Integration Technology*, 2008, pp. 408-413.
- [14] K. Price and R. Storn, "Differential Evolution- A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces," *J. of Glob. Opt.*, vol. 11, no. 4, 1997, pp. 341-359.
- [15] S. Das, A. Konar and U. K. Chakraborty, "Automatic Fuzzy Segmentation of Images with Differential Evolution," in *2006 IEEE Cong. on Evol. Comp.*, Vancouver, BC, Canada, Jul 16-21, 2006.
- [16] C. H. Chou, M. C. Su, and E. Lai, "A new cluster validity measure and its application to image compression," *Pattern Anal. Appl.*, vol. 7, no. 2, Jul. 2004, pp. 205-220.
- [17] H. Y. Fan and J. Lampinen, "A trigonometric mutation operation to differential evolution," *Journal of Global Optimization*, no. 27, 2003, pp. 105-129.
- [18] <http://note.sonots.com/SciSoftware/GaborTextureSegmentation.html>
- [19] B. V. Kumar, P. Jeneesha and M. Nivethitha, "A Differential Evolutionary Algorithm for Image Segmentation of White Blood Cells in Acute Lymphoblastic Leukaemia Images," 2020 Fourth International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), Coimbatore, India, 2020, pp. 83-88, doi: 10.1109/ICISC47916.2020.9171169.
- [20] Y. Ma and G. Zhang, "An Improved PDE-based GAC Level Set Image Segmentation Algorithm," 2022 IEEE 4th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCSIT), Dali, China, 2022, pp. 904-909, doi: 10.1109/ICCSIT55263.2022.9986925.
- [21] C. H. Tan, P. Rajendran, V. Raja and E. Natarajan, "Hybrid Fuzzy C-Means Using Particle Swarm Optimization (PSO) and Differential Evolution (DE) for Image Segmentation," 2023 IEEE 19th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), Auckland, New Zealand, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/CASE56687.2023.10260372.

Noisy Multiobjective Optimization Using Fitness Inheritance and Adaptive Resampling Mechanisms

Chatkaew Jariyantiwat and Ponglakit Jariyantiwat*

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

1381 Pracharat 1 Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800, Thailand

chatkaew.s@rmutp.ac.th, ponglakit.j@rmutp.ac.th*

Abstract

Noisy multiobjective optimization problems are one of the most difficult problems in real world applications. This paper proposed the fitness inheritance combined with the adaptive resampling method to handle the noisy multiobjective optimization problems. Fitness inheritance can lower the computational cost for reevaluating the fitness value in each objective function and then inherit the fitness value to the offsprings. Therefore, it can guarantee that offsprings should have the fitness value that are not too much different from their parents. If the fitness of the offspring exceeds the range of the inheritance, then resampling will be applied to the fitness value in each objective function until the fitness value reaches the standard deviation threshold. The experiments performed on NSGA-II combined with the proposed idea. The results show that the proposed method can effectively handle two-objective optimization problem corrupted by Gaussian noise with zero mean and 0.025 variance.

Keywords: noisy multiobjective optimization, fitness inheritance, resampling

1. Introduction

In many real-world problems, their characteristics are multiobjective optimization and uncertainties in nature. The presence of noise in the fitness evaluation is defined as an uncertainty problem [1]. Noises can come from many sources such as online optimization that need to decide some design parameters from experiments, simulation-based optimization that use random numbers in the simulations can cause the fitness values change and noise from sensory measurement errors [1],[2].

Normally, a minimization problem is

$$\min_{x \in \mathbb{R}} (f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x)) \quad (1)$$

Where $f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x)$ are the objective functions.

But when an objective function is perturbed by noise, it becomes

$$f'(x) = f(x) + \varepsilon \quad (2)$$

Where $f'(x)$ is the noisy objective function, $f(x)$ is the true fitness function and ε is the additive noise which is often assumed to be normally distributed with zero mean and σ^2 variance.

However, there are other distributions of noise to be assumed for instance, Cauchy distribution, HCLB and linear [3]. As can be seen, this noise strength is randomly added or subtracted from the real fitness value.

Then a noisy multiobjective optimization problem becomes

$$\min_{x \in \mathbb{R}} (f'_1(x), f'_2(x), \dots, f'_N(x)) \quad (3)$$

Therefore, the noisy objective functions can cause the overestimation or underestimation of the fitness of individuals. This can mislead the convergence to untrue Pareto front (PF) [4]. If PF is untrue, then it is not useful at all.

This paper presents the proposed idea to handle noises in multiobjective optimization problems by assumed minimization. Noise is assumed to be Gaussian noise with zero mean and variance. This method is modified from [5] by using fitness inheritance and resampling method.

The paper is organized as follows: section 2 is related works, section 3 is the proposed idea, section 4 is the experimental results. Section 5 is the conclusion.

2. Related Works**2.1 The general approaches**

There are many approaches to handle noisy objective function as the followings: [6]

- *Explicit Averaging.* This method uses resampling technique to evaluate the fitness value for many times and then average the samples. The size of the samples is larger while the standard deviation of noise is smaller. Some approaches use predefined and fixed sample rates but some use adaptive sample size during the run. If the sample size is large, the fitness values are more accurate, but the computational cost is high. Thus, there are researchers who try to reduce sample size by taking the average of the neighborhood of the evaluating individual. This method requires high computational cost.

- *Implicit Averaging.* This method uses a large population size. Therefore, the noise in the individual will be canceled out by other individual noise. The drawback of this method is increasing the parent population size caused the worse results than increasing sample size.

- *Modified Selection.* Some researchers proposed thresholding during selection. Some researchers proposed derandomizing the selection process. These ideas help reducing the noise but do not increase the computational cost.

In recent years, there has been research and development of algorithms for handling noisy optimization problems such as [11-13].

2.2 Fitness inheritance for noisy evolutionary multiobjective optimization [6]

Bui *et al.* [5] compared many noise handling methods i.e., probabilistic and resampling methods in NSGA-II and proposed the noise handling by using fitness inheritance and resampling. For each objective function, the offspring is evaluated once. If the fitness value falls within the defined range, then inherit the mean fitness of their parents. Otherwise, resampling the offspring for nine times then estimate mean and variance of offspring. For parents A and B selected to produce a child C, the pseudo code of the algorithm is as follows:

1. Evaluate $\bar{\mu} = \frac{\mu_A + \mu_B}{2}$ and $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_A + \sigma_B}{2}$
2. Evaluate fitness of C: f
3. If $\bar{\mu} - 3\bar{\sigma} \leq f \leq \bar{\mu} + 3\bar{\sigma}$ then $f = \bar{\mu}$ and $\sigma = \bar{\sigma}$ otherwise,
4. Reevaluate the fitness of C for nine times then estimate the mean and standard deviation values of C.

The deficiencies of these methods are two things. The authors did not show how they define the range of fitness inheritance. We do not know whether this range is

suitable or not. The second one is the resampling that uses nine times of evaluation. This can reduce noise but there is not known that resampling nine times will produce good results.

The proposed idea to modify this algorithm is demonstrated in the next section.

3. Fitness Inheritance and Adaptive Resampling

3.1 Fitness inheritance

The fitness inheritance [6] using the weighted sum to inherit fitness as:

$$f_z = \frac{w_1 f_{z,p1} + w_2 f_{z,p2}}{w_1 + w_2} \quad (4)$$

where f_z is the fitness value of an offspring in objective z , w_1, w_2 are the weights for parents p_1 and p_2 . $f_{z,p1}$, $f_{z,p2}$ are the fitness value of p_1 and p_2 respectively. If we choose $w_1 = w_2 = 1$, then the inherit fitness value is the average fitness of parents. In this paper, the fitness inheritance is to inherit the mean fitness of parents to an offspring.

3.2 Adaptive resampling method

The original method uses fixed resampling rate that is reevaluate each objective function for nine times and then estimate the mean and standard deviation value of the fitness of an offspring. The proposed method does not fix the resampling rate. But to reevaluate each objective function many times until the standard deviation of the reevaluated fitness will reach the threshold standard deviation. This method is trying to reduce noise as much as we can.

The pseudo code for adaptive resampling method is as follows:

For each objective function do
1. Reevaluate the objective function, then we have the fitness value f .

2. Calculate the mean

$$\mu_f = \frac{\sum_{k=1}^N f_k}{N}$$

3. Calculate the standard deviation.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

4. If $\sigma > s$, go to step 1

5. else $f = \mu_f$

3.3 NSGA-II with fitness inheritance and adaptive resampling method

The proposed idea is imposed on the NSGA-II by using adaptive resampling in the population initialization stage and using the fitness inheritance and adaptive resampling in the objective evaluation after crossover.

Pseudo code for population initialization stage is as follows:

For each initialized individual, Do:

1. Evaluate the objective value of an individual.
2. Applied adaptive resampling method from B.

In NSGA-II, after crossover for each offspring and each objective function do

1. Calculate the mean ($\bar{\mu}$) and standard deviation ($\bar{\sigma}$) of parents p_1 and p_2 .
2. Evaluate the objective value of the offspring (f)
3. If $\bar{\mu} - 3\bar{\sigma} \leq f \leq \bar{\mu} + 3\bar{\sigma}$ [8]
 $f = \mu$
 else adaptive resampling.

4. Experiments and Results

The experiments perform on two different multiobjective optimization problems [7] that are MOP1: two objective and MOP2: three objective minimization problem. Both problems are tested on four different noise strengths and different standard deviation thresholds for resampling.

4.1 MOPs descriptions

MOP1 is the minimization of two objective functions:

$$\min_{x \in \mathcal{R}} (f_1(x), f_2(x))$$

when $f_1(x) = 1 - e^{-4x_1} \sin^6(6\pi x_1)$

$$f_2(x) = g(x) \left(1 - \frac{f_1(x)}{g(x)} \right)^2$$

where

$$g(x) = 1 + 4 \left(\sum_{i=2}^6 x_i / 4 \right)^{0.25}$$

subject to $0 \leq x_i \leq 1, i = 1, \dots, 6$

MOP2 is three objective optimization:

$$\min_{x \in \mathcal{R}} (f_1(x), f_2(x), f_3(x))$$

when

$$f_1(x) = (1 + g(x)) \cos\left(\frac{\pi x_1}{2}\right) \cos\left(\frac{\pi x_2}{2}\right)$$

$$f_2(x) = (1 + g(x)) \cos\left(\frac{\pi x_1}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi x_2}{2}\right)$$

$$f_3(x) = (1 + g(x)) \sin\left(\frac{\pi x_1}{2}\right)$$

$$g(x) = \sum_{i=1}^{12} (x_i - 0.5)^2$$

subject to $0 \leq x_i \leq 1, i = 1, \dots, 12$

4.2 Results

The parameters set up for MOP1 and MOP2 are as follows: population size is 100, 100 generations, and the probability of crossover is 0.8. The noise variance and standard deviation threshold is shown in Table 1. The experimental results of MOP1 and MOP2 are shown in Fig. 1 and Fig. 2, respectively.

The proposed idea can handle well on noisy optimization of noise variance of 0.025. But when the noise variance increased, it cannot handle well. The higher threshold value takes longer computational time for resampling. However, the proposed algorithm cannot handle noisy optimization for MOP2.

Table 1 Parameter Setup for MOP1 and MOP2

Noise Variance	Standard
0.025	0.2
0.05	0.3
0.1	0.4
0.2	0.4

5. Conclusion

The proposed idea of fitness inheritance and adaptive resampling method applied with NSGA-II to cope with noisy multiobjective optimization problems. Fitness inheritance controls the noisy fitness value of the offsprings to stay within the accepted range of their parents and help lower the computational cost of resampling. Then adaptive resampling is applied to reduce noises. In the future work, the authors will investigate and improve the fitness inheritance method.

6. Acknowledgment

The authors would like to thank the Faculty of Engineering, RMUTP for supporting this research work.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

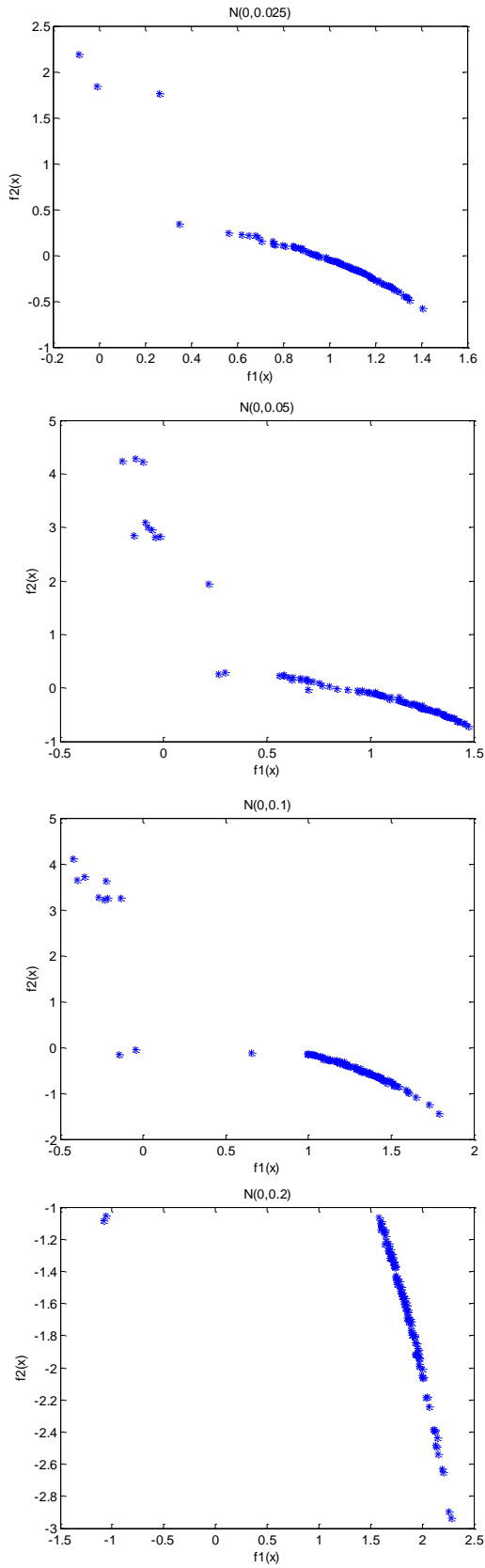


Fig. 1 MOP1 results

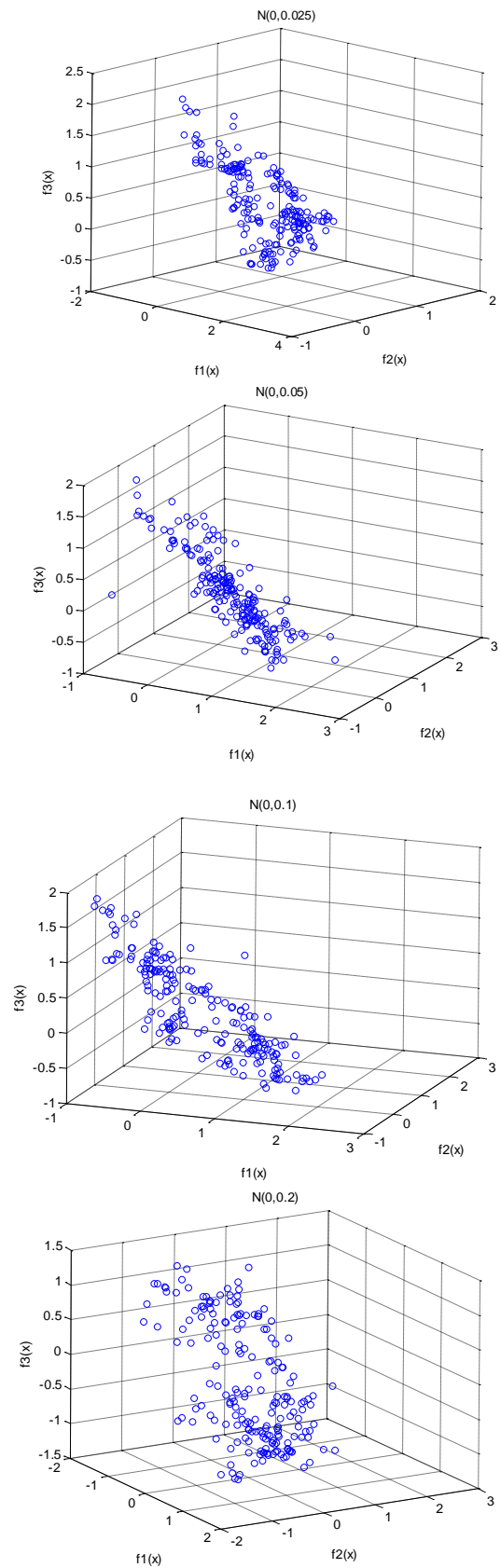


Fig. 2 MOP2 results

References

- [1] Yaochu Jin and Jürgen Branke, “Evolutionary Optimization in Uncertain Environments – A Survey,” *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, vol. 9, pp. 303–317, June 2005.
- [2] Hajime Kita and Yasuhito Sano, “Genetic Algorithms for Optimization of Uncertain Functions and Their Applications,” *SICE annual conference*, Fukui, Japan, 2003, pp. 2744–2749.
- [3] Anthony Di Pietro, Luigi Barone, and Lyndon While, “On the behavior of Evolutionary Strategies for Problems with Varying Noise Strength,” in *2008 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2008)*, 2008, pp. 2772–2779.
- [4] Maumita Bhattacharya, “DPGA: A Simple Distributed Population Approach to Tackle Uncertainty,” in *2008 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2008)*, 2008, pp. 4061–4065.
- [5] Lam T. Bui, Hussein A. Abbass, and Daryl Essam, “Fitness Inheritance for Noisy Evolutionary Multi-Objective Optimization,” in *2005 Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO’05)*, Washington, DC, 2005, pp. 779–785.
- [6] J. H. Chen, D. Goldberg, K. Satry, and S. H. Ho, “Fitness inheritance in multi-objective optimization,” *University of Illinois at Urbana-Champaign, IlliGAL Tech. Rep. 2002017*, 2002.
- [7] C. A. Coello Coello, *et al.*, “Evolutionary algorithm for solving multi-objective problems”, 2nd ed., Springer Science Business Media, 2007.
- [8] D. Büche, P. Stoll, R. Dornberger, and P. Koumoutsakos, “Multiobjective Evolutionary Algorithm for the Optimization of Noisy Combustion Processes,” *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews*, vol. 32, 2002, pp. 460–473.
- [9] Christian Pilato, Gianluca Palermo, Antonino Tumeo, Fabrizio Ferrandi, Doatella Sciuto, and Pier Luca Lanzi, “Fitness Inheritance in Evolutionary and Multi-objective High-Level Synthesis,” in *2007 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007)*, 2007, pp. 3459–3466.
- [10] Jörn Mehnen, Heike Trautmann, and Ashutosh Tiwari, “Introducing User Preference using Desirability Functions in Multi-objective Evolutionary Optimisation of Noisy Processes,” in *2007 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007)*, 2007, pp. 2687–2694.
- [11] J. Li, B. Xin, J. Chen and P. M. Pardalos, "Noise-Tolerant Techniques for Decomposition-Based Multiobjective Evolutionary Algorithms," in *IEEE Transactions on Cybernetics*, vol. 50, no. 5, pp. 2274-2287, May 2020, doi: 10.1109/TCYB.2018.2881227.
- [12] R. Sharma and V. Badarla, "A Multiobjective Optimization Tool Chain for 3-D Indoor Beacon Placement Problem," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 17, pp. 13439-13448, 1 Sept.1, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2021.3066107.
- [13] K. Bieker, B. Gebken and S. Peitz, "On the Treatment of Optimization Problems With L1 Penalty Terms via Multiobjective Continuation," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 44, no. 11, pp. 7797-7808, 1 Nov. 2022, doi: 10.1109/TPAMI.2021.3114962.



บทความวิจัย

คอมพิวเตอร์

และเทคโนโลยีสารสนเทศ

ระบบแนะนำการเลือกแผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง

The Guideline System for Senior High School Study Plan Selection using Machine Learning Techniques

วีรวรรณ จันทะทรัพย์¹ นริศรา หมั่นการนา^{2*} และ นพรุจ แดงอ่อน³

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขที่ 1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

veerawan.j@rmutp.ac.th¹, narissara-m@rmutp.ac.th^{2*}, nopparuj-d@rmutp.ac.th³

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบแนะนำการเลือกแผนการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยประยุกต์เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดน้อยนพคุณ ซึ่งเป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ ข้อมูลผลการเรียนของนักเรียนจำนวน 1,200 ราย ถูกนำไปใช้สร้างแบบจำลองการเรียนรู้เพื่อจำแนกแผนการเรียนที่เหมาะสม และนำไปพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแนะนำการเลือกแผนการเรียน

ผลทดลองพบว่าแบบจำลองการเรียนรู้เทคนิควิธีสุ่มป่าไม้มีประสิทธิภาพในการจำแนกแผนการเรียนดีสุดโดยมีความถูกต้อง 92.81% ในขณะที่เทคนิคอนุเบย์ส์มีความถูกต้อง 77.08% ดังนั้นแบบจำลองการเรียนรู้เทคนิควิธีสุ่มป่าไม้จึงถูกนำไปใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียนให้กับโรงเรียนกรณีศึกษาได้ใช้เป็นเครื่องมือในงานแนะแนวการศึกษาให้แก่ักเรียน

คำสำคัญ: การเรียนรู้เครื่อง; แผนการเรียน

Abstract

This paper presents a system for recommending study plan selection at the high school level, utilizing machine learning technology. The project collected average academic performance data of third-year high school students at Wat Noi Nopakhun School, which served as the case study. The academic performance data of 1,200 students were utilized to construct a learning model aimed at distinguishing suitable for development into a web application for recommending study plan selection.

The experimental results revealed that the Random Forest learning model exhibited the highest effectiveness in study plan classification, with an accuracy of 92.81%, whereas the Naive Bayes technique achieved an accuracy of 77.08%. Therefore, the Random Forest learning model has been applied in the development of a web application for recommending study plans to the case study school, serving as a tool in educational guidance for students.

Keywords: Machine Learning; Study Plan

1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยดำเนินการภายใต้กรอบกฎหมายพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ [1] โดยกำหนดรูปแบบการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานออกเป็น 3 รูปแบบ ประกอบด้วย (1) การศึกษาในระบบ (2) การศึกษานอกระบบ และ (3) การศึกษาตามอัธยาศัย โดยแบ่งระดับและประเภทการศึกษาขั้นพื้นฐาน [2] ออกเป็น 3 ระดับเช่นกันประกอบด้วย (1) การศึกษาระดับก่อนประถมศึกษา (2) การศึกษาระดับประถมศึกษา และ (3) การศึกษาระดับมัธยมศึกษา ซึ่งการศึกษาระดับมัศึกษายังแบ่งย่อยออกเป็น 2 ระดับ คือ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทสามัญศึกษา และประเภทอาชีวศึกษา การจัดการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย [2] เป็นการศึกษาที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษาความถนัดและความสนใจ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อหรือการประกอบอาชีพ รวมทั้งการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรมและทักษะทางสังคมที่จำเป็น โดยปกติใช้เวลาเรียนสามปี ดังนั้นโรงเรียนหรือสถานศึกษาจึงได้ออกแบบและจัดแผนการศึกษาที่หลากหลายให้แก่ักเรียน เพื่อให้ักักศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หรือ ม.3 ได้เลือกเรียนตามความถนัด และความสามารถของตนเอง

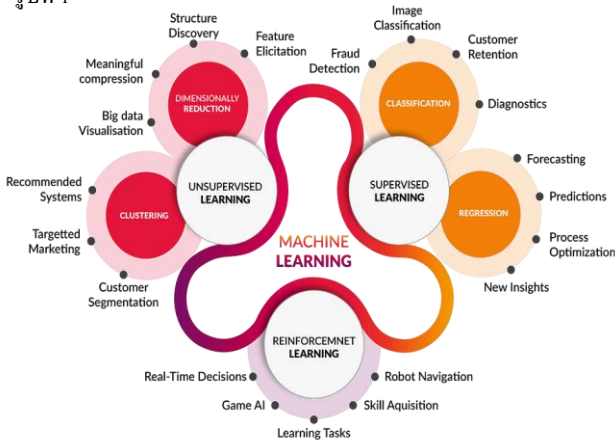
ในการตัดสินใจเลือกแผนการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสู่มัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนต้องเผชิญความกดดันจากหลายปัจจัย เพราะการเลือกแผนการเรียนมีผลกับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา การตัดสินใจของนักเรียนจึงต้องมีผู้ปกครอง คุณครู ฝ่ายแนะแนว ร่วมกันให้คำปรึกษาแนะนำเพื่อค้นหาความถนัดที่แท้จริงของเด็กนักเรียนเหล่านั้น ดังนั้นการมีเครื่องมือที่ช่วยแนะนำแผนการเรียนที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียนจึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญ ปัจจุบันศาสตร์ที่ถูกนำมาประยุกต์เพื่อช่วยจำแนก หรือจัดหมวดหมู่กับข้อมูลต่าง ๆ ที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง และเป็นที่ยอมรับ คือ ศาสตร์การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งเป็นหนึ่งในสาขาวิชาของศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยศาสตร์นี้ถูกพัฒนาและคิดค้นหลักการและทฤษฎีที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถวิเคราะห์ คำถาม เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้

สำหรับการเรียบเรียงหัวข้อเนื้อหาในบทความนี้ประกอบด้วย 6 หัวข้อหลัก ดังนี้ (1) บทนำ (2) ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (3) วิธีการดำเนินงานวิจัย (4) ผลการวิจัย (5) สรุปผลการวิจัย และหัวข้อสุดท้าย (6) กิตติกรรมประกาศ

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักพื้นฐานการเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) หรือชื่อย่อ ML เป็นสาขาวิชาหนึ่งในศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) โดยคิดค้นขั้นตอนวิธีที่ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องคำนวณอื่น ๆ สามารถทำงานตามชุดคำสั่งได้ด้วยการเรียนรู้งานใดงานหนึ่ง (Task) จากชุดข้อมูลจำนวนหนึ่งเพื่อให้ทำงานนั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Performance) อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้จากการเรียนรู้จากตัวอย่างข้อมูลที่เพิ่มขึ้นได้ [3] ข้อมูลคือสิ่งสำคัญสำหรับการเรียนของเครื่อง โดยข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการฝึกสอน (Training Dataset) และส่วนการทดสอบ (Testing Dataset) เพื่อวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ (Learning Model) การเรียนรู้ของเครื่องแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ (1) ประเภทแบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ซึ่งประกอบด้วยงาน 2 ชนิดคือ งานจำแนกหรือจัดกลุ่ม (Classification) และงานพยากรณ์ข้อมูล (Regression) (2) ประเภทแบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) สำหรับงานการจัดกลุ่ม (Clustering) และงานการลดมิติข้อมูล (Dimensionally Reduction) และ (3) การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) [4] แผนภาพแบบจำลองประเภทและงานของการเรียนรู้ของเครื่องแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองประเภทและงานของ ML [5]

สำหรับงานด้านการจำแนกหรือการจัดกลุ่ม (Classification) ในการเรียนรู้ของเครื่องมีขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่หลากหลาย อาทิ ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) หรือ SVM ขั้นตอนวิธีการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) ขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ขั้นตอนวิธีเคเนียร์เรสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbors; K-NN) ขั้นตอนวิธีนาอิวเบย์ (Naïve Bayes; NB) และขั้นตอนวิธีเร้นดอมฟอเรส (Random Forest; RF) หรือที่เรียกว่าขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ เป็นต้น [4] ซึ่งแต่ละวิธีมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ขั้นตอนวิธีนาอิวเบย์ และขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ด้วยการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ (Learning Model) สำหรับการจำแนกแผนการเรียนที่เหมาะสมของนักเรียน สำหรับหลักการและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับ 2 ขั้นตอนวิธีข้างต้นที่เลือกใช้มีรายละเอียดดังหัวข้อถัดไป

2.2 ขั้นตอนวิธีนาอิวเบย์

นาอิวเบย์ (Naïve Bayes) เป็นขั้นตอนวิธีที่นำทฤษฎีเบย์ (Bayes' Theorem) มาใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง ทฤษฎีเบย์เกี่ยวข้องกับหลักความน่าจะเป็น สถิติ การอนุมาน ถูกนำเสนอครั้งแรกในช่วงปี ค.ศ. 1701-1761 โดยโทมัส เบย์ นักสถิติศาสตร์ และนักบวชชาวอังกฤษ ซึ่งต่อมาปีแอร์ ซิมง ลาปลาซ ได้นำทฤษฎีของเบย์มาประยุกต์กับการแก้ปัญหาในงานด้านต่าง ๆ อาทิ ปัญหาด้านดาราศาสตร์ ปัญหาด้านกลศาสตร์ สถิติทางการแพทย์ และนิติศาสตร์ เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้แบบเบย์ (Bayesian Learning) จึงเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ใช้หลักพื้นฐานความน่าจะเป็น แบบจำลองการเรียนรู้ที่ได้เปรียบเสมือนการหาสมมติฐานที่ถูกต้องที่สุดในแต่ละรอบโดยใช้ความน่าจะเป็นมาปรับปรุงผลการเรียนรู้ของผลลัพธ์สมมติฐานรอบถัดไป นิยามการทำงานดังสมการที่ (1)

$$P(A | B) = \frac{P(A)P(B | A)}{P(B)} \tag{1}$$

- โดยที่ $P(A|B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ A จะเกิดขึ้นถ้า B เกิดขึ้นแล้ว
- $P(B|A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ B จะเกิดขึ้นถ้า A เกิดขึ้นแล้ว
- $P(A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ A
- $P(B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ B

จากสมการที่ (1) อธิบายความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ A เมื่อมีเหตุการณ์ B เกิดขึ้นก่อน โดย $P(A)$ เป็นความน่าจะเป็นเบื้องต้น (Prior Probability) หรือสมมติฐานเก่า ในขณะที่ $P(B)$ เป็นหลักฐานใหม่ (Evidence) และ $P(B|A)$ เป็นไลค์ลิฮูด (Likelihood) กล่าวคือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ B เมื่อมีเหตุการณ์ A เกิดขึ้น ซึ่งผลการคำนวณจะได้ $P(A|B)$ คือ ผลลัพธ์ความน่าจะเป็นภายหลัง (Posterior Probability)

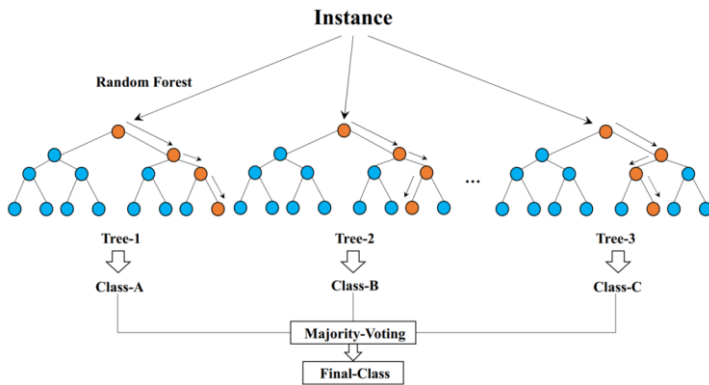
2.3 ขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้

ขั้นตอนวิธีการสุ่มป่าไม้ (Random Forest; RF) เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับการจำแนก หรือจัดกลุ่ม (Classification) ในสาขาวิชาการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ขั้นตอนวิธีการสุ่มป่าไม้ถูกนำเสนอครั้งแรกในปี ค.ศ. 1995 โดยทิน คาม (Tin Kam) ซึ่งต่อมาวิธีนี้ถูกต่อยอดโดยลีโอ ไบรแมน (Leo Breiman) ขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้มีพื้นฐานมาจากขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) หลักการคือสร้างต้นไม้ตัดสินใจหลาย ๆ ต้น เปรียบเสมือนการสร้างแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจหลาย ๆ แบบจำลองที่ไม่ซ้ำกัน โดยวิธีการสุ่มตัวแปรแล้วนำผลที่ได้จากแต่ละแบบจำลองมารวมกันแล้วทำการโหวตด้วยการนับจำนวนผลลัพธ์ที่มีจำนวนที่ซ้ำกันมากที่สุด หรืออาจใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) จากผลลัพธ์ เพื่อสกัดออกมาเป็นผลลัพธ์สุดท้าย หลักการเลือกตัวแปรที่ใช้เป็นเงื่อนไขการตัดสินใจหรือที่เรียกว่า Node จะใช้ตัวแปรทุกตัวในการประมวลผล และไม่ต้องดำเนินการหาความสำคัญของตัวแปรก่อน แต่จะประมวลผลจากการสุ่มหาค่าตัวแปรที่สามารถจำแนกกลุ่มของข้อมูลวิธีการนี้เรียกว่า Minimal Depth เมื่อดำเนินการสุ่มแล้วจะได้กลับ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เข้าไปเพื่อเรียนรู้เป็นการเปิดโอกาสการถูกเลือกอีกครั้ง ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ได้กับปัญหา และข้อมูลหลายประเภททั้งข้อมูลค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete Values) และข้อมูลค่าต่อเนื่อง (Continuous Value) [3] [4] สำหรับข้อดีของขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ คือ ผลการจำแนกมีความแม่นยำที่สูง นอกจากนี้ยังสามารถช่วยแก้ปัญหา Overfitting ของการเรียนรู้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองให้น้อยลง โครงสร้างภาพรวมกระบวนการทำงานขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ (RF) แสดงดังรูปที่ 2

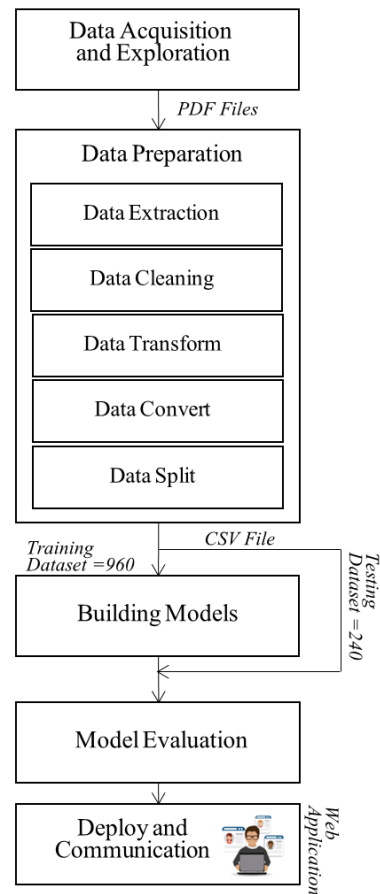


รูปที่ 2 โครงสร้างภาพรวมกระบวนการทำงานขั้นตอนวิธี RF [6]

จากรูปที่ 2 กระบวนการทำงานขั้นตอนวิธี RF เริ่มจากชุดข้อมูลตัวอย่าง (Instance) ถูกจัดเก็บและรวบรวม จากนั้นดำเนินการสุ่มข้อมูลไปยั้งต้นไม่ตัดสินใจ (Decision Tree) จนได้ผลลัพธ์การจำแนกของต้นไม้ตัดสินใจในแต่ละต้น จากรูปตัวอย่าง Tree-1...Class-A, Tree-2 ...Class-B, Tree-3 ...Class-C เป็นต้น จากนั้นนำผลลัพธ์มาทำการโหวตหาผลการจำแนกที่ได้รับการโหวตมากที่สุด (Majority-Voting) จนสกัดได้ผลลัพธ์การจำแนกสุดท้าย (Final-Class)

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์แผนการเรียนจากข้อมูลคะแนนผลการเรียนเฉลี่ยของ 5 รายวิชาหลักของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 หรือ ม.3 ร่วมกับคะแนนเฉลี่ยสะสม (GPA) เพื่อใช้เป็นข้อมูลการเรียนรู้สำหรับการจำแนกแผนการเรียนที่เหมาะสมให้กับนักเรียนตามเงื่อนไขที่โรงเรียนกำหนด โดยโรงเรียนกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้คือ โรงเรียนวัดน้อยนพคุณ ซึ่งเป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1 ดำเนินการกำหนดปัญหาและกำหนดเป้าหมาย สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดปัญหา คือ การจำแนกแผนการเรียนสำหรับการศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เหมาะสมให้กับนักเรียนชั้น ม.3 ภายใต้เงื่อนไขการรับเข้าเรียนในแต่ละแผนการเรียนของโรงเรียน ผลลัพธ์ของงานวิจัย คือ แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง และการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ได้กับเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียน จากนั้นดำเนินการวิจัยตามหลักวิทยาการข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นตอนการได้มาซึ่งข้อมูลและการสำรวจข้อมูล (2) ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล (3) ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (4) ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง และ (5) การพัฒนาต่อยอดประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง สำหรับโครงสร้างขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างภาพรวมกระบวนการดำเนินงานวิจัยนี้

3.1 การได้มาซึ่งข้อมูลและสำรวจข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลผลการเรียนเฉลี่ยของ 5 รายวิชาหลักประกอบด้วย ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยสะสมของรายวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ วิชาภาษาไทย วิชาภาษาอังกฤษ และวิชาสังคม รวมทั้งข้อมูลคะแนนเฉลี่ยสะสม (GPA) 6 ภาคเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 ปีการศึกษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2565 ของโรงเรียนวัดน้อยนพคุณ คณะผู้วิจัยดำเนินการจัดทำหนังสือเพื่อขออนุญาตใช้ข้อมูล โดยตลอดการวิจัยยึด พ.ร.บ.คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ.2562 หรือ กฎหมาย PDPA (Personal Data Protection Act) เป็นสำคัญ ข้อมูลจัดเก็บและรวบรวมอยู่ในรูปแบบไฟล์ PDF จากระบบงานทะเบียนของโรงเรียนกรณีศึกษา ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องดำเนินการสกัดข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

ข้อมูลสำคัญที่ต้องจัดเก็บอีกส่วนหนึ่ง คือ ข้อมูลแผนการเรียนและข้อมูลเงื่อนไขการรับเข้าศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของโรงเรียน จากการสำรวจข้อมูลพบว่า แผนการเรียนมีจำนวน 4 แผนการเรียน ประกอบด้วย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (Science-Math) แผนการเรียนคณิตศาสตร์-ภาษาต่างประเทศ (Math-Language) แผนการเรียนภาษาอังกฤษ-ภาษาจีน (English-Chines) และแผนการเรียนทวิภาคี (CP) สำหรับเงื่อนไขการรับเข้าเรียนของโรงเรียนวัดน้อยนพคุณแสดงดังตารางที่ 1

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการรับเข้าเรียนต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แผนการเรียน	Science GPA	Math GPA	Thai GPA	English GPA	Social GPA	Total GPA
Science-Math	2.50	2.50	-	-	-	2.50
Math-Language	-	2.25	2.25	2.25	-	2.25
English-Chines	-	-	2.25	2.25	-	2.25
CP	-	-	-	-	2.25	2.25

**หมายเหตุ ค่า GPA เงื่อนไขมากกว่าหรือเท่ากับ (>=)

3.2 การจัดเตรียมข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้อาศัยอยู่ในรูปแบบของไฟล์ PDF ซึ่งจำเป็นต้องมีการเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์และจำแนกประเภทแผนการเรียน งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการจัดเตรียมดังนี้

1) นำไฟล์ข้อมูล PDF มาสกัด (Data Extraction) ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ CSV เพื่อให้สะดวกต่อการจัดการข้อมูล ในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยเลือกใช้ชุดคำสั่งภาษาไพธอนร่วมกับไลบรารี tabula-py

2) ดำเนินการนำข้อมูลที่สกัดได้มาผ่านกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing) เพื่อลดมิติข้อมูลที่ซ้ำซ้อน จัดรูปแบบข้อมูลให้เหมาะสม ในส่วนนี้ดำเนินการโดยเขียนคำสั่งภาษาไพธอนร่วมกับไลบรารีจัดการข้อมูล pandas

3) ดำเนินการเลือกและกำหนดตัวแปรที่สำคัญ (Data Transform) ให้เหมาะสมตามเงื่อนไขการรับเข้าเรียนในแผนการเรียนต่าง ๆ ของโรงเรียนกรณีศึกษา การดำเนินการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิศวกรรมฟีเจอร์ (Feature Engineering) ซึ่งเป็นกระบวนการใช้ความรู้ (Domain Knowledge) ในการสร้าง ฟีเจอร์หรือคุณลักษณะใหม่ขึ้นมา รวมทั้งตัดฟีเจอร์ที่ไม่เกี่ยวข้องออก เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ฝึกสอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้กับแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น กระบวนการในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยดำเนินการด้วยการเขียนชุดคำสั่งภาษาไพธอนและใช้ไลบรารีที่เกี่ยวข้อง

4) ดำเนินการแปลงข้อมูล (Data Convert) โดยทำให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับขั้นตอนวิธีสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ที่เลือกใช้ด้วยการแปลงทศนิยมให้อยู่ในรูปแบบช่วงตัวเลข โดยคณะผู้วิจัยได้นำช่วงตัวเลขเงื่อนไขผลการเรียนในแต่ละแผนการเรียนที่กำหนดไว้มาใช้แปลงตัวเลขทศนิยมสองหลัก เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล

5) ดำเนินการแบ่งข้อมูล (Data Split) โดยนำผลลัพธ์ของชุดข้อมูลที่ผ่านกระบวนการข้างต้นซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 1,200 รายการ และมีตัวแปรหรือมิติข้อมูล 7 ตัวแปร มาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน สำหรับใช้ในการฝึกสอนในขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง (Training Dataset) ร้อยละ 80 มีจำนวนรายการทั้งสิ้น 960 รายการ และส่วนสำหรับใช้ในการทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้ (Testing Dataset) ร้อยละ 20 มีจำนวนรายการทั้งสิ้น 240 รายการ การแบ่งกลุ่มใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยชุดคำสั่งภาษาไพธอนและไลบรารี Scikit-learn

โดยข้อมูลสำหรับฝึกสอนจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลอง และข้อมูลสำหรับการทดสอบก็จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพต่อไป

3.3 การสร้างแบบจำลอง

กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Building Models) เริ่มต้นจากการเลือกใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Learning Model Section) สำหรับงานวิจัยเลือกใช้ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง 2 เทคนิควิธีคือ ขั้นตอนวิธีนาอิวเบย์ (Naïve Bayes; NB) และขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ (Random Forest; RF) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองและนำแบบจำลองการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าประยุกต์สร้างเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

กระบวนการเริ่มต้นจากนำข้อมูลชุดสำหรับฝึกสอน (Training Dataset) จำนวน 960 รายการ เข้าสู่กระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างแบบจำลอง คณะผู้วิจัยเลือกใช้ชุดคำสั่งภาษาไพธอนร่วมกับไลบรารี Scikit-learn หรือชื่อย่อ sklearn โดย Scikit-learn เป็นไลบรารีฟรีในภาษาไพธอนสำหรับการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง จุดเด่นคือมีฟังก์ชัน และคำสั่งต่าง ๆ สำหรับงานด้านการแบ่งกลุ่มหรือจำแนกข้อมูล (Classification) จัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของเครื่อง โดยฟังก์ชัน sklearn.naive_bayes.GaussianNB เป็นฟังก์ชันดำเนินการจำแนกข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธีนาอิวเบย์ เขียนชุดคำสั่งภาษาไพธอนดังนี้

```
X_train = train_data[['Science_gpa', 'Math_gpa', 'Thai_gpa', 'Language_gpa', 'Social_gpa', 'std_GPA']]
y_train = train_data['Study_Plan']
%time naive_bayes_model = GaussianNB()
%time naive_bayes_model.fit(X_train, y_train)
```

สำหรับการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ด้วยขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ (RF) ใช้ฟังก์ชัน sklearn.ensemble.RandomForestClassifier เขียนชุดคำสั่งภาษาไพธอนดังนี้

```
X_train = train_data[['Science_gpa', 'Math_gpa', 'Thai_gpa', 'Language_gpa', 'Social_gpa', 'std_GPA']]
y_train = train_data['Study_Plan']
%time model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
%time model.fit(X_train, y_train)
```

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลอง

เป็นกระบวนการหาประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ (Evaluation Models) ที่ได้สร้างขึ้น โดยใช้ข้อมูลที่เครื่องจักร หรือคอมพิวเตอร์ไม่เคยเรียนรู้ (Unknown Data) จำนวน 240 รายการ งานวิจัยนี้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกแผนการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกับแบบจำลองการเรียนรู้ 2 แบบจำลองที่ได้ดำเนินการสร้างข้างต้น ดำเนินการวัดประสิทธิภาพด้วยค่าความถูกต้อง (Accuracy) และค่าความเที่ยง (Precision) นิยามดังสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (2)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

โดยที่ TP คือ จำนวนข้อมูลคลาสจริงเป็นบวก ผลการจำแนกคลาสบวก
 TN คือ จำนวนข้อมูลคลาสจริงเป็นลบ ผลการจำแนกคลาสลบ
 FP คือ จำนวนข้อมูลคลาสจริงเป็นลบ ผลการจำแนกคลาสบวก
 FN คือ จำนวนข้อมูลคลาสจริงเป็นบวก ผลการจำแนกคลาสลบ

3.5 การพัฒนาส่วนประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง

เป็นกระบวนการนำแบบจำลองการเรียนรู้ไปใช้งานและสื่อสารไปยังผู้ใช้งาน (Deploy and Communication) สำหรับงานวิจัยนี้ประยุกต์การใช้งานแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องที่ได้สร้างขึ้น มาพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อใช้เป็นเครื่องมือให้กับคุณครูแนะนำแนวของโรงเรียนกรณีศึกษาได้ใช้ในการแนะนำการศึกษาให้แก่เด็กนักเรียน คณะผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ร่วมกับการใช้ FastAPI เนื่องจาก FastAPI ถูกออกแบบมาเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้ Starlette เป็นฐานรองรับการทำงานแบบ asynchronous ทำให้สามารถจัดการกับคำขอจำนวนมากพร้อมกันทำให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำให้การเขียนชุดคำสั่งสั้นลง และอ่านง่าย และสนับสนุนมาตรฐาน OpenAPI และ JSON Schema ทำให้ง่ายต่อการให้บริการ API ทุกรูปแบบ สามารถรับข้อมูลจากผู้ใช้งาน HTTP GET และ POST นำข้อมูลไปใช้ในการจำแนกด้วยแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องที่ได้ทำการสอนมาแล้วได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

4 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนประสิทธิภาพการจำแนกแผนการเรียนของแบบจำลองการเรียนรู้ และผลการวิจัยส่วนการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียน รายละเอียดต่าง ๆ มีดังนี้

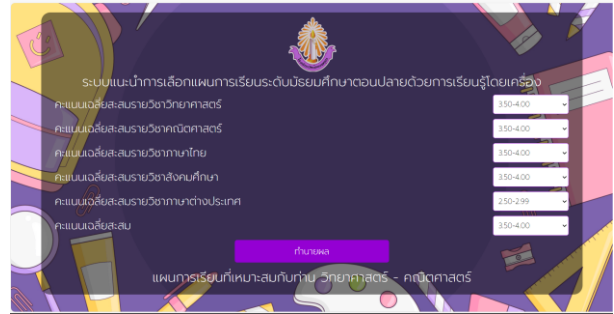
1) ผลการวิจัยส่วนประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ จำนวน 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองการเรียนรู้บนอิฟเบส และแบบจำลองการเรียนรู้สุ่มป่าไม้ รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง

แบบจำลอง	ความถูกต้อง Accuracy (%)	ความเร็ว วินาที (s)
ขั้นตอนวิธีบนอิฟเบส	77.08%	7.08×10^6
ขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้	92.81%	5.65×10^4

จากตารางผลประสิทธิภาพแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองพบว่าประสิทธิภาพการจำแนกของแบบจำลองการเรียนรู้สุ่มป่าไม้มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบจำลองการเรียนรู้บนอิฟเบส ดังนั้นแบบจำลองการเรียนรู้สุ่มป่าไม้จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาในการประมวลผลพบว่า เทคนิคการสุ่มป่าไม้ใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่า โดยใช้เวลาในการประมวลผล 5.65×10^4 วินาที สำหรับขั้นตอนวิธีบนอิฟเบสใช้เวลาในการประมวลผล 7.08×10^6 วินาที ทดสอบการทำงานบนเครื่องมือ Google Colab PRO หน่วยประมวลผล GPU รุ่น V100 หน่วยความจำ 26.25 กิกะไบต์

2) ผลวิจัยส่วนเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับใช้เป็นเครื่องมือแนะนำการศึกษาต่อให้แก่ักเรียน โรงเรียนวัดน้อยนพคุณ สำหรับตัวอย่างหน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน (GUI) ของเว็บแอปพลิเคชันแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 รายละเอียดหน้าจอส่วนต่อประสานเว็บแอปพลิเคชัน

คณะผู้วิจัยดำเนินการทดสอบ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ คือ ครูแนะนำของโรงเรียนวัดน้อยนพคุณ ซึ่งเป็นโรงเรียนกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ จำนวน 2 ราย ใช้เครื่องมือแบบสัมภาษณ์หลังการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นในภาพรวมว่า เป็นระบบที่ตีความเหมาะกับสถานศึกษา มีประโยชน์กับนักเรียนทำให้ทราบแผนการเรียนที่เหมาะสมกับความสามารถด้านการเรียนของตน และใช้เป็นแนวทางวางแผนการเลือกแผนการเรียนได้ นอกจากนี้คุณครูแนะนำจะมีเครื่องมือ และข้อมูลช่วยแนะนำการศึกษาให้แก่เด็กนักเรียนทั้งในภาพรวมทั้งชั้นเรียนและรายบุคคล

นอกจากการทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญข้างต้นแล้ว คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานกับเด็กนักเรียนของโรงเรียนกรณีศึกษา จำนวน 18 ราย ผลการทดสอบพบว่า มีนักเรียนที่เหมาะสมกับแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 6 ราย จำนวนนักเรียนที่เหมาะสมกับแผนการเรียนคณิตศาสตร์-ภาษาต่างประเทศ 2 ราย จำนวนนักเรียนที่เหมาะสมกับแผนการเรียนอังกฤษ-ภาษาจีน จำนวน 3 ราย จำนวนนักเรียนที่เหมาะสมกับแผนการเรียนทวิภาคี 2 ราย และมีจำนวนนักเรียน 5 รายที่ไม่มีแผนการเรียนที่เหมาะสม เมื่อตรวจสอบข้อมูลผลการเรียนของนักเรียนกลุ่มนี้พบว่า มีผลการเรียนเฉลี่ย 5 รายวิชาหลัก และผลการเรียนเฉลี่ยรวม (GPA) ต่ำกว่า 2.25 ซึ่งข้อมูลของนักศึกษาเหล่านี้จะช่วยให้คุณครูแนะนำใช้ในการสื่อสารกับเด็กนักเรียน คุณครูผู้สอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้ปกครองของเด็กนักเรียน เพื่อช่วยกันพัฒนาศักยภาพการเรียนของนักเรียนให้ดีขึ้น

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาเครื่องมือในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้กับนักเรียน โดยประยุกต์กับศาสตร์ด้านการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) ด้วยการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้จากขั้นตอนวิธี 2 วิธี คือ ขั้นตอนวิธีบนอิฟเบส (NB) และขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ (RF) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกแผนการเรียนที่เหมาะสมกับนักเรียนรายบุคคล และนำผลลัพธ์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ประสิทธิภาพแบบจำลองที่สูงกว่าไปประยุกต์พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในการสร้างแบบจำลองใช้ข้อมูลผลการเรียน 2 ส่วนคือ (1) ผลการเรียนเฉลี่ย 5 รายวิชาหลัก ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และรายวิชาสังคม และ (2) ผลการเรียนเฉลี่ยสะสม 6 ภาคเรียนของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือนักเรียนชั้น ม.3 ร่วมกับข้อมูลเงื่อนไขการรับเข้าเรียนในแผนการเรียนระดับชั้น ม.4 ของโรงเรียนวัดน้อยนพคุณ ซึ่งเป็นกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ งานวิจัยนี้ดำเนินงานวิจัยตามศาสตร์ด้านการวิเคราะห์และพยากรณ์ข้อมูลอย่างเป็นขั้นตอนประกอบด้วย กระบวนการได้มาซึ่งข้อมูล กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล กระบวนการสร้างแบบจำลอง กระบวนการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ และนำแบบจำลองการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้งานจากผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองการเรียนรู้จากขั้นตอนวิธีสุ่มป่าไม้ (RF) มีประสิทธิภาพการจำแนกสูงกว่าแบบจำลองการเรียนรู้จากขั้นตอนวิธีนาอิวเบย์ส (NB) และแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าถูกนำไปพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันแนะนำแผนการเรียนในระดับชั้น ม.4 ให้แก่นักเรียนรายบุคคล และใช้เป็นเครื่องมือแนะนำการศึกษาของโรงเรียน อย่างไรก็ตามแม้ประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของวิธีสุ่มป่าไม้จะสูงกว่าแต่ระยะเวลาในการประมวลผลช้ากว่าแบบจำลองการเรียนรู้ของนาอิวเบย์ส นอกจากนี้การศึกษาวิจัยการจำแนกแผนการเรียนอาจต้องดำเนินการทดสอบกับขั้นตอนวิธีอื่น ๆ ด้านการเรียนรู้ของเครื่อง อาทิ เทคนิคเคเนียร์เรสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbors; K-NN) เทคนิคเคมีน (K-Means; KM) และเทคนิควิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines; SVM) เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ หน่วยงานจัดการประชุมวิชาการ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ ในการนำเสนอบทความ ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ครั้งที่ 8

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, “พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552”. 14 สิงหาคม 2552.
- [2] ราชกิจจานุเบกษา, “กฎกระทรวงว่าด้วยการแบ่งระดับและประเภทของการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2546”. 2546, เล่มที่ 120 ตอน 36 หน้าที่ 23-24.
- [3] ปรีญา สวางศักดิ์, *Artificial Intelligence with Machine Learning AI สร้างได้ด้วยแมชชีนเลิร์นนิง*. นนทบุรี: ไอทีซี พรีเมียร์, 2562.
- [4] Rajender Kumar, “Python Machine Learning: A Beginner’s Guide to Scikit-Learn”. Jamba Academy: California, 2023
- [5] Kamil Krzyk, “Coding Deep Learning For Beginners– Types of Machine Learning”. [online]. Retrive Date April 1, 2024. Available: https://cdn-images-1.medium.com/max/1000/1*8wU0hfUY3UK_D8Y7tbYfQ.png
- [6] Linqi Zhu, Xueqing Zhou and Chaomo Zhang, “Rapid identification of high-quality marine shale gas reservoirs based on the oversampling method and random forest algorithm”. In *Journal of Artificial Intelligence in Geosciences*. Vol. 2, (2021). 76-81.



วีรวรรณ จันทะทรัพย์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



นริศรา หมั่นการนา
นักศึกษารชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



นพรง แคงอ่อน
นักศึกษารชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Building Maintenance System: Faculty of Science and Technology

นริศรา นาคเมธี* วชรกุล แดงประพันธ์ และ ธีรภัทร หวางษ์

¹²³สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

Email: narisara.n@rmutp.ac.th wacharadul-d@rmutp.ac.th and teeraphat-h@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดทำระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการแจ้งซ่อมบำรุงอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้มีความสะดวกมากขึ้น และเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการแจ้งซ่อมและแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ Dashboard โดยใช้โปรแกรม Google Form ในการจัดทำแบบฟอร์มแจ้งซ่อมให้บุคลากรของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใช้ในการแจ้งซ่อมและมีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคารสถานที่ได้ทราบ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลการซ่อมบำรุงอาคารโดยใช้เทคนิค Linear Regression พร้อมทั้งแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบ Dashboard โดยใช้โปรแกรม Looker Studio

จากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยเจ้าหน้าที่งานอาคารสถานที่และอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวนทั้งหมด 4 ท่าน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ พึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46

คำสำคัญ : ระบบการแจ้งซ่อมบำรุงอาคาร, การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น, Dashboard

Abstract

The purpose of developing the building maintenance request system for the Faculty of Science and Technology is to improve the convenience of the building maintenance requirement and to analyze repair data and display it in a Dashboard format. This is achieved by using Google Form to create a requirement form for faculty members to send maintenance request, and notify the request through the LINE application to inform the facilities management staff. Additionally, data analysis of building maintenance is conducted using Linear Regression techniques, and the results are displayed in Dashboard format using Looker Studio.

Based on the satisfaction assessment from 4 respondents including facilities management staff and faculty members, the overall satisfaction level is found to be highly satisfied, with an average score of 4.50 and a standard deviation of 0.46.

Keywords: Maintenance system, Linear Regression, Dashboard

1. บทนำ

ปัจจุบันคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูลให้เห็นว่าในแต่ละปีงบประมาณมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเท่าไร มีการซ่อมบ่อยแค่ไหน และอุปกรณ์ชนิดใดได้รับการแจ้งบ่อย เพื่อมาใช้ในการวางแผนงานงบประมาณในการซ่อมหรือจัดซื้อของทดแทน การแจ้งซ่อมในแต่ละครั้งเจ้าหน้าที่จะนำเอกสารให้เขียนคำร้องแจ้งซ่อมเพื่อทำการจดบันทึกข้อมูล ลงในเอกสารและทำการรวบรวมไว้ คณะผู้วิจัยเห็นว่าหากมีแบบฟอร์มที่สามารถแจ้งซ่อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้โดยที่เราไม่ต้องใช้เอกสารในการจดบันทึก แต่สามารถทำผ่านแบบฟอร์มที่เราสร้างขึ้น ได้เลยจะช่วยให้สะดวกต่อการแจ้งซ่อมมากขึ้นและสามารถเก็บบันทึกข้อมูลลงใน Google Sheet ได้

งานอาคารสถานที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร คือ หน่วยงานภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ทำหน้าที่ดูแลและบำรุงรักษา อาคารสถานที่ อุปกรณ์สำนักงานและอุปกรณ์ภายในห้องต่าง ๆ ในอาคารคณะวิทยาศาสตร์ให้สามารถใช้งานได้ย่อมมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ที่มีการใช้งานมานานย่อมมีเกิดความเสียหาย หรือชำรุด ดังนั้นหน่วยงานผู้ใช้งานที่ในอาคาร จึงต้องมีการแจ้งซ่อมอุปกรณ์เข้ามาที่หน่วยงานอาคารสถานที่อยู่บ่อยครั้ง ซึ่งการแจ้งซ่อมในแต่ละครั้งผู้แจ้งจะทำการเขียนคำร้องแจ้งซ่อมส่งมาที่งานอาคารสถานที่ เพื่อให้เข้าไปตรวจสอบและประเมินอาการ และทำการซ่อมแซม ซึ่งการส่งคำร้องขอซ่อมในรูปแบบกระดาษทำให้มีปัญหาในการจัดเก็บ ติดตามความคืบหน้าการซ่อม และขาดการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลการซ่อม เพื่อดูความถี่ในการแจ้งซ่อม ประเภทของอุปกรณ์ที่มีปัญหา งบประมาณที่ใช้ในการซ่อม เพื่อประกอบการตัดสินใจตามงบประมาณในการซ่อม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence)

ระบบ Business Intelligence กระบวนการที่เรียกว่า BI นี้ มีการนิยามไว้หลายหลายดังนี้ Gartner Group (2002) กล่าวว่า ระบบ Business Intelligence คือการนำเอาข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่มาก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อช่วยให้เกิดการตัดสินใจที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนประกอบที่ทำให้ประสบผลสำเร็จ Collins (1997) กล่าวว่า ระบบ Business Intelligence คือ กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจทางธุรกิจ โดยการแปลงข้อมูลดิบ เป็นสารสนเทศที่ต้องการเพื่อให้สามารถวิเคราะห์โอกาสและอุปสรรคที่จะเกิดขึ้น ลดเวลาสำหรับการตัดสินใจ การวางแผนธุรกิจ และการกำหนดยุทธศาสตร์ Eckerson (1999) กล่าวว่า ระบบ Business Intelligence คือ กระบวนการในการเปลี่ยนข้อมูลเป็นความรู้ และนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการพัฒนาธุรกิจ โดย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การวิเคราะห์ลำดับชั้นข้อมูล และความสัมพันธ์ของข้อมูลทุกประเภท เช่น ข้อความ เสียง ภาพเคลื่อนไหว ด้วยเครื่องมือและโปรแกรมประยุกต์ ตลอดจน โครงสร้างพื้นฐาน เช่น กลังข้อมูล เป็นต้น Kalakota and Robinson (2000) กล่าวว่า ระบบ Business Intelligence คือ โปรแกรมประยุกต์ที่สามารถโต้ตอบและส่งสารสนเทศที่ได้จากข้อมูลที่ถูกรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ไปยังผู้ใช้ การเปลี่ยนข้อมูลดิบให้เป็นสารสนเทศที่ใช้งานได้ เพื่อเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันทางธุรกิจขององค์กร Halliman (2000) กล่าวว่า ระบบ Business Intelligence คือ กระบวนการทุกอย่างที่ทำให้ได้สารสนเทศที่ช่วยในการตัดสินใจและจัดการธุรกิจในอนาคต Thierauf (2001) กล่าวว่า ระบบ Business Intelligence คือ การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในกระบวนการรวบรวมจัดการข้อมูลทั้งภายในและภายนอกองค์กร และนำข้อมูลเหล่านั้นมากลับกรอง วิเคราะห์ แปลงเป็นสารสนเทศที่เหมาะสมในรูปแบบของรายงานที่สะท้อนให้เห็นถึงมุมมองทั้งในเชิงกว้างและเชิงลึกตามความต้องการของผู้บริหาร เป็นต้น

2.1.3 Dashboard

Data Dashboard คือ เครื่องมือในการจัดการข้อมูลที่ใช้สำหรับแสดงผลการวิเคราะห์ และแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของงานหรือดัชนีชี้วัดอื่น ๆ รวมถึงจุดสำคัญของข้อมูลออกมาในรูปแบบ Visual ทำให้และสามารถเห็นความเป็นไปของธุรกิจหรือสิ่งที่สนใจได้แบบ Real-time และการใช้ Data Dashboard จะทำให้เห็นภาพ สามารถเปรียบเทียบ ดูแนวโน้ม ต่าง ๆ ของธุรกิจหรือสิ่งที่สนใจได้ และมีความ Interactive ทำให้ดูข้อมูลต้นลึกได้ โดยรูปแบบของ Dashboard และการสร้าง Dashboard นั้นมีด้วยกันหลายรูปแบบ แบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งาน 3 แบบดังนี้ Strategic Dashboard เป็น Dashboard ใช้สำหรับวางแผนกลยุทธ์ช่วยในการตัดสินใจของผู้จัดการทุกระดับเน้นแสดงตัวชี้วัดที่สำคัญของบริษัท

2.1.4 Linear Regression

Linear Regression หรือการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น หมายถึงการนำข้อมูลหรือตัวแปรที่สนใจมาหาความสัมพันธ์กันโดยความสัมพันธ์ของข้อมูลจะออกมาในรูปแบบของการเรียงกันเป็นเส้นตรงหรือใกล้เคียง ความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวมานั้นคือการหาค่าสหสัมพันธ์หรือ Correlation นั่นเอง โดยค่า Correlation หรือค่า r ยิ่งค่ามีความเข้าใกล้ 1 หรือ -1 หมายความว่าค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้นยังมีความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรง แต่ถ้าค่า r เข้าใกล้ 0 จะบ่งบอกว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้นไม่ได้อยู่ในรูปแบบของเส้นตรง เพื่อไม่ให้มีการเข้าใจผิดภายหลังยั่วว่าค่า r ไม่ได้บอกถึงความชันของสมการเส้นตรง โดยจะบอกแค่ความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้นอยู่ในรูปแบบเส้นตรงหรือไม่เท่านั้นเอง ส่วนเรื่องความชันของ Linear Regression จะไปขยายความในภายหลังตรงสูตรของ Linear Regression

สูตรของ Linear Regression คือ

$$y = mx + b \quad (1)$$

โดยคำอธิบายตัวแปรมีดังนี้

y คือ ตัวแปรตามซึ่งจะเป็นตัวแปรหรือข้อมูลที่เราให้ความสนใจเป็นหลัก

b คือ ค่า Intercept หรือค่าคงที่ซึ่งจะเป็นค่าที่ส่งผลต่อตัวแปร y เมื่อตัวแปร x เป็น 0 หรือในทางคณิตศาสตร์ก็คือจุดตัดแกน Y

m คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ โดยถ้าจะขยายความ ก็จะได้เป็นค่าที่จะทำให้ตัวแปร y เปลี่ยนแปลง

x คือ ตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวแปรที่เป็นตัวกำหนดค่าหรือเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปร y

ตารางที่ 1 ตารางตัวอย่างข้อมูลการซ่อมบำรุงอาคารที่ใช้ทำ Linear Regression

x	y	(x- \bar{x}) ²	(y- \bar{y}) ²	[x- \bar{x}] * [y- \bar{y}]
4	7900	4.4748520710	12029958.64	7337.048817
5	1059	9.7056213020	11374275.10	-10506.87426
1	0	0.7825443787	19638874.03	3920.241124
1	380	0.7825443787	16415275.56	3584.087278
10	36166	65.859467460	10070736080	257537.0488
3	10490	1.2440828400	36704490.18	6757.471893
1	0	0.7825443787	19638874.03	3920.241124
1	0	0.7825443787	19638874.03	3920.241124

นำ x หาจำนวนครั้งในการซ่อมของห้องแต่ละประเภทและ y หาราคาการซ่อมของห้องแต่ละประเภทนำ x และ y มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อหา \bar{x} และ \bar{y} และนำ และนำ $(x - \bar{x}) * (y - \bar{y})$ และนำค่าทั้งหมดมารวมกันเพื่อหา a ความชันของเส้นกราฟ และ b ระยะตัดแกน y

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ฤกษ์พงษ์ กิ่งจันทร์วงศ์ และ จันทร์จิรา แก้วภักดี (2562) ได้จัดทำเว็บไซต์ระบบแจ้งซ่อมบำรุงหลังการขายเครื่องปรับอากาศ เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาหลังจากที่จำหน่ายไปสู่ผู้บริโภคมักเกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมาระบบทำงาน โดยการส่งข้อความหลังจากผู้บริโภคติดต่อมาทางระบบจะมีให้สอบถามปัญหาและจะตอบกลับเร็วที่สุดโดยให้ลูกค้าได้ร้องเรียนคุยให้คำปรึกษาและติดต่อทางเว็บไซต์ได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น หลังจากได้เปิดให้ลูกค้าได้ใช้งานเว็บไซต์แจ้งซ่อมบำรุงหลังการขายแล้ว

2.2.2 ผศ.กามาศ พิจาริโชค (2560) ออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งซ่อมออนไลน์คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จัดทำขึ้นเพื่อเป็นช่องทางในการแจ้งซ่อมของบุคลากรให้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงได้พัฒนาเว็บไซต์เพื่อช่วยในการเป็นช่องทางในการดำเนินการแจ้งซ่อมของบุคลากร/นิสิต ให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการแจ้งซ่อมมากยิ่งขึ้น ระบบแจ้งซ่อม

บทความวิจัย

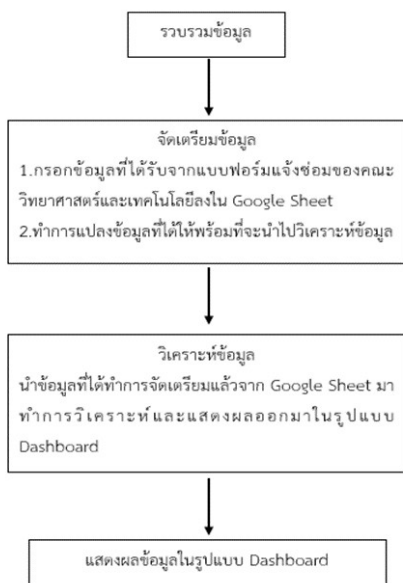
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2.2.3 มูริน ปิ่นทอง และ จารุวรรณ พลอยดวงรัตน์ (2567) จัดทำกรนำเสนอข้อมูลด้วยโปรแกรม Power BI โดยนำข้อมูลต่าง ๆ ของนักเรียนในโรงเรียนบ้านบางทองมาแสดงแบบ Dashboard คือการนำข้อมูลต่าง ๆ ที่อาจจะเป็น ข้อมูลใน Report อยู่แล้วหรือข้อมูลใหม่ ๆ มาสรุปให้สามารถเห็นภาพได้ในหน้าเดียว และเป็นข้อมูลที่อัปเดตสม่ำเสมอ ทำให้การจัดเก็บข้อมูลของนักเรียนในโรงเรียนบ้านบางทองมีความเป็นระบบมากขึ้น ทางโรงเรียนสามารถนำข้อมูลที่แสดงใน Dashboard ไปใช้ในการตัดสินใจต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ งบประมาณ หรือ อุปกรณ์ที่ขาดแคลน เป็นต้น

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการ โครงการระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีขั้นตอนการจัดทำโครงการ ดังนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูล ศึกษาข้อมูลและทำความเข้าใจข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เราได้ศึกษาระบบการแจ้งซ่อมแซมและการซ่อมแซมอาคารสถานที่ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยรวบรวมข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบฐาน ข้อมูลจะมีความทำงานจะมีขั้นตอนการดำเนินงานดัง Flowchart ด้านล่าง



รูปที่ 1 Flowchart แสดงขั้นตอนการดำเนินการ

3.2 ดำเนินการจัดเตรียมข้อมูล ได้มีการรวบรวมข้อมูลแบบฟอร์มการแจ้งซ่อมงานอาคารสถานที่และระบบสาธารณูปโภคของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวนทั้งสิ้น 2 ปี โดยเป็นข้อมูลของปีปฏิทินที่ พ.ศ. 2565 และ ปี พ.ศ. 2566 ข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการ ประกอบไปด้วย รายการซ่อมทั้งหมด 49 รายการ ที่แสดงรายละเอียดของชั้น 9 ชั้น ห้อง 78 ห้อง นำข้อมูลตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมข้อมูลแล้ว บันทึกลง Google Sheet แล้วนำมาสร้าง เพื่อการเก็บบันทึกข้อมูลและทำการสร้าง Google Form ในการเก็บข้อมูลการแจ้งซ่อมที่จะเข้ามาใหม่

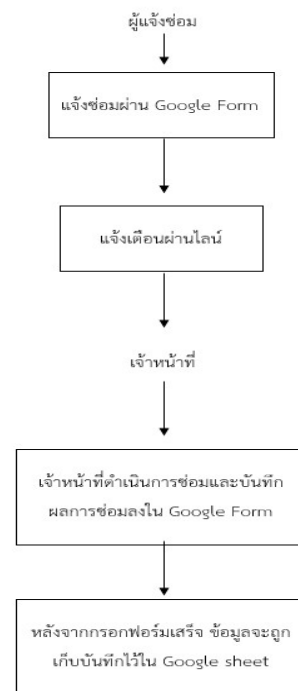
1	วันที่/เวลา	เลขที่ใบแจ้งซ่อม	ประเภท	โทร/E-mail
2	14/3/2022	3		062184
3	22/4/2022	4		098824
4	24/8/2022	1		
5	12/8/2023			
6	24/8/2022		ศูนย์ผู้ประสานงาน	095953
7	14/8/2022		กรรมการ ม่วงผู้	สาขาวิชาคณิตศาสตร์
8	2/8/2022		สมิทธิ์ นาดเคน	อาคารและสถานที่

รูปที่ 2 นำข้อมูลที่ได้เตรียมเข้าสู่ Google Sheet

ปีงบประมาณ	ปีงบประมาณ	ประเภท	ผู้ซ่อม/แจ้ง	แจ้งซ่อม/แจ้ง	ค่าเงิน/แจ้ง
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	5
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	6
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	7
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	8
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	9
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	10
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	11
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	12
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	13
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	14
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	15
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	16
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	17
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	18
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	19
2564-2565	2564-2565	ซ่อมแซมอาคาร	ไม่แจ้ง/ไม่แจ้ง	แจ้ง/ไม่แจ้ง	20

รูปที่ 3 ข้อมูลเดิมที่ได้รับมาจากแบบฟอร์มแจ้งซ่อม

งานวิจัยครั้งนี้ได้มีการรวบรวมข้อมูลแบบฟอร์มการซ่อมของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวนทั้งสิ้น 2 ปี โดยเป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2565 และ ปี พ.ศ. 2566 เดิมแล้วข้อมูลที่ได้รับ ไม่มีการแจ้งในเรื่องของงบประมาณรายปี แต่ผู้วิจัยเห็นว่าหากนำมาใช้ในการวิเคราะห์จะทำให้ผู้บริหารรู้และสามารถจัดการในส่วนของงบประมาณแต่ละเทอมได้ ระบบการซ่อมแซมของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยจะมีการทำงานจะมีขั้นตอนการดำเนินงานดัง Flowchart ด้านล่าง

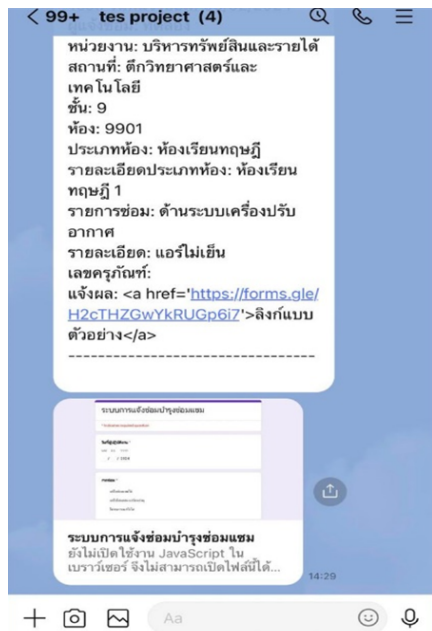


รูปที่ 4 Flowchart แสดงขั้นตอนการดำเนินการแจ้งซ่อม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มท.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ในส่วนของการจัดการแข่งขัน ผู้วิจัยได้จัดทำ Google Form ขึ้นมา 3 Form คือ Google Form การแจ้งซ่อมสำหรับให้อาจารย์และเจ้าหน้าที่ที่ต้องการที่จะแจ้งซ่อมผู้แจ้งสามารถแจ้งซ่อมผ่านแบบฟอร์มการแจ้งซ่อมได้โดยไม่ต้องไปดำเนินการขอเอกสารการแจ้งซ่อมที่ฝ่ายอาคารสถานที่ และเมื่อมีการแจ้งซ่อมผ่าน Google Form แจ้งซ่อมที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น เจ้าหน้าที่งานอาคารสถานที่จะได้รับข้อความแจ้งซ่อมผ่านไลน์ และเจ้าหน้าที่จะทำการดำเนินการแก้ไขตามที่ได้รับแจ้ง



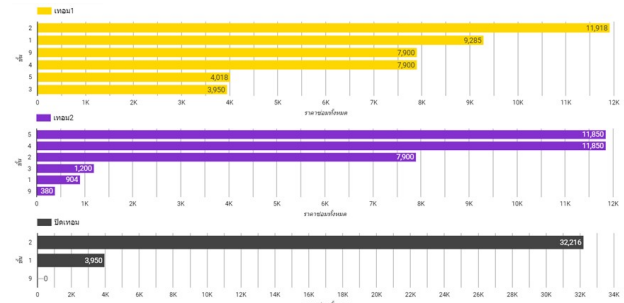
รูปที่ 5 การแจ้งเตือนเข้ามาในไลน์ให้เจ้าหน้าที่อาคารสถานที่ทราบ

หลังจากเจ้าหน้าที่ได้ทำการซ่อมแซมหรือแก้ไขปัญหาที่ได้รับจากการแจ้งเตือนแล้วเจ้าหน้าที่จะต้องทำการบันทึกผลการแก้ไขหรือซ่อมแซมลงใน Google Form บันทึกผลการแจ้งซ่อมและจะมี Google Form แบบประเมินความพึงพอใจ สำหรับให้ผู้แจ้งซ่อมประเมินความพึงพอใจจากการซ่อมในครั้งนั้น ๆ

3.3 ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการโอนย้ายข้อมูลลงสู่ Google Sheet เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลให้เห็นในรูปแบบ Dashboard และนำมาวิเคราะห์ตามจุดประสงค์ 5 อย่าง ดังนี้ วิเคราะห์หมวดหมู่การแจ้งซ่อม คือ การแยกหมวดหมู่ในการซ่อมแต่ละประเภทว่ามีอะไรบ้าง วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายภายนอก คือ การวิเคราะห์งบประมาณว่าจ้างเหมาในการซ่อมใช้งบประมาณเท่าไร เปรียบเทียบงบประมาณระหว่างปิดเทอมและเปิดเทอม คือ การวิเคราะห์งบประมาณของปิดเทอมและเปิดเทอมและนำไปเปรียบเทียบงบประมาณในการซ่อม วิเคราะห์ความถี่ในการซ่อม คือ การวิเคราะห์เพื่อหาว่าชั้นและห้องไหนมีการแจ้งซ่อมมากที่สุด และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น หรือ Linear Regression ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

เปรียบเทียบงบประมาณระหว่างปิดเทอมและเปิดเทอม คือ การวิเคราะห์งบประมาณของปิดเทอมและเปิดเทอมและนำไปเปรียบเทียบงบประมาณในการซ่อม



รูปที่ 6 เปรียบเทียบงบประมาณระหว่างปิดเทอมและเปิดเทอม

วิเคราะห์ความถี่ในการซ่อม คือ การวิเคราะห์เพื่อหาว่าชั้นและห้องไหนมีการแจ้งซ่อมมากที่สุด



รูปที่ 7 วิเคราะห์ความถี่ในการซ่อม

วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น หรือ Linear Regression ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

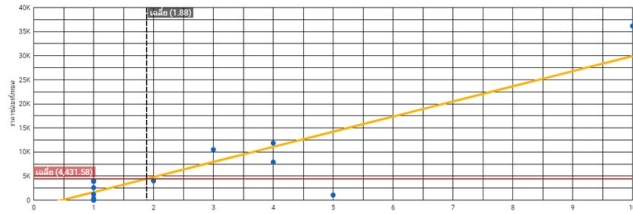
ตารางที่ 2 ตารางตัวอย่างข้อมูลการซ่อมบำรุงอาคารที่ใช้ทำ Linear Regression

x	y	(x- \bar{x}) ²	(y- \bar{y}) ²	[x- \bar{x}]*[y- \bar{y}]
4	7900	4.4748520710	12029958.64	7337.048817
5	1059	9.7056213020	11374275.10	-10506.87426
1	0	0.7825443787	19638874.03	3920.241124
1	380	0.7825443787	16415275.56	3584.087278
10	36166	65.859467460	10070736080	257537.0488
3	10490	1.2440828400	36704490.18	6757.471893
1	0	0.7825443787	19638874.03	3920.241124
1	0	0.7825443787	19638874.03	3920.241124

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

นำ x หาจำนวนครั้งในการซ่อมของห้องแต่ละประเภทและ y หาราคาการซ่อมของห้องแต่ละประเภทนำ x และ y มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อหา \bar{x} และ \bar{y} และนำ และนำ $(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})$ และนำค่าทั้งหมดมารวมกันเพื่อหา a ความชันของเส้นกราฟ และ b ระยะตัดแกน y

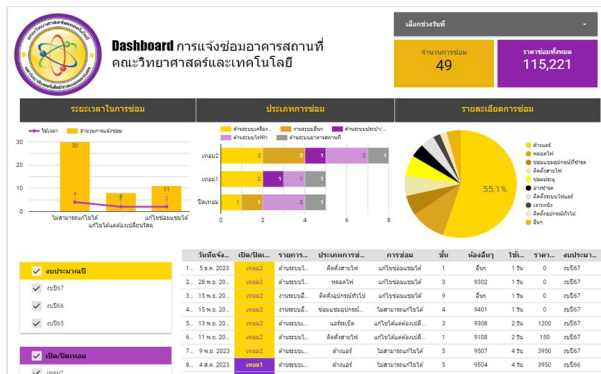


รูปที่ 8 วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

3.4 นำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ด้วยภาพ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่รวบรวมจากแบบฟอร์มแจ้งซ่อมบำรุงของ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีโดยข้อมูลชุดนี้ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ ข้อมูลเพื่อสร้าง Dashboard ในการแสดงผลในเว็บไซต์ Looker Studio เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ เพื่อนำเสนอข้อมูลด้วยภาพใน แต่ละประเด็นของการวิเคราะห์

Dashboard หน้าที่ 1 Dashboard การแจ้งซ่อมอาคารสถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี



รูปที่ 9 Dashboard แสดงรายละเอียดการแจ้งซ่อม

Dashboard หน้าที่ 2 ความถี่ในการแจ้งซ่อม แสดงความถี่ในการแจ้งซ่อม โดยแสดงให้เห็นว่าแต่ละห้องมีการแจ้งซ่อมบ่อยแค่ไหน



รูปที่ 10 Dashboard แสดงรายละเอียดการแจ้งซ่อม

4. การทดสอบและผลการประเมิน

การทดสอบจัดทำขึ้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ การนำเสนอการวิเคราะห์ด้วย Dashboard เพื่อวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในการประเมินในครั้งนี้ คณะผู้จัดทำใช้แบบสอบถามจำนวน 4 ชุด โดยมีผลการทดสอบและการประเมินความพึงพอใจดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบการใช้งาน ระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

การทดสอบการใช้งาน ระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถทำได้ตามขอบเขตของโครงการ ตามที่ได้ระบุไว้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

การทำงาน	ผลการทดสอบ	
	ทำได้	ทำไม่ได้
1.สามารถแจ้งซ่อมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องหรือชำรุด ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	✓	
2.เก็บข้อมูลการแจ้งผ่านช่องทางออนไลน์	✓	
3.การวิเคราะห์ข้อมูลการแจ้งซ่อมและแสดงผลใน รูปแบบ Dashboard	✓	

4.2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่งานอาคารสถานที่ จำนวน 3 ท่าน และอาจารย์จำนวน 1 ท่าน รวมทั้งสิ้น 4 ท่าน เพื่อวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน แบบการประเมินแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 ด้าน คือ การแจ้งเตือนไลน์หลังจากกรอกข้อมูลในฟอร์ม และ Dashboardการนำเสนอข้อมูล โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ

ตารางที่ 4 ผลการวัดความพึงพอใจด้านระบบการแจ้งซ่อมและการแจ้งเตือนผ่าน ไลน์หลังจากกรอกข้อมูล

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ครอบคลุมความต้องการ	4.50	0.50
มีประโยชน์ต่อการทำงาน	4.75	0.43
สะดวกในการกรอกข้อมูลและเก็บข้อมูล	4.75	0.43
ง่ายต่อการใช้งาน	4.75	0.43
มีความถูกต้องชัดเจน	4.25	0.82
ข้อมูลสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้	4.75	0.43
ค่าเฉลี่ยรวม	4.62	0.51

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 5 ผลการวัดความพึงพอใจด้าน Dashboard การนำเสนอข้อมูล

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ครอบคลุมความต้องการ	4.50	0.50
มีประโยชน์ต่อการทำงาน	4.75	0.43
สะดวกในการกรอกข้อมูลและเก็บข้อมูล	4.75	0.43
ง่ายต่อการใช้งาน	4.75	0.43
มีความถูกต้องชัดเจน	4.25	0.82
ข้อมูลสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้	4.75	0.43
ค่าเฉลี่ยรวม	4.62	0.51

4.3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

จากการสำรวจสรุปได้ว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวนทั้งหมด 4 ท่าน พบว่าผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ 4.50 แปลความหมายได้ว่ามีระดับความพึงพอใจมากที่สุด และเมื่อพิจารณาแต่ละด้าน จะพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้าน การแจ้งเตือนผ่านไลน์หลังจากกรอกข้อมูลในฟอร์มค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 โดยหัวข้อการประเมินที่มีค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด 4 หัวข้อนี้ มีประโยชน์ต่อการทำงาน สะดวกในการกรอกข้อมูลและเก็บข้อมูล ง่ายต่อการใช้งาน ข้อมูลสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ โดยมีทั้งหมด 4 หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่เท่ากัน อยู่ที่ 4.75 และมีความพึงพอใจมากใน ด้าน Dashboard การนำเสนอข้อมูล ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 โดยหัวข้อการประเมินที่มีค่าระดับความพึงพอใจมาก 3 หัวข้อนี้ จัดรูปแบบให้เข้าใจง่าย ภาพ Dashboard แสดงความชัดเจนของข้อมูล รูปแบบและตัวหนังสือดูง่าย โดยทั้ง 3 หัวข้อการประเมินระดับความพึงพอใจเฉลี่ยที่เท่ากันคือ 4.75

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการนำเสนอโครงการระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ต่อฝ่ายอาคารสถานที่ได้รับการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับ ความพึงพอใจมาก และระบบสามารถใช้งานได้ตรงตามขอบเขตของโครงการที่กำหนดไว้

5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

โครงการ ระบบการแจ้งซ่อมบำรุงของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการแจ้งซ่อมผ่าน Google Form และสามารถเก็บบันทึกข้อมูลลงใน Google Sheet และสามารถแจ้งเตือนผ่านไลน์ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้ เพื่อสรุปผลและแสดงผลในรูปแบบ Dashboard

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลการแจ้งซ่อมบางหัวข้อมีความซับซ้อนอาจจะทำให้ผู้ใช้งานเกิดความสับสนได้ ดังนั้นจึงควรมีการทบทวนหัวข้อในการแจ้งซ่อม ควรเพิ่มจำนวนข้อมูลการแจ้งให้ละเอียดขึ้น เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลและการ

แสดงผลข้อมูลสามารถให้ข้อมูลในเชิงลึกได้อย่างชัดเจน ควรเพิ่มรายละเอียดข้อครุภัณฑ์เช่น หมายเลขครุภัณฑ์ เพื่อลงลึกในการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละครุภัณฑ์ ควรเพิ่มอัลกอริทึมอื่น ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่นอกเหนือจาก Linear Regression เพื่อให้เห็นมุมมองที่แตกต่างและประเด็นที่แตกต่างออกไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษณพงศ์ กั้นจันทรวงศ์ และจันทร์จิรา แก้วภักดี. ระบบแจ้งซ่อมบำรุงหลังการขายเครื่องปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 2562.
- [2] ชนุดพร ศรีชัย. ระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence). วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถิติประยุกต์สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2555.
- [3] พิจาร โสท. ออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งซ่อมออนไลน์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ คณะการบัญชีและการจัดการมหาวิทยาลัยสารคาม, 2556.
- [4] มธุริน ปิ่นทอง และจาวรรรณ พลอยดวงรัตน์. จัดทำกรนำเสนอข้อมูลด้วยโปรแกรม Power BI โดยนำข้อมูลต่าง ๆ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2561.
- [5] DataTH. Dashboard คืออะไร พร้อมประโยชน์และตัวอย่าง. [ออนไลน์] 2563. สืบค้น วันที่ 27 มีนาคม 2563 จาก : <https://blog.datath.com/dashboard-data-analysis/>
- [6] Data Innovation and Governance Institute. เจาะลึก “Linear Regression” คืออะไร พร้อมตัวอย่างง่าย ๆ ใน excel. [ออนไลน์] 2565. สืบค้น วันที่ 22 สิงหาคม 2565 เข้าถึงได้จาก : <https://digi.data.go.th/en/blog/linear-regression-en>



นริศรา นาคเมธี

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งานวิจัยที่สนใจ: การประมวลผลภาษาธรรมชาติ, การค้นคืนข้อมูล, เหมืองข้อมูล



วีชรุตม์ แดงประพันธ์

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งานวิจัยที่สนใจ: งานวิจัยเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม



ธีรภัทร หวางษ์

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งานวิจัยที่สนใจ: งานวิจัยเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม

ประสิทธิผลของการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อออนไลน์ของผู้ปฏิบัติงานสนับสนุนภารกิจนักรบริหาร

The Effectiveness of Self-Learning through Online Media of Administrative Support Personnel

อรปวีณ สันคามิน

สำนักงานเลขานุการกรม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 88/22 ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

onpraweens.s@anamai.mail.go.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องประสิทธิผลของการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อออนไลน์ของผู้ปฏิบัติงานสนับสนุนภารกิจนักรบริหาร มีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ 1. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้ปฏิบัติงานสนับสนุนภารกิจนักรบริหาร และ 2. เพื่อเพิ่มความรู้อให้กับเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยในการปฏิบัติงานเลขานุการสำหรับผู้บริหาร โดยคำถามงานวิจัยคือ รูปแบบการศึกษาด้วยตนเองผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเองในหลักสูตรออนไลน์ มีผลต่อการเพิ่มความรู้ในการปฏิบัติงานของเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยหรือไม่ ซึ่ง สมมติฐานการวิจัย (H1) คือ รูปแบบการศึกษาด้วยตนเองผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเองในหลักสูตรออนไลน์ มีผลต่อการเพิ่มความรู้ในการปฏิบัติงานของเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ทั้งเนื้อหาและแบบทดสอบผ่านเว็บไซต์ YouTube และ Google Form ตามลำดับ ซึ่งผลคะแนนทดสอบจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการศึกษาพบว่า ก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบออนไลน์ของเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยจากทั่วประเทศนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 6 บทเรียน ได้แก่ 1) ลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนักรบริหาร 2) บทบาทของเลขานุการ 3) ความรู้ด้านงานสารบรรณ 4) ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ 5) การพัฒนาบุคลิกภาพ 6) เทคนิคการประสานงาน และเมื่อทำการรวมคะแนนในทุกบทแล้วพบว่า คะแนนของผู้เข้าร่วมการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านหลักสูตรออนไลน์เพิ่มขึ้นหลังการเข้าร่วมหลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : เรียนรู้ด้วยตนเอง; ผู้สนับสนุนภารกิจนักรบริหาร; สื่อออนไลน์

Abstract

Research on the effectiveness of self-learning through online media by administrative support personnel aims to achieve two objectives: To study the effectiveness of self-learning by administrative support personnel. And to enhance the knowledge of executive secretaries at the Department of Health to better perform their duties. This involves investigating whether self-learning through online courses influences the knowledge and performance of executive secretaries. The research question revolves around whether self-directed learning through online courses impacts the knowledge and job performance of executive secretaries at the Department of Health. The research hypothesis (H1) states that self-directed learning through online courses

positively affects the knowledge and job performance of executive secretaries at the Department of Health. In this research, the researchers developed online teaching materials and assessments using YouTube and Google Form, respectively. A significant difference in the average scores before and after the self-directed online learning was observed in six lessons: Nature of administrative support duties, Roles of executive secretaries, Knowledge of documentation work, Travel expenses for official trips, Personal image development, and Coordination skills. Upon aggregating the scores from all lessons, it was statistically significant that the scores of participants in self-directed online learning courses increased significantly after participation.

Keywords: Self-learning; Administrative support personnel; Online media

1. บทนำ

ปัจจุบันเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยมีจำนวน 55 คน และยังมีภาระจายตัวอยู่ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาคทั่วประเทศไทย ซึ่งจากการสอบถามเบื้องต้นพบว่าเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยนั้น ส่วนใหญ่ยังไม่เคยได้รับการอบรมเมื่อเข้ารับหน้าที่เลขานุการ หรือ บางส่วนได้รับการอบรมแต่ผ่านการอบรมมานาน บางส่วนยังไม่ได้รับข้อมูลของระเบียบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานเลขานุการ ที่เปลี่ยนไปจากเดิม และการจัดอบรมเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยทั้งหมดพร้อมกัน นั้นอาจมีอุปสรรค อาทิเช่น การเดินทาง การลา งบประมาณในการจัดอบรม ดังนั้นการใช้ระบบการจัดอบรม และการให้ความรู้ผ่านอิเล็กทรอนิกส์ นั้น น่าจะมีความเหมาะสมในการให้ความรู้กับเลขานุการผู้บริหารเพื่อลดอุปสรรคตามที่ได้กล่าวมา

นอกจากการให้ความรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์จะช่วยลดอุปสรรคของผู้เข้าเรียนได้แล้ว ยังสามารถช่วยการจัดสรรเวลาเข้าเรียนได้ เนื่องจากการเรียนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์นั้น ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนได้อย่างอิสระตามความต้องการของผู้เรียน และสามารถทบทวนเนื้อหาได้อีกหลายครั้งตามความต้องการของผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากกว่าการให้ความรู้แบบเดิม ซึ่งไม่สามารถทบทวนเนื้อหาในรูปแบบของการเรียนซ้ำได้ และเมื่อผู้เข้าเรียนหรือเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยนั้น มีความรู้ความเข้าใจในลักษณะงานของเลขานุการผู้บริหาร มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระเบียบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานเลขานุการหรืองานสนับสนุนผู้บริหาร ก็จะสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในงานได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ กลุ่มสนับสนุนภารกิจนักบริหารสำนักงานเลขานุการกรม กรมอนามัย ยังไม่มีระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเรียนการสอนและการให้ความรู้กับเลขานุการผู้บริหารภายในกรมอนามัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้เลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย ได้ศึกษาแนวทางการดำเนินงานตามแนวทางการดำเนินงานสนับสนุนภารกิจนักบริหารของกรมอนามัย ได้อย่างสะดวก เข้าใจ และมีความรู้ที่ถูกต้อง เกี่ยวกับงานเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย ได้ดียิ่งขึ้น

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 บทบาทของเลขานุการผู้บริหาร

ในปัจจุบันทุกวงการล้วนอาศัยบุคคลที่ทำงานด้านเลขานุการช่วยเหลือในการให้ข้อมูลหรือรายละเอียดเกี่ยวกับการปฏิบัติงานหรือการประกอบอาชีพส่วนตัว ถ้าเลขานุการสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดี มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี ก็จะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้บริหารไปได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีสื่อสาร ได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินกิจการให้มีความรวดเร็วยิ่งขึ้น ก็จำเป็นต้องเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ และนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานเลขานุการ จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งและมีความจำเป็นต่องานทุกสาขา เมื่อเป็นเช่นนี้ตำแหน่งเลขานุการจึงมีอำนาจหลังบัลลังก์ (พงศ สุวรรณชาติ, 2545)

เลขานุการที่ดี จะต้องคอยปรับตัวให้มีความสามารถและคุณลักษณะตามที่ผู้บริหารปรารถนา เพราะฉะนั้นการเป็นเลขานุการผู้บริหาร จำเป็นต้องพัฒนาความรู้ความสามารถและคุณลักษณะหลายประการ เพื่อเป็นการยกระดับของคุณภาพการทำงานให้เป็นไปตามบทบาทของผู้บริหาร จากการวิเคราะห์ภาระงานตามหน้าที่จากเอกสาร Job Description และ TOR ของผู้ปฏิบัติงานเลขานุการผู้บริหาร โดยส่วนใหญ่แล้วมีหน้าที่หลักคล้ายคลึงกันลักษณะงาน ได้แก่

- 1) งานกลั่นกรองหนังสือราชการ งานเสนอหนังสือราชการ และเอกสารอื่น ๆ
- 2) งานร่างโต้ตอบหนังสือราชการ ประสานงานบุคคลต่าง ๆ ในองค์กรและภายนอกองค์กร
- 3) งานติดตามผลการดำเนินงานตามคำสั่งการของผู้บริหาร งานจัดวางระเนียดหมายเข้าพบผู้บริหาร เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ
- 4) งานจัดทำอนุมัติเดินทางไปปฏิบัติงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ
- 5) งานจัดเตรียมเอกสารจัดพิมพ์สำเนาเอกสาร และสนับสนุนงานด้านวิชาการ
- 6) ติดตามผู้บริหาร งานต้อนรับและรับรองแขกของผู้บริหาร ทั้งเป็นทางการและไม่เป็นทางการ
- 7) การจัดการงานเอกสาร และควบคุมทะเบียนเอกสารราชการต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ รวมทั้งจัดเก็บค้นหาและรักษาเอกสาร
- 8) จัดซื้อจัดหาและเบิกจ่าย ควบคุมดูแลการใช้วัสดุครุภัณฑ์ การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการบริหารงาน
- 9) งานอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย

2.1.2 ขั้นตอนการสร้างชุดสื่อการเรียน

สำหรับขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน โดยนำเสนอเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียน ตามหลักประสบการณ์การเรียนรู้ การออกแบบระบบการเรียนการสอนเป็นกรอบของกระบวนการผลิตระบบการสอนหรือวัสดุการเรียนการสอน (Instructional Materials) ซึ่งประสานสัมพันธ์กับองค์ประกอบพื้นฐานของการออกแบบการสอน ในกระบวนการออกแบบจึงต้องเริ่มต้นที่การวิเคราะห์จุดมุ่งหมาย หลักการกลุ่มเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

การสร้างชุดการเรียนการสอนสามารถดำเนินการได้ดังนี้:

- 1) วิเคราะห์จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์: ทำความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการเรียนและการสอน เพื่อให้สื่อการเรียนที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการสนับสนุนการให้ความรู้
- 2) ออกแบบเนื้อหาและกิจกรรมการเรียน: จัดเตรียมเนื้อหาที่เหมาะสม และกิจกรรมการเรียนที่สามารถใช้ในการส่งเสริมการเรียนรู้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด
- 3) การสร้างสื่อการเรียน: ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและสื่อต่าง ๆ เช่น ภาพถ่าย วิดีโอ แผนภูมิ เป็นต้น เพื่อสร้างสื่อที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพในการสอนและการเรียน
- 4) ทดสอบและปรับปรุง: ทดสอบสื่อการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมาย และปรับปรุงตามความต้องการและความเหมาะสม
- 5) การประเมินผล: วัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการใช้สื่อการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นโดยการใช้เกณฑ์การประเมินที่เหมาะสม
- 6) การให้คำแนะนำ: ให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการการเรียนรู้ตามผลการประเมินและการวิเคราะห์ผล

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยของนภอร อารีย์ (2555) เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนภาษาอังกฤษที่ใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านและการเขียน ภาษาอังกฤษ และการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนและแบบทดสอบภาษาอังกฤษที่ใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร เพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนก่อน และหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 18 คน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาภาษาอังกฤษอ่าน-เขียน โรงเรียนสันป่าตอง วิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้วิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 1) เครื่องมือสำหรับสร้างและพัฒนาบทเรียน ได้แก่ แบบสำรวจความต้องการและความสนใจของผู้เรียน หลักสูตรแม่แบบ และแผนการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษอ่าน-เขียนที่ใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร
- 2) เครื่องมือประเมินผลเพื่อพัฒนาบทเรียน ได้แก่ แบบประเมินประสิทธิภาพบทเรียนภาษาอังกฤษที่ใช้กิจกรรมพหุปัญญา

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร, แบบทดสอบความสามารถในการอ่านและเขียนภาษาอังกฤษระหว่างเรียนโดยใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

3) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

แบบทดสอบความสามารถในการอ่าน และเขียนภาษาอังกฤษ ก่อนและหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร และแบบวัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า

1) การพัฒนาบทเรียนภาษาอังกฤษที่ใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ประกอบด้วยประมวลการสอน และ แผนการสอน ที่เน้นการใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จำนวน 10 แผน ได้รับการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

2) ความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนสูงขึ้น หลังเรียน โดยใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร

3) ความสามารถด้านการเขียนภาษาอังกฤษของนักเรียนสูงขึ้น หลังเรียน โดยใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร

4) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนสูงขึ้นหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมพหุปัญญา ร่วมกับการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร

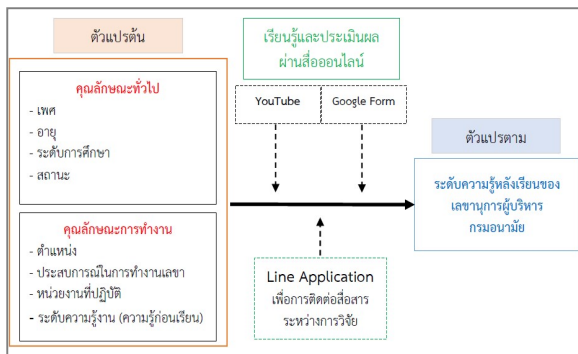
3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการได้แก่

1) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้ปฏิบัติงานสนับสนุนการกิจนักรบริหาร

2) เพื่อเพิ่มความรู้ให้กับเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยในการปฏิบัติงานเลขานุการสำหรับผู้บริหาร

และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้วางกรอบแนวคิดการวิจัยไว้ดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากรูปที่ 1 จะพบว่ากรอบแนวคิดของการวิจัยประกอบด้วย

□ ตัวแปรต้น ซึ่งเป็นข้อมูลหรือบิขตัวตนของกลุ่มตัวอย่างคือ ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานะ และ

คุณลักษณะการทำงาน ได้แก่ ตำแหน่ง ประสบการณ์ในการทำงานเลขาน่วยงานที่ปฏิบัติ ระดับความรู้งาน (ความรู้ก่อนเรียน)

□ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการสื่อสารในระหว่างร่วมวิจัยผ่านทาง Line Application และร่วมทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านทาง Google Form และเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ผ่านวิดีโอที่อัฟโหลดไว้บน YouTube ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้กลุ่มตัวอย่างค่อนข้างคุ้นเคยอย่างดี

□ ตัวแปรตาม คือข้อมูลผลคะแนนของการทดสอบความรู้ก่อนและหลังเรียน เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์และหาข้อสรุปในความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ต่อไป

ในขั้นตอนการออกแบบเนื้อหา: ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ แล้วทำการออกแบบเนื้อหาการเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยเนื้อหาได้ถูกแบ่งออกเป็น 6 บทเรียนพร้อมแบบทดสอบท้ายบท ได้แก่

บทที่ 1 ลักษณะงานสนับสนุนการกิจนักรบริหาร

บทที่ 2 บทบาทของเลขานุการ

บทที่ 3 ความรู้ด้านงานสารบรรณ

บทที่ 4 ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ

บทที่ 5 การพัฒนาบุคลากร

บทที่ 6 เทคนิคการประสานงาน

หลังจากกำหนดบทเรียนเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าหาความรู้ โดยรวบรวมจากกระเียบ หนังสือ ตำรา เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงาน รวมทั้งประสบการณ์จากการทำงานเลขาน่วยงานของตนเอง มาเรียบเรียงเพื่อเป็นเนื้อหาในแต่ละบท แล้วทำการตรวจสอบและหารือกับผู้เชี่ยวชาญและผู้เกี่ยวข้องเพื่อความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหา หลังจากนั้นได้มีการออกแบบข้อคำถามในแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน (พร้อมเฉลย) ที่สามารถสะท้อนความรู้ที่แท้จริงของกลุ่มตัวอย่าง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการเรียนของแต่ละบทด้วย

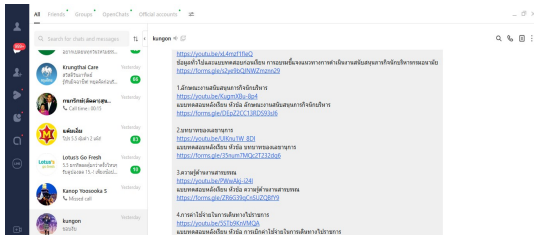
ในขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียน: ใช้เทคโนโลยีและสื่อต่าง ๆ เพื่อสร้างสื่อที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพในการสอนและการเรียน ผู้วิจัยได้สร้างสื่อของเนื้อหาด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft PowerPoint ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์การนำเสนอสไลด์ที่สากลนิยม พร้อมทำการบันทึกวิดีโอของผู้สอนผ่านกล้องเว็บแคม ก่อนบันทึกให้อยู่ในรูปแบบไฟล์วิดีโอ .mp4 หลังจากนั้นได้นำไปอัฟโหลดไว้บนพื้นที่จัดเก็บของ YouTube เพื่อทำการแชร์ลิงค์ YouTube ของบทเรียนให้แก่กลุ่มตัวอย่างได้ทำการคลิกเพื่อเข้าเรียนได้ในรูปแบบออนไลน์ สำหรับส่วนของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้จัดทำด้วยเครื่องมือ Google Form เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างสามารถได้รับความสะดวกและไม่ซับซ้อนในการทำการทดสอบ ซึ่งผลคะแนนจากการทดสอบจะถูกจัดเก็บลง Google Sheet ได้ทันทีเพื่อพร้อมส่งต่อไปทำการวิเคราะห์ผลด้วยหลักการทางสถิติได้ในลำดับต่อไป

4. ผลการดำเนินงาน

ภายหลังจากการสร้างสื่อการเรียนและตรวจสอบความถูกต้องต่างๆ แล้ว พบว่าได้สื่อการเรียนในรูปแบบวิดีโอบน YouTube ที่พร้อมสำหรับการเรียนออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยแจ้งประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มตัวอย่างผ่าน Line Application ดังนี้

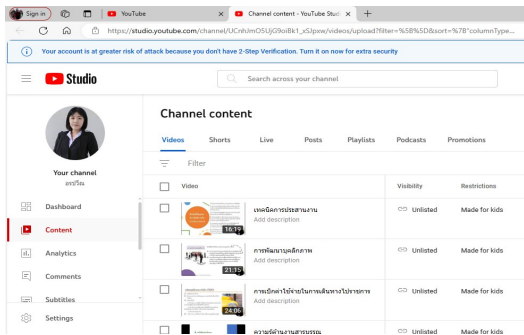
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 2 ช่องทางการสื่อสาร

จากรูปที่ 2 แสดงช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ผ่าน Line Application ซึ่งจะแจ้งบทเนื้อหาการเรียนและแบบทดสอบพร้อมลิงค์เข้าเรียนและทดสอบ ซึ่งเมื่อกดที่ลิงค์ดังกล่าวจะได้ผลดังนี้

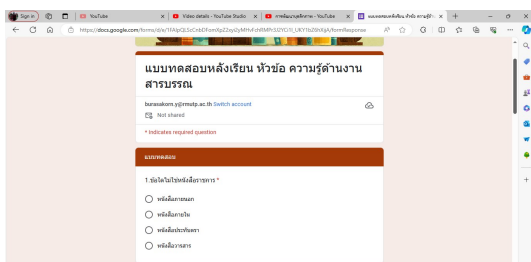


รูปที่ 3 YouTube Channel สำหรับสื่อการสอน

- หลายคนมีข้อถกเถียงระหว่างคำว่า **personality (บุคลิกภาพ)** กับ **character (คุณลักษณะ)**
- จริง ๆ แล้วคุณลักษณะนี้หมายถึงที่ถูกหล่อเลี้ยงหรือการประณีตแก้ไขซึ่งถูกยกย่องว่า ไม่ใช่เพียงการยอมรับตัวตน (Bryan & Babelay, 2009) จึงควรจะกล่าวถึงลักษณะว่ามีบุคลิกภาพในขั้น มีรวมถึงคุณลักษณะด้วย
- อาจจะกล่าวได้ว่าบุคลิกภาพ ขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมและสภาพของผู้นั้นบางส่วน เช่น ในสังคมของมาเฟีย คนที่ตรงซื่อ ถูกมองว่าบุคลิกภาพดี เป็นต้น



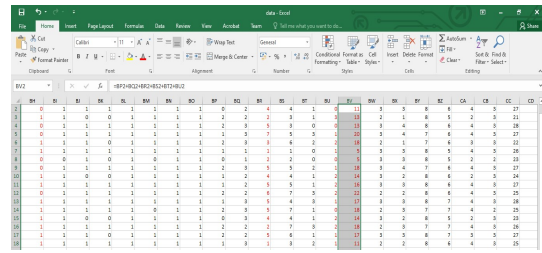
รูปที่ 4 วิดีโอสื่อการสอนออนไลน์



รูปที่ 5 Google Form สำหรับทำแบบทดสอบ

จากรูปที่ 4 แสดงหน้าจอของวิดีโอสื่อการสอนในแต่ละบท ซึ่งหากผู้เรียนมีคำถามสามารถคอมเมนต์ไว้ในส่วนแสดงความคิดเห็นได้ คลิปของ YouTube และผู้สอนสามารถตอบกลับได้ ซึ่งผู้เรียนท่านอื่นสามารถเห็นได้และอาจใช้เป็นประโยชน์ได้ ส่วนรูปที่ 5 แสดงหน้าจอของ Google Form สำหรับตอบคำถามของแบบทดสอบแบบออนไลน์

หลังจากนั้นผลคะแนนจะถูกจัดเก็บในรูปแบบ Google Sheet อัตโนมัติ และสามารถบันทึกเก็บไว้ในเครื่องส่วนตัวในรูปแบบ Excel ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบ Excel

เมื่อกำหนดตัวอย่างดำเนินขั้นตอนการเรียนและทดสอบจนครบทุกบทแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำผลคะแนนที่บันทึกไว้ใน Google Sheet มาทำการวิเคราะห์ โดยการศึกษาคำนี้เป็นการศึกษาวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนด้วยตนเอง (Self-Learning) ผ่านหลักสูตรออนไลน์ในกลุ่มของผู้ปฏิบัติงานหน้าที่เลขานุการผู้บริหารในกรมอนามัย เพื่อเป็นการเพิ่มความรู้ทักษะ และเพิ่มศักยภาพในการจัดทำหนังสือราชการ รวมถึงวิธีการนำเสนอหนังสือราชการแก่ผู้บริหาร โดยการเรียนรู้จะทำการออกแบบและสร้างระบบการเรียน โดยใช้สื่อออนไลน์ รวมถึงการวัดและประเมินผลผ่านระบบออนไลน์ด้วย การวัดประสิทธิภาพของการศึกษาคำนี้จะใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติเชิงอนุมาน (Inference Statistics) โดยหน่วยที่สถิติเชิงอนุมานจะใช้ dependent sample t-test ในกรณีที่มีข้อมูลเป็น parametric และใช้ Wilcoxon signed rank test ในกรณีที่มีข้อมูลเป็น nonparametric เพื่อใช้ในการอธิบายถึงความแตกต่างของความรู้ก่อนและหลังผ่านหลักสูตร

5. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

การศึกษาคำนี้จะใช้สถิติ 2 กลุ่ม ได้แก่สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติเชิงอนุมาน (Inference Statistics) เพื่อใช้ในการอธิบายผลการเรียนและเพื่อใช้ทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

- สถิติเชิงพรรณนา ใช้ในการอธิบายข้อมูลดังต่อไปนี้
 - ข้อมูลนามบัญญัติ (Nominal Data) แสดงข้อมูลเป็นจำนวนและร้อยละ โดยนำมาใช้กับการแสดงข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามและแสดงข้อมูลทั่วไปของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน
 - ข้อมูลแบบอันดับ (Ordinal Data) แสดงข้อมูลเป็นจำนวนและร้อยละฐานนิยม (Mode) และเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile) โดยนำมาใช้กับข้อมูลส่วนบุคคล ที่ถูกเก็บข้อมูลในลักษณะของ Ordinal Data อาทิเช่นระดับการศึกษา สถานภาพ และจะใช้แสดงรายละเอียดของข้อมูลข้อมูล ที่มีการปรับรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอันดับ ข้อมูลของลำดับคะแนนก่อนและหลังการสอบ
 - ข้อมูลแบบอันตรภาคและแบบอัตราส่วน (Interval and Ratio Scale) จะแสดงข้อมูลเป็นในแบบ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยนำมาใช้กับข้อมูลส่วนบุคคล เช่น อายุ

บทความวิจัย

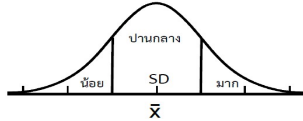
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การแปลผลการรับรู้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยเป็นการตัดสินคะแนนแบบอิงกลุ่มโดยอาศัย Mean และ SD ในการตัดสินระดับความรู้ ออกเป็นทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่ ความรู้มาก ความรู้ปานกลาง และความรู้น้อย โดยเกณฑ์ดังกล่าวจะใช้ทั้งก่อนและหลังการศึกษา โดยที่

ความรู้มาก คือ $point \geq mean + SD$

ความรู้ปานกลาง คือ $SD < point < mean + SD$

ความรู้น้อย คือ $point \leq mean - SD$



รูปที่ 7 การตัดสินคะแนนความรู้ออกเป็น 3 กลุ่มโดยใช้ Mean และ SD

หัวข้อลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนักบริหาร ได้ทำการแบ่งระดับคะแนนดังนี้ จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน $mean = 1.32$, $SD = 0.08$ ดังนั้น $mean + SD = 2.12$ (2 คะแนน) และ $mean - SD = 0.52$ (0 คะแนน) ดังนั้นหัวข้อลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนักบริหารแบ่งระดับความรู้ดังนี้

ระดับความรู้	ค่าคะแนน
มาก	2-3
ปานกลาง	1
น้อย	0

หัวข้อบทบาทของเลขานุการ ได้ทำการแบ่งระดับคะแนนดังนี้ จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน $mean = 2.40$, $SD = 0.81$ ดังนั้น $mean + SD = 3.22$ (4 คะแนน) และ $mean - SD = 1.58$ (2 คะแนน) ดังนั้นหัวข้อบทบาทของเลขานุการทำการแบ่งระดับความรู้ดังนี้

ระดับความรู้	ค่าคะแนน
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	0-2

หัวข้อความรู้ด้านงานสารบรรณ ได้ทำการแบ่งระดับคะแนนดังนี้ จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน $mean = 4.68$, $SD = 1.91$ ดังนั้น $mean + SD = 6.59$ (7 คะแนน) และ $mean - SD = 12.77$ (3 คะแนน) ดังนั้นหัวข้อความรู้ด้านงานสารบรรณทำการแบ่งระดับความรู้ดังนี้

ระดับความรู้	ค่าคะแนน
มาก	7-8
ปานกลาง	4-6
น้อย	0-3

หัวข้อค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ ได้ทำการแบ่งระดับคะแนนดังนี้ จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน $mean = 4.68$, $SD = 1.91$ ดังนั้น $mean + SD = 6.59$ (7 คะแนน) และ $mean - SD = 12.77$ (3 คะแนน) ดังนั้นหัวข้อค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการทำการแบ่งระดับความรู้ดังนี้

ระดับความรู้	ค่าคะแนน
มาก	7-8
ปานกลาง	4-6
น้อย	0-3

หัวข้อการพัฒนาบุคลากรได้ทำการแบ่งระดับคะแนนดังนี้ จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน $mean = 1.48$, $SD = 1.00$ ดังนั้น $mean + SD = 2.48$ (3 คะแนน) และ $mean - SD = 0.48$ (1 คะแนน) ดังนั้นหัวข้อการพัฒนาบุคลากรทำการแบ่งระดับความรู้ดังนี้

ระดับความรู้	ค่าคะแนน
มาก	3
ปานกลาง	2
น้อย	0-1

หัวข้อเทคนิคการประสานงาน ได้ทำการแบ่งระดับคะแนนดังนี้ จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน $mean = 1.28$, $SD = 0.84$ ดังนั้น $mean + SD = 2.48$ (3 คะแนน) และ $mean - SD = 0.48$ (1 คะแนน) ดังนั้นหัวข้อเทคนิคการประสานงานทำการแบ่งระดับความรู้ดังนี้

ระดับความรู้	ค่าคะแนน
มาก	3
ปานกลาง	2
น้อย	0-1

คะแนนรวมก่อนและหลังการศึกษา ได้ทำการแบ่งระดับคะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน $mean = 15.08$, $SD = 4.82$ ดังนั้น $mean + SD = 19.90$ (20 คะแนน) และ $mean - SD = 10.26$ (10 คะแนน) มีระดับความรู้ดังนี้

ระดับความรู้	ค่าคะแนน
มาก	20-30
ปานกลาง	11-19
น้อย	0-10

สถิติเชิงวิเคราะห์ ได้นำมาใช้เพื่ออธิบาย วัตถุประสงค์คำถาม และสมมติฐานงานวิจัย ที่ต้องการศึกษาหาประสิทธิผลของการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้ปฏิบัติงานสนับสนุนภารกิจนักบริหาร และเพื่อเพิ่มความรู้อให้กับเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย โดยมีการใช้สถิติของ Wilcoxon signed rank test มาอธิบายวัตถุประสงค์ รูปแบบการศึกษาด้วยตนเองผ่านหลักสูตรออนไลน์มีผลต่อการเพิ่มความรู้อในการปฏิบัติงานของเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย (H1)

ผลคะแนนจากการใช้แบบทดสอบวัดความรู้ ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้ปฏิบัติงานเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย) ในด้านต่างๆ จำนวน 6 ด้าน ประกอบไปด้วย ลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนักบริหาร บทบาทของเลขานุการ ความรู้ด้านงานสารบรรณ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ การพัฒนาบุคลากร และเทคนิคการประสานงาน โดยแบบทดสอบความรู้ของเลขานุการจะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ แบบทดสอบก่อนการอบรม และแบบทดสอบหลังการอบรม โดยแบบทดสอบก่อนและหลังการอบรมนั้น จะแบ่งคะแนนตามหัวข้อของแต่ละด้าน ได้แก่ หัวข้อลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนักบริหารจะมีคะแนนรวมทั้งสิ้น 3 คะแนน หัวข้อบทบาทเลขานุการจะมีคะแนนรวมทั้งสิ้น 4 คะแนน หัวข้อความรู้ด้านงานสารบรรณจะมีคะแนนรวมทั้งสิ้น 8 คะแนน หัวข้อค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการจะมีคะแนนรวม 8 คะแนน หัวข้อการพัฒนาบุคลากรจะมีคะแนนรวมทั้งสิ้น 4 คะแนน และหัวข้อเทคนิคการประสานงานจะมีคะแนนรวมทั้งสิ้น 3 คะแนน ทำให้คะแนนรวมของแบบทดสอบคือ 30 คะแนน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากการทดสอบวัดความรู้ก่อนการอบรม พบว่าคะแนนของหัวข้อลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนบริหาร ของผู้ตอบแบบทดสอบส่วนใหญ่ มีความรู้อยู่ในระดับสูงร้อยละ 52.00 ของผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด และพบว่าคะแนนสูงสุดและต่ำที่สุด คือ 0 และ 2 คะแนนตามลำดับ และเมื่อผ่านการอบรมแล้วพบว่าระดับคะแนนของผู้ตอบแบบทดสอบมีคะแนนเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูงทั้งหมด โดยคะแนนต่ำที่สุดและสูงที่สุดคือ 2 และ 3 คะแนนตามลำดับ

หัวข้อบทบาทของเลขานุการก่อนการทดสอบ มีค่ามัธยฐานของคะแนนเท่ากับ 3 คะแนน โดยมีคะแนนต่ำสุดคือ 1 คะแนนและคะแนนสูงที่สุดคือ 4 คะแนน และพบว่าผู้ตอบแบบทดสอบก่อนเรียนส่วนใหญ่ มีความรู้อยู่ในระดับน้อยและปานกลางที่ร้อยละ 48.00 และเมื่อผ่านการอบรมไปแล้ว พบว่าผู้ทำแบบทดสอบมีความรู้ในหัวข้อบทบาทของเลขานุการในระดับสูงจำนวน 7 รายคิดเป็นร้อยละ 28.00 ของผู้ทำแบบทดสอบหลังเรียนทั้งหมด และพบว่าแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องบทบาทของเลขานุการมีค่ามัธยฐานของคะแนนเท่ากับ 3 คะแนน

หัวข้อความรู้ด้านงานสารบรรณ พบว่าก่อนการเข้ารับการอบรมผู้ทำแบบทดสอบส่วนใหญ่ มีความรู้ในงานสารบรรณในระดับปานกลางจำนวน 14 คนคิดเป็นร้อยละ 56.00 โดยมีค่ามัธยฐานก่อนการอบรมเท่ากับ 1 คะแนน และหลังการอบรมพบว่าผู้ตอบแบบทดสอบมีความรู้ด้านงานสารบรรณเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูงร้อยละ 96.00 หรือคิดเป็นจำนวน 24 รายจากผู้ตอบแบบทดสอบ 25 ราย และมีค่ามัธยฐานของคะแนนหลังการทดสอบที่ 8 คะแนน โดยคะแนนต่ำสุดหลังการอบรมคือ 5 คะแนนและคะแนนสูงที่สุดหลังการอบรมเท่ากับ 8 คะแนน

หัวข้อค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ พบว่าผู้ตอบแบบทดสอบก่อนการอบรมส่วนใหญ่ มีความรู้ในระดับสูงถึงร้อยละ 72.00 และหลังการอบรมพบว่าเลขานุการทั้งหมดมีความรู้เพิ่มขึ้นในระดับสูง

หัวข้อการพัฒนาบุคลากร พบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ของการพัฒนาบุคลากรอยู่ในระดับน้อยจำนวน 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 20 ซึ่งส่วนใหญ่จะมีความรู้ในระดับน้อยคิดเป็นร้อยละ 56.00 และเมื่อทำการตอบแบบทดสอบหลังการอบรมพบว่าผู้ตอบแบบทดสอบส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 84.00 และหลังการอบรมค่ามัธยฐานของคะแนนมีค่าเท่ากับ 8 ในขณะที่ก่อนการอบรมมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 4 คะแนน

หัวข้อด้านเทคนิคการประสานงาน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความรู้ในด้านเทคนิคการประสานงาน อยู่ในระดับน้อยที่ร้อยละ 56.00 โดยพบว่าคะแนนสูงสุดของเทคนิคการประสานงานก่อนการอบรมเท่ากับ 3 คะแนนและคะแนนน้อยสุดของเทคนิคการประสานงานก่อนการอบรมเท่ากับ 0 คะแนน โดยมีค่ามัธยฐานก่อนการอบรมเท่ากับ 5 คะแนน และเมื่อทดสอบความรู้หลังการอบรม พบว่าความรู้ในด้านเทคนิคการประสานงานหลังการอบรมส่วนใหญ่ อยู่ในระดับสูงที่ร้อยละ 88.00 โดยมีค่าคะแนนสูงสุดเท่ากับ 3 คะแนนและคะแนนน้อยสุดเท่ากับ 2 คะแนน และมีค่ามัธยฐานค่าคะแนนหลังการทดสอบเท่ากับ 3 คะแนน

เมื่อทำการวิเคราะห์ภาพรวมก่อนและหลังการอบรม พบว่าเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยก่อนการเข้ารับการอบรมมีระดับความรู้ที่อยู่ในระดับ สูงจำนวน 3 รายคิดเป็นร้อยละ 12.00 ผู้ที่มีความรู้ในระดับปานกลางจำนวน 19 รายคิดเป็นร้อยละ 76.00 ผู้ที่มีความรู้ในระดับน้อยจำนวน 3 รายคิดเป็นร้อยละ 12.00 เมื่อเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย

ได้รับการอบรมแล้วและได้ทำการตอบแบบทดสอบหลังการอบรม พบว่าคะแนนรวมของเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัย อยู่ในระดับสูงทั้งหมด โดยพบว่าหลังการทดสอบมีค่ามัธยฐานของคะแนนเพิ่มขึ้น จากก่อนเข้ารับการอบรม โดยค่ามัธยฐานของคะแนนก่อนการอบรมมีค่าเท่ากับ 5 คะแนนและหลังการอบรมมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 17 คะแนน และยังคงพบว่าคะแนนน้อยที่สุดหลังการอบรมเท่ากับ 21 คะแนน ในขณะที่ก่อนการอบรมคะแนนน้อยที่สุดคือ 5 คะแนน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังการศึกษา

หัวข้อ	x (SD)	Z	P-value
ลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนบริหาร			
ก่อนการเรียนรู้	2.32(0.08)	-3.15	≤0.001*
หลังการเรียนรู้	3.00(0.01)		
บทบาทของเลขานุการ			
ก่อนการเรียนรู้	2.40(0.82)	-2.29	0.022*
หลังการเรียนรู้	2.92(0.91)		
ความรู้ด้านงานสารบรรณ			
ก่อนการเรียนรู้	1.28(0.84)	-4.43	≤0.001*
หลังการเรียนรู้	7.64(0.70)		
ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ			
ก่อนการเรียนรู้	4.44(1.69)	-3.79	≤0.001*
หลังการเรียนรู้	6.08(0.86)		
การพัฒนาบุคลากรภาพ			
ก่อนการเรียนรู้	1.48(1.00)	-4.42	≤0.001*
หลังการเรียนรู้	3.52(0.77)		
เทคนิคการประสานงาน			
ก่อนการเรียนรู้	1.28(0.84)	-4.39	≤0.001*
หลังการเรียนรู้	2.88(0.33)		
รวม			
ก่อนการเรียนรู้	15.08(4.82)	-4.38	≤0.001*
หลังการเรียนรู้	25.64(2.10)		

*P-value ≤0.05

ตารางที่ 1 แสดงผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังการศึกษา โดยพบว่าคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านหลักสูตรออนไลน์ ของเลขานุการผู้บริหารกรมอนามัยจากทั่วประเทศนั้น มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในหัวข้อดังนี้คือ ลักษณะงานสนับสนุนภารกิจนบริหาร บทบาทของเลขานุการ ความรู้ด้านงานสารบรรณ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ การพัฒนาบุคลากรภาพ และเทคนิคการประสานงาน นอกจากนี้เมื่อทำการรวมคะแนนในทุกหัวข้อครบทั้งหกด้านแล้วพบว่า คะแนนของกลุ่มตัวอย่างหลังร่วมการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านหลักสูตรออนไลน์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานเลขานุการกรม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยและบทความวิชาการฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นกอร อารีชัย. (2555). การพัฒนาบทเรียนภาษาอังกฤษที่ใช้กิจกรรมพหุปัญญาร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อพัฒนาความสามารถ ด้านการอ่านและการเขียนภาษาอังกฤษและการเรียนรู้ ด้วยตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 , มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [2] พงศ์ สุวรรณชาติ. (2545). การเลขานุการ 1 ระดับอุดมศึกษา, บริษัท พญาไทการพิมพ์จำกัด, กรุงเทพมหานคร.



บทความวิจัย

เครื่องมือและแม่พิมพ์

การศึกษาการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6 STUDY OF INJECTION MOLD DESIGN AND CONSTRUCTION BEARING DISASSEMBLER WITH POLYAMIDE 6 MATERIAL

แจ๊ค ชุ่มอินทร์¹ ประสิทธิ์ แพ่งเพชร² อัครเวช สุภาคม³ ประเสริฐ ชุมปัญญา⁴ สุนทร คำพินิจ⁵ ปราบดา ดาวเรือง⁶ ศุภชัย มาตรินทร์⁷
เหนือดินา รัชย์พันธ์เจริญ⁸ และปัญญา ณ บางช้าง⁹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9} สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: nuehdina-ra@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6 เนื่องจากทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์มีอุปกรณ์ชุดถอดประกอบตลับลูกปืนเพียงชุดเดียว และมีการใช้งานบ่อยครั้ง จึงทำให้ตัวถอดประกอบตลับลูกปืนที่มีการใช้งานบ่อยเกิดความเสียหาย ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยพอลิเอไมด์ 6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืน เพื่อทดลองฉีดขึ้นรูปตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6 และเพื่อให้ได้ชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6 จากการที่ได้ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบ 2 แผ่นเพื่อฉีดตัวถอดประกอบตลับลูกปืน สามารถฉีดขึ้นรูปตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6 ได้ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 52 มม. มีพิทักความเผื่อเท่ากับ +0.5 มม. และทดสอบแรงกดชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนสามารถรับแรงกดได้ 70 kN แล้วชิ้นงานไม่เกิดความเสียหาย ถือว่าได้ชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

คำสำคัญ: แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ตัวถอดประกอบตลับลูกปืน พอลิเอไมด์ 6

Abstract

This research is a study of the design and construction of an injection mold for a bearing disassembler made from polyamide 6 because the tool and mold engineering department has only one set of bearing disassembly equipment, and is frequently used Therefore causing damage to the bearing disassembler that is frequently used. Therefore, the organizing team has designed and created a plastic injection mold for the bearing assembly disassembly using polyamide 6 with the objective of designing and creating a plastic injection mold for the bearing assembly disassembly, to test the injection molding of the bearing assembly. Assemble ball bearings with polyamide 6 material and to obtain a workpiece for dismantling a bearing assembly with polyamide 6 material, from designing and creating a 2-sheet plastic injection mold for injecting a bearing disassembler. The bearing disassembler can be injection molded with polyamide 6 material, which has a diameter of 52 mm with a tolerance of +0.5 mm and a pressure test on the workpiece. The bearing disassembly can accept The pressure is 70 kN and the

workpiece is not damaged. It is considered that the workpiece for dismantling the bearing assembly is obtained for the purpose of this research.

Keyword: plastic injection mold construction bearing disassembler polyamide 6

1. บทนำ

เนื่องจากในภาคอุตสาหกรรมมีการใช้เครื่องจักรกันเป็นจำนวนมาก และชิ้นส่วนที่สำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรนั้นคือ ตลับลูกปืนหรือแบริ่ง (Bearing) ซึ่งมีหน้าที่ในการลดแรงเสียดทานและช่วยหมุนเพลลา แกน หรือล้อ ในขณะที่เครื่องจักรทำงาน แม้ว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้จะมีคุณภาพดี ทนทานมาก แต่ด้วยภาระการทำงานที่หนักหน่วง จึงต้องมีการบำรุงรักษาด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การถอดประกอบตลับลูกปืนปรับให้ได้ศูนย์พอดี เพราะหากงานประกอบไม่ได้คุณภาพ มีการเอียงไปทางใดทางหนึ่ง จะทำให้แรงกดที่เม็ดภายในจนทำให้มีสะเก็ดหรือแตกร้าวได้ ทั้งนี้การถอดประกอบที่ผิดวิธี โดยการใช้แรงคอกอตัวอย่างรุนแรง เป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาตลับลูกปืนเสียหายก่อนกำหนด

ในอดีตจนถึงปัจจุบันทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้มีการใช้เครื่องจักรในด้านการเรียนการสอนภาคปฏิบัติอย่างหนัก จึงมีการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอยู่บ่อยครั้ง และการถอดประกอบตลับลูกปืนก็เป็นส่วนหนึ่งในการซ่อมบำรุงที่พบบ่อยเช่นกัน ซึ่งทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์มีอุปกรณ์ชุดถอดประกอบตลับลูกปืนเพียงชุดเดียว และมีการใช้งานบ่อยครั้ง จึงทำให้ตัวถอดประกอบตลับลูกปืนที่มีการใช้งานบ่อยเกิดความเสียหาย ทั้งนี้ทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ได้เสนอให้ทางคณะผู้จัดทำออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืน

จากปัญหาข้างต้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยพอลิเอไมด์ 6 ซึ่งเป็นพลาสติกทางวิศวกรรมที่มีความแข็งแรง เหนียว แกร่ง ขยายตัวได้มาก ไม่เสียรูปง่าย เหมาะสำหรับงานที่รับแรงมาก ๆ ทนต่อสารเคมี การขีดข่วน และทนต่อความร้อนได้ดี

บทความวิจัย

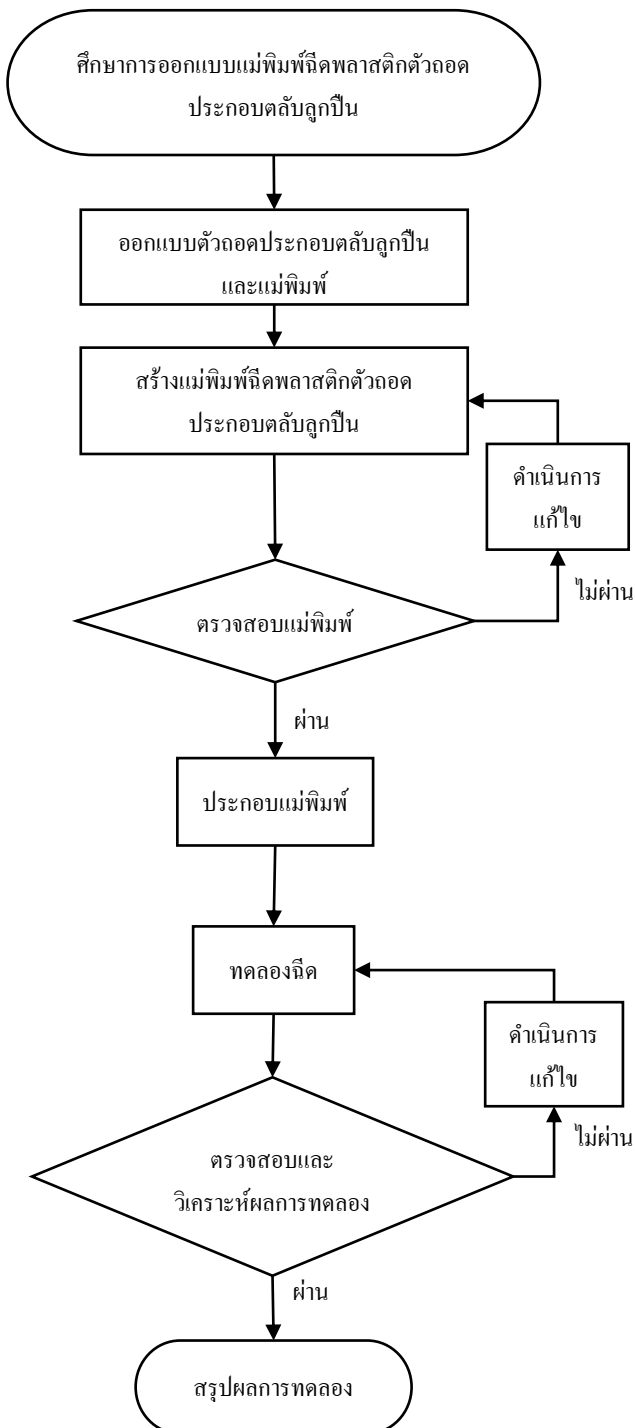
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืน
2. เพื่อทดลองฉีดขึ้นรูปตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6
3. เพื่อให้ได้ชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6

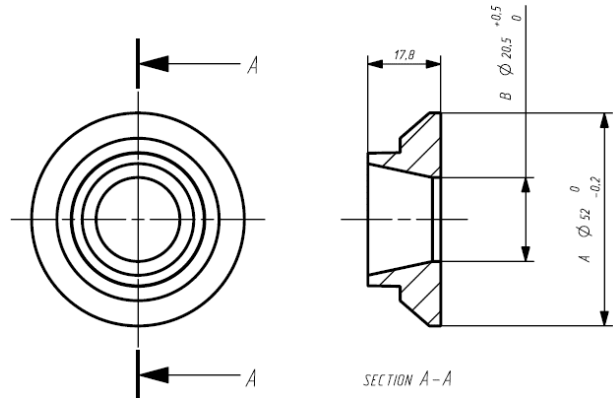
3. การออกแบบและวิธีการ

3.1 ขั้นตอนการวิจัย



3.2 ออกแบบชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืน

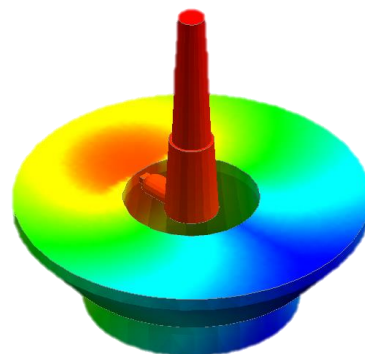
ในการออกแบบชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนนั้น ทางคณะผู้จัดทำได้อ้างอิงขนาดและรูปร่างมาจากชุดถอดประกอบตลับลูกปืนของสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ที่มีอยู่ นำมาออกแบบชิ้นงาน เนื่องจากชุดถอดประกอบตลับลูกปืนที่มีอยู่นั้น มีการใช้งานบ่อย จึงทำให้ตัวถอดประกอบตลับลูกปืนเสียหาย พลาสติกเสื่อมสภาพและมีส่วนชิ้นที่สูญหาย ทางคณะผู้จัดทำจึงออกแบบตัวถอดประกอบตลับลูกปืนขนาด $\varnothing 52$ มม. เพื่อให้ได้ชิ้นงาน ตัวถอดประกอบตลับลูกปืน



รูปที่ 1 ชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืน

3.3 ตรวจสอบการไหลของพลาสติกด้วยคำสั่ง Easy fill

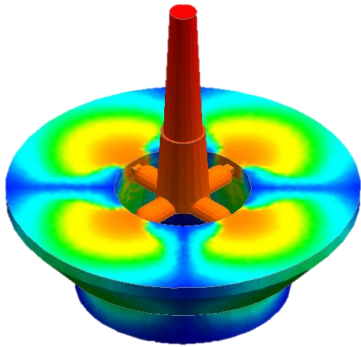
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจำลองการไหลของพลาสติก เพื่อสังเกตดูรอยเชื่อมประสานของน้ำพลาสติกนั้นสามารถเชื่อมประสานกันได้ดีหรือไม่ โดยในการใช้คำสั่ง Easy fill จะต้องกำหนดชนิดพลาสติกที่ใช้ในการฉีด, กำหนดทิศทางการไหลของน้ำพลาสติก และกำหนดทางเข้าของน้ำพลาสติกเข้าสู่ชิ้นงาน จากนั้นจะกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการฉีดเพื่อทำการจำลองการไหลของพลาสติก ซึ่งชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนมีทางเข้าของน้ำพลาสติกทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ ทางเข้าแบบหนึ่งทาง, ทางเข้าแบบสี่ทาง และทางเข้าแบบตรง



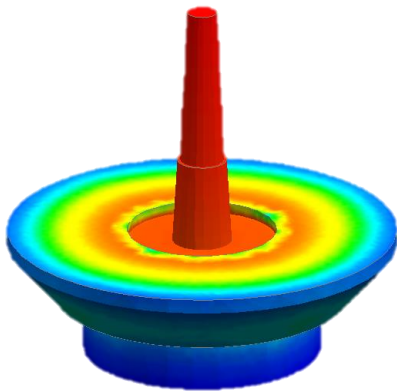
รูปที่ 2 จำลองการไหลของน้ำพลาสติกที่ชิ้นงานทางเข้าแบบหนึ่งทาง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



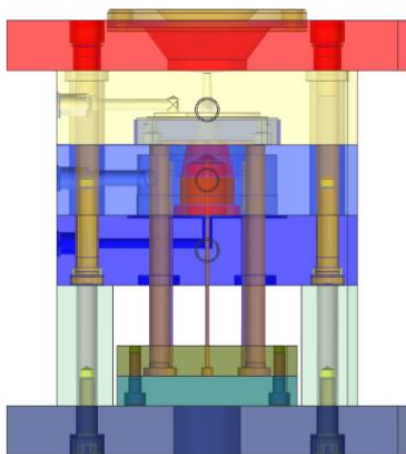
รูปที่ 3 จำลองการเย็นตัวของน้ำพลาสติกที่ขึ้นงานทางเข้าแบบสี่ทาง



รูปที่ 4 จำลองการเย็นตัวของน้ำพลาสติกที่ขึ้นงานทางเข้าแบบตรง

3.4 ออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืน

หลังจากออกแบบชิ้นงานที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว ก็จะเป็นขั้นตอนในการออกแบบชุดแม่พิมพ์ที่จะนำมาใช้ในการผลิตชิ้นงาน โดยอันดับแรกต้องวิเคราะห์และเลือกชนิดของแม่พิมพ์ก่อนว่าจะใช้แม่พิมพ์แบบไหนที่จะเหมาะสมกับชิ้นงานมากที่สุด



รูปที่ 5 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืน

3.5 การทดสอบตัวถอดประกอบตลับลูกปืน

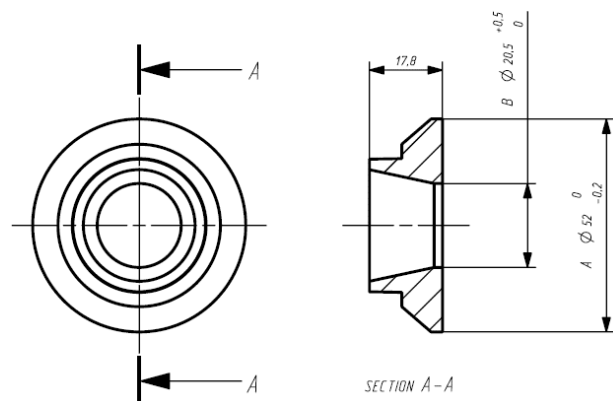
ในขั้นตอนนี้จะทำการประกอบตลับลูกปืนเข้าเพลาลูกปืนและเสียดลับลูกปืน โดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด ในการกดตลับลูกปืนลงไปในเพลาลูกปืนและเสียดลับลูกปืน เพื่อนำแรงที่ใช้ในการประกอบตลับลูกปืนเข้าเพลาลูกปืนและเสียดลับลูกปืน มาทดสอบกับชิ้นงานว่าสามารถรับแรงได้มากกว่าหรือไม่ โดยนำชิ้นงานที่ฉีดทั้ง 3 แบบทางเข้ามาทดสอบแรงกด โดยกำหนดให้ชิ้นงานต้องสามารถรับแรงได้มากกว่า 10 เท่า ของแรงที่ใช้ประกอบตลับลูกปืน ซึ่งแรงที่ได้จากการประกอบตลับลูกปืนเข้าเพลาลูกปืนและเสียดลับลูกปืนนั้น ใช้แรงกดเฉลี่ยอยู่ที่ 7.2 kN จึงจะอัดตลับลูกปืนลงไปได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงกำหนดแรงกดที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนอยู่ที่ 70 kN



รูปที่ 6 ทดสอบแรงกดชิ้นงาน

3.6 ผลการวัดขนาดชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืน

โดยขนาดของชิ้นงานที่มีทางเข้าทั้ง 3 แบบ นั้นจะต้องฉีดออกมาให้มีขนาดหลังจากที่หดแล้ว ณ จุด A มีพิทักความเผื่อที่ 0 มม. ถึง -0.2 มม. และจุด B มีพิทักความเผื่อที่ +0.5 มม. ถึง 0 มม.



รูปที่ 7 แบบชิ้นงานสำหรับการตรวจสอบขนาด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 ขนาดของชิ้นงานที่มีทางเข้าแบบหนึ่งทาง

ชั้นที่	ตำแหน่งการวัดขนาด (มม.)	
	A	B
	Ø52	Ø20
1	51.71	20.43
2	51.71	20.35
3	51.78	20.29
4	51.77	20.42
5	51.76	20.49
6	51.73	20.37
7	51.75	20.40
8	51.8	20.38
9	51.78	20.29
10	51.75	20.38
ค่าเฉลี่ย	51.75	20.38

ตารางที่ 3 ขนาดของชิ้นงานที่มีทางเข้าแบบตรง

ชั้นที่	ตำแหน่งการวัดขนาด (มม.)	
	A	B
	Ø52	Ø20
1	51.60	20.33
2	51.57	20.46
3	51.52	20.24
4	51.62	20.36
5	51.52	20.39
6	51.60	20.43
7	51.55	20.44
8	51.63	20.47
9	51.51	20.33
10	51.62	20.43
ค่าเฉลี่ย	51.57	20.39

ตารางที่ 2 ขนาดของชิ้นงานที่มีทางเข้าแบบสี่ทาง

ชั้นที่	ตำแหน่งการวัดขนาด (มม.)	
	A	B
	Ø52	Ø20
1	51.81	20.41
2	51.70	20.43
3	51.82	20.36
4	51.80	20.34
5	51.75	20.32
6	51.75	20.31
7	51.81	20.34
8	51.77	20.46
9	51.81	20.48
10	51.78	20.18
ค่าเฉลี่ย	51.78	20.36

4. ผลการทดลอง

ก่อนทำการทดสอบแรงกดชิ้นงานตัวถอดประกอบคล้ายลูกปืน จะต้องทำการอัดคล้ายลูกปืนเข้าเพลาลูกปืนและเสียดคล้ายลูกปืน ทดสอบเพื่อให้ทราบแรงที่ใช้ในการอัดคล้ายลูกปืนลงไป ซึ่งได้แรงกดเฉลี่ยอยู่ที่ 7.2 kN จึงจะอัดคล้ายลูกปืนได้จนสุด ทางผู้ทดสอบจึงกำหนดแรงกดที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงานตัวถอดประกอบคล้ายลูกปืนเป็น 10 เท่าของแรงที่ใช้กดคล้ายลูกปืนเข้าเพลาลูกปืนและเสียดคล้ายลูกปืน ซึ่งจะใช้แรงกดอยู่ที่ 70 kN โดยที่ชิ้นงานตัวถอดประกอบคล้ายลูกปืนจะต้องไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งผลปรากฏว่า ชิ้นงานตัวถอดประกอบคล้ายลูกปืน สามารถรับแรงกดที่ 70 kN ได้ทั้ง 3 รูปแบบทางเข้า โดยที่ชิ้นงานไม่เกิดความเสียหาย

โดยสมมติฐานที่ทางคณะผู้จัดทำได้ตั้งไว้ว่ารอยเชื่อมผสานที่เกิดขึ้นที่ผิวของชิ้นงานทั้ง 3 รูปแบบทางเข้ามีผลต่อการรับแรงกดทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย ซึ่งผลปรากฏว่า รอยเชื่อมผสานที่เกิดขึ้นไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย



รูปที่ 8 ชิ้นงานหลังจากที่ทำการทดสอบ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

5. สรุปผลการทดลอง

สรุปได้ว่าคณะผู้จัดทำสามารถออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตัวถอดประกอบตลับลูกปืน โดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ และยังสามารถฉีดขึ้นรูปตัวถอดประกอบตลับลูกปืนด้วยวัสดุพอลิเอไมด์ 6 ได้ ซึ่งมีขนาดเป็นไปตามที่กำหนด และอยู่ในพิสัยความเค้น อีกทั้งการทดสอบแรงกดชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืน โดยที่มีแรงกดเป็น 10 เท่าของแรงที่ใช้ฉีดตลับลูกปืนเข้าเพลาลูกปืนและเสียดตลับลูกปืน ซึ่งชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนสามารถรับแรงกดได้ 70 kN แล้วชิ้นงานไม่เกิดความเสียหาย ถือว่าได้ชิ้นงานตัวถอดประกอบตลับลูกปืนตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมืองและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณบริษัท บิ๊กคิว จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ให้คณะผู้จัดทำได้เข้าไปดำเนินงานในการสร้างแม่พิมพ์ รวมถึงให้คำปรึกษาคำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานเป็นอย่างดี และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่อำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบ เพื่อให้การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาลี ตระการกุล, การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด 1. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.
- [2] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2553, คุณสมบัติของ พอลิเอไมด์ 6 [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://packaging.oie.go.th/ewnew/admin_control_new/htmldemo/file_technology/9627015438.pdf [สืบค้นเมื่อ 11/ธันวาคม/2566]
- [3] Mr. Klaus Schulz, แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก, พิมพ์ครั้งที่ 2, แปลจาก PLASTIC INJECTION MOULD DESIGN AND MANUFACTURE, แปลและเรียบเรียงโดย ชัยรัตน์ แก้วด้วง และวิวัฒน์ ตันดิขจร โกศล, กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน

ประวัติผู้เขียนบทความ



ชื่อ-นามสกุล นายปราบดา ดาวเรือง
ที่อยู่ 21/65 หมู่ 2 ต.บางกรวย
อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130
โทรศัพท์ 06-2520-8357
E-mail address prabda-da@rmutp.ac.th



ชื่อ-นามสกุล นายสุภชัย มาดรินทร์
ที่อยู่ 40/35 หมู่ 6 ต.บางจาก
อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ
10130
โทรศัพท์ 08-4505-2575
E-mail address suphachai-ma@rmutp.ac.th



ชื่อ-นามสกุล นางสาวเหนือดินา รักษ์พันเจริญ
ที่อยู่ 43/3 ม.1 ต.บางกร่าง
อ.เมืองนนทบุรี จ.นนทบุรี
11000
โทรศัพท์ 09-8247-1415
E-mail address nuehdina-ra@rmutp.ac.th

การศึกษาออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขอบและเจาะรูฝาครอบตลับลูกปืน

STUDY OF DESIGN AND MAKING OF MOLDS FOR TRIMMING AND PIERCING FOR BEARING COVERS.

อัครเวช สุภาคัม¹ แจ็ค ชุ่มอินทร์² ประสิทธิ์ แพ่งเพชร³ ประเสริฐ ชุมปัญญา⁴ สุนทร คำพินิจ⁵ ปัญญา ณ บางช้าง⁶ ปุรพหัจกร สดปลิด⁷
ภัทภูมิ มีแสง⁸ และเหนือดิชา รัชพันธ์เจริญ⁹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9} สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: panchaya-n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์มีเครื่องจักรที่ให้นักศึกษาได้ใช้งาน ซึ่งชิ้นส่วนได้เกิดการสึกหรอ คือ ฝาครอบตลับลูกปืนยึดปลายเกลียว แทนตัดขวางของเครื่องกลึง ทางสาขาของผู้จัดทำได้ออกแบบทำการสร้างแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปฝาครอบตลับลูกปืนขึ้น ทางคณะผู้จัดทำมีความประสงค์ที่จะพัฒนาต่อยอดแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาครอบตลับลูกปืน จากเดิมที่มีอยู่ให้ครบกระบวนการการผลิต โดยการทำให้แม่พิมพ์เพิ่มอีก 2 กระบวนการ คือ กระบวนการเจาะรู (Piercing) และกระบวนการตัดขอบ (Trimming) เพื่อให้ฝาครอบตลับลูกปืนนำมาใช้งานจริงได้ทันที โดยวัสดุที่ใช้ขึ้นรูปจะเป็นแผ่นโลหะ SPCC (เหล็กแผ่นรีดเย็น) ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานยิ่งขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ คือ เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขอบและเจาะรูฝาครอบตลับลูกปืน และเพื่อทดลองผลิตฝาครอบตลับลูกปืนเมื่อทำการทดลองปั๊มฝาครอบตลับลูกปืนเสร็จแล้ว จึงนำชิ้นงานฝาครอบตลับลูกปืนมาทำการตรวจสอบขนาด ชิ้นงานมีความกว้าง 44.92 มิลลิเมตร, ยาว 69.86 มิลลิเมตร และหนา 1.5 มิลลิเมตร และนำมาประกอบกับตลับลูกปืนแล้วพบว่าสามารถนำมาใช้งานจริง จึงสรุปได้ว่าคณะผู้จัดทำสามารถออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขอบและเจาะรูฝาครอบตลับลูกปืนได้สำเร็จแล้ว และสามารถปั๊มขึ้นงานฝาครอบตลับลูกปืนออกมามีความใกล้เคียงกับการออกแบบเอาไว้ในตอนต้น ถือว่าได้ชิ้นงานฝาครอบตลับลูกปืนตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

คำสำคัญ : แม่พิมพ์ปั๊ม โลหะ ; แม่พิมพ์เจาะรู ; แม่พิมพ์ตัดขอบ

Abstract

The Department of Tool and Die Engineering has a machine that students can use. The cross-section of the lathe, the branch of the manufacturer has designed the construction of a stamping mold for the bearing cover. The manufacturer intends to further develop the mold forming the bearing cover from the existing one to complete the production process. There are two additional mold processes: piercing and trimming, so that the bearing cover can be used immediately. The material used for forming is SPCC (cold-rolled steel) sheet metal, which will give the workpiece strength and a longer service life. In line with the objective, it is to design and build a cutting mold and punch holes in the bearing cover, and to test produce the bearing cover. The workpiece

is 44.92 millimeters wide, 69.86 millimeters long, and 1.5 millimeters thick. Therefore, it was concluded that the preparation team was able to design and build the edge cutting mold and drilling holes in the bearing cover successfully. And the bearing cover workpiece can be pumped out to be close to the design at the beginning, it is considered that the bearing cover workpiece is obtained according to the purpose of the project.

Keywords: metal stamping mold; Piercing Die; Trimming Die

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาวงการอุตสาหกรรมด้านต่างๆ คือ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เนื่องจากแม่พิมพ์นั้นเป็นเครื่องมือที่สามารถผลิตชิ้นงานรูปร่างเดียวกันและขนาดคงเดิมได้มากขึ้นต่อวัน ทำให้สามารถให้ผลผลิตสินค้าที่มีมาตรฐานเดียวกันได้อย่างรวดเร็ว แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้น สามารถเป็นตัวกำหนดคุณภาพชิ้นงานในอุตสาหกรรมต่างๆ อุตสาหกรรมเหล่านี้ได้มาจากกระบวนการ (Process) ในการผลิตโดยวิธีการใช้แม่พิมพ์ต่าง ๆ ซึ่งการผลิตแม่พิมพ์ต้องอาศัยทักษะความเชี่ยวชาญเฉพาะสูง ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีสาขาที่เปิดสอนเกี่ยวกับแม่พิมพ์โดยตรง คือ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ ซึ่งได้เปิดทำการสอนมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1986 จนถึงปัจจุบัน

ทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์มีเครื่องจักรที่ให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการใช้งาน ชิ้นส่วนบางชิ้นของเครื่องจักรจึงเกิดการสึกหรอ เมื่อสภาพตามระยะเวลาการใช้งาน หนึ่งในชิ้นส่วนที่ชำรุดนั้นคือ ฝาครอบตลับลูกปืนยึดปลายเกลียว แทนตัดขวางของเครื่องกลึง ตัวฝาครอบของเดิมใช้วัสดุเป็นพลาสติก เกิดความเสียหายชำรุดได้ง่ายและมีความคงทนน้อย ซึ่งลูกปืนจำเป็นต้องมีฝาครอบไว้กันเศษเหล็กหรือสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ทางสาขาของผู้จัดทำเห็นว่าสามารถผลิตชิ้นส่วนนี้ทดแทนได้ จึงได้ออกแบบฝาครอบตลับลูกปืนที่ใช้วัสดุในการผลิตเป็นโลหะ และทำการสร้างแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปฝาครอบตลับลูกปืนขึ้น

ดังนั้น ทางคณะผู้จัดทำมีความประสงค์ที่จะพัฒนาต่อยอดแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาครอบตลับลูกปืนจากเดิมที่มีอยู่ให้ครบกระบวนการการผลิต โดยการทำให้แม่พิมพ์เพิ่มอีก 2 กระบวนการ คือ กระบวนการเจาะรู (Piercing) และกระบวนการตัดขอบ (Trimming) เพื่อให้ฝาครอบตลับลูกปืนนำมาใช้งานทดแทนของเดิมได้ โดยวัสดุที่ใช้ขึ้นรูปจะเป็นแผ่น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

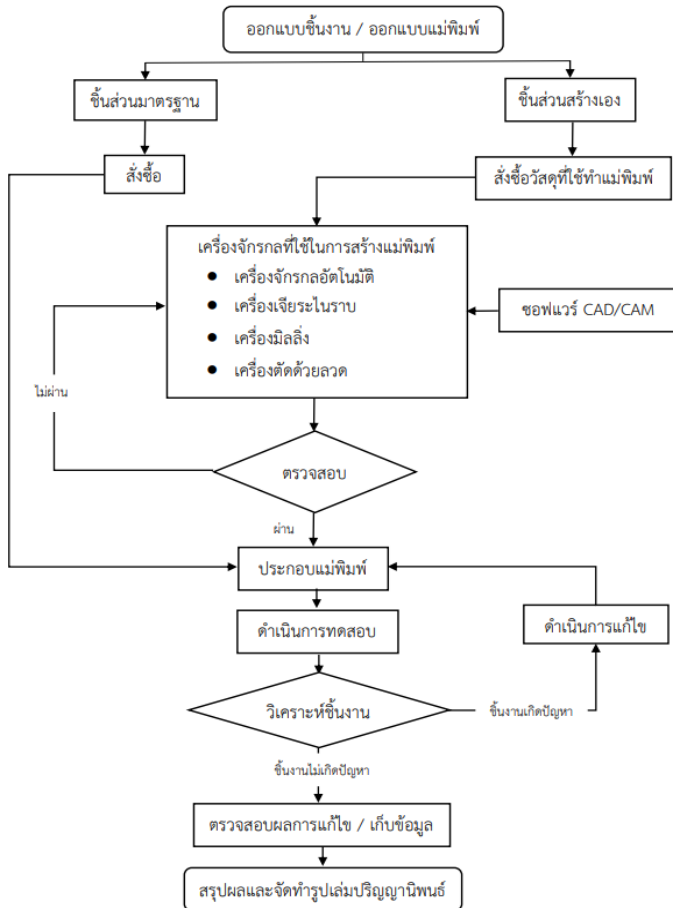
โลหะ SPCC (เหล็กแผ่นรีดเย็น) ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขอบและเจาะรูฝาครอบตลับลูกปืน
2. เพื่อทดลองผลิตฝาครอบตลับลูกปืน



รูปที่ 1 การออกแบบชิ้นงานด้วยซอฟต์แวร์



3. การดำเนินงาน

3.1 ฟังการผลิตและกรรมวิธีการดำเนินงาน

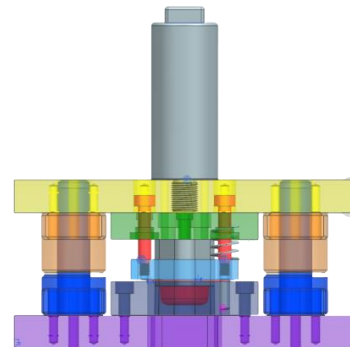
3.2 การออกแบบชิ้นงาน

ชิ้นงานเป็นฝาครอบตลับลูกปืนที่ใช้กับเครื่องกลึงสำหรับกันเศษ ใช้วัสดุ SPCC ในการผลิตชิ้นงาน ซึ่งมีคุณสมบัติ แข็งแกร่งทนทาน มีความสวยงามด้วยรูปทรงและพื้นผิวที่หลากหลายและสามารถรับแรงได้ดี ชิ้นงานออกแบบให้มีความสะดวก ทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเนื่องจากชิ้นงานเดิมมีขอบน้อยซึ่งทำให้น้ำฝัวที่สัมผัสกับเครื่องกลึงมีน้อยจึงออกแบบให้มีขอบมากกว่าเดิม ดังรูปที่ 1 แสดงการออกแบบชิ้นงานด้วยซอฟต์แวร์

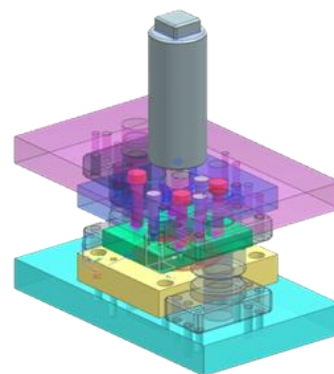
3.3 การออกแบบแม่พิมพ์

ทางผู้จัดทำการออกแบบให้แม่พิมพ์สามารถประกอบได้ทั้ง 2 กระบวนการ โดยคำนึงจากการออกแบบพื้นที่ในกระบวนการเจาะรูแล้วมีที่ว่างพอสำหรับประกอบพื้นที่ในกระบวนการตัดขอบ โดยที่ตำแหน่งของรูศกรูกับรูฟัน ที่ยึด Insert ไม่ไปซ้ำกับตำแหน่งอื่นๆ ความสูงของพื้นที่ออกแบบให้ตอนประกอบแม่พิมพ์แล้ว ปลายพื้นที่พอดีกับแผ่น Stripper ทั้ง 2 กระบวนการ

ในส่วนของการฉายในกระบวนการเจาะรูและกระบวนการตัดขอบ ได้กำหนดตำแหน่งรูร้อยสกรูและรูฝังฟันไว้ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 2 Process ซึ่งมาสามารถทำให้ประกอบกันได้



รูปที่ 2 แม่พิมพ์ตัดขอบฝาครอบตลับลูกปืน



รูปที่ 3 แม่พิมพ์เจาะรูฝาครอบตลับลูกปืน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3.4 การคำนวณที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ

ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์นั้นจำเป็นต้องคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อที่จะเลือกใช้เครื่องปั๊มที่เหมาะสมกับแม่พิมพ์ เพื่อให้ชิ้นงานสามารถนำไปใช้งานได้จริง จึงต้องคำนึงถึงการคำนวณค่าต่าง ๆ

3.4.1 การคำนวณหาแรงตัด (Cutting Force)

ตามสูตรดังนี้ $F = L \times \sigma_s \times t$ (1)

3.4.2 การคำนวณเลือกขนาดเครื่องปั๊ม การเลือกเครื่องปั๊มในแต่ละกระบวนการต้องเลือกจากแรงรวมในการปั๊ม ตามสูตรดังนี้

ขนาดเครื่องปั๊ม = ((1.3-1.5) x แรงตัด) + ((0.02-0.20) x แรงตัด) (2)

3.5 การสร้างแม่พิมพ์

ในขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์ ทางผู้จัดทำต้องทำสร้างชิ้นส่วนแม่พิมพ์เริ่มด้วยการเขียนระนาบปรับขนาดตามแบบ ใช้โปรแกรม UNIGRAPHIC NX ในการทำ CAM เพื่อที่สั่งกัดชิ้นส่วนแม่พิมพ์ ด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ (CNC) เมื่อชิ้นงานเจาะและกัดเสร็จจะนำส่วนพื้นซ์และคายไปชุบแข็ง และจากนั้นได้ทำการตัดชิ้นส่วนแม่พิมพ์ด้วยลวด (Wire Cut) เพื่อที่จะทำให้แม่พิมพ์เกิดความสมบูรณ์และสามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบไว้

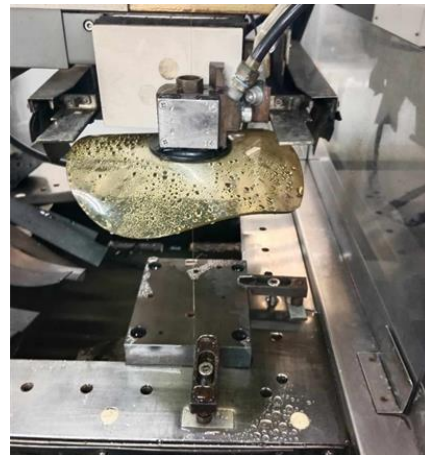
3.5.1 ทำการกัดแผ่นชิ้นส่วนแม่พิมพ์ด้วยเครื่อง CNC ก่อนจะทำการกัดชิ้นส่วนแม่พิมพ์นั้นจะต้องทำความสะอาดโต๊ะเลื่อยของเครื่องก่อน จากนั้นทำการจับยึดชิ้นงาน ตั้งศูนย์งานและทำการตั้งเครื่องมือ เมื่อตั้งทุกอย่างเรียบร้อยแล้วให้นำโค้ด (Code) จาก โปรแกรม CAM มาใส่เครื่อง CNC ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเจาะรูชิ้นส่วนแม่พิมพ์ด้วยเครื่อง CNC

หลังจากที่เจาะและกัดเสร็จแล้วทางผู้จัดทำได้นำชิ้นส่วนที่เป็นพื้นซ์และคายส่งอบชุบเพิ่มความแข็งให้กับวัสดุ เพื่อที่จะทำให้วัสดุสามารถทนต่อการปั๊มได้

3.5.2 ตัดชิ้นส่วนแม่พิมพ์ด้วยเครื่องไวร์คัท หลังจากทีอบชุบชิ้นส่วนพื้นซ์และคายจำเป็นต้องนำทั้งสองส่วนนี้มาทำการตัดรูด้วยลวดไวร์คัทเพราะผ่านการอบชุบมาทำให้วัสดุแข็งแรงเกินกว่าที่จะใช้เครื่องมือเจาะหรือกัดงาน และเนื่องจากการตัดด้วยลวดไวร์คัทนั้นทำให้พื้นซ์และคายมีความคมพอที่จะปั๊มชิ้นงานออกมาได้ ก่อนที่จะเริ่มทำงานต้องทำการตั้งศูนย์ชิ้นงาน ต่อมาป้อนโปรแกรมและค่าต่าง ๆ ใส่เครื่องไวร์ เมื่อใส่ค่าแล้วทำการรื้อลวดผ่านชิ้นงานจึงเริ่มทำการตัด ดังรูปที่ 5 การตัดรูของขั้นตอนการเจาะรู

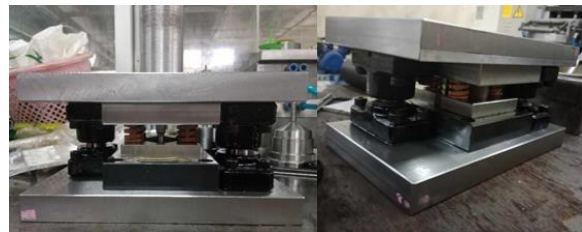


รูปที่ 5 การตัดรูของขั้นตอนการเจาะรู

3.6 การประกอบแม่พิมพ์

3.6.1 ทำความสะอาดและประกอบแม่พิมพ์ทำการตรวจสอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ และชิ้นส่วนมาตรฐานหรือชิ้นส่วนภายในแม่พิมพ์ทั้งหมด

3.6.2 จากนั้นทำการประกอบแม่พิมพ์ ตรวจสอบและทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยรวมแล้วพบว่าแม่พิมพ์รูเกลียวของตัวพื้นซ์ตัดขอบเอียง ทำให้ตอนประกอบหัวสกรูติดกับรูฝังหัวแก้ไข โดย ขยายรูฝังหัว หลังจากนั้นนำมาประกอบเหมือนเดิมแล้วพบว่าแม่พิมพ์ประกอบได้ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แม่พิมพ์ปั๊มตัดขอบและเจาะรูฝาครอบกลับลูกปืน

3.7 การทดลองปั๊มชิ้นงาน

เมื่อสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมดมาประกอบเป็นชุดแม่พิมพ์พร้อมที่จะขึ้นเครื่องปั๊ม เพื่อทำการทดลองปั๊มฝาครอบกลับลูกปืน และได้ชิ้นงานออกมตามรูปที่ 7



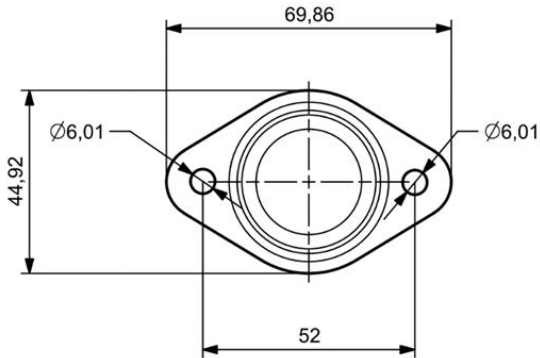
รูปที่ 7 ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการตัดขอบและเจาะรู

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

4. ตรวจสอบขนาดชิ้นงาน

เมื่อทำการบ่มชิ้นงานสำเร็จแล้วทางผู้จัดทำได้นำชิ้นงานจริงที่บ่มได้มาทำการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน และเมื่อบ่มชิ้นงานออกมาพบว่าชิ้นงานมีขนาดดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขนาดชิ้นงานหลังจากทดลองบ่มสำเร็จ

5. ผลการทดลองประกอบ

หลังจากที่ตรวจสอบขนาดชิ้นงานแล้ว ทางผู้จัดทำได้นำชิ้นงานไปทดลองประกอบกับตัวยึดที่ cross slide เครื่องกลึง หลังจากนั้นได้นำชิ้นงานไปพ่นสีเพื่อกันสนิมและเพิ่มความสวยงามให้กับชิ้นงาน เมื่อนำมาประกอบอีกครั้งพบว่า ผิวชิ้นงานแนบติดกับผิวแท่นตัดขวางเครื่องกลึง ทำให้ไม่เกิดช่องว่างที่เศษเหล็กหรือเศษฝุ่นเข้าไปได้ ถือว่าชิ้นงานสามารถใช้งานได้จริง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผ่าครอบตัวยึดที่ประกอบเข้ากับแท่นตัดขวางเครื่องกลึง

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ทุกท่านที่ช่วยอบรม สั่งสอน แนะนำ และอำนวยความสะดวกจนทำให้โครงการนี้ประสบความสำเร็จตาม วัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้ให้การสนับสนุนโครงการไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชรรมณชาติ วันแดง, เทคโนโลยีแม่พิมพ์บ่มตัดโลหะ.— กรุงเทพมหานคร : ซีอีดียูเคชั่น, 2561ประเภทของแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่น
- [2] สุทอง แมชชีนเนอรี่, 2565, (ออนไลน์), เครื่องตัดไฟฟ้าด้วยเส้นลวด (Wire cut Machine),แหล่งที่มา : <https://suthong.co.th/main/newsdetail/36>
- [3] Marakata, 2556, (ออนไลน์), ชนิดของโลหะที่ใช้ทำแม่พิมพ์และชิ้นงาน, แหล่งที่มา : https://nonsawang-hongsook.blogspot.com/2013/06/blog-post_18.html
- [4] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558, (ออนไลน์), เหล็กกล้าทรงแบนรีดเย็นสำหรับงานทั่วไปและงานดัดขึ้นรูป, แหล่งที่มา : [TIS-2012-2558m_Auto1263.pdf](https://tisi.go.th/2558m_Auto1263.pdf)
- [5] Roy Beardmore, 2543, (ออนไลน์), การแปลงค่าแรงดึงสูงสุดเป็นค่าแรงเฉือนสูงสุด, แหล่งที่มา : https://roymech.org/Useful_Tables/Matter/shear_tensile.htm

ประวัติผู้เขียนบทความ



ชื่อ-นามสกุล นางสาวปัญชญา ณ บางช้าง
ที่อยู่ 51 ถ.ราชมนตรี แขวงบางค้วน เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160
โทรศัพท์ 09-5812-9581
E-mail address panchaya-n@rmutp.ac.th



ชื่อ-นามสกุล นายปรุพหังกร สุคปลิด
ที่อยู่ 36 ซ.วิชรพล 1/10 แขวงท่าเรือ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220
โทรศัพท์ 09-4486-6041
E-mail address parunjak-su@rmutp.ac.th



ชื่อ-นามสกุล นายภัทภูมิ มีแสง
ที่อยู่ 67/26 หมู่ 6 ต.เสาชงหิน อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี 11140
โทรศัพท์ 09-0967-1170
E-mail address phattphum-me@rmutp.ac.th

การศึกษาอุณหภูมิแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปภาชนะแผ่นรองแก้วจากผักตบชวาชนิดแผ่น

The study of the temperature of the mold for extruding glass mat containers from water hyacinth sheets.

จักรกฤษณ์ ยิ้มแจ้ง^{1*} อนิตยา วงอุดม¹ ปิยบุตร บุญเกื้อเกียรติ¹ ประเสริฐ ชุมปัญญา¹ วีระเดช จongsรีเกียรติ¹ และรัชชัชชาติ ตำนานู¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมืองและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²สาขาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

E-mail: jakkrit.y@rmutp.ac.th^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิจัยและการศึกษาอุณหภูมิแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นรองแก้วจากผักตบชวาชนิดแผ่น โดยออกแบบชิ้นงานและสร้างแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นรองแก้วให้มีความหนาเพียงพอต่อการซึมของน้ำ (Water absorption) เมื่อถูกใช้งาน การออกแบบและวิเคราะห์โดยใช้ผักตบชวาคัดแห้งแล้วบดละเอียดจากนั้นนำมาผสมกับน้ำช้อนขึ้นด้วยแม่พิมพ์กรอบสี่เหลี่ยมขนาด 20x40 เซนติเมตร ช้อนซ้ำจนได้ความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร และนำไปตากแดดเพื่อจัดทำผักตบชวาชนิดแผ่น จากนั้นนำแผ่นผักตบชวาที่ได้ไปทดสอบการอัดขึ้นรูปใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสานทดสอบการซึมผ่านน้ำตามมาตรฐาน ABNT NM ISO535 โดยทำการชั่งชิ้นงานก่อนทดสอบ จากนั้นนำน้ำเย็นวางบนชิ้นงานเป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำชิ้นงานชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ การออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปชิ้นงานขนาด ความกว้าง 90 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ทดสอบตัวอย่างความหนาของแผ่นผักตบชวา ที่ความแรงอัดคงที่ ใช้อุณหภูมิการอัดและเวลาในการอัด 3 ตัวอย่างคือ 150 : 60 วินาที/ชิ้น, 150 : 120 วินาที/ชิ้น, 150 : 180 วินาที/ชิ้น จากการทดสอบการซึมผ่านของน้ำ การเพิ่มขึ้นของแผ่นผักตบชวาที่ความหนา 5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิการอัด 150 : 180 วินาที/ชิ้น สามารถรองรับการซึมผ่านของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ผักตบชวา; ภาชนะ; แม่พิมพ์

Abstract

This research focuses the temperature mold for extruding glass mats from water hyacinth sheets. By designing the work piece and creating a mold to compress the glass mat to have a thickness sufficient to absorb water (Water absorption) when used. The design and analysis used water hyacinth that was dried and crushed finely, then mixed with water, scooped up with a square mold size 20x40 centimeters, spooned repeatedly until it was about 1 millimeter thick, and then dried in the sun to make water hyacinth sheets. The resulting water hyacinth sheets were then tested for extrusion using wet starch glue as a binder to test water permeability according to ABNT NM ISO535 standards by weighing the specimens before testing. Then cold water was placed on the specimen for 60 seconds and the specimen was weighed after the test. Design of a compression mold for a workpiece with a width of 90 centimeters and a

thickness of 5 millimeters. Testing samples of the thickness of water hyacinth sheets. at constant compressive strength Use the compression temperature and compression time for 3 samples: 150: 60 seconds/piece, 150: 120 seconds/ piece, 150: 180 seconds/ piece from the water permeability test. An increase in the water hyacinth sheet thickness of 5 mm at a compression temperature of 150 :180 s/piece can effectively support water permeability.

Keywords: Water hyacinth; Ware forming; mold

1. บทนำ

จากสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมปัจจุบันด้านอุปโภคและบริโภคของประชากร ส่วนหนึ่งได้แก่ภาชนะที่ถูกใช้แล้วทิ้งในครั้งเดียว ส่วนใหญ่ทำจากสารพลาสติกที่ชื่อว่า พอลิโพรพิลีน ซึ่งหลังจากการใช้งานแล้ว ภาชนะเหล่านี้จะกลายเป็นขยะ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน รวมถึงทำลายระบบนิเวศต่างๆ ต้องใช้เวลานานในการย่อยสลาย และยังพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มี การใช้กันอยู่ในท้องตลาดเกือบทุกชนิด ที่ใส่อาหารส่วน ใหญ่ในการรับประทานและเครื่องดื่มทั้งหลายล้วนถูก บรรจุอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติกด้วยกันทั้งสิ้น [1, 2] ผลเสียต่างๆ มากมายและเกิดปัญหาดรามมาหน่วยงานหรือผู้ที่ เกี่ยวข้องต่างก็มีการรณรงค์ ออกมาตรการ หรือเชิญชวน แก้ปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ แต่ก็ไม่ ค่อยจะเป็นผล เท่าที่ควร ซึ่งก็ต้องตามแก้ปัญหาทันทีหลัง ในหลายๆ ที่ จึงมีการพัฒนา ภาชนะทดแทนที่ทำจากวัสดุธรรมชาติกันอย่าง หลากหลาย เพื่อที่จะนำมาใช้แทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติก และผลิตภัณฑ์จาก โฟม โดยวัสดุที่ใช้ค่อนข้างหาง่ายและมีในพื้นที่ชุมชนสามารถนำมาใช้ได้ อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์จาก เส้นใยกาบกล้วย เส้นใยมันปะหลัง เส้นใยสับปะรด เป็นต้น [3,6] อีกทั้งยังมีการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติอย่างต่อเนื่อง [7,10]

ปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่จึงหันมาให้ความสำคัญกับการใช้ของจากวัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายเองมากขึ้น ทางผู้จัดทำจึง ได้การศึกษาอุณหภูมิแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปภาชนะแผ่นรองแก้วจากผักตบชวาชนิดแผ่น เพื่อศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์ ศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์อัด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ขึ้นรูป รวมถึงทดลองผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อช่วยลดปัญหาโลกร้อน ช่วยลดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศต่างๆ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ

ใช้ตามมาตรฐาน ABNT NM ISO535 [8] โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ จากนั้นนำน้ำเย็นวางบนชิ้นงานเป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ บันทึกน้ำหนักทั้งก่อนและหลัง นำไปหาค่าเฉลี่ย โดยค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\% \text{ water absorption} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ % water absorption = เปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ

m_1 = มวลก่อนแช่น้ำ (g)

m_2 = มวลหลังแช่น้ำ (g)

2.2 ทฤษฎีแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปร้อน

กระบวนการขึ้นรูปร้อน เริ่มต้นด้วยการให้ความร้อนแก่วัสดุกลุ่มอโลหะ (นำความร้อนได้ดี) แม่พิมพ์ทำจากประกอบในเครื่องกดอัด ซึ่งมีชุดให้ความร้อนประกอบอยู่ด้านในแม่พิมพ์จะใส่วัสดุไว้ด้านในแม่พิมพ์ตัวเมีย โดยแม่พิมพ์จะเคลื่อนที่ลงมาอัดกับแม่พิมพ์ตัวเมีย วัสดุออกกลุ่มเหล็กสามารถนำความร้อนผ่านวัสดุได้ดีกว่า

ตารางที่ 1 อุณหภูมิการอัดขึ้นรูปร้อนสำหรับโลหะชนิดต่างๆ

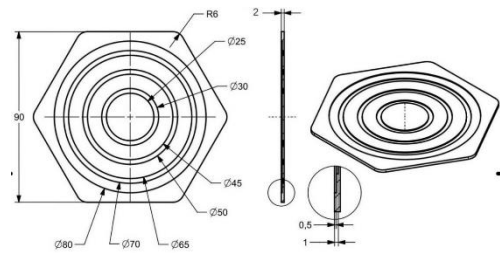
วัสดุ	อุณหภูมิ[° C (° F)]
แมกนีเซียม	150–450 (650–850)
อะลูมิเนียม	150–500 (650–900)
ทองแดง	600–1100 (1200–2000)
เหล็ก	1200–1300 (2200–2400)
ไทเทเนียม	700–1200 (1300–2100)
นิกเกิล	1000–1200 (1900–2200)
โลหะผสม	2000 (4000)

การอัดขึ้นรูปร้อนส่วนใหญ่จะทำด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แนวตั้ง และแนวนอน ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 230 ถึง 11,000 เมตริกตัน (250 ถึง 12,130 ตันสั้น) ความดันอยู่ในช่วง 30 ถึง 700 MPa (4,400 ถึง 101,500 psi) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการหล่อลื่นซึ่งอาจเป็นน้ำมันหรือกราไฟต์ สำหรับการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือผงแก้วสำหรับการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงขึ้น

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบชิ้นงาน

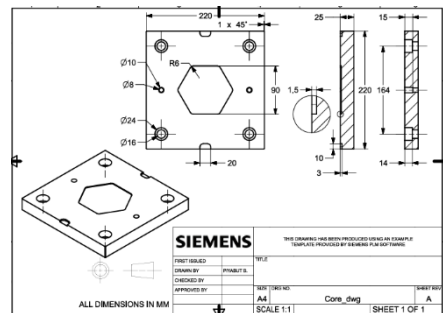
ศึกษาการใช้งานและกำหนดขนาดของผลิตภัณฑ์แผ่นรองแก้วจากผักตบชวาตากแห้งชนิดแผ่น ทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบให้ชิ้นงานภาชนะมีขนาดพอเหมาะกะขนาดแก้วน้ำในปัจจุบันความกว้าง 90 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งไม่เล็ก และไม่ใหญ่จนเกินไป



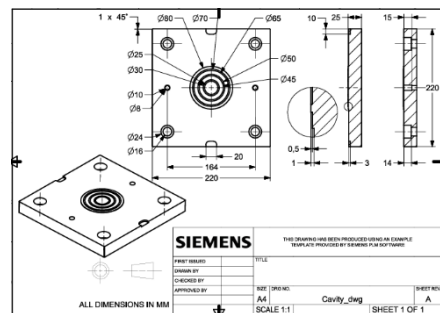
รูปที่ 1 ขนาดของภาชนะแผ่นรองแก้ว (หน่วย:mm)

3.2 ออกแบบแม่พิมพ์และสร้างแม่พิมพ์

ออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปโดยออกแบบด้วยโปรแกรม Nx โดยออกแบบด้วยโครงสร้างของแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปร้อน กำหนดในการผลิตแม่พิมพ์ด้วยวัสดุ อลูมิเนียม เกรด 5 AL5083 ซึ่งเป็นชนิดอลูมิเนียมผสมแมกนีเซียม Magnesium(Mg)Al-Mg แร่แมกนีเซียมมีความสามารถในการละลายรวมถึงการหลอมรวมกับอลูมิเนียมได้ดี สัณฐานวิทยาวัสดุ แทนด้วยA5XXXX และกลุ่มรวมวัสดุได้แก่A5052,A5056



รูปที่ 2 ออกแบบแม่พิมพ์ส่วนล่าง



รูปที่ 3 ออกแบบแม่พิมพ์ส่วนบน

บทความวิจัย

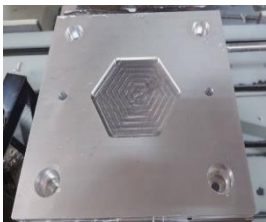
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3.3 การสร้างแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป

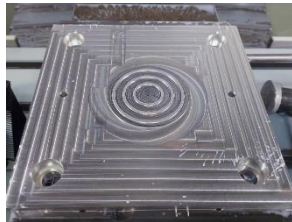
เมื่อออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปโดยออกแบบด้วยโปรแกรม Nx แล้ว โดยขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด CNC จากวัสดุ อลูมิเนียม เกรด 5 AL5083 เขียนโปรแกรมสั่งการทำงาน



รูปที่ 4 การกัด CNC ตามโปรแกรม



(a)



(b)

รูปที่ 5 (a,b) แม่พิมพ์ที่ส่วนบนและล่าง

3.4 จัดทำฝักตบชวาชนิดแผ่น

ดำเนินการ โดยใช้ฝักตบชวาจากแหล่งน้ำธรรมชาตินำมาทำความสะอาด แล้วหั่นย่อยให้ละเอียดปานกลางแล้วบดละเอียดจากนั้นนำมาผสมกับน้ำซอขึ้นด้วยแม่พิมพ์กรอบสี่เหลี่ยมขนาด 20x40 เซนติเมตร ซอนข้างันได้ความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร และนำไปตากแดดเพื่อจัดทำฝักตบชวาชนิด



(a)



(b)

รูปที่ 6 (a,b) ฝักตบชวาจากแหล่งน้ำธรรมชาติหั่นละเอียด



(a)

(b)

รูปที่ 7 (a,b) ฝักตบชวาตากแห้งและบดละเอียด



(a)

(b)

รูปที่ 8 (a,b) การทำฝักตบชวาชนิดแผ่น



รูปที่ 9 ฝักตบชวาชนิดแผ่น

4. ผลการทดลอง

4.1 ทดสอบแม่พิมพ์ขึ้นรูปภาชนะจากฝักตบชวา

ทดสอบการขึ้นรูปภาชนะแผ่นรองแก้วด้วยเครื่องอัด ทำการ Preheat แม่พิมพ์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเวลา 30 นาที



รูปที่ 10 Preheat แม่พิมพ์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที


บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

4.2 ผลการทดสอบการขึ้นรูปภาชนะจากผักตบชวา

การขึ้นรูปแม่พิมพ์อัดขึ้นงานแผ่นรองแก้ว อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 3 ตัวอย่าง คือ 150 : 60 วินาที/ชิ้น, 150 : 120 วินาที/ชิ้น, 150 : 180 วินาที/ชิ้น ด้วยเครื่องอัดที่แรงอัด 100 kg/cm²

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบขึ้นรูปภาชนะจากผักตบชวา

ตัวอย่างทดลอง	ผลที่ได้	รูปภาพ
60 วินาที	ชิ้นงานขึ้นรูปไม่สมบูรณ์	
120 วินาที	ชิ้นงาน ไม่แข็งแรง และขึ้นลายไม้ชัดเจน	
180 วินาที	ชิ้นงานมีความหนาเหมาะสม แข็งแรง ขึ้นลายชัดเจน มีสีเข้ม	

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างการทดสอบที่ 150 : 180 วินาที/ชิ้น ให้ภาชนะที่มีความแข็งแรง ผิวเรียบสม่ำเสมอ และเปลือกรูปทรงสวยงาม ต่างจากตัวอย่างการทดสอบอื่นๆ ที่ไม่ค่อยเป็นรูปทรงที่สมบูรณ์

4.3 ผลการทดสอบการหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ

การทดสอบการซึมน้ำ โดยทำการชั่งชิ้นงานก่อนทดสอบ จากนั้นนำชิ้นงานขึ้นงานเป็นเวลา 60 วินาทีแล้วนำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ บันทึกน้ำหนักทั้งก่อนและหลัง นำไปหาค่าเฉลี่ย โดยค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำคำนวณได้ใช้ตามมาตรฐาน ABNT NM ISO535 [8]จากสมการที่ 1

ตารางที่ 3 การหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส : 60 วินาที/ชิ้น

ชิ้นงานที่	m ₁ (g)	m ₂ (g)	%การซึมน้ำ
1	2.58	2.66	3.10
2	2.46	2.55	4.07
3	2.56	2.65	3.51
4	2.60	2.70	3.05
5	2.56	2.63	2.73
6	2.46	2.54	3.25
7	2.45	2.54	3.67
8	2.46	2.54	3.25
9	2.56	2.64	3.13
10	2.60	2.68	3.08
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ			3.03

ผลของการทดสอบการหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส : 60 วินาที/ชิ้น ด้วยเครื่องอัดที่แรงอัด 100 kg/cm² ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ 3.03 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 การหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส : 120 วินาที/ชิ้น

ชิ้นงานที่	□ ₁ (g)	□ ₂ (g)	%การซึมน้ำ
1	2.59	2.66	2.70
2	2.48	2.54	2.42
3	2.50	2.58	3.20
4	2.50	2.56	2.40
5	2.48	2.54	2.42
6	2.58	2.64	2.33
7	2.56	2.62	2.34
8	2.60	2.70	3.85
9	2.60	2.69	3.46
10	2.58	2.64	2.33
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ			2.75

ผลของการทดสอบการหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส : 120 วินาที/ชิ้น ด้วยเครื่องอัดที่แรงอัด 100 kg/cm² ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ 2.75 เปอร์เซ็นต์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 5 การหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส :
180 วินาที/ชิ้น

ชิ้นงานที่	m ₁ (g)	m ₂ (g)	%การซึมน้ำ
1	2.60	2.66	2.30
2	2.48	2.56	3.23
3	2.46	2.54	3.25
4	2.50	2.56	2.40
5	2.56	2.62	2.34
6	2.54	2.60	2.36
7	2.58	2.66	3.10
8	2.62	2.68	2.29
9	2.57	2.64	2.72
10	2.61	2.67	2.30
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ			2.62

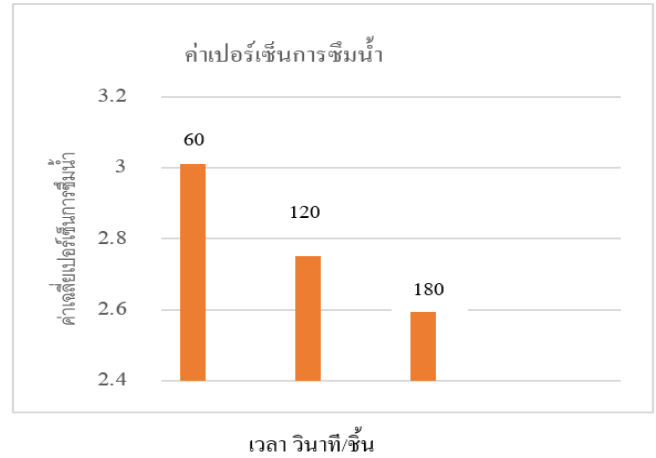
ผลของการทดสอบการหาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ ที่อุณหภูมิ
150 องศาเซลเซียส : 180 วินาที/ชิ้น ด้วยเครื่องอัดที่แรงอัด 100 kg/cm²
ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ 2.62 เปอร์เซ็นต์

4.3 สรุปผลการทดสอบการซึมน้ำ

จากการทดสอบสามารถขึ้นรูปภาชนะรองแก้วจากผักตบชวาชนิด
แผ่นได้ มีขนาดตามแบบที่กำหนด และการทดลองทั้ง 3 ช่วงเวลาที่
อุณหภูมิ 150 องศา เวลา 180 วินาที ที่แรงอัด 100 kg/cm² ค่าเปอร์เซ็นต์
การซึมน้ำ 2.62 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 11 การทดสอบการซึมน้ำ(เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 12 กราฟแสดงผลการซึมน้ำ(เปอร์เซ็นต์)

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยด้านเวลาที่มีผลต่อการขึ้นรูป ที่อุณหภูมิเท่ากัน แต่เวลา
มากขึ้นทำให้ชิ้นงานมีความชื้นน้อย อุณหภูมิส่งผลต่อลักษณะทาง
กายภาพของชิ้นงานเล็กน้อย ไม่เกิดการไหม้ เพราะวัสดุมีคุณสมบัติทน
ความร้อนพอสมควร วัสดุที่ทดลองมีลักษณะเป็นเส้นใยสามารถขึ้นรูปได้
โดยไม่ต้องใช้ตัวช่วยประสานในปริมาณที่มากได้ สามารถขึ้นรูปชิ้นงาน
มีขนาดตามแบบที่กำหนด และการทดลองทั้ง 3 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิ 150
องศา เวลา 180 วินาที ที่แรงอัด 100 kg/cm² ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ 2.62
เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมที่สุดในการอัดขึ้นรูปแผ่นรองแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับการสนับสนุนและได้รับ
คำปรึกษาการช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ โดยให้คำแนะนำ
และถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนควบคุมการทำวิจัยจนสำเร็จด้วยดี คณะ
ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัสดุธรรมชาติ.ค้นข้อมูลเมื่อ 29 มกราคม 2565,จาก
http://119.46.166.126/self_all/selfaccess8/m2/529/lesson2
- [2] การอัดขึ้นรูป.ค้นข้อมูลเมื่อ 29 มกราคม 2565,จาก
<https://isecosmetic.com/wiki/Extrusion>
- [3] การอัดขึ้นรูป.ค้นข้อมูลเมื่อ 30 มกราคม 2565,จาก
<https://hmong.in.th/wiki/Extrusion>
- [4] การอัดขึ้นรูปชิ้นงาน.ค้นข้อมูลเมื่อ 30 มกราคม 2565,จาก
<https://www.netinbag.com/th/manufacturing/what-is-compression-molding.html>

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

- [5] อลูมิเนียม.ค้นข้อมูลเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2565,จาก
<http://www.trinitydynamic.com/> อลูมิเนียม
- [6] ชานู แสงคำ. (2556). เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ
(โครงการ).กรุงเทพฯ.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
- [7] กิตติศักดิ์ เมืองกลาง. (2564). เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ
(โครงการ).นครราชสีมา.วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา,จาก
<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/article/view/245508>
- [8] ศราวุธ คนตรี. (ม.ป.ป.). เครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุ
ธรรมชาติ. [ออนไลน์]. ค้นข้อมูลเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2565,
จาก <http://blog.bru.ac.th>.
- [9] ณกฤติกา ทรัพย์พ่วง. (2564).การมีส่วนร่วมของประชาชนที่มีต่อการ
อนุรักษ์งานจักสานผักคบบชวา กรณีศึกษา ตำบลสรรพยา อำเภอสรรพยา
จังหวัดชัยนาท(โครงการ).กรุงเทพฯ.มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
,จาก https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jmhs1_s/article/view/249792
- [10] วัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น.ค้นข้อมูลเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2565,จาก
<http://www.digitalschool.club/digitalschool/>

การศึกษาชนิดงานสวมระหว่างเศษจากการตัดขอบฝาครอบปลายเกลียวแท่นตัดขวางกับสลักกำหนดตำแหน่งแม่พิมพ์ตัดขอบ

A study of the type of fits between scraps from trimming the edge of the crossfeed screw end cover and positioning pins in trimming dies

อัครเวช สุภาคย์* ปัญญา ณ บางช้าง ปรุพจักร สุดปลิดและ กัทภูมิ มีแสง

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
แขวงวงศัศวาง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail : akrawech.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดงานสวมระหว่างเศษจากการตัดขอบฝาครอบปลายเกลียวแท่นตัดขวางกับสลักกำหนดตำแหน่งแม่พิมพ์ตัดขอบ ดำเนินการวิจัยโดยใช้ไมโครมิเตอร์วัดนอก ช่วงวัด 0 - 25 มม. ความละเอียด 0.001 มม. และไมโครมิเตอร์วัดใน ช่วงวัด 5 - 30 มม. ความละเอียด 0.01 มม. วัดเส้นผ่าศูนย์กลางแท่งกดตัดและเส้นผ่าศูนย์กลางรูแผ่นรองตัดของแม่พิมพ์เจาะรูกำหนดตำแหน่ง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกำหนดตำแหน่งฝาครอบปลายเกลียวแท่นตัดขวางก่อนและหลังกระบวนการตัดขอบ จำนวน 10 ชิ้น วัดเส้นผ่าศูนย์กลางสลักกำหนดตำแหน่งแม่พิมพ์ตัดขอบ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ของระบบ ISO สำหรับขนาดพิคัดและงานสวม วิเคราะห์พิคัดเพื่อ ชนิดงานสวม ผลการวิจัยพบสาเหตุจากระยะคลอนเล็กสุด 0.02 มม. และระยะคลอนโตสุด 0.03 มม. ระหว่างรูกำหนดตำแหน่งฝาครอบปลายเกลียวแท่นตัดขวางกับสลักกำหนดตำแหน่ง ชนิดของงานสวมคลอนที่มีระยะคลอนน้อยมากและสลักกำหนดตำแหน่งสูงกว่าความหนาแผ่นสตริป 0.60 มม.

คำสำคัญ : ชนิดงานสวม; การตัดขอบ; ฝาครอบปลายเกลียว

Abstract

The objective of this research is to study the type of fits between the scraps from trimming the edge of the crossfeed screw end cover and the positioning pins in the trimming dies. Conduct research using an outside micrometer, measuring range 0 - 25 mm., resolution 0.001 mm. and an inside micrometer, measuring range 5 - 30 mm., resolution 0.01 mm. Measure the diameter of the punch and the die hole diameter of the piercing dies. Measure the hole diameter to determine the position of the crossfeed screw end cover before and after the edge trimming process, Quantity: 10 pieces. Measure the diameter of the pin to determine the position of the edge trimming dies. Analysis of ISO limits and fits. Analysis of tolerances, type of fit. The results of the research found that the cause was minimum clearance of 0.02 mm. and maximum clearance of 0.03 mm. between the hole diameter to determine the position of the crossfeed screw end cover and the positioning pin. A type of clearance fit that has locational clearance and the positioning pin is 0.60 mm higher than the strip sheet thickness.

Keywords: Type of fits; Trimming; The crossfeed screw end cover

1. บทนำ

เพลากลึงยวนำเครื่องกลึงขั้นศูนย์ เปลี่ยนการหมุนรอบตัวเองไปสู่การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของมีดกลึงเกลียว ปลายเพลาด้านหนึ่งสวมอยู่ในดลับลูกปืนกันรุนและล็อกตำแหน่งดลับลูกปืนด้วยแป้นเกลียว ดังรูปที่ 1 มีฝาครอบ (End Cover) ครอบไว้ยึดด้วยสกรูหัวฝังในรูปที่ 2



รูปที่ 1 ปลายเพลากลึงยวนำ

รูปที่ 2 ฝาครอบปลายเพลากลึง

ฝาครอบป้องกันสิ่งสกปรกเข้าดลับลูกปืนและป้องกันแป้นเกลียวล็อกจากการกระแทก เนื่องจากปลายเกลียวแท่นตัดขวางเครื่องกลึงขั้นศูนย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ไม่มีฝาครอบเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 3 คณะผู้วิจัยได้ทำการผลิตฝาครอบโลหะ ดังรูปที่ 4 ทดแทนฝาครอบพลาสติกที่มีกับเครื่องแต่ส่วนปีกที่ใช้สกรูยึดหักทั้ง 2 ด้าน ด้วยการสร้างแม่พิมพ์เดี่ยวกระบวนการ ตัดแผ่น (Blanking Process) ขึ้นรูป (Forming Process) เจาะรู (Piercing Process) และตัดขอบ (Trimming Process) การผลิตโดยปั๊มแผ่นสตริปเหล็กแผ่นรีดเย็นหนา 1.5 มม. ด้วยแม่พิมพ์ตัดแผ่นให้ได้แผ่นเหล็กกลม นำแผ่นเหล็กกลมปั๊มขึ้นรูปฝาครอบด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูป [1] จากนั้นนำไปเจาะรูกำหนดตำแหน่งและร้อยสกรูด้วยแม่พิมพ์เจาะ ตัดขอบแผ่นเหล็กส่วนเกินให้ได้ปีกฝาครอบในแม่พิมพ์ตัดขอบ ในกระบวนการนี้ต้องใช้แรงกดให้รูเจาะกำหนดตำแหน่งของฝาครอบสวมเข้ากับสลักกำหนดตำแหน่ง หลังตัดขอบเสร็จต้องใช้ไขควงปากแบนจัดให้ฝาครอบเลื่อนสูงขึ้นจนหลุดจากสลัก และทำลิ้นขึ้นตอนสุดท้ายรูปที่ 5 คณะผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาชนิดงานสวมระหว่างเศษจาก

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การตัดขอบฝาครอบปลายเกลียวแทนตัดขวางกับสลักกำหนดตำแหน่งแม่พิมพ์ตัดขอบ



รูปที่ 3 ปลายเกลียวแทนตัดขวาง รูปที่ 4 ฝาครอบปลายเกลียวแทนตัดขวาง



รูปที่ 5 ลำดับการผลิตฝาครอบปลายเกลียว

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดงานสวม

เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในขณะที่นำชิ้นส่วน 2 ชิ้นมาประกอบเข้าด้วยกัน แบ่งออกเป็นงานสวมคลอน สวมพอดีและสวมอัด ระบบงานสวมยังแยกออกเป็น ระบบรูคงที่และระบบเพลาคงที่ [2]

2.2 งานสวม

ผลที่เกิดจากความแตกต่างของขนาดรูคว้านและความโตเพลาสวมซึ่งเป็นขนาดจริงก่อนประกอบเข้าด้วยกัน [2]

2.2 พิกัดความเผื่อ

ผลต่างขนาดโตสุดและเล็กสุด หรือผลต่างของพิกัดบนและพิกัดล่างของเพลาสวมและรูที่นำมาสวมเข้าด้วยกัน [2]

2.3 แม่พิมพ์โลหะ

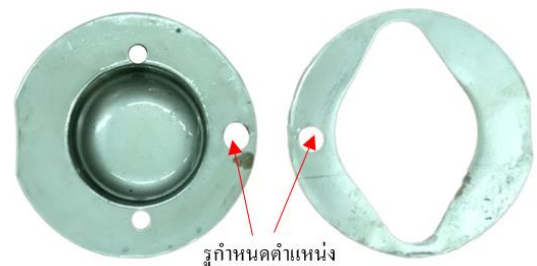
การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนต่างๆ แล้วนำมาประกอบกันเพื่อให้เกิดกระบวนการแปรรูปแผ่นสไตริปโลหะเป็นชิ้นงาน เช่น แม่พิมพ์ต่อเนื่อง (Progressive Die) มีขั้นตอนการทำงานเรียงต่อเนื่องกันเป็นลำดับ แม่พิมพ์ผสม (Compound Die) มีขั้นตอนการทำงานมากกว่าสองขั้นตอนเกิดขึ้นพร้อมกันเมื่อเครื่องบีบหมุนหนึ่งสโตรค แม่พิมพ์เดี่ยว (Single Die) เมื่อเครื่องบีบหมุนหนึ่งสโตรคมีการทำงานหนึ่งขั้นตอน

3. วิธีการดำเนินงาน

วัด ϕ แท่งกดตัด (Punch) และ ϕ รูแผ่นรองตัด (Die) ของแม่พิมพ์เจาะรูกำหนดตำแหน่ง วัด ϕ รูกำหนดตำแหน่งชิ้นงานฝาครอบก่อนและหลังกระบวนการตัดขอบ วัด ϕ สลักกำหนดตำแหน่ง (Dowel) ในแม่พิมพ์ตัดขอบ บันทึกผลการวัด วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

4. ผลการทดลอง

ใช้ไมโครมิเตอร์วัดนอกช่วงวัด 0 – 25 มม. ความละเอียด 0.001 มม. และไมโครมิเตอร์วัดในช่วงวัด 5 – 30 มม. ความละเอียด 0.01 มม. ในการวัด ϕ แท่งกดตัด ϕ รูแผ่นรองตัด และ ϕ สลักกำหนดตำแหน่งบันทึกในตารางที่ 1 ต่อไปวัด ϕ รูกำหนดตำแหน่งก่อนและหลังกระบวนการตัดขอบรูปที่ 5 บันทึกในตารางที่ 2



รูปที่ 6 ซ้ายรูกำหนดตำแหน่งก่อนตัดขอบและขวาหลังตัดขอบ

ตารางที่ 1 ข้อมูล ϕ แท่งกดตัด แผ่นรองตัดและสลักกำหนดตำแหน่ง

ชิ้นส่วน	ϕ ที่วัดได้ (มม.)
1. แท่งกดตัด	8.01
2. แผ่นรองตัด	8.23
3. สลักกำหนดตำแหน่ง	8.01

ตารางที่ 2 ข้อมูล ϕ รูกำหนดตำแหน่งก่อนและหลังกระบวนการตัดขอบ

ขั้นที่	ϕ รูก่อนตัดขอบ (มม.)	ϕ รูหลังตัดขอบ (มม.)
1	8.04	8.08
2	8.04	8.08
3	8.03	8.06
4	8.03	8.07
5	8.04	8.08
6	8.03	8.07
7	8.03	8.06
8	8.03	8.07
9	8.03	8.07
10	8.03	8.07

4.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

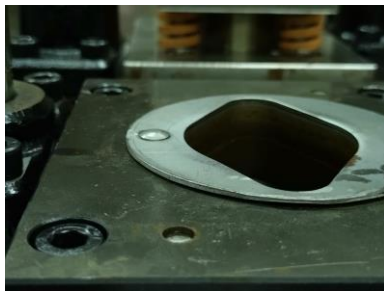
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

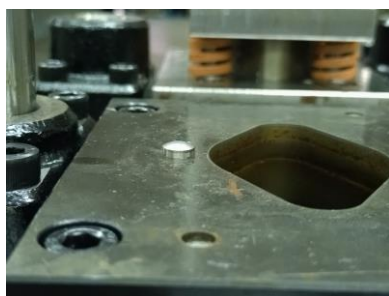
จากตารางที่ 1 ขนาดพิกัดที่กำหนดตำแหน่งโคสุด 8.23 มม. เล็กสุด 8.01 มม. เป็นไปตามทฤษฎีการตัดเฉือน [3] รูที่กำหนดตำแหน่งก่อนกระบวนการตัดขอบในตารางที่ 2 อยู่ในพิกัด ส่วน ๑ รูจะกำหนดตำแหน่งหลังกระบวนการตัดขอบมี ๑ ใหญ่กว่าก่อนกระบวนการตัดขอบน่าจะเกิดจากการใช้ไขควงปากแบนงัดให้เศษขอบตัดขยับเลื่อนขึ้นจนหลุดจากสลักกำหนดตำแหน่งซึ่งสูง 2 มม. จากผิวด้านบนแผ่นรองตัดรูปที่ 7 และ 8 พิกัดเมื่อมีค่าบวกจาก ๑ รูโตกว่า ๑ สลักกำหนดตำแหน่งระยะคลอนเล็กสุดเท่ากับ 0.02 มม. ระยะคลอนโคสุดเท่ากับ 0.03 มม.

ตารางที่ 3 ข้อมูลพิกัดเมื่อ ระยะคลอนระหว่างรูและสลักกำหนดตำแหน่ง

	ก่อนตัดขอบ (มม.)	หลังตัดขอบ (มม.)
พิกัดเมื่อรู	0.01	0.02
ระยะคลอนเล็กสุด	0.02	0.05
ระยะคลอนโคสุด	0.03	0.07



รูปที่ 7 เศษขอบตัดสวมกับสลักกำหนดตำแหน่ง



รูปที่ 8 ความสูง 2 มม. ของสลักกำหนดตำแหน่ง

จัดอยู่ในชั้นงานสวมชนิดสวมคลอนระยะคลอนน้อยมาก (Locational Clearance) [2] ที่พิกัดพื้นฐานของสลักกำหนดตำแหน่งอยู่เหนือเส้นศูนย์ 0.01 มม.

5. สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพอจะสรุปได้ว่าเป็นการสวมคลอนระหว่างรูจะกำหนดตำแหน่งเศษขอบตัดกับสลักกำหนดตำแหน่งชนิดที่มีระยะคลอนน้อยมาก (Locational Clearance) ประกอบกับความสูง 2 มม. ของสลักกำหนดตำแหน่งมากกว่าความหนาผ่านสตริปและ

ความหนาของลำตัวสลักกำหนดตำแหน่งซึ่งนำเอาสลักอัดทรงกระบอกมาใช้ น่าจะเป็นสาเหตุให้เศษจากการตัดขอบติดสลักกำหนดตำแหน่ง

5.1 แนวทางแก้ไข

- ปรับความสูงสลักกำหนดตำแหน่งส่วนที่สูงจากผิวด้านบนแผ่นรองตัดให้น้อยกว่าความหนาแผ่นสตริป
- ลดขนาด ๑ สลักอัดทรงกระบอกส่วนปลายที่สวมกับแผ่นสตริปลง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากร ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมการทดสอบ เพื่อนำข้อมูลมาเขียนบทความเพื่อเข้าร่วมในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชานูชัย ทรัพย์ากร, ประสิทธิ์ สวัสดิ์สรรพ และวิรุฬห์ ประเสริฐวรนนท์, การออกแบบแม่พิมพ์, พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2538. หน้า 31-56.
- [2] บรรณ เลิศ และสมนึก วัฒนศรีกุล, ตารางคู่มืองานโลหะ, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551. หน้า 98-106.
- [3] Metal Forming Practise, springer., Berlin, Germany, 2006, pp. 218.



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นายอัครเวช สุภาค
ที่อยู่ 87/10 ม. 5 ถ.แจ้งวัฒนะ ต.ปากเกร็ด
อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
โทรศัพท์ 08-0070-9921
E-mail address akrawech.s@rmutp.ac.th



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นายภัทภูมิ มีแสง
ที่อยู่ 67/26 ม.6 ต.เสาธงหิน อ.บางใหญ่
จ.นนทบุรี 11140
โทรศัพท์ 09-0967-1170
E-mail address phattphum-me@rmutp.ac.th



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวปัญชญา ณ บางช้าง
ที่อยู่ 51 ถ.ราชมณตรี แขวงบางด้วน เขต
ภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160
โทรศัพท์ 09-5812-9581
E-mail address panchayat-n@rmutp.ac.th

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นายปรุพห้จักร สุคปลิด

ที่อยู่ 36 ซ. วัชรพล 1/10 แขวงท่าแร้ง

เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

โทรศัพท์ 09-4486-6041

E-mail address parunjak-su@rmutp.ac.th

การพยากรณ์ระยะการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยจำลองการไหลและตรรกศาสตร์คลุมเครือ Prediction of Polymer Flow Length in injection molding by finite Element Simulation and fuzzy logic

วิชาวิไชยพงษ์* และ อุเทน คณะวาปี

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1
s6503017810016@email.kmutnb.ac.th, uten.k@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ ซอฟต์แวร์จำลองทางวิศวกรรมที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (CAE) ถูกนำมาใช้เพื่อจำลองกระบวนการฉีดขึ้นรูปในการวิเคราะห์การไหลของของเหลวที่มีการออกแบบพารามิเตอร์การฉีดให้เหมาะสม อุณหภูมิหลอมละลาย อุณหภูมิแม่พิมพ์ และความหนาของโพรงแม่พิมพ์ถือเป็นพารามิเตอร์อินพุตเพื่อตรวจสอบความยาวของการไหล การวิจัยนี้ใช้แม่พิมพ์ตามมาตรฐาน ASTM D 3123 [1] วิธีการจำลองแบบคลุมเครือ โดยโปรแกรม MATLAB ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำนายปริมาณของความยาวของการไหลของของเหลวที่สัมพันธ์กับพารามิเตอร์อินพุต เมื่อใช้วิธีการนี้แก้ปัญหาการไหล สามารถแก้ไขได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมการสร้างแบบจำลองแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตาม ความยาวการไหลของของเหลวที่คาดการณ์โดยใช้จำลองแบบคลุมเครือ โดยโปรแกรม MATLAB และ วิเคราะห์โดยโปรแกรม Moldex3D มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าวิธีการคาดการณ์ที่นำเสนอสามารถทำนายความยาวการไหลของของเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เชื่อถือได้ในการคาดการณ์ในกระบวนการฉีด

คำสำคัญ : การฉีดขึ้นรูป; การไหล; การจำลอง; ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

Abstract

This research, computer-aided engineering (CAE) software is utilized to simulate the injection molding process. Analysis of fluid flow requires appropriate design of injection parameters, including melt temperature, mold temperature, and mold thickness, considered as input parameters to examine flow length. ASTM D 3123 standard molds are employed, utilizing a covered lattice method in MATLAB software to predict fluid flow length concerning input parameters. Utilizing this method to address flow issues allows for faster resolution compared to traditional modeling programs. However, fluid flow length predicted using the covered lattice method in MATLAB and analyzed by Moldex3D software shows statistically significant correlations, indicating the presented prediction method is efficient and reliable in predicting flow length in injection molding processes.

Keywords: Injection molding; flow; simulation; fuzzy logic

1. บทนำ

อุตสาหกรรมพลาสติกเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่เติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา การใช้พลาสติกมีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีข้อได้เปรียบในแง่ของคุณสมบัติเฉพาะและต้นทุนการผลิตที่น้อยลง เมื่อพิจารณาถึงความต้องการของอุตสาหกรรมการฉีดขึ้นรูปในการผลิตชิ้นส่วนที่ซับซ้อนราคาถูกและมีคุณภาพสูง เครื่องมือและวิธีการจึงเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการกับกระบวนการฉีดขึ้นรูป วิธีที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุดในการทำนายพฤติกรรมของการไหลของพลาสติกในระหว่างกระบวนการฉีดขึ้นรูปคือการจำลอง ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมการฉีดขึ้นรูป มีโปรแกรมจำลองทางวิศวกรรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (CAE) มาช่วย เช่น โปรแกรม Moldex3D จำลองการฉีดขึ้นรูป ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการฉีดขึ้นรูป (การฉีด การเติมเต็ม การหล่อเย็น การปลดออก ฯลฯ) [6] เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เช่น รูปแบบการไหล เวลาเติม กับดักอากาศ รอยเชื่อม การบิดเบี้ยว และการหดตัว รอยยุบ ฯลฯ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มคุณภาพกระบวนการและความสามารถในการผลิต การจำลองการไหลของพลาสติกช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนการออกแบบผลิตภัณฑ์ก่อนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบกระบวนการก่อนใช้เครื่องมือครั้งแรก และยังประมวลผล เพื่อลดจำนวนการทดลองแม่พิมพ์ พารามิเตอร์มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการปรับปรุงพารามิเตอร์การฉีดขึ้นรูปให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่หากกระบวนการต้องมีการลองผิดลองถูก ทดลองจำนวนมาก ใช้เวลานาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยโปรแกรม MATLAB มาช่วยเพื่อปรับปรุงพารามิเตอร์การฉีดขึ้นรูปให้เหมาะสม โดยใช้เวลาลดลงและใช้งานได้จริง [4]

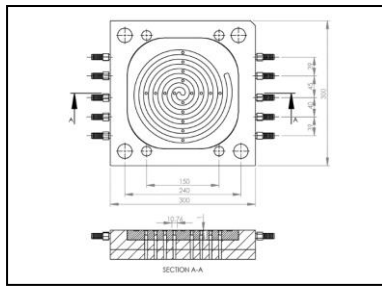
2. วิธีการทดลองและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ชิ้นงานและการออกแบบการทดลอง

ชิ้นงานที่ขึ้นรูปเป็นเกลียวกว้าง 10 มม. และยาว 1,700 มม. ดังแสดงในรูปที่ 1 ความหนาที่แตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ 1,2 และ 3 มม. เพื่อให้ได้อัตราเงื่อนไขที่หลากหลาย เนื่องจากมีความยาวในการไหลแม่พิมพ์นี้จึงถือเป็นแม่พิมพ์แบบเปิด แม่พิมพ์จะถูกเติมด้วยอัตราการไหลคงที่ และขั้นตอนการเติมจะสิ้นสุดลงเมื่อถึงความดันการฉีดที่ตั้งโปรแกรมไว้เนื่องจากการฉีด ของเครื่องมีแรงดันไม่เพียงพอที่จะเติมโพรงแม่พิมพ์ให้เต็ม [2]

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 1 รายละเอียดแม่พิมพ์



รูปที่ 2 โมเดลชิ้นงานเกลียวและระบบรันเนอร์

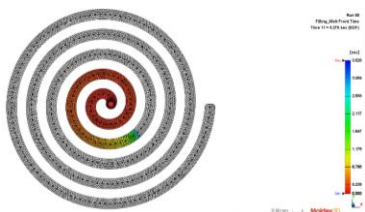
พารามิเตอร์การประมวลผล เช่น อุณหภูมิหลอมเหลว อุณหภูมิแม่พิมพ์ ความดันการฉีด และแม่พิมพ์ ความหนาของโพรงและระดับแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตัวแปรกระบวนการและระดับ

พารามิเตอร์ พลาสติกชนิด PP		ระดับ		
		1	2	3
อุณหภูมิหลอมละลาย (°C)	a	190	215	240
ความหนาของชิ้นงาน (มม.)	b	1	2	3

2.2 การจำลองกระบวนการฉีดขึ้นรูป

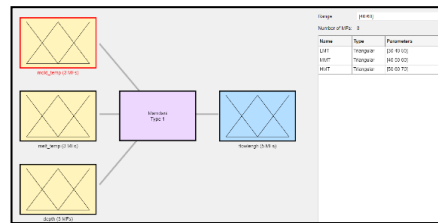
การไหลของพลาสติกชิ้นงานเกลียวถูกจำลองโดยซอฟต์แวร์ Moldex3D โดยมีเงื่อนไขการฉีดขึ้นรูป(ตามตารางที่ 1) ตัวชิ้นงานถูกสร้างโดยโปรแกรม Solid work ซึ่งนำเข้าไปยังโปรแกรม Moldex3D เพื่อสร้างการจำลองการไหลของพลาสติก การจำลองถูกดำเนินการภายใต้เพื่อเปรียบเทียบสภาวะที่อุณหภูมิการหลอมเหลว อุณหภูมิแม่พิมพ์ และความหนาไม่คงที่และผลการจำลองการเติมเต็มของพลาสติกที่ดีที่สุด [3]



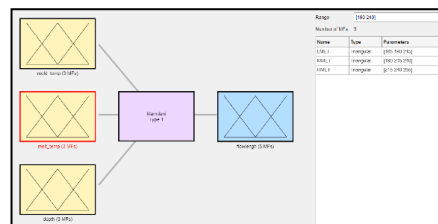
รูปที่ 3 แบบจำลองการไหล อุณหภูมิหลอมเหลว 190 °C
 อุณหภูมิแม่พิมพ์ 40 °C และความหนา 3 mm

2.3 การวิเคราะห์เชิงทดลองตรรกศาสตร์คลุมเครือ

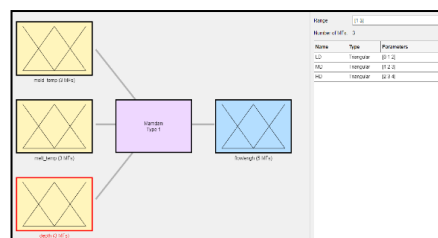
ในขณะที่ค่าจริงของความยาวกระแสน้ำสำหรับอินพุตเหล่านี้คือ 112 และ 670 มม. ตามลำดับ ในข้อมูลการทดสอบ การสร้างแบบจำลองลอจิกคลุมเครือ ในการวิจัยนี้ เพื่อทำนายความยาวการไหลของพลาสติก [5] เครื่องมือคือตรรกศาสตร์คลุมเครือของ MATLAB ถูกนำมาใช้ ระบบอนุมานแบบคลุมเครือจะคาดการณ์ปริมาณความยาวของการไหลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์การฉีด พารามิเตอร์ 3 ตัวรวมถึงอุณหภูมิหลอมเหลว อุณหภูมิแม่พิมพ์ และความหนาของโพรงแม่พิมพ์ ถูกกำหนดให้กับแบบจำลองคลุมเครือเป็นข้อมูลเข้า อินพุต (รูปที่ 4,5,6)



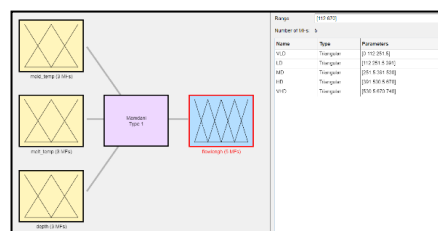
รูปที่ 4 อินพุตอุณหภูมิของแม่พิมพ์



รูปที่ 5 อินพุตอุณหภูมิของการหลอมเหลว



รูปที่ 6 อินพุตความหนาของชิ้นงาน



รูปที่ 7 เอาท์พุทระยะของการไหล

บทความวิจัย

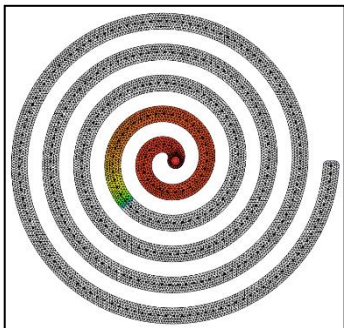
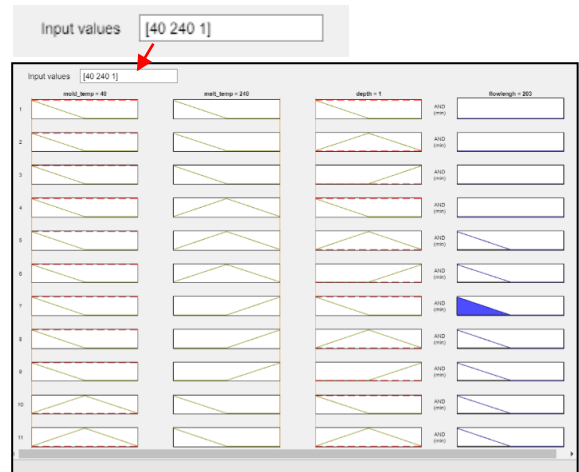
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

และค่าของระยะของการไหล ถูกกำหนดให้เป็นเอาท์พุท (รูปที่ 7) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ ฟังก์ชันทั้งหมดที่มีอยู่ใน MATLAB ได้ถูกเลือกใช้ และใช้ฟังก์ชันที่ดีที่สุดสำหรับการสร้างแบบจำลองแบบคลุมเครือ ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์วิธี Mamdani เพื่อออกแบบแบบจำลองตรรกศาสตร์คลุมเครือ

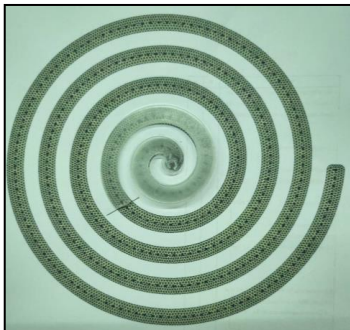
2. ผลการทดลอง

2.1 การทดลองการฉีดขึ้นรูปการจำลอง Moldex3D

ดำเนินการโดยใช้ พารามิเตอร์ (ตารางที่ 1) โดยใช้เครื่องฉีดขึ้นรูป ANGLE-TD-30 พารามิเตอร์การประมวลผลอื่นๆ ทั้งหมดถูกรักษาให้คงที่ (เงื่อนไขการวิเคราะห์ อุณหภูมิหลอมเหลว 190 °C อุณหภูมิแม่พิมพ์ 40 °C และความหนา 3 mm)



(a)



(b)

รูปที่ 8 ความยาวการไหลของของเหลว PP

เปรียบเทียบระหว่างการจำลองการไหล Moldex3D (ด้านบน) : (a)

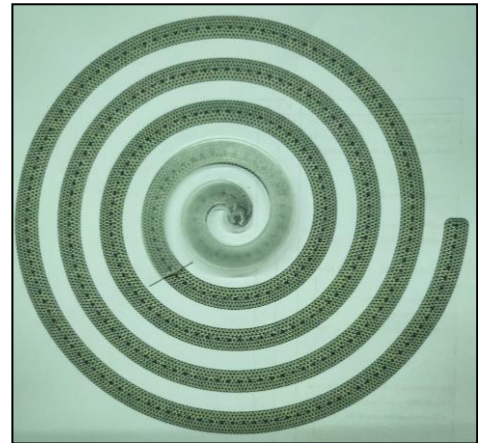
และชิ้นงานที่ทดลองฉีด (ด้านล่าง) : (b)

#ชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปได้พักเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจวัด

3.2 การทดลองการฉีดขึ้นรูปการวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB

ดำเนินการโดยใช้ พารามิเตอร์ (ตารางที่ 1) โดยใช้เครื่องฉีดขึ้นรูป ANGLE-TD-30 พารามิเตอร์การประมวลผลอื่นๆ ทั้งหมดถูกรักษาให้คงที่

(a)



(b)

รูปที่ 9 ความยาวการไหลของของเหลว PP

เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB

(ด้านบน) : (a) และชิ้นงานที่ทดลองฉีด (ด้านล่าง) : (b)

#ชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปได้พักเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจวัด

4. วิเคราะห์ผลและอภิปรายผล



รูปที่ 10 การจำลองการไหล Moldex3D : (a) ,แสดงการวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB : (b) และชิ้นงานที่ทดลองฉีด : (c) ภายใต้เงื่อนไขการฉีดขึ้นรูปเดียวกัน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบวิธีการทดลองหาระยะทางการไหลกับระยะการไหลที่ทดลองได้

วิธีการทดลอง	ระยะทางการไหล
จำลองการไหล Moldex3D	212
การวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB	203
ทดลองฉีด	217

ดังที่แสดงในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าวิธีการที่ทดลองฉีดชิ้นงานจริงมีอัตราการไหลได้ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขการฉีดขึ้นรูปเดียวกัน แต่ในการทดลองนั้นต้องใช้วัสดุในการฉีดชิ้นงาน ทำให้สิ้นเปลืองและเสียวัสดุ ซึ่งในปัจจุบันนิยมนำวิธีจำลองการไหลโดยใช้โปรแกรม Moldex3D มาใช้เพื่อจำลองกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในการวิเคราะห์หาอัตราการไหลของของเหลวและพารามิเตอร์กระบวนการที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งการใช้วิธีนี้ได้ค่าใกล้เคียงกับการทดลองฉีดจริง ซึ่งอัตราการไหลคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กับการฉีดขึ้นรูปจริง 2.30 % และยังช่วยลดการสิ้นเปลืองวัสดุ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำวิธีการวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB มาช่วยเพื่อลดเวลาในการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกในการฉีดขึ้นรูป ซึ่งจาก(ตารางที่ 2) นั้นอัตราความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กับวิธีจำลองการไหลโดยใช้โปรแกรม Moldex3D 4.24 %

5. สรุปผล

จากการวิจัยและการวิเคราะห์ผลข้างต้นทำให้ทราบถึงระยะทางของการไหลของพลาสติกที่ฉีดขึ้นรูปของแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจากการทดลองวิธีการทดลองฉีดมีระยะการไหลที่ดีที่สุด ส่วนวิธีจำลองการไหล Moldex3D และการวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB มีระยะการไหลดีลงมาตามลำดับ แต่เมื่อเทียบวิธีการวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB กับวิธีที่เหลือแล้วนั้น วิธีการวิเคราะห์ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้โปรแกรม MATLAB ที่ผู้วิจัยเลือกใช้นั้น สามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาการลดเวลาในการวิเคราะห์ และการลดการสิ้นเปลืองของวัสดุได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประสงค์ ก้านแก้ว, “การทดลองหาดัชนีการไหล Spiral Test ตามมาตรฐาน ASTM : D 3123-94,” : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [2] สรศักดิ์ วงศ์มณี, “การทดลองหาความสามารถในการไหลเมื่อกำหนดความหนาของช่องการไหลที่แตกต่างกันของเทอร์โมพลาสติกกลุ่ม polyfin,” : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] IONUT LAURENTIU SANDU, “Prediction of Polymer Flow Length by Coupling Finite Element Simulation with Artificial Neural Network,” Faculty of Engineering, Dunarea de Jos University of Galati, 2020.
- [4] Sirinut Suwannasri, “An Automated Plastic Injection Molding Machine Selection System based on Fuzzy Logic Using MATLAB,” Faculty of Engineering, Mahidol University, THAILAND, 2014.
- [5] Aydin Salimi, “Prediction of flow length in injection molding for engineering plastics by fuzzy logic under different processing conditions,” Faculty of Engineering, University of Payame Noor, Tehran, Iran, 2012.
- [6] Farshi B, Gheshmi S, Miandoabchi E, “ Optimization of injection moulding process parameters using sequential simplex algorithm,” Mater Design 32:414–423.



ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาววิภาวี ไชยพงษ์ อาจารย์วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก มหานคร ปัจจุบันศึกษาระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ประวัติผู้เขียนบทความ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คณวาปี ปัจจุบันอาจารย์ประจำภาควิชาภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



บทความวิจัย

โยธาและสิ่งแวดล้อม

การปลดปล่อยไมโครพลาสติกจากการซักผ้าโพลีเอสเตอร์ผสมสแปนเด็กซ์

The release of microplastics from washing polyester and spandex fabrics

ศุภโชค นุระมาน และสุชีลา พลเรือง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 supachok.bu@ku.th

บทคัดย่อ

การจัดทำบทความครั้งนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยไมโครพลาสติกจากการซักผ้า โดยในการทดลองจะแบ่งเป็นชุดการทดลอง (experimental set) โดยจะซักผ้าโดยใช้เครื่อง shaker ทั้งหมด 20 รอบ ระยะเวลารอบละ 30 min และชุดควบคุม (control set) โดยจะแช่ผ้าทั้งหมด 20 รอบ โดยใช้ระยะเวลารอบละ 30 min โดยจะใช้น้ำ Deionized water (DI) ในการทดลอง เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบการปลดปล่อยเส้นใยของผ้าโพลีเอสเตอร์ผสมสแปนเด็กซ์ โดยในชุดการทดลองจะจำลองการซักผ้าในเครื่อง shaker และจะทำการเก็บตัวอย่างผ้าและน้ำหลังการซักผ้าในรอบการซักที่กำหนด และนำมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะแบ่งเป็น นำน้ำจากการซักมากรองเพื่อหาปริมาณเส้นใยที่หลุดออกมา ส่วนผ้าจะนำไปวิเคราะห์ด้วย Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ผลจากการทดลอง พบว่าผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ) จะมีการปลดปล่อยเส้นใยออกมามากกว่าผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว) คิดเป็น 21 % หลังจากซักครั้งที่ 20 และน้ำหนักของผ้าที่ลดลงไประหว่างการซักจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนของเส้นใยที่ปลดปล่อยออกมา

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก, ไมโครไฟเบอร์, การซักผ้า, ฝั้วรีไซเคิล, ผ้าโพลีเอสเตอร์ผสมสแปนเด็กซ์

Abstract

This article embarks on a meticulous voyage to unravel the intricate mechanisms governing the release of microplastics during laundering. Employing a finely tuned methodology, the study delineates experimental parameters, wherein garments undergo rigorous agitation in a shaker over 20 cycles, each lasting 30 minutes, while control groups luxuriate in a bath of pristine deionized water for an equivalent duration. The overarching objective is to dissect and juxtapose the patterns of fiber liberation from polyester and spandex fabrics. Within this meticulously structured framework, we meticulously replicate the laundering process using a shaker apparatus, fastidiously collecting fabric and water specimens after each prescribed cycle for subsequent scrutiny. The extracted water undergoes a meticulous filtration regimen to precisely quantify fiber emissions, while the fabric undergoes meticulous analysis through Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). As revelations emerge, the study unveils a notable discrepancy: the R-PES 75% spandex 25% fabric (black) exhibits a discernibly heightened fiber release rate

compared to the PES 90% spandex 10% fabric (green), with a remarkable 21% surge observed after the 20th wash. Intriguingly, the fabric's weight reduction during laundering evinces a direct correlation with the quantity of liberated fibers, thereby accentuating a profound interplay between these pivotal variables.

Keywords: microplastic, microfiber, washing fabric, recycled fabric, polyester/spandex blend fabric

1. บทนำ

ไมโครพลาสติก หมายถึง พลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 mm [1] ซึ่งไมโครพลาสติกจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (Primary microplastics) เป็นเม็ดพลาสติกที่ถูกผลิตขึ้นให้มีขนาดเล็กตั้งแต่เริ่มต้น เช่น เม็ดพลาสติกที่เป็นวัสดุตั้งต้นของผลิตภัณฑ์ เม็ดพลาสติกที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเป็นต้น โดยได้มีการจดสิทธิบัตรไว้ในปี ค.ศ. 1980 โดยจะใช้ชื่อทางการค้าว่า ไมโครบีดส์ (micro-bead) เม็ดสครับ (scrub) หรือ ไมโครสเฟียร์ (microsphere) [2],[3],[4] 2. ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (Secondary microplastics) คือ พลาสติกขนาดใหญ่ แต่เกิดกระบวนการต่าง ๆ ทำให้พลาสติกเกิดการลดขนาดลง ซึ่งกระบวนการที่ทำให้พลาสติกเหล่านี้เกิดการลดขนาดลงได้แก่ กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี หรือกระบวนการทางชีวภาพ เช่น เกิดจากการขัด เกิดจากการใช้อุณหภูมิสูง เกิดจาก Enzyme หรือเกิดปฏิกิริยา oxidation เป็นต้น [5]

การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่พบเห็นในสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่จะมาจากการซักเสื้อผ้าที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ โดยหลุดออกมาในขณะที่ซักผ้า [6] ไมโครไฟเบอร์ เป็นชนิดไมโครพลาสติกที่พบในสัดส่วนโดยจำนวนชิ้นที่สูงที่สุดเป็นอันดับแรกที่พบในแหล่งน้ำเสียและกระบวนการบำบัดน้ำเสียทั้งงานวิจัยจากในประเทศและต่างประเทศ โดยประเภทเส้นใยไมโครไฟเบอร์ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ พอลิเอไมด์, โพลีเอสเตอร์, รวมไปถึง เรยอน ทำให้ไมโครพลาสติกบางส่วนหลุดรอดไปยังโรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กมากทำให้โรงบำบัดน้ำเสียไม่สามารถกำจัดได้หมด จึงเป็นผลให้ไมโครพลาสติกหลุดไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติ [7] งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกจากการซักผ้าทั้งแบบที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกใหม่และเม็ดพลาสติกรีไซเคิลด้วยอุปกรณ์ที่จำลองการซักผ้า เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยไมโครพลาสติกจากผ้าแต่ละชนิด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่างผ้า

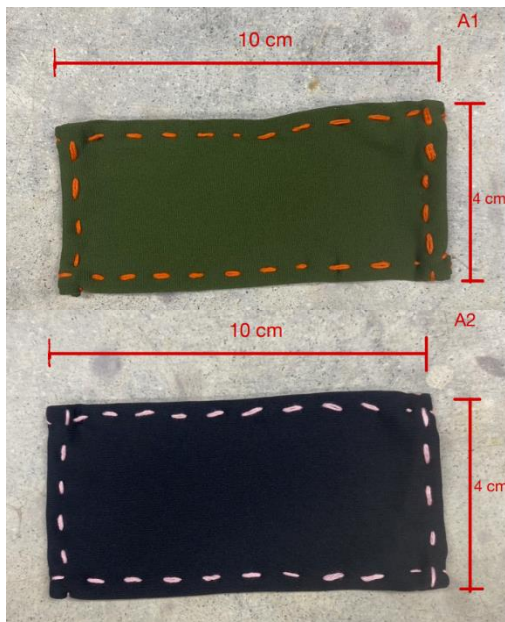
ในการเตรียมตัวอย่างผ้าจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก ISO105-C06 และ [8])

1. ผ้าที่ใช้ได้แก่ ผ้าผสมโพลีเอสเตอร์ (polyester) ผิดจากพลาสติกโพลีเอสเตอร์ใหม่ 90 % สแปนเด็กซ์ (spandex 10%) (สีเขียว) และผ้าผสมโพลีเอสเตอร์ (polyester) ผิดจากพลาสติกรีไซเคิลโพลีเอสเตอร์จากขวดน้ำ (polyester-recycle 75%) สแปนเด็กซ์ (spandex 25%) (สีดำ) โดยจะซื้อผ้าจากร้านค้าปลีกในกรุงเทพ

2. ตัดผ้าขนาด 14 cm X 8 cm

3. เย็บขอบตัวอย่างผ้าทั้ง 5 ประเภท ประเภทละ 24 ชิ้น โดยมีขนาดสุดท้าย 10 cm x 4 cm โดยพับขอบแต่ละด้านไปทางด้านหลังของชิ้นงานสองครั้ง แล้วเย็บขอบของผ้าด้วยด้ายคอตตอน 100% โดยเลือกด้ายที่มีสีแตกต่างจากสีผ้าอย่างเห็นได้ชัด

4. ล้างชิ้นงานทั้งหมดล่วงหน้าโดยแช่น้ำ Deionized water (DI) ประมาณ 1-2 นาที แล้วเทน้ำทิ้ง จากนั้นก่อนเริ่มการทดลองต่อไปให้นำตัวอย่างผ้าแช่ในน้ำ DI เป็นเวลา 30 นาที เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่อาจอยู่บนผ้าแต่ละชิ้น (แช่ผ้า 1 ชิ้น ต่อขวด) โดยจะเรียกการเตรียมผ้าก่อนเริ่มการทดลองรอบนี้ว่า รอบที่ 0 เพื่อล้างทำความสะอาดผ้า และเตรียมผ้าให้มีคุณสมบัติเดียวกัน จากนั้นแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดควบคุมหรือ control set (ไม่ใช่ shaker) โดยจะแช่ผ้าทั้งหมด 20 รอบ โดยใช้ระยะเวลารอบละ 30 min เก็บตัวอย่างน้ำและตัวอย่างผ้าหลังจากการแช่รอบที่ 1 และ 20 และอีกชุดการทดลองเป็นชุดที่จำลองกระบวนการซัก (ใช้ shaker) โดยจะซักผ้าโดยใช้เครื่อง shaker ทั้งหมด 20 รอบ ระยะเวลารอบละ 30 min เก็บตัวอย่างน้ำซักและตัวอย่างผ้าจากการซักรอบที่รอบที่ 1, 10 และ 20



ภาพที่ 1 การเตรียมตัวอย่างผ้าโดย

A1 เป็นภาพจากผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว)

A2 เป็นภาพจากผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ)

2.2 ชุดควบคุมหรือ control set (ไม่ใช่ shaker)

1. เตรียมขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml จำนวน 8 ขวด โดยจะทำการเก็บตัวอย่างจากการแช่ผ้ารอบที่ 1 กับ 20 รอบละ 4 ขวด เพื่อนำไปวิเคราะห์ แบ่งเป็น นำน้ำจากการแช่ผ้า 3 ขวดไปวิเคราะห์ไมโครโฟเบอร์ ส่วนอีก 1 ขวด นำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัด pH และเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า สำหรับตัวอย่างผ้าจากการแช่ผ้ารอบที่ 1 กับ 20 จะนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้วย FTIR และ Microscope

2. เติมน้ำกลั่น 200 ml ในแต่ละขวด

3. ใส่ตัวอย่างผ้าลงไปในแต่ละขวด โดย 1 ขวดจะใส่ผ้า 1 ชิ้น

4. ปิดปากขวดแต่ละขวดด้วยฟอยล์อะลูมิเนียม

5. แช่ผ้าทิ้งไว้ 30 min

6. เมื่อครบ 30 min นำตัวอย่างผ้าออกมาและนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °c เป็นเวลา 2-3 hr (จนแห้งสนิท)

7. เริ่มทำการแช่ผ้ารอบต่อไป โดยทำซ้ำข้อ 2. - ข้อ 6. จนครบ 20 รอบ

8. เก็บตัวอย่างน้ำที่ใช้แช่ผ้าหลังจากการแช่ผ้าในรอบที่ 1 กับ 20 โดยเทน้ำจากการแช่ผ้าจากแต่ละขวดลงในขวดแก้วที่มีฝาปิดแล้วห่อด้วยฟอยล์อะลูมิเนียมเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์ไมโครโฟเบอร์ในตัวอย่างน้ำต่อไป โดยคิดผลจากขวดตัวอย่างให้ชัดเจน แล้วนำไปแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4-20 °c

9. สำหรับตัวอย่างผ้าจากการแช่ผ้ารอบที่ 1 กับ 20 จะนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่อไป โดยหลังจากอบตัวอย่างผ้าที่อุณหภูมิ 60 °c เป็นเวลา 2-3 hr (จนแห้งสนิท) จากนั้นทำการห่อตัวอย่างผ้าด้วยฟอยล์อะลูมิเนียมแล้วเก็บในถุงซิปล็อคไว้ในที่แห้งและมืดเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติดังนี้ วิเคราะห์ตัวอย่างผ้าด้วย Microscope โดยพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ thickness, overall appearance, tightness FTIR เพื่อจำแนกประเภทของโพลีเมอร์ โดยผลที่ได้จะแสดงในรูปแบบของ curve



ภาพที่ 2 ชุดควบคุมหรือ control set (ไม่ใช่ shaker)

2.3 ชุดจำลองกระบวนการซัก (ใช้ shaker) รอบที่ 1-20

1. เตรียมขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml จำนวน 12 ขวด โดยจะทำการเก็บตัวอย่างจากการซักผ้ารอบที่ 1, 10 และ 20 รอบละ 4 ขวด เพื่อ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

นำไปวิเคราะห์ แบ่งเป็น นำน้ำจากการแช่ผ้า 3 ขวดไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โครโฟเบอร์ ส่วนอีก 1 ขวด นำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัด pH และเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า สำหรับตัวอย่างผ้าหลังจากการซักผ้ารอบที่ 1, 10 และ 20 จะนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้วย FTIR และ Microscope

2. เติมน้ำกลั่น 200 ml ในแต่ละขวด
3. ใส่ตัวอย่างผ้าลงไปในแต่ละขวด โดย 1 ขวดจะได้ผ้า 1 ชิ้น
4. ปิดปากขวดแต่ละขวดด้วยฟอยล์อลูมิเนียม
5. เขย่าขวดทั้งหมดด้วยความเร็ว 140 rpm เป็นเวลา 30 min ด้วย shaker
6. เมื่อครบ 30 min นำตัวอย่างผ้าออกมาและไปอบที่อุณหภูมิ 60 °c เป็นเวลา 2-3 hr (จนแห้งสนิท)
7. เริ่มทำการซักผ้ารอบต่อไป โดยทำซ้ำข้อ 2. - ข้อ 6. จนครบ 20 รอบ
8. เก็บตัวอย่างน้ำที่ใช้ซักผ้าหลังจากการซักผ้าในรอบที่ 1, 10 และ 20 โดยเทน้ำจากการแช่ผ้าจากแต่ละขวดลงในขวดแก้วที่มีฝาปิดแล้วห่อด้วยฟอยล์อะลูมิเนียมเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์ใหม่ โครโฟเบอร์ในตัวอย่างน้ำต่อไป โดยติดฉลากขวดตัวอย่างให้ชัดเจน แล้วนำไปแช่ตู้เย็น อุณหภูมิ 4-20 °c
9. สำหรับตัวอย่างผ้าจากการซักผ้ารอบที่ 1, 10 และ 20 จะนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่อไป โดยหลังจากอบตัวอย่างผ้าที่อุณหภูมิ 60 °c เป็นเวลา 2-3 hr (จนแห้งสนิท) จากนั้นทำการห่อตัวอย่างผ้าด้วยฟอยล์อะลูมิเนียมแล้วเก็บในถุงซิปล็อคไว้ในที่แห้งและมีดเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติครั้งนี้ วิเคราะห์ตัวอย่างผ้าด้วย Microscope โดยพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ thickness, overall appearance, tightness FTIR เพื่อจำแนกประเภทของโพลีเมอร์ โดยผลที่ได้จะแสดงในรูปแบบของ curve



ภาพที่ 3 ชุดจำลองกระบวนการซัก (ใช้ shaker) รอบที่ 1-20

หมายเหตุ: 1. สำหรับการทดลองรอบที่ 0 นำตัวอย่างน้ำ (รวม 8 ขวด) และตัวอย่างผ้า (รวม 8 ชิ้น) ทำการเก็บรวบรวมและเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์แบบเดียวกับชุดควบคุม (รอบที่ 1 กับ 20) และชุดจำลองการซัก (รอบที่ 1, 10 และ 20)

2. จำนวนรอบของการเก็บตัวอย่างในชุดควบคุมไม่เท่ากับชุดทดลอง เนื่องจากต้องการเห็นแนวโน้มการปลดปล่อยเส้นใยในกรณีที่แช่ผ้าทิ้งไว้ เทียบระหว่างเมื่อเริ่มรอบแรกสุด กับรอบสุดท้ายเท่านั้น

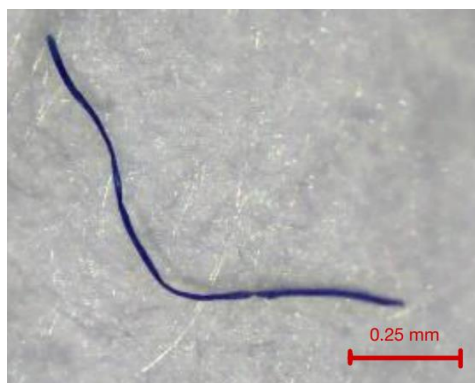
2.4 การประกันคุณภาพ

ก่อนการทดลองและการวิเคราะห์ จะทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมดก่อนใช้งานด้วยน้ำกลั่น ตัวอย่างและกระดาษกรองจะถูกเก็บไว้ในฟอยล์อลูมิเนียมฟอยล์และเก็บไว้ในที่แห้ง นอกจากนี้ จะทำการสวมถุงมือยางและเสื้อคลุมสำหรับห้องปฏิบัติการในระหว่างที่ทำการทดลองและการวิเคราะห์ (ISO 4484-1:2023)

2.5 วิธีการวิเคราะห์

2.5.1 น้ำที่ได้จากการซักผ้า

1. นำน้ำจากการซักผ้าแต่ละขวด (ดังข้อ 2.2 และ 2.3) มากรอง
2. หลังจากกรองน้ำแล้ว จะนำกระดาษกรองมานับจำนวนเส้นใยโดยใช้ Microscope ในการส่องผ่านเพื่อให้มองเห็นเส้นใยชัดเจน เพื่อระบุทั้งความยาวและความหนาของเส้นใย



ภาพที่ 4 ลักษณะของเส้นใยที่พบจากการส่องกล้องจุลทรรศน์

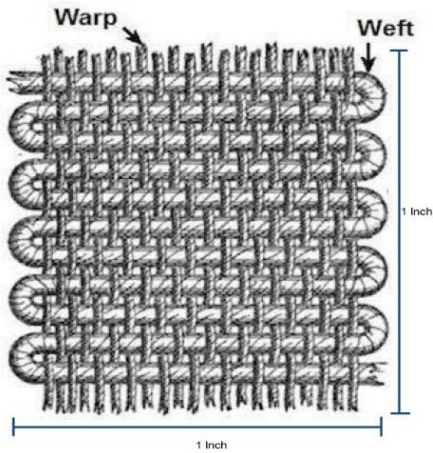
3. วิเคราะห์น้ำจากการซักผ้าจากอีก 1 ขวดด้วยเครื่องวัด pH และเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

2.5.2 ผ้าจากการซัก

1. หลังจากซักและอบผ้าจนแห้งสนิทแล้ว จะนำผ้ามาชั่งน้ำหนัก และวัดความหนาของผ้า
2. หลังจากนั้นจะนำผ้าไปวิเคราะห์ tightness โดยจะวิเคราะห์จากการหาความหนาแน่นในการทอของผ้า โดยดูจาก weft (ความหนาแน่นในแนวนอนของผ้า) และ warp (ความหนาแน่นในแนวตั้งของผ้า) โดยดูที่ความยาวเริ่มต้น 1*1 นิ้ว เทียบระหว่างรอบที่ 1 กับ 20 ว่าหากจำนวนช่องของการทอเท่ากันความยาวในรอบการซักที่ 20 จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร และวิเคราะห์ overall appearance ด้วย Microscope

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



ภาพที่ 5 ความหนาแน่นในการทอของผ้า [9]

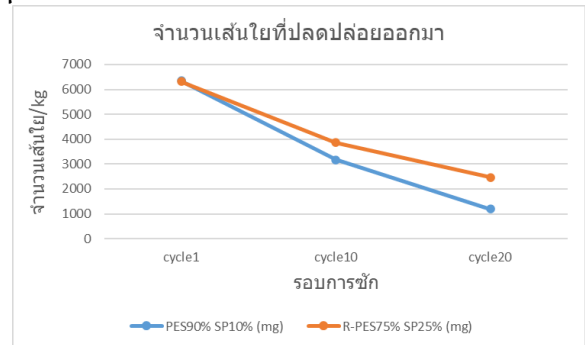
3. นำผ้าไปวิเคราะห์ FTIR เพื่อจำแนกประเภทของโพลิเมอร์

3. ผลการทดลอง

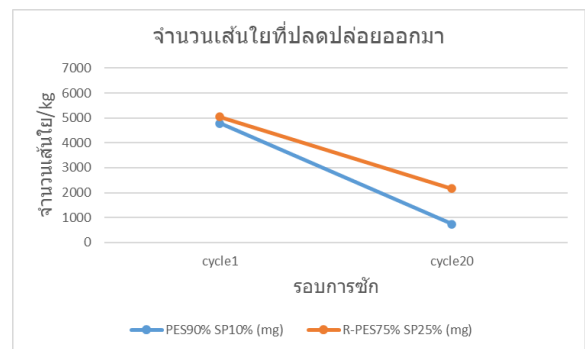
3.1 เส้นใยที่พบในน้ำซักผ้า

ในชุดการทดลอง (experimental set) ผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว) และผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ) จะพบเส้นใยมากที่สุดในรอบที่ 1 โดยพบเส้นใยจำนวน 6350 ± 127.97 fiber/kg และ 6323 ± 367.18 fiber/kg ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับรอบ 20 จะลดลงไปคิดเป็น 81.25 % และ 61.12 % ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [8] ที่เปรียบเทียบผ้า PES 100% และ R-PET 100% ซึ่งจากงานวิจัย ผ้า R-PET 100% มีการปลดปล่อยเส้นใยออกมามากกว่าผ้า PES 100% เนื่องจาก กระบวนการการผลิตและการใช้งานของผ้ารีไซเคิลทำให้เกิดการสะสมของเส้นใยมากกว่าผ้าออร์แกนิก นอกจากนี้ การใช้งานผ้ารีไซเคิลเพิ่มขึ้นก็อาจทำให้เส้นใยที่มีคุณสมบัติแข็งแรงน้อยลง เช่น การซักผ้าหลายครั้งหรือการใช้งานที่หนักมาก ในขณะที่ผ้าออร์แกนิกจะผลิตจากวัสดุใหม่ นอกจากนี้ยังพบว่า เส้นใยที่ปลดปล่อยออกมาจะลดลงตามจำนวนรอบการซักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [10] ที่วิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยไมโครพลาสติกจากกระบวนการซักผ้าใยสังเคราะห์ โดยใช้ผ้า 3 ชนิด คือ โพลีเอไมด์ (PA), อะคริลิก (PAC) และ โพลีเอสเตอร์ (PES) โดยทำการซัก 5 ครั้ง ซึ่งจากงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การปลดปล่อยเส้นใยจะลดลงตามจำนวนรอบการซักที่เพิ่มขึ้น สำหรับในชุดควบคุม (control set) ผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว) และผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ) จะพบเส้นใยมากที่สุดในรอบที่ 1 โดยพบเส้นใยจำนวน 4783 ± 246.58 fiber/kg และ 5042 ± 195.66 fiber/kg ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับรอบ 20 จะลดลงไปคิดเป็น 84.61% และ 57.14 % ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในรอบที่ 0 จะพบเส้นใยมากกว่าในชุดควบคุมรอบที่ 1 คิดเป็น 7.14% และ 12.5% ตามลำดับ โดยจะพบเส้นใยจำนวน 5149 ± 196.72 fiber/kg และ 5760 ± 216.90 fiber/kg ตามลำดับ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม image j พบว่าขนาดความยาว

และความหนาของเส้นใยจะค่อนข้างคงที่โดยจะอยู่ที่ 400-600 μm และ 6-9 μm ตามลำดับ



ภาพที่ 6 จำนวนเส้นใยที่ปลดปล่อยออกมาในชุดการทดลอง (experimental set)



ภาพที่ 7 จำนวนเส้นใยที่ปลดปล่อยออกมาในชุดการทดลอง (control set)

3.2 ลักษณะและคุณสมบัติของผ้าก่อนและหลังการซัก

เมื่อทำการรอบผ้าจนแห้งสนิทแล้ว จะนำผ้ามาวิเคราะห์คุณสมบัติของผ้าดังนี้

1. การชั่งน้ำหนัก โดยจากการคำนวณผลต่างของน้ำหนักผ้าในชุดการทดลอง (experimental set) ระหว่างรอบที่ 1 กับรอบที่ 20 พบว่า น้ำหนักของผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว) และผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ) จะลดลงไป 1082.53 ± 142.10 mg/kg และ 1089 ± 127.92 mg/kg ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 0.11 % สำหรับผ้าทั้ง 2 ชนิด และจากการคำนวณผลต่างของน้ำหนักผ้าในชุดควบคุม (control set) ระหว่างรอบที่ 1 กับ รอบที่ 20 จะลดลงไป 589 ± 73.02 mg/kg และ 792 ± 45.72 mg/kg ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 0.07 % สำหรับผ้าทั้ง 2 ชนิด

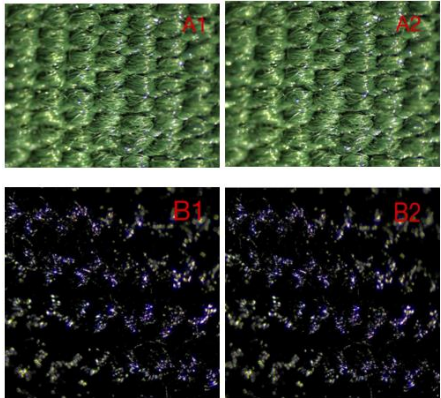
2. จากการวัดความหนา พบว่าความหนาของผ้าจะลดลงไปเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้น โดยในชุดการทดลอง (experimental set) จากการคำนวณผลต่างของความหนาระหว่างรอบที่ 1 กับรอบที่ 20 คิดเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 8.04 % สำหรับผ้าทั้ง 2 ชนิด สำหรับชุดควบคุม (control set) จากการคำนวณผลต่างของความหนาระหว่างรอบที่ 1 กับรอบที่ 20 คิดเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 3.5 % สำหรับผ้าทั้ง 2 ชนิด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3. การหา tightness โดยจะพบว่า ปริมาณของ weft และ warp จะไม่แตกต่างกันมาก โดยความยาวเฉลี่ยของ weft และ warp ในรอบสุดท้ายจะมีค่าประมาณ 0.93 นิ้ว ซึ่งจะมีค่าลดลงคิดเป็น 7 %

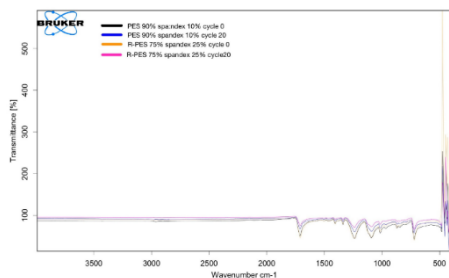
4. การดู overall appearance ของผ้าหลังจากการซัก พบว่า ลักษณะของผ้าจากการผ้าไปวิเคราะห์ด้วย Microscope ที่กำลังขยาย 45x ลักษณะของด้ายในผ้าที่พบว่าไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 8 ลักษณะทั่วไปของผ้าหลังจากการซักโดย

A1 เป็นภาพจากผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว) ในรอบที่ 0
A2 เป็นภาพจากผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว) ในรอบที่ 20
และ B1 เป็นภาพจากผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ) ในรอบที่ 0
B2 เป็นภาพจากผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ) ในรอบที่ 20

5. การวิเคราะห์ FTIR โดยผลจากการวิเคราะห์ FTIR พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ไม่มีกลุ่มฟังก์ชันเพิ่มขึ้น มีแต่ความสูงของพีคที่เพิ่ม



ภาพที่ 9 ผลจากการวิเคราะห์ FTIR ของผ้าชนิดผ้าทั้ง 2 ชนิด

4. สรุปผลจากการทดลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของการซักผ้าจะสามารถสรุปได้ว่า ผ้า R-PES 75% spandex 25% (สีดำ) จะมีการปลดปล่อยเส้นใยออกมา มากกว่าผ้า PES 90% spandex 10% (สีเขียว) คิดเป็น 21 % โดยจากการทดลองการซักผ้าทั้ง 2 ชนิด สามารถสรุปได้ว่า ในรอบการซักที่ 1 จะมีการปลดปล่อยเส้นใยออกมามากที่สุด และลดลงตามจำนวนรอบการซักที่เพิ่มขึ้น และสามารถสรุปได้ว่า น้ำหนักของผ้าที่ลดลงระหว่างการซักผ้าจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนของเส้นใยที่ปลดปล่อยออกมา

5. ข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดในการทดลองคือ ควรระมัดระวังเรื่องการปนเปื้อนของตัวอย่าง โดยในการทดลองนี้ได้มีการทำประกันคุณภาพดังได้กล่าวไว้เบื้องต้น โดยผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถทำให้เกิดการตระหนักรู้ถึงการใช้งานผ้าที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ ซึ่งควรจะมีการณรงค์ให้ใช้ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนทุนจาก โครงการส่งเสริมจากการศึกษาระดับปริญญาโท แผนการเรียนแบบ ก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. (Eds), "Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris," NOAA Technical Memorandum NOSOR&R-30.Tacoma, WA, USA, 2009.
- [2] Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T.S., "Microplastics as contaminants in the marine environment: A review," Marine Pollution Bulletin, 62, 2588-2597, 2011.
- [3] Fendall, L. S., & Sewell, M. A., "Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers." Marine Pollution Bulletin, 58, 1225-1228,2009.
- [4] UNEP, "Plastic in Cosmetics," United Nations Environment Programme, 2015. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.unep.org/>
- [5] Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C., "Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics," Marine Pollution Bulletin., 99, 178-185,2015.
- [6] สาธิตา แก้วเขียวและ สุชีลา พลเรือง, "การวิเคราะห์หาปริมาณไมโครพลาสติกของเสื้อผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ถูกปล่อยจากกระบวนการซักผ้า."วศ.บ.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2564.
- [7] สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษและ คณะ, "ไมโครไฟเบอร์ มลสารที่พบในกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน." สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2564. สืบค้นจาก: <https://ej.eric.chula.ac.th/article/view/296>
- [8] Ilkan Ozkan and Sedat Gundo, "Investigation on the microfiber release under controlled washings from the knitted fabrics produced by recycled and virgin polyester yarns," The Journal of The Textile Institute, 2020) DOI: 10.1080/00405000.2020.1741760.
- [9] บริษัท โอวรุ่งเรื่องผ้าจำกัด, "ผ้า คืออะไร," [ออนไลน์]. <https://aowfabric.com/what-is-fabric/>.(สืบค้นวันที่ 1 เมษายน 2567).

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

[10] Hudini Chiamonte Maciel et al., “Quantifying shedding of microplastic fibers from textile washing,” *Ciência e Natura*.
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brazil,
2022.



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ ศุภโชค บุระมาน

ประวัติการศึกษา 2561-2565: วิทยาศาสตร์บัณฑิต

(การจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2565-ปัจจุบัน: วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปล่อยไมโครพลาสติกจากใยผ้าสังเคราะห์

Release of Microplastics from Synthetic Fabric Fibers

ธรณ์ส นาคแก้ว และ สัณญา สิริวิทยาปกรณ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 torranut.n@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ตรวจสอบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่เกิดจากการซักโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากกรีไซเคิล การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) และชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีเขย่า) เก็บตัวอย่างน้ำซักและผ้าหลังจากรอบการซักครั้งที่ 1, 10 และ 20 สำหรับผ้าทั้งสอง ในการทดลองได้ทำการจำลองการซักผ้า 2 วิธี คือ วิธีการซักผ้าโดยการใช้น้ำเปล่า และวิธีการซักผ้าโดยใช้ผงซักฟอก ผลการศึกษาพบว่า ชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (ที่มีการเขย่า) มีการหลุดออกของไมโครพลาสติกสูงกว่าชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) เพราะแรงเสียดทานของการเขย่าเป็นสาเหตุทำให้เส้นใยของไมโครพลาสติกหลุดลอกออกมามากกว่าที่ไม่มีการเขย่า ไมโครพลาสติกที่หลุดออกมาจากผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% มีขนาดเส้นใยที่ยาวกว่า ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากกรีไซเคิล เพราะผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% ผลิตจากเม็ดพลาสติกใหม่ที่ยังไม่เคยผ่านการรีไซเคิล

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก, ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์, ผ้าโพลีเอสเตอร์แบบรีไซเคิล, การซักผ้า

Abstract

This study meticulously explores microplastic contamination resulting from laundering both 100% virgin polyester and recycled polyester fabrics. The experimental setup distinguished between two conditions: a control group without agitation and a simulated washing process with vigorous shaking. Samples of washing water and fabric were collected after the 1st, 10th, and 20th washing cycles for each fabric variant. Two washing methods were simulated: one using plain water and the other using detergent. The findings revealed a significant difference between the two conditions: the simulated washing process, with vigorous agitation, released more microplastics compared to the control group. This heightened release was attributed to abrasive friction induced by shaking, leading to increased shedding of microplastic fibers. Remarkably, microplastics from 100% virgin polyester had longer fiber dimensions than those from recycled polyester, attributed to the pristine nature of 100% virgin polyester derived from fresh plastic pellets.

Keywords: Microplastics, Virgin polyester fabric, Recycled polyester fabric, Washing

1. บทนำ

ไมโครพลาสติกกำลังกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกพบได้ทั่วโลก ส่งผลต่อระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหาร สัตว์ทะเลหลายชนิดกินไมโครพลาสติกเข้าไป ส่งผลต่อสุขภาพและอาจถึงขั้นเสียชีวิต ไมโครพลาสติกยังสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ผ่านทางน้ำ อาหาร และอากาศ ส่งผลต่อสุขภาพในระยะยาว ไมโครพลาสติกเป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกกล่าวถึงและได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากปัจจุบันนี้ปริมาณของขยะพลาสติกนั้นเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว และโดยส่วนมากมักถูกจัดการอย่างไม่ถูกหลักสุขาภิบาล ขยะพลาสติกที่เกิดขึ้น ส่วนหนึ่งอาจถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำและทะเล จนก่อให้เกิดปัญหาแพะทะเลได้ในที่สุด พลาสติกเป็นขยะที่มีน้ำหนักเบาและไม่สามารถย่อยสลายได้ในระยะเวลาอันสั้น จึงสามารถถูกพัดพออกไปไกลจากแหล่งกำเนิดได้ [1] ไมโครพลาสติกชนิดหนึ่งที่พบตัวอย่างในสิ่งแวดล้อม คือ เส้นใย มีต้นกำเนิดมาจากสิ่งทอทั้งเส้นใยสังเคราะห์ (ขนสัตว์ ฝ้าย ลินิน และผ้าฝ้าย) และเส้นใยสังเคราะห์ (โพลีเอสเตอร์, โพลีเอไมด์) [2]

ไมโครพลาสติกที่พบในชีวิตประจำวันและใกล้ตัว ได้แก่ การพัฒนาอุตสาหกรรม, การท่องเที่ยว, เกษตรกรรม และกิจกรรมครัวเรือน ที่มาจากการซักผ้า ไมโครพลาสติกที่พบบ่อยที่สุดที่ปล่อยออกมาระหว่างการซัก ได้แก่ ฝ้ายสังเคราะห์ เช่น โพลีเอสเตอร์ ไนลอน อะคริลิก และโพลีเอไมด์ เป็นต้น [3] ในการศึกษาเส้นใยสังเคราะห์มีโอกาสพบได้เยอะในผ้าโพลีเอสเตอร์ ปัจจุบันมี 2 กลุ่มหลักๆ คือ ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และ ผ้าโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษหาขนาดและปริมาณไมโครพลาสติก จากการซักผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และ ผ้าโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) และชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีเขย่า) เก็บตัวอย่างน้ำซักและผ้าหลังจากรอบการซักครั้งที่ 1, 10 และ 20 โดยผลที่ได้จากงานวิจัยสามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางลดหรือป้องกันเส้นใยไมโครพลาสติกจากการซักผ้าปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำต่อไป

2. คุณสมบัติโพลีเอสเตอร์

โครงสร้างของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ เส้นใยโพลีเอสเตอร์ถูกผลิตทั้งในรูปแบบเส้นใยยาวและเส้นใยสั้น ลักษณะภายนอกของเส้นใยมีความเรียบตรง โปร่งแสง เส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 ถึง 25 ไมครอน ขึ้นอยู่กับสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ไม่สามารถแยกเส้นใยโพลีเอสเตอร์ออกจากเส้นใย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

สังเคราะห์อื่นๆ เพราะมีภาคตัดขวางเป็นวงกลม และเส้นใยเรียบตรงเหมือนกัน

- ความแข็งแรง (Strength) เส้นใยโพลีเอสเตอร์มีความแข็งแรงสูงและทนทาน เส้นใยชนิดพิเศษสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ยางล้อรถและงานด้านอุตสาหกรรมอื่นๆ ความทนทานต่อการขัดถูของเส้นใยอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เป็นรองเฉพาะเส้นใยไนลอน ด้วยความแข็งแรงและทนทานนี้ เส้นใยโพลีเอสเตอร์จึงนิยมทำด้ายย้อมผ้า

- ความยืดหยุ่น (Elasticity) เส้นใยโพลีเอสเตอร์มีความยืดหยุ่นปานกลาง เส้นใยค่อนข้างแข็งแต่มีความสามารถในการคืนตัวกลับ ผ้าไม่ยับง่าย ทำให้เหมาะสำหรับผ้าปัก ผ้าจะไม่เสียรูปร่าง

- ความสามารถในการคงรูป (Drapability) ผ้าโพลีเอสเตอร์มีความสามารถในการคงรูปดีมาก จัดเข้ารูปทรงง่าย โดยเฉพาะชนิดเส้นใยที่มีภาคตัดขวางเป็นรูปสามเหลี่ยมมน

- สภาพนำความร้อน (Heat conductivity) ผ้าโพลีเอสเตอร์นำความร้อนดี กวาผ้าอะคริลิก เส้นใยส่วนใหญ่มีลักษณะกลม ทำให้ได้เส้นด้ายในการทอที่เรียบ ผ้าระบายความร้อนได้แต่ถ้าเส้นใยมีการทำให้หยักฟู ผ้าที่ทอจะมีช่องว่างเล็กน้อยและไม่ระบายความร้อน แต่ผ้าโพลีเอสเตอร์จะไม่อุ่นเหมือนผ้าจากเส้นใยอะคริลิกหรือขนแกะ

- ความซับน้ำ (Absorbency) โพลีเอสเตอร์ไม่ดูดซับน้ำ ผ้าที่ทำจากโพลีเอสเตอร์จะแห้งเร็ว เหมาะสำหรับการทำอุปกรณ์กันฝน ผ้าโพลีเอสเตอร์ไม่เปื้อนง่าย สามารถเช็ดออกได้อย่างรวดเร็วแต่ถ้าเปื้อนน้ำมันหรือสิ่งที่มีไขมันเจือปน จะทำความสะอาดได้ยากมาก การใช้น้ำซักแห้งซึ่งมีตัวทำละลายอินทรีย์ผสมอยู่ จะช่วยในการทำความสะอาดได้ ปัญหาของผ้าโพลีเอสเตอร์อีกประการหนึ่งคือผู้สวมใส่ผ้าชนิดนี้จะรู้สึกไม่สบายตัว โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อน เนื่องจากการไม่ดูดซับน้ำของผ้า การระบายเหงื่อจะไม่ค่อยดี จึงเป็นเหตุผลให้นิยมผสมเส้นใยโพลีเอสเตอร์กับผ้าฝ้าย เรียกว่าผ้า T/C เพื่อช่วยแก้ปัญหา

- ผลต่อความร้อน (Reaction to heat) เส้นใยโพลีเอสเตอร์จะเริ่มเหนียวที่อุณหภูมิประมาณ 227-242 องศาเซลเซียส ดังนั้นไม่ควรใช้ความร้อนของเตารีดที่อุณหภูมิสูง ที่อุณหภูมิประมาณ 250-290 องศาเซลเซียส เส้นใยจะเริ่มหลอมและติดไฟได้แต่ไฟจะดับเองเมื่อห่างจากเปลวไฟ แต่ถ้าผ้ามีสารเคมีอื่นๆ ที่ช่วยในการลามของไฟ ไฟจะไม่ดับหรือดับช้าลงจึงเป็นข้อที่ต้องระวังสำหรับเส้นใยโพลีเอสเตอร์

- การทำความสะอาด (Washability) เนื่องจากเป็นเส้นใยที่เรียบและไม่ดูดซับน้ำ ฝุ่นจึงติดอยู่ที่ผิวผ้าโพลีเอสเตอร์จึงทำความสะอาดง่าย ยกเว้นในกรณีสิ่งสกปรกที่เป็นน้ำมัน จะต้องใช้ตัวทำละลายสารเคมีช่วย ผ้าโพลีเอสเตอร์แห้งเร็ว ไม่มีปัญหาเรื่องผ้าหดตัว ผ้าที่ทำจากเส้นใยสั้นควรซักเบาๆ และเมื่อแห้งแล้วควรใช้ปรอทขนอ่อนๆปัดให้ปลายเส้นใยไม่ม้วนพันเป็นก้อน จะช่วยลดปัญหาได้

- ผลของแสง (Effect of light) โพลีเอสเตอร์มีความทนทานต่อแสงดีมาก การเสื่อมสภาพเมื่อถูกแสงเป็นเวลานานมีเล็กน้อย จึงเหมาะสำหรับทำผ้าปูที่นอน และผ้าที่ใช้กลางแจ้ง

- ผลของกรด (Effect of acid) โพลีเอสเตอร์มีความทนทานต่อกรดค่อนข้างดี แต่จะถูกทำลายได้ด้วยกรดเข้มข้น เช่น กรดซัลฟูริกที่อุณหภูมิสูง

- ผลของเบส (Effect of alkalis) โพลีเอสเตอร์ทนทานต่อเบสได้ดีที่อุณหภูมิห้องแต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความทนทานจะลดลงและสามารถถูกละลายได้ด้วยเบสแก่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

- ผลของสารฟอกขาว (Effect of bleaches) ผ้าโพลีเอสเตอร์ทนทานต่อสารฟอกขาวทั่วไปได้ดีความทนทานต่อแมลงและเชื้อรา (Resistance to insects and mildew) ผ้าโพลีเอสเตอร์ทนทานต่อแมลงและไม่ขึ้นรา ในกรณีผ้าขึ้นราอาจมาจากสารอื่นที่ใช้ในการตกแต่งผ้าซึ่งสามารถเช็ดหรือซักออกได้ โดยไม่ทำลายเส้นใย แต่สีอาจเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

- ความทนทานต่อเหงื่อ (Resistance to perspiration) เส้นใยโพลีเอสเตอร์ทนทานต่อเหงื่อได้ดีทั้งในสภาพกรดและเบส ความแข็งแรงของเส้นใยจะไม่ลดลง

- การย้อมสี (Affinity to dyes) โพลีเอสเตอร์ย้อมได้ด้วยสีย้อมสังเคราะห์ สีอะโซอิก ที่อุณหภูมิสูง สีย้อมติดทนดี โพลีเอสเตอร์บางชนิด มีการดัดแปรหมู่ฟังก์ชันให้ย้อมด้วยสีย้อมได้ [4]

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[5] ได้ทำศึกษาการปลดปล่อยของไมโครโพลีเมอร์สังเคราะห์ (โพลีเอสเตอร์-ฝ้าย) และไมโครโพลีเมอร์จากธรรมชาติ (ฝ้าย ขนสัตว์) จากหน้ากากอนามัยที่ใช้ซ้ำได้และแบบใช้แล้วทิ้งของผ้าห้าชนิดที่แตกต่างกัน เมื่ออยู่ภายใต้วงจรการซักด้วยเครื่องซักผ้าที่รอบการปั่นหมาดเท่ากัน หลังจากการซักหน้ากากอนามัยสามารถปลดปล่อยไมโครโพลีเมอร์โดยเฉลี่ยที่ 284.94 ± 73.66 โดยไม่ขึ้นกับเนื้อผ้า และพบว่าหน้ากากอนามัยที่ทำจากโพลียูรีเทน (Polyurethane) มีการปลดปล่อยไมโครโพลีเมอร์ 541.33 ± 51.84 ไมโครโพลีเมอร์และหน้ากากอนามัยแบบผ้าฝ้าย มีการปลดปล่อยไมโครโพลีเมอร์ 823.00 ± 112.3 ไมโครโพลีเมอร์ซึ่งเป็นปริมาณการปลดปล่อยไมโครโพลีเมอร์สังเคราะห์และไมโครโพลีเมอร์ธรรมชาติสูงสุดตามลำดับ จากการศึกษาการปลดปล่อยไมโครโพลีเมอร์สังเคราะห์และไมโครโพลีเมอร์ธรรมชาติ

4. อุปกรณ์การทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล



ภาพที่ 1 ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% จากกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 30X

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



ภาพที่ 2 ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล จากกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 30X

2. ชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (แบบเขย่า)
3. บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร
5. กระจกตวงน้ำ 250 มิลลิลิตร
6. กระจกตวงน้ำกลั่น
7. ผงซักฟอก
8. กระดาษกรอง 0.45 ไมครอน

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. กล้องจุลทรรศน์ (Stereo Microscope)
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. ชุดกรองสุญญากาศ
4. ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)
5. เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)
6. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
7. โปรแกรม Image J [6]

5. วิธีการทดลอง

5.1 การใช้น้ำเปล่าจำลองในการซักผ้า

1. เตรียมผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล ขนาด 14 เซนติเมตร x 8 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำมาพับขอบแต่ละด้านเข้ามาด้านละ 2 เซนติเมตร เพื่อทำการเย็บทั้ง 4 ด้าน ด้วยด้ายโพลีเอสเตอร์ (ผ้าโพลีเอสเตอร์ 100% จำนวน 24 ชิ้น) และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล จำนวน 24 ชิ้น)
2. เตรียมขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร จำนวน 24 ขวด (สำหรับผ้าโพลีเอสเตอร์ 100%) และเตรียมขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร จำนวน 24 ขวด (สำหรับผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล)
3. ล้างชิ้นงานทั้งหมดโดยแช่น้ำกลั่นประมาณ 1-2 นาที แล้วเทน้ำทิ้ง จากนั้นก่อนเริ่มการทดลองต่อไปให้นำตัวอย่างผ้าแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 30 นาที เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่อาจอยู่บนผ้าแต่ละชิ้น (แช่ผ้า 1 ชิ้น ต่อขวด) โดยจะเรียกการเตรียมผ้าก่อนเริ่มการทดลองรอบนี้ว่า รอบที่ 0 จากนั้นแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) โดยจะแช่ผ้าทั้งหมด 20 รอบ โดยใช้ระยะเวลารอบละ 30 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ในแต่ละขวด

5. ใส่ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิลลงไปในแต่ละขวด โดย 1 ขวดจะใส่ผ้า 1 ชิ้น
6. เปิดปากขวดแต่ละขวดด้วยฟอยล์อะลูมิเนียม
7. สำหรับชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) แช่ผ้าทิ้งไว้ 30 นาที ส่วนชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีการเขย่า) นำเข้าเครื่องเขย่า 30 นาที
8. เมื่อครบ 30 นาที นำตัวอย่างผ้าออกมาและนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง (จนแห้งสนิท)
9. เก็บตัวอย่างน้ำและตัวอย่างผ้าหลังจากการเขย่ารอบที่ 0, 1, และ 20 และอีกชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีการเขย่า) โดยจะซักผ้าโดยใช้เครื่องเขย่าทั้งหมด 20 รอบ ระยะเวลารอบละ 30 นาที เก็บตัวอย่างน้ำซักและตัวอย่างผ้าจากการซักรอบที่รอบที่ 1, 10 และ 20 โดยเทน้ำจากการแช่ผ้าจาก 3 ขวด (รวมปริมาณน้ำ 600 มิลลิลิตร) ลงในขวดแก้ว 1 ขวด ที่มีฝาปิดแล้วห่อด้วยฟอยล์อะลูมิเนียมเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์หาคาร์บอนไฟเบอร์ในตัวอย่างน้ำต่อไป

5.2 การใช้ผงซักฟอกในการจำลองการซักผ้า

1. เตรียมผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล ขนาด 14 เซนติเมตร x 8 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำมาพับขอบแต่ละด้านเข้ามาด้านละ 2 เซนติเมตร เพื่อทำการเย็บทั้ง 4 ด้าน ด้วยด้ายโพลีเอสเตอร์ (ผ้าโพลีเอสเตอร์ 100% จำนวน 24 ชิ้น) และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล จำนวน 24 ชิ้น)
2. เตรียมขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร จำนวน 24 ขวด (สำหรับผ้าโพลีเอสเตอร์ 100%) และเตรียมขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร จำนวน 24 ขวด (สำหรับผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล)
3. ล้างชิ้นงานทั้งหมดโดยแช่น้ำกลั่นประมาณ 1-2 นาที แล้วเทน้ำทิ้ง จากนั้นก่อนเริ่มการทดลองต่อไปให้นำตัวอย่างผ้าแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 30 นาที เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่อาจอยู่บนผ้าแต่ละชิ้น (แช่ผ้า 1 ชิ้น ต่อขวด) โดยจะเรียกการเตรียมผ้าก่อนเริ่มการทดลองรอบนี้ว่า รอบที่ 0 จากนั้นแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) โดยจะแช่ผ้าทั้งหมด 20 รอบ โดยใช้ระยะเวลารอบละ 30 นาที
4. ใส่ผงซักฟอก 10 มิลลิลิตรในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร
5. เติมน้ำที่ได้จากการผสม 200 มิลลิลิตร ในแต่ละขวด
6. ใส่ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิลลงไปในแต่ละขวด โดย 1 ขวดจะใส่ผ้า 1 ชิ้น
7. เปิดปากขวดแต่ละขวดด้วยฟอยล์อะลูมิเนียม
8. ชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) แช่ผ้าทิ้งไว้ 30 นาที ส่วนชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีการเขย่า) นำเข้าเครื่องเขย่า 30 นาที
9. ชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีการเขย่า) นำไปเข้าเครื่องเขย่า 20 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2 รอบ รอบละ 5 นาที
10. เมื่อได้ผ้าจากชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) และชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีการเขย่า) นำตัวอย่างผ้าออกมาและนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง (จนแห้งสนิท)
11. เก็บตัวอย่างน้ำและตัวอย่างผ้าหลังจากการเขย่ารอบที่ 0, 1, และ 20 และอีกชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีการเขย่า) โดยจะซักผ้าโดยใช้เครื่องเขย่าทั้งหมด 20 รอบ ระยะเวลารอบละ 30 นาที เก็บตัวอย่าง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

น้ำซักและตัวอย่างผ้าจากการซักรอบที่รอบที่ 1, 10 และ 20 โดยหน้าจากการแช่ผ้าจาก 3 ชุด (รวมปริมาณน้ำ 600 มิลลิลิตร) ลงในขวดแก้ว 1 ชุด ที่มีฝาปิดแล้วห่อด้วยฟอยล์อะลูมิเนียมเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์หาไมโครไฟเบอร์ในตัวอย่างน้ำต่อไป

6. ผลการทดลอง

6.1 เส้นใยที่พบ

ผลการทดลองที่ได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Stereo Microscope) การซักผ้าโพลีเอสเตอร์ โดยการใช้น้ำเปล่า ชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) พบเส้นใยทั้งหมด 35 เส้นใย และชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีเขย่า) พบเส้นใยทั้งหมด 37 เส้นใย การซักผ้าโดยใช้ผงซักฟอก ชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) พบเส้นใยทั้งหมด 42 เส้นใย และชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีเขย่า) พบเส้นใยทั้งหมด 46 เส้นใย จากการวิเคราะห์ในโปรแกรม image j พบว่าขนาดความยาวของเส้นใยจะอยู่ที่ 200-2,500 μm และความหนาของเส้นใยจะอยู่ที่ 6-18 μm

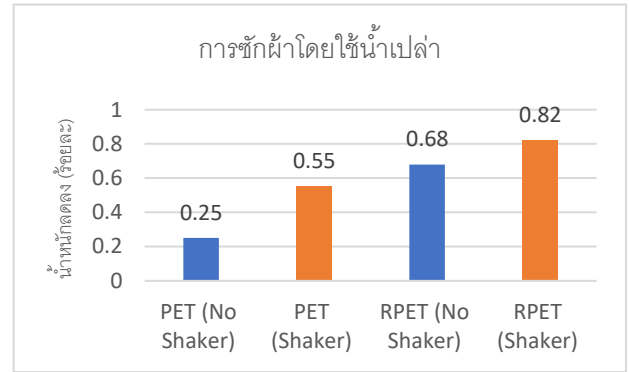


ภาพที่ 3 ลักษณะของเส้นใยที่พบจากกล้องจุลทรรศน์

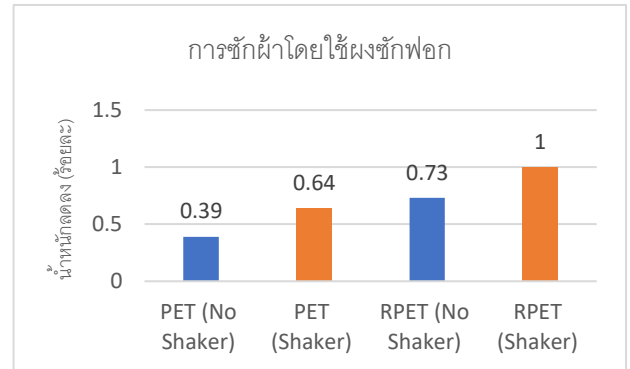
6.2 ลักษณะและคุณสมบัติของผ้าก่อนและหลังการซัก

เมื่ออบผ้าที่ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง (จนแห้งสนิท) นำผ้ามาวิเคราะห์คุณสมบัติของผ้าดังนี้

1. การซังน้ำหนัก โดยจากการคำนวณผลต่างของน้ำหนักระหว่างรอบการซักแรกกับรอบการซักสุดท้ายพบว่า ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% ในชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) วิธีการซักผ้าโดยการใช้น้ำเปล่า น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 0.25 และวิธีการซักผ้าโดยใช้ผงซักฟอก น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 0.39 ชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีเขย่า) วิธีการซักผ้าโดยการใช้น้ำเปล่า น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 0.55 และวิธีการซักผ้าโดยใช้ผงซักฟอก น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 0.64, ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล ในชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) วิธีการซักผ้าโดยการใช้น้ำเปล่า น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 0.68 และวิธีการซักผ้าโดยใช้ผงซักฟอก น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 0.73 ชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีเขย่า) วิธีการซักผ้าโดยการใช้น้ำเปล่า น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 0.82 และวิธีการซักผ้าโดยใช้ผงซักฟอก น้ำหนักลดลงไปร้อยละ 1



ภาพที่ 4 การซักผ้าโพลีเอสเตอร์ โดยใช้น้ำเปล่า



ภาพที่ 5 การซักผ้าโพลีเอสเตอร์ โดยใช้ผงซักฟอก

2. การวัดความหนา พบว่า ความหนาของผ้าจะลดลงไปเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้นและความหนาของของผ้าในชุดควบคุม (ไม่มีการเขย่า) จะมีความหนามากกว่าผ้าในชุดกระบวนการซักผ้าจำลอง (มีเขย่า)

3. ความถี่ของเส้นด้ายเป็นผ้าที่เกิดจากกระบวนการทอผ้าที่มีเส้นยืน (Warp) เส้นพุ่ง (Weft) ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล มีเส้นยืน (Warp) และเส้นพุ่ง (Weft) น้อยกว่า ผ้าโพลีเอสเตอร์แบบบริสุทธิ์ 100% เนื่องจากความหนาแน่น ความทนทาน ความยืดหยุ่นของผ้ามีน้อยกว่า โดยจำนวนของ เส้นยืน (Warp) และเส้นพุ่ง (Weft) โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 70-90

4. ผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% ไมโครพลาสติกที่หลุดล่อนออกมา มีขนาดเส้นใยที่ยาวกว่า ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล เพราะผ้าโพลีเอสเตอร์บริสุทธิ์ 100% ผลิตจากเม็ดพลาสติกใหม่ที่ยังไม่เคยผ่านการรีไซเคิล

7. สรุปผลจากการทดลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ การทดลองจำลองการซักผ้าโพลีเอสเตอร์แบบบริสุทธิ์ 100% และผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากการรีไซเคิล สามารถสรุปได้ว่า น้ำหนักของผ้าที่ลดลงไประหว่างการซัก มีความ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

สัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวน, ความหนาของเส้นใยที่พบบนกระดาษกรอง และสัมพันธ์กับจำนวนเส้นยืน (Warp) เส้นพุ่ง (Weft) โดยผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มาจากกรีไชเคิลจะมีการปลดปล่อยเส้นใยออกมา มากกว่าผ้าโพลีเอสเตอร์แบบบริสุทธิ์ 100% ผลที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบสิ่งทอที่ทำจากเส้นใยสังเคราะห์บริสุทธิ์ 100% และเส้นใยสังเคราะห์ที่มาจากกรีไชเคิล (ผ้าที่ยังไม่เคยผ่านการใช้งาน) ช่วยทำให้ประชาชนตระหนักถึงปัญหาและร่วมมือกันลดปริมาณการใช้พลาสติก ช่วยส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Periyasamy, A. P. and A. Tehrani-Bagha., "A review on microplastic emission from textile materials and its reduction techniques," *Polymer Degradation and Stability*, 199, March 2022.
- [2] Sait, S. T. L., et al., "Microplastic fibres from synthetic textiles: Environmental degradation and additive chemical content," *Environmental Pollution*, Volume 268, Part B, January 2021, doi : 10.1016/j.envpol.2020.115745.
- [3] Giulia Dalla Fontana, R. M., Alessio Montarsolo., "Assessment of microplastics release from polyester fabrics: The impact of different washing conditions," *Environmental Pollution*, Volume 264, September 2020, doi : 10.1016/j.envpol.2020.113960
- [4] Nina Maria Ainali, Dimitrios N. Bikiaris, Dimitra A. Lambropoulou., "Physicochemical alterations on UV aged polymers leading to microplastics formation: A multi-tiered study of polyester, polycarbonate and polyamide," *Polymer Degradation and Stability*, Volume 222, April 2024, doi : 10.1016/j.polymdegradstab.2024.110692.
- [5] De Felice, B., et al., "Laundering of face masks represents an additional source of synthetic and natural microfibers to aquatic ecosystems," *Science of The Total Environment*, Volume 806, Part 1, February 2022, doi : 10.1016/j.scitotenv.2021.150495
- [6] Thailand, R. L., "Phytoremediation Research and Root Laboratory,"[Online]. <https://rootlabmahidol.wordpress.com>. (Accessed: 2013).



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ ธรณิศ นาคแก้ว

ประวัติการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยรังสิต

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) จากการพัฒนา โครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (อ่างเก็บน้ำนฤบดินทรจินดา) จังหวัดปราจีนบุรี

The trend of changing Water Quality Index (WQI) from project development of Huai Samong Reservoir (Naruebodindrachinda Reservoir), Prachinburi Province

ชยานิต ฤทธิศรีเนียม^{1*} และ สุชีลา พลเรือง²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹chayanit.rit@ku.ac.th, ²fengslpo@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของคุณภาพน้ำผิวดิน จากการพัฒนาโครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (อ่างเก็บน้ำนฤบดินทรจินดา) จังหวัดปราจีนบุรี ด้วยดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (Water Quality Index: WQI) ของกรมควบคุมมลพิษ โดยมีพารามิเตอร์หลัก 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ DO, BOD, TCB, FCB และ NH₃ ทำการศึกษา 2 ช่วงเวลา แบ่งเป็น ช่วงก่อนมีโครงการ (ปี 2554) และช่วงหลังมีโครงการ (ระยะดำเนินการ ตั้งแต่ปี 2560 - 2565) จำนวน 5 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่อ่างเก็บน้ำ และพื้นที่ท้ายน้ำของโครงการ ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำผิวดินในช่วงหลังมีโครงการ ทั้งบริเวณจุดต้นน้ำ (สถานีที่ 1) บริเวณอ่างเก็บน้ำ (สถานีที่ 2) และบริเวณด้านท้ายน้ำ (สถานี 3 และ 4) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนมีโครงการ จึงสรุปได้ว่า อ่างเก็บน้ำมีส่วนช่วยทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำดีขึ้นได้ ทั้งนี้ สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผน เฝ้าระวังคุณภาพน้ำ และจัดทำมาตรการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างโครงการอื่นๆ ได้

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำผิวดิน; ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป; อ่างเก็บน้ำ

Abstract

This study aims to evaluate the changes in the general water quality index of surface water from the development of the Huai Samong Reservoir (Naruebodindrachinda Reservoir), Prachinburi Province. The study used the Water Quality Index (WQI) from Pollution Control Department with five main parameters: DO, BOD, TCB, FCB, and NH₃. The study was conducted in two time periods, before the project (in 2011) and after the project (during the implementation period from 2017 - 2022), at 5 stations covering the upstream area, reservoir area, and downstream area of the project. The study results revealed that the water quality in the post-project period at the upstream area (Station 1), reservoir area (Station 2), and downstream area (Stations 3 and 4) tended to improve compared to the pre-project period. Therefore, it can be concluded that the reservoir contributes to the improvement of water quality in the water source. This data can be used for planning, monitoring water quality, and developing environmental impact prevention measures for future project constructions.

Keywords: Surface Water Quality; Water Quality Index (WQI); Reservoir

1. บทนำ

โครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (อ่างเก็บน้ำนฤบดินทรจินดา) จังหวัดปราจีนบุรี เป็นการก่อสร้างโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ในเขตบ้านแก่งยาว ตำบลแก่งดินสอ อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี โดยคู่มือนี้ห้วยโสมงเป็นลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำปราจีนบุรี-บางปะกง และเป็นลำน้ำสาขาที่สำคัญของแม่น้ำหनुมาน มีความจุอ่างเก็บน้ำ 295 ล้านลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่อ่างเก็บน้ำประมาณ 16,250 ไร่ และโครงการมีพื้นที่รับประโยชน์เพื่อการชลประทานในเขตอำเภอนาดีและอำเภอกบินทร์บุรี จำนวน 111,300 ไร่ วัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาอ่างเก็บน้ำห้วยโสมงได้แก่ เพื่อการชลประทานสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ ผลักดันน้ำเค็มและน้ำเน่าเสียในแม่น้ำปราจีนบุรีและน้ำบางปะกงเพื่อการอุปโภค บริโภคของราษฎรและการประปา และเพื่อบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีและลุ่มน้ำบางปะกงตอนบน [1]

การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยโสมง อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีทั้งผลกระทบทางบวกและผลกระทบทางลบ ซึ่งผลกระทบทางบวกที่ส่งผลให้ราษฎรได้รับประโยชน์จากโครงการ และผลกระทบทางลบที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายทางด้านทรัพยากรต่างๆ โดยเฉพาะประเด็นผลกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดิน ซึ่งเป็นผลกระทบที่นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง

คุณภาพน้ำผิวดินในลำน้ำห้วยโสมงและลำน้ำอื่น ๆ ที่มีความเชื่อมโยงกับพื้นที่โครงการก่อนมีการพัฒนาอ่างเก็บน้ำห้วยโสมง พบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่จัดอยู่ในเกณฑ์ดีและมีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ [1] ทั้งสำหรับการใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการลี้ยงปลาและเพื่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ซึ่งในระยะก่อสร้างโครงการอาจมีกิจกรรมการก่อสร้างองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น การขุดคลองผันน้ำ คลองส่งน้ำชลประทานและปรับปรุงทางน้ำธรรมชาติ หรือกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากอาคารสำนักงานหรือที่พักคนงานก่อสร้าง (เช่น ระบายน้ำเสียจากห้องน้ำ/ห้องส้วม/สถานที่ประกอบอาหาร หรือการทิ้งขยะมูลฝอย เป็นต้น) โดยกิจกรรมต่าง ๆ ดังกล่าวอาจก่อให้เกิดตะกอนความขุ่นและการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งและขยะมูลฝอย ทำให้คุณภาพน้ำในลำน้ำด้านท้ายน้ำคือคุณภาพลง และส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ จนมีผลต่อการใช้น้ำของราษฎรด้านท้ายน้ำได้ จึงต้องติดตามตรวจสอบ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

คุณภาพน้ำผิวดิน เพื่อหามาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม [2]

การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของคุณภาพน้ำผิวดิน จากการก่อสร้างโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ โครงการห้วยโสมงฯ จังหวัดปราจีนบุรี ด้วยดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) และทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างช่วงก่อนมีโครงการและช่วงหลังมีโครงการ ทั้งนี้ การติดตามคุณภาพน้ำด้วยดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) มีประโยชน์ในการติดตามและอนุรักษ์น้ำให้มีคุณภาพที่ดีและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ตามคุณลักษณะและประเภทของแหล่งน้ำ [3]

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาและประเมินการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) จากการพัฒนาโครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (อ่างเก็บน้ำนฤบดินทรจินดา) จังหวัดปราจีนบุรี

2.2 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างช่วงก่อนมีโครงการและช่วงหลังมีโครงการ จากการพัฒนาโครงการฯ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI)

ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (Water Quality Index: WQI) เป็นดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่บ่งบอกสภาพของแม่น้ำโดยทั่วไป และใช้ในการบอกระดับคุณภาพน้ำว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ดี พอใช้ เสื่อมโทรม หรือเสื่อมโทรมมาก โดยใช้ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [4]

3.1.1 การกำหนดพารามิเตอร์

หลักการในการกำหนดพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าในมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน สามารถประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ ค่าคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วต่อมลพิษทางน้ำ พารามิเตอร์มีความเสี่ยงหรือมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหามากขึ้น จึงได้พิจารณากำหนด 5 พารามิเตอร์ ที่มีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ดังนี้

- 1) ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) สามารถบ่งชี้ถึงความเหมาะสมในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทั่วไปโดยรวมของแหล่งน้ำ [4]
- 2) ค่าความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand, BOD) สามารถบ่งชี้ถึงความสกปรกของแหล่งน้ำ สาเหตุสำคัญคือน้ำเสียของแหล่งกำเนิดจากชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม [4]
- 3) ค่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria, TCB) สามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนแบคทีเรียที่มักพบในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ สัตว์ และสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้ยังพบได้ในดินและพืช [5]
- 4) ค่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลลีโคไลฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria, FCB) สามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลลีโคไลฟอร์ม จากสิ่งปฏิกูลของมนุษย์และสัตว์ในแหล่งน้ำ [5] สาเหตุสำคัญคือน้ำเสียจากชุมชน และฟาร์มปศุสัตว์ [4]
- 5) ค่าแอมโมเนีย (NH₃-N) สามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนน้ำเสียจากกิจกรรมมนุษย์ ได้แก่ น้ำเสียชุมชน การระบายน้ำทิ้งจากชุมชน และกิจกรรมทางการเกษตร [6]

3.1.2 การรวมคะแนน

ค่า WQI สามารถคำนวณโดยการนำคะแนนคุณภาพน้ำที่ได้จากการหาค่าของแต่ละพารามิเตอร์ที่พิจารณาไว้มารวมกันเป็นเลขเดียว มาคูณกับน้ำหนักของพารามิเตอร์ [7] ดังแสดงในสมการ

$$WQI = \sum_{i=1}^n W_i I_i$$

เมื่อ WQI คือ ดัชนีคุณภาพน้ำ (คะแนน)

W_i คือ น้ำหนักตามความสำคัญของพารามิเตอร์แต่ละชนิด โดย (i = 1 ถึง n)

I_i คือ ระดับคะแนนที่ได้จากเส้นโค้งเฉลี่ย โดย (i = 1 ถึง n)

N คือ คุณภาพน้ำที่ใช้คำนวณทั้งหมด

3.1.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำตามช่วงค่าคะแนน

ตารางที่ 1 เกณฑ์คุณภาพน้ำตามช่วงค่าคะแนน WQI เทียบกับค่ามาตรฐานตามประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

เกณฑ์คุณภาพน้ำ	ช่วงคะแนน WQI (คะแนน)	เทียบได้กับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท
ดีมาก	91-100	2
ดี	71-90	2
พอใช้	61-70	3
เสื่อมโทรม	31-60	4
เสื่อมโทรมมาก	0-30	5

3.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

3.2.1 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ แบ่งประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เป็น 5 ประเภท ดังนี้

- (1) แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และการอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
- (2) แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
- (3) แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตร
- (4) แหล่งน้ำประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และการอุตสาหกรรม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

(5) แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

3.2.2 ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำนครนายก และแม่น้ำปราจีนบุรี

พื้นที่ศึกษา โครงการห้วยโสมงฯ จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งอยู่ในเขตบ้านแก่งยาว ตำบลแก่งดินสอ อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี ในลุ่มน้ำห้วยโสมง ซึ่งอยู่ขึ้นไปทางตอนบนของแม่น้ำปราจีนบุรี ผังด้านทิศตะวันออกโดยจัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2

4. ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาแนวโน้มของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างโครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดปราจีนบุรี ในประเด็นคุณภาพน้ำผิวดิน แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงก่อนมีโครงการ (ปี 2554) และช่วงหลังมีโครงการ (ระยะดำเนินการ ตั้งแต่ปี 2560-2565) โดยทำการคำนวณข้อมูลคุณภาพน้ำและประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ของกรมควบคุมมลพิษ

5. วิธีการวิจัย

5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำผิวดิน ที่ใช้สำหรับประเมิน WQI จำนวน 5 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย DO, BOD, TCB, FCB และ NH₃ ดังนี้

4.1.1 คุณภาพน้ำผิวดินช่วงก่อนมีโครงการ จากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรง ทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ (รายงาน EHIA) โครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดปราจีนบุรี ของกรมชลประทาน ฉบับเดือนสิงหาคม 2554 ดำเนินการตรวจสอบจำนวน 4 สถานี ความถี่ปีละ 2 ครั้ง (ในช่วงฤดูหนาว เดือนกุมภาพันธ์ 2554 และช่วงฤดูร้อน เดือนเมษายน 2554) [1]

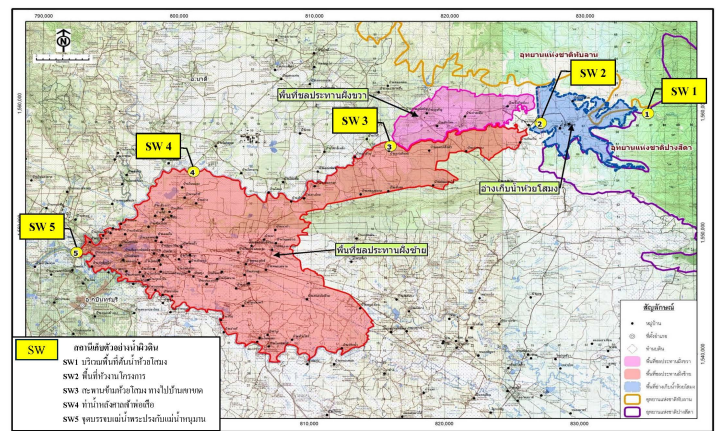
4.1.2 คุณภาพน้ำผิวดินช่วงหลังมีโครงการ จากรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดปราจีนบุรี ของกรมชลประทาน ฉบับปี 2560-2565 ดำเนินการตรวจสอบจำนวน 5 สถานี ความถี่ปีละ 3 ครั้ง (ในช่วงฤดูหนาว เดือนธันวาคม ฤดูฝน เดือนสิงหาคม และช่วงฤดูร้อน เดือนเมษายน) [2] รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ดังแสดงในตารางที่ 2 และแผนที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่โครงการห้วยโสมงฯ (จำนวน 5 สถานี) ดังแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการห้วยโสมงฯ

สถานีเก็บตัวอย่าง	แหล่งน้ำ	ที่ตั้งจุดเก็บตัวอย่าง
สถานีที่ 1 (SW1)	ห้วยโสมง	บริเวณต้นน้ำของพื้นที่โครงการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติปางสีดา อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี
สถานีที่ 2 (SW2)	อ่างเก็บน้ำ	ลำน้ำห้วยโสมง พื้นที่ห้วยวังนโครงการบริเวณบ้านแก่งดินสอ อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี

ตารางที่ 2 (ต่อ) จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการห้วยโสมงฯ

สถานีเก็บตัวอย่าง	แหล่งน้ำ	ที่ตั้งจุดเก็บตัวอย่าง
สถานีที่ 3 (SW3)	ห้วยโสมง	สะพานข้ามห้วยโสมง บริเวณถนนทางหลวงชนบท บ้านเขาขาด อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี
สถานีที่ 4 (SW4)	ห้วยโสมง	ห้วยโสมง (บริเวณท่าน้ำหลังศาลเจ้าพ่อเสือ) ตำบลหนองกี่ อำเภอบึงนาราง จังหวัดปราจีนบุรี
สถานีที่ 5 (SW5)	แม่น้ำหนุมาน	บริเวณจุดบรรจบแม่น้ำพระปรงกับแม่น้ำหนุมาน บ้านท่าขี้เหล็ก ตำบลกบินทร์ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี



รูปที่ 1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการห้วยโสมงฯ (จำนวน 5 สถานี)

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลคุณภาพน้ำของแต่ละพารามิเตอร์ มาคำนวณข้อมูลและประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ของกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) ของกรมควบคุมมลพิษ (สามารถเข้าใช้งานในรูปแบบออนไลน์ทาง <http://iwis.pcd.go.th>) ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้น นำคะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบกับคะแนน WQI กับค่ามาตรฐานตามประเภทแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 1 ถึง 5) เพื่อหาว่าคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำอยู่ในระดับคุณภาพใด (ดีมาก ดี พอใช้ เสื่อมโทรม หรือเสื่อมโทรมมาก) [4]



รูปที่ 2 การคำนวณดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) โดยใช้ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS)

6. ผลการวิจัย

6.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำของโครงการห้วยโสมงฯ

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพน้ำครั้งนี้ มีทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย DO, BOD, TCB, FCB และ NH₃ โดยวิเคราะห์คุณภาพในช่วงหลังมีโครงการ ตั้งแต่ปี 2560 - 2565 ซึ่งเป็นระยะดำเนินการของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 3

ออกซิเจนละลาย (DO) เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงความเหมาะสมในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทั่วไป จากการศึกษาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ DO มีค่าเท่ากับ 5.82 mg/L ซึ่งมีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดให้มีค่า DO ไม่น้อยกว่า 6.0 mg/L ทั้งนี้ น้ำในธรรมชาติทั่วไปปกติจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ประมาณ 5-7 mg/L [8] และพบว่าสถานีที่ 4 เป็นจุดที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ DO ต่ำสุด เท่ากับ 4.98 mg/L ถือว่าคุณภาพน้ำไม่ดี เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียง แสดงให้เห็นว่า มีมลพิษทางน้ำในสถานีนี้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทั้ง 5 สถานีของโครงการห้วยโสมงฯ

สถานีเก็บตัวอย่าง	ตำแหน่ง	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (ปี 2560-2565)					
		ค่ามาตรฐาน ¹	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	TCB (MPN/100ml)	FCB (MPN/100ml)	NH ₃ (mg/L)
1	อ่างเก็บน้ำ	Max	6.87	2.87	352.33	322.03	0.40
		Min	5.76	1.56	13.60	4.10	0.04
		Avg	6.36	2.18	160.38	64.36	0.19
		SD	0.37	0.53	132.51	126.42	0.17
2	อ่างเก็บน้ำ	Max	7.17	2.00	322.00	57.33	0.40
		Min	4.57	1.45	10.27	2.83	0.07
		Avg	6.35	1.75	112.59	16.46	0.24
		SD	0.96	0.20	107.06	20.45	0.17
3	พื้นที่ชลประทาน	Max	6.53	2.76	1759.33	285.00	0.40
		Min	3.93	1.13	182.60	75.93	0.07
		Avg	5.37	1.72	739.21	165.56	0.24
		SD	0.93	0.56	654.63	83.64	0.17
4	พื้นที่ชลประทาน	Max	5.97	2.02	4350.00	920.00	0.40
		Min	4.03	1.43	96.33	70.00	0.07
		Avg	4.98	1.71	1846.61	260.28	0.26
		SD	0.86	0.27	1802.38	332.21	0.15
5	พื้นที่ชลประทาน	Max	7.43	2.17	3670.00	763.33	0.40
		Min	4.87	1.48	166.67	94.33	0.07
		Avg	6.05	1.92	1290.00	292.67	0.24
		SD	0.92	0.31	1265.08	255.97	0.17

อ้างอิง: ¹ = ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงความสกปรกของแหล่งน้ำ จากการศึกษาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ BOD มีค่าเท่ากับ 1.86 mg/L ซึ่งมีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดให้มีค่า BOD ไม่เกินกว่า 1.5 mg/L และพบว่าสถานีที่ 1 เป็นจุดที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ BOD สูงสุด เท่ากับ 2.18 mg/L เนื่องจากเป็นพื้นที่มีน้ำถูกกักขัง

อยู่หนึ่ง และมีเศษซากพืชสะสมบนพื้นท้องน้ำของอ่างเก็บน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่ามีมลพิษทางน้ำในสถานีนี้

ในทางกลับกัน การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) จากการศึกษาพบว่า สถานีที่ 4 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ TCB สูงสุด เท่ากับ 1,846.61 MPN/100ml เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดให้มีค่า TCB ไม่เกินกว่า 5,000 MPN/100 ml และการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟิโคลโคลิฟอร์ม (FCB) จากการศึกษาพบว่า สถานีที่ 5 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ FCB สูงสุด เท่ากับ 292.67 MPN/100ml เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดให้มีค่า FCB ไม่เกินกว่า 1,000 MPN/100 ml สามารถบ่งชี้ได้ว่าคุณภาพน้ำค่อนข้างดี ทั้งนี้ สาเหตุหลักสำคัญของการปนเปื้อนของ TCB และ FCB มาจากการระบายของเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำ [9] ได้แก่ น้ำเสียชุมชน น้ำเสียฟาร์มปศุสัตว์ น้ำเสียอุตสาหกรรม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม หากแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของ TCB และ FCB ในปริมาณที่สูง อาจจะทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เกิดปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ จากแหล่งน้ำได้ด้วย [10]

แอมโมเนีย (NH₃-N) สามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนน้ำเสียจากกิจกรรมมนุษย์ จากการศึกษาพบว่า สถานีที่ 5 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียสูงสุด เท่ากับ 0.26 mg/L เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดให้มีค่าแอมโมเนีย ไม่เกินกว่า 0.5 mg/L ทั้งนี้ สาเหตุหลักสำคัญของการปนเปื้อนแอมโมเนีย มาจากน้ำเสียชุมชนและจากกิจกรรมทางการเกษตร

6.2 การประเมินดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI)

การประเมินดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ของโครงการห้วยโสมงฯ โดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำจาก 5 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย DO, BOD, TCB, FCB และ NH₃ ทำการประเมินคุณภาพน้ำจำนวน 5 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่อ่างเก็บน้ำ และพื้นที่ท้ายน้ำของโครงการ ในช่วงก่อนมีโครงการเมื่อปี 2554 ซึ่งเป็นกรนำข้อมูลคุณภาพน้ำที่ใช้เพื่อการศึกษารายงาน EHIA ของโครงการห้วยโสมงฯ [1] กับช่วงหลังมีโครงการ ตั้งแต่ปี 2560 – 2565 [2] มาทำการเพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปจากการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5

สถานีที่ 1 บริเวณต้นน้ำของพื้นที่โครงการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติปางสีดา (SW 1) ช่วงก่อนมีโครงการ (ปี 2554) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 51 คะแนน อยู่ในระดับเสื่อมโทรม เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 4 และช่วงหลังมีโครงการ (ปี 2560-2565) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 69 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้ เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 พบว่า คะแนนคุณภาพน้ำเฉลี่ยช่วงหลังมีโครงการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงก่อนมีโครงการ คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงจากระดับเสื่อมโทรมเป็นระดับพอใช้ อาจเนื่องจากบริเวณสถานีที่ 1 เป็นพื้นที่ต้นน้ำ เดิมมีสภาพเป็นฝายน้ำล้นกั้นลำห้วย มีน้ำกักขังอยู่เป็นแอ่งและดิน อีกทั้งมีเศษซากพืชสะสมอยู่บนพื้นท้องน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก และเมื่อมีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นและมีน้ำไหลได้ดีขึ้นกว่าเดิม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

สถานีที่ 2 ลำน้ำห้วยโสมง พื้นที่ห้วงงานโครงการ (SW 2) ช่วงก่อนมีโครงการ (ปี 2554) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 62 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้ เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 และช่วงหลังมีโครงการ (ปี 2560-2565) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 74 คะแนน อยู่ในระดับดี เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 พบว่า คะแนนคุณภาพน้ำเฉลี่ยช่วงหลังมีโครงการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงก่อนมีโครงการ คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงจากระดับพอใช้เป็นระดับดี อาจเนื่องจากบริเวณสถานีที่ 2 เดิมมีสภาพเป็นลำน้ำกว้างกว่าพื้นที่ดินน้ำ มีน้ำตื้น และมีอัตราการไหลเล็กน้อย และเมื่อมีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณน้ำมากและมีน้ำไหลตลอดเวลา

ตารางที่ 4 การจำแนกประเภทคุณภาพน้ำด้วยดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ของทุกสถานี สำหรับช่วงก่อนมีโครงการและช่วงหลังมีโครงการ

ปี	ระยะ	อ่างเก็บน้ำ		พื้นที่ชลประทาน		
		สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5
2554	ก่อนมีโครงการ	4	3	4	-	3
2560	ดำเนินการ	3	2	2	3	3
2561	ดำเนินการ	3	2	2	2	3
2562	ดำเนินการ	3	2	2	2	3
2563	ดำเนินการ	3	2	3	3	3
2564	ดำเนินการ	2	2	4	3	3
2565	ดำเนินการ	2	2	3	4	4

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) สำหรับช่วงก่อนมีโครงการและช่วงหลังมีโครงการ

สถานีเก็บตัวอย่าง	ค่า WQI รวม	
	ก่อนมีโครงการ ปี 2554	หลังมีโครงการ ปี 2560 - 2565
SW1 (จุดต้นน้ำ)	51 (เสื่อมโทรม)	69 (พอใช้)
SW2 (อ่างเก็บน้ำ)	62 (พอใช้)	74 (ดี)
SW3 (ด้านท้ายน้ำ)	53 (เสื่อมโทรม)	72 (ดี)
SW4 (ด้านท้ายน้ำ)	-	70 (พอใช้)
SW5 (ด้านท้ายน้ำ)	61 (พอใช้)	66 (พอใช้)

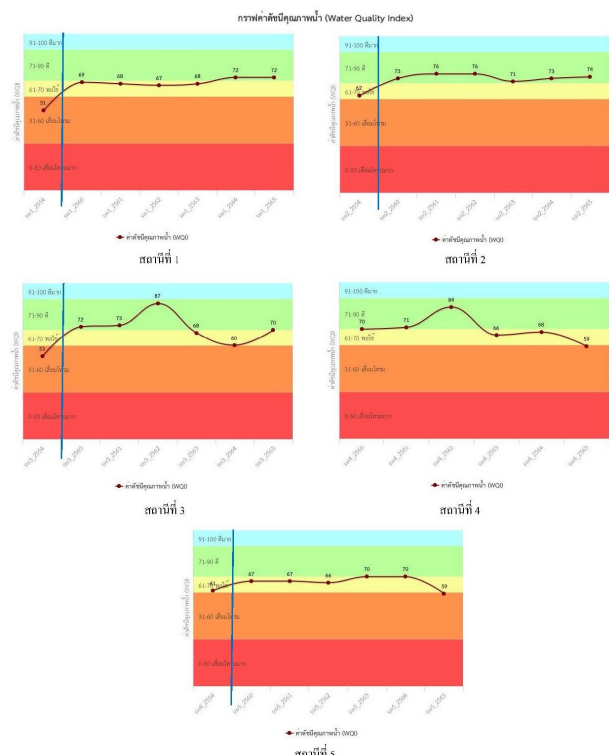
หมายเหตุ: สถานีที่ 4 ไม่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินในช่วงก่อนมีโครงการ (ปี 2554)

สถานีที่ 3 สะพานข้ามห้วยโสมง บริเวณถนนทางหลวงชนบทบ้านเขาขาด (SW 3) ช่วงก่อนมีโครงการ (ปี 2554) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 52 คะแนน อยู่ในระดับเสื่อมโทรม เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 4 และช่วงหลังมีโครงการ (ปี 2560-2565) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 72 คะแนน อยู่ในระดับดี เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 พบว่า คะแนนคุณภาพน้ำเฉลี่ยช่วงหลังมีโครงการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงก่อนมีโครงการ คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงจากระดับเสื่อมโทรมเป็นระดับดี อาจเนื่องจากบริเวณสถานีที่ 3 เป็นพื้นที่ชลประทานด้านท้ายน้ำ เดิมมีสภาพเป็นลำน้ำกว้างและตื้น ขอบตลิ่งสูงชัน และมีน้ำกักนิ่งอยู่เหนือฝาย อีกทั้งมีการปนเปื้อนของตะกอนจากการชะล้างพังทลายของดิน และเมื่อมีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณน้ำมากขึ้นและมีน้ำไหลตลอดเวลา จึงทำให้คุณภาพน้ำปรับตัวดีขึ้นมากกว่าบริเวณอื่น

สถานีที่ 4 ห้วยโสมง (บริเวณทำนน้ำหลังศาลเจ้าพ่อเสือ) (SW 4) ช่วงหลังมีโครงการ (ปี 2560-2565) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 70 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้ เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 อาจเนื่องจากบริเวณสถานีที่ 4 เป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงลงสู่แหล่งน้ำ

สถานีที่ 5 บริเวณจุดบรรจบแม่น้ำพระปรังกับแม่น้ำหูนุมาน (SW 5) ช่วงก่อนมีโครงการ (ปี 2554) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 61 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้ เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และช่วงหลังมีโครงการ (ปี 2560-2565) คุณภาพน้ำมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) เท่ากับ 66 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้ เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 พบว่า คะแนนคุณภาพน้ำเฉลี่ยช่วงหลังมีโครงการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงก่อนมีโครงการ โดยคุณภาพน้ำยังคงอยู่ในระดับพอใช้เช่นเดิม อาจเนื่องจากบริเวณสถานีที่ 5 เป็นพื้นที่ด้านท้ายน้ำของโครงการ มีสภาพน้ำไหลตลอดเวลา และเป็นจุดบรรจบแม่น้ำพระปรังกับแม่น้ำหูนุมาน ซึ่งมีการรวมตัวกันของแม่น้ำหลายสาย จึงทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก

โดยสรุปแล้ว จากการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ทั้ง 5 สถานี เปรียบเทียบคุณภาพน้ำผิวดินช่วงก่อนมีโครงการ และช่วงหลังมีโครงการ ห้วยโสมงฯ ตั้งแต่มีการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำลงสู่ด้านท้ายน้ำ พบว่า คุณภาพน้ำผิวดินช่วงหลังมีโครงการ ทั้งบริเวณต้นน้ำของโครงการ (สถานีที่ 1) บริเวณอ่างเก็บน้ำ (สถานีที่ 2) และบริเวณด้านท้ายน้ำของโครงการ (สถานี 3 และ 4) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนมีโครงการ แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น เมื่อมีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ของทุกสถานี สำหรับช่วงก่อนมีโครงการและช่วงหลังมีโครงการ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

7. สรุปผลการวิจัย

ระดับคุณภาพน้ำของโครงการห้วยโสมงฯ จังหวัดปราจีนบุรี ที่ได้จากการประเมินโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ของกรมควบคุมมลพิษ ด้วยพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนและก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ประกอบด้วย DO, BOD, TCB, FCB และ NH₃ เพื่อประเมินคุณภาพน้ำของโครงการห้วยโสมงฯ ทั้ง 5 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่อ่างเก็บน้ำ และพื้นที่ท้ายน้ำของโครงการ เปรียบเทียบระดับคุณภาพน้ำในช่วงก่อนมีโครงการและช่วงหลังมีโครงการ สรุปได้ว่าระดับคุณภาพน้ำในช่วงหลังมีโครงการ ทั้งบริเวณต้นน้ำของโครงการ (สถานีที่ 1) บริเวณอ่างเก็บน้ำ (สถานีที่ 2) และบริเวณด้านท้ายน้ำของโครงการ (สถานี 3 และ 4) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น โดยคุณภาพน้ำโดยรวมของโครงการจัดอยู่ในระดับดีและระดับพอใช้ เทียบได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และประเภทที่ 3 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และสำหรับเพื่อการประมงและการเกษตร ตามลำดับ

นอกจากนี้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า อ่างเก็บน้ำสามารถทำให้คุณภาพน้ำได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ทั้งนี้ สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ติดตามคุณภาพน้ำ และจัดทำมาตรการป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นจากการก่อสร้างโครงการพัฒนาแหล่งน้ำอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชีลา พลเรือง สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และการสนับสนุนช่วยเหลือในงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) ของกรมควบคุมมลพิษ และข้อมูลคุณภาพน้ำผิวดินจากกรมชลประทาน สำหรับข้อมูลที่ได้ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมชลประทาน, รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรง ทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ โครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดปราจีนบุรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2554.
- [2] กรมชลประทาน, รายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการห้วยโสมงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดปราจีนบุรี, สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ, 2560-2565.
- [3] นนธิฐา บุครดี อรัญญาเวชสาร อินทรา อินทร์เลิศ สิทธิชัย ใจขาน และนุถุกล มงคล, "คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินของมหาวิทยาลัย อุบลราชธานี," *The Journal of Industrial Technology*, vol. 18, no. 3, pp. 146-160, 2022, doi: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.009

- [4] กรมควบคุมมลพิษ, "ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index: WQI)," [ออนไลน์]. <https://www.pcd.go.th/waters/ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน-water-quality-indexwqi>. (เข้าถึงเมื่อ: 27 มกราคม 2567).
- [5] เทพวิฑูรย์ ทองศรี สุรัตน์ เพชรเกษม และกัญญา ม่วงแก้ว, "การประเมินปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและฟีคัล โคลิฟอร์มในแหล่งน้ำผิวดิน เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล," *Bulletin of Applied Sciences*, vol.3, pp. 59-67, August 2014.
- [6] Thongmy Seang and Sudtida Plianarom Thanasupsin, "Evaluation of the surface water of Khlong Luang resevoir," *The 2022 Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2022)*, 2022, 360-365.
- [7] วนิดา ชูอักษร, "การพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำ," *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 64-73, กรกฎาคม - ธันวาคม 2554.
- [8] กรมประมง, "ออกซิเจนในน้ำคืออะไร ทำไมต้องวัดออกซิเจนในน้ำ," [ออนไลน์]. https://www4.fisheries.go.th/dof/news_local/16/116613. เข้าถึงเมื่อ: 30 มีนาคม 2567).
- [9] นุชยมาศ พิมพ์พรธนาชิต, "ดัชนีคุณภาพน้ำ Water Quality Indices: WQI," *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, ปีที่ 20, ฉบับที่ 1, หน้า 70-82, มกราคม - มิถุนายน 2554.
- [10] Mathana Wongaree, "Water Quality Assessment by Using of Water Quality Index for Mak Khaeng Canal, Udon Thani Province, Thailand," *Environment Asia*, vol.12, no.2, pp. 96-104, 2019, doi: 10.14456/ea.2019.31



ชยานิต ฤทธิตรีเนียม

นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: chayanit.rit@ku.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ : การจัดการของเสีย และพลังงาน
หมุนเวียน



ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชีลา พลเรือง

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: fengslopo@ku.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ : Adsorption, Waste to Energy,
Microplastics, LCA, Carbon footprint

ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกเดินทางโดยสารรถอล์ฟไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Factors affecting mode of travel on electric golf carts within

Phranakhon si Ayutthaya Rajabhat University

ณัฐพงษ์ แก้วนัคค่า* และ กิตติชัย ธนทรัพย์สิน

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาชารินทร์ 1 แขวง วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 E-mail: Nattapong.kaewnakka@gmail.com

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา มีรูปแบบการเดินทางระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย 2 รูปแบบ การเดินทาง ได้แก่ รถกอล์ฟไฟฟ้า และการเดิน จากการสำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย กลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับคุณลักษณะการเดินทางและข้อมูลด้านความพึงพอใจ จำนวนทั้งสิ้น 969 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างเลือกใช้การเดินทางด้วยการรถกอล์ฟไฟฟ้าและเดินร้อยละ 39.32 และ 60.68 ตามลำดับ และผลจากการวิเคราะห์แบบจำลอง Logit Model พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้รูปแบบการเดินทาง ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เวลาจอดรถกอล์ฟไฟฟ้า และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ข้อมูลชุดพัฒนาและชุดตรวจสอบแบบจำลองมีค่าความถูกต้องในการพยากรณ์คิดเป็นร้อยละ 88.92 และ 87.33 ตามลำดับ และได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น ไปใช้คาดการณ์สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัย

คำสำคัญ: รถกอล์ฟไฟฟ้า, แบบจำลองโลจิสติกโมเดลแบบสองทางเลือก, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Abstract

Rajabhat University of Phranakhon Si Ayutthaya there are two modes of transportation: electric golf carts and walking. From a survey of data from a sample of 969 students and personnel within the university. It was found that the sample group chose to travel by electric golf carts and walking, 39.32% and 60.68%, respectively. And the results from the Logit Model analysis found that factors affecting the choice of travel mode include weather conditions, time to wait for the electric golf cart and walking time. Data from the development set and model validation set had predictive accuracy values of 88.92% and 87.33%, respectively and applied the created model to predict the proportion of travel mode selection within the university.

Keywords: electric golf cart, Binary Logit Model, Phranakhon si Ayutthaya Rajabhat University

1. บทนำ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีการใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์ส่วนบุคคลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้นอีกด้วย โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยามีแผนกลยุทธ์ด้านการบริหารจัดการเพื่อพัฒนาองค์กรสู่การเป็นมหาวิทยาลัยที่ยั่งยืน รวมทั้งเป็นต้นแบบในการพัฒนามหาวิทยาลัยและชุมชน และเพื่อพัฒนาไปสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวที่กระชับความยั่งยืน จึงทำให้มีแนวคิดที่จะพัฒนารูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยที่ปลอดภัยและจัดการแก้ไขปัญหาพื้นที่จอดรถที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงมีแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเดินทางให้เหมาะสม ซึ่งรถกอล์ฟไฟฟ้าเป็นรูปแบบการเดินทางที่มหาวิทยาลัยได้มีการจัดเตรียมให้บริการกับนักศึกษาและบุคลากร แต่ยังไม่เคยได้รับการบริหารจัดการเดินรถอย่างจริงจัง เพื่อให้รถกอล์ฟไฟฟ้าได้ถูกพัฒนาเป็นระบบขนส่งหลักเพื่อสนับสนุนการลดมลพิษภายในมหาวิทยาลัย จึงมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนารถกอล์ฟไฟฟ้าให้สามารถพร้อมต่อการให้บริการกับผู้เดินทางภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อสนับสนุนรูปแบบการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Function) หรือความพึงพอใจที่คำนึงถึงความไม่แน่นอน ทฤษฎีอรรถประโยชน์ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการเดินทางและการขนส่งเพื่อสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง [1] โดยเขียนได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \tag{1}$$

เมื่อ U_{in} คือ อรรถประโยชน์หรือความพึงพอใจคนที่ n ที่มีต่อทางเลือก i

V_{in} คือ ส่วนอรรถประโยชน์ที่บุคคล n รับรู้ได้

ϵ_{in} คือ ส่วนอรรถประโยชน์ที่ไม่แน่นอน

แบบจำลองประเภทโลจิสติก (Logit Model) เป็นแบบจำลองวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางในกรณีที่กลุ่มทางเลือกประกอบด้วยทางเลือกเพียง 2 ทางเลือก ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า Binary Logit Model (BNL) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$P_{(i/b,a)} = \frac{\exp(\beta' X_{i/b,a})}{\sum \exp(\beta' X_{n/b,a})} \tag{2}$$

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เมื่อ $P(i/b,a)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์

- i คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทาง j
 - a คือ ประเภททางเลือก
 - b คือ รูปแบบการเดินทางทั้งหมดใน a
 - x คือ ตัวแปรอิสระของ i
 - n คือ ทางเลือกของรูปแบบการเดินทางในระดับชั้นทั้งหมด
- การประมาณค่าความเป็นไปได้ของพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน

อรรถประโยชน์ (Likelihood Function) มีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$L * (\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_{i=1}^N P_n(i)^{y_{in}} \quad (3)$$

เมื่อ $L*(\beta)$ คือ Likelihood Function

N คือ จำนวนผู้เดินทาง

I คือ รูปแบบการเดินทางทั้งหมด

$P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เลือกรูปแบบการเดินทางคนที่ n

เลือกรูปแบบการเดินทางแบบ i

$y_{in} = 1$ ในกรณี ที่ผู้เลือกรูปแบบการเดินทางคนที่ n เลือก

รูปแบบการเดินทางแบบ i

$y_{in} = 0$ ในกรณี ที่ผู้เลือกรูปแบบการเดินทางคนที่ n เลือก

รูปแบบการเดินทางแบบ j

การเลือกรูปแบบจำลองที่เหมาะสมต้องพิจารณาสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ได้จากการประมาณว่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ดังสมการที่ (4)

$$McFadden \text{ pseudo} - R^2 = 1 - \frac{\log L_1}{\log L_0} \quad (4)$$

$\log L_1$ และ $\log L_0$ เป็นค่าสูงสุดของ Log Likelihood Function ที่มีตัวแปรอิสระ และไม่มีตัวแปรอิสระ ตามลำดับ ซึ่งถ้า $\log L_1 \geq \log L_0$ ถ้าค่าทั้งสองมีความแตกต่างกันมาก หมายถึง ความสามารถของแบบจำลองที่มีตัวแปรอิสระจะเพิ่มสูงขึ้น มีสูตรดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ที่มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันเพื่อจัดกลุ่มของปัจจัยความพึงพอใจเพื่อลดจำนวนปัจจัย ดังสูตรต่อไปนี้

$$KMO = \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i^2 + \sum (\text{partial correlation})^2} \quad (5)$$

เมื่อ r คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ $0 \leq KMO \leq 1$ โดยค่า KMO ที่มีค่ามากกว่า 0.5 หมายถึงเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ Factor Analysis มีความเหมาะสม

โดยการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล จะใช้วิธี Split Test เป็นการแยกข้อมูลสำหรับสร้าง Training data และ Testing data [2] ซึ่งค่าเฉลี่ยความถูกต้องจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วน Training set มากขึ้น และตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ชุดพัฒนาแบบจำลองและชุดตรวจสอบข้อมูลแบบจำลอง โดยหาค่าเปอร์เซ็นต์ที่ทำนายถูกต้องมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงถึงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง [3] จากสมการดังนี้

$$C_p = \frac{\sum_{n=1}^N w_n}{N} \quad (6)$$

เมื่อ C_p คือ เปอร์เซ็นต์ความต้องการของการพยากรณ์แบบจำลอง

w_n คือ ตัวอย่าง n ที่เลือกใช้รูปแบบการเดินทาง i

N คือ จำนวนแบบตัวอย่างทั้งหมด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้วิเคราะห์พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของนักเรียนในเขตเทศบาลนครราชสีมา ได้นำทฤษฎีอรรถประโยชน์ มาประยุกต์ใช้กับการเดินทางและการขนส่งเพื่อสร้างแบบจำลองการเลือกการเดินทางของผู้ปกครองนักเรียนที่เลือกใช้รถยนต์ส่วนบุคคล พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผู้ปกครองนักเรียนที่เดินทางมารับส่งนักเรียนด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลจะเปลี่ยนมาเลือกใช้บริการรถรับส่งนักเรียน คือ ระยะทางในการเดินทางจากบ้านถึงโรงเรียน เวลาในการรอคอยรถรับส่งที่จุดจอด และค่าใช้จ่ายในการใช้บริการรถรับส่งนักเรียน ที่ความถูกต้องของแบบจำลองร้อยละ 73.40 [1]

ศึกษาอิทธิพลรูปแบบการเดินทางในเมืองยะโฮร์ ด้วยการสัมภาษณ์บุคคลที่อยู่ในพื้นที่โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจและการวิเคราะห์แบบการถดถอยโลจิสติกไบนารี พบว่าอายุ รายได้ความเป็นเจ้าของยานพาหนะ ความสะดวกสบายของรถยนต์ความน่าเชื่อถือของบริการรถรับส่งเป็นความสัมพันธ์ทางสถิติในรูปแบบการเดินทางในยะโฮร์ [4]

ศึกษาแบบจำลองพฤติกรรมรูปแบบการขนส่งระหว่างรถยนต์ส่วนตัวกับรถโดยสารสาธารณะ โดยใช้แบบจำลอง Binary Logistic Model พบว่าเวลาเดินทาง ต้นทุนและอาชีพ มีนัยสำคัญชัดเจน ที่ค่า Nagelkerke R Square เท่ากับ 0.626 [5]

ศึกษาวิเคราะห์การพัฒนาการให้บริการรถรางชมเกาะรัตนโกสินทร์ให้บริการบริเวณเกาะรัตนโกสินทร์ ผลการศึกษาแสดงว่านักท่องเที่ยวมีความต้องการใช้บริการรถนำเที่ยวชมเมือง ในด้านความปลอดภัย ค่าโดยสาร และความสะดวกสบาย และนักท่องเที่ยวต่างชาติมีการต้องการเวลาในการเดินทางของรถนำเที่ยวมากกว่านักท่องเที่ยวชาวไทย และมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าโดยสารมากกว่า [6]

ศึกษาการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา เป็นแบบ Nested Logit Model พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง คือ ระยะทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ที่ค่าพยากรณ์เท่ากับ 83.19 และแบบจำลองมีค่า McFadden's Pseudo R-squared เท่ากับ 0.807 หมายถึงแบบจำลองมีประสิทธิภาพดีมากในการอธิบายการเดินทางของแต่ละบุคคล [7]

ศึกษาการเปรียบเทียบความพึงพอใจต่างๆของผู้โดยสารสายการบินต้นทุนต่ำและสายการบินไทยพบว่าปัจจัยที่มีผล ได้แก่ จำนวนผู้ร่วมเดินทางส่วนต่างราคาค่าโดยสารและความปลอดภัย ซึ่งสามารถทำนายความถูกต้องของข้อมูลชุดทดสอบได้ถูกต้องร้อยละ 76.70 [8]

3. วิธีการดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ประเภทข้อมูลการศึกษา

ประเภทข้อมูลปฐมภูมิจะเก็บข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจากนักศึกษา และบุคลากร ที่เดินทางภายในมหาวิทยาลัย โดยรถดอล์ฟ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ไฟฟ้าและการเดิน โดยจะนำข้อมูลทางทฤษฎีจากการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานในพื้นที่ศึกษามากำหนดชุดแบบตัวอย่าง จากการรวบรวมข้อมูลทำให้ได้จำนวนนักศึกษาและบุคลากรมีทั้งสิ้น 6,009 คน โดยคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ได้จากการใช้สูตรสมการทาร์ยามาน์ [9] ทำให้ได้จำนวนชุดข้อมูลอย่างน้อย 375 ชุด ที่ความเชื่อมั่น 95%

3.2 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ ได้ทำการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ เฉพาะนักศึกษาและบุคลากรที่เดินทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่เลือกรูปแบบการเดินทางทั้งรถกอล์ฟไฟฟ้า และการเดิน โดยรถกอล์ฟไฟฟ้า ทั้งหมดจำนวน 2 คัน มีการให้บริการแบ่งเป็น 2 เวลา คือ 07.30-09.00 น. และ 11.30-13.30 น.



รูปที่ 1 ฟังเส้นทางเดินรถกอล์ฟไฟฟ้า ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองทางโลจิสติกในรูปแบบ Binary Logit Model เพื่อให้ศึกษาปัจจัยที่มีผลในการตัดสินใจเลือกเดินทางภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งแบ่งรูปแบบการเดินทางเป็น 2 ทางเลือก ได้แก่ รถกอล์ฟไฟฟ้า และการเดิน โดยจะวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปเป็นข้อมูลทางสถิติเบื้องต้น ในส่วนปัจจัยที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ และ ปัจจัยทางด้านปริมาณ เช่น ระยะเวลาในการเดินทาง ระยะเวลาในการรอ และ ระยะทาง จะนำมาวิเคราะห์แบบจำลองทางโลจิสติก เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกเดินทาง

3.3.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เดินทางที่ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของบุคลากร และนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถาม ซึ่งจะแสดงผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการอธิบายข้อมูลแยกได้ตามกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ หน่วยงาน วิธีการเดินทางมายังมหาวิทยาลัย วัตถุประสงค์ สภาพอากาศ และความถี่ มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลสถิติเบื้องต้นของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ประเภทข้อมูล	รูปแบบที่เลือกใช้ในการเดินทาง	
	Tram	Walk
จำนวนตัวอย่าง (คน)	381	588
คิดเป็นร้อยละ	39.32	60.68

ประเภทข้อมูล	รูปแบบที่เลือกใช้ในการเดินทาง		
	Tram	Walk	
ร้อยละ			
เพศ	ชาย	45.23	54.77
	หญิง	36.88	63.12
อายุ	ต่ำกว่า 22 ปี = 22	13.84	86.16
	22 - 31 ปี = 26	42.50	57.50
	32 - 41 ปี = 36	82.00	18.00
	42 - 51 ปี = 46	80.49	19.51
	มากกว่า 51 ปี = 51	72.73	27.27
อาชีพ	นักศึกษา	13.39	86.61
	พนักงานมหาวิทยาลัย	90.52	9.48
	พนักงานราชการ	-	100.00
	เจ้าหน้าที่ประจำตามสัญญา	-	100.00
ระดับการศึกษา			
	ต่ำกว่าปริญญาตรี	0.72	95.59
	ปริญญาตรี	37.67	62.33
	ปริญญาโท	80.43	19.57
	ปริญญาเอก	-	100.00
รายได้ส่วนตัวต่อเดือน			
	น้อยกว่า 5,000 บาท	12.81	87.19
	5,001-10,000 บาท	15.58	84.42
	10,001-15,000 บาท	-	100.00
	15,001-20,000 บาท	25.00	75.00
	มากกว่า 20,000 บาท	86.05	13.95
หน่วยงาน/คณะ			
	ครุศาสตร์	14.29	85.71
	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	17.83	82.17
	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	7.49	92.51
	วิทยาการจัดการ	14.95	85.05
	บัณฑิตวิทยาลัย	-	100.00
	ศูนย์ฝึกปฏิบัติการวิชาชีพธุรกิจ	-	100.00
	สถาบันวิจัยและพัฒนา	97.30	2.70
	สถาบันอยุธยาศึกษา	-	-
	สำนักงานอธิการบดี	92.95	7.05
	สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี	-	100.00
วิธีการเดินทางมายังมหาวิทยาลัย			
	รถโดยสารสาธารณะ	40.78	59.22
	รถยนต์ส่วนบุคคล	72.94	27.06
	รถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล	58.82	41.18

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ประเภทข้อมูล	รูปแบบที่เลือกใช้ในการเดินทาง	
	Tram	Walk
	ร้อยละ	
จักรยาน	100.00	2.26
เดิน	100.00	-
วัตถุประสงค์ในการเดินทาง		
เดินทางไปทำงาน	63.79	36.21
เดินทางไปรับประทานอาหาร	72.56	27.44
เดินทางไปเรียน	14.08	85.92
อื่นๆ	-	5.26
สภาพอากาศในครั้งนั้นที่ใช้บริการ		
อากาศร้อน	42.15	57.85
อากาศเย็นสบาย	14.13	85.87
มีฝนตกเล็กน้อย	-	100.00
มีฝนตกหนัก	-	-
ความถี่ในการเดินทางในมหาวิทยาลัยต่อวัน		
1-2 ครั้ง	58.83	41.17
3-4 ครั้ง	8.67	91.33
5-6 ครั้ง	3.85	96.15
7-8 ครั้ง	31.58	68.42
9-10 ครั้ง	11.67	88.33
มากกว่า 10 ครั้ง	15.15	84.85

หมายเหตุ Tram = รถกอล์ฟไฟฟ้า, Walk = การเดิน

3.3.2 ข้อมูลด้านความพึงพอใจในการเลือกรูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัย เป็นข้อมูลที่สอบถามทัศนคติและความพึงพอใจของผู้เดินทางโดยรถกอล์ฟไฟฟ้าและการเดิน โดยมีปัจจัยที่สอบถามทั้งหมด 9 ปัจจัย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความพึงพอใจในการศึกษา

ปัจจัยความพึงพอใจที่ใช้ในการศึกษา	
ตัวแปร	ความหมาย
SF1	เลือกเวลาในการเดินทาง
SF2	ความรวดเร็วในการเดินทาง
SF3	วันที่มีแดดร้อน
SF4	วันที่อากาศดี
SF5	วันที่มีฝนตก
SF6	ความสะอาดสบาย
SF7	เข้าถึงจุดที่ต้องการ
SF8	สิ่งอำนวยความสะดวก
SF9	ความปลอดภัยในการเดินทาง

หมายเหตุ ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด = 5, มาก = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, น้อยมาก = 1

3.3.3 การวิเคราะห์ปัจจัย (Analysis)

จากข้อมูลการสำรวจที่เกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีปัจจัยอยู่หลายปัจจัย จะนำมาจัดกลุ่มของตัวแปรปัจจัยความพึงพอใจที่มีความสัมพันธ์ และมีทิศทางไปในทางเดียวกัน เพื่อลดจำนวนตัวแปรปัจจัย และสร้างคะแนน (Factor Score) เพื่อนำข้อมูลของปัจจัยที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ ที่เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ ได้ค่าสถิติของ KMO (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) เท่ากับ 0.861 ซึ่งค่า KMO ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลมีความเหมาะสม ค่า Bartlett's Test of Sphericity มีค่า Chi-Square เท่ากับ 7366.944 เท่ากับ 36 และค่า sig เท่ากับ 0.000 แสดงว่าข้อมูลที่วิเคราะห์มีความสัมพันธ์กัน

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบจึงได้ค่าตัวแปรใหม่ที่มีความสัมพันธ์และมีทิศทางไปในทางเดียวกันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า KMO ปัจจัยด้านความพึงพอใจ

KMO and Bartlett's Test				
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.861		
Bartlett's Test of Sphericity		Approx. Chi-Square	7366.944	
		df	36	
		sig.	0.000	
Exploratory Factor Analysis				
ตัวแปร	ตัวแปรผล	ปัจจัยด้านความพึงพอใจ	Component	
			1	2
	RELIA	การบริการที่มีความน่าเชื่อถือได้ (Reliable)		
SF1	STIME	เลือกเวลาในการเดินทาง	0.743	
SF2	SPEED	ความรวดเร็วในการเดินทาง	0.687	
SF3	GOODW	วันที่อากาศดี	0.801	
SF4	COMF	ความสะอาดสบาย	0.729	
SF5	ACCESS	เข้าถึงจุดที่ต้องการ	0.843	
SF6	FACI	สิ่งอำนวยความสะดวก	0.809	
SF7	SAFE	ความปลอดภัย	0.800	
	CLIM	สภาพอากาศ (Climate)		
SF8	HOTW	วันที่มีแดดร้อน		0.888
SF9	RAINW	วันที่มีฝนตก		0.901

3.3.4 การกำหนดค่าตัวแปรผล

การกำหนดค่าตัวแปรผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามมาวิเคราะห์ และพัฒนารูปแบบการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยใช้ข้อมูลจำนวน 677 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 70 ของข้อมูลทั้งหมด นำมาทำการสร้างชุดพัฒนาแบบจำลอง และ จำนวน 292 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 30 ของข้อมูลทั้งหมด ใช้เป็นชุดตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม NLOGIT 4.0 รายละเอียดดังตารางที่ 4

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 4 ตัวแปรผลที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลใน โปรแกรม NLOGIT 4.0

ตัวแปรผล	ตัวแปร	กำหนดค่าให้/คำอธิบาย
DIST	ระยะทาง	ระยะทางในการเดินทางของแต่ละรูปแบบการเดินทาง(เมตร)
TWT	เวลารอคอยรถไฟฟ้า	เวลาในการรอรถโดยสารไฟฟ้า(นาที)
TT	เวลาในการเดินทางรถโดยสารไฟฟ้า	เวลาในการเดินทางของรถโดยสารไฟฟ้า(นาที)
TW	เวลาในการเดิน	เวลาในการเดิน (นาที)
TP	เวลาจากจุดจอดรถโดยสารไฟฟ้าไปยังจุดหมาย	เวลาที่ใช้เดินทางจากจุดจอดรถโดยสารไฟฟ้าไปยังจุดหมาย(นาที)
ตัวแปรปัจจัยแฝง		
RELIA	ปัจจัยด้านการบริการที่มีความเชื่อถือได้ (Reliable)	- เลือกเวลาในการเดินทาง
		- ความรวดเร็วในการเดินทาง
		- วันที่อากาศดี
		- ความสะดวกสบาย
		- เข้าถึงจุดที่ต้องการ
		- สิ่งอำนวยความสะดวก
CLIM	ปัจจัยด้านสภาพอากาศ (Climate)	- วันที่มีแดดร้อน
		- วันที่มีฝนตก

3.3.5 การวิเคราะห์แบบจำลอง

การวิเคราะห์รูปแบบการเดินทาง โดย Logit Model ที่เป็นแบบไบนารี (Binary logistic regression analysis) ที่ตัวแปรเป็นแบบ 2 ทางเลือก คือ รถโดยสารไฟฟ้า และการเดิน โดยกำหนดให้การเดินทางเป็นรูปแบบอ้างอิงในการศึกษาค่านี้ เพื่อให้ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกเดินทางโดยสารรถโดยสารไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย ผลของการพยากรณ์ชุดพัฒนาและชุดตรวจสอบแบบจำลอง ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในระดับดีมากจึงสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ที่ได้ ไปใช้หาค่าแบบจำลอง เพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง ดังรายละเอียดตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าการพยากรณ์ของชุดพัฒนาและชุดตรวจสอบแบบจำลอง

รูปแบบการเดินทาง	ชุดพัฒนาและตรวจสอบแบบจำลองร้อยละ			
	Tram	Walk	Total	%Correct
Tram	239	32	271	88.19
Walk	43	363	406	89.41
ร้อยละการพยากรณ์	ชุดพัฒนาแบบจำลอง(677)			88.92%
Tram	97	13	110	88.18
Walk	24	158	182	86.81
ร้อยละการพยากรณ์	ชุดตรวจสอบแบบจำลอง(292)			87.33%

จากการวิเคราะห์แบบจำลอง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) เวลารอคอยรถโดยสารไฟฟ้า (TWT) และสภาพอากาศ (CLIM) มีค่าเท่ากับ -0.301 และ 1.498 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient)

เวลาในการเดิน (TW) มีค่าเท่ากับ -0.036 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ที่มีเครื่องหมายติดลบ หมายถึงเมื่อตัวแปรที่มีค่าเพิ่มขึ้นตัวแปรปัจจัยที่มีในการเลือกรูปแบบการเดินทางของประเภทนั้นจะลดลง และตัวแปรปัจจัยที่มีค่าเป็นบวกจะเพิ่มขึ้นเมื่อตัวแปรของปัจจัยเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 6 และสามารถนำมาเขียนเป็นสมการอรรถประโยชน์ ได้ดังนี้

$$U(T) = -0.883 - 0.301(TWT) + 1.498(CLIM) \quad (7)$$

$$U(W) = -0.036(TW) + 1.498(CLIM) \quad (8)$$

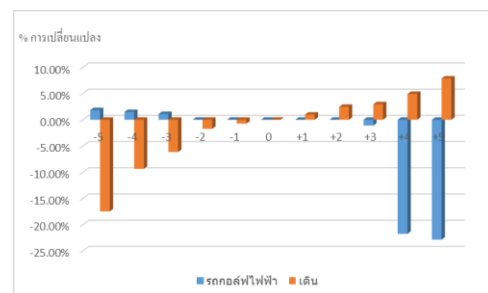
ตารางที่ 6 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์	P[Z > z]
TWT	-0.301	<0.001
TW	-0.036	0.0312
CLIM	1.498	<0.001
Variable	Constant	
TRAM	-0.883	
WALK	อ้างอิง	
Goodness-of-fit		
Log Likelihood Func.	-232.7788	
Log Likelihood zero	-455.7099	
McFadden R-squared	0.49	
Chi-squared	445.86216	
%พยากรณ์	88.92	

3.3.6 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการเพิ่มเวลารอคอยรถโดยสารไฟฟ้า และการลดเวลารอคอยรถโดยสารไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ส่งผลจากการวิเคราะห์ในการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง เมื่อเพิ่มและลดเวลาในการรอรถโดยสารไฟฟ้าทุก 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ

จากผลการประยุกต์แบบจำลอง เมื่อเพิ่มเวลารอคอยรถโดยสารไฟฟ้าขึ้น 5 นาที ส่งผลให้ผู้เลือกการเดินทางเปลี่ยนไปเดินทางด้วยการเดินเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.88 และเมื่อลดเวลาในการรอรถโดยสารไฟฟ้าลง 5 นาที จะส่งผลให้ผู้เดินทางเปลี่ยนมาเลือกใช้การเดินทางรถโดยสารไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.85 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัย เมื่อมีการเพิ่มหรือลดเวลาในการรอรถโดยสารไฟฟ้า

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

5. สรุปผล

จากการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกเดินทางโดยสารรถกอล์ฟไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยการวิเคราะห์โดยรูปแบบ Binary logit model พบว่า รูปแบบการเดินทางที่ถูกเลือกใช้มากที่สุด คือ การเดิน และรถกอล์ฟไฟฟ้า ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางมากที่สุด คือ สภาพภูมิอากาศ เวลาจอดรถกอล์ฟไฟฟ้า เวลาในการเดิน ตามลำดับ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง ที่มีค่า R-Squared เท่ากับ 0.49 ความถูกต้องของพยากรณ์ที่ร้อยละ 88.92 เป็นค่าที่อยู่ในระดับความถูกต้องที่น่าเชื่อถือ และได้นำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาจอดรถกอล์ฟไฟฟ้าขึ้น ส่งผลให้ผู้เลือกการเดินทางเปลี่ยนไปเดินทางด้วยการเดินเพิ่มขึ้น และเมื่อลดเวลาในการจอดรถกอล์ฟไฟฟ้า จะส่งผลให้ผู้เดินทางเปลี่ยนไปเลือกการเดินทางและการเดินทางรูปแบบอื่น

การวิจัยครั้งนี้ สามารถนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอด พัฒนา ปรับปรุงนโยบายระบบการขนส่งภายในองค์กร รวมทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงการวางแผนในการจัดสรรงบประมาณ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ และเกิดประโยชน์สูงสุดมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. ดร.กิตติชัย ธนทรัพย์สิน ที่ได้เสียสละเวลาให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ และคำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ให้บทความฉบับนี้มีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณภัทร เลขะวัฒนะ, “การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางสำหรับนักเรียนระหว่างรถนักเรียนและยานพาหนะอื่น,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมขนส่ง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2556.
- [2] อุบลรัตน์ ศิริสุข โภคา และจรัญ แสนราช, “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลปัจจัยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับอุดมศึกษาในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนจริง,” วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , ปีที่ 10, ฉบับที่ 3, หน้า 131-139, กันยายน-ธันวาคม, 2562.
- [3] สุรพันธ์ ไชยชนะ, “ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของสายการบินต้นทุนต่ำและสายการบินไทย,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550.

- [4] Bereket Tessema Zewude, “Binary Logistic Regression Analysis in Assessment and Identifying Factors That Influence Students’ Academic Achievement: The Case of College of Natural and Computational Science,” Wolaita Sodo University, Ethiopia, 2016.
- [5] Massuod Ali Ahmed Abuhomoud, Riza Atiq O. K. Rahmat and Amiruddin Ismail, “Modeling of Transport Mode in Libya: a Binary Logit Model for Government Transportation Encouragement”, University Kebangsaan Malaysia, 2019, pp 1291-1296.
- [6] พีรศักดิ์ รัตนสุวรรณ, “การวิเคราะห์และการพัฒนาบริการของรถรางชมรอบเกาะรัตนโกสินทร์,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2553.
- [7] พงษ์พิชญ์ นาคคำ, “การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางในพื้นที่ศึกษามหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตศาลา,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2563.
- [8] ทศพร อารีราษฎร์, “ผลกระทบต่อการให้บริการของรถไฟและรถทัวร์จากการเติบโตของสายการบินต้นทุนต่ำ,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550.
- [9] Yamane, Taro Statistics an introductory analysis. New York Harper & Row, 1973.



ประวัติผู้เขียนบทความ

นายรัฐพงษ์ แก้วนักคำ

นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

งานวิจัยที่สนใจ : การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางภายในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

การศึกษาประสิทธิผลของเส้นจราจรแบบซิกแซก และ แถบลดความกว้างช่องจราจร ต่อการลดความเร็วของยานพาหนะ

กรณีศึกษา :ทางข้ามอัจฉริยะ ทางหลวงหมายเลข 314 ตอนแสนภูดาต – ฉะเชิงเทรา

The study effectiveness of zigzag traffic lines and optical speed bar on vehicle speed reduction

A case study of smart crosswalk highway no. 314 Sanphudat – Chachoengsao

เมษา ชัยทอง^{1*} และ กิตติชัย ธนทรัพย์สิน²

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800. samcivil.ch@gmail.com , kittichai.t@eng.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุผู้ขับขี่รถชนคนข้ามถนนบนทางม้าลายคือ ความเร็วของรถที่วิ่งเข้าสู่ทางคนเดินข้าม และการรับรู้ของผู้ขับขี่ล่วงหน้าว่ามีทางข้ามถนน จึงมีการคิดค้นมาตรการและนวัตกรรมการจัดการด้านวิศวกรรมจราจร เพื่อป้องกันหรือลดความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ เส้นจราจรแบบซิกแซกเป็นนวัตกรรมการแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่ใช้ในสากลได้ถูกนำมาทดลองใช้กับทางหลวงเพื่อเตือนผู้ขับขี่ล่วงหน้าให้ตระหนัก และ ลดความเร็วลงก่อนถึงทางคนเดินข้าม งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประสิทธิผลของเส้นจราจรแบบซิกแซกและ แถบลดความกว้างช่องจราจรต่อการลดความเร็วของยานพาหนะที่เคลื่อนผ่านก่อนเข้าสู่ทางข้าม โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยและความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทม์ ของรถแต่ละประเภทก่อน – หลัง เข้าสู่เส้นจราจร ผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งเส้นจราจรทั้ง ชนิดแถบลดความกว้างช่องจราจร และ แบบซิกแซกไม่สามารถทำให้ความเร็วลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจจำเป็นต้องมีมาตรการด้านกฎหมายมากขึ้นและติดตั้งกล้องจับความเร็วเพื่อเปรียบเทียบปรับ

คำสำคัญ : เส้นซิกแซก; ความเร็ว; ทางข้ามอัจฉริยะ; แถบลดความกว้างช่องจราจร

Abstract

Factors affecting the severity of an accident on cross walking are: The speed of cars that entering to the pedestrian and the driver's awareness. Therefore, the innovations in traffic engineering management have been invented. To prevent or reduce the severity of accidents. Zigzag traffic lines are an innovative solution to this problem that is used internationally. Warning drivers in advance to be aware and reduce their speed before reaching the pedestrian crossing. This research investigates the effectiveness of zigzag traffic lines and optical speed bars in reducing the speed of passing vehicles before entering a crossing. Collecting data comparing average speed and speed at the 85th percentile of each type of vehicle before and after entering the traffic line. The results revealed that

Installing both Optical speed bars and zigzag traffic lines cannot significantly reduce speed. Therefore, it may be necessary to have more legal and traffic engineering requirements.

Keywords: Zigzag line; Speed; Smart crosswalk ; Optical speed bars

1. บทนำ

เส้นจราจรแบบซิกแซก และ Optical speed bar ที่ปรากฏบริเวณก่อนถึงทางข้ามมีวัตถุประสงค์เพื่อเตือนผู้ขับขี่ล่วงหน้าให้รับรู้เพื่อที่จะลดความเร็วลงก่อนถึงทางคนเดินข้าม โดยเป็นรูปแบบที่ใช้กันในสากลในกลุ่มประเทศยุโรป สหราชอาณาจักร สิงคโปร์ ออสเตรเลีย เป็นต้น เพื่อช่วยเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ข้ามทางม้าลาย [1] จึงได้นำมาทดลองใช้ในพื้นที่ทดลองในประเทศไทยหากสามารถช่วยเตือนผู้ขับขี่ให้ลดความเร็วยานพาหนะลงก่อนถึงบริเวณทางข้ามก็จะช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุชนคนข้ามถนนได้ และอาจเสนอเพื่อพิจารณาประกอบปรับเป็นมาตรฐานงานวิศวกรรมและขยายพื้นที่ติดตั้งต่อไปหากมีผลการศึกษาถึงประสิทธิผลในระยะยาวที่เพียงพอ

เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2565 ผู้ว่าราชการจังหวัดฉะเชิงเทราและหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องได้ทำการเปิดใช้งานทางข้ามอัจฉริยะอย่างเป็นทางการ โดยทางข้ามนี้มีทั้งระบบสัญญาณไฟชนิดกดเพื่อขอข้าม กล้องประมวลผลเพื่อควบคุมสัญญาณไฟการเดินข้าม และมีการปรับปรุงพื้นถนนทางข้ามด้วยการตีเส้นจราจรแบบซิกแซกและ แถบลดความกว้างช่องจราจร หรือ Optical speed bar (OSB) เพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ชะลอความเร็วลงก่อนถึงทางข้าม เพื่อความปลอดภัยที่มากขึ้นจากทางม้าลายแบบเดิม เพื่อทดแทนการก่อสร้างสะพานลอยคนเดินข้ามที่ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากติดปัญหาทางที่ดิน โดยถือเป็นทางข้ามอัจฉริยะจุดที่ 8 ของประเทศไทยที่มีการทดลองใช้งาน [2]

อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงประสิทธิผลของเส้นจราจรที่ใช้เพื่อเตือนผู้ขับขี่ให้ชะลอความเร็วก่อนถึงทางข้ามโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือเส้นจราจรแบบซิกแซกของประเทศไทยในปัจจุบันยังมีน้อยและทำการศึกษาและติดตามผลในระยะเริ่มต้นเท่านั้น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพของเส้นจราจรแบบซิกแซก และ แถบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) ก่อนถึงทางข้าม โดยเลือกพื้นที่กรณีศึกษา ทางข้ามอจจริยะ ทางหลวงหมายเลข 314 ตอนแสนภูคา - ละเซิงเทรา เพื่อศึกษาความเร็วของยานพาหนะขณะเคลื่อนผ่านเข้าสู่ช่วงที่ตีเส้นจราจรแบบต่างๆ

2. ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของทางข้าม [3]

ทางข้ามอาจมีได้หลายรูปแบบเช่น ทางข้ามแบบทางม้าลาย ทางข้ามแบบมีสัญญาณคนข้าม และทางข้ามแบบต่างระดับโดยแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ทางข้ามแบบไม่มีสัญญาณไฟ และ ทางข้ามแบบมีสัญญาณไฟ

2.1.2 ทางข้ามแบบไม่มีสัญญาณไฟ

ทางข้ามแบบไม่มีสัญญาณไฟเป็นทางข้ามแบบพื้นฐานที่สุด มีการทำเส้นผิวทางด้วยแถบขาวสลับช่องว่างแบบทางม้าลาย อาจติดตั้งอุปกรณ์เสริม เช่น เส้นหยุดก่อนทางข้ามประมาณ 6-15 เมตร หรือป้ายสะท้อนแสง ป้ายเตือน และไฟกะพริบเพื่อเพิ่มการมองเห็นของผู้ขับขี่

2.1.2 ทางข้ามแบบมีสัญญาณไฟ

ทางข้ามแบบมีสัญญาณไฟจะใช้ในกรณีที่มีจำนวนคนข้ามมากหรือพาหนะมีความเร็วสูง ซึ่งจะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุต่อผู้เดินเท้าได้ มีการติดตั้งสัญญาณไฟคนข้ามรวมทั้งการปรับสภาพของถนนเช่นการจัดพื้นที่เกาะกลางและอื่นๆ ร่วมด้วย

2.2 ทางข้ามอจจริยะ

ทางข้ามอจจริยะเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตรวจนับปริมาณคนข้ามและยานพาหนะบริเวณทางข้ามให้กับระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร ขั้นตอนการทำงานของทางข้ามอจจริยะจะใช้กล้องตรวจนับบริเวณพื้นที่รอข้ามว่ามีคนยืนรออยู่หรือไม่ หากระยะเวลาของคนข้ามเกินระยะเวลาที่กำหนดไว้ระบบจะตัดสัญญาณไฟเขียวสำหรับยานพาหนะและให้สัญญาณไฟสำหรับคนข้าม เมื่อสัญญาณไฟเปลี่ยนเป็นรูปคนเดินให้เริ่มข้ามถนนได้ แต่เมื่อสัญญาณไฟเปลี่ยนเป็นรูปมือแบกกระเป๋าให้คนในพื้นที่ทางข้ามรีบข้ามถนนให้ผ่านพ้น แต่ห้ามเริ่มข้ามในช่วงเวลานั้น

2.3 เส้นจราจรแบบซิกแซก

เส้นจราจรแบบซิกแซกเป็นเส้นที่ตีไว้บริเวณด้านข้างของช่องจราจรก่อนถึงทางข้าม ซึ่งมีผลทางจิตวิทยาคือส่งผลให้ผู้ขับขี่รู้สึกถึงความไม่แน่นอนของการแบ่งช่องจราจร และทำให้รู้สึกวุ่นวายกับช่องจราจรและถนนแคบลง จึงต้องชะลอความเร็วเองโดยสัญชาตญาณ โดยขนาดและรูปแบบของเส้นจราจรซิกแซกที่นำมาประยุกต์ใช้นั้นเป็นเส้นจราจรสีขาวขนาดกว้าง 10 ซม โดยระยะจากทางข้ามขึ้นอยู่กับความเร็วบนท้องถนนและช่วงระยะความยาวของเส้นซิกแซก [1] และการตีเส้นจราจรซิกแซกบนผิวจราจรก่อนถึงทางม้าลายเพื่อให้รถชะลอความเร็วสามารถกระทำได้โดยไม่ต้องพ.ร.บ.จราจรทางบก 2522 ปัจจุบันยังอยู่ในช่วงทดลองใช้และเก็บรวบรวมข้อมูลถึงประสิทธิภาพ หากการตีเส้นจราจรซิกแซกสามารถป้องกันการเกิดอุบัติเหตุได้ผลต่อไปในอนาคตจะพิจารณาบรรจุเส้นซิกแซกเข้าไปในกฎหมาย พ.ร.บ.จราจรทางบกเพื่อเป็นเครื่องหมายจราจรต่อไป

2.4 แถบลดความกว้างช่องจราจร

แถบลดความกว้างช่องจราจร หรือ Optical speed bar (OSB) คือเส้นจราจรชนิดหนึ่งที่มีการตีเส้นขีดเข้ามาในพื้นที่ผิวจราจร เพื่อลดขนาดของช่องจราจรให้แคบลง ซึ่งจะทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกเสมือนว่ารถกำลังวิ่งในช่องจราจรที่มีขนาดที่แคบลงจึงเกิดการชะลอความเร็วลง มีทั้งชนิดธรรมดาและแบบที่มีการทาสีแดงที่มีคุณสมบัติการลื่นไถล และช่วยให้มองเห็นได้ในระยะไกลมากขึ้นก่อนถึงทางข้าม [6]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรมศวรร หลือเทพ และคณะ (2565) มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของเส้นจราจร แบบซิกแซกบริเวณ ก่อนถึงทางม้าลายภายในมหาวิทยาลัย โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วรถยนต์ ก่อนถึงทางม้าลายลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญหลังติดตั้งได้ 7 วัน แต่หลังจากผ่านไป 4 เดือนกลับมีค่าเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงความเร็วก่อนที่ติดตั้งเส้นซิกแซกและมีแบบทดสอบความเข้าใจที่อาจประเมินได้ว่าในช่วงแรกของการติดตั้ง ผู้ใช้ถนนยังคงไม่เข้าใจความหมายของสัญลักษณ์เส้นจราจรบนพื้นถนน จึงอาจทำให้เกิดการชะลอความเร็วยานพาหนะลงชั่วคราว [4]

พงศธร เพชรติบ และคณะ (2564) มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการปรับปรุงบริเวณทางข้ามจากชนิดทางม้าลายธรรมดาให้เป็นทางข้ามอจจริยะ โดยศึกษาในบริเวณถนนหลัก กาญจนวนิษฐ์ (ทางหลวงหมายเลข 407) จากการศึกษาพบว่า หลังการปรับปรุงโดยเพิ่มไฟกะพริบ การทาสีแดงที่บริเวณทางข้ามและการเพิ่มแถบเส้นจราจรแบบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) พบว่า สามารถลดความเร็วของรถยนต์ในทิศทางเข้าเมืองได้ร้อยละ 25.19 และในทิศทางออกนอกเมืองสามารถลดความเร็วได้ร้อยละ 12.82 ในวันทำงาน เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำการปรับปรุงทางข้าม [5]

วัชรวิภา แก้วคุณากร และคณะ (2563) การศึกษาถึงประสิทธิภาพของป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่นและแถบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) ต่อการลดความเร็วรถยนต์ช่วงก่อนถึงทางแยกสัญญาณไฟจราจร เขตชุมชนกรณีศึกษาถนนทางหลวงชนบท เพื่อดูช่วงที่รถยนต์วิ่งผ่านก่อนและหลังจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ชะลอความเร็ว พบว่าป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่นลดความเร็วของรถยนต์อย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนแถบลดความกว้างช่องจราจรแบบทั่วไป และแถบลดความกว้างช่องจราจรแบบเพิ่มแถบสีแดงสามารถลดความเร็วของรถยนต์ได้อย่างมีนัยสำคัญแต่ทั้งนี้กรณีศึกษานี้มีบริเวณทางแยกด้านหน้าที่อาจส่งผลกระทบต่อความเร็วก่อนถึงจุดทางแยกได้ [6]

Lance E. Dougal (2010) ได้ทำการทดสอบการติดตั้งเครื่องหมายจราจรแบบซิกแซกบริเวณทางข้ามทางแยกบนเส้นทาง Washington and Old Dominion (W&OD) ซึ่งเป็นเส้นทางเอกประสงค์ ยาว 45 ไมล์ โดยประเมินผลเปรียบเทียบก่อนและหลังติดตั้ง จากการศึกษาพบว่าเครื่องหมายที่ติดตั้งไว้มีผลในการลดความเร็ว จึงอาจสรุปว่าการตีเส้นซิกแซกบนทางเข้ามีประโยชน์มากกว่าตอนก่อนทำการติดตั้ง และได้แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์จราจรเพื่อเป็นสัญญาณเตือนทางข้ามทางแยก เปรียบเทียบกัน 3 แบบ คือ zigzag marking , overhead flashing , advance flashing พบว่ามูลค่าการติดตั้งและการบำรุงรักษาในระยะเวลา 5 ปี เครื่องหมายจราจรแบบเส้นซิกแซก (zigzag marking) ใช้งบประมาณน้อยที่สุด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3. วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาคงความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเส้นจราจรแบบซิกแซก และ แถบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) ในการลดความเร็วลงหลังจากเข้าสู่เส้นจราจรที่กำหนด ทำการเก็บข้อมูลยานพาหนะ 3 ชนิด ได้แก่ 1.รถเก๋ง 2.รถกระบะ 3.รถบรรทุก

3.1 พื้นที่ศึกษา

เลือกใช้พื้นที่ ทางหลวงหมายเลข 314 ตอนแสนภูคา - ละโว้ระหว่างกม.8+200 ถึงกม.8+706 จ.ละโว้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นบริเวณทางข้ามอจรณะที่ประกอบด้วย ไฟสัญญาณทางข้ามแบบกด ทางม้าลายแอมบิว เส้นจราจรแบบซิกแซกสีขาว เส้น แถบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) แบบทั่วไป ช่องจราจรฝั่งละ 3 ช่อง และมีเกาะกลางถนนแบบยก

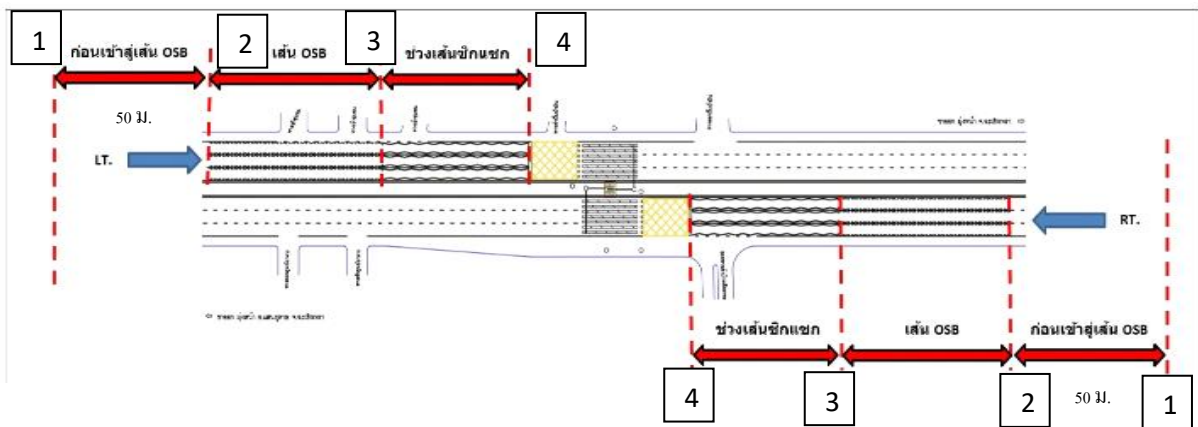
3.2 วิธีการเก็บข้อมูล

ในการตรวจวัดความเร็วสำหรับการศึกษาค้นคว้าจะดำเนินการเก็บข้อมูลความเร็วเป็น 4 จุดดังนี้
 จุดที่ 1 ก่อนเข้าสู่เส้น OSB ระยะ 50 เมตร
 จุดที่ 2 จุดเริ่มต้นเส้น OSB
 จุดที่ 3 เริ่มต้นเส้นซิกแซก(ใช้จุดเดียวกันกับสิ้นสุด OSB)
 จุดที่ 4 สิ้นสุดเส้นซิกแซก

ตารางที่ 1 การตั้งค่านู่มองสการวัดแต่ละจุดสำรวจ

มู่งหน้าละโว้กม.8+245 – 8+579				
	50 ม. ก่อนถึง OSB	จุดเริ่มต้น OSB	จุดสิ้นสุด OSB/เริ่มต้น ซิกแซก	จุดสิ้นสุด เส้นซิกแซก
องศา	16	31	11	11
มู่งหน้าชลบุรี กม. 8+579 – 8+245				
	50 ม. ก่อนถึง OSB	จุดเริ่มต้น OSB	จุดสิ้นสุด OSB/เริ่มต้น ซิกแซก	จุดสิ้นสุด เส้นซิกแซก
องศา	10	21	7	48

ก่อนทำการเก็บข้อมูลภาคสนามที่ต้องการศึกษา ทางผู้วิจัยได้ทำการสำรวจจราจรบริเวณที่ต้องการเพื่อศึกษาปริมาณการจราจร ชั่วโมงเร่งด่วน ช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่น



รูปที่ 1 แผนผังจุดเก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะ

โดย 1 สัปดาห์ ก่อนทำการเก็บข้อมูลความเร็วในพื้นที่กรณีศึกษา ทางคณะได้ทำการประชาสัมพันธ์ไปยังผู้อาศัยในพื้นที่อำเภอบ้านโพธิ์ ตำบลแสนภูคา ให้ทราบถึง วัตถุประสงค์ของการดำเนินการ วันเวลา สถานที่ที่จะลงใช้พื้นที่ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการเก็บข้อมูลความเร็วจากการชะลอความเร็วของรถเนื่องจากความเข้าใจผิดว่าเป็นเจ้าหน้าที่ตรวจจับความเร็ว

เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านกายภาพพื้นที่ทำการเก็บข้อมูล 2 แห่งที่แตกต่างกัน และจำเป็นต้องปกปิดตัวตนผู้เก็บข้อมูลไม่ให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะมองเห็น จึงต้องจัดหาที่หลบซ่อน จึงไม่สามารถตั้งค่านู่มที่ใช้ในการสำรวจแต่ละจุดให้เท่ากันทุกจุดได้ดังตารางที่ 1

ได้ทำการเก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะขณะเคลื่อนผ่านแต่ละจุดสำรวจโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดความเร็ว (Speed Radar Gun) เพื่อเก็บข้อมูลทั้งสองฝั่งถนนในวันทำงานปกติ และวันหยุด เริ่มเก็บข้อมูลในช่วงเวลาไม่เร่งด่วน คือ 9.00 – 11.00น. , 13.00 – 15.00 น. และ 17.00 – 19.00 น. โดยเลือกเก็บในจังหวะที่ไม่มีรถกำลังเคลื่อนที่ตัดเข้าสู่เลนถนนที่ศึกษา และหรือกำลังชะลอเพื่อออกจากถนนหลักเพื่อเข้าซอยในช่วงที่กำลังเก็บความเร็วและไม่มียานพาหนะที่ใหญ่กว่ากำลังวิ่งซ้อนอยู่ด้านหลัง

การเก็บบันทึกข้อมูลจากปืนเรดาร์ตรวจจับความเร็วดังแผนผังที่แสดงในรูปที่ 2 จะต้องนำค่านู่มุมเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง เนื่องจากค่าที่วัดได้จากปืนเรดาร์เป็นการวัดในลักษณะที่เกิดมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ต้องการวัดความเร็ว ซึ่งอาจทำให้เกิด Cosine effect error ได้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

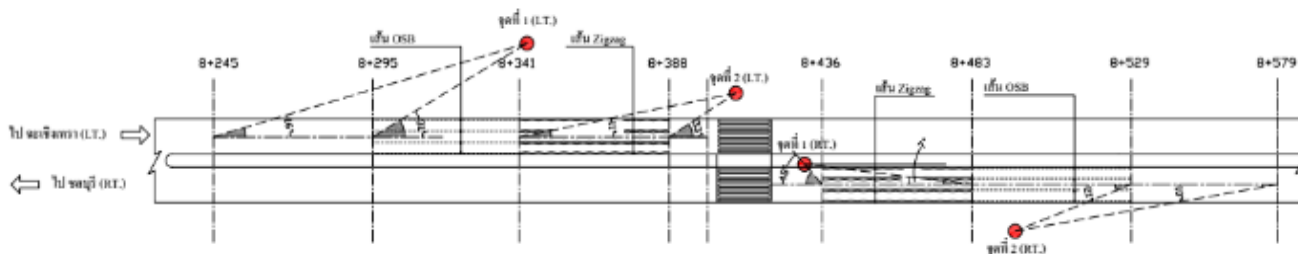
[7] ความเร็วหลังปรับแก้และความเร็วที่อ่านจากปืนเรดาร์ตรวจจับความเร็วสามารถแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$V_a = \frac{V_s}{\cos \alpha} \quad (1)$$

V_a = ความเร็วของยานพาหนะ

V_s = ความเร็วที่ตรวจจับได้จาก radar gun

α = มุมเบี่ยงเบนออกจากแนวทางการเคลื่อนที่



รูปที่ 2 แผนผังการเก็บบันทึกความเร็วจาก Radar speed gun

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษานี้ด้วยการทดสอบที (t-Test) เพื่อเปรียบเทียบความต่างของความเร็วของยานพาหนะ ก่อน และ หลัง เข้าสู่เส้นจราจรชนิดที่ศึกษา เนื่องจากข้อมูลที่ได้นั้นมีความไม่เป็นอิสระต่อกัน จึงต้องใช้การคำนวณค่า t-Test Paired Two Sample และ ใช้ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์เป็นตัวแทนค่าความเร็วแต่ละจุด

สมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

H_0 : ความเร็วยานพาหนะก่อนเข้าสู่เส้นจราจรที่กำหนด น้อยกว่าหรือเท่ากับความเร็วหลังเข้าสู่เส้น

H_1 : ความเร็วยานพาหนะก่อนเข้าสู่เส้นจราจรที่กำหนด มากกว่าความเร็วหลังเข้าสู่เส้น

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์

ผลการวิเคราะห์ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของรถเก๋ง รถกระบะ และรถบรรทุก เมื่อวิ่งผ่านจุดสำรวจในแต่ละช่วงของเส้นจราจรที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าในฝั่งถนนมุ่งหน้าชลบุรี ยานพาหนะทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มความเร็วเพิ่มขึ้นภายหลังเริ่มเข้าสู่เส้นจราจรทั้งแบบแถบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) และ แบบซิกแซก

ผลการวิเคราะห์ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของถนนมุ่งหน้าฉะเชิงเทราดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่ารถเก๋งและรถบรรทุกมีแนวโน้มความเร็วเพิ่มขึ้นเช่นกันเมื่อเคลื่อนตัวผ่านช่วงเส้นจราจรทั้ง 2

ชนิด แต่กลับพบว่าการกระเบมีความเร็วลดลงหลังจากผ่านเข้าสู่ช่วงเส้นจราจรแบบแถบลดความกว้างช่องจราจร โดยลดลงจากจุดเริ่มต้นเส้นที่ 87.498 กม./ชม. เป็น 83.535 กม./ชม. ที่จุดสิ้นสุดเส้น OSB แต่กลับมีค่าความเร็วเพิ่มขึ้นหลังผ่านเข้าสู่ช่วงเส้นจราจรแบบซิกแซก โดยที่จุดสิ้นสุดเส้น มีความเร็ว 89.427 กม./ชม.

ตารางที่ 2 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์พาหนะฝั่งมุ่งหน้าชลบุรี

	ความเร็วที่ 85 percentile			
	ก่อน OSB 50 เมตร	เริ่มเข้า OSB	สิ้นสุด OSB / เริ่มซิกแซก	สิ้นสุด ซิกแซก
เก๋ง	81.031	76.051	84.631	91.761
กระบะ	84.280	74.980	85.235	92.658
บรรทุก	74.126	69.624	82.565	85.185

ตารางที่ 3 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์พาหนะฝั่งมุ่งหน้าฉะเชิงเทรา

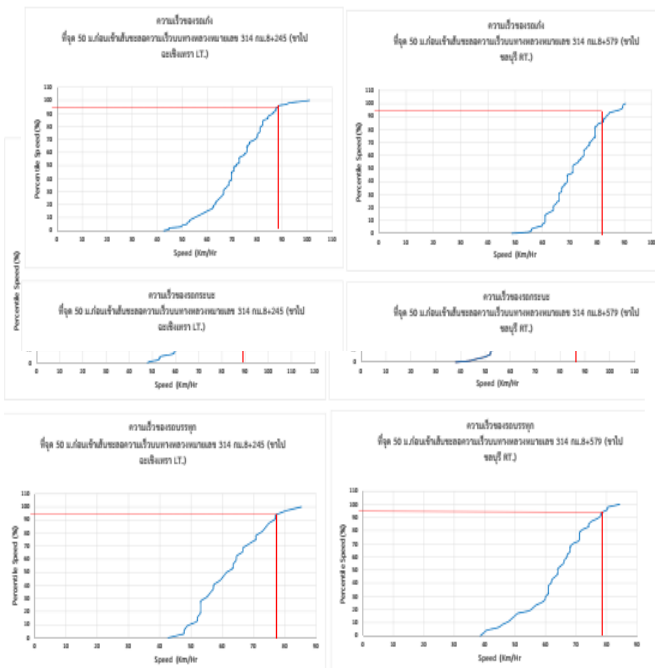
	ความเร็วที่ 85 percentile			
	ก่อน OSB 50 เมตร	เริ่มเข้า OSB	สิ้นสุด OSB / เริ่มซิกแซก	สิ้นสุด ซิกแซก
เก๋ง	82.808	82.831	85.572	89.785
กระบะ	86.345	87.498	83.535	89.427
บรรทุก	74.069	76.064	81.497	88.712

4.2 ผลการศึกษาพฤติกรรมการใช้ความเร็ว

ในการศึกษาพฤติกรรมการใช้ความเร็วของผู้ขับขี่ยานพาหนะขณะเคลื่อนผ่านจุดสำรวจที่ 1 คือ ระยะ 50 เมตร ก่อนเข้าสู่เส้นจราจรที่ทำการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ผู้ขับขี่มีแนวโน้มการใช้ความเร็วเพิ่มสูงในยานพาหนะทุกชนิด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 3 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของรถก่อนเข้าเส้นจราจร

4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความเร็วของเส้นจราจร

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความเร็วยานพาหนะของเส้นจราจรแบบซิกแซก และ แบบแถบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) ในช่วงที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านช่วงจุดสำรวจข้อมูล โดยการนำความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ของยานพาหนะแต่ละชนิดมาคำนวณด้วยการทดสอบที่ ชนิด Paired Two Sample for Means ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าค่าความเร็วเฉลี่ยทั้ง 2 ฟังจราจรมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านช่วงเส้นจราจรที่ทำการศึกษาทั้งแบบซิกแซกและแบบแถบลดความกว้างช่องจราจร โดยความเร็วเฉลี่ยในช่วงเคลื่อนที่ผ่านเส้นจราจรแบบซิกแซกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเพิ่มจากจุดเริ่มต้นเส้นที่ 83.538 กม./ชม. เป็น 89.308 กม./ชม. ที่จุดสิ้นสุด ในถนนฝั่งมุ่งหน้าจะเชิงเทรา และเพิ่มจาก 84.143 กม./ชม. เป็น 89.867 กม./ชม. ในถนนฝั่งมุ่งหน้าเข้าชลบุรี

ในส่วนของความเร็วเฉลี่ยเมื่อเคลื่อนที่ผ่านช่วงแถบลดความกว้างช่องจราจรทั้ง 2 ฟัง พบว่า ฝั่งมุ่งหน้าจะเชิงเทรา มีความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ฝั่งมุ่งหน้าชลบุรีกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเพิ่มจาก 73.552 กม./ชม. เป็น 84.143 กม./ชม.

ตารางที่ 4 t-Test: Paired Two Sample for Means

ฝั่งซ้ายทางมุ่งหน้าจะเชิงเทรา	เริ่มต้น OSB	สิ้นสุด OSB
Mean	82.13099116	83.53476899
Variance	33.04589298	4.151134818

Observations	3	3
Pearson Correlation	0.588536845	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-0.502517262	
P(T<=t) one-tail	0.332588104	
t Critical one-tail	2.91998558	

ฝั่งซ้ายทางมุ่งหน้าจะเชิงเทรา	เริ่มต้นซิกแซก	สิ้นสุดซิกแซก
Mean	83.53476899	89.30801063
Variance	4.151134818	0.298563347
Observations	3	3
Pearson Correlation	0.981980506	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-6.646788321	
P(T<=t) one-tail	0.010947085	
t Critical one-tail	2.91998558	

ฝั่งขวาทางมุ่งหน้าชลบุรี	เริ่มต้น OSB	สิ้นสุด OSB
Mean	73.55195623	84.14386226
Variance	11.85596651	1.95994267
Observations	3	3
Pearson Correlation	0.930950707	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-8.33840078	
P(T<=t) one-tail	0.007039737	
t Critical one-tail	2.91998558	

ฝั่งขวาทางมุ่งหน้าชลบุรี	เริ่มต้นซิกแซก	สิ้นสุดซิกแซก
Mean	84.14386226	89.867857
Variance	1.95994267	16.646723
Observations	3	3
Pearson Correlation	0.994227193	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-3.682397346	
P(T<=t) one-tail	0.033238361	
t Critical one-tail	2.91998558	

จากผลการศึกษาข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าการติดตั้งเส้นจราจรทั้ง 2 ชนิด คือ แบบแถบลดความกว้างช่องจราจร และ แบบซิกแซก บริเวณก่อนถึงทางข้ามไม่สามารถทำให้ความเร็วเฉลี่ย และค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์มีค่าลดลงได้ทั้ง 2 ฟังจราจร แต่กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งฝั่งมุ่งหน้าจะเชิงเทราและฝั่งมุ่งหน้าเข้าเมืองชลบุรี

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ภายหลังจากมีการเปิดใช้งานทางข้าม อัจฉริยะอย่างเป็นทางการ 16 เดือน หรือ 480 วัน พบว่า เมื่อจับคู่ข้อมูล ความเร็วก่อนและหลังเข้าสู่เส้นจราจรแบบที่กำหนดซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม้อิสระต่อกันและทำการคำนวณค่าทดสอบที (t-test) พบว่าเส้นจราจรทั้งแบบ แถบลดความกว้างช่องจราจร (OSB) และแบบซิกแซก ไม่มีผลต่อการลดความเร็วของยานพาหนะที่เคลื่อนเข้าสู่ช่วงเส้นจราจรที่ศึกษาทั้ง 2 ฟังจราจร แต่กลับมีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หลังผ่านเข้าสู่เส้นจราจรแบบซิกแซกที่อยู่ติดกับทางข้าม ซึ่งอาจสอดคล้องกับการศึกษาในไทยของปรเมศวร์ เหลือเทพ และคณะ (2565 [4]) ที่หลังจากเปิดใช้งานเส้นจราจรบริเวณทางข้ามแบบใหม่เมื่อเวลาผ่านไปนานมากขึ้น จะทำให้ผู้ขับขี่ที่เบียดเคี้ยวต่อการเฝ้าระวังอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ในเขตทางข้าม ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการชะลอความเร็วก่อนเข้าสู่ทางข้ามด้านหน้า จึงทำให้ผลการผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วมีค่าสูงขึ้นแม้จะผ่านเส้นจราจรชนิดเคี้ยวให้ชะลอความเร็วมาก็ตาม

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อประชาชนผู้ใช้ทางข้ามทั้งในบริเวณที่มีหรือไม่มีไฟสัญญาณกดขอข้ามเพื่อให้ผู้ขับขี่รับรู้ว่ามีทางข้ามด้านหน้า เพื่อจะได้ชะลอความเร็วยานพาหนะลงในระดับที่ปลอดภัย มีข้อเสนอแนะดังนี้ ควรเพิ่มมาตรการทางกฎหมายที่บังคับใช้ให้หนักขึ้น เพื่อให้เกิดความเกรงกลัวและตระหนักถึงการปฏิบัติตามกฎหมายที่กำหนดให้ผู้ขับขี่ซึ่งขับรถเข้าใกล้ทางม้าลาย ต้องลดความเร็วของรถลงเนื่องด้วยปัจจุบันยังไม่สามารถติดตั้งไฟสัญญาณกดขอข้ามแบบทางข้ามอัจฉริยะได้ในทุกพื้นที่ที่เป็นทางข้าม และในส่วนของถนนเส้นหลักที่มีการใช้ความเร็วสูงอาจเพิ่มการติดตั้งกล้องตรวจจับความเร็วในช่วงก่อนเข้าสู่เขตทางข้ามร่วมด้วย เพื่อออกไปสังเวยเปรียบเทียบปรับจากสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เพื่อช่วยให้การบังคับใช้กฎหมายได้ดียิ่งขึ้น หรืออาจพิจารณาเพิ่มแถบชะลอความเร็วในแนวขวางกับพื้นผิวจราจรเพื่อให้เกิดการตื่นตัวและชะลอความเร็วลงก่อนถึงทางข้ามอีกรูปแบบหนึ่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความรู้และชี้แนะจุดบกพร่องงานวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์และขอขอบคุณความ

อนุเคราะห์จากส่วนเครื่องกล สำนักงานทางหลวงที่ 14 ชลบุรีในส่วนของเครื่องมือและเจ้าหน้าที่ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง, “กำเนิดเส้นจราจรซิกแซก เพิ่มจุดสังเกตลดอุบัติเหตุ.” [ออนไลน์]. <http://bhs.doh.go.th/node/778>. (เข้าถึงเมื่อ 7 มีนาคม 2567).
- [2] เปิดโครงการงานระบบไฟจราจรอัจฉริยะบริเวณทางม้าลาย [ออนไลน์]. <https://www.chachoengsao.go.th/cco/index.php/2016-02-15-05-52-57/2021-02-07-11-06-15/2016-02-15-07-20-42/7273-2022-10-03-03-31-55>. (เข้าถึงเมื่อ 7 มีนาคม 2567).
- [3] รักมาก ชาตรี, “พฤติกรรมรถข้ามถนนของผู้สูงอายุบนทางข้ามที่มีสัญญาณไฟแบบนับถอยหลังในกรุงเทพมหานคร,” วิทยานิพนธ์วศ.บ. (โยธา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2565.
- [4] ปรเมศวร์ เหลือเทพ และคณะ, “ประสิทธิผลของการติดตั้งเครื่องหมายซิกแซกก่อนถึงทางข้ามม้าลาย,” วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม, ปีที่16, ฉบับที่ 1, หน้า 115-129, มกราคม-มีนาคม, 2566.
- [5] พงศธร เพชรตีบ, ปรเมศวร์ เหลือเทพ, และ นพดล กรประเสริฐ, “ประสิทธิผลของทางคนเดินข้ามอัจฉริยะกรณีศึกษาทางข้ามถนนกาญจนาภิเษยจังหวัดสงขลา,” ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25: 2564,
- [6] วัชรวิภา เก้าคุณากร, ปรเมศวร์ เหลือเทพ, และสิทธา เจนศรีศักดิ์, “ประสิทธิผลของป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่นและแถบลดความกว้างช่องจราจรต่อการลดความเร็วรถยนต์,” วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ม.อบ, ปีที่13, ฉบับที่ 2, หน้า 102-111, กรกฎาคม-ธันวาคม, 2563.
- [7] Dougal L. Best Practices in Traffic Operations and Safety: Phase II: Zig-zag Pavement Markings. Virginia Transportation Research Council; 2010.
- [8] Police Radar Information Center. “Cosine Effect Error on Radar”[Online]. Available: <https://copradar.com/chapts/chapt2/ch2d1.html>. [Accessed: Feb. 28, 2024].



ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ : นาย เมฆา ชัยทอง

นักศึกษา : วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร

เหนือ

งานวิจัยที่สนใจ : traffic engineering

ปัจจัยในการเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ ในเส้นทางอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร Factors for Choosing Low-Cost Airlines In Ubon Ratchathani – Bangkok Route

วรท มีป้อม^{1*} กิตติชัย ธนทรัพย์สิน¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาชื่น กรุงเทพฯ 1
แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 E-mail: boyvarot@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและความพึงพอใจในการเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำของผู้โดยสารชาวไทยในเส้นทางอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร เก็บข้อมูลโดยการสุ่มแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างผู้โดยสารชาวไทยที่ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำในเส้นทางดังกล่าว จำนวน 615 คน ผลจากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในปัจจัยด้านราคา ด้านความถี่ของเที่ยวบิน และด้านภาพลักษณ์ชื่อเสียงตามลำดับจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุด จากการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Multinomial Logit Model) โดยแบบจำลองที่ทำการศึกษาสามารถทำนายปัจจัยในการเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำในเส้นทางอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร จากข้อมูลชุดทดสอบได้ถูกต้องร้อยละ 75.12 และได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาจำนวนของผู้โดยสารต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางด้านราคา ค่าโดยสารต่อเที่ยวและจำนวนรอบเที่ยวบินในแต่วัน เพื่อคาดการณ์สัดส่วนผู้โดยสารในการเลือกรูปแบบการเดินทาง

คำสำคัญ : สายการบินต้นทุนต่ำ อุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร; ปัจจัยการเลือกใช้บริการ

Abstract

A purpose of this research were to study of the factors influencing customers behavior in choosing service of low – cost airlines on thai customers during the flight Ubon Ratchathani and Bangkok. The researcher distributed a total of 615 questionnaires to Thai customers of domestic low-cost airlines. As a result, the low-cost airline businesses in Thailand have increased significantly, especially in terms of promotion ticketing, the influences among service quality, services marketing mix, and low-cost airline images. The Statistics on data analysis were comprised of descriptive statistics in 75.12 percentage, mean, S.D., and inferential statistics were Multiple Regression Analysis by Multinomial Logit Model. Additionally, reliability influenced on the customer behaviors in choosing services of the low-cost airline.

Keywords: Low-Cost Airline Ubonratchathani-Bangkok; influence factors

1. บทนำ

จากการเปิดเสรีการบินภายในประเทศ ในปี พ.ศ. 2544 เป็นต้นมา มีสายการบินเอกชนสามารถดำเนินกิจการ การบินในเส้นทางบินภายในประเทศได้และมีการเติบโตของธุรกิจการบินในประเทศเพิ่มมากขึ้น โดยสายการบินที่ให้บริการมีการแข่งขันกันทางด้านราคาและการให้บริการ ทำให้เกิดการเข้ามาของธุรกิจสายการบินต้นทุนต่ำ (Low cost airline) ซึ่งเป็นสายการบินที่ลดบริการเสริมบางอย่างออกไป เช่น บริการอาหารเช้าและเครื่องดื่มฟรีบนเครื่องบิน ไม่มีโคว้าน้ำหนักบรรทุกสัมภาระโหลดใต้ท้องเครื่องบินให้ผู้โดยสารฟรี เป็นต้น เพื่อให้ราคาต่ำโดยสารต่ำลง เมื่อเทียบกับสายการบินที่ให้บริการเต็มรูปแบบ (Full service airline) ทำให้ได้รับความนิยมจากผู้เดินทางค่อนข้างมาก ซึ่งสามารถเข้าถึงการเดินทางโดยเครื่องบินได้ ในปี พ.ศ.2565 พบว่าจำนวนผู้โดยสารที่เดินทางโดยเครื่องบินโดยสารเส้นทางบินภายในประเทศมีจำนวน 15,708,765 คน และเฉพาะท่าอากาศยานอุบลราชธานี มีจำนวนผู้โดยสาร 1,683,479 คน [กรมท่าอากาศยาน, 2565] ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10.72 ของจำนวนผู้โดยสารทั้งหมด ซึ่งในเส้นทางบินอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร(2565) มีสายการบินต้นทุนต่ำที่ให้บริการในเส้นทางดังกล่าว จำนวน 5 สายการบินคือ 1.สายการบินไทยสมายล์ (Thai Smile) 2.สายการบินไทยแอร์เอเชีย (Thai Air Asia) 3.สายการบินนกแอร์ (Nok Air) 4.สายการบินไทยไลออนแอร์ (Thai Lion Air) และ 5.สายการบินไทยเวียดเจ็ท (Thai Vietjet) จึงเป็นเหตุผลในการศึกษาปัจจัยในการเลือกใช้บริการสายการบินในเส้นทางดังกล่าว โดยใช้แบบจำลองที่ผู้เดินทางต้องตัดสินใจเมื่อมีทางเลือกมากกว่าสองทาง (Multinomial Logit Model) เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงหรือพัฒนาการบริการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ 1. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้โดยสารต่อสายการบินต้นทุนต่ำที่ให้บริการในด้านต่างๆ 2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ 3. เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการทำนายเมื่อปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำของผู้โดยสารเปลี่ยนแปลงไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้แบบจำลองโลจิสติกแบบหลายทางเลือก หรือที่มีทางเลือกมากกว่าสองทางเลือกขึ้นไป (Multinomial Logit Model) โดยตัวแปรในงานวิจัยนี้เป็นความคิดของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งพิจารณาตามสมการดังต่อไปนี้หรือรถประโชยน์ที่วัดค่าได้แน่นอน ดังสมการนี้

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \quad (1)$$

เมื่อ U_{in} คือ อรรถประโยชน์ของคนที่ n ต่อทางเลือก i
 V_{in} คือ ส่วนของอรรถประโยชน์ที่สามารถวัดค่าได้แน่นอน
 ϵ_{in} คือ ส่วนของอรรถประโยชน์ที่มีความไม่แน่นอน
หาความน่าจะเป็นได้ ดังสมการนี้

$$P_n(i) = \frac{e^{U_{in}}}{\sum_{j \in C_m} e^{U_{jn}}} \quad (2)$$

เมื่อ $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นของคนที่ n ต่อทางเลือก i
 $e^{U_{in}}$ คือ อรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทาง i
 i คือ รูปแบบทางเลือกสายการบิน
การประมาณค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ทำโดยวิธี Maximum Likelihood ดังสมการนี้

$$L^*(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_{i=1}^I P_n(i)^{y_{in}} \quad (3)$$

เมื่อ $L^*(\beta)$ คือ Likelihood Function
 N คือ จำนวนผู้เดินทาง
 I คือ รูปแบบการเดินทางทั้งหมด
 $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เลือกรูปแบบการเดินทางคนที่ n เลือก รูปแบบการเดินทางแบบ i
 $y_{in} = 1$ ในกรณีที่ผู้เลือกรูปแบบการเดินทางคนที่ n เลือกรูปแบบการเดินทางแบบ i
 $y_{in} = 0$ ในกรณีที่ผู้เลือกรูปแบบการเดินทางคนที่ n เลือกรูปแบบการเดินทางแบบ j
ตรวจสอบระดับความสอดคล้องของแบบจำลอง ดังสมการนี้

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\beta)}{L(0)} \quad (4)$$

เมื่อ $L(\beta)$ คือ ค่า Log Likelihood Function ที่ได้ค่าพารามิเตอร์
 $L(0)$ คือ ค่า Log Likelihood Function เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ทุกค่าเท่ากับศูนย์

ตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ ดังสมการนี้

$$C_p = \frac{\sum_{n=1}^N W_n}{N} \quad (5)$$

โดยที่ C_p คือ เปอร์เซนต์ความถูกต้องของการพยากรณ์แบบจำลอง
 W_n คือ ตัวอย่าง n ที่เลือกใช้รูปแบบการเดินทางที่ i
 N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาเปรียบเทียบ ความพึงพอใจด้านต่างๆ ของผู้โดยสารสายการบินต้นทุนต่ำและสายการบินไทย ที่ผู้โดยสารมีความพึงพอใจมากที่สุดและน้อยที่สุดต่อสายการบินต้นทุนต่ำคือราคาค่าโดยสาร การบริการอาหารและเครื่องดื่ม ตามลำดับ และผู้โดยสารมีความพึงพอใจมากที่สุดและน้อยที่สุดต่อสายการบินไทยคือความปลอดภัยและราคาค่าโดยสารตามลำดับ [1]

ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของรถไฟ, รถโดยสารประจำทางและสายการบินต้นทุนต่ำ โดยพิจารณาเส้นทางการเดินทางจากกรุงเทพฯ ไปยังจังหวัดเชียงใหม่และอุบลราชธานี ทดสอบแบบจำลองการเลือกใช้บริการที่อยู่ในรูปของแบบจำลองโลจิสติกแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) พบว่าค่าใช้จ่ายในการเดินทางรถโดยสารประจำทางเทียบกับสายการบินต้นทุนต่ำ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางเทียบกับรถไฟ ความปลอดภัยของรถโดยสารประจำทางเทียบกับรถไฟและรถไฟเทียบกับสายการบินต้นทุนต่ำ ความตรงต่อเวลาของรถโดยสารประจำทางเทียบกับสายการบินต้นทุนต่ำและรถโดยสารประจำทางเทียบกับรถไฟตามลำดับ [2]

ศึกษารูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา มีรูปแบบการเดินทาง 6 ทางเลือกคือรถรางสวัสดิการ การเดินรถจักรยานยนต์รับจ้าง รถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์ส่วนบุคคล และรถจักรยาน วิเคราะห์ข้อมูลในรูปของแบบจำลองซ้อนสัมพันธ์โลจิสติก (Nested Logit Model) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง ได้แก่ ระยะทาง, ค่าใช้จ่ายในการเดินทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง [3]

ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเดินทางด้วยสายการบินในประเทศของผู้โดยสารชาวไทย โดยใช้แบบจำลอง Multinomial Logit พบว่าปัจจัยที่ส่งผลคือต้นทุนของเวลาและต้นทุนความปลอดภัยสูงและใช้แบบจำลอง Binary Logit สำหรับผู้โดยสารชาวต่างชาติ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลคือต้นทุนของเวลา [4]

ศึกษาพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะระหว่างเมืองเชียงใหม่ถึงกรุงเทพมหานคร โดยแบบจำลองโลจิสติกหลายทางเลือก พบว่าตัวแปรที่มีผลคืออายุ รายได้ ค่าโดยสารและความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการเดินทางกับรายได้ ตามลำดับ [5]

ศึกษาพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง จากกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเดินทางโดยสายการบินต้นทุนต่ำ รถไฟความเร็วสูงและรถทัวร์ปรับอากาศ ด้วยแบบจำลอง Multinomial Logit พบว่าผู้เดินทาง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ให้ความสำคัญด้านความปลอดภัย ค่าโดยสารและระยะเวลาเดินทางตามลำดับ [6]

ศึกษาวิเคราะห์การเลือกใช้ท่าอากาศยานในประเทศไทยอังกฤษ โดยใช้แบบจำลองโลจิสติกแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) พบว่าการเข้าถึงท่าอากาศยานเป็นตัวแปรที่สำคัญมากกว่าความถี่ของเที่ยวบิน [7]

ศึกษาการแนะแนวทางการศึกษาต่อ โดยนำผลการเรียนรายวิชาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและเทคนิคการสุ่มตัวอย่างโดยการเลือกแบบมีระบบวงกลมมาประยุกต์ใช้ในการทำเหมืองข้อมูลและนำความสัมพันธ์มาแนะแนวการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา และใช้การแบ่งตามสัดส่วนข้อมูล Train : Validation พบว่า เมื่อสัดส่วน Training set มากขึ้นจะทำให้มีความถูกต้องของผลลัพธ์มากขึ้น [8]

3. การวิจัยและการเก็บข้อมูล

3.1 ประเภทข้อมูล

ข้อมูลในการศึกษาวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม โดยการเก็บข้อมูลภาคสนาม จากการใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์ผู้โดยสารสายการบิน ณ อาคารผู้โดยสาร ท่าอากาศยานอุบลราชธานี ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านพฤติกรรมและลักษณะการเดินทาง ฯลฯ 2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาค้นคว้า เอกสารผลงานวิจัย รวมถึงข้อมูลที่ได้จากอินเทอร์เน็ตหรือจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์เพื่อใช้ในการศึกษาในทวิวิจัยในครั้งนี้

3.2 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ ผู้โดยสารชาวไทยที่ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำในเส้นทางบินอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร จำนวน 5 สายการบิน คือ คือ 1.สายการบินไทยสมายล์ (Thai Smile) 2.สายการบินไทยแอร์เอเชีย (Thai Air Asia) 3.สายการบินนกแอร์ (Nok Air) 4.สายการบินไทยไลออนแอร์ (Thai Lion Air) และ 5.สายการบินไทยเวียดเจ็ท (Thai Vietjet) การกำหนดกลุ่มตัวอย่างเมื่อความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ 0.05 (Yamane, 1970 : 580-581) ดังสมการนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (6)$$

เมื่อ

n คือ จำนวนตัวอย่าง

N คือ จำนวนของประชากร

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน 0.05 (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

เพื่อป้องกันความผิดพลาดหรือเพิ่มแม่นยำของแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงเลือกเก็บตัวอย่างมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและทำการตรวจสอบข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์แบบจำลอง โดยทำการเก็บข้อมูล ณ อาคาร

ผู้โดยสาร ท่าอากาศยานอุบลราชธานี ในวันจันทร์-วันอาทิตย์ ช่วงเวลา 8.00-19.00

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการสำรวจ โดยการใช้แบบสอบถาม แบ่งชุดคำถามเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คำถามข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 คำถามข้อมูลด้านพฤติกรรมและการเลือกใช้บริการสายการบิน ส่วนที่ 3 เป็นคำถามด้านทัศนคติและความพึงพอใจในการเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ โดยในส่วนนี้ผู้ตอบแบบสอบถามจะให้ระดับคะแนนความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ ที่มีค่าตั้งแต่ 1(น้อยที่สุด) จนถึง 5(มากที่สุด)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างผู้โดยสาร เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ วัตถุประสงค์การเดินทาง ฯลฯ จะวิเคราะห์เป็นข้อมูลทางสถิติเบื้องต้น จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างผู้โดยสารพบว่า ผู้เดินทางร้อยละ 31.71 มีวัตถุประสงค์ในการเดินทางเพื่อธุระส่วนตัว รองลงมาเพื่อเดินทางไป-กลับภูมิลำเนา เกี่ยวกับการทำงาน เกี่ยวกับการศึกษาและเพื่อการท่องเที่ยว ร้อยละ 23.90, 20.49, 13.50 และ 10.41 ตามลำดับ

เหตุผลหลักในการที่ผู้เดินทางเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ พบว่าราคาค่าโดยสารเป็นเหตุผลที่ให้ความสำคัญมากที่สุด โดยมีสัดส่วนร้อยละ 50.89 และเลือกเหตุผลด้านจำนวนเที่ยวบินมีหลายช่วงเวลา ความตรงต่อเวลา ความสะดวกสบาย การบริการ ความปลอดภัยและสภาพลักษณ์/ชื่อเสียง ร้อยละ 17.72, 12.52, 10.24, 3.25, 2.93 และ 2.44 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางสถิติของกลุ่มตัวอย่างผู้โดยสาร

ข้อมูล		จำนวน	ร้อยละ
จำนวนตัวอย่าง		615	100
เพศ	ชาย	388	63.09
	หญิง	227	36.91
อายุ	ต่ำกว่า 22 ปี	92	14.96
	22-30 ปี	208	34.31
	31-40 ปี	175	33.82
	41-50 ปี	76	12.36
	51-60 ปี	43	6.99
61 ปีขึ้นไป	21	3.41	
ระดับการศึกษา	มัธยมศึกษา	85	13.82
	อนุปริญญา	118	19.19
	ปริญญาตรี	352	57.24
	สูงกว่าปริญญาตรี	42	6.83
	อื่นๆ	18	2.93
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	106	17.24
	ข้าราชการ	115	18.70
	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	51	8.29
	พนักงานจ้างรัฐ	67	10.89
พนักงานบริษัทเอกชน	122	19.84	

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

	อาชีพอิสระ/ธุรกิจส่วนตัว	145	23.58
	อื่นๆ	9	1.46
รายได้ต่อเดือน	น้อยกว่า 10,000 บาท	90	14.63
	10,001-20,000 บาท	192	31.22
	20,001-30,000 บาท	150	24.39
	30,001-40,000 บาท	95	15.45
	40,001 บาท ขึ้นไป	88	14.31
วัตถุประสงค์ของการเดินทาง			
	เกี่ยวกับการทำงาน	126	20.49
	เกี่ยวกับการศึกษา	83	13.50
	ธุระส่วนตัว	195	31.71
	ไปกลับ ภูมิลำเนา	147	23.90
	ท่องเที่ยว	64	10.41
เหตุผลหลักในการเลือกใช้บริการ			
	ราคาค่าโดยสาร	313	50.89
	ความตรงต่อเวลา	77	12.52
	ความปลอดภัย	18	2.93
	เที่ยวบินมีหลายช่วงเวลา	109	17.72
	ความสะดวกสบาย	63	10.24
	การบริการ	20	3.25
	ภาพลักษณ์/ชื่อเสียง	15	2.44
วิธีการซื้อตั๋วโดยสาร			
	จุดจำหน่ายที่สนามบิน	42	6.83
	ตัวแทนจำหน่าย	35	5.69
	อินเทอร์เน็ต/เว็บไซต์	538	87.48
การชำระเงินค่าโดยสาร			
	รับคิชอบเอง	474	77.07
	พ่อแม่ / ญาติพี่น้อง	51	8.29
	หน่วยงาน/บริษัท	90	14.63
จำนวนผู้ร่วมเดินทาง			
	ไม่มีผู้ร่วมเดินทาง	542	88.13
	มีผู้ร่วมเดินทาง	73	11.87
ความถี่ในการใช้บริการ			
	ไม่เกิน 1 ครั้ง/ปี	202	32.85
	2-5 ครั้ง / ปี	398	64.72
	มากกว่า 5 ครั้ง/ปี	15	2.44

3.4.2 การกำหนดค่าตัวแปร

จากการเก็บข้อมูลโดยแบบสอบถาม ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมากำหนดเป็นค่าตัวแปรก่อนนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยในการเลือกใช้สายการบินต้นทุนต่ำ โดยใช้โปรแกรม NLOGIT 4.0 [William H. Greene; Econometric Software, Inc.] ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ตัวแปร	ความหมาย
SEX	เพศ
AGE	อายุ

EDU	ระดับการศึกษา
OCC	อาชีพ
INC	รายได้ต่อเดือน
MODE	สายการบินที่เลือกใช้บริการ
EVER	ประสบการณ์การใช้สายการบินอื่น
BUD	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง
FREQ	ความถี่ของเที่ยวบิน
REA	เหตุผลในการใช้บริการ
OBJ	วัตถุประสงค์ในการเดินทาง
BUY	วิธีการซื้อตั๋วโดยสาร
PROB	ปัญหาในการซื้อตั๋วโดยสาร
SHARE	ผู้ออกค่าใช้จ่ายในการซื้อตั๋วโดยสาร
CARRY	จำนวนสัมภาระที่ถือขึ้นเครื่อง
LOAD	จำนวนสัมภาระที่โหลดลงใต้เครื่อง
USE	ความถี่ในการใช้เดินทาง
CHO	จะเลือกเดินทางเฉพาะสายการบินที่เลือกในครั้งนี้นี้เท่านั้น
FIST	สายการบินที่จะเป็นตัวเลือกในอันดับแรก
WT	ระยะเวลาออกขึ้นเครื่อง
TT	ระยะเวลาในการเดินทาง
IMA	ภาพลักษณ์และความน่าเชื่อถือของสายการบิน
COST	ราคาค่าโดยสารมีความเหมาะสม
CONV	ความสะดวกในการใช้บริการ
AMT	จำนวนเที่ยวบินมีหลายช่วงเวลา
ONT	ความตรงต่อเวลา
COMF	ความสะดวกสบายในการเดินทาง
SAF	ความรู้สึกปลอดภัย
SERV	การบริการของพนักงาน
PRO	มี PROMOTION ที่น่าสนใจ
FRD	สามารถเลือกที่นั่งได้อย่างอิสระ
FOOD	การบริการอาหาร/เครื่องดื่ม
ENT	มีสื่อ/สิ่งบันเทิงให้บริการ
PR	การโฆษณาและประชาสัมพันธ์สายการบิน
APP	การใช้ Social Media หรือ Application เพื่อให้เข้าถึงการบริการและการใช้งานได้ง่าย
ค่าคงที่	ความหมาย
TH	สายการบินไทยสมายล์
A	สายการบินไทยแอร์เอเชีย
N	สายการบินนกแอร์
L	สายการบินไลอ้อนแอร์
V	สายการบินไทยเวียดเจ็ท

4. การวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง

จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างผู้โดยสารเพื่อดำเนินการวิจัยครั้งนี้ จะทำการแบ่งข้อมูลเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยวิธี Split Test โดยแบ่งข้อมูลแบบสุ่มออกเป็น 2 ชุด โดย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ชุดแรกใช้สำหรับพัฒนาแบบจำลอง(Training data) และชุดที่สองเป็นชุดสำหรับทดสอบหรือตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง(Testing data) โดยเมื่อสัดส่วน Training set มากขึ้นจะทำให้มีความถูกต้องของผลลัพธ์มากขึ้น [8] การศึกษานี้จึงได้เลือกแบ่งข้อมูลในอัตราส่วนร้อยละ 70:30 คิดเป็นส่วนแรกจำนวน 430 ตัวอย่างและส่วนที่สองเป็นจำนวน 185 ตัวอย่าง โดยข้อมูลของทั้งสองชุดจะถูกตั้งค่าเป็นตัวแปรแล้วนำมาวิเคราะห์รูปแบบการเดินทาง ด้วยโปรแกรม NLOGIT 4.0 [William H. Greene; Econometric Software, Inc.]

แบบจำลองโลจิสติกแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) การวิเคราะห์แบบจำลอง จะทำการตัดตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่สอดคล้องกับสมการและมีค่า Significant มากกว่า 0.05 ออก ด้วยวิธี Backward Stepwise ซึ่งพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการเลือกใช้สายการบิน ต้นทุนค่าในเส้นทางอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร ได้แก่ 1.ราคาตั๋วโดยสาร 2.จำนวนเที่ยวบิน 3.ประสิทธิภาพการใช้สายการบินอื่น ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าดังนี้ ประสิทธิภาพการใช้สายการบินอื่น(EVER) 3.319, ราคาตั๋วโดยสาร(BUD) -2.940, จำนวนเที่ยวบิน(AMT) 0.413, ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ที่มีเครื่องหมายเป็นลบ ตัวแปรจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้ความพึงพอใจในการเลือกเดินทางลดลงและ หากค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) เป็นบวกแสดงว่าตัวแปรจะมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก ทำให้ความพึงพอใจในการเลือกเดินทางเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient)ที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ค่าคงที่	ค่าสัมประสิทธิ์	
TH	Base	
A	-1.303	
N	-1.150	
L	-0.667	
V	-1.045	
ตัวแปรที่ส่งผล	ค่าสัมประสิทธิ์	P-value
EVER	3.319	<0.001
BUD	-2.940	<0.001
AMT	0.413	0.014
Goodness-of-fit		
Log Likelihood Function	-287.778	
Log Likelihood zero	-691.532	
McFadden R-squared	0.584	
Chi-squared	807.509	
ร้อยละของการพยากรณ์	75.12	

จากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ สามารถนำมาเขียนเป็นสมการอรรถประโยชน์ ของผู้โดยสารในการเลือกรูปแบบการเดินทางของทั้ง 5 รูปแบบ ได้ดังนี้

$$U(TH) = 0+3.319(EVER)-2.940(BUD)+0.413(AMT) \quad (6)$$

$$U(A) = -1.303+3.319(EVER)-2.940(BUD)$$

$$+0.413(AMT) \quad (7)$$

$$U(N) = -1.150+3.319(EVER)-2.940(BUD) +0.413(AMT) \quad (8)$$

$$U(L) = -0.667+3.319(EVER)-2.940(BUD) +0.413(AMT) \quad (9)$$

$$U(V) = -1.045+3.319(EVER)-2.940(BUD) +0.413(AMT) \quad (10)$$

จากสมการอรรถประโยชน์ที่ได้ สามารถนำมาสร้างแบบจำลองความน่าจะเป็นที่ผู้โดยสารจะเลือกรูปแบบการเดินทาง ของได้ดังนี้

$$P_{TH} = \frac{e^{U_{TH}}}{e^{U_{TH}} + e^{U_A} + e^{U_N} + e^{U_L} + e^{U_V}} \quad (11)$$

$$P_A = \frac{e^{U_A}}{e^{U_{TH}} + e^{U_A} + e^{U_N} + e^{U_L} + e^{U_V}} \quad (12)$$

$$P_N = \frac{e^{U_N}}{e^{U_{TH}} + e^{U_A} + e^{U_N} + e^{U_L} + e^{U_V}} \quad (13)$$

$$P_L = \frac{e^{U_L}}{e^{U_{TH}} + e^{U_A} + e^{U_N} + e^{U_L} + e^{U_V}} \quad (14)$$

$$P_V = \frac{e^{U_V}}{e^{U_{TH}} + e^{U_A} + e^{U_N} + e^{U_L} + e^{U_V}} \quad (15)$$

จากแบบจำลองโลจิสติกแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) ของการเดินทางทั้ง 5 รูปแบบจากการพัฒนาแบบจำลองจำนวน 430 ชุด หรือร้อยละ 70 ของชุดข้อมูล และชุดทดสอบแบบจำลองจำนวน 185 ชุด หรือร้อยละ 30 ของชุดข้อมูลพบว่าชุดพัฒนาแบบจำลองมีค่าการพยากรณ์ความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 75.12 และค่าการพยากรณ์ชุดทดสอบแบบจำลองเท่ากับร้อยละ 71.89 ดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 ผลการพยากรณ์ชุดพัฒนาแบบจำลอง

สายการบิน	ชุดพัฒนาแบบจำลอง จำนวน 430 ชุด (70%)					%Correct
	TH	A	N	L	V	
TH	64	0	2	8	8	78.05
A	4	60	7	4	5	75.00
N	3	3	61	19	5	67.03
L	9	4	1	72	3	80.90
V	10	1	4	7	66	75.00
%Correct	75.12					

บทความวิจัย

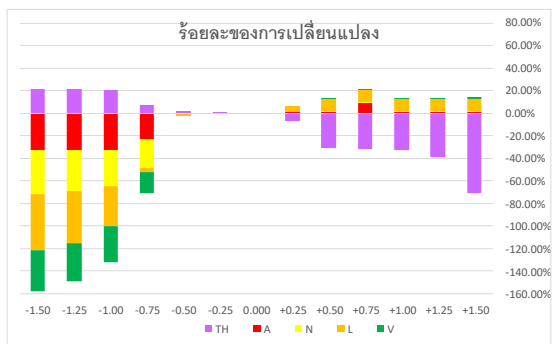
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 5 ผลการพยากรณ์ชุดตรวจสอบแบบจำลอง

สายการบิน	ชุดพัฒนาแบบจำลอง จำนวน 185 ชุด (30%)					%Correct
	TH	A	N	L	V	
TH	28	0	1	3	4	77.78
A	2	28	3	0	2	80.00
N	2	4	20	12	4	47.62
L	4	2	0	29	0	82.86
V	6	1	2	0	28	75.68
%Correct	71.89					

5. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลง ส่วนของผู้โดยสาร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะทดลองให้มีการเปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มขึ้นและลดลงของราคาค่าโดยสาร ได้แก่ 125 บาท, 250 บาท, 375 บาท, 500 บาท, 625 บาท และ 750 บาท ตามลำดับ ซึ่งผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงร้อยละของสัดส่วนผู้โดยสารเมื่อมีการเพิ่มขึ้นและลดลงของราคาค่าโดยสารสายการบินไทยสมายล์ที่เปลี่ยนแปลงไป 125 บาท จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้โดยสารทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง ของทั้งสายการบินไทยสมายล์และสายการบินอื่น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงผู้โดยสารเมื่อราคาค่าโดยสารมีการเปลี่ยนแปลง

6. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาปัจจัยในการเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำในเส้นทางอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร โดยกาใช้แบบจำลองโลจิสติกแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลในการเลือกใช้บริการสายการบินประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ ประสบการณ์การใช้สายการบิน (EVER), ราคาค่าตัวโดยสาร (BUD), จำนวนเที่ยวบิน (AMT) ตามลำดับ มีค่าระดับความน่าเชื่อถือ R-squared เท่ากับ 0.58 มีความถูกต้องของการพยากรณ์ร้อยละ 75.12 ซึ่งมีความน่าเชื่อถือและหมายความว่าสายการบินที่ให้บริการ ควรมีการปรับปรุงด้านราคาค่าโดยสาร เพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้ใช้บริการและเพิ่มจำนวนความถี่ของเที่ยวบินให้มากขึ้น

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุง พัฒนาหรือเพื่อวางแผนการดำเนินการเกี่ยวกับการให้บริการของสายการบิน รวมทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา พัฒนา ได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.กิตติชัย ธนทรัพย์สิน ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ รวมถึงข้อเสนอแนะและเสียสละเวลาช่วยตรวจสอบ แก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาด เพื่อให้บทความฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรพันธ์ ไชยชนะ. (2550). ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของสายการบินต้นทุนต่ำ และสายการบินไทย. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)* : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [2] ทศพร อารีราษฎร์. (2550). ผลกระทบต่อการให้บริการของรถไฟและรถหัวรถจักรจากกรณีศึกษาของสายการบินต้นทุนต่ำ. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)* : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [3] พงษ์พิชญ นาคคำ. (2563). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางในพื้นที่ศึกษามหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตศาลายา. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)* : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [4] อัจฉนา สันติสุข. (2549). การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการตัดสินใจเลือกใช้บริการสายการบินในประเทศ. *วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [5] ยุทธกิจ คุรุชาโรจน์. (2548). แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะระหว่างเชียงใหม่และกรุงเทพมหานครโดยรวมตัวแปรแฝง. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)* : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [6] วาทีณี ส้าราษฎร์. (2548). การเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทางจากกรุงเทพมหานคร ถึง เชียงใหม่. *วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต*. : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [7] Ashford, N. and Benchemem, M. Passengers choice of airport: An application of the multinomial logit model. *Transportation Research Record.1147* : Washington, D.C., Transport Research Board, 1987 : 1-5.
- [8] ณัฐริน เจริญเกียรติบุตร. (2549). การใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อช่วยในการแนะนำการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต* : มหาวิทยาลัยศิลปากร



ประวัติผู้เขียนบทความ

วรท มีป้อม นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและความร้อนของมอร์ต้าผสมเม็ดยาง Study of Mechanical and Thermal Properties of Rubberized Mortar

ภัทรชัย พงศ์โสภาน^{1*} บูชิต มาโก้ ธนพัฒน์ นัจฉรินทร์¹ กฤษดา เสือเอี่ยม¹

ขวัญชนก อุนทะอ่อน¹ อัครพันธ์ แสงสุวรรณ¹ ณัชพงศ์พล คงชะสิงห์¹ และดารกร อินทรบุตร²

¹สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ
1381 ถ. พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

²สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จ.นครปฐม
85 หมู่ที่ 3 ถ. วิทยาลัยแมน ตำบล วงคตะกู อำเภอเมืองนครปฐม นครปฐม 73000

Email: phattharachai.p@rmutp.ac.th*, buchit.m@rmutp.ac.th, tanapat.n@rmutp.ac.th, griksada.s@rmutp.ac.th,
kwanchanok.o@rmutp.ac.th, chakkarphan.s@rmutp.ac.th, nutchapongpol.k@rmutp.ac.th, darrakorn@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติการนำความร้อนของมอร์ต้าผสมเม็ดยาง โดยมอร์ต้ามีอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดยาง ในอัตราส่วนร้อยละ 10 ถึง 50 โดยปริมาตร อัตราส่วนซีเมนต์ต่อทราย 1 ต่อ 2.75 โดยปริมาตร การทดสอบประกอบด้วย การทดสอบกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ผลการทดสอบพบว่า ค่าหน่วยน้ำหนัก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และค่ากำลังรับแรงมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของเม็ดยางที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: มอร์ต้า; เม็ดยาง; ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

Abstract

This study investigates the mechanical properties and thermal conductivity of mortar containing various proportions of rubber granules as a replacement for fine aggregate. The mortar was prepared with a cement-to-sand ratio of 1:2.75 (by volume) and varying rubber granule replacements from 10% to 50% (by volume). Compressive strength, flexural strength (bending strength), and thermal conductivity were evaluated. The results showed that the unit weight and both strength (compressive and flexural) decreased with increasing rubber granule content.

Keywords: Mortar; Crumb Rubber; Thermal conductivity

1. บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมีความต้องการสูงขึ้นตามการขยายตัวของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสภาพอากาศในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ทำให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปัจจัยที่สำคัญในการป้องกันอุณหภูมิความร้อนที่ส่งผ่านมาจากภายนอกอาคารนั้นคือผนัง เนื่องจากปัจจุบันผนังอาคารที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เป็นวัสดุคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งมีมวลมากทำให้เกิดการสะสมอุณหภูมิ ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้น ยังส่งผลให้เกิดความไม่สบายของผู้ใช้งานภายในอาคาร

เม็ดยาง ที่ได้จากการย่อยเศษยางรถยนต์เก่า ซึ่งจากอดีตถึงปัจจุบันยางรถยนต์ใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รายงานจำนวนรถที่จดทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบกปี 2563 ประมาณ 2-3 ล้านคัน [1] สมมติว่ารถแต่ละคัน เปลี่ยนยางทุก ๆ สองปี จะก่อให้เกิดยางรถเก่าที่ถูกทิ้ง ประมาณ 8-10 ล้านเส้นต่อปี ส่งผลให้การกำจัดและย่อยสลายยางรถยนต์เป็นปัญหาหลักของสภาวะแวดล้อมโลก เนื่องจากยางรถยนต์นั้นมีความทนทานสูงยากต่อการย่อยสลาย อีกทั้งการกำจัดนั้นยังเป็นปัญหาที่ท้าทาย เช่น การเผาไหม้ทำให้เกิดปัญหาคาร์บอนสิ่งแวดลอมอย่างรุนแรง ทั้งไว้ในหลุมฝังกลบต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่และยังสร้างอันตรายจากไฟไหม้และภัยคุกคามศัตรูพืช อีกทั้งจะไม่ย่อยสลายและก่อให้เกิดปัญหาคาร์บอน สิ่งแวดล้อม เพื่อลดปริมาณเศษยางรถยนต์เก่าจึงได้มีการนำเศษยางเก่ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมก่อสร้าง จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นำมาผสมคอนกรีต [2] ส่งผลให้คอนกรีตมีความหนาแน่นลดลง โดยเมื่อแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเศษยางที่ 10-30% น้ำหนักต่อหน่วยของคอนกรีต สามารถลดลงจาก 14% สูงสุดถึง 28% และมีคุณสมบัติด้านการเป็นฉนวนความร้อนที่ดี [3] โดยผลการทดสอบพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดา (ที่ 0.531 W/m K) ค่า k ของคอนกรีตผสมเม็ดยางมีค่าต่ำกว่าประมาณ 20-50% และอยู่ในช่วง 0.241-0.443 W/m K ในทางทฤษฎีค่าการนำความร้อนจะเป็นสัดส่วน ผกผันกับความหนาแน่นของวัสดุ เนื่องจากคอนกรีตเศษยางมีความหนาแน่นต่ำกว่า จึงควรคิดว่าจะมีค่า k ต่ำกว่า

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพของวัสดุคอนกรีต โดยใช้รูปแบบของมอร์ต้าผสมเม็ดยาง ที่ได้จากเศษยางรถยนต์เก่า ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่อนำเม็ดยางมาผสมคอนกรีต จะส่งผลให้คอนกรีตมีความหนาแน่นลดลง ทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติด้านการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [3] จึงได้นำเม็ดยางมาใช้ในการผสมมอร์ต้า โดยนำเม็ดยางแทนที่ทรายในสัดส่วนต่าง ๆ กัน เพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการฉนวนในการป้องกันความร้อน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 7
 Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15 ตามมาตรฐาน ASTM C150 [5]

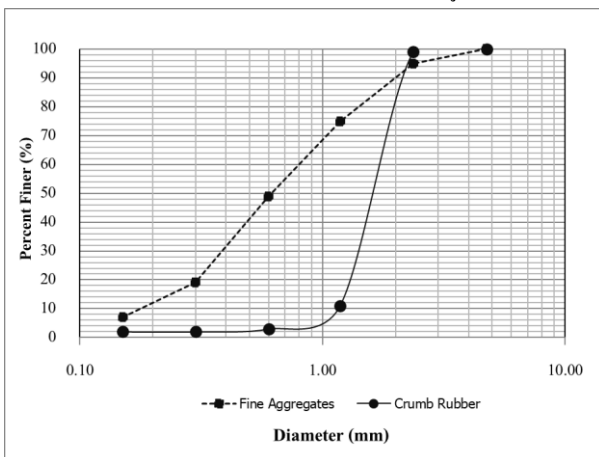
- เม็ดยาง (CR) ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร มีค่าความถ่วงจำเพาะอิมตัวแห้ง 0.97, เปอร์เซ็นต์ดูดซึมน้ำ 0.92% และ โมดูลัสความละเอียด 4.93 ดังรูปที่ 1 และแสดงการกระจายตัวของเม็ดยางดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เม็ดยาง

- มวลรวมละเอียด (FA) ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 มีค่าความถ่วงจำเพาะอิมตัวแห้ง 2.52, เปอร์เซ็นต์ดูดซึมน้ำ 1.61% และ โมดูลัสความละเอียด

2.45 โดยแสดงการกระจายตัวของมวลรวมละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การกระจายตัวของมวลรวมละเอียดและเม็ดยาง

- น้ำสะอาด

- สารเคมีผสมเพิ่ม ชนิดสารลดน้ำปริมาณสูง Type F ตามมาตรฐาน ASTM C494 [5]

2.2 สัดส่วนผสมและการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

2.2.1 กำหนดสัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียดเท่ากับ 1 ต่อ 2.75 และปริมาณสารเคมีผสมเพิ่ม ชนิดสารลดน้ำปริมาณสูงคงที่ 1% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยแปรผันอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดยาง 10-50% โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมมอร์ต้า

Mix Proportion Mortar (kg/m ³)				
Name	Cement	Water	Sand	Crumb Rubber
M0CR	615	215	1474	-
M10CR	615	215	1327	54
M20CR	615	215	1179	108
M30CR	615	215	1032	162
M40CR	615	215	884	216
M50CR	615	215	737	270

โดยที่ MaCR

M = มอร์ต้า

CR = เม็ดยาง

a = เปอร์เซ็นต์ปริมาณเม็ดยาง โดยปริมาตร

2.2.2 เตรียมสัดส่วนผสมมอร์ต้าผสมเม็ดยาง ดังตารางที่ 1 นำไปผสมในเครื่องโม่แบบ Pan Mixer โดยใช้เวลาผสมให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน 2-5 นาที จากนั้นนำมอร์ต้าทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักก่อนเข้าแบบหล่อ โดยการทดสอบกำลังรับแรงอัด ใช้แบบหล่อรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร การทดสอบกำลังรับแรงอัด ใช้แบบหล่อรูปทรงคานขนาด 40x40x160 มิลลิเมตรและการทดสอบการให้ความร้อนชื้นและการทดสอบด้านอุณหภูมิ แบบหล่อขนาด 200x200x50 มิลลิเมตร โดยหลังจากเทคอนกรีตเข้าแบบแล้ว ทำการค้ำด้วยเหล็กกระทุ้งจำนวน 25 ครั้ง จากนั้นนำไปทำการสั่นบนโต๊ะ (Vibrating Table) เป็นเวลา 1 นาที เพื่อไล่ฟองอากาศให้เหลือน้อยสุดแล้วทำการหุ้มตัวอย่างทดสอบด้วยแผ่นพลาสติกใสทั้งแบบหล่อเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นแกะตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อ แล้วทำการหุ้มแผ่นพลาสติกใสทั้งตัวอย่าง จากนั้นทำการบ่มตัวอย่างทดสอบที่อุณหภูมิห้อง (27-32 องศาเซลเซียส) จนอายุครบ 28 วันและทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติความร้อนต่อไป

2.3 การทดสอบ

• การทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนัก ตามมาตรฐาน ASTM C138 [6]

• การทดสอบกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM C109 [7] ที่อายุตัวอย่างทดสอบ 28 วัน

• การทดสอบกำลังรับแรงค้ำ ตามมาตรฐาน ASTM C348 [8] ที่อายุตัวอย่างทดสอบ 28 วัน

• การทดสอบการหาสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C518 [9] ที่อายุตัวอย่างทดสอบ 28 วัน

3. ผลการทดสอบ

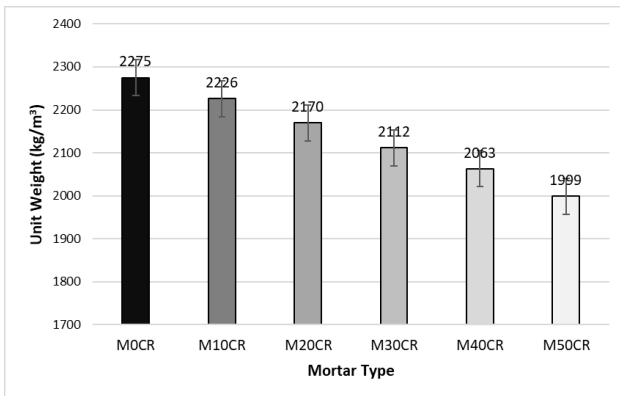
3.1 ค่าหน่วยน้ำหนัก

การทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักมอร์ต้า ตามมาตรฐาน ASTM C138 ของมอร์ต้าผสมเม็ดยาง พบว่าหน่วยน้ำหนักของมอร์ต้าส่วนที่มีค่า

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 7
Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

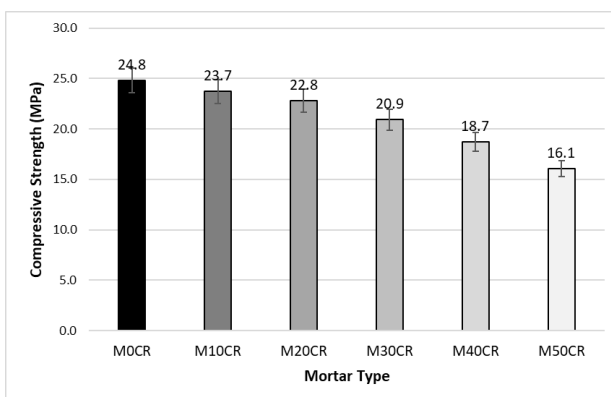
2,275 kg/m³ และเมื่อผสมเม็ดยางที่อัตราส่วน 10% - 50% โดยปริมาตร พบว่า ค่าหน่วยน้ำหนักมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณเม็ดยางที่เพิ่มขึ้น โดยลดลงเป็น 2,225 2,169 2,111 2,063 และ 1,999 kg/m³ ตามลำดับ เนื่องจากเม็ดยางมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่ามวลรวมละเอียด เมื่อแทนที่มวลรวมละเอียดบางส่วนด้วยมวลรวมที่เบากว่า ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของมอร์ต้าลดลง [10]-[14] ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ค่าหน่วยน้ำหนักของมอร์ต้า

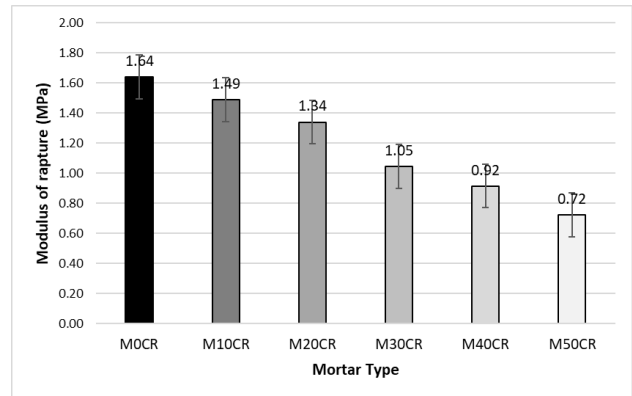
3.2 กำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด

ผลการทดสอบพบว่า มอร์ต้าล้วนมีกำลังรับแรงอัด 24.8 MPa และเมื่อปริมาณเม็ดยางเพิ่มขึ้นจาก 10%-50% ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงเป็น 23.7, 22.8, 20.9, 18.7 และ 16.1 MPa ตามลำดับ เนื่องจากคุณสมบัติของเม็ดยางมีกำลังต่ำกว่ามวลรวมละเอียด การแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดยางจึงส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลง [15] ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

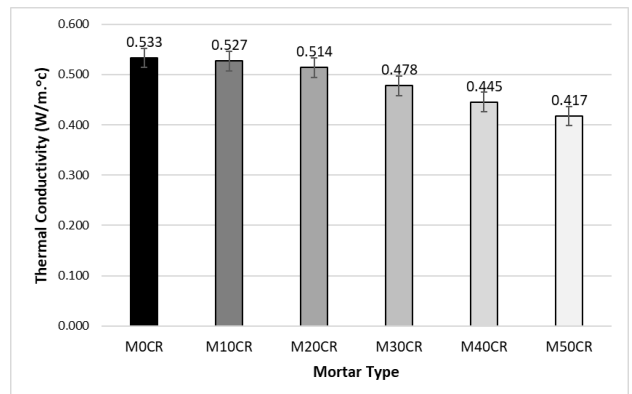
รูปที่ 5 แสดงค่ากำลังรับแรงดัดมอร์ต้าผสมเม็ดยาง พบว่า มอร์ต้าล้วนมีกำลังรับแรงดัด 1.64 MPa และเมื่อปริมาณเม็ดยางเพิ่มขึ้นจาก 10%-50% ส่งผลให้กำลังรับแรงดัดมีแนวโน้มลดลง โดยลดลงจาก 1.49 เป็น 1.34 1.05 0.92 และ 0.72 MPa ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดยางในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าหน่วยน้ำหนักลดลง ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงดัดลดลง



รูปที่ 5 ค่ากำลังรับแรงดัดของมอร์ต้า

3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลการทดสอบพบว่า มอร์ต้าล้วนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.553 W/m.°C และเมื่อผสมเม็ดยางเข้าไป ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าลดลง โดยลดลงจาก 0.526 เป็น 0.514 0.478, 0.445 และ 0.417 W/m.°C ตามลำดับ เนื่องจาก เมื่อแทนที่ปริมาณทรายบางส่วนด้วยเม็ดยางค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจะลดลงตามปริมาณเม็ดยางซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [16] ซึ่งอาจเป็นเพราะความร้อนจำเพาะของเม็ดยางสูงกว่าทราย โดยในทางทฤษฎีเม็ดยางนั้นมีความร้อนจำเพาะประมาณ 2,005 จูลหรือเคลวินกิโลกรัม ในขณะที่ทรายมีความร้อนจำเพาะน้อยกว่าถึงสามเท่า (ประมาณ 780 จูลหรือเคลวินกิโลกรัม) [17]



รูปที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของมอร์ต้า

4. สรุป

เมื่อปริมาณการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดยางเพิ่มขึ้น ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของมอร์ต้าลดลง เนื่องจากเม็ดยางมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่ามวลรวมละเอียด เมื่อแทนที่มวลรวมละเอียดบางส่วนด้วยมวลรวมที่เบากว่า ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของมอร์ต้าลดลง และส่งผลโดยตรงให้กำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดมีแนวโน้มลดลงอีกด้วย เนื่องจากคุณสมบัติของเม็ดยางมีกำลังต่ำกว่ามวลรวมละเอียด การแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดยางจึงส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 7
Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เมื่อปริมาณการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดยางเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของมอร์ต้าลดลง ซึ่งหมายถึงมีความสามารถป้องกันความร้อนได้ดียิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับการสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือสำหรับการเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- [1] The Department of Land Transport. (2021, October). Number of Vehicles. The Department of Land Transport. Bangkok, Thailand <https://web.dlt.go.th/statistics/>
- [2] F. Azevedo, F. Pacheco-Torgal, C. Jesus, J.L. Barroso de Aguiar, A.F. Camões, “Properties and durability of HPC with tyre rubber wastes,” *Construction and Building Materials*, vol. 34, pp. 186–191, 2012.
- [3] P. Sukontasukkul, “Use of crumb rubber to improve thermal and sound properties of pre-cast concrete panel,” *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 2, pp. 1084–1092, 2009.
- [4] Standard Specification for Portland Cement, ASTM C150-20, 2020.
- [5] Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, ASTM C494/C494M-19, 2019
- [6] Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete, ASTM C138-17, 2017.
- [7] Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars, ASTM C109/C109M-20, 2020.
- [8] Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars, ASTM C348-21, 2021.
- [9] Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus, ASTM C518-17, 2017.
- [10] I. B. Topçu, “The properties of rubberized concretes,” *Cement and Concrete Research*, vol. 25, no. 2, pp. 340–310, 1995,

- [11] N. N. Eldin and A. B. Senouci, “Measurement and prediction of the strength of rubberized concrete,” *Cement and Concrete Composites*, vol. 16, no. 4, pp. 287–298, 1994.
- [12] Z.K. Khatib, and F.M. Bayomy, “Rubberized portland cement concrete,” *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 206–213, 1999.
- [13] C. Chaikaew, P. Sukontasukkul, U. Chaisakulkiet, V. Sata and P. Chindaprasirt, “Properties of concrete pedestrian blocks containing crumb rubber from recycle waste tyres reinforced with steel fibres,” *Case Studies in Construction Materials*, vol. 11, e00304, 2019
- [14] C. A. Issa and G. Salem, “Utilization of recycled crumb rubber as fine aggregates in concrete mix design,” *Construction and Building Materials*, vol. 42, pp. 48–52, 2013
- [15] P. Sukontasukkul and C. Chaikaew, “Properties of concrete pedestrian block mixed with crumb rubber,” *Journal of Construction and Building Materials (JCBM)*, vol. 20, no. 7, pp. 450–457, 2006.
- [16] I. Marie, “Thermal conductivity of hybrid recycled aggregate Rubberized concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 133, pp. 516–524, 2017
- [17] P. Evans. (2021, May). Specific heat capacity of materials. Specific Heat Capacity of common materials [Online]. Available: <http://theengineeringmindset.com/specific-heat-capacity-of-materials/>

ความแม่นยำของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากการคำนวณของมาตรฐาน BNBC (2015) และเทียบกับ วิธีทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนามด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test)

Evaluates accuracy of pile capacity calculation by BNBC (2015) standard method and results of dynamic pile load test

ภูพิรัชย์ สักดิ์จรรย์พาพงษ์* และ วัชรินทร์ วิทยกุล¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑ 10900 , E-mail : donzztr@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษา ความแม่นยำของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากการคำนวณของมาตรฐาน BNBC (2015) เทียบกับวิธีทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนามด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test) จำนวน 17 ต้น จากผลการศึกษาพบว่าค่าแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม, ค่าแรงดันที่ปลายเสาเข็ม และกำลังประลัยของเสาเข็ม โดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ที่วิเคราะห์ตามมาตรฐาน BNBC (2015) มีค่ามากกว่าวิเคราะห์โดยวิธีการทดสอบในสนาม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test) ประมาณ 1.85 เท่า, 1.64 เท่า และ 1.67 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้ค่า COV มีค่า 0.58, 0.45 และ 0.27 ตามลำดับและในการประมาณกำลังของเสาเข็มจากวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC (2015) แนะนำค่าสัดส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 6, 4.5, และ 3.5 สำหรับแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม, แรงดันที่ปลายเสาเข็ม, และกำลังประลัยของเสาเข็มตามลำดับ

คำสำคัญ : กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม, การทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกในสนามด้วยวิธีพลศาสตร์, สัดส่วนความปลอดภัย

Abstract

This research evaluates accuracy of pile capacity calculation by BNBC (2015) standard method and results of dynamic pile load test 17 piles. The study finds the skin friction, end bearing and ultimate pile capacities by BNBC (2015) standard method are more precise than result of dynamic pile load test, that results are 1.85, 1.64 and 1.67, respectively that have coefficient of variation (COV) of 0.58, 0.45 and 0.27 respectively and the proposed factors of safety by BNBC (2015) standard method are 6, 4.5 and 3.5 for the skin friction, end bearing and ultimate pile, respectively

Keywords: Pile capacity, Dynamic pile load test, Factor of safety

1. บทนำ

การออกแบบและค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มขึ้นอยู่กับ 2 ส่วนได้แก่ (i) กำลังรับน้ำหนักของดินแบกทานส่วนปลาย (End bearing) และ (ii) กำลังรับน้ำหนักของดินรอบเสาเข็ม (Skin friction) วิธีการประเมินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มนั้นสามารถทำได้

หลายวิธี ได้แก่ (i) วิธีสถิตยศาสตร์ (Statics method) เป็นการประเมินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยอาศัยข้อมูลผลเจาะสำรวจชั้นดินในสนามในการคำนวณ (ii) วิธีทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนาม ประกอบไปด้วยการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มแบบสถิตย (Static pile load test) และการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มแบบพลศาสตร์ (Dynamic pile load test) อย่างไรก็ตาม วิธีสถิตยศาสตร์ (Statics method) เป็นวิธีที่ต้องมีข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดิน แต่มีข้อจำกัดคือข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินที่ได้นำเชื่อถือ แต่การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้อาจจะส่งผลให้เสาเข็มมีขนาดใหญ่ รวมถึงความยาวของเสาเข็มเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุให้ราคาค่าก่อสร้างสูงเกินจริงและวิธีทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนามด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static pile load test) ไม่สามารถแยกแรงดันที่ปลายเสาเข็มและแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มออกจากกัน ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาความแม่นยำและความแปรปรวนสำหรับการออกแบบกำลังของเสาเข็มจากวิธีสถิตยศาสตร์ (Statics method) ด้วยการเทียบสอบกับกำลังของเสาเข็มด้วยมาตรฐานของ BNBC (2015) และวิธีทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนาม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test) [1]

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2 หลักการออกแบบฐานรากเสาเข็ม ตามมาตรฐาน BNBC (2015)

มาตรฐานของ *Bangladesh National Building Code 2015* [BNBC (2015)] ได้กล่าวถึงหน่วยแรงเสียดทานที่ผิวของเสาเข็มและหน่วยแรงดันที่ปลายเสาเข็มของทั้งเสาเข็มคอกและเสาเข็มเจาะไว้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่า N-Value กับ ค่าความเชื่อมแน่น C (Cohesion) และค่ามุมเสียดทาน ภายใน ϕ (Angle of Internal Friction) เป็นความสัมพันธ์ทางอ้อม ดังนั้นมาตรฐาน BNBC (2015) จึงได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่า N-Value กับ หน่วยแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มและหน่วยแรงดันที่ปลายเสาเข็มไว้ตามตารางที่ 10 โดยที่กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มนั้น จะต้องใช้ค่า F.S. มากกว่า 3.5 เพื่อประเมินกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่สามารถยอมรับได้ [2,3]

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 การหาค่าลึกรับน้ำหนักของเสาเข็ม ตามมาตรฐาน BNBC (2015)

ชนิดของเสาเข็ม	ประเภทของดิน	หน่วยแรงประลัย	
		เสียดทานที่ผิวเสาเข็ม	ด้านที่ปลายเสาเข็ม
เสาเข็มตอก	Sand	$2N \leq 60$	$40N(L/D) \leq 400N \leq 11000$
	Non-plastic silt	$1.7N \leq 60$	$30N(L/D) \leq 300N \leq 11000$
	Cohesive	$1.8N \leq 70$	$45N \leq 4000$
เสาเข็มเจาะ	Sand	$1N \leq 60$	$15N(L/D) \leq 150N \leq 4000$
	Non-plastic silt	$0.9N \leq 60$	$10N(L/D) \leq 100N \leq 4000$
	Cohesive	$1.2N \leq 70$	$25N \leq 4000$

2.3 การทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test)

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม โดยวิธีพลศาสตร์คือการทำให้เสาเข็มเกิดความเครียดขนาดใหญ่ (High strain dynamic load testing) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับการประเมินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มทั้งความสมบูรณ์ที่สามารถทดสอบได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งอุปกรณ์ในการทดสอบประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) เซ็นเซอร์วัดความเครียด (Strain gauge) และชุดตรวจสอบและบันทึกข้อมูล (Data acquisition system) ซึ่งปัจจุบันชุดบันทึกข้อมูลถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์พกพา เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน โดยทั่วไปข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในสนามต้องถูกปรับแก้ในสำนักงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าคุณสมบัติของดินให้เหมาะสมกับสภาพจริง [4]

วิธีการทดสอบอยู่บนพื้นฐานของวิธีเคส (Case method) ซึ่งพัฒนาโดย Case Western Reserve University ประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมาได้มีมาตรฐานกำกับกระบวนการทดสอบซึ่งอ้างอิงได้จาก ASTM D4945-08 Standard test method for high strain dynamic testing of piles การทดสอบโดยวิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับเสาเข็มตอก เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มหล่อในที่ ผลที่ได้จากการทดสอบประกอบด้วยกำลังรับน้ำหนักบรรทุกรวม การกระจายตัวของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกตามความยาวของเสาเข็มและที่ปลายเสาเข็มและที่สำคัญอีกอย่างคือ ความสมบูรณ์ของเสาเข็มซึ่งวิธีการทดสอบแบบสถิตย์ศาสตร์ (Static pile load test) ไม่สามารถให้คำตอบได้ [4]

ข้อดีของการทดสอบ Dynamic pile load test [5]

1. สามารถทำการทดสอบได้ในเสาเข็มทุกประเภท
2. ใช้เวลาในการทดสอบเร็วกว่าการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก โดยวิธี Static pile load test
3. ราคาค่าทดสอบถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Static pile load test
4. ผลการทดสอบทราบทั้งกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มและความสมบูรณ์

ข้อเสียของการทดสอบ Dynamic pile load test [5]

1. ต้องพิจารณาใช้ผู้ทดสอบที่มีน้ำหนักเพียงพอที่จะพัฒนากำลังของเสาเข็มหรือทำให้เสาเข็มเกิดการเคลื่อนตัว
2. การวิเคราะห์ผลการทดสอบต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์และผ่านการอบรมเกี่ยวกับทฤษฎีคลื่น 1 มิติ
3. ไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอน ในหน้าตัดใดๆ ที่ตรวจสอบพบความบกพร่องได้
4. สภาพกพร่องเพียงเล็กน้อยอาจไม่สามารถตรวจสอบได้
5. ตำแหน่งความลึกใดๆ ที่ตรวจพบสภาพบกพร่องอาจมีความคลาดเคลื่อนได้บ้าง ขึ้นอยู่กับค่าความเร็วคลื่นที่ใช้ในการวิเคราะห์
6. ลักษณะของชั้นดินมีผลกระทบต่อคลื่นสัญญาณทดสอบ

ลักษณะของการทดสอบการทดสอบเสาเข็มด้วยวิธี Dynamic

Load Test แบ่งตามลักษณะช่วงเวลาทำการทดสอบได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้ [5]

2.3.1 Initial Driving Test (IDT)

เป็นการทดสอบในระหว่างการตอกเข็ม โดยติดตั้งอุปกรณ์วัดและบันทึกคลื่นสัญญาณสะท้อนไปเป็นช่วงๆ ตลอดการตอกเสาเข็ม ทำให้ทราบข้อมูลต่างๆ เมื่อเสาเข็มอยู่ในตำแหน่ง Pile Tip ต่างๆ อย่างไรก็ตามค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกเสาเข็มที่ประเมินได้จากการทดสอบในลักษณะนี้ จะเป็นค่าแรงต้านของเสาเข็ม ณ เวลาที่ทดสอบซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัย (Qu) เมื่อทิ้งให้ดินรอบเสาเข็มคืนสภาพ (Soil-Set up) เพียงพอ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบลักษณะนี้ จะประกอบด้วย

- กราฟและความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม (ขณะตอกเสาเข็ม) และ Blow Counts เทียบกับความลึก
- กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วยความเค้นภายในเสาเข็มเทียบกับความลึก
- กราฟความสัมพันธ์ระหว่างที่ถ่ายลงสู่เสาเข็มและค่าการทรุดตัวของเสาเข็มเทียบกับความลึก

2.3.2 End of Driving (EOD)

เป็นการทดสอบทันทีเมื่อตอกเสาเข็มเสร็จสิ้น การทดสอบลักษณะนี้เป็นการทดสอบในขณะที่ปลายเสาเข็มอยู่ในตำแหน่งที่กำหนด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

หรือตำแหน่งที่คาดว่าเหมาะสมแล้ว แต่ดินรอบข้างเสาเข็มที่ถูกรบกวนจากการตอกเข็มที่ผ่านไปยังไม่คืนสภาพ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบลักษณะนี้ จะประกอบด้วย

- กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม ณ เวลาที่ทดสอบคือขณะที่ตอกเสาเข็มแล้วเสร็จ
- ค่าแรงเสียดทานผิวและแรงดันปลายเสาเข็ม (เฉพาะเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อกับ Matching Program)
- ค่าหน่วยแรงเค้นอัดและดึง (Compression & Tension Stress) ที่เกิดขึ้นในเสาเข็มขณะทดสอบ
- สภาพความสมบูรณ์ของโครงสร้างเสาเข็ม

2.3.3 Restrike Test

เป็นการทดสอบภายหลังการตอกเสาเข็ม โดยทิ้งให้ดินรอบข้างคืนสภาพ (Soil Set-up) อย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกับการทดสอบ Static Load Test ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ประเมินจากการทดสอบนี้จึงใกล้เคียงกับค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคืนสภาพของดินรอบข้างเสาเข็มสมบูรณ์เพียงใด

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบลักษณะนี้ จะประกอบด้วย

- กำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็ม
- ค่าแรงเสียดทานผิวและแรงดันปลายเสาเข็ม (เฉพาะเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อกับ Matching Program)
- ค่าหน่วยแรงเค้นอัดและดึง (Compression & Tension Stress) ที่เกิดขึ้นในเสาเข็มขณะทดสอบ
- สภาพความสมบูรณ์ของโครงสร้างเสาเข็ม

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย สามารถแบ่งงานได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การประเมินค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์ อาศัยการนำผลการเจาะสำรวจชั้นดิน มาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้สำหรับคำนวณออกแบบ ได้แก่ ค่าคุณสมบัติ กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (undrained shear strength, s_u) และมุมเสียดทาน (friction angle, ϕ) และคำนวณหาค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม โดยสูตรการคำนวณของ BNBC (2015) และวิธีทั่วไป คือ แรงดันที่ปลายเสาเข็ม (Q_u) แรงเสียดทานบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสของเสาเข็ม (Q_s) โดยใช้ค่าจาก N-value และ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้

ส่วนที่ 2 การหาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มจริงในสนาม Dynamic pile load test

ส่วนที่ 3 ศึกษาและเปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีสถิตยศาสตร์ทุกสมการ

(ส่วนที่ 1) และค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มจริงในสนาม (ส่วนที่ 2)

3.1 รายละเอียดของข้อมูลเสาเข็มที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์

ข้อมูลเสาเข็มที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ข้อมูลเสาเข็มที่มีการสำรวจชั้นดินและข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ โดยแสดงขนาดและความยาวของเสาเข็มดังตารางที่ 3 จำนวน 17 ต้น โดยที่จังหวัดระยองเป็นตัวแทนของจังหวัดทางภาคใต้ จังหวัดสุโขทัยเป็นตัวแทนของจังหวัดทางภาคเหนือ และจังหวัดอ่างทองเป็นตัวแทนของจังหวัดภาคกลาง

ตารางที่ 2 ข้อมูลเสาเข็มตอก

No.	Dimension (m.)	ความยาว (m.)	สถานที่
1	□ 0.35 x 0.35	10.50	ตึก A Rayoung จังหวัดระยอง
2	□ 0.35 x 0.35	9.50	
3	□ 0.30 x 0.30	11.00	
4	□ 0.30 x 0.30	11.00	ตึก AD Rayoung จังหวัดระยอง
5	□ 0.35 x 0.35	10.50	
6	□ 0.40 x 0.40	10.50	ตึก MP Rayoung จังหวัดระยอง
7	□ 0.30 x 0.30	11.00	
8	□ 0.35 x 0.35	10.50	
9	□ 0.40 x 0.40	10.50	ตึก NK Rayoung จังหวัดระยอง
10	□ 0.30 x 0.30	14	
11	□ 0.35 x 0.35	10.50	
12	□ 0.26 x 0.26	11	ตึก PL Rayoung จังหวัดระยอง
13	□ 0.26 x 0.26	11	ตึก RF Rayoung จังหวัดระยอง
14	0.40 x 0.40 (ตัว I)	7	ก่อสร้างพื้นที่น้ำท่วมชุมชน สวรรคโลก อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย
15	0.26 x 0.26 (ตัว I)	18	ก่อสร้างระบบระบายน้ำหลัก เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วม พื้นที่ชุมชนป่าโมก ระยะที่ 2 อ.ป่าโมก จ.อ่างทอง
16	□ 0.30 x 0.30	13	ก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วม พื้นที่ชุมชนวิเศษไชยชาญ ระยะที่ 2 อ.วิเศษไชยชาญ จ.อ่างทอง
17	□ 0.30 x 0.30	12.2	

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3.2 การเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

ตัวแปรทางสถิติที่ใช้ในการระบุความถูกต้อง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision) ในการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม โดยวิธีสถิตยศาสตร์และจากผลการทดสอบแบบพลศาสตร์ ได้แก่ ค่าความเอนเอียง (Bias) ซึ่งหาได้จากสมการที่ 9

$$\lambda = \frac{Q_p}{Q_m}$$

สมการที่ 1

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum \lambda_i}{N}$$

สมการที่ 2

λ คือ ความเอนเอียง

Q_m คือ กำลังรับน้ำหนักบรรทุกจากการทดสอบแบบพลศาสตร์

Q_p คือ กำลังรับน้ำหนักบรรทุกจากวิธีสถิตยศาสตร์

จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ค่าความเอนเอียง และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Sample Standard Deviation) ของความเอนเอียงจากสมการที่ 11 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation, COV) จากสมการที่ 12

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{N-1}}$$

สมการที่ 3

$$COV = \frac{\sigma}{\bar{\lambda}}$$

สมการที่ 4

COV คือ สัมประสิทธิ์ความแปรผัน

$\bar{\lambda}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความเอนเอียง

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเอนเอียง (S.D.)

ในการระบุความถูกต้องของการทำนายจะพิจารณาจากค่าความเอนเอียง (Bias) ซึ่งการทำนายจะถูกต้องเมื่อมีค่าเข้าใกล้ 1 และความแม่นยำในการทำนายจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (COV) โดยหากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมีค่าน้อยๆ แสดงถึงการทำนายนั้นมีความแม่นยำสูง

3.3 สัดส่วนปลอดภัย

การวิเคราะห์สัดส่วนปลอดภัยใช้สมมติฐานทางสถิติโดยสมมุติการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) สัดส่วนระหว่างค่าที่คำนวณได้ต่อค่าจริง โดยให้ค่าของชุดข้อมูลที่ 99.73% ซึ่งมีขอบเขตเท่ากับ ค่าเฉลี่ย (Mean) + 3S.D. เป็นขอบเขตสำหรับสัดส่วนปลอดภัย

4. ผลและวิเคราะห์ผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์ค่าแรงเสียดทานที่ผิว ค่าแรงดันทึบที่ปลายและค่ารับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม โดยวิธีการคำนวณตามมาตรฐาน BNBC (2015) ดังแสดงในตารางที่ 3 และ จากการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าแรงเสียดทานที่ผิว ค่าแรงดันทึบที่ปลายและค่ารับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม โดยวิธีการคำนวณตามมาตรฐาน BNBC (2015)

No.	หลุมเจาะ	วิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC (2015)		
		$Q_{t, BNBC}$ (tons)	$Q_{b, BNBC}$ (tons)	$Q_u, BNBC$ (tons)
1	BH-8	58.324	137.41	195.734
2	BH-9	59.18	137.41	196.59
3	BH-8	54.739	100.95	155.689
4	BH-5	56.757	100.95	157.707
5		60.776	137.41	198.186
6	BH-4	55.068	179.47	234.538
7		46.393	100.95	147.343
8		48.185	137.41	185.595
9	BH-2	71.890	179.47	251.36
10		78.511	100.95	179.461
11		62.903	137.41	200.313
12	BH-1	45.807	75.826	121.633
13	BH-8	47.440	75.826	123.266
14	BH-3	44.998	139.09	184.088
15	R-BH-1	77.604	51.037	128.641
16	P-BH-3	34.149	77.091	111.24
17		28.215	44.052	72.267

ตารางที่ 4 ค่าแรงเสียดทานที่ผิว ค่าแรงดันทึบที่ปลายและค่ารับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มในสนาม โดยวิธี Dynamic pile load test

No.	หลุมเจาะ	วิธี Dynamic pile load test		
		$Q_{t, DY}$ (tons)	$Q_{b, DY}$ (tons)	Q_u, DY (tons)
1	BH-8	19	85	104
2	BH-9	42	63	105
3	BH-8	34	60	94
4	BH-5	22	68	90

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทว.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

5		11	95	106
6	BH-4	41	115	156
7		23	75	98
8		28	95	123
9	BH-2	28	125	153
10		31	84	115
11		26	85	111
12	BH-1	16	69	85
13	BH-8	35	58	93
14	BH-3	54.6	35.7	90.3
15	R-BH-1	29.1	14.7	43.8
16	P-BH-3	65	26	91
17		64	30	94

4.1 การวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC (2015) เทียบสอบกับ วิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test

4.1.1 การวิเคราะห์แรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม

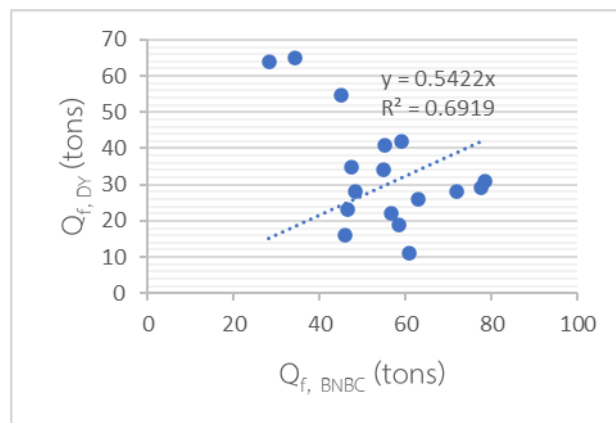
ผลจากการวิเคราะห์แรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม โดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC(2015) เทียบกับวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test แสดงดังรูปที่ 1 ทำให้ทราบว่าแรงเสียดทานเสาเข็มตามวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test ให้ค่าประมาณ 54% ของมาตรฐาน BNBC (2015)

4.1.2 การวิเคราะห์แรงดันที่ปลายเสาเข็ม

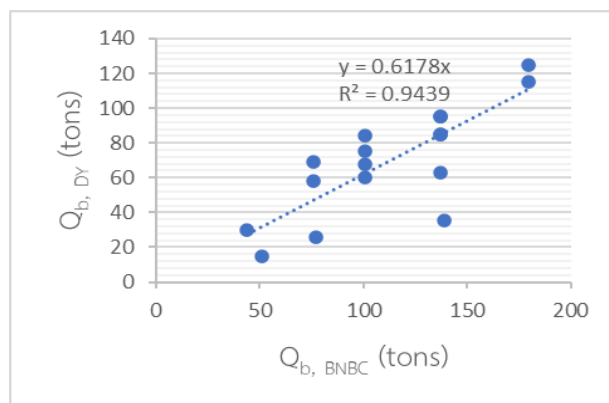
ผลจากการวิเคราะห์แรงดันที่ปลายเสาเข็ม โดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC(2015) เทียบกับวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test แสดงดังรูปที่ 2 ทำให้ทราบว่าแรงดันที่ปลายเสาเข็มตามวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test ให้ค่าประมาณ 61% ของมาตรฐาน BNBC (2015)

4.1.3 การวิเคราะห์กำลังประลัยของเสาเข็ม

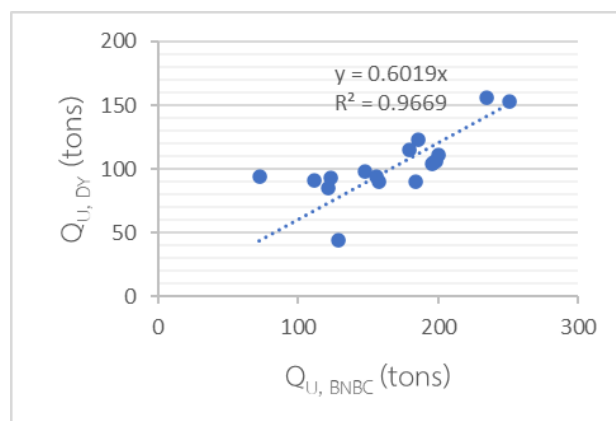
ผลจากการวิเคราะห์กำลังประลัยของเสาเข็ม โดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC(2015) เทียบกับวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test แสดงดังรูปที่ 3 ทำให้ทราบว่ากำลังประลัยของเสาเข็มตามวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test ให้ค่าประมาณ 60% ของมาตรฐาน BNBC (2015)



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC(2015) กับวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของแรงดันที่ปลายเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC(2015) กับวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของกำลังประลัยของเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC(2015) กับวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

4.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำ

จากการวิเคราะห์ค่า COV จากการเปรียบเทียบระหว่างวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC (2015) กับวิธี Dynamic pile load test มีค่า 0.58, 0.45, 0.27 สำหรับค่าแรงเสียดทานที่ผิวของเสาเข็ม ค่าแรงดันที่ปลายและน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มตามลำดับ ทำให้ทราบว่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มสูงสุดมีค่าความแม่นยำที่สูง

4.3 การวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย

ตารางที่ 5 ตารางแสดงสัดส่วนความปลอดภัย วิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) โดยมาตรฐาน BNBC (2015)

ค่าสถิติ	$Q_{f, BNBC} / Q_{f, DY}$	$Q_{b, BNBC} / Q_{b, DY}$	$Q_{u, BNBC} / Q_{u, DY}$
Mean	2.09	1.84	1.66
S.D.	1.20	0.82	0.45
Mean + 3S.D.	5.69	4.30	3.01
F.S.	6.00	4.50	3.50

จากตารางที่ 5 แสดงค่าทางสถิติของสัดส่วนระหว่างกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC (2015) กับวิธีการทดสอบในสนามโดยวิธี Dynamic pile load test ซึ่งที่ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) ได้จาก ค่าเฉลี่ย (Mean) + 3S.D. มีค่า 5.69, 4.30 และ 3.01 สำหรับแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม, แรงดันที่ปลายเสาเข็ม, และกำลังประลัยของเสาเข็มตามลำดับ ดังนั้นจึงแนะนำ ค่าสัดส่วนปลอดภัยดังนี้ 6.00, 4.50, และ 3.50 ตามลำดับ

5. สรุปผลการวิจัย

1. ค่ากำลังประลัยของเสาเข็มจากวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC (2015) มีค่าความแม่นยำที่สูง เมื่อเทียบกับค่าจากการทดสอบในสนาม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test) มากกว่า

2. ค่าแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม, ค่าแรงดันที่ปลายเสาเข็ม และค่ากำลังประลัยของเสาเข็ม โดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ที่วิเคราะห์ตามมาตรฐาน BNBC (2015) มีค่ามากกว่าวิเคราะห์โดยวิธีการทดสอบในสนาม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic pile load test) ประมาณ 1.85 เท่า, 1.64 เท่า และ 1.67 เท่า ตามลำดับ

3. ในการประมาณกำลังของเสาเข็มจากวิธีสถิตยศาสตร์ (Static method) ตามมาตรฐาน BNBC (2015) แนะนำค่า F.S. เท่ากับ

6, 4.5, และ 3.5 สำหรับแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม, แรงดันที่ปลายเสาเข็ม, และกำลังประลัยของเสาเข็มตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วัชรินทร์ วิทยกุล ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระหลัก รองศาสตราจารย์พิพัฒน์ สอนวงษ์ ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระร่วม ให้โอกาสในการทำงานวิจัย ให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจการศึกษาค้นคว้าอิสระจนกระทั่งการศึกษาค้นคว้าอิสระสมบูรณ์

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณกองวิเคราะห์วิจัยและทดสอบวัสดุ กรมโยธาธิการและผังเมือง ที่ได้ให้การสนับสนุนข้อมูลในการศึกษาวิจัย รวมไปถึงบุคลากรของหน่วยงาน ที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัย ประสบความสำเร็จด้วยความราบรื่น และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทั้งครูอาจารย์ เจ้าหน้าที่และเพื่อนๆ ที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองวิเคราะห์วิจัยและทดสอบวัสดุ, องค์ความรู้ที่ 4 ยุทธศาสตร์ด้านการบริการด้านช่าง ความรู้เกี่ยวกับการเจาะสำรวจชั้นดิน (2559), สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการพัฒนาเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
- [2] BNBC (2015). "Bangladesh National Building Code 2015". (Vol.1-2)
- [3] Md Manzur Rahman. "Foundation Design using Standard Penetration Test (SPT) N-value"
- [4] มยผ. 1252-51 มยผ. 1551-51 (2551). มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ Dynamic Load test และตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Test. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
- [5] ภาณุ ทรงไพบุลย์ และคณะ (2559), STS Handbook, A Guide for Testing Surveying Investigation and Monitoring for Civil Engineering and Environmental Works , หน้า 31 – 139



นายภูพิรัช สักดิ์จิรพาพงษ์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
E-mail : donztr@gmail.com



รองศาสตราจารย์วัชรินทร์ วิทยกุล อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail : fengwaw@ku.ac.th

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน โครงการก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอย เทศบาลตำบลสลกบาตร

The Economy and Financial Analysis for Waste Disposal Center System Construction Project,

Salokbat Subdistrict Municipality

บุญรักษ์ แวนบอเซอร์* และ อภิวิชญ์ พูลสง

สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เขตพื้นที่อุเทนถวาย

Corresponding Author E-mail : boonruk_va@rmutto.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน โครงการก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอย เทศบาลตำบลสลกบาตร โดยทำการศึกษารวบรวมข้อมูล จากนั้นจะทำการวิเคราะห์การจัดการขยะที่เหมาะสม 2 เทคโนโลยี คือ ระบบฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล และระบบการบำบัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ และท้ายสุดจะทำการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินเบื้องต้น กรณีที่ เทศบาลตำบลสลกบาตร ดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยของตนเอง ผลการวิจัยพบว่า ระบบฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลมีความเสี่ยงน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่มีความเสี่ยงสูง เจ้าหน้าที่ของเทศบาลสามารถดำเนินการเองได้จากทักษะการดำเนินงานในปัจจุบัน มีความเสี่ยงด้านงบประมาณและด้านการบริหาร โครงการให้สำเร็จอยู่ในระดับน้อย ความเสี่ยงในด้านเทคนิคต่ำ ซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ แต่หากมีการจัดการที่ดี ก็สามารถลดความเสี่ยงด้านนี้ลงได้ ดังนั้น ระบบฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด สำหรับเทศบาลตำบลสลกบาตรที่จะดำเนินการจัดการขยะของเทศบาลเองในเบื้องต้น

คำสำคัญ : เศรษฐศาสตร์; การเงิน; ขยะมูลฝอย

Abstract

This article presents the economy and financial analysis for waste disposal center system construction project "Salokbat Subdistrict Municipality". Firstly, the method is to study and collect data, then the analyzing appropriate waste management will be analyzed. Lastly, a basic economic and financial analysis will be done "case study: Salokbat Subdistrict Municipality manages its own solid waste". This research has found that sanitary landfill systems pose the least risk. Because it is a hassle-free system Municipal officials can do this themselves. There is a low level of risk in budget and project management. Low technical risk which may be at risk of environmental impacts but if there is good management, this risk can be reduced. Therefore, a sanitary landfill system is the most appropriate approach, Subdistrict Municipality will manage its own waste.

Keywords: economy; financial; solid waste

1. บทนำ

สำนักงานเทศบาลตำบลสลกบาตร ตั้งอยู่ที่ 49 หมู่ที่ 5 ตำบลสลกบาตร อำเภอขามเฒ่าลพบุรี จังหวัดกำแพงเพชร อยู่ทางทิศใต้ของที่ว่าการอำเภอขามเฒ่าลพบุรี จังหวัดกำแพงเพชร เป็นระยะทาง 11 กิโลเมตร มีขนาดพื้นที่การปกครองประมาณ 11 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนประชากรในทะเบียนราษฎรทั้งหมด 8,154 คน และ 4,448 ครัวเรือน (ข้อมูล: กรมการปกครอง, 2564) และมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขนได้ประมาณ 8 ตันต่อวัน สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลสลกบาตร จังหวัดกำแพงเพชร ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 1 ตำบลสลกบาตร อำเภอขามเฒ่าลพบุรี จังหวัดกำแพงเพชร เป็นที่ดินกรรมสิทธิ์ของเทศบาล ฯ อยู่ในเขตพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลสลกบาตร มีขนาดพื้นที่ประมาณ 26 ไร่ เป็นพื้นที่อาคารและบ่อกำจัดสิ่งปฏิกูล 8 ไร่ และพื้นที่กำจัดขยะมูลฝอย 18 ไร่ และพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำนาข้าว เปิดดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2540 มีปริมาณขยะเข้าสู่สถานที่กำจัดขยะประมาณ 8 ตันต่อวัน มีขยะตกค้างไม่น้อยกว่า 17,000 ตัน บริหารจัดการโดยกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาล ฯ มีรถเก็บขนขยะมูลฝอย จำนวน 4 คัน เป็นรถบรรทุกหกล้อแบบเปิดข้างเทท้าย 1 คัน และรถบรรทุกหกล้อแบบอัดท้าย 3 คัน [1] ที่ผ่านมามีการดำเนินการกำจัดขยะของเทศบาลฯ ยังไม่มีประสิทธิภาพ มีขยะมูลฝอยตกค้างเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเทศบาลตำบลสลกบาตรใช้ระบบเทกอง (Open dump) ซึ่งเป็นวิธีการฝังกลบที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งจากข้อมูลในระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษระบุว่า บ่อขยะเทศบาลตำบลสลกบาตร ตั้งอยู่ที่ ต.สลกบาตร อ.ขามเฒ่าลพบุรี จ.กำแพงเพชร 62310 ตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานที่ x : 15.969048 y : 99.799946 สถานที่กำจัดขยะ มีพื้นที่ทั้งหมด 25 ไร่ 1 งาน ตารางวา เปิดดำเนินการตั้งแต่ 2540 ห่างจากที่ตั้งองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น 5 กิโลเมตร โดยรายละเอียดในระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ของบ่อขยะเทศบาลตำบลสลกบาตร จะประกอบด้วย ปริมาณขยะมูลฝอย ระบบกำจัดขยะมูลฝอย ปริมาณขยะมูลฝอยที่ตกค้าง การใช้งานพื้นที่ จากข้อมูลระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ของบ่อขยะเทศบาลตำบล ซึ่งพบว่า เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 มี 1. ปริมาณขยะมูลฝอย (ปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่สถานที่ 10 ตัน/วัน ไม่มีปริมาณขยะมูลฝอยที่คัดแยกได้ และปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัด 10 ตัน/วัน) 2. ระบบกำจัดขยะมูลฝอย (การเทกอง (Open Dump 10 ตัน/วัน) 3. ปริมาณขยะมูลฝอยตกค้าง 17,000 ตัน [2] ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการตรวจสอบสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เทศบาลตำบลสลกบาตร จังหวัดกำแพงเพชร ของส่วนขยะมูลฝอยชุมชน กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ [1] ดังรูปที่ 1 สำหรับเดือนกันยายน พ.ศ. 2565 มี 1. ปริมาณขยะมูลฝอย (ปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่สถานที่ 8.50 ตัน/วัน ไม่มีปริมาณขยะมูลฝอยที่คัดแยกได้ และปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัด 8.50 ตัน/วัน) 2. ระบบกำจัดขยะมูลฝอย (การเทกอง (Open Dump 8.50 ตัน/วัน) [3]



รูปที่ 1 ขยะมูลฝอยคดค้าง บริเวณบ่อขยะทด.สลกบาตร ที่มา : ส่วนขยะมูลฝอยชุมชน กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ [1]

ดังนั้น เพื่อให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เทศบาลตำบลสลกบาตร จึงมีความจำเป็นต้องจัดให้มีการศึกษาความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอย ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน งานวิจัยนี้เป็นหนึ่งในทางเลือกที่จะนำเสนอให้เทศบาลตำบลสลกบาตร ดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยของตนเอง เพื่อเป็นการแก้ปัญหาในระยะสั้น เพราะถ้าจะดำเนินการโครงการก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอยแบบศูนย์รวมกำจัดขยะ ตามคำแนะนำของคณะกรรมการจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยจังหวัดกำแพงเพชร (มติที่ประชุมครั้งที่ 3/2562 วันที่ 9 กรกฎาคม 2562) จะต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน เนื่องจากโครงการดังกล่าวข้างต้น ซึ่งบลงทุนสูงและภาครัฐเองก็มีงบประมาณจำกัด ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทศบาลตำบลสลกบาตร และพื้นที่ข้างเคียงเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา กรณีที่เทศบาลตำบลสลกบาตรดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยของตนเอง ควบคู่กับการศึกษาวิจัยความเหมาะสมหารูปแบบในการดำเนินการและบริหารจัดการขยะมูลฝอยในรูปแบบศูนย์รวมกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลสลกบาตร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินเบื้องต้นโครงการก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอย กรณีศึกษาเทศบาลตำบลสลกบาตร ดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยของตนเอง
2. เพื่อประกอบการตัดสินใจในการกำหนดแนวทางการกำจัดขยะมูลฝอย ของเทศบาลตำบลสลกบาตร

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลทฤษฎีต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการศึกษา เช่น ลักษณะที่ตั้ง และอาณาเขต ลักษณะภูมิประเทศการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดการขยะในปัจจุบัน ยุทธศาสตร์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และวิสัยทัศน์เทศบาลตำบลสลกบาตร เป็นต้น

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางแผนและศึกษาความเหมาะสม

เมื่อผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ แล้ว จะทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำมาจัดทำรายงานการศึกษาความเหมาะสมการกำจัดขยะมูลฝอย ที่สามารถรองรับปริมาณขยะของเทศบาลฯ ในอนาคต ดังนี้

2.2.1 ศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย

แยกตามประเภทของขยะมูลฝอย การคาดการณ์ปริมาณขยะ ในอนาคต 20 ปี ซึ่งส่งผลต่อการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่โครงการ มีขั้นตอนและวิธีการศึกษา ดังนี้

- ศึกษาข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอย
- การศึกษาองค์ประกอบและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย
- การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอย และลักษณะขยะมูลฝอย

2.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาของการจัดเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย

- ศึกษารูปแบบการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย
- ศึกษากระบวนการเก็บขน รถเก็บขนและเส้นทางการเก็บขนขยะมูลฝอย
- วางแผนระบบการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับเทศบาลฯ

2.2.3 ศึกษาจำนวนประชากร เพื่อการคาดการณ์ปริมาณขยะในอนาคต

- เพื่อใช้ในการพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตเทศบาลฯ

2.2.4 ศึกษาเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่เหมาะสม

เป็นการศึกษาเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่เหมาะสม รวมทั้งความเหมาะสมทางเศรษฐกิจในการกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลฯ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระบบกำจัดขยะมูลฝอย และเสนอแนวทางเลือกระบบกำจัดขยะมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับเทศบาลฯ ซึ่งมีขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

- ศึกษาการบำบัดขยะมูลฝอยเบื้องต้นและการแปรสภาพขยะมูลฝอย และการจัดการและการกำจัดขยะมูลฝอย
- ศึกษาเปรียบเทียบระบบกำจัดขยะ เช่น ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) การหมักปุ๋ย (Composting) และระบบการบำบัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT-RDF) หรืออื่น ๆ เป็นต้น
- พิจารณาคัดเลือกระบบกำจัดขยะมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับเทศบาลฯ
- ออกแบบเบื้องต้น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2.3 ทำการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน

- งบประมาณการก่อสร้างและดำเนินงานการจัดมูลฝอย
- พิจารณาความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับเทศบาล

ตำบลสลกบาตร

2.4 ทำการประเมินผลด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน

3. ผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบที่เทศบาลตำบลสลกบาตร ดำเนินการจัดกรขยะมูลฝอยของเทศบาลฯ เอง โดยปัจจุบัน (พ.ศ.2566) มีปริมาณขยะประมาณ 12 ตัน/วัน และคาดการณ์ว่า (พ.ศ.2583) จะมีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นเป็น 19.86 ตัน/วัน ดังมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การพิจารณาความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับเทศบาลตำบลสลกบาตร

จากงบประมาณการก่อสร้างและดำเนินงานการจัดมูลฝอยสามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับเทศบาลตำบลสลกบาตร โดยพิจารณาความเหมาะสม 2 เทคโนโลยี คือ 1) ระบบฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล และ 2) ระบบการบำบัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT-RDF) ได้ดังตารางที่ 1-4 (การพิจารณาดังกล่าวไม่ได้นำอัตราดอกเบี้ยมาใช้ในการวิเคราะห์)

ตารางที่ 1 ต้นทุนในการดำเนินงานสำหรับเทศบาลตำบลสลกบาตร (ปริมาณขยะ 10 ตัน/วัน)

รายการ	ระบบฝังกลบ		ระบบ MBT-RDF	
	ระบบฝังกลบ	ระบบฝังกลบ	ระบบ MBT-RDF	ระบบ MBT-RDF
ต้นทุนระบบคิดแยกขยะ	1.0 ล้านบาท/ตัน	-	1.0 ล้านบาท/ตัน	-
ต้นทุนค่าก่อสร้าง	1.4 ล้านบาท/ตัน	1.4 ล้านบาท/ตัน *	1.7 ล้านบาท/ตัน	-
ต้นทุนพื้นที่ดำเนินการ	0.03 ล้านบาท/ตัน	0.03 ล้านบาท/ตัน *	-	-
ค่าดำเนินการ	348 บาท/ตัน	348 บาท/ตัน *	600 บาท/ตัน	-
รายได้				
- ไร่เคล	500 บาท/ตัน	-	500 บาท/ตัน	-
- RDF	-	-	1,500 บาท/ตัน	-

หมายเหตุ * ปริมาณขยะเหลือ 20% เมื่อผ่านระบบ MBT

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เทคโนโลยีฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	รายได้จากไร่เคล (บาท)	ค่าดำเนินการ (บาท)	คงเหลือ (บาท)
2563	10.72	3,912	1,956,400	1,361,654	594,745
2564	11.18	4,080	2,040,350	1,420,083	620,266
2565	11.64	4,248	2,124,300	1,478,512	645,787
2566	12.09	4,412	2,206,425	1,535,671	670,753
2567	12.55	4,580	2,290,375	1,594,101	696,274
...
2581	18.94	6,913	3,456,550	2,405,758	1,050,791
2582	19.4	7,081	3,540,500	2,464,188	1,076,312
2583	19.86	7,248	3,624,450	2,522,617	1,101,832
รวม			58,598,925	40,784,851	17,814,073

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เทคโนโลยีฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล ในระบบ (MBT-RDF)

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะ		ปริมาณขยะเมื่อผ่านระบบ MBT (ตัน/วัน) *	ค่าดำเนินการ (บาท)	คงเหลือ (บาท)
	(ตัน/วัน)	(ตัน/ปี)			
2563	10.72	3,912.80	2.14	272,330.88	-272,330.88
2564	11.18	4,080.70	2.24	284,016.72	-284,016.72
2565	11.64	4,248.60	2.33	295,702.56	-295,702.56
2566	12.09	4,412.85	2.42	307,134.36	-307,134.36
2567	12.55	4,580.75	2.51	318,820.20	-318,820.20
...
2581	18.94	6,913.10	3.79	481,151.76	-481,151.76
2582	19.40	7,081.00	3.88	492,837.60	-492,837.60
2583	19.86	7,248.90	3.97	504,523.44	-504,523.44
รวม				8,156,970.36	-8,156,970.36

หมายเหตุ * ปริมาณขยะเหลือ 20% เมื่อผ่านระบบ MBT (ปริมาณขยะเหลือนำไปฝังกลบ 3.97 ตัน/วัน)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เทคโนโลยีการบำบัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT-RDF)

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะ		ปริมาณ RDF *	รายได้จาก ไร่เคล (บาท)	รายได้จาก RDF (บาท)	ค่าดำเนินการ (บาท)	คงเหลือ (บาท)
	(ตัน/วัน)	(ตัน/ปี)					
2563	10.72	3,912	1,304	1,956,400	1,956,400	2,347,680	1,565,120
2564	11.18	4,080	1,360	2,040,350	2,040,350	2,448,420	1,632,280
2565	11.64	4,248	1,416	2,124,300	2,124,300	2,549,160	1,699,440
2566	12.09	4,412	1,470	2,206,425	2,206,425	2,647,710	1,765,140
2567	12.55	4,580	1,526	2,290,375	2,290,375	2,748,450	1,832,300
...
2581	18.94	6,913	2,304	3,456,550	3,456,550	4,147,860	2,765,240
2582	19.4	7,081	2,360	3,540,500	3,540,500	4,248,600	2,832,400
2583	19.86	7,248	2,416	3,624,450	3,624,450	4,349,340	2,899,560
รวม				58,598,925	58,598,925	70,318,710	46,879,140

หมายเหตุ * ปริมาณ RDF คิดเป็น 33% ของปริมาณขยะทั้งหมด

จากตารางที่ 2 พบว่า เทศบาลจะมีรายได้จากการขายไร่เคล 58,598,925 บาท มีค่าดำเนินการ 40,784,851 บาท และมีค่าต้นทุน 2.43 ล้านบาท/ตัน คูณปริมาณขยะ 19.86 ตัน/ปี เทศบาลจะต้องลงทุนเป็นเงิน 46,170,000 บาท โดยเทศบาลจะมีเงินคงเหลือจากรายได้ ลบค่าดำเนินการ 17,814,073 บาท เมื่อนำมาลบกับค่าลงทุนแล้วเทศบาลจะมีเงินติดลบ -28,355,926 บาท

จากตารางที่ 3 พบว่า เทศบาลมีค่าดำเนินการ 8,156,970 บาท และมีค่าต้นทุน 1.43 ล้านบาท/ตัน คูณปริมาณขยะที่ผ่านระบบ MBT 3.97 ตัน/ปี เทศบาลจะต้องลงทุนเป็นเงิน 5,679,960 บาท โดยเทศบาลจะมีเงินคงเหลือจากรายได้ ลบค่าดำเนินการ -8,156,970 บาท เมื่อนำมาลบกับค่าลงทุนแล้วเทศบาลจะมีเงินติดลบ -13,836,930 บาท

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากตารางที่ 4 พบว่า เทศบาลจะมีรายได้จากการขายรีไซเคิล 58,598,925 บาท มีรายได้จากการขาย RDF 58,598,925 บาท มีค่าดำเนินการ 70,318,710 บาท และมีค่าต้นทุน 2.7 ล้านบาท/ตัน คุ้มปริมาณขยะ 19.86 ตัน/ปี เทศบาลจะต้องลงทุนเป็นเงิน 51,870,000 บาท โดยเทศบาลจะมีเงินคงเหลือจากรายได้ ลบค่าดำเนินการ 46,879,140 บาท เมื่อนำมาลบกับค่าลงทุนแล้วเทศบาลจะมีเงินติดลบ -4,420,860 บาท

และจากตารางที่ 3 และ 4 จะสรุปได้ว่า เทศบาลจะต้องลงทุนการบำบัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT-RDF) ร่วมกับระบบฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลที่ต้องฝังกลบขยะมูลฝอยที่ผ่านระบบบำบัด MBT แล้วเป็นเงิน 56,979,960 บาท เมื่อนำมาลบกับเงินคงเหลือแล้วเทศบาลจะมีเงินติดลบ -18,257,790 บาท

ตารางที่ 5 สรุปผลวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับเทศบาลตำบลสลกบาตร

รายการ	ระบบฝังกลบ	ระบบ MBT-RDF
ต้นทุน	46,170,000	56,979,960
ค่าดำเนินการ	40,784,851	78,475,680
รายได้		
-รีไซเคิล	58,598,925	58,598,925
-ไฟฟ้า	-	-
-RDF	-	58,598,925
คงเหลือ	-28,355,926	-18,257,790

ตารางที่ 6 การพิจารณาความเสี่ยงการบริหารจัดการระบบกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลสลกบาตร

ความเสี่ยง	ระบบฝังกลบ	ระบบ MBT-RDF
1. ด้านงบประมาณ	1	1
2. ด้านการบริหารโครงการให้สำเร็จ	1	2
3. ด้านเทคนิค	1	2
4. ด้านบุคลากร	1	2
5. ด้านสิ่งแวดล้อม	2	1
รวม	6	8

หมายเหตุ : ความเสี่ยงเรียงลำดับจากมากไปน้อย (3 ความเสี่ยงมาก, 2 ความเสี่ยงปานกลาง, 1 ความเสี่ยงน้อย)

จากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับเทศบาลตำบลสลกบาตร โดยพิจารณาความเหมาะสม 2 เทคโนโลยี คือ ระบบฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล และระบบการบำบัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT-RDF) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5

สำหรับความเสี่ยงในการดำเนินงานของเทศบาลตำบลสลกบาตร สำหรับการจัดการขยะทั้ง 2 เทคโนโลยี สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 6

จากการพิจารณาความเสี่ยงทั้ง 2 เทคโนโลยี พบว่า ระบบฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลมีความเสี่ยงน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่มีความยุ่งยาก บุคลากรของเทศบาลสามารถดำเนินการเองได้จากทักษะการดำเนินงานในปัจจุบัน มีความเสี่ยงด้านงบประมาณและด้านการบริหารโครงการให้สำเร็จอยู่ในระดับน้อย ความเสี่ยงในด้านเทคนิคต่ำ ซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ แต่หากมีการจัดการที่ดี ก็สามารถลดความเสี่ยงด้านนี้ลงได้

4. สรุป

จากการวิเคราะห์ ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินเบื้องต้น กรณีที่ เทศบาลตำบลสลกบาตรดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยของตนเอง การวิจัยพบว่า ระบบฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลมีความเสี่ยงน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่มีความยุ่งยาก เจ้าหน้าที่ของเทศบาลสามารถดำเนินการเองได้จากทักษะการดำเนินงานในปัจจุบัน มีความเสี่ยงด้านงบประมาณและด้านการบริหารโครงการให้สำเร็จอยู่ในระดับน้อย ความเสี่ยงในด้านเทคนิคต่ำ ซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ แต่หากมีการจัดการความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี โดยนำมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างและการดำเนินงานของโครงการ ตามองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพภูมิประเทศและทรัพยากรดิน คุณภาพน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสาธารณสุข อาชีวอนามัย และ ความปลอดภัย ฯลฯ รวมทั้งนำข้อเสนอแนะมาตรการแก้ไขปัญหามา การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน กลับรบกวนจากขยะมูลฝอย และผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของประชากรในท้องถิ่น ไปใช้เพื่อดำเนินการป้องกันและแก้ไข [5] ก็สามารถลดความเสี่ยงด้านนี้ลงได้ ดังนั้น ระบบฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด สำหรับเทศบาลตำบลสลกบาตรดำเนินการจัดการขยะของเทศบาลเอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ส่วนขยะมูลฝอยชุมชน กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ “รายงานผลการตรวจสอบสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย เทศบาลตำบลสลกบาตร จังหวัดกำแพงเพชร”. 2565. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://thaimsw.pcd.go.thservice/up/loads/report-waste-file/ef252ab0-aa57-4f21-a83c-9a5c0bd5264e.pdf> [28/02/2567].
- [2] ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษ “บ่อขยะ ทต.สลกบาตร”. 2564 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://thaimsw.pcd.go.th/search_storage.php?storage_id=785&year=2564 [28/02/2567].

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

- [3] ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษ “บ่อขยะทด.สลกบาตร”. 2565 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://thaimsw.pcd.go.th/search_storage.php?storage_id=785&year=2565 [28/02/2567].
- [4] เทศบาลตำบลสลกบาตร “ประวัติความเป็นมา”. 2567. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.salokbat.go.th/history.php> [28/02/2567].
- [5] มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2563). รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการศึกษาวิจัยความเหมาะสมหารูปแบบในการดำเนินการและบริหารจัดการขยะมูลฝอยในรูปแบบศูนย์รวมกำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลตำบลสลกบาตร.
- [6] บุญรักษ์ แวนบอเซอร์. (2567). การศึกษาความเหมาะสม และออกแบบขั้นตอนระบบจัดการขยะมูลฝอย แบบศูนย์รวมกำจัดขยะมูลฝอย กรณีศึกษา: กลุ่มพื้นที่ในการจัดการมูลฝอย (Clusters) ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดกำแพงเพชร ‘กลุ่มที่ 3 เทศบาลตำบลสลกบาตร’. การประชุมวิชาการระดับชาติ *The National Conference on Science Technology and Innovation 2024 (NCSTI 2024) Hybrid Conference “วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน”* (น. 916-931). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและการหดตัวของมอร์ตาร์ผสมผงเปลือกหอยเชลล์และหอยหวาน

Study on Mechanical Properties and Drying Shrinkage of Mortar Mixed with

Scallop Shells Powder and Sweet Clam Shells Powder

บุชิต มาโก้, ภัทรชัย พงษ์โสภาน, ธนพัฒน์ น้าจันทร์, กฤษดา เสือเอี่ยม

ขวัญชนก อุนทะอ่อน, จักรพันธ์ แสงสุวรรณ, ณัชพงศ์ พลคงชะสิงห์ และ พรณรงค์ เลื่อนเพ็ชร

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ

1381 ถ.พินุลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Email: buchit.m@rmutp.ac.th, phattharachai.p@rmutp.ac.th, tanapat.n@rmutp.ac.th, grisada.s@rmutp.ac.th, kwanchanok.o@rmutp.ac.th,

chakkarphan.s@rmutp.ac.th, nutchapongpol.k@rmutp.ac.th, pornnarong.l@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติของมอร์ตาร์ผสมผงเปลือกหอยเชลล์และมอร์ตาร์ผสมผงเปลือกหอยหวาน โดยการแทนที่ซีเมนต์ด้วยผงเปลือกหอยในอัตราส่วน 10%, 30% และ 50% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ คุณสมบัติที่เปรียบเทียบได้แก่ ความสามารถในการไหลแผ่, กำลังรับแรงอัด และการทดสอบคุณสมบัติการหดตัว จากผลการศึกษาพบว่ามอร์ตาร์ที่ผสมผงเปลือกหอยทั้งสองชนิดมี ความสามารถในการไหลแผ่และการหดตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ด้วยผงเปลือกหอย แต่กำลังรับแรงอัดลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงเปลือกหอย มอร์ตาร์ผสมผงเปลือกหอยเชลล์แสดงให้เห็นว่ามีคุณสมบัติที่ดีกว่ามอร์ตาร์ผสมผงเปลือกหอยหวานทั้งในด้านกำลังรับแรงอัดและการไหลแผ่ อย่างไรก็ตามการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงเปลือกหอยยังคงทำให้กำลังอัดลดลงและมี การหดตัวเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : เปลือกหอยเชลล์, เปลือกหอยหวาน, มอร์ตาร์ผสมเปลือกหอย, ผงเปลือกหอย

Abstract

This study aims to investigate the properties of mortar mixed with scallop shell powder and sweet clam shell powder by replacing the cement with shell powder at 10%, 30%, and 50% by cement weight. The properties studied included flowability, compressive strength, and drying shrinkage. The results showed that flowability and drying shrinkage in mortars mixed with both types of shell powder increased with the amount of shell powder used as a replacement. In the case of compressive strength, the experimental results indicated a decrease with increasing amounts of shell powder. Additionally, mortar mixed with scallop shell powder exhibited higher compressive strength and flowability compared to mortar mixed with sweet clam shell powder. However, replacing cement with shell powder still resulted in decreased compressive strength and increased drying shrinkage of the mortar.

Keywords: Scallop shell, Sweet clam shell, Mortar mixed with shell, Shell powder

1. บทนำ

เปลือกหอยเป็นขยะที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร หลังจากการบริโภคเนื้อหอยแล้ว สิ่งที่เหลือคือเปลือกหอยที่ยากต่อการกำจัด โดยส่วนใหญ่ถูกนำไปฝังกลบ เนื่องจากเปลือกหอยไม่สามารถย่อยสลายตัวได้โดยกระบวนการทางชีวภาพแบบธรรมชาติ การกำจัดขยะเหล่านี้จึงทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมทั้งบนบกและในน้ำ และยังมีค่าใช้จ่ายในการกำจัดที่สูงอีกด้วย การนำเปลือกหอยมาแปรสภาพเพื่อใช้ประโยชน์จึงเป็นทางเลือกที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับขยะเหล่านี้ และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

เพื่อไม่ให้เปลือกหอยเหล่านี้เป็นเพียงแค่ขยะเหลือทิ้ง จึงมีแนวคิดในการศึกษาโดยการนำเปลือกหอยที่มี (lime-stone) มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลักอยู่สูง [1] มาผสมกับมอร์ตาร์ โดยการนำเปลือกหอยเหลือทิ้งมาบดโดยใช้เป็นมวลรวมผสมในคอนกรีต และยังสามารถใช้เป็นวัสดุประสานในส่วนผสมของซีเมนต์โดยอยู่ในรูปของผงได้อีกด้วย [2] โดยงานวิจัยหลายงาน [3,4] แสดงให้เห็นว่าการใช้เปลือกหอยที่มีปริมาณแคลเซียมสูงสามารถทดแทนมวลรวมและช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านกายภาพและเชิงกลของวัสดุประสานได้

เพื่อไม่ให้เปลือกหอยเหล่านี้เป็นเพียงแค่ขยะเหลือทิ้ง ดังนั้นการศึกษานี้มีแนวคิดในการนำเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยหวานที่เป็นเศษอาหารเหลือทิ้งที่มีมากในประเทศไทย มาบดเป็นผงและผสมกับมอร์ตาร์แทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและการหดตัวของมอร์ตาร์

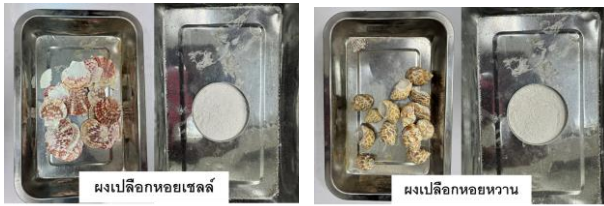
2. การดำเนินงาน

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

- ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกชนิด I ใช้งานทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก. 2594-2556
- เปลือกหอยหวานและเปลือกหอยเชลล์ ที่ผ่านการล้างโดยสะอาด และบดเป็นผงขนาดเล็กลงกว่า 0.074 mm ดังรูปที่ 2.1

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 2.1 ผงเปลือกหอยเชลล์และผงเปลือกหอยหวาน

- ทราชน้ำขนาดเล็กกว่า 1.18 mm
- น้ำสะอาดสำหรับผสมคอนกรีต
- เครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต ขนาด 1000 kN
- เครื่องทดสอบการไหลแม่ (Flow table)
- เครื่องทดสอบการหดตัวของมอร์ต้า

2.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างและสัดส่วนผสม

การเตรียมตัวอย่างมอร์ต้าผสมผงเปลือกหอยเชลล์และเปลือกหอยหวานมีดังนี้

2.2.1 เตรียมสัดส่วนผสมดังตารางที่ 2.1 ซึ่งประกอบไปด้วยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.65 อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 0.35 และผงเปลือกหอยแทนที่ปูนซีเมนต์ 0%, 10%, 30% และ 50% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

2.2.2 ผสมปูนซีเมนต์ ผงเปลือกหอย และทราย เข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสม เป็นเวลา 1 นาที

2.2.3 เติมน้ำลงในสัดส่วนผสม และผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 2 นาที

2.2.4 เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้ว นำมอร์ต้าที่ได้มาทำการทดสอบการไหลแม่ตามมาตรฐาน ASTM C1437-20

2.2.5 หล่อลงแบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม. บ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 28 วัน ก่อนนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM C109

2.2.6 หล่อเป็นแท่งมอร์ต้าขนาด 2.5x2.5x28.5 ซม. และทำการหดตัวแบบแห้ง (Drying shrinkage) ตามมาตรฐาน ASTM C157 และ C596-18

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนผสม

ชื่อ	สัดส่วนผสม (kg/m ³)			
	ปูนซีเมนต์	ผงเปลือกหอย	ทราย	น้ำ
ควบคุม	530	-	1525	345
10%หอยเชลล์	477	53		
30%หอยเชลล์	371	159		
50%หอยเชลล์	265	265		
10%หอยหวาน	477	477		
30%หอยหวาน	371	371		
50%หอยหวาน	265	265		

2.3 วิธีการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

2.3.1 การทดสอบการไหลแม่

การทดสอบไหลแม่ของมอร์ต้า ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 1437-20 โดยทำการทดสอบขณะเป็นมอร์ต้าสด เริ่มจากใส่มอร์ต้าที่จะทำการทดสอบลงใน Flow Mold เป็น 2 ชั้น และกระทุ้งให้แน่นจำนวนชั้นละ 20 ครั้ง จากนั้นกระแทกด้วยโต๊ะการไหล (Flow table) จำนวน 25 ครั้ง ใน 15 วินาที เสร็จแล้ว วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของมอร์ต้าจำนวน 4 ทิศทางตั้งฉากกัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

2.3.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

นำตัวอย่างมอร์ต้าที่บ่มในน้ำครบ 28 วันแล้ว มาทิ้งให้แห้งก่อนทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาด จากนั้นนำตัวอย่างทดสอบกำลังอัดเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C109 โดยให้แรงคงที่ตลอดการทดสอบ ทำการทดสอบจนตัวอย่างวิบัติ และนำค่าการรับแรงอัดสูงสุดที่อ่านได้มาคำนวณเป็นกำลังรับแรงอัด (Compressive strength)

2.3.3 การทดสอบการหดตัว

เริ่มทำการทดสอบเมื่อตัวอย่างมีอายุครบ 1 วัน โดยจะวัดความยาวของแท่งมอร์ต้าด้วยเครื่องมือทดสอบดังรูปที่ 2.2 ตามมาตรฐาน ASTM C157 และ C596-18 โดยทำการวัดความยาวของแท่งตัวอย่างที่ระยะเวลา 7 วัน จนครบ 90 วัน จากนั้นเปรียบเทียบความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปกับความเริ่มต้น



รูปที่ 2.2 การทดสอบการหดตัว

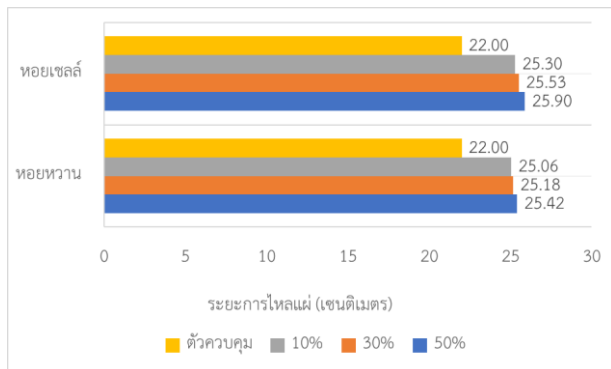
3. ผลการศึกษา

3.1 การทดสอบการไหลแม่

เส้นผ่านศูนย์กลางการไหลแม่ (Flow diameter) แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.1 เมื่อมีการแทนที่ซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยทั้ง 2 ชนิดในอัตราส่วน 10% 30% และ 50% โดยน้ำหนัก จากผลการทดสอบพบว่ามอร์ต้าที่ผสมเปลือกหอยจะมีการไหลแม่มากกว่ามอร์ต้าควบคุม โดยการไหลแม่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณหอยที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาชนิดของเปลือกหอยพบว่า การไหลแม่ของมอร์ต้าผสมเปลือกหอยเชลล์มากกว่าหอยหวานทุกสัดส่วนผสม

บทความวิจัย

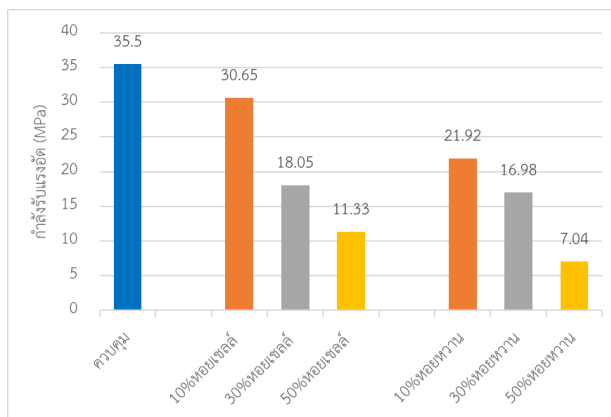
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 3.1 การไหลแห้ง

3.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าควบคุม มอร์ต้าผสมเปลือกหอยหวน มอร์ต้าผสมเปลือกหอยเชลล์ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.2 เมื่อแทนที่ซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยทั้ง 2 ชนิดในอัตราส่วน 10% 30% และ 50% โดยน้ำหนัก พบว่ามอร์ต้าผสมเปลือกหอยมีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าตัวควบคุม และกำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอย เมื่อพิจารณาถึงชนิดของเปลือกหอยพบว่ามอร์ต้าผสมเปลือกหอยเชลล์มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่ามอร์ต้าผสมเปลือกหอยหวนทุกสัดส่วนผสม

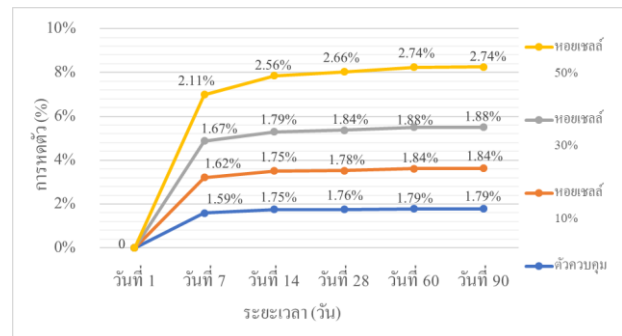


รูปที่ 3.2 กำลังรับแรงอัด

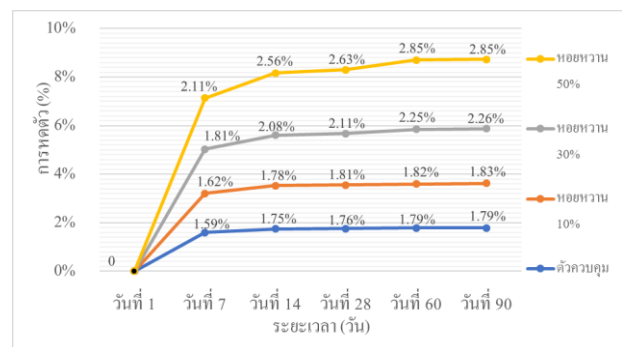
3.3 การทดสอบการหดตัว

การหดตัวของมอร์ต้าผสมเปลือกหอยทั้งสองชนิดมีลักษณะการหดตัวในช่วง 1-7 วัน อย่างรวดเร็ว หลังจากผ่านช่วง 7-14 วัน การหดตัวจะเริ่มลดลง และในช่วง 28-90 วันการหดตัวจะเริ่มหยุดนิ่ง แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.3

มอร์ต้าที่ผสมเปลือกหอยมีระยะการหดตัวมากกว่ามอร์ต้าควบคุม ค่าการหดตัวจะเพิ่มขึ้นแบบมีนัยยะสำคัญตามปริมาณหอยที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยทั้ง 3 อัตราส่วน ตั้งแต่วันที่ 1-90 เฉลี่ยมอร์ต้าผสมเปลือกหอยเชลล์มีค่าการหดตัวมากกว่ามอร์ต้าผสมเปลือกหอยหวน



(ก) มอร์ต้าผสมเปลือกหอยเชลล์



(ข) มอร์ต้าผสมเปลือกหอยหวน

รูปที่ 3.3 การหดตัว

4. สรุปผล

การเพิ่มเปลือกหอยในมอร์ต้าส่งผลให้การไหลแห้งและการหดตัวเพิ่มขึ้น แต่กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณเปลือกหอยที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้มอร์ต้าผสมเปลือกหอยเชลล์ส่งผลกระทบน้อยกว่ามอร์ต้าผสมเปลือกหอยหวนในด้านการไหลแห้งและกำลังรับแรงอัด แต่ทำให้มอร์ต้าหดตัวเพิ่มขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือสำหรับการทดสอบ และขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรีที่ช่วยเหลือสำหรับการเตรียมตัวอย่างและการทดสอบในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Eziefula, U. G., Ezeh, J. C., & Eziefula, B. I. (2018). Properties of seashell aggregate concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 192, 287-300. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.096>
- [2] Oh, S.-E., Chung, S.-Y., Kim, K., & Han, S.-H. (2024). Comparative analysis of the effects of waste shell aggregates on the material properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

Building Materials, 412, 134887.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134887>

- [3] Horiguchi, I., Mimura, Y., & Monteiro, P. J. M. (2021). Plant-growing performance of pervious concrete containing crushed oyster shell aggregate. *Clean. Mater.*, 2, Article 100027.
<https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100027>
- [4] Kong, J., Cong, G., Ni, S., Sun, J., Guo, C., Chen, M., & Quan, H. (2022). Recycling of waste oyster shell and recycled aggregate in the porous ecological concrete used for artificial reefs. *Constr. Build. Mater.*, 323, Article 126447.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126447>

นวัตกรรมแผ่นกรองหน้ากากอนามัยสีเขียวจากเส้นใยใบเตยผสมกับกระดาษทิชชู

Green Face Mask Filter: Blending Pandan Fibers with Tissue Paper

ดวงฤทัย นิคมรัฐ^{1*} กัทธิกา ตุงสมบัติ¹ พลอยสวย อักษรประเสริฐ¹ จารุวรรณ ราโรจน์¹ อัครพร พิมสอน¹ ศันสนีย์ ภูประกิจ² และกฤษฎา เลือเอี่ยม³

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800

²ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และบริการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800

³สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800

Email: duongruitai.n@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

ทีมวิจัยต้องการพัฒนาแผ่นกรองภายในหน้ากากอนามัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองฝุ่น PM2.5 โดยใช้เส้นใยใบเตยที่ผ่านการต้มแล้วผสมกับกระดาษทิชชูในอัตราส่วนร้อยละ 5-7 โดยน้ำหนัก มีทั้งเส้นใยหยาบขนาด 1-5 มิลลิเมตรและเส้นใยละเอียดขนาด 0.1-0.5 มิลลิเมตร การทดลองพบว่าเส้นใยใบเตยซึ่งเป็นเซลลูโลสสามารถย่อยสลายได้เอง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองโดยเฉพาะฝุ่น PM 2.5 ได้ดี การผสมด้วยทิชชูทำให้พื้นผิวของแผ่นกรองเรียบไม่ระคายมือ และยังสามารถดูดซับความชื้นจากผิวหนังได้ดี แม้ว่าแผ่นกรองที่พัฒนามีความหนาแน่นกว่า 1.5 มิลลิเมตรแต่ยังสามารถให้อากาศผ่านได้ดีจากการทดสอบด้วยน้ำแข็งแห้งที่ระเหิดพบว่าอากาศผ่านได้น้อยกว่าแผ่นกรองทางการค้า (ร้อยละ 59.6 และ 87.40 ตามลำดับ) และสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ในสภาพที่ชื้นเริ่มเปื่อยยุ่ยในวันที่ 9 และสลายหมดภายในวันที่ 25 แผ่นกรองหน้ากากอนามัยดังกล่าวที่ได้จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการพัฒนาเพื่อให้มีคุณลักษณะการใช้งานเหมาะสม และสามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศให้มีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: แผ่นกรองหน้ากากอนามัยสีเขียว; เส้นใยใบเตย; ทิชชู

Abstract

The research team aims to develop an environmentally friendly inner mask filter to enhance the efficiency of PM 2.5 dust filtration by using boiled pandan fibers mixed with tissue paper at a ratio of 5-7% (w/w), including coarse fibers of 1-5 millimeters and fine fibers of 0.1-0.5 millimeters. The experiment found that pandan fibers, which are cellulose, can biodegrade naturally and help improve the efficiency of filtering particulate matter, especially PM 2.5. Incorporating tissue paper in the filter creates a smooth filter surface that is gentle on the skin and can effectively absorb moisture from the face during use. The developed filter is thicker than 1.5 millimeters, yet it still allows air to pass through effectively. Testing with sublimated dry ice showed less air passage than commercial mask filters (59.6 and 87.4%, respectively). This filter can biodegrade naturally in a humid environment, starting to break down on day 9 and fully degrading by day 25. This environmentally friendly inner mask filter presents an

interesting option for further development to improve its ability to trap and eliminate airborne microorganisms effectively.

Keywords: Green face mask filter; Pandanus leaf fibers; Tissue paper

1. บทนำ

การระบาดของโรคโควิด-19 ได้มีผลกระทบต่อทั่วโลกทั้งทางด้านสุขภาพ สังคม และเศรษฐกิจ โรคนี้เป็นโรคระบาดที่เกิดจากไวรัสโคโรนาที่สามารถติดต่อผ่านการหายใจ การสัมผัส หรือคนที่ติดเชื้อ การป้องกันโรคนี้สามารถทำได้โดยการรักษาความสะอาด และป้องกันตัวเองด้วยการสวมหน้ากากอนามัย ซึ่งเป็นมาตรการสำคัญในการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค การใช้หน้ากากอนามัยช่วยลดโอกาสในการส่งผ่านเชื้อโรคจากบุคคลที่ติดเชื้อ และป้องกันการติดเชื้อสำหรับบุคคลที่ยังไม่มีอาการ นอกจากนี้การใช้หน้ากากยังช่วยให้เราหลีกเลี่ยงการสัมผัสเชื้อโรคจากพื้นผิว และป้องกันการหายใจเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ และช่วยลดโอกาสในการติดเชื้อให้กับตัวเองและผู้อื่นในชุมชน ทำให้สามารถลดการระบาดของโรคและปกป้องสุขภาพของทุกคน [1-2]

วัสดุทางเลือกที่ใช้เป็นหน้ากากอนามัยส่วนใหญ่ทำมาจากเส้นใยสังเคราะห์ แต่แนวคิดใหม่ของการใช้เส้นใยเซลลูโลสของพืชเริ่มได้รับความสนใจและถูกนำมาใช้มากขึ้น [3-5] จากงานวิจัยในปัจจุบันที่เน้นความหลากหลายและประสิทธิภาพของวัสดุที่มีองค์ประกอบมาจากเซลลูโลสเป็นหลัก พบในรูปแบบใช้ในการกรองอากาศ [6] แต่เดิมเชื้อเซลลูโลสเคยใช้เป็นกระดาษทิชชู ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหลากหลายในการใช้งาน ไม่ว่าจะเพื่อเช็ด ซับ ห่อ หรือทำความสะอาดพื้นผิวต่าง ๆ ด้วยกระบวนการฟอกและคุณสมบัติที่มีความสามารถในการดูดซับ มีเส้นใยอ่อนนุ่ม ไม่ระคายเคืองผิว มีงานวิจัยการเลือกใช้เยื่อกระดาษเซลลูโลสชนิดกระดาษทิชชูมาพัฒนาช่วยเพิ่มคุณสมบัติของแผ่นกรองอากาศในเครื่องฟอกอากาศที่มีแผ่นกรองทำจากเส้นใยเซลลูโลส ทำให้มีความนุ่ม ความชุ่มชื้น ต่อแผ่นหน้ากากอนามัย ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานและสร้างความสะดวกสบายในการใช้งาน พร้อมทั้งมีการดูดซับฝุ่นได้ดีขึ้น [7] เซลลูโลสได้ถูกใช้เป็นส่วนประกอบของแผ่นกรองอากาศรวมถึงหน้ากากอนามัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองที่มีขนาดต่าง ๆ [8] กระดาษทิชชูสามารถทำได้จากเส้นใยเซลลูโลสของพืชหลากหลายชนิด รวมถึงของเหลือทิ้งทางการเกษตร งานพัฒนาวัสดุจากเส้นใยเซลลูโลสให้นุ่มดูดซับได้ดี ที่เป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [9] ตัวอย่างหนึ่งของการนำเส้นใยเซลลูโลสที่มาจากเปลือกทุเรียนผสมกับเปลือกมันสำปะหลัง ทำให้มีคุณภาพ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์กระดาษทิชชูที่ใช้เป็นทิชชูเช็ดหน้าทางการค้าทั่วไป และเมื่อนำเซลล์โอสชนิดไมโคร/นาโนไฟบริลเลท (MFC/NFC) ที่ทำด้วยการใช้เยื่อทิชชูผสมกับเส้นใยเซลลูโลสจากไหม สามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านความอ่อนโยนและยังคงความแข็งแรงให้กับวัสดุเส้นใยผสมที่ได้ ทั้งนี้ทิชชูได้ถูกใช้ช่วยลดการใช้เส้นใยเซลลูโลส โดยการนำมาผสมกับเส้นใยไม้อยู่คาบิปลัดทำให้ได้เส้นใยคงประสิทธิภาพการทำงานของวัสดุเหมือนเดิมที่มีราคาประหยัด [5] นอกจากนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานศึกษานี้โดยตรง คือ การพัฒนาใช้เซลล์โอสไปใช้ในระบบกรองอากาศ เน้นด้านเพิ่มให้มีรูปร่างและคุณสมบัติทางด้านเคมีที่ดีขึ้น ให้เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิภาพในการกรองฝุ่น [3-4, 10] สำหรับการพัฒนาด้านการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือแนวทางสีเขียว พบได้จากตัวอย่างงานวิจัยของสุทธิรัตน์ ขาวปากกร [11] ที่เลือกการดัดเคียวในน้ำ เพื่อทำให้ได้ลักษณะของเส้นใยไบโอบีโอบีที่มีคุณลักษณะเส้นใยยาว เหนียว ดีกว่าการใช้การต้มในด่าง และด้วยเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เส้นใยที่ได้จากการฟอกสีที่ได้จากการแช่ฟอกด้วยน้ำดีกว่าการแช่ฟอกด้วยสารเคมีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 5 โดยพบว่าทั้งเส้นใยที่มีความกว้าง ความยาวและความหนาของผนังเซลล์ลดลงหากมีการเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาแผ่นหน้ากากอนามัยเน้นเพื่อการย่อยสลายได้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มาจากแผ่นกรองชั้นเมมเบรนที่มีขนาดละเอียดจากพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid, PLA) [12] ทำให้ได้แผ่นกรองแทรกใส่ในแผ่นหน้ากากอนามัยที่เปลี่ยนทิ้งได้และสามารถย่อยสลายได้ แต่ต้องใช้คู่กับหน้ากากอนามัยชนิดที่สามารถเปลี่ยนชั้นกรองและซักได้หลายครั้ง นอกจากนี้ ทีมผู้วิจัยเองยังพบว่าแผ่นกรองอากาศที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือแผ่นกรองสีเขียวนี้สามารถกรองฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ได้ร้อยละ 70-80 เมื่อเทียบกับตัวกรองฝุ่นทางการค้า แต่มีอายุการใช้งานได้ไม่เกิน 36 ชั่วโมง (ผลจากห้องปฏิบัติการ)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ทีมผู้วิจัยจึงมีความต้องการพัฒนาแผ่นกรองเพื่อใส่ในหน้ากากอนามัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองฝุ่น ด้วยการเลือกใช้เส้นใยจากเซลลูโลสจากพืชไบโอบีโอบีและกระดาษทิชชูชนิดใช้เพื่อเช็ดหน้า มาพัฒนาเป็นแผ่นกรองเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อใส่ในหน้ากากอนามัย เป็นวัสดุหลัก ด้วยการผสมกับกระดาษทิชชูเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการทำงาน ช่วยลดการระคายเคืองของความหยวบแข็งกระด้างเพื่อความอ่อนนุ่มเมื่อสัมผัสอยู่บนผิวหนัง แล้วทดสอบประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นขนาดเล็กตั้งแต่ พีเอ็ม 2-10 และฝุ่น โดยรวม ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของการเกาะตัวของเส้นใยที่จับกันเป็นแผ่นกรอง ลักษณะพื้นผิว ความอ่อนนุ่มและคุณสมบัติในการดูดซับอุ้มน้ำ นอกจากนี้ทดสอบดูความสามารถในการย่อยสลายเองตามธรรมชาติ ผลที่ได้จะทำให้ได้แผ่นกรองอากาศด้านในของแผ่นหน้ากากอนามัยสีเขียวต้นแบบที่เป็นทางเลือกคู่มาในการพัฒนาแผ่นหน้ากากอนามัยต่อไป ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันโรคและส่งเสริมสุขภาพของผู้ใช้

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่างกระดาษกรองฝุ่น

การผลิตแผ่นกรองหน้ากากอนามัย เริ่มจากการเตรียมเส้นใยไบโอบีโอบีผสมกระดาษทิชชู ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้คือ การเตรียมเส้นใยจากไบโอบีโอบี 170-200 กรัม ตัดไบโอบีให้มีขนาด 1 ตารางเซนติเมตรล้างทำความสะอาดแล้วต้มเดือดในน้ำกลั่น 1.5 ลิตรเป็นเวลา 3-5 ชั่วโมงจนกว่าไบโอบีเปื่อยให้เส้นใย แล้วกรองน้ำออกและนำเส้นใยไบโอบีมาปั่นให้ละเอียดผสมกับทิชชู 5-7% โดยน้ำหนัก เพื่อให้อ่อนนุ่ม โดยแผ่นกรองต้องไม่แตกหัก (ผลจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ) แล้วนำไปปั่นให้ละเอียด เพื่อให้ได้เยื่อไบโอบีและทิชชูรวมกันและละเอียดก่อนการขึ้นเยื่อให้เป็นแผ่นด้วยตะแกรงชั้นเยื่อ โดยใส่เยื่อไบโอบีในน้ำ ที่มีอัตราส่วนของไบโอบีผสมทิชชู 150 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร ในการทำต้องเคลี่ยเยื่อไบโอบีผสมทิชชูให้สม่ำเสมอมากที่สุด แล้วจึงแคะให้แห้งหมดและลอกแผ่นกรองออกจากตะแกรงชั้นเยื่อ เมื่อแผ่นกรองแห้งแล้วจะเก็บใส่ถุงปิดให้สนิทเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบคุณสมบัติต่อไป

2.2 ลักษณะทางกายภาพและประสิทธิภาพในการกรอง

ลักษณะของเส้นใยแผ่นกรอง

ในการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของแผ่นกรองอากาศจากไบโอบีโอบีผสมทิชชู แผ่นกรองที่ได้ถูกตัดให้ได้ขนาด 8x12 ตารางเซนติเมตร แล้วนำไปผ่านกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 40X บันทึกภาพของขนาดเส้นใย การเรียงตัว ลักษณะพื้นผิวที่เห็น และศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นกรองหน้ากากอนามัย

คุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นกรอง

การทดสอบการอุ้มน้ำของแผ่นกรองหน้ากากอนามัย เริ่มต้นจากการนำแผ่นกรองหน้ากากอนามัยที่มีขนาด 8x12 ตารางเซนติเมตร มาทำการหยดด้วยน้ำกลั่น ทำการนับจำนวนหยดน้ำ โดยวัดปริมาตรน้ำที่หยดไปทั้งหมด โดยทั่วไปหนึ่งหยดมีปริมาตรเท่ากับ 0.05 มิลลิลิตร ในการที่จะค่อย ๆ หยดน้ำลงบนแผ่นกรองจนกว่าแผ่นกรองจะไม่สามารถอุ้มน้ำได้ มีน้ำหยดออกจากแผ่นกรอง ผลจากการนับจำนวนที่หยดลงมาจากแผ่นกรองถูกบันทึกผล ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วคำนวณหยดของปริมาตรน้ำก่อนหยดท้ายสุดที่เริ่มมีน้ำไหลจากแผ่นกรองเพื่อบ่งบอกความสามารถอุ้มน้ำได้ ทั้งนี้ผลที่ได้จากแผ่นกรองจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับแผ่นกรองทางการค้า เพื่อหาความแตกต่างและประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำ

ประสิทธิภาพในการกรองอากาศและฝุ่นละออง

การทดสอบการผ่านของอากาศของแผ่นกรองหน้ากากอนามัย ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้: เริ่มต้นด้วยการใส่ น้ำแข็งแห้งน้ำหนัก 50 กรัมลงในขวดพลาสติกขนาด 600 ลิตร แล้วนำแผ่นกรองหน้ากากอนามัยหรือแผ่นกรองทางการค้าปิดบนปากขวด คำนวณเวลาและจับเวลา 5 นาทีเพื่อทดสอบการผ่านของอากาศ และชั่งน้ำหนักของน้ำแข็งแห้งที่เหลือนับที่ผล ทำซ้ำ 3 ครั้ง

การทดสอบประสิทธิภาพการกรองฝุ่นของแผ่นกรองหน้ากากอนามัยประกอบด้วยสองส่วนคือการวัดค่าฝุ่นในอากาศในกล่องและการวัดประสิทธิภาพการกรองฝุ่นจากในขวดผ่านแผ่นกรองออกมาในกล่อง เริ่มจากการวัดค่าฝุ่นในอากาศ โดยนำแป้งฝุ่นที่ผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 10 ไมครอน ให้ได้ปริมาณ 5 กรัม ใส่ในกล่องขนาด 100 X 60 X 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปิดฝา ทำการเขย่าเพื่อให้เกิดละอองของฝุ่น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

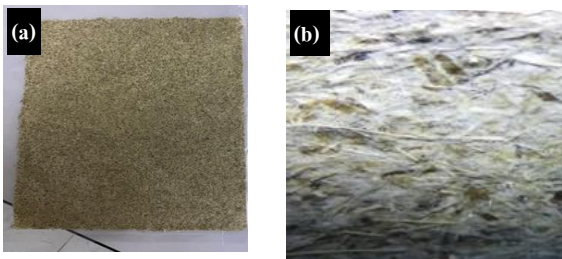
จากแป้งฝุ่น โดยมีการวัดปริมาณฝุ่นด้วยเครื่องวัดปริมาณและอนุภาคของฝุ่นรุ่น AEROCET 531S ยี่ห้อ Met One Instruments ที่วางในกล่อง

สำหรับการวัดประสิทธิภาพการกรองฝุ่น จะใช้แผ่นกรองหน้ากากอนามัยที่ผลิตขึ้นและแผ่นกรองทางการค้าให้มีขนาด 8x12 ตารางเซนติเมตร ปิดบนขวดพลาสติกขนาด 600 ลิตรที่มีแป้งฝุ่นปริมาณ 5 กรัม ทำการเขย่า 5 นาที เพื่อให้แป้งฝุ่นเกิดความฟู แล้ววางไว้ในกล่อง ทำการวัดปริมาณฝุ่นที่ออกมาในกล่องด้วยเครื่องวัดปริมาณและอนุภาคของฝุ่น และบันทึกผลการทดลอง ทำซ้ำ 3 ครั้ง เปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่นที่กระจายในกล่องทั้งหมดและที่ผ่านจากแผ่นกรองออกมาในกล่อง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1. ลักษณะทางกายภาพของแผ่นกรองเส้นใยโพลีเอทิลีนผสมทิลลู

จากการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นกรองหน้ากากอนามัยสีเขียวหรือเรียกได้ว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พบว่าแผ่นกรองมีส่วนผสมของเส้นใยหยาบและละเอียด เส้นใยเกาะตัวแน่นและพื้นผิวเรียบสม่ำเสมอเมื่อสังเกตแผ่นกรองด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ พบว่าเส้นใยหยาบมีขนาด 1-5 มิลลิเมตร และเส้นใยละเอียดมีขนาด 0.1-0.5 มิลลิเมตร เส้นใยจากตำแหน่ง 9 จุดมีความสม่ำเสมอและเกาะตัวกันดี ทำให้แผ่นกรองมีความแข็งแรงและคุณสมบัติการกรองที่ดี แต่ทั้งนี้แผ่นกระดาษกรองที่ได้มีขนาดหนามากกว่า 1.5-2 มิลลิเมตร ลักษณะของแผ่นกรองเส้นใยโพลีเอทิลีนผสมทิลลูสำหรับเช็ดหน้าแสดงในรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 แผ่นกรองพร้อมการนำไปใช้ไปงาน (a) แผ่นกรองที่ผ่านการตากแห้ง (b) เส้นใยบนแผ่นกรองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอ (40 X)

การทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำของแผ่นกรองหน้ากากอนามัย ช่วยบ่งชี้ประสิทธิภาพของแผ่นกรอง จากการนับจำนวนหยดน้ำที่อยู่ในแผ่นกรองและแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ พบว่าแผ่นกรองสามารถอุ้มน้ำไว้จนกระทั่งอึดตัวได้ 12.33±3.21 มิลลิลิตร ในขณะที่ตัวควบคุมแผ่นกรองทางการค้าไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของแผ่นกรองหน้ากากอนามัย

นอกจากนั้น พบว่าการผสมทิลลูกับเซลลูโลสสามารถช่วยเพิ่มคุณสมบัติการอุ้มน้ำได้ดีขึ้นกว่าการใช้เซลลูโลสเพียงอย่างเดียว (ไม่ได้แสดงผลในการศึกษา) การทดสอบการผ่านของอากาศของแผ่นกรองที่ใส่อยู่ในแผ่นหน้ากากอนามัย จากการเปรียบเทียบแผ่นกรองหน้ากากอนามัยที่ผลิตขึ้นและแผ่นกรองทางการค้า พบว่าแผ่นกรองหน้ากากอนามัยจากเส้นใยโพลีเอทิลีนคือ ร้อยละ 87.4 และ ร้อยละ 59.6 (ตารางที่ 1) สาเหตุนี้อาจเนื่องจากความหนาของแผ่นกรองที่พัฒนาขึ้นทำให้อากาศผ่านได้น้อยลง

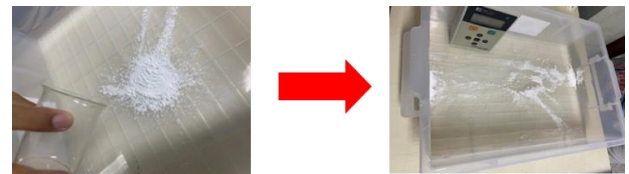
ตารางที่ 1 ความสามารถในการผ่านของอากาศ

ชนิดของแผ่นกรอง	ปริมาณน้ำหนักของน้ำแข็งแห้ง (กรัม)
แผ่นกรองทางการค้า (ตัวควบคุม)	26.33±2.08
แผ่นกรองหน้ากากในการศึกษา	31.33±4.51

3.2. ประสิทธิภาพการกรองฝุ่นของแผ่นกรองหน้ากากอนามัย

การวัดค่าฝุ่นในอากาศ

ในการทดสอบค่าฝุ่นในอากาศด้วยเครื่องวัดปริมาณและอนุภาคของฝุ่นรุ่น AEROCET 531S ยี่ห้อ Met One Instruments (ขนาด 57 x 89 x 202 ลูกบาศก์เซนติเมตร) จากฝุ่นที่ผ่านการกรองจำนวน 5 กรัมที่เขย่าในกล่องดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวัดค่าฝุ่นในอากาศโดยใช้เครื่องวัดปริมาณและอนุภาคของฝุ่น

ค่าฝุ่นของแป้งฝุ่นในอากาศมีองค์ประกอบของขนาดฝุ่นที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยชนิดฝุ่นโดยรวม (TSP) มากสุด โดยให้ค่าฝุ่นมากที่สุดที่ 186.6 μg รองลงมาคือฝุ่นพีเอ็ม 10 (125 μg) พีเอ็ม 7 (98.4 μg) พีเอ็ม 4 (63.3 μg) พีเอ็ม 2.5 (49.8 μg) และฝุ่นพีเอ็ม 1 (41 μg) ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 2 ทั้งนี้อนุภาคของฝุ่นแต่ละชนิดนี้สามารถใช้บ่งบอกความสามารถผ่านแผ่นกรองหน้ากากอนามัยได้ต่างกันดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การวัดค่าฝุ่นในอากาศ

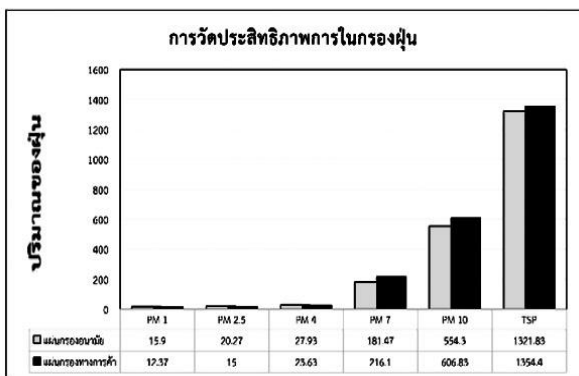
ชนิดของฝุ่น	ค่าของฝุ่น (μg)
PM1	41
PM2.5	49.8
PM4	63.3
PM7	98.4
PM10	125
TSP	186.6

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ประสิทธิภาพการกรองฝุ่น

ผลการทดลองพบว่าแผ่นกรองหน้ากากอนามัยที่ผลิตขึ้นสามารถกรองฝุ่นขนาดพีเอ็ม 1 ที่เหลือในอากาศร้อยละ 15.9 พีเอ็ม 2.5 ร้อยละ 20.27 และ พีเอ็ม 4 ร้อยละ 27.93 ส่วนแผ่นกรองหน้ากากอนามัยทางการค้าสามารถกรองฝุ่นได้ดีกว่าในขนาด พีเอ็ม 7 ร้อยละ 216.1 พีเอ็ม 10 ร้อยละ 606.83 และ ฝุ่นโดยรวม (TSP) ร้อยละ 1,354.4 (รูปที่ 4) อย่างไรก็ตาม การทดลองใช้แบง์ฝุ่นที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอและต้องปิดเปิดกล่องเพื่อตรวจสอบปริมาณฝุ่นที่เหลือ ทำให้การควบคุมตัวแปรในการทดสอบเป็นไปได้ยาก ซึ่งอาจส่งผลให้ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพในการกรองเกิดความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4 ความสามารถในการกรองฝุ่นของแผ่นหน้ากากอนามัย

จากผลการศึกษายาจะเห็นได้ว่า แผ่นกรองสีเขียวมีความสามารถในการกรองฝุ่นได้ไม่แตกต่างจากแผ่นหน้ากากอนามัยทั่วไป สามารถนำไปใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองหากใส่แทรกลงไปด้านหลังของหน้ากากอนามัยอีกชั้น โดยมีความสามารถในการดักฝุ่นขนาดใหญ่ได้ดี โดยเฉพาะขนาดเกิน PM10 ได้เหมาะสม แต่ยังคงจำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อไปให้มีคุณภาพในการกรองฝุ่นขนาดเล็ก พีเอ็ม 2-10 ต่อไป ทั้งนี้ยังพบว่าการใช้งานสามารถใช้ได้นานเกิน 5 ชั่วโมง (จากผลในห้องปฏิบัติการ ไม่แสดงในงานวิจัยนี้)

3.3. การย่อยสลายของแผ่นกรองหน้ากากอนามัย

เมื่อทำการวางแผ่นกรองหน้ากากอนามัยขนาด 8x12 ตารางเซนติเมตร จำนวน 3 แผ่นบนดิน ที่มีกรรณน้ำ 200 มิลลิเมตรต่อวันเป็นเวลา 25 วัน (แสดงในตารางที่ 3) แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแผ่นกรอง มีการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวัน การย่อยสลายตั้งแต่วันที่ 2 แผ่นกรองเริ่มขาดและบางส่วนเปื่อยยุ่ย ในวันที่ 9-13 แผ่นกรองเริ่มย่อยสลายอย่างชัดเจน และย่อยสลายหมดภายใน 25 วัน จากการทดลองไม่พบการย่อยสลายของแผ่นกรองทางการค้า ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแผ่นกรองหน้ากากสีเขียวที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายดีมากเมื่อเทียบกับแผ่นกรองทางการค้า

การที่แผ่นกรองเส้นใยเซลลูโลสของเส้นใยไบโอดีผสมกระดาษทิชชูมีความสามารถในการย่อยสลายได้เอง จัดว่าเป็นข้อดีอย่างยิ่งในแง่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หลังการใช้งานเมื่อผู้ใช้จะสามารถทิ้งในถังขยะทั่วไป เพราะมีคุณสมบัติในการย่อยสลายตามธรรมชาติ ช่วยเป็นการลด

ปริมาณขยะที่ต้องทำลาย ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดการสะสมของวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น พลาสติกและวัสดุสังเคราะห์ใน ที่ทิ้งขยะ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเมื่อปล่อยให้ย่อยสลายเองในดิน ด้วยกระบวนการย่อยสลายนี้จะเป็นการคืนสารประกอบธรรมชาติสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดวงจรธรรมชาติที่ยั่งยืน ดังนั้นจะเป็นแนวทางหนึ่งส่งเสริมการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้เอง เป็นการช่วยรับผิดชอบต่อสังคมและโลกสอดคล้องกับแนวโน้มการบริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในยุคปัจจุบัน

ตารางที่ 3 การย่อยสลายแผ่นกรองหน้ากากอนามัยบนดิน

วันที่	ลักษณะทางกายภาพ		ลักษณะที่สังเกตเห็น
	แผ่นกรองทางการค้า	แผ่นกรองเส้นใย	
1			ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
4			เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลง
13			เกิดการย่อยสลายร้อยละ 30
17			เกิดการย่อยสลายร้อยละ 50
24			มีการย่อยสลายใกล้หมด ร้อยละ 90
25			มีการย่อยสลายจนหมด ร้อยละ 100

ผลการศึกษาทั้งหมดชี้ให้เห็นว่า แผ่นกรองหน้ากากสีเขียวที่ได้สามารถประยุกต์ใช้ในการกำจัดฝุ่นละอองขนาดเล็กตั้งแต่ พีเอ็ม 2-10 และฝุ่นขนาดใหญ่ และมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานด้วยมีทั้งเส้นใยหยาบและละเอียดที่เรียบสม่ำเสมอ และเกาะตัวกันแน่นสามารถกรองฝุ่นที่มีอนุภาคต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี จึงเหมาะสมกับการใช้เพื่อช่วยลดความชื้นและความเหนอะหนะบนผิวหนังได้ดี แม้ว่าแผ่นกรองดังกล่าวมีความหนาแน่นกว่าแผ่นกรองอนามัยทางการค้า แต่ยังสามารถให้อากาศผ่านได้ดีและสามารถกรองฝุ่นพีเอ็ม 2-10 ได้ แต่ไม่สามารถประเมิน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ประสิทธิภาพในการกรองได้อย่างชัดเจนเนื่องจากข้อจำกัดในการทดลอง แผ่นกรองหน้ากากสีเขียวนี้ยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการย่อยสลายทางชีวภาพที่ดีเมื่อวางบนพื้นดิน ผลการทดลองนี้จึงชี้ถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาแผ่นกรองหน้ากากอนามัยสีเขียวให้สามารถในการนำไปใช้งานดีขึ้นและความยั่งยืนที่สูงขึ้น

แนวทางการทำผลิตภัณฑ์แผ่นกรองต้นแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในการศึกษานี้ เป็นแนวทางส่งเสริมการใช้วัสดุจากพืชผสมกับกระดาษทิชชูที่สามารถรีไซเคิลหรือย่อยสลายง่าย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ตอบโจทย์ความต้องการของตลาดและผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างความมั่นใจในผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างความยั่งยืนในอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องมีการพัฒนาหลายด้านประกอบกัน เช่น **ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์:** ควรมีการพัฒนาเลือกเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติจากพืชอื่นที่มีคุณสมบัติในการกรองฝุ่นและดักจับสารมลพิษได้ดี อีกทั้งยังทนทานต่อการใช้งานมากขึ้น เมื่อนำมาผสมกับกระดาษทิชชูเพื่อสร้างแผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น ใช้งานได้นานขึ้น **การออกแบบการกรอง:** ต้องให้มีโครงสร้างของแผ่นกรองให้มีประสิทธิภาพในการกรองสูงสุด ด้วยการจัดเรียงเส้นใยอย่างเหมาะสม การควบคุมความหนาของแผ่นกรอง รวมถึงการออกแบบรูปแบบของแผ่นกรองให้สอดคล้องกับการใช้งานที่หลากหลาย **เทคโนโลยีการผลิต:** ควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการผลิตแผ่นกรองเพื่อให้กระบวนการผลิตรวดเร็วและแม่นยำ ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ **การทดสอบและตรวจสอบคุณภาพ:** เพื่อให้ได้คุณภาพของแผ่นกรองอย่างละเอียด ให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพในการกรองตามมาตรฐานที่กำหนด สามารถกรองอนุภาคเล็กๆ ระดับนาโน รวมถึงชัดเจนด้านความทนทานต่อการใช้งาน **การศึกษาตลาดและความต้องการของผู้บริโภค:** ควรทราบความต้องการของตลาดและผู้บริโภค เพื่อให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการของลูกค้า เช่น การพัฒนาแผ่นกรองที่สามารถกรองฝุ่นและสารมลพิษได้ดีด้วย เพื่อใช้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ **การสร้างมาตรฐานความปลอดภัยและคุณภาพ:** ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น มาตรฐาน ISO หรือมาตรฐานเฉพาะของประเทศที่จำหน่าย เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า **การบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอ:** การพัฒนาการออกแบบให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพ จะช่วยรักษาคุณภาพของแผ่นกรองให้อยู่ในสภาพที่ดี พร้อมใช้งานเมื่อลูกค้าต้องการ **การนำเสนอผลิตภัณฑ์อย่างน่าสนใจ** จะช่วยดึงดูดลูกค้าและเพิ่มความนิยมในตลาด และ **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง:** การดำเนินการเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์แผ่นกรองเส้นใยผสมกระดาษทิชชูในอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ควรมีการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ตาม เทรนด์และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อตอบโจทย์ความต้องการของตลาดและผู้บริโภค

4. สรุป

นวัตกรรมแผ่นกรองหน้ากากอนามัยสีเขียวที่ผลิตจากเส้นใยไบโอดีผสมกับกระดาษทิชชูเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพในการกรองอากาศ เส้นใยไบโอดีซึ่งเป็นที่นิยมในด้านเป็นทั้งส่วนผสมในอาหารและของหวานเมื่อถูกผสมกับกระดาษทิชชูเพื่อสร้างแผ่นในของแผ่นกรองที่ไม่เพียงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ยังมีประสิทธิภาพในการ

ดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กระดับที่เอ็ม 2.5 ด้วย การผสมผสานนี้ทำให้แผ่นกรองมีประสิทธิภาพสูง อ่อนโยนต่อผิว และสามารถดูดซับความชื้นได้ดี จึงช่วยเพิ่มความสะอาดสบายให้กับผู้สวมใส่ในขณะเดียวกันแต่ทั้งนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการกรองของหน้ากากด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. K. Author, "Title of paper," in *Unabbreviated Name of Conf.*, City of Conf., Abbrev. State (if given), year, pp. xxx-xxx.
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp. 68-73.
- [3] Garcia, R. A., Stevanovic, T., Berthier, J., Njamen, G., Tolnai, B., & Achim, A. (2021). Cellulose, nanocellulose, and antimicrobial materials for the manufacture of disposable face masks: a review. *BioResources*, 16(2), 4321.
- [4] Lippi, M., Riva, L., Caruso, M., & Punta, C. (2022). Cellulose for the production of air-filtering systems: A critical review. *Materials*, 15(3), 976. M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [5] Mboowa, D., Chandra, R. P., Hu, J., & Sandler, J. N. (2020). Substrate characteristics that influence the filter paper assay's ability to predict the hydrolytic potential of cellulase mixtures. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(28), 10521-10528.
- [6] Liu, T., Cai, C., Ma, R., Deng, Y., Tu, L., Fan, Y., & Lu, D. (2021). Super-hydrophobic cellulose nanofiber air filter with highly efficient filtration and humidity resistance. *ACS applied materials & interfaces*, 13(20), 24032-24041.
- [7] Reitbauer, J., Eckhart, R., & Bauer, W. (2023). An analytical approach to assess the interrelation of surface properties and softness of tissue paper. *TAPPI Journal*, 2023(22(2)).
- [8] Owens, L. P., & Hubbe, M. A. (2023). Performance Factors for Filtration of Air Using Cellulosic Fiber-based Media: A Review. *BioResources*, 18(1).
- [9] Adawiyah, M. R., Nuryansah, D. N., Suryani, R., & Hanifah, S. U. (2022, March). The Effect of Mass Ratio Mixture of Durian Peel and Cassava Peel on the Quality of Tissue Paper. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2190, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.
- [10] Zhu, M., Cao, Q., Liu, B., Guo, H., Wang, X., Han, Y., ... & Zhou, J. (2020). A novel cellulose acetate/poly (ionic liquid) composite air filter. *Cellulose*, 27, 3889-3902.
- [11] สุทธิรัตน์ ขาวปากกร, วรรณิการ์ ชีระกิตต์ธนากุล, สมนึก ลิ่มเจริญ, สุนทร โต้ะดา, อมลวรรณ ยอดรัก, ปิยวรรณ ไกรนรา. (2563).

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ลักษณะกายวิภาคและเส้นใยของใบเตยหอมและเตยทะเล วารสาร
วิทยาศาสตร์บูรพา ฉบับที่ 25(1) หน้า: 151-167.

- [12] สมหมาย ผิวสะอาด, 2563. ศึกษาแผ่นกรองชนิดเปลี่ยนได้
[ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : <https://www.im.rmutt.ac.th/?p=20314>. 16
กุมภาพันธ์ 2567



ภัทริกา สูงสมบัติ อาจารย์ประจำสาขาวิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี งานวิจัย:
เทคโนโลยีชีวภาพด้านพืช นิเวศวิทยาและ
สิ่งแวดล้อม



กฤษฎดา เสือเอี่ยม อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ งานวิจัย: ซิเมนต์และวัสดุปอซโซ
ลาน คอนกรีตเทคโนโลยี คอนกรีตสมรรถนะสูง การ
ประยุกต์ใช้ของเหลือทิ้งในงานคอนกรีต



ดวงฤทัย นิคมรัฐ อาจารย์ประจำสาขาวิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี งานวิจัย:
เทคโนโลยีชีวภาพ จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม
โพรไบโอติกส์ และเอนไซม์



บทความวิจัย

การจัดการอุตสาหกรรม

เพื่อความยั่งยืน

การพัฒนากระบวนการผลิตขมิ้นชันด้วยเทคนิคการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติร่วมกับวิธีการปลูก

Development of turmeric production process with automatic irrigation technique combined with growing method

ปิติพัฒน์ บุตรโคตร^{1*} และ สกุลรัตน์ หาญศึก²

¹สาขาวิชาเกษตรอัจฉริยะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

¹109 หมู่ที่ 2 ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110; ¹E-mail: bootkote.p@gmail.com

²หน่วยวิจัยไม้ผลและไม่ยืนต้น คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

²109 หมู่ที่ 2 ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110; ²E-mail: sakulrat_s@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาออกแบบระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติในกระบวนการผลิตขมิ้นชันที่ปลูกในแปลงยกทรงและแปลงพื้นราบ รวมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกขมิ้นชัน โดยระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติให้กอกขมิ้นในแปลงเมื่อความชื้นของดินมีค่าต่ำกว่า 40 % ระบบควบคุมจะสั่งให้ปั๊มและโซลินอยด์วาล์วทำงานทีละโซน ครั้งละ 5 นาที ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่ออก 1.5±2.0 ลิตร ข้อมูลการทำงานของปั๊มน้ำร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว และค่าจากอุปกรณ์ IoT Sensor สามารถดูข้อมูลปัจจุบัน/ย้อนหลัง ผ่าน IoT SPC Application ในพื้นที่ 1 ไร่ ที่มีระยะปลูก 30×75 cm และเว้นระยะ 150 cm ระหว่างแถวคู่ถัดไป และท่อนพ่นน้ำที่ใช้เป็นแรงขมิ้นและมีการแช่สารชีวภัณฑ์บาซิลลัส BS002 ก่อนนำไปปลูกในแปลงที่มีการเตรียมดินและใส่ปุ๋ยซีพีแกลบ 2 ตันต่อไร่ และดูแลกำจัดวัชพืชก่อนใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 หลังปลูก 1 และ 3 เดือน และใส่ปุ๋ย สูตร 0-0-60 หลังปลูก 4 และ 5 เดือน โดยใส่สูตรละ 2 ครั้ง ๆ ละ 50 กิโลกรัมต่อไร่ และเก็บผลผลิตหลังปลูก 7-8 เดือน ผลการศึกษาพบว่า การผลิตขมิ้นจากแปลงยกทรงและแปลงพื้นราบ มีต้นทุนการผลิต 30,000 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิต 5,860 และ 3,160 กิโลกรัมต่อไร่ หากขายขมิ้นได้ราคา 30 บาทต่อกิโลกรัม จะมีกำไรสุทธิ 142,000 และ 61,000 บาทต่อไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ : กระบวนการผลิต; ระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ; ขมิ้นชัน

Abstract

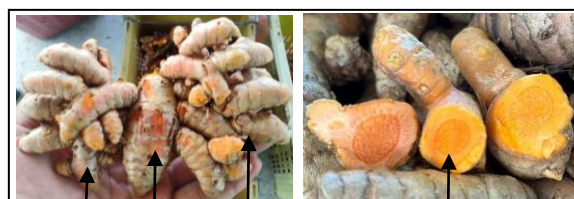
The objective of this research was to study the design of an automatic irrigation system in the process of turmeric grown in raised and flat plots, as well as compare the costs and returns of turmeric cultivation. The average amount of water per clump is 1.5±2.0 liters. The operation data of the water pump in conjunction with the solenoid valves and the IoT sensors device can be viewed current/historical data via IoT SPC application. In an area of 1 rai with a planting distance of 30×75 cm and a distance of 150 cm between the next row and a variety

of logs used as turmeric and soaked in the bio-product bacillus BS002 before planting in a plot where soil preparation and manure fertilizer is added 2 tons per rai and take care of weeding before applying fertilizer formula 16-16-16 after planting 1 and 3 months and fertilizing formula 0-0-60 after planting 4 and 5 months at a time with 50 kilograms per rai and harvest 7-8 months after planting. The results of the study showed that turmeric production from raised groove plots and flat ground plots. The production costs was 30,000 baht per rai and yields were 5,860 kilograms per rai and 3,160 kilograms per rai. If turmeric is sold at 30 bath per kilogram, there will be a net profit of 142,000 and 61,000 baht per rai, respectively.

Keywords: production process; automatic irrigation; turmeric

1. บทนำ

ขมิ้นชัน (Turmeric) เป็นพืชล้มลุกที่จัดอยู่ในตระกูลขิง มีเหง้าอยู่ใต้ดิน และมีหัวขมิ้นลักษณะเป็นแพร่ประกอบด้วยแม่และแง สีส้มในขมิ้นจะเป็นสีเหลืองเข้มจนถึงสีแดงและมีกลิ่นหอม ดังแสดงในรูปที่ 1 ขมิ้นชันนิยมนำไปใช้ในการประกอบอาหาร [1]



รูปที่ 1 ขมิ้นชัน และสีเนื้อในขมิ้นชัน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากรายงานของ วิชิต จรุงสุจริตกุล และคณะ (2564) [2] ได้ศึกษาข้อมูลการปลูกขมิ้นชันของเกษตรกร 50 ราย ในอำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่ปลูกเฉลี่ยรายละ 5.4 ไร่ และปลูกเป็นพืชเสริมในสวนปาล์ม น้ำมันและสวนยางพารา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกขมิ้นในช่วงเดือนเมษายน ถึง กรกฎาคม เพื่อให้ขมิ้นได้รับน้ำในช่วงฤดูฝนเนื่องจากไม่มีระบบจ่ายน้ำในแปลงปลูกขมิ้น ทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,984 กิโลกรัมต่อไร่ และในบางพื้นที่ของหลายจังหวัดทางภาคใต้มีโครงการปลูกพืชขมิ้นชันเพื่อการจำหน่าย ภายใต้การสนับสนุนของกองทุนสงเคราะห์เกษตรกร มีผลผลิตเฉลี่ย 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ และต้องใช้เทคโนโลยีในกระบวนการผลิตตามกรมวิชาการเกษตร จากรายงานวิจัยของ สุภภรณ์ สาขาด (2558) [3] พบว่า ขมิ้นชันที่ปลูกโดยใช้พันธุ์ 84-2 และดูแลโดยใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตร ให้ผลผลิตสูงสุด 2,720 กิโลกรัมต่อไร่

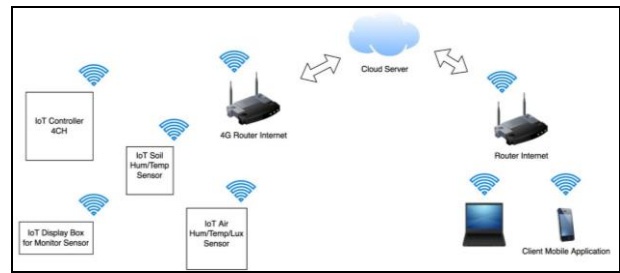
จากข้อมูลที่ผ่านมา จะเห็นว่า เทคโนโลยีในการผลิตขมิ้นชันของกรมวิชาการเกษตร ให้ผลผลิตต่อไร่ มากกว่า ผลผลิตที่ได้จากเทคโนโลยีของเกษตรกร จึงเป็นสาเหตุทำให้เกษตรกรได้รับกำไรสุทธิต่อไร่ เพียง 18,843 บาทต่อไร่ ณ ราคาขาย 13.75 บาทต่อกิโลกรัม [2] แต่ถ้าเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงที่พ่อค้ารับซื้อในราคาที่สูงขึ้นก็จะได้กำไรสุทธิต่อไร่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกัน หากมีเทคโนโลยีสำหรับพัฒนากระบวนการผลิตขมิ้นชัน ที่เกษตรกรเข้าถึงได้และมีความเข้าใจในเทคโนโลยี ก็จะทำให้การผลผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรมีผลผลิตต่อไร่ เพิ่มขึ้น กำไรสุทธิ และผลตอบแทนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น ทีมงานวิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติที่จ่ายน้ำตามความต้องการของขมิ้นในแปลงปลูก ร่วมกับวิธีการปลูก การคัดเลือกท่อนพันธุ์ก่อนนำมาด้วยสารชีวภัณฑ์บาซิลลัส BS002 เพื่อป้องกันโรค [4] และการเตรียมแปลงปลูก ทั้งแปลงยกร่องและแปลงพื้นราบ เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตต่อไร่ ต้นทุน และผลตอบแทน ของการผลิตขมิ้นชันในแต่ละกรณี เพื่อใช้เป็นแนวทางตัดสินใจสำหรับเลือกใช้เทคโนโลยีในกระบวนการผลิตและวิธีปลูกที่ทำให้ขมิ้นชันมีคุณภาพสูง และปริมาณผลผลิตต่อไร่ เพิ่มขึ้น

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ออกแบบระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกขมิ้นชัน

ทำการออกแบบและสร้างระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกขมิ้นชัน จำนวน 2 แปลง โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิในดิน ติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิสภาพอากาศแวดล้อม และติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มของแสงอาทิตย์บริเวณแปลงขมิ้น ทั้ง 2 แปลง จากนั้นทำการเชื่อมต่อเซนเซอร์ต่างๆ กับผู้

IoT controller และผู้ควบคุมกระแสไฟฟ้าของระบบจ่ายน้ำแปลงขมิ้นชัน ซึ่งระบบนี้จะสามารถดูข้อมูล ความชื้นและอุณหภูมิในดิน ความชื้นและอุณหภูมิสภาพอากาศแวดล้อม และปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ ได้ทั้งหน้าจอมอนิเตอร์ และดูผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ได้ทั้งปัจจุบันและย้อนหลัง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพการเชื่อมต่อ Wi-Fi อุปกรณ์ IoT ในระบบจ่ายน้ำ

แบบอัตโนมัติในแปลงขมิ้นชัน

2.2 การทดสอบความแม่นยำของระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติในแปลงปลูกขมิ้นชัน

ทดสอบความแม่นยำของระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติในแปลงปลูกขมิ้นทั้งแปลงยกร่องและแปลงพื้นราบ โดยเช็คค่าที่แสดงผลจากเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิในดิน เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิในอากาศแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกขมิ้น และค่าความเข้มแสงอาทิตย์บริเวณแปลงปลูกขมิ้น ซึ่งค่าที่กล่าวมาข้างต้นจะแสดงทั้งใน Application SPC บน โทรศัพท์มือถือและบนหน้าจอ LCD Monitor ที่ติดตั้งไว้บริเวณใกล้ ๆ แปลงปลูกขมิ้น ซึ่งเซนเซอร์ต่าง ๆ (IoT Sensors) ตามข้อ 2.1 ถูกสั่งให้วัดค่าทุก ๆ 20 นาที หรือ 1 ชั่วโมง ทำการวัดค่า 3 ครั้ง และจะถูกบันทึกเก็บใน Data logger ที่บรรจุในตู้ควบคุมระบบและเชื่อมต่อออนไลน์ ซึ่งสามารถให้ Output ค่าต่าง ๆ ในรูปแบบไฟล์ Excel ส่วนปริมาณน้ำที่จ่ายให้แปลงปลูกขมิ้นจะถูกบันทึกโดยมิเตอร์น้ำ

2.3 การเตรียมท่อนพันธุ์ การปลูก และการดูแลหลังปลูก

ทำการเตรียมแปลงปลูกขมิ้นชัน ในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงยกร่อง และแปลงพื้นราบ โดยไถพรวนและตากดินไว้ 1 สัปดาห์ แล้วใส่ปุ๋ยซีพีไก่กลบ 2 ต้นต่อไร่ จากนั้นจึงไถพรวนครั้งที่ 2 และใส่ปูนขาวเพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างของดิน แล้วจึงยกร่องขึ้นสูง 30-35 cm (แปลงยกร่อง) ก่อนปลูกขมิ้นที่มีระยะปลูก 30x75 cm และเว้นระยะ 150 cm ระหว่างแถวถูกลัดไป ซึ่งพื้นที่ 1 ไร่ ปลูกได้จำนวน 33 แถว ๆ ละ 126 หลุม รวมเป็นจำนวน 4,158 หลุมต่อไร่ ท่อนพันธุ์ที่ใช้จะเป็นแ่งขมิ้นที่ไม่เป็นโรคและแช่สารชีวภัณฑ์บาซิลลัส BS002 ก่อนปลูกในแปลงช่วงปลายเดือนเมษายน โดยนำท่อนพันธุ์วางในหลุมปลูกลึก 5-10 cm กลบดินทับบาง ๆ [4] และจ่ายน้ำให้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

หลุมปลูกด้วยระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติที่แปลงยกทรงและแปลงพื้นราบ ตามข้อที่ 2.1 และหลังปลูกต้องดูแลจัดการวัชพืชทุกครั้งก่อนใส่ปุ๋ย เมื่อต้นขมมีอายุ 1 และ 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16 ปริมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 0-0-60 ปริมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นขมมีอายุ 5 และ 6 เดือน เพื่อบำรุงหัวขมก่อนทำการเก็บผลผลิต จากข้อมูลในกระบวนการผลิตขมมันชั้นทั้งจากแปลงยกทรงและแปลงพื้นราบจะถูกนำไปวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ตามข้อที่ 2.5

2.4 การหาค่าความชื้นของตัวอย่างดิน

การหาความชื้นของดิน โดยนำตัวอย่างดินจำนวน 30-40 กรัม ใส่ใน moisture can ตัวอย่าง ละ 3 กระป๋อง ซึ่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP3202S, Germany ที่มีความถูกต้อง ± 0.01 กรัม แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 °C ในตู้อบแห้งแบบเปิด (hot-air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น ULE500 ผลิตในประเทศเยอรมัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐานวิธี AACC (1995) เมื่อได้มวลแห้งของตัวอย่างดินแล้วก็คำนวณหาความชื้นของตัวอย่าง ได้จากสมการที่ 1

$$MC = [(W - D) / W] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ MC คือ ความชื้นของตัวอย่างดิน, (% ฐานเปียก)

W คือ มวลของตัวอย่างดิน, (g)

D คือ มวลแห้งของตัวอย่างดิน, (g)

การหาความชื้นของตัวอย่างดิน ตามวิธีข้างต้น เพื่อต้องการนำค่าความชื้นเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความชื้นของดินในแปลงปลูกขมมันที่วัดค่าโดยเซนเซอร์ความชื้นของดิน (IoT Soil HUM Sensor) ซึ่งมีผลต่อการตั้งค่าความชื้นขั้นต่ำที่ระบบควบคุมจะสั่งจ่ายน้ำ แบบอัตโนมัติในแปลงขมมันชั้นดังข้อที่ 2.2

2.5 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ของการปลูกขมมันชั้นแบบแปลงยกทรงและแบบแปลงพื้นราบที่ได้ติดตั้งระบบการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ โดยคำนวณจากสมการที่ 2 3 และ 4 และกำหนดราคาต่อพื้นที่ และราคาขายขมมันชั้นสด เท่ากับ 30 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งพื้นที่ 1 ไร่ (40x 40 m²) ปลูกได้ 33 แถว แถวละ 126 หลุม รวมเป็นจำนวน 4,158 หลุม (ปลูกระยะ 30x75 cm และเว้นระยะ 150 cm ระหว่างแถวคู่ถัดไป) ต่อพื้นที่ที่ใช้เป็นขมมันแห้งเล็กและมีการเช่าสารชีวภัณฑ์บาซิลลัส BS002

$$\text{กำไรสุทธิ} = \text{รายได้จากการขาย} - (\text{ต้นทุน} + \text{ค่าดำเนินการ}) \quad (2)$$

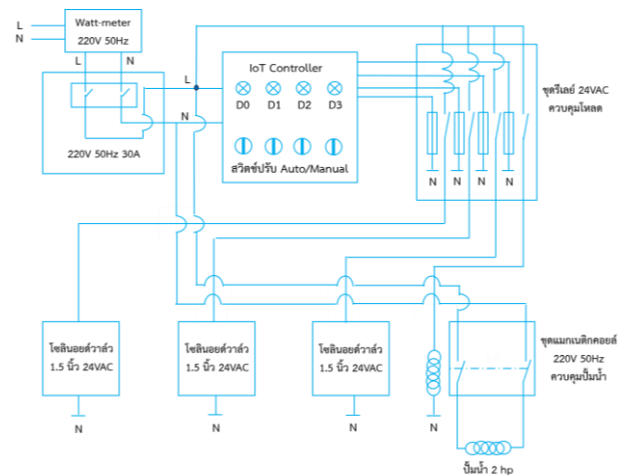
$$\text{อัตราผลตอบแทนสุทธิ} = \text{กำไรสุทธิ} / \text{รายได้จากการขาย} \quad (3)$$

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \text{ต้นทุนคงที่} / (\text{ราคาขาย} - \text{ต้นทุนแปรผัน}) \quad (4)$$

3. ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

3.1 ระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกขมมันชั้น

ระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ นี้ ได้ออกแบบให้จ่ายน้ำในแปลงขมมันชั้นทั้งแปลงยกทรงและแปลงพื้นราบ โดยหัวมินิสปริงเกอร์ที่ต่อกับท่อ PE 20 mm จะจ่ายให้เฉพาะบริเวณหลุมปลูกหรือกอขมมัน ซึ่งการจ่ายน้ำให้แปลงขมมันด้วยวิธีนี้จะทำให้ต้นขมมันได้รับน้ำสำหรับการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ อีกทั้งทำให้วัชพืชเกิดช้าจึงช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช จากรูปที่ 3 ได้แสดงไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับ IoT Controller สำหรับควบคุมระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติที่จ่ายน้ำให้ต้นขมมันในแปลงตามค่าความชื้นขั้นต่ำที่ความชื้น 40 % โดยจ่ายให้บริเวณกอขมมัน ครั้งละ 5 นาที ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อกอ 1.5 \pm 0.2 ลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้น้ำของต้นขมมันมากกว่า 1 วัน เป็นระบบที่มีความแม่นยำและใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด

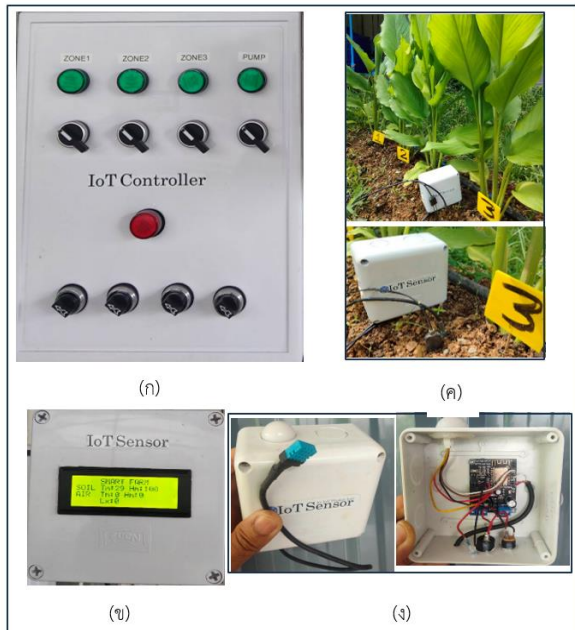


รูปที่ 3 ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้า เชื่อมต่อกับ IoT Controller สำหรับควบคุมระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ IoT ในระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย ชุด IoT Controller ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า IoT LCD monitor สำหรับแสดงค่าที่วัดได้จาก Sensor ต่าง ๆ IoT Soil HUM/Temp Sensor IoT Air HUM/Temp/Lux Sensor และปั้มน้ำหอยโข่ง ขนาด 2 hp 220V 50Hz และท่อส่งน้ำที่ติดตั้งโซลินอยด์วาล์ว 1.5 นิ้ว 24VAC (รูปที่ 5) ในระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ (ออนไลน์) สำหรับจ่ายน้ำให้แปลงขมมันที่ละโซน (รูปที่ 6) และใช้ท่อ PVC 1 นิ้ว เป็นท่อหลัก และใช้ท่อ PE ขนาด 25 มิลลิเมตร เป็นท่อย่อยเข้าไปในแต่ละแถวของแปลงปลูก และใช้หัวมินิสปริงเกอร์ชนิดปรับปริมาณน้ำได้ในกรจ่ายน้ำให้บริเวณเพาะต้นหรือกอขมมัน ดังแสดงในรูปที่ 6

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 4 อุปกรณ์ IoT ในระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ

- (ก) ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้าที่เชื่อมต่อ IoT Controller
- (ข) IoT LCD monitor box
- (ค) IoT Soil HUM/Temp Sensor
- (ง) IoT Air HUM/Temp/Lux Sensor



รูปที่ 5 ถังน้ำ ปั๊มน้ำ และท่อส่งน้ำที่ติดตั้งโซลินอยด์วาล์ว ขนาด 1.5 นิ้ว 24VAC ในระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 6 แปลงขมิ้นชันแบบยกร่อง ที่มีระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติ

ระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกขมิ้นชัน ซึ่งเป็นระบบที่สามารถบันทึก ค่าความชื้นและอุณหภูมิในดินแปลงปลูกขมิ้น เป็นรายชั่วโมง และ ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ บริเวณพื้นที่แปลงปลูกขมิ้น เป็นรายชั่วโมง และบันทึกข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ Excel เก็บไว้ใน Cloud Server สามารถดูข้อมูลและโหลดข้อมูลปัจจุบันและข้อมูลย้อนหลัง 2 เดือนที่ผ่านมา ได้ใน IoT SPC Application

3.2 ผลผลิตจากการปลูกขมิ้นชันในแปลงยกร่องและพื้นราบ

ตารางที่ 1 ได้เปรียบเทียบต้นทุน ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุนของการผลิตขมิ้นชันกรณีปลูกในแปลงยกร่องและแปลงพื้นราบที่มีระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งรายการต้นทุนแปรผันต่อหน่วย ต้นทุนส่วนใหญ่มาจากค่าแรงงานทางตรง รองลงมา คือ ค่าปุ๋ยเคมี ที่ใส่หลังปลูก 1 และ 3 เดือน เพื่อบำรุงดินขมิ้น และหลังปลูก 5 และ 6 เดือน บำรุงหัวขมิ้นก่อนเก็บผลผลิตเพื่อจำหน่ายให้แม่ค้า ที่จะนำไปขายเป็นวัตถุดิบในเครื่องแกง ผลการศึกษาพบว่า แปลงปลูกยกร่องได้ผลผลิตน้ำหนักเฉลี่ย 1.41 กิโลกรัมต่อกอ หรือ เท่ากับ 5,860 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่แปลงปลูกพื้นราบได้ผลผลิตน้ำหนักเฉลี่ย 0.76 กิโลกรัมต่อกอ หรือ เท่ากับ 3,160 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าผลผลิตจากแปลงยกร่องมีค่ามากกว่าผลผลิตจากแปลงพื้นราบ ประมาณ 1.8 เท่า ซึ่งมีต้นทุนการผลิตขมิ้นต่อไร่ ประมาณ 30,000 บาท การผลิตขมิ้นชันกรณีปลูกในแปลงยกร่อง มีกำไรสุทธิ 142,000 บาทต่อไร่ และมากกว่า 2.3 เท่า ของกำไรสุทธิจากการขายขมิ้นที่ได้จากแปลงพื้นราบ และหากขายได้ราคา 30 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับกระบวนการผลิตขมิ้นชันกรณีปลูกในแปลงยกร่องและพื้นราบ ก็จะมีอัตราผลตอบแทนสุทธิ เท่ากับ 0.81 และ 0.64 และมีจุดคุ้มทุน 1,950 และ 2,200 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบต้นทุน ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุน ของการผลิต
ขมิ้นชันกรณีปลูกในแปลงยกร่องและแปลงพื้นราบที่มีระบบจ่ายน้ำแบบ
อัตโนมัติ

รายการ	แปลง ยกร่อง	แปลง พื้นราบ
จำนวนผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	5,860	3,160
ราคาขาย (บาทต่อกิโลกรัม)	30	30
รายได้จากการขาย (บาทต่อไร่)	175,860	94,800
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อไร่)	30,300	30,300
ต้นทุนคงที่ (บาท)	50,550	50,550
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ (บาทต่อปี)	10,600	10,600
ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย (บาทต่อกก.)	4.05	7.01
ค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน (บาทต่อไร่)	3,500	3,500
กำไรสุทธิ (บาทต่อไร่)	142,000	60,900
อัตราผลตอบแทนสุทธิ	0.81	0.64
จุดคุ้มทุน (กิโลกรัมต่อไร่)	1,950	2,200

4. สรุป

ระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกขมิ้น มีระบบ
ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อชุด IoT controller ระบบควบคุมจะสั่งให้
ปั๊มและโซลินอยด์วาล์วทำงานที่ละโซนเมื่อความชื้นของดินในแปลง
ปลูกขมิ้นชันมีค่าต่ำกว่า 40 % โดยใช้หัวมินิสปริงเกอร์ที่ต่อกับท่อย่อย
จ่ายน้ำให้เฉพาะบริเวณกอขมิ้น ครั้งละ 5 นาที ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อกกอ
1.5±0.2 ลิตรต่อครั้ง การจ่ายน้ำมีความแม่นยำ สามารถสั่งการ/แก้ไข ดู
ข้อมูลการทำงานปัจจุบันและย้อนหลังของอุปกรณ์ในระบบ รวมทั้งค่าที่
วัดได้จากเซนเซอร์ต่างๆ ได้จากแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับการปลูก
ขมิ้นชันในพื้นที่ 1 ไร่ ระยะปลูก 30 cm x 75 cm และเว้นระยะ 150 cm
ระหว่างแถวคู่ถัดไป ท่อนพันธุ์ที่ใช้เป็นแ่งขมิ้นที่ไม่เป็นโรคและมีการ
แช่ท่อนสารชีวภัณฑ์บาซิลลัส BS002 มีการไถเตรียมดินและเตรียมแปลง
ก่อนปลูกโดยใส่ปุ๋ย จีไค์แกลบ 2 ตันต่อไร่ หลังปลูกดูแลจัดการวัชพืชทุก
ครั้งก่อนใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 และสูตร 0-0-60 ใส่สูตรละ 2 ครั้ง ๆ ละ 50
กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้สามารถเก็บผลผลิตได้ที่อายุ 7-8 เดือน จำนวน
ผลผลิตที่ได้จากแปลงยกร่อง 5,860 กิโลกรัมต่อไร่ และมากกว่าผลผลิต
จากแปลงพื้นราบ ประมาณ 1.8 เท่า หากขายได้ราคา 30 บาทต่อกิโลกรัม
สำหรับการผลิตขมิ้นชันในแปลงยกร่องและแปลงพื้นราบ จะมีกำไรสุทธิ
142,000 และ 61,000 บาทต่อไร่ ตามลำดับ

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย
และขอขอบคุณงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)
ประเภททุนวิจัยพื้นฐาน ประจำปีงบประมาณ 2566 ที่ให้งบประมาณ
โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการเพิ่มผลผลิตขมิ้นในพื้นที่
จังหวัดนครศรีธรรมราช

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมวิชาการเกษตร. (2554). ขมิ้นชัน: ขั้นตอนในการปฏิบัติในการ
ผลิตขมิ้นชัน. แหล่งข้อมูล: <http://www.kstation.tv> สืบค้นเมื่อ 5
ธันวาคม 2566.
- [2] วิชิต จรุงสุจริตกุล พรเพ็ญ สุขหนู และจิราภรณ์ จันทร์วงศ์, “การ
เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกขมิ้นและข่าเป็น
พืชเสริมรายได้ของเกษตรกรในอำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์
ธานี,” *Journal of Legal Entity Management and Local
Innovation*, vol.7, no.6, pp. 137-149, 2021.
- [3] สุภาภรณ์ สาขาด. (2558). วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต
ขมิ้นชันอย่างยั่งยืน. *รายงาน โครงการวิจัย*, กรมวิชาการเกษตร,
33 หน้า.
- [4] สฤตรัตน์หาญศึก พรศิลป์ สีเผือก และปิติพัฒน์ บุตร โคตร. (2567).
ศึกษาชนิดของท่อนพันธุ์ร่วมกับชีวภัณฑ์ต่อการงอกและการ
เจริญเติบโตของขมิ้นชัน. *วารสารแก่นเกษตร* ฉบับเพิ่มเติม 1
(น. 348-354). ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] Thongprasri, P., and Jitpakdeebodin, S., “Automated Plant
Watering System using Microcontroller with Notification,”
Journal of Engineering, RMUTT, vol.21, no.2, pp. 47–56, 2023.
- [6] Davis, G.S., and Baig, M.S., “Digital planting pot for smart
irrigation,” *Asian Journal of Applied Science and Technology*,
vol.6, no.4, pp. 50-56, 2022.



ประวัติผู้เขียนบทความ

ดร.ปิติพัฒน์ บุตร โคตร
วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร)
วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน)
ปร.ด. (เทคโนโลยีพลังงาน)
วิจัยด้านการพัฒนากระบวนการผลิต / แปรรูป
สร้างต้นแบบเทคโนโลยี / นวัตกรรม
/ ระบบอัตโนมัติ / เกษตรอัจฉริยะ

การพัฒนาตู้อบปลาแดดเดียวโดยประยุกต์ใช้ระบบ IoT

Development of Dried Fish Dryer Using IoT

สิทธิพร สุขสำภาค^{1*} กุลวลัญช์ วรณสิน¹ และ นันทวรรณ อ่ำเยี่ยม¹

^{1,3}สาขาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

¹6514940018@rumail.ru.ac.th ³nanttu9@gmail.com

²สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

²kulwarun@ru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาตู้อบปลาแดดเดียวที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และเวลาด้วยเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) โดยเป้าหมายในการพัฒนาตู้อบปลาแดดเดียว IoT นี้เพื่อประหยัดเวลา พลังงาน และรักษาคุณภาพของปลา ด้วยวิธีการออกแบบและสร้างตู้อบ IoT ผ่านการทดลองอบปลาสดจำนวน 20 ตัว ขนาด 5-6 ตัวต่อกิโลกรัม และปรับค่าพารามิเตอร์อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และเวลา โดยการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยสมการถดถอย ผลลัพธ์พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการอบปลาสดคืออุณหภูมิ 65°C ความเร็วลม 1.5 m/s ในระยะเวลา 101 นาที หลังจากผ่านการอบด้วยพารามิเตอร์ดังกล่าวพบว่าปลาสดมีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมและมีค่าความชื้นในตัวปลาใกล้เคียงกับการตากแดดธรรมชาติ อีกทั้งตู้อบปลาแดดเดียว IoT นี้ยังสามารถช่วยประหยัดเวลาได้ถึง 66.33% นอกจากนี้ตู้อบปลาแดดเดียว IoT ที่สร้างจากงานวิจัยยังสามารถแจ้งเตือนเมื่ออบเสร็จและเมื่อเกิดความผิดปกติได้ขณะอบ ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนในธุรกิจปลาแดดเดียว

คำสำคัญ : IoT, ปลาแดดเดียว, พารามิเตอร์การอบแห้ง

Abstract

This research focuses on the development of an IoT-based solar dryer for fish. The dryer is designed to control temperature, humidity, wind speed, and drying time using IoT technology. The objectives are to save time and energy while maintaining the quality of dried fish. The dryer was designed and constructed, and its performance was evaluated by drying 20 gouramis (5–6 fish per kilogram). Experimentation with adjustments to temperature, humidity, wind speed, and drying time parameters. Determination of optimal parameter values using regression analysis. The results showed that the optimal parameters for drying gouramis in terms of temperature, wind speed, and drying time were 65°C, 1.5 m/s, and 101 minutes respectively. The dried fish had desirable physical characteristics and a moisture content close to that of naturally sun-dried fish. The IoT solar dryer also saves 66.33% of drying time. Additionally, the dryer can notify users when the drying is complete and if there are any abnormalities during the drying process. Therefore,

this research presents a novel method for improving production efficiency and reducing costs in the dried fish industry.

Keywords: IoT, solar-dried fish, drying parameters

1. บทนำ

ธุรกิจจำหน่ายปลาแดดเดียวทอด เป็นอาชีพที่ต้องใช้ระยะเวลาเตรียมวัตถุดิบนานเพื่อนำไปจำหน่าย เนื่องจากขั้นตอนการทำปลาแดดเดียวมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และใช้เวลานาน ประกอบไปด้วยหลายขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติอย่างละเอียด หนึ่งในขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดคือขั้นตอนการตากปลาธรรมชาติ ซึ่งรวมไปถึงการคอยระวังปลาจากฝุ่นละออง แมลง สัตว์ต่าง ๆ การพลิกด้านปลาและการเก็บปลา ขั้นตอนทั้งหมดนี้ต้องทำงานกลางแจ้งแดดเป็นเวลานาน ส่งผลให้ผู้ขายสูญเสียเวลาจึงทำให้ต้องเร่งรีบเพื่อนำปลาไปขาย จากสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น มีฝุ่นละออง แมลงพาหะ ส่วนเป็นปัจจัยที่ทำให้ปลาที่ตากปนเปื้อนสิ่งสกปรก ในวันที่ไม่มีแดดหรือฝนตกผู้ขายจะไม่สามารถตากปลาได้ ส่งผลต่อการสูญเสียรายได้ จึงทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดการใช้ตู้อบเข้ามาแทนการตากปลา จากศึกษาข้อมูลงานวิจัย [1] นำเสนอเตาอบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีตัวสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ดึงลมจากธรรมชาติมาใช้โดยสร้างกรวยรับลมจากลมธรรมชาติและติดตั้งพัดลมระบายอากาศ สำหรับงานวิจัย [2] แสดงการออกแบบและสร้างตู้อบแห้งมีลักษณะเป็นโถ้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคารูปทรงพาราโบลา ใช้ท่อนำอากาศร้อน ด้านล่างของโถ้ประกอบด้วยชุดสร้างความร้อนจากแก๊ส LPG และงานวิจัย [3] ส่วนประกอบเครื่องอบประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนตู้อบมีตะแกรงสแตนเลสเพื่อใช้วางปลา และส่วนฝาครอบเครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยหลอด Infrared Emitter มีหน้าที่หลักในการปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมาเพื่อทำความร้อน และมีพัดลมจำนวน 4 ชุดเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกระจายความร้อนในตู้ให้มีความสม่ำเสมอ และเตาอบที่มีขายทั่วไป เพื่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยใช้เครื่องมือ QC 7 Tools [4] และ 5 Why Analysis [5] พบว่าเตาอบที่มีอยู่ไม่เหมาะสำหรับการขายปลาแดดเดียวทอด เนื่องจากขนาดของเตาอบไม่สอดคล้องกับปริมาณการขายในแต่ละวัน แหล่งพลังงานที่ให้ความร้อนเช่น แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ แก๊สควบคุมอุณหภูมิได้ยาก ระบบการหมุนเวียนอากาศภายในเตาไม่ครอบคลุมพื้นที่ในการอบทั้งหมด ส่งผลต่อคุณภาพปลาแดดเดียวที่อบได้ไม่สม่ำเสมอ ราคาที่วางจำหน่ายค่อนข้างสูง และขาดสิ่งอำนวยความสะดวกที่ทันสมัย เช่น การตั้งการ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ทำงาน การปรับตั้ง การตรวจสอบอุณหภูมิผ่านโทรศัพท์มือถือ การแจ้งเตือนเมื่ออบปลาเสร็จหรือกรณีเกิดความผิดปกติ

จากการลงพื้นที่สำรวจรายละเอียดและความต้องการในการใช้เตาอบรวมถึงขั้นตอนการทำปลาแดดเดียวจากผู้ขายปลาทอดแดดเดียวจำนวน 10 ราย บริเวณวัดบางพลีใหญ่ใน (วัดหลวงพ่อด) และตลาดนัดใน อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลแบบ QFD [6] สำหรับออกแบบตู้อบแห้งปลาแดดเดียว IoT ตามระดับความสำคัญในความต้องการของผู้ขาย โดยผลการวิเคราะห์ความต้องการ 3 ระดับแรกดังนี้ อุปกรณ์อำนวยความสะดวก 20% การหมุนเวียนอากาศในตู้ 16% และชุดควบคุมอุณหภูมิ 15% เพื่อเป็นข้อมูลใช้สำหรับการออกแบบตู้อบแห้งปลาแดดเดียว IoT เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ขาย

งานวิจัยนี้ผสมผสานระบบ IoT เข้ากับการออกแบบตู้อบปลาแดดเดียวที่เหมาะสมสำหรับผู้ขายปลาแดดเดียวทอด โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ QFD ตู้อบที่ออกแบบมีขนาดที่เหมาะสมกับปริมาณการขายใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพื่อพลังงานความร้อนและควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบ PID [8] สำหรับระบบหมุนเวียนอากาศภายในตู้อบออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานไม่ต้องผลิตด้านปลา เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานประหยัดพลังงาน และลดเวลาการอบ นอกจากนี้ระบบ IoT [9] ยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมและตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ และรับข้อความแจ้งเตือนเมื่อการอบเสร็จหรือเกิดความผิดปกติในการทำงาน

2 วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

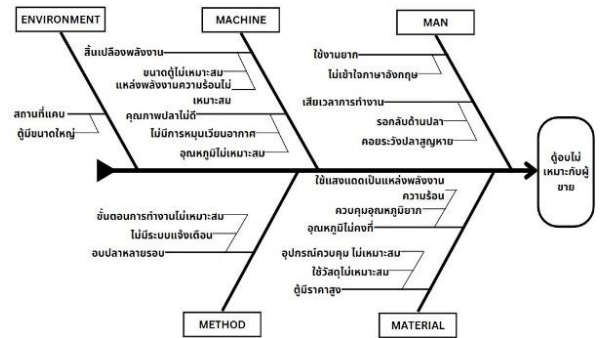
ทำการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างตู้อบปลาแดดเดียว [1-3] และการลงพื้นที่สำรวจรายละเอียดและความต้องการในการใช้เตาอบ รวมถึงการศึกษาขั้นตอนการทำปลาแดดเดียวจากผู้จำหน่ายปลาทอดแดดเดียว จำนวน 10 ราย ช่วงระหว่างวันที่ 21-29 ต.ค. 2566 บริเวณวัดบางพลีใหญ่ใน (วัดหลวงพ่อด) และตลาดนัดใน อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ ด้วยแบบสำรวจที่ได้รับการประเมินความเที่ยงตรง (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

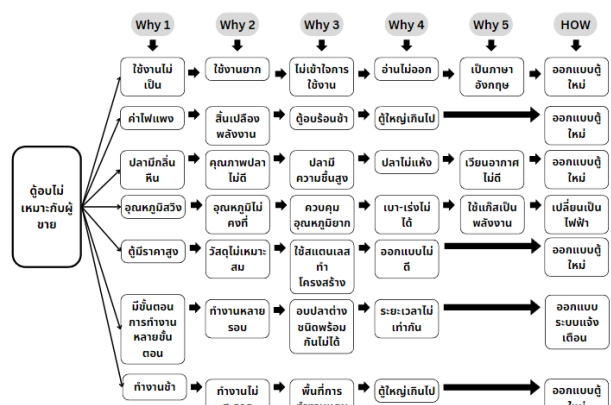
2.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย QC 7 Tools

การดำเนินงานวิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) ร่วมกับหลักการ 4M1E (Man, Machine, Material, Method, Environment) และ 5 Why Analysis เพื่อแสดงสาเหตุของปัญหาและผลที่มาจากสาเหตุการดำเนินการ หลังจากรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจรายละเอียดและความต้องการใช้เตาอบของผู้ประกอบการจำหน่ายปลาทอดแดดเดียวสรุปได้ดังรูปที่ 1 แสดงแผนภูมิ ก้างปลาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของการใช้งานตู้อบปลาแดดเดียว

จากการวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุที่แท้จริงด้วยเครื่องมือผังก้างปลาและ 5 Why Analysis โดยแสดงดังรูปที่ 2 พบว่าปัญหาการใช้งานของตู้อบแห้งที่สอดคล้องกันของเครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองในเรื่องของขนาดของตู้อบ แหล่งพลังงาน รูปแบบการกระจายความร้อน ที่ทำงานไม่สอดคล้องกันระหว่างการใช้งานอบปลาของตู้อบที่มีอยู่ในห้องตลาด



รูปที่ 1 แผนภูมิ ก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุที่ตู้อบไม่เหมาะสมกับผู้จำหน่ายปลาแดดเดียวทอด



รูปที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาของตู้อบปลาแดดเดียวด้วย 5 Why Analysis

2.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)

บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality หรือ Quality Function Deployment หรือ QFD) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริการ หรือ กระบวนการ โดยมุ่งเน้นไปที่ความต้องการของลูกค้า QFD ช่วยให้ทีมงานสามารถแปลงความต้องการของลูกค้าที่หลากหลาย มาเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่ชัดเจน และนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า

Target	อุณหภูมิ 20 - 30 องศาเซลเซียส	ติดตั้งไฟฟ้า	50 - 70°C	ติดตั้ง PID	ความหนาแน่นและเวลาที่ติดตั้งปลาทอด	ที่พัฒนา	ออกแบบให้สามารถหมุนใบพัดได้โดยอัตโนมัติ	ติดตั้งควบคุมและระบบ IoT	พนักงานในแผนกแคส
Max Relationship	9	9	9	9	9	3	9	9	9
Technical Importance Rating	188.7	183.9	188.7	232.3	116.1	24.19	261.3	314.5	77.42
Relative Weight	12%	12%	12%	15%	7%	2%	16%	20%	5%
Weight Chart									

รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของความต้องการเชิงเทคนิค

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

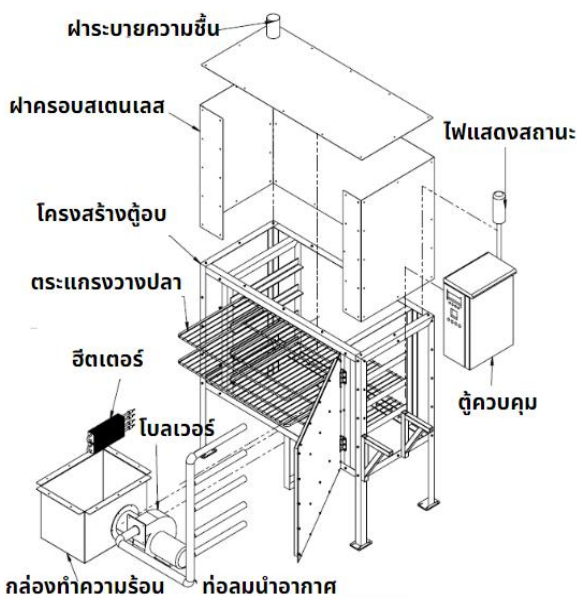
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำรวจการใช้ตู้อบปลาแคคเดียวจากผู้ประกอบการ 10 รายร่วมกับเครื่องมือ QFD พบว่าคุณสมบัติทางเทคนิคตามรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3 พบว่าเงื่อนไขที่ผู้ต้องการสูงสุดคือ อุปกรณ์อำนวยความสะดวก เช่น ระบบการแจ้งเตือน ระบบการหมุนเวียนอากาศที่ดี ชุดควบคุมอุณหภูมิที่มีความแม่นยำ ขนาดตู้ที่มีความเหมาะสม คือ มีความสอดคล้องกับจำนวนปลาที่ขายในแต่ละวัน รวมถึงวัสดุที่ประกอบตู้มีความเหมาะสม เช่น น้ำหนักเบา ทนความร้อน ทำความสะอาดง่าย

2.3 การออกแบบและการสร้างตู้

จากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิคจากแบบสำรวจข้างต้น ทำให้งานวิจัยออกแบบตู้อบปลาแคคเดียว IoT ประกอบด้วยโครงสร้างตู้อบปลาแคคเดียวและชุดควบคุมการทำงานของตู้ IoT โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 โครงสร้างตู้อบปลาแคคเดียว

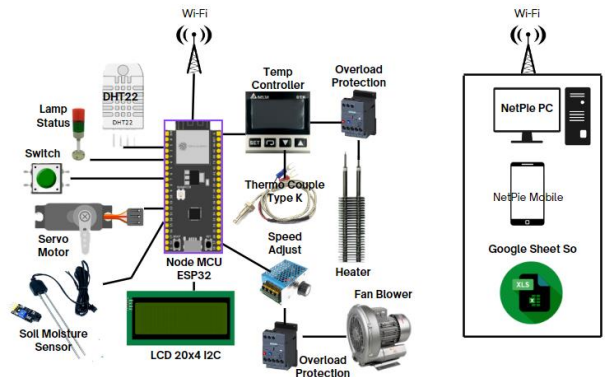
โครงสร้างตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT ประกอบด้วย วัสดุทำจากเหล็กฉากกัลวาไนซ์ ขนาด 1 ½ นิ้ว วางตะแกรงใส่ปลาได้ 4 ชั้น มีขนาดกว้าง 50 ซม. ยาว 110 ซม. สูง 108 ซม. ช่องใส่ตะแกรงกว้าง 76 ซม. สูง 62.5 ซม. สามารถใส่ตะแกรงวางปลาได้ 4 ชั้น ห่างกัน 15 ซม. บริเวณภายนอกของตู้อบบุด้วยแผ่นสแตนเลสหนา 1 มม. ระบบทำความร้อนสร้างจากเหล็กแผ่นหนา 1.5 มม. พับเป็นกล่องสี่เหลี่ยม กว้าง 30 ซม. ยาว 42.7 ซม. สูง 30 ซม. พ่นสีทนความร้อน ภายในติดตั้งฮีตเตอร์รีขขนาด 1000 วัตต์ 2 ตัว ระบบหมุนเวียนอากาศประกอบไปด้วยพัดลมโบลเวอร์แบบหมุนแรงเหวี่ยง แบบใบพัดตรง ขนาด 250 วัตต์ 220 โวลต์ต่ออยู่กับท่อลมหลักนำอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม. และท่อลมย่อยขนาด 22 มม. จำนวน 5 ท่อ ชุดตะแกรงวางปลาทำจากพลาสติกสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. และ 3 มม. ความกว้าง 45.8 ซม. และความยาว 75.8 ซม. โดยแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4



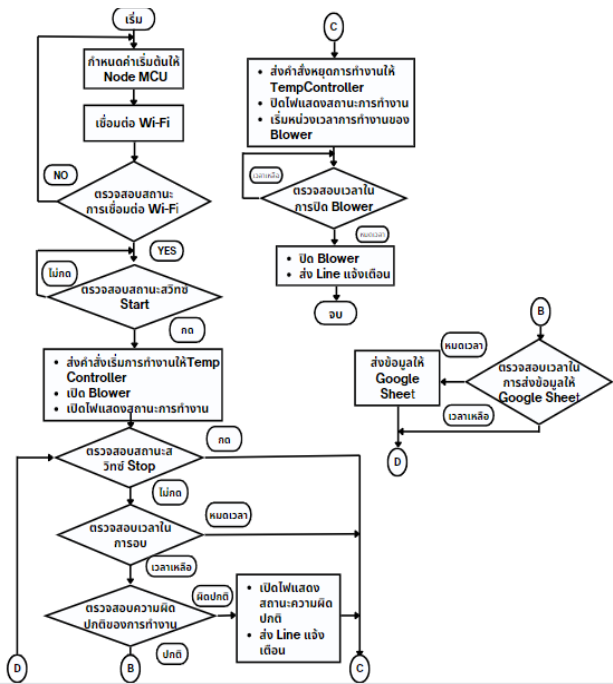
รูปที่ 4 รายละเอียดการออกแบบของตู้

2.3.2 ชุดควบคุมการทำงานของตู้ IoT

สำหรับชุดควบคุมตู้อบปลาแคคเดียว IoT ประกอบด้วยส่วนฮาร์ดแวร์ดังรูปที่ 5 และส่วนซอฟต์แวร์มีฟังก์ชันการทำงานในรูปที่ 6 ฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยเซนเซอร์ DHT22 สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ วัดอุณหภูมิภายในตู้ด้วย Thermocouple Type K เซนเซอร์วัดความชื้นในดินแบบกันน้ำเพื่อวัดความชื้นในตู้ปลา และเซอร์โวลควบคุมฝาระบายความชื้น ระบบควบคุมใช้ NodeMCU ESP32 [10] ควบคุมการทำงานทั้งหมดประกอบด้วย การควบคุมเวลา อุณหภูมิ เงื่อนไขต่างๆ สำหรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi เพื่อส่งข้อมูลผลการทดลอง ไปเก็บไว้ที่ Google Sheet แบบเรียลไทม์ การเชื่อมต่อ NETPIE [11] เพื่อควบคุมค่าต่างๆ ผ่านคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ ระบบควบคุมอุณหภูมิใช้ Temperature Controller ปรับอุณหภูมิภายในตู้ด้วยระบบ PID ส่งข้อมูลอุณหภูมิไปยัง NodeMCU ESP32 ผ่าน Modbus RS485



รูปที่ 5 ไลอะแกรมชุดควบคุมการทำงานของตู้อบปลาแคคเดียวโดยการใช้ระบบ IoT



รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของตู้อบปลาแคคเดียว IoT

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3 ผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT และ ผลการทดสอบคุณภาพของการตากปลาระหว่างการใช้ตู้อบและการตากแดดธรรมชาติ ระหว่างวันที่ 23 มีนาคม – 10 เมษายน 2567 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ผลดังนี้

3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพและการใช้งานของตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT

ผลการทดสอบสมรรถนะและการใช้งานของตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT สามารถแสดงสรุปได้ดังนี้

3.1.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT

งานวิจัยได้ทำการทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT ในเรื่องความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิ การรักษาอุณหภูมิให้กระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้อบ และการปรับตั้งความเร็วลมในตู้อบแห้ง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT มีความสามารถทำอุณหภูมิได้ระหว่าง 36.8°C-70 °C ในเวลา 10-15 นาที
2. ตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT มีความสามารถรักษาอุณหภูมิให้กระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้โดยมีการทดสอบวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 4 ตำแหน่งในเวลาเดียวกันพบว่ามีความแตกต่างกัน $\pm 1-2$ °C
3. ตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT มีความสามารถปรับความเร็วลมได้ระหว่าง 0-2.5 m/s โดยใช้ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าขนาด 4000 วัตต์ 220 โวลต์ ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์พัดลมด้วยการหมุนตัวปรับแรงดัน

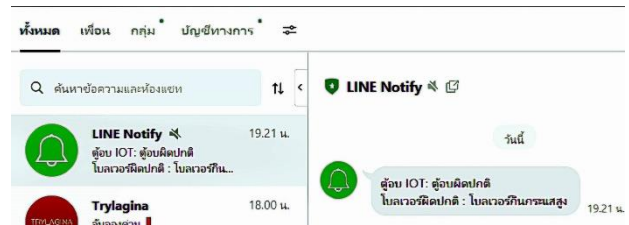
3.1.2 ผลการทดสอบการใช้งานตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT

1. ทดสอบการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ เช่น หัวข้อการทดลอง อุณหภูมิภายในตู้ เวลาในการอบปลา ตามตารางการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ก็ต่อเมื่อตู้อบยังไม่เริ่มการทำงาน เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าถ้าสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ได้ตลอดเวลา จะทำให้ข้อมูลที่บันทึกไว้มีค่าไม่ตรงกับความเป็นจริง ซึ่งผลการทดสอบพบว่าสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลพารามิเตอร์ต่างได้เป็นอย่างดี
2. ทดสอบการสั่งเริ่มและหยุดการทำงาน สามารถสั่งการทำงานได้ 3 ช่องทาง ได้แก่ ที่ตู้ควบคุมการทำงาน คอมพิวเตอร์ และ โทรศัพท์มือถือซึ่งผลการทดสอบพบว่าสามารถสั่งเริ่มและหยุดการทำงานได้ดีทั้ง 3 ช่องทาง โดยรายละเอียดแสดงในรูปที่ 7
3. ทดสอบการบันทึกผลข้อมูลระหว่างการทดลอง ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำ Google Sheets เข้ามาช่วยในการบันทึกผลการทดลองโดยการบันทึกผลจะบันทึกผลตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ในโปรแกรมซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถบันทึกผลได้ทุกครั้ง
4. ทดสอบระบบแจ้งเตือนความผิดปกติของตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบความผิดปกติของตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT เป็น 3 หัวข้อคือ ชุดทำความร้อนไม่สามารถทำความร้อน

ได้ ชุดทำความร้อนเกินกระแสสูง และชุดโบลเวอร์เกินกระแสสูง ทดสอบระบบแจ้งเตือนเมื่ออบปลาเสร็จ หลังจากครบเวลาตามที่กำหนดไว้ตู้อบแห้งปลาแคคเดียว IoT จะทำการส่ง Line Notification แจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน ซึ่งผลการทดสอบเป็นไปตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ โดยรายละเอียดแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 ตำแหน่งการควบคุมตู้อบและปรับค่าพารามิเตอร์จากโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 8 การแจ้งเตือนความผิดปกติขณะทำงาน

3.2 ผลการทดสอบคุณภาพของการตากปลาระหว่างการใช้ตู้อบและการตากแดดธรรมชาติ

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

ปลาสดแคคเดียวที่ผู้ขายใช้ทอดขายมีขนาดประมาณ 5-6 ตัว ต่อκιโลกรัม ที่บริเวณลำตัวมีรอยบั้งด้านละ 2 รอยเพื่อทำให้ปลาสุกเร็ว เวลาทอด และเพิ่มความน่ารับประทาน ลักษณะผิวหนังของปลามีลักษณะแห้งและไม่ดึงจนเกินไปสีของผิวหนังมีสีเข้มมากกว่าสีของปลาสด ครีบและหางของปลามีความแห้งมาก ส่วนเนื้อปลามีความแห้งแต่ไม่แห้งมากเนื่องจากในเนื้อปลามีน้ำมันของปลาซึมออกมาจากบริเวณเนื้อชั้นในของปลา ผู้วิจัยสอบถามถึงลักษณะการตากปลาจากผู้ขายพบว่าไม่นิยมตากปลาให้แห้งจนเกินไปซึ่งจะทำให้ตัวปลามีลักษณะเล็ก เนื้อปลาหยาบ และไม่รับประทาน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3.2.2 ผลการวิเคราะห์ความชื้นภายในตัวปลาที่ตากแดด

การทำให้คุณภาพของปลาที่ได้มาจากการใช้ตู้อบแห้งปลาแดดเดียว IoT มีคุณภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าการตากปลาด้วยแสงแดด คือ การควบคุมค่าความชื้นภายในตัวปลา ซึ่งผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้ง่าย และต้นทุนไม่สูงด้วยการพัฒนาชุดเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความชื้นในตัวปลา [1] ด้วยการพัฒนา โปรแกรมให้ NodeMCU ESP32 และประยุกต์ใช้ เซนเซอร์ประเภทวัดความชื้นในดิน โดยแสดงผลค่าที่วัดได้ผ่านจอ OLED เพื่อนำค่าที่วัดได้มาใช้เป็นค่าอ้างอิง ในการตรวจสอบคุณภาพของค่าความชื้นในตัวปลาที่ได้มาจากการใช้ตู้อบแห้งปลาแดดเดียว IoT พบว่าค่าความชื้นการตากแดดด้วยวิธีธรรมชาติโดยเฉลี่ยคือ 737 (ความชื้นลดลง 34.78%) โดยมีค่าเฉลี่ยความชื้นในตัวปลาก่อนตาก คือ 1130 (ไม่มีหน่วยวัด เนื่องจากเป็นค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์โดยตรง)

3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

กำหนดขนาดของตัวปลาที่ใช้สำหรับทำการทดลองที่ขนาด 5-6 ตัวต่อกิโลกรัมจำนวน 16 ตัวทำการทดลองครั้งละ 1 ตัวใช้โปรแกรม Minitab [12] เวอร์ชัน 16 โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ คือ อุณหภูมิ 2 ระดับที่ 60°C, 70°C ความเร็วลม 2 ระดับที่ 1 m/s, 2 m/s และระยะเวลา 2 ระดับที่ 90 นาที 120 นาที จำนวนการทดลองทั้งหมด 16 ครั้ง โดยนำเซนเซอร์วัดความชื้นในดินเสียบเข้าที่ตัวปลาเพื่อต้องการอ่านค่าความชื้นในตัวปลาแบบเรียลไทม์

นำผลการทดลอง 16 ครั้งใส่ลงในตาราง Minitab ตามรายละเอียดในรูปที่ 9 เพื่อวิเคราะห์ผลหาค่า Optimization [12] ของพารามิเตอร์แต่ละตัว

สมการที่ใช้หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

$$y = 1652.9 - 7.325x_1 - 133.0x_2 - 4.4x_3 + 1.35x_2x_3 \quad (1)$$

โดยที่

- Y = ความชื้นในตัวปลา
- x1 = อุณหภูมิ
- x2 = ความเร็วลม
- x3 = ระยะเวลา

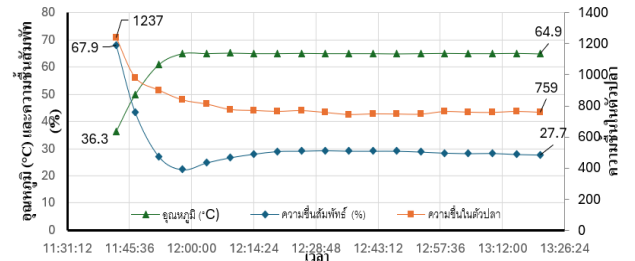
StdOrder	RunOrder	PTtype	Blocks	Temperature	Wind Speed	Time	Y
1	2	1	1	60	1	120	702
2	11	2	1	60	2	90	792
3	12	3	1	60	2	120	745
4	8	4	1	70	2	120	662
5	5	5	1	70	1	90	715
6	10	6	1	60	1	120	718
7	16	7	1	70	2	120	685
8	15	8	1	70	2	90	725
9	1	9	1	60	1	90	820
10	14	10	1	70	1	120	641
11	4	11	1	60	2	120	735
12	7	12	1	70	2	90	730
13	13	13	1	70	1	90	722
14	3	14	1	60	2	90	784
15	9	15	1	60	1	90	820
16	6	16	1	70	1	120	650

รูปที่ 9 ตาราง Minitab และผลการทดลองท 16 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากโปรแกรม Minitab ของการทดลองนี้ได้ตามสมการถดถอยที่ (1) และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทดลองนี้ คือ อุณหภูมิ 65 °C ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที โดยใช้ระยะเวลา 101 นาที

3.4 ผลการทดสอบใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับตู้อบแห้งปลาแดดเดียว IoT

จากหัวข้อ 3.3 นำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการอบที่อุณหภูมิ 65 °C ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที โดยใช้ระยะเวลา 101 นาที มาทดสอบร่วมกับปลาสดขนาด 5-6 ตัวต่อกิโลกรัมจำนวน 20 ตัว บันทึกค่าระหว่างการอบแห้งด้วยการส่งข้อมูล IoT ไปยัง Google Sheets และนำมาวิเคราะห์ผล โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในตัวปลาในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในตัวปลาที่ได้จากการทดลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ผลการทดลองพบว่าลักษณะทางกายภาพของปลาที่ผ่านการอบด้วยตู้อบแห้งปลาแดดเดียว IoT ด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งที่ผ่านมาก็คือ ผิวหนังของปลามีความแห้งและไม่ตึงจนเกินไป ส่วนเนื้อปลามีความแห้งแต่ไม่มาก เนื่องจากมีน้ำมันในตัวปลาไหลออกมา ซึ่งค่าความชื้นสุดท้ายที่ได้คือ 759 (ความชื้นลดลง 32.83%) โดยนำปลาที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ให้ผู้จำหน่ายปลาแดดเดียวทอด 5 ราย ที่เคยลงพื้นที่สำรวจในครั้งก่อนเพื่อตรวจสอบคุณภาพของปลา

4. สรุป

งานวิจัยฉบับนี้พัฒนาระบบตู้อบปลาแดดเดียว IoT มุ่งเน้นไปที่การยกระดับการผลิตปลาแดดเดียวให้มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน และรักษาคุณภาพ ทั้งนี้ระบบตู้อบสามารถอบปลาได้ 30-40 กิโลกรัมต่อครั้ง ด้วยการออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศภายในตู้เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม ลดความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของตัวปลา โดยไม่ต้องพลิกปลาขณะอบ ทำให้สามารถประหยัดเวลาได้ รวมถึงการประยุกต์ใช้ระบบ IoT เพื่อควบคุมการตั้งค่าและสั่งการทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต แจ้งเตือนเมื่อปลาลอบเสร็จ และแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติ ผลการทดสอบพบว่า ปลาที่อบด้วยระบบ IoT มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ผิวหนังแห้ง เนื้อปลาแห้งพอเหมาะ ความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 709-764 (ความชื้นลดลง 32.39% - 37.26%) ดังนั้นตู้อบปลาแดดเดียว IoT นี้สามารถช่วยยกระดับการแปรรูปปลาแดดเดียว

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ในเรื่องของการประหยัดพลังงาน รักษาคุณภาพปลา และควบคุมการผลิต
ได้เป็นอย่างดี

กิจกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาการจัดการ
วิศวกรรมและเทคโนโลยี และสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ทุกท่านที่กรุณาถ่ายทอดความรู้
และประสบการณ์ ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุภา ศิรินาม, “โครงการวิจัย การพัฒนาตู้อบแห้งปลาสด,” *คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ,
2561*
- [2] คณินิต ปทุมมาเกรสร, “เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และลม
ร้อน สำหรับปลาสดหมักชะคราม,” *สาขาเทคโนโลยีการผลิต,
คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2563*
- [3] คุณยุต เอี่ยมสะอาด, “เครื่องอบเนื้อปลาและเนื้อสัตว์แดดเดียว,”
*วิศวกรรมสาร มก.,ปีที่ 30, ฉบับที่ 99, หน้า 53 – 66, มกราคม-
มีนาคม 2560*
- [4] เรืองลักษณ์ บุตรเพชร และ จุฬาวรรณ อ้นสุวรรณ, “เครื่องมือ
ควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด,” *สาขาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2560*
- [5] ชนเนษฐ์ ศรีล่อ และ คณะ, “การศึกษาเพื่อปรับปรุงความปลอดภัย
ในกระบวนการผลิตด้วยการฝึกอบรม โดยใช้หลักการ Why-Why
Analysis และ หลักการ ECRS,” *วารสารการบริหารและการจัดการ,
ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, หน้า 14-23, มกราคม-มิถุนายน 2563*
- [6] สมศักดิ์ สุวรรณมิตร, “การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์รถยนต์
บรรทุก 2 คัน โดยใช้เทคนิค QFD,” *สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม,
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย 2557*

- [7] Kiam Heong Ang, G. Chong and Yun Li, “PID control system
analysis, design, and technology,” in *IEEE Transactions on Control
Systems Technology, vol. 13, no. 4, pp. 559-576, July 2005*
- [8] พิทักษ์ คล้ายชม และคณะ, “การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อม
อัตโนมัติ สำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุก
สิ่ง,” *คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏ
อุดรดิตถ์ 2561*
- [9] E. W. . Pratama and A. . Kiswanton, “Electrical Analysis Using
ESP-32 Module In Realtime”, *J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 7,
no. 2, pp. 1273–1284, Dec. 2022
- [10] H. Akom, “Internet of Things Application for Smart Farm
Management : A Case Study of Nongnumsomwithayakom School,
Phra Nakhon Si Ayutthaya Province,” *Industrial Technology
Lampang Rajabhat University Journal, vol. 15, no. 2, pp. 67-78,
July-December 2022*
- [11] ณัฐนรี ระวีวงศ์, “การลดของเสียในกระบวนการผลิตถุงมือยาง
ด้วยการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ,” *สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม,
คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง 2562*



ประวัติผู้เขียนบทความ

นาย สิทธิพร สุขลีภาค
จบการศึกษาระดับปริญญาตรี
วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ปีการศึกษา 2544
งานวิจัยที่สนใจ IoT System, AI,
Micro Controller

การพัฒนาแนวทางการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานตามแนวทางของลีน กรณีศึกษา รีสอร์ท บ้านไร่อิงฟ้า เขาใหญ่ Development of Guidelines for Reducing Energy Costs by using Lean Energy Approach: A Case Study of Baan Rai Ing Fah Kao Yai Resort

กิตภัทร สกฤษฎ์ภักดิ์¹ เลิศเลขา ศรีรัตนะ¹ สันห์ รัฐวิบูลย์¹ และ เกียรติศักดิ์ เกษเสถียร²

¹สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

²สถาบันเทคโนโลยีการผลิผสมพล จังหวัดชลบุรี 20230

Email: 6514940003@rumail.ru.ac.th¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายของรีสอร์ทบ้านไร่อิงฟ้าเขาใหญ่ ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี และเพื่อพัฒนาแนวทางการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานที่เหมาะสมเฉพาะส่วนการบริหารจัดการของรีสอร์ทเท่านั้น จากการเก็บข้อมูลพบปัญหาในด้านกระบวนการทำงานของพนักงานและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานต่ำ โดยส่วนพูลวิลล่ามีส่วนการใช้พลังงานสูงที่สุด ผู้วิจัยจึงนำหลักการลดความสูญเปล่าทางพลังงานตามแนวทางของลีนมาพัฒนาแผนลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานในส่วนพูลวิลล่า โดยเริ่มจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานในส่วนงานเตรียมห้องพักและงานซักอบ ซึ่งสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ประมาณ 75,136.92บาทต่อปีโดยไม่ต้องมีการลงทุน พร้อมทั้งเสนอแผนงานที่จะใช้เงินลงทุนเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพทางพลังงานสูงขึ้น เช่น การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นระบบอินเวอร์เตอร์ การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟ LED และการติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั้มน้ำ จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อแผนงานที่นำเสนอพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุดและผู้ประกอบการจะดำเนินการตามแผนงานที่นำเสนอต่อไป

คำสำคัญ : ลีน; พลังงาน; การจัดการ; รีสอร์ท

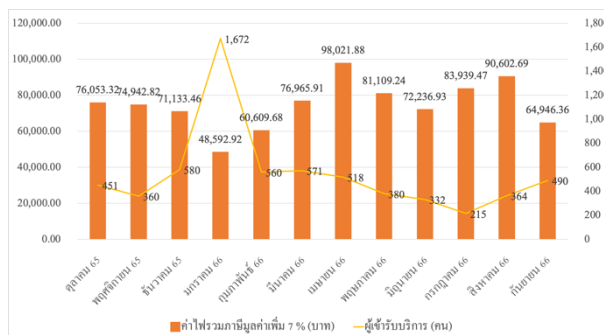
Abstract

This study aimed to assess the problem of electricity usage and to develop appropriate guidelines for resort management to reduce energy expenses, which influenced the cost of Ban Rai Ing Fah Khao Yai Resort and tended to rise year after year. Data collecting revealed issues with operators' work processes as well as low energy efficiency in electrical appliances especially in pool villas which had the greatest energy usage rate. As a result, the concepts of energy loss reduction from the Lean approach were adopted to create guidelines to reduce energy expenditures in the pool villa, starting with changing work processes in room preparation and laundry. This plan was expected to save around 75,136.92 baht per year on electricity costs without any investments. Moreover, a plan to invest in energy-efficient equipment such as inverter air conditioners, LED lamps, and Variable Speed Drives (VSD) for water pumping system was recommended. The evaluation of the operators' satisfaction with the proposed guidelines revealed that it was at the highest level. Also, the owner intended to proceed in accordance with the suggested plan.

Keywords: Lean; Energy; Management; Resort

1. บทนำ

ธุรกิจท่องเที่ยวใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การใช้แสงสว่าง การสร้างความร้อน การสร้างความเย็น และการติดต่อสื่อสาร การลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานจึงเป็นการลดต้นทุนส่วนหนึ่งของผู้ประกอบการได้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจาก รีสอร์ท บ้านไร่อิงฟ้า เขาใหญ่ ซึ่งเป็นสถานประกอบการแบบที่พักกิ่งกิ่งขนาดเล็กและไม่เป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ในจังหวัดนครราชสีมาเป็นกรณีศึกษา โดยรีสอร์ทประกอบด้วย พูลวิลล่าจำนวน 9 หลัง สำนักงาน และพื้นที่ส่วนกลาง ในพื้นที่ 9 ไร่ 3 งาน มีพนักงานทั้งหมด 22 คน เปิดดำเนินการมาแล้ว 7 ปี ปัจจุบันพบปัญหาค่าใช้จ่ายทางพลังงานซึ่งเป็นพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มสูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2566 มีค่าไฟฟ้ารวม 899,154.72 บาท หรือเฉลี่ยเดือนละ 74,929.56 บาท ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับจำนวนผู้เข้ารับบริการ ปี พ.ศ. 2566

งานวิจัยนี้วิเคราะห์เฉพาะข้อมูลและพัฒนาแผนงานที่เกี่ยวข้องกับผู้ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ไฟฟ้าในรีสอร์ทเท่านั้น เนื่องจากรีสอร์ทไม่สามารถควบคุมการใช้พลังงานของผู้เข้าพักได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผู้ปฏิบัติงานไม่ตระหนักรู้ในเรื่องการประหยัดพลังงาน ไม่มีมาตรฐานการปฏิบัติงานที่คำนึงถึงการใช้พลังงาน และเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานต่ำเนื่องจากการใช้งานมายาวนาน จากการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งตามสัดส่วนพบว่า ส่วนพูลวิลล่ามีส่วนการใช้พลังงาน 87% ส่วนกลาง 11% และส่วนสำนักงาน 2% จึงควรจัดทำแผนลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานในส่วนของพูลวิลล่าก่อน เนื่องจากมีส่วนการใช้พลังงานสูงที่สุด ทั้งนี้แผนงานที่พัฒนาขึ้นจะต้องไม่สร้างผลกระทบต่อผู้เข้ารับบริการ แต่จะเป็นการปรับปรุงในส่วนของผู้ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอยู่เท่านั้น โดยไม่ลดประสิทธิภาพการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน และจะพิจารณา

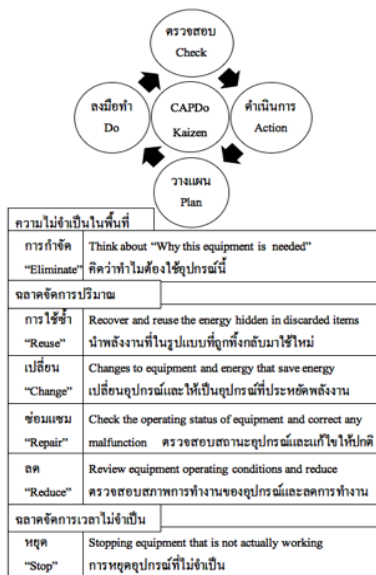
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ที่คำนวณจากกำลังไฟฟ้า (kW) คูณด้วยจำนวนชั่วโมงการทำงาน เนื่องจากการแปรผันตามอุปกรณ์และเวลาการทำงานในส่วนงานที่ศึกษา

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบลีน (Lean Operation) มุ่งเน้นการกำจัดความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน มีหลักสำคัญ คือ ระบุและกำจัดความสูญเปล่า การค้นหาและกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่า และสร้างรูปแบบการไหลที่ทำให้กระบวนการทำงานราบรื่น ระบบลีนมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Kaizen Process) ซึ่งมีหลักสำคัญ คือ การปรับปรุงกระบวนการทำงานอยู่เสมอ สร้างการมีส่วนร่วมของพนักงาน ส่งเสริมให้พนักงานมีส่วนร่วมในการระบุและแก้ไขปัญหา การวิเคราะห์ รวบรวมข้อมูลและหลักฐานเพื่อหาแนวทางการปรับปรุง และทดลองใช้วิธีการใหม่ ๆ เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุด หลักการลดความสูญเปล่าหรือลีน (Lean) และการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Kaizen) สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเปล่าทางพลังงาน (Lean Energy) โดยนำแนวคิดบริหารคุณภาพ Deming Cycle หรือ PDCA มาประยุกต์ใช้งานในรูปแบบ CAPDo เพื่อตรวจติดตามการใช้พลังงานและพัฒนาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม ซึ่งประกอบไปด้วย การตรวจสอบเพื่อระบุปัญหา (Check: C) การปรับปรุง (Action: A) การวางแผนหรือวางมาตรการ (Plan: P) ด้วยการจัด การใช้ซ้ำ เปลี่ยน ซ่อมแซม ลด และหยุด และการลงมือปฏิบัติ (Do) [1] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แนวคิด CAPDo เพื่อลดความสูญเปล่าทางพลังงาน [1]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ทำให้เกิดการดำเนินงานที่ยั่งยืนในบริษัท โลหะใน ประเทศโคลัมเบีย ส่งผลดีต่อการปรับปรุงทั้งในด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม และบริษัทสามารถสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจได้ [2] นอกจากนี้บริษัทผู้ผลิตในประเทศญี่ปุ่นได้นำหลักการลดความสูญเปล่าทางพลังงานมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในขั้นตอนระบุปัญหา (Check) เพื่อ

วิเคราะห์ความสูญเปล่าทางพลังงาน จัดทำแผนงานด้านพลังงานที่เหมาะสม และมีการตรวจติดตามผลแบบตามเวลาจริง (Real Time) พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานได้สูงสุดถึง 30% [3] จากการศึกษาในประเทศ ไทยเกี่ยวกับการลดการใช้ไฟฟ้าในโรงงานตัดเหล็กแผ่นด้วยวิธีการสำรวจความสูญเปล่าของระบบในการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเน้นไปที่การทำงานร่วมกับเครื่องจักรและมอเตอร์ เพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงานอย่างเหมาะสมและกำจัดความสูญเปล่าทางพลังงาน ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงได้ประมาณร้อยละ 8 [4] และจากการศึกษาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารประเภทโรงแรม พบว่าต้องการพัฒนาองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ คน อาคารสถานที่ และกระบวนการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากรและลดความสูญเสียดัง ในด้านต้นทุน เวลาทำงาน และการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ากระบวนการระบุสาเหตุของปัญหาการใช้พลังงานได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาช่วยในการตรวจติดตามการใช้พลังงาน จะทำให้สามารถลดความสูญเปล่าทางพลังงานลงได้ และเมื่อมีการพัฒนาแผนงานอย่างต่อเนื่องจะสามารถลดการเกิดปัญหาที่เกิดจากการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้อย่างยั่งยืน

3. วัตถุประสงค์การศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาการใช้พลังงาน และ 2. เพื่อพัฒนาแนวทางลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้พลังงาน โดยใช้รีไซเคิล บ้านไร่โรงไฟฟ้า เขาใหญ่ เป็นกรณีศึกษา

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยในรูปแบบวิจัยเชิงปริมาณร่วมกับการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ ขั้นตอนในการวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดประเด็นที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในรีไซเคิล

ขั้นตอนที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 3 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน เช่น ค่าใช้จ่ายทางพลังงาน รูปแบบการใช้พลังงาน อุปกรณ์ไฟฟ้า และพฤติกรรมการใช้พลังงานของพนักงาน เพื่อวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 พัฒนาแนวทางเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานที่เหมาะสมและนำแผนงานไปใช้ปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 5 ติดตามประเมินผลการดำเนินงานตามแผน โดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนที่ 6 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

5. ประชากรและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรของการศึกษาคือ พนักงานผู้ปฏิบัติงานจำนวน 22 คน ที่ประสบการณ์ในการทำงานไม่เท่ากัน และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องในส่วนพูลวิลล่า ซึ่งประกอบด้วยอาคาร 9 หลัง รวม 38 ห้อง ที่มีลักษณะห้องพักเหมือนกัน ส่วนเครื่องมือที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลประกอบด้วย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

1. เครื่องมือวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าและปริมาณที่เกี่ยวข้องเพื่อติดตามผลแบบ Real Time ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (IoT) ที่มีการสอบเทียบและความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 1\%$ ได้แก่ Digital Clamp Meter เพื่อวัดค่าการใช้พลังงานในห้องพัก และ Lux Meter เพื่อวัดความสว่างในห้องพัก ดังแสดงในรูปที่ 3

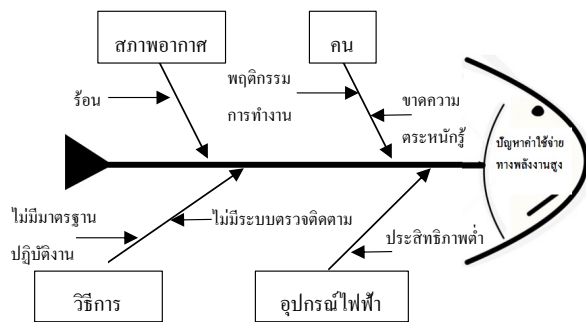


รูปที่ 3 ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางพลังงาน

2. แบบสัมภาษณ์เพื่อประเมินความคิดเห็นและความพึงพอใจต่อแผนงานที่นำเสนอ โดยต้องผ่านการประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงคื การศึกษาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Index of Object Congruence หรือ IOC)

6. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไข

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาค่าใช้จ่ายทางพลังงานสูง ที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องกับฝ่ายผู้ประกอบการแสดงด้วยแผนผังก้างปลาดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหา

จากการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานของพนักงานและอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าในส่วนพลูวิลล่า พบว่ากิจกรรมหลักของพนักงานคือการทำความสะอาดห้องเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับผู้เข้ารับบริการรายใหม่โดยไม่มีกำหนดมาตรฐานขั้นตอนการทำงาน ผู้ปฏิบัติงานจึงทำงานแบบอิสระ ไม่มีการควบคุม และไม่ใส่ใจเกี่ยวกับการใช้พลังงาน ในขณะที่ปฏิบัติงานมีการเปิดอุปกรณ์ทำความสะอาดและระบบแสงสว่างทิ้งไว้ระหว่างทำกิจกรรมอย่างอื่น และมีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศโดยไม่ปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้เหมาะสม ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องประกอบด้วย หลอดไฟ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนความเร็วคงที่ และ อุปกรณ์ที่ใช้ได้เสียบ เช่น ตู้เย็น กาน้ำร้อน และ ไมโครเวฟ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดมีการใช้งานตั้งแต่เริ่มเปิดให้บริการจึงมีอายุการใช้งานเกิน 7 ปี สภาพเก่าและประสิทธิภาพทางพลังงานต่ำ รีสตอร์คไม่มีการติดตั้งระบบเพื่อช่วยในการตรวจวัดการใช้พลังงาน และสภาพอากาศร้อนจึงมีการใช้เครื่องปรับอากาศตลอดระยะเวลาการเตรียมห้องและเมื่อมีผู้เข้าพัก

6.1 สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไขส่วนการปฏิบัติงาน

จากสภาพของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผู้ปฏิบัติงานจึงได้วิเคราะห์ขั้นตอนการเตรียมห้องพักแต่ละห้องและการใช้พลังงานระหว่างทำงานก่อนการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 โดยการเตรียมห้องพัก 1 ห้อง ใช้พนักงาน 1 คน ทำความสะอาดห้องพักขนาด 4 x 7 ตร.ม.

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมห้องพักและการใช้พลังงานระหว่างทำงาน (ก่อนปรับปรุง)

ขั้นตอน	อุปกรณ์ไฟฟ้า	เวลา (นาที)	พลังงาน (kWh)
1. เตรียมอุปกรณ์ทำความสะอาด	-	5	-
2. ทำความสะอาดพื้น	เครื่องดูดฝุ่น 1.2 kW	10	0.2
3. ทำความสะอาดห้องน้ำ	-	5	-
4. ทำความสะอาดเครื่องใช้ไฟฟ้า	-	5	-
5. เตรียมเตียงและปูเตียง	-	7	-
6. ตรวจสอบ	-	3	-
รวม		35	0.2

การเตรียมห้องพักจะดำเนินการทันทีภายหลังผู้พักคืนห้องเวลาประมาณ 11.00 น. ในระหว่างเริ่มปฏิบัติงานจะเปิดเครื่องปรับอากาศภายในห้องพักขนาด 12,000 BTU กำลังไฟฟ้า 3.52 kW ซึ่งมีการติดตั้งเหมือนกันทุกห้อง ตลอดระยะเวลาการทำงาน 35 นาที โดยไม่มีการตรวจสอบการปรับค่าอุณหภูมิ แต่จะใช้ค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่ผู้เข้าพักได้ปรับค่าไว้ ซึ่งปกติมักปรับค่าไว้ประมาณ 20 °C และเปิดไฟฟ้าแสงสว่างภายในห้องพักทุกดวง ภายในห้องติดตั้งหลอดไฟขนาด 100 W อยู่ในส่วนของห้องพักจำนวน 4 หลอด และอยู่ในห้องน้ำจำนวน 2 หลอด ห้องพักมีหน้าต่างกระจกขนาดใหญ่และติดตั้งผ้าม่านที่สามารถเปิดรับแสงธรรมชาติได้ จากการสังเกตพบว่าระหว่างการปฏิบัติงานไม่มีผู้ควบคุมงาน ผู้ปฏิบัติงานจึงดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยอิสระ ไม่มีการควบคุมเวลา และมีการพูดคุยหยอกล้อกับผู้ปฏิบัติงานคนอื่น ระหว่างปฏิบัติงานในส่วนห้องพักมีการเปิดไฟแสงสว่างในห้องน้ำทิ้งไว้และไม่มีการเปิดผ้าม่านหน้าต่างระหว่างการทำทำความสะอาด

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและปรับปรุงกระบวนการทำงานใหม่ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 โดยแนวทางการปฏิบัติงานใหม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. จากการวัดค่าความสว่างระหว่างการเก็บข้อมูลช่วงเดือน กันยายน - ตุลาคม 2566 พบว่าการเปิดผ้าม่านทำให้ค่าความสว่างในห้องโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1,523 lux จากการใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวและเท่ากับ 2,550 lux เมื่อมีการใช้หลอดไฟฟ้าเพียงครั้งเดียวในห้องพัก เทียบกับการใช้หลอดไฟฟ้าทั้งหมดที่ให้ค่าความสว่าง 1,371 lux เมื่อไม่มีการเปิดผ้าม่านหน้าต่าง ดังนั้นการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับการใช้หลอดไฟฟ้างหนึ่งสามารถให้ค่าความสว่างที่เพียงพอต่อการทำงาน (อ้างอิงตามมาตรฐานความสว่างในพื้นที่ทำงานปกติตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

- จัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2559 ส่วนงานทำความสะอาด (เท่ากับ 500 lux) ซึ่งการกำหนดให้ใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวความสว่างอาจไม่เพียงพอหากสภาพท้องฟ้าไม่เอื้ออำนวย และเปิดใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในห้องน้ำเฉพาะเมื่อทำความสะอาดห้องน้ำเท่านั้น
2. ปรับตั้งระบบปรับอากาศระหว่างการทำงาน โดยตรวจสอบและปรับลดความเร็วพัดลมให้อยู่ในระดับต่ำที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งเป็นสถานะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน
 3. ลดเวลาในการเตรียมอุปกรณ์ การทำความสะอาดเครื่องใช้ไฟฟ้า การเตรียมเตียงและปูเตียง และการตรวจสอบ โดยจัดเตรียมตำแหน่งการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ง่ายต่อการใช้งาน และให้หัวหน้างานมีบทบาทในการควบคุมการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทำตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนด มีความกระตือรือร้นในการทำงานมากขึ้น และไม่ลดประสิทธิภาพในการทำงาน พร้อมทั้งให้ความรู้และอธิบายสาเหตุของการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจ ตระหนักถึงความสำคัญ และมีส่วนร่วมในการลดการใช้พลังงานด้วย

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมห้องพักและการใช้พลังงานระหว่างทำงาน (หลังปรับปรุง)

ขั้นตอน	อุปกรณ์ไฟฟ้า	เวลา (นาที)	พลังงาน (kWh)
1. เปิดม่านหน้าต่างทุกบาน	-	1	-
2. เตรียมอุปกรณ์ทำความสะอาด	-	1	-
3. ปรับระบบปรับอากาศ Low Fan Speed 25°C	-	1	-
4. ทำความสะอาดพื้น	เครื่องดูดฝุ่น 1.2 kW	10	0.2
5. ทำความสะอาดห้องน้ำ	-	5	-
6. ทำความสะอาดเครื่องใช้ไฟฟ้า	-	3	-
7. เตรียมเตียงและปูเตียง	-	5	-
8. ตรวจสอบ	-	2	-
รวม		28	0.2

จากแนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานจะสามารถลดเวลาในการเตรียมห้องพักจาก 35 นาทีเหลือ 28 นาที เมื่อพิจารณาตามหลักการ Lean Energy พบว่าเป็น การลดเวลาการทำงาน (Reduce) และการเปลี่ยนวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพ (Change) เนื่องจากมีการลดระยะเวลาและปรับเปลี่ยนวิธีการใช้เครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่างซึ่งแนวทางที่นำเสนอสามารถแก้ไขปัญหาที่มีสาเหตุจากคนและวิธีการได้

นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องซักผ้าและเครื่องอบผ้ามีจำนวนการใช้งานแปรผันตามผู้เข้าพักในส่วนพูลวิลล่า แต่ไม่มีการกำหนดแนวปฏิบัติที่เหมาะสมในการใช้งาน ผู้ปฏิบัติงานจึงมักทำการซักและอบผ้าตามช่วงเวลาที่เหมาะสมรวมถึงช่วง On – Peak (ช่วง 9:00 – 22:00 น. ของวันจันทร์ถึงศุกร์) จึงควรปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานของผู้ปฏิบัติงานโดยกำหนดเวลาการใช้งานเครื่องซักและอบผ้าในช่วง Off-Peak (ช่วง 22:01 –

8:59 น. ของวันจันทร์ถึงศุกร์ และตลอดทั้งวันเสาร์ – อาทิตย์ และวันหยุดราชการ) ซึ่งเป็นช่วงที่อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำ เนื่องจากริสอร์ทแห่งนี้ใช้อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use Tariff : TOU) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ประเภทที่ 5.1.2 จึงถือเป็นการเปลี่ยนวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพ (Change) ตามแนวทางของสินค้า

6.2 สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไขส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า

ในส่วนพูลวิลล่าทั้ง 38 ห้อง มีอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องเหมือนกันทั้งหมด โดยห้องพัก 1 ห้องมีรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องพูลวิลล่า 1 ห้อง

รายการ	กำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวน
1. เครื่องปรับอากาศ	3.52	1 เครื่อง
2. หลอดไฟแบบไส้	0.10	6 หลอด
3. ตู้เย็น	0.18	1 เครื่อง
4. กาน้ำร้อน	0.75	1 เครื่อง
5. ไมโครเวฟ	1.00	1 เครื่อง
6. เครื่องทำน้ำอุ่น	4.50	1 เครื่อง
7. โทรทัศน์	0.14	1 เครื่อง

ปัญหาค่าใช้จ่ายทางพลังงานสูงที่มีสาเหตุจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่ำมีแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมคือควรเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพทางพลังงานสูงขึ้น โดยพิจารณาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานสูงที่สุดในห้องพักก่อน เนื่องจากมีการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเข้าพัก ในปี พ.ศ. 2566 พบว่าห้องพัก 1 ห้องมีระยะเวลาการใช้งานรวมเวลาการเตรียมห้องเฉลี่ย 1,820 ชั่วโมง และพิจารณาการใช้พลังงานในส่วนมอเตอร์ปั๊มน้ำที่มีการใช้งานแปรผันตามผู้เข้าพักด้วย รายละเอียดมีดังนี้

1. เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนแบบความเร็วดังที่ ขนาด 12,000 BTU ซึ่งมีค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 3.52 kWh สามารถเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิดอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.96 kWh ลดการใช้พลังงานลงได้ 72.73 % และใช้เงินลงทุนประมาณ 21,600 บาทต่อเครื่อง
2. ระบบแสงสว่างใช้หลอดไฟแบบไส้ ขนาด 100 W โดยห้องพักแต่ละห้องมีหลอดไฟจำนวน 4 หลอดและในห้องน้ำมีหลอดไฟจำนวน 2 หลอด สามารถเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟ LED ที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 9 W เพื่อให้ความสว่างเท่าเดิมได้แต่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 91 % และใช้เงินลงทุน 67 บาทต่อหลอด
3. มอเตอร์ปั๊มน้ำเป็นแบบปั๊มหอยโข่ง ขนาด 1.5 kW จำนวน 1 เครื่อง เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD) จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 49 % [1] และใช้เงินลงทุน 4,560 บาทต่อเครื่อง

เนื่องจากแนวทางที่นำเสนอจำเป็นต้องใช้เงินลงทุน จึงควรพิจารณาควบคู่กับระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ซึ่งคำนวณจากเงินลงทุนหารด้วยค่าใช้จ่ายทางพลังงานที่ลดลงได้ต่อปี ในส่วนเครื่องปรับอากาศ ส่วนระบบแสงสว่าง และระบบปั๊มน้ำ ระยะเวลาคืน

บทความวิจัย

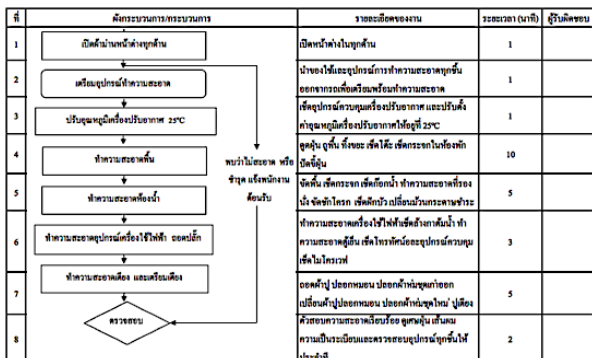
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ทุนเท่ากับ 0.36 ปี 0.04 ปี และ 0.25 ปี ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานที่พิกัดกำลังไฟฟ้าตามชั่วโมงการใช้งานห้องโดยเฉลี่ย และใช้อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า TOU หน่วยละ 4.1839 บาท ในช่วง On – Peak ซึ่งเป็นการเปลี่ยนอุปกรณ์ (Change) เพื่อให้มีประสิทธิภาพทางพลังงานสูงขึ้น ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ สามารถพิจารณาเปลี่ยนตามความเหมาะสมในลำดับต่อไป

7. วิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 5 บริเวณโดยรอบพูลวิลล่า เฟส 2



รูปที่ 6 ตัวอย่างเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานและตรวจสอบ

จากแนวทางการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานที่นำเสนอ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแผนส่วนการปฏิบัติงานที่ไม่มีการลงทุนก่อน และพิจารณาเฉพาะ การปฏิบัติงานในส่วนพูลวิลล่าเฟส 2 ที่มีบ้านพักจำนวน 2 หลัง รวมห้องพัก 8 ห้อง ดังแสดงในรูปที่ 5 เป็นกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากมีการใช้งานทุกวันตลอดช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล ระหว่างเดือนกันยายน - ตุลาคม 2566 รวม 52 ครั้ง และมีสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานเหมือนกันทุกห้อง เช่น ทิศทางของหน้าต่างและต้นไม้ภายนอกอาคาร ทั้งนี้ ได้มีการควบคุมการทำงานและการใช้พลังงานตามแผนงานในทุกขั้นตอน จากนั้นทำการวัดค่าทางพลังงานจากเครื่องมือที่ติดตั้งเพื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ระหว่างการเตรียมห้องพักแบบเดิมดังตารางที่ 1 จำนวน 26 ครั้ง และการเตรียมห้องพักที่มีการปรับปรุงวิธีการทำงานแล้วดังตารางที่ 2 จำนวน 26 ครั้ง

นอกจากนี้ยังได้จัดทำเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work Instruction : WI) สำหรับงานจัดเตรียมห้องพัก เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติตามได้ตามแผนงาน เนื่องจากพนักงานแต่ละคนมีพื้น

ฐานความรู้และมีประสบการณ์ในการทำงานไม่เท่ากัน และใช้ระบบเอกสารตรวจสอบของหัวหน้างานเพื่อติดตามการทำงานด้วย ตัวอย่างเอกสารที่จัดทำขึ้นดังแสดงในรูปที่ 6

ส่วนการใช้งานเครื่องซักและอบผ้าได้เปลี่ยนแปลงเวลาทำงานในวันธรรมดาช่วง On – Peak เป็นช่วง Off – Peak ที่มีอัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.6037 บาท ในช่วง Off – Peak โดยรีเซ็ตใช้เครื่องซักผ้าขนาด 3,000 W จำนวน 3 เครื่อง เครื่องอบผ้าระบบควบแน่นขนาด 2,000 W จำนวน 2 เครื่อง และมีเวลาการใช้งาน โดยเฉลี่ยเท่ากันทุกเครื่อง

8. ผลการศึกษา

จากการปฏิบัติตามขั้นตอนการเตรียมห้องพักที่ได้ปรับปรุงใหม่พบว่าพนักงานสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง โดยรายละเอียดการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางพลังงานที่ใช้ในกระบวนการเตรียมห้องพัก 1 ห้อง ก่อนและหลังการปรับปรุง ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าทางพลังงานในการเตรียมห้องพัก 1 ห้อง

วิธีการ	เวลา (นาที)	พลังงานที่ใช้ (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ความต่าง (ลดลง)
ก่อนปรับปรุง	35	2.6	10.88	0.96 kWh
หลังปรับปรุง	28	1.64	6.86	4.02 บาท 36.92%

*คำนวณจากอัตราค่าพลังงานไฟฟ้า 4.1839 บาท/kWh

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าทางไฟฟ้าที่ใช้ในการซักอบใน 1 ปี

วิธีการ	ค่าพลังงาน (kWh)	ช่วงเวลา	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ความต่าง (ลดลง)
ซัก	26,280	On – Peak [*]	109,952.89	41,527.65 บาท
		Off – Peak ^{**}	68,425.24	37.77 %
อบ	11,680	On – Peak [*]	48,867.95	18,456.73 บาท
		Off – Peak ^{**}	30,411.22	37.77 %
รวม	37,960	On – Peak [*]	158,820.84	59,984.38 บาท
		Off – Peak ^{**}	98,836.46	37.77 %

**คำนวณจากอัตราค่าพลังงานไฟฟ้า 2.6037 บาท/kWh

การเปลี่ยนวิธีการเตรียมห้องพักสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 4.02 บาทต่อห้องหรือลดลง 36.92% ซึ่งเมื่อประมาณจากจำนวนครั้งที่พนักงานต้องทำการเตรียมห้อง 3,427 ครั้งในปี พ.ศ. 2566 จะสามารถลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้ 13,776.54 บาทต่อปี ส่วนการเปลี่ยนช่วงเวลาการซักอบจากช่วง On – Peak เป็น Off – Peak ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติตามแผนและคาดว่าจะลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้ 59,984.38 บาทต่อปีหรือลดลง 37.77% ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยอ้างอิงจากเวลาทำงาน 2,920 ชั่วโมงต่อปีต่อเครื่องในปี พ.ศ. 2566 ซึ่งทั้งสองมาตรานี้สามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องมีการลงทุน และคาดว่าจะสามารถลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้ 75,136.92 บาทต่อปีหรือลดลง 8.36% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2566

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องประกอบด้วย เจ้าของสถานประกอบการ หัวหน้างาน และผู้ปฏิบัติงาน เพื่อสอบถามความคิดเห็น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

และประเมินความพึงพอใจต่อแผนงานที่ได้จัดทำขึ้น พบว่าผู้เกี่ยวข้องมีความพึงพอใจต่อแผนงานการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานโดยไม่ใช้เงินลงทุนเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน และสร้างความตระหนักถึงความสำคัญในการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานด้วย ซึ่งทุกฝ่ายจะนำแผนงานมาทบทวนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานให้มากขึ้นตามหลักการ Kaizen ส่วนแผนงานที่ต้องมีการลงทุน เจ้าของสถานประกอบการมีความสนใจต่อแผนงานที่นำเสนอ หากจำนวนการเข้าพัคมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นจะพิจารณาคำแนะนำการตามแผนต่อไป

9. สรุปและอภิปรายผล

ค่าใช้จ่ายทางพลังงานของรีสอร์ท บ้านไร่อิงฟ้า เขาใหญ่ ซึ่งเป็นสถานประกอบการแบบที่พักค้างคืนขนาดเล็กในจังหวัดนครราชสีมา มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2566 มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 74,929.56 บาทต่อเดือน ซึ่งสถานประกอบการดังกล่าวใช้อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (TOU) ประเภท 5.1.2 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าสูงและเพื่อพัฒนาแนวทางลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานที่เหมาะสม โดยพิจารณาเฉพาะส่วนพฤติกรรมการใช้พลังงานสูงสุดและพัฒนาเฉพาะแผนงานส่วนการบริหารจัดการของรีสอร์ทเพื่อป้องกันผลกระทบต่อผู้รับบริการ จากการเก็บข้อมูลพบปัญหาในด้านกระบวนการทำงานของพนักงานที่ขาดความกระตือรือร้น ใช้เวลานานกว่าที่จำเป็น และไม่ตระหนักถึงความสำคัญในการใช้พลังงาน โดยมีกรณีการใช้เครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่างตลอดระยะเวลาทำงาน นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพทางพลังงานต่ำ เนื่องจากมีการใช้งานยาวนาน ผู้วิจัยจึงนำหลักการลดความสูญเปล่าทางพลังงานตามแนวทางของลีนมาใช้พัฒนาแผนลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานในส่วนพฤติกรรมการใช้พลังงาน โดยเริ่มจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานของพนักงานเพื่อลดเวลาการเตรียมห้องพักจาก 35 นาที เหลือ 28 นาที กำหนดวิธีการทำงานให้มีการใช้แสงธรรมชาติแทนการใช้แสงจากหลอดไฟฟ้า ปรับอุณหภูมิในห้องพักให้เหมาะสมระหว่างการทำงาน และเปิดไฟในห้องนั้นเมื่อปฏิบัติงานเท่านั้น ซึ่งแผนงานที่นำเสนอเป็นการเปลี่ยนวิธีการทำงาน (Change) และ ลด (Reduce) ความสูญเปล่าทางพลังงานตามแนวทางของลีน นอกจากนี้ยังได้จัดทำเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานเตรียมห้องพักเพื่อให้เป็นมาตรฐานการทำงานและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการใช้พลังงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อติดตามและเปรียบเทียบผลการลดค่าใช้จ่ายพลังงานจากการเปลี่ยนวิธีการเตรียมห้องพัก ซึ่งคาดว่าจะสามารถลดพลังงานระหว่างเตรียมห้องพักได้ถึง 0.96 kWh คิดเป็น 4.02 บาทต่อการเตรียมห้องพัก 1 ห้อง และเปลี่ยน (Change) เวลาในการซักอบเป็นช่วง Off-Peak ซึ่งแผนงานทั้งสองนี้ไม่ใช้เงินลงทุนแต่คาดว่าจะสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้เท่ากับ 75,136.92 บาทต่อปี หรือลดลง 8.36 % เมื่อเทียบกับข้อมูลปี พ.ศ. 2566 พร้อมกันนี้ผู้วิจัยยังได้เสนอแผนงานที่ต้องใช้เงินลงทุนเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพทางพลังงานสูงซึ่งประกอบด้วย การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนจากแบบความเร็วคงที่เป็นแบบอินเวอร์เตอร์ เปลี่ยนหลอดไฟเป็นแบบ LED และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบปั้มน้ำ จากการประเมินความพึงพอใจต่อแผนงานที่นำเสนอพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุดและผู้ประกอบการจะ

ดำเนินการตามแผนงานด้านการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพทางพลังงานสูงซึ่งนำเสนอ พร้อมทั้งทบทวนแนวปฏิบัติเพื่อให้เกิดการปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้กระบวนการศึกษาทั้งหมดเป็นการประยุกต์ใช้หลักการ CAPDO ประกอบด้วย การตรวจสอบเพื่อระบุปัญหา (Check: C) การปรับปรุง (Action: A) การวางแผนหรือวางมาตรการ (Plan: P) และการลงมือปฏิบัติ (Do) มาใช้ในการดำเนินงาน ซึ่งทำให้ได้รู้ถึงความถูกต้องของหลักการ

อย่างไรก็ตาม แผนการเปลี่ยนแปลงวิธีการปฏิบัติงานจะสำเร็จได้เมื่อผู้ปฏิบัติงานให้ความร่วมมือ ซึ่งในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีทั้งทางนโยบายจากเจ้าของสถานประกอบการและทางปฏิบัติจากหัวหน้างานและผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้การทบทวนแผนงานและแนวปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอจะช่วยปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่องตามหลัก Kaizen และสามารถวางแผนการลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานในระดับที่สูงขึ้น เช่น การใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันเทคโนโลยีการผลิตสุมิพล. (2566). เอกสารฝึกอบรมหลักสูตร Lean IoT for Energy Course. *เอกสารหลักสูตร Lean IoT for Energy* รุ่นที่ 2. 24-26 ตุลาคม 2566.
- [2] Henao, R., & Sarache, W. (2023). "Effects of lean manufacturing on sustainable performance: results from two conceptual approaches." *In Journal of Manufacturing Technology Management*, 1741-038X, DOI 10.1108/JMTM-01-2023-0023.
- [3] Kojima, F. (2019). "A review of lean manufacturing: Its origins, principles, and applications." *International journal of production research*, 57(23-24), 7377-7403.
- [4] ปารุวัฒน์ ชูวงศ์, ชिरเดช ชีวนันทชัย และ สุมล แซ่เฮง พิสิษฐ์สังฆการ. (2558). การลดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานตัดเหล็กแผ่น. *วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 หน้า 42 - 52 มกราคม - มิถุนายน 2558
- [5] พจน์ชววิทย์ เลาะเลิศสุข, ศักดิ์ชาย รักการ, ปพน สิทธิอมชัย และ อนุญญา จินดาวัฒน์. (2556). การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสูง กรณีศึกษา: ระบบปรับอากาศ โรงแรมโนโวเทล แพลตินัม กรุงเทพฯ *วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 หน้า 48-56 กรกฎาคม - ธันวาคม 2556



ศัทธา สัทธิตกิติ

การศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง
การจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยรามคำแหง

การบริหารสินค้าคงคลังของวัสดุสำรองในการซ่อมบำรุงเพื่อลดต้นทุนการดำเนินงาน:กรณีศึกษา อาคารสำนักงานให้เช่า

Inventory Management of Spare Materials for Maintenance to Reduce Operating Costs: A Case Study of The Office Building for Rent.

วิริยะ จิววิกุล^{1*} และ สันห์ รัฐวิบูลย์²

¹สาขาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

มหาวิทยาลัยรามคำแหง ซอยรามคำแหง24 แยก18 แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 6514940014@rumail.ru.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

มหาวิทยาลัยรามคำแหง ซอยรามคำแหง24 แยก18 แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 san.r@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนในการซื้อวัสดุคงคลังเร่งด่วนและเสนอแนวทางการจัดการวัสดุคงคลังสำรองในการซ่อมบำรุงเพื่อลดต้นทุนในการดำเนินงานของอาคารสำนักงานให้เช่า จากการศึกษาพบว่าอาคารสำนักงานดังกล่าวประสบปัญหาต้องออกไปซื้อวัสดุคงคลังเร่งด่วนเนื่องจากวัสดุคงคลังไม่เพียงพอต่อการใช้งานและไม่ทราบว่าดำเนินการสั่งซื้อวัสดุคงคลังนั้นอย่างไร จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการแบ่งประเภทวัสดุคงคลังด้วยABC Analysis จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) เพื่อแก้ปัญหาได้ทำการใช้จุดสั่งซื้อใหม่และสินค้าคงคลังสำรองกับวัสดุคงคลัง ในกลุ่ม A B และ C ใช้ค่าความเชื่อมั่นที่ 99.95 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่ม ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อวัสดุเร่งด่วนได้ 37,440 บาท และได้หานโยบายในการสั่งซื้อที่เหมาะสมกับอาคารสำนักงานดังกล่าวโดยคำนึงถึงต้นทุนวัสดุคงคลังพบว่านโยบายการสั่งแบบรุ่นต่อรุ่น (LFL) มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีต้นทุนวัสดุคงคลังที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: การจัดการวัสดุคงคลัง; สินค้าคงคลังสำรอง; การแบ่งประเภทวัสดุคงคลัง

Abstract

The objectives of this research are to reduce the number of urgent purchases order of inventory materials and Propose guidelines for managing spare materials for maintenance to reduce operating costs of the office buildings for rent. The summary of this case shows the office buildings for rent was facing a problem, having to urgently purchase inventory materials. This is because the inventory of materials is insufficient for use and don't know how to proceed with ordering those inventory materials. From this problem, the researcher has used

guidelines. Assortment of inventory materials by ABC Analysis (Reorder Point and Safety Stock). To solve the problem by use the Reorder Point and reserve inventory and inventory materials in the A B and C group. Use the confidence value at 99.95 and 90 %. Order of magnitude of each group. Can reduce the cost of purchasing urgent materials is 37,440 THB. And has found an ordering policy that is appropriate for the office buildings. By taking into account the cost of inventory materials. Has found LFL policy It is most suitable because it has the most suitable inventory cost.

Keywords: Inventory Management; Safety Stock; ABC Analysis

1. บทนำ

คลังสินค้าเป็นส่วนสำคัญของการบริหารจัดการธุรกิจ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพและความสำเร็จของธุรกิจ เพราะในแต่ละธุรกิจต่างมีคลังสินค้า มีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสินค้า ค่าเสื่อมสภาพของสินค้า หากธุรกิจจัดการคลังสินค้าได้ดีก็ส่งผลให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า คลังสินค้าหากเตรียมได้ดีจะช่วยให้อุปกรณ์มีสินค้าพร้อมให้บริการลูกค้า ตามความต้องการ สร้างความพึงพอใจ ความเชื่อมั่นให้ธุรกิจ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าเกินความจำเป็น ช่วยให้การจัดเก็บสินค้าอยู่ในสภาพที่เหมาะสมช่วยป้องกันความเสียหายหรือความสูญเสียจากการจัดเก็บที่ไม่ถูกต้อง สามารถวางแผนจัดการสินค้าในกรณีฉุกเฉิน เช่น ช่วงขาดแคลน สถานการณ์ภัยพิบัติ ช่วงต้องการสินค้าเร่งด่วน ช่วงโรคระบาด เป็นต้น

จากความสำคัญดังกล่าวทางกรณีศึกษาอาคารสำนักงานให้เช่าเป็นผู้ให้บริการเช่าพื้นที่พร้อมสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการ ดังนั้นจึงทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการวัสดุคงคลังให้เพียงพอต่อการใช้งาน โดยใช้การแบ่งประเภทวัสดุคงคลังด้วย ABC Analysis เพื่อจัดความสำคัญของวัสดุ หากจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) เพื่อแก้ปัญหาวัสดุคงคลังไม่เพียงพอต่อการใช้งานภายในสำนักงานให้เช่า และได้หาแนวทางการหาขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมกับกรณีศึกษาให้ตรงกับนโยบาย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

โดยใช้ 6 วิธี ได้แก่ Lot-For-Lot, Economic Order Quantity, Period Order Quantity, Part Period Balancing, Silver-Meal Method และ Least Unit Cost นำมาเปรียบเทียบเรื่องต้นทุนรวมในการซื้อวัสดุคงคลังเพื่อที่จะได้ขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมตอบสนองนโยบายของบริษัทเพื่อที่จะแข่งขันกับคู่แข่งทางด้านธุรกิจที่มีเพิ่มมากขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาต้องออกไปซื้อวัสดุคงคลังเร่งด่วนเนื่องจากวัสดุคงคลังไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้ต้นทุนในการดำเนินการสูงเนื่องจากต้องใช้กำลังคนในการออกไปซื้อวัสดุคงคลังที่จำเป็นต้องใช้โดยราคาที่สูงขึ้นเป็นราคาปลีกส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมราคาในการซื้อในแต่ละครั้งได้ มีค่าใช้จ่ายในการออกไปซื้อ และทำให้ขาดความพึงพอใจต่อผู้ให้บริการเนื่องจากต้องรอวัสดุที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละกรณี ซึ่งในธุรกิจด้านงานบริการเป็นธุรกิจที่ต้องพร้อมให้บริการลูกค้าและลูกค้าสามารถเลือกใช้ผู้ให้บริการที่อำนวยความสะดวกสูงสุดได้หลากหลาย การจัดการสินค้าคงคลังโดยหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) เป็นการแก้ปัญหาวัสดุคงคลังไม่เพียงพอต่อการใช้งานจนนำไปสู่การออกไปซื้อวัสดุคงคลังเร่งด่วน โดยเริ่มจากแบ่งประเภทวัสดุคงคลังด้วย ABC Analysis [1] เพื่อให้รู้ว่าควรให้ความสำคัญและสนใจในการควบคุมวัสดุคงคลังประเภทไหน โรงงานผลิตยางซิติโคนแห่งหนึ่งประสบปัญหาเรื่องวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อการผลิตส่งผลให้ผลิตสินค้าออกมาไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า จึงได้นำจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) มาช่วยแก้ปัญหาในการตัดสินใจเพื่อให้ทราบว่าควรสั่งซื้อสินค้าหรือวัสดุใหม่เมื่อวัสดุเหลือปริมาณเท่าไร [2] เนื่องจากการหาจุดสั่งซื้อใหม่ ให้นำหนักถึงอัตราการใช้งาน เวลาในการสั่งซื้อ และจำนวนสินค้าคงคลังสำรอง โดยการนำข้อมูลทั้งหมดนี้มาคำนวณหาจุดสั่งซื้อใหม่ ทำให้ทราบว่าจุดสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสมกับโรงงานตัวอย่างที่รวบรวมข้อมูลสินค้า โดยโรงงานดังกล่าวจะไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนวัสดุ สินค้าคงคลัง หรือโอกาสขาดแคลนน้อยกว่าควรจะเป็น เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าทางโรงงานตัวอย่างจะสั่งซื้อสินค้าเมื่อเหลือสินค้าปริมาณเท่าไร โดยจำนวนสินค้าคงคลังสำรองหากมีมากเกินไปก็จะทำให้ต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังมากขึ้นตาม ฉะนั้นจึงต้องอยู่ที่นโยบายของโรงงานดังกล่าวว่า ต้องการลดปัญหาการขาดแคลนวัสดุนั้นเพียงใดแล้วจะบริหารจำนวนสินค้าคงคลังสำรองมากน้อยเพียงใด โดยไม่จำเป็นว่าแต่ละปีจะต้องมีปริมาณคงที่สามารถนำไปพิจารณาได้เป็นรายเดือนได้ เพื่อให้ทันต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือนได้ การแบ่งประเภทวัสดุคงคลังด้วย ABC Analysis เป็นการจัดการสินค้าคงคลังโดยสินค้ามีมูลค่าสูงในคงคลังซึ่งจัดเป็นจำนวนเงินที่ใช้ไป (อุปสงค์ราคาต่อหน่วย) จะต้องมีจัดการและควบคุมอย่างใกล้ชิด โดยปกติแล้วจะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ A, B, และ C โดยกลุ่ม A เป็นกลุ่มที่มีมูลค่าสูงมีปริมาณไม่มากประมาณร้อยละ

15-20 ของรายการทั้งหมดแต่มีมูลค่าประมาณร้อยละ 75-80 ของมูลค่าทั้งหมด กลุ่ม B มีมูลค่าปานกลางมีจำนวนประมาณร้อยละ 30-40 ของรายการทั้งหมด มีมูลค่าประมาณร้อยละ 15 ของมูลค่าทั้งหมดและกลุ่ม C เป็นกลุ่มที่มีมูลค่าต่ำที่สุด มีจำนวนประมาณร้อยละ 40-50 ของทั้งหมดแต่มีมูลค่าเพียงประมาณร้อยละ 5-10 ของมูลค่าทั้งหมดเท่านั้นเป็นกลุ่มที่มีมูลค่ารวมน้อยที่สุด การแบ่งประเภทตามขั้นตอนดังกล่าวจะช่วยลดภาระการดูแล ตรวจสอบ และควบคุมวัสดุคงคลังที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าจะควบคุมทุกประเภทอย่างเข้มงวดเท่ากันจะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมากเกินไปเกินความจำเป็น หาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) เป็นการควบคุมวัสดุคงคลังของกิจการให้สามารถจัดการได้อย่างต่อเนื่องจะทำให้สามารถกำหนดการสั่งซื้อครั้งใหม่ได้เมื่อพบว่าวัสดุคงคลังลดลงเหลือระดับที่กำหนดโดยมีสมการในการหาดังนี้

$$\text{จุดสั่งซื้อใหม่} = (\bar{d} \times L) + Z(\sigma_d)\sqrt{L} \quad (1)$$

โดยที่

\bar{d}	=	ค่าเฉลี่ยของอุปสงค์สินค้าต่อช่วงเวลา
L	=	เวลาในการสั่งซื้อสินค้า (วัน)
Safety Stock	=	$Z(\sigma_d)\sqrt{L}$
Z	=	ค่าระดับความเชื่อมั่นว่าจะมีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการ
σ_d	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์
d	=	อุปสงค์ของสินค้า

ค่า Z เป็นค่าความน่าจะเป็นที่เป็นค่าทางสถิติได้จากตารางการแจกแจงปกติ (Number of Standard Deviation) เช่น ถ้าทางบริษัทมีนโยบายจะตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้ 95 เปอร์เซ็นต์หมายความว่าบริษัทจะยอมให้มีความผิดพลาดกับลูกค้าได้ 5 เปอร์เซ็นต์หรือยอมให้มีสินค้าขาดมือ ไม่เพียงพอต่อความต้องการได้ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นความน่าจะเป็นของความสามารถในการให้บริการจะเท่ากับ 0.95 และเกิดความขาดแคลนสินค้าเท่ากับ 0.05 เมื่อเปิดตารางการแจกแจงปกติ จะได้ค่า $Z = 1.645$

เมื่อได้จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) แล้วต่อไปเป็นการหาแนวทางการหาขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยทั่วไปนิยมใช้ Economic Order Quantity (EOQ) แต่ EOQ ใช้กับอัตราความต้องการเป็นแบบคงที่แต่ในความเป็นจริงมักจะเกิดความไม่แน่นอนในการใช้งานเกิดขึ้น ดังนั้นต้องนำข้อมูลมาพิจารณาว่าอัตราความต้องการมีความแน่นอนเพียงพอที่จะใช้ EOQ หรือไม่ ปีเตอร์สันและซิลเวอร์ได้เสนอแนะขั้นตอนการคำนวณดังนี้

$$VC = \frac{\text{Est. var } D}{\bar{d}^2} \quad (2)$$

$$\text{Est. var } D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2 - \bar{d}^2 \quad (3)$$

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากการคำนวณของปีเตอร์สันและซิลเวอร์ ความต้องการมีความแน่นอนหากค่า $VC < 0.2$ จะทำให้มีความเหมาะสมที่จะใช้ EOQ แต่ถ้าค่า $VC \geq 0.2$ [3] ต้องพิจารณาใช้วิธีอื่นในการคำนวณนโยบาย Lot-For-Lot (LFL) มีหลักการคือสั่งซื้อในปริมาณที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาเท่านั้นวิธีนี้จะทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายของวัสดุคงคลังปลายงวด แต่จะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสูง [4-5] เทคนิคปริมาณการสั่งตามช่วงเวลา Periodic Order Quantity (POQ) เป็นเทคนิคที่ใช้การแปลงค่า EOQ เป็นช่วงเวลาในการตอบสนองความต้องการเนื่องจากความต้องการที่เกิดขึ้นนั้นไม่คงที่โดยมีสมการดังนี้

$$N = \frac{EOQ}{d} \quad (4)$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2CoD}{Cc}} \quad (5)$$

โดยที่

- Co = ต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้ง (บาท)
D = อุปสงค์หรือความต้องการสินค้าต่อปี (หน่วย)
Cc = ต้นทุนการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี (บาท)

มีนโยบายส่วนของช่วงเวลาที่สุด Part Period Balancing (PPB) เป็นวิธีที่จะเลือกค่าใช้จ่ายการถือครองวัสดุคงคลังกับค่าใช้จ่ายในการสั่งใกล้เคียงกัน นโยบาย Silver-Meal (SM) เป็นเทคนิคที่ค่อนข้างได้รับความนิยมเพราะเป็นเทคนิคที่พยายามจะเลือกค่าใช้จ่ายวัสดุคงคลังสะสมต่อช่วงเวลาต่ำที่สุดในแต่ละช่วงเวลามาใช้ในการสั่งซื้อ วิธีการขนาดรุ่นการสั่งแบบค่าใช้จ่ายต่อหน่วยน้อยที่สุด Least Unit Cost (LUC) เป็นวิธีที่คล้ายกับ SM เว้นแต่เพียงในการเลือกพิจารณาหาขนาดรุ่นการสั่งแต่ละครั้งจะครอบคลุมความต้องการที่ถูกสะสมไปเรื่อยๆจนกระทั่งค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยเพิ่มขึ้นแต่จะใช้ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยที่ต่ำที่สุด

3. ขั้นตอนการทำวิจัย

นำข้อมูลอุปสงค์การใช้วัสดุคงคลังของบริษัทตัวอย่างในปี 2565 มาแบ่งประเภทโดยใช้ ABC Analysis เพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 ประเภทคือ A B และ C ข้อมูลวัสดุคงคลังในปี 2565 มีจำนวนทั้งหมด 214 ชนิด ได้ประเภท A จำนวน 45 ชนิด ประเภท B จำนวน 40 ชนิด และประเภท C จำนวน 129 ชนิด ซึ่งในปี 2565 มีการออกไปซื้อวัสดุคงคลังเร่งด่วนจำนวน 104 ครั้ง ค่าสิ้นเปลืองที่ต้องออกไปซื้อวัสดุเร่งด่วนรวมทั้งสิ้น 37,440 บาท เมื่อนำข้อมูลที่จำแนกมาคิดแล้วจะได้เป็นจำนวนที่ออกไปซื้อวัสดุคงคลังเร่งด่วนประเภท A จำนวน 29 ครั้ง ประเภท B จำนวน 14 ครั้ง และประเภท C จำนวน 61 ครั้ง โดยนำประเภท A มาหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) โดยใช้ค่าความเชื่อมั่นที่ 99 จะได้ค่า Z ที่ 2.325 ประเภท B ใช้ค่าความเชื่อมั่นที่ 95 จะได้ค่า Z ที่ 1.645 และประเภท C ใช้ค่าความเชื่อมั่นที่ 90 จะได้ค่า Z ที่ 1.282 จะทำให้ลดการออกไปซื้อวัสดุคงคลัง

เร่งด่วนได้ และนำข้อมูลไปหาค่า VC เพื่อตรวจสอบว่าอัตราความต้องการมีความแน่นอนเพียงพอที่จะใช้ EOQ หรือไม่ จากการตรวจสอบพบว่า ค่า VC ของทั้งหมดมีค่ามากกว่า 0.2 ทำให้ไม่สามารถใช้ EOQ ในการหาขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมได้ จึงต้องใช้วิธีการอื่นดังนี้ Lot-For-Lot, Period Order Quantity, Part Period Balancing, Silver-Meal Method และ Least Unit Cost นำมาเปรียบเทียบกับเรื่องต้นทุนรวมในการซื้อวัสดุคงคลังเพื่อที่จะได้ขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสม ใช้ข้อมูลประเภท A จำนวน 15 รายการที่มีมูลค่ารวม 50.01% ของวัสดุคงคลังทั้งหมด โดยผลที่ได้คือ Period Order Quantity มีต้นทุนรวมในการซื้อวัสดุคงคลังมากกว่าวิธีอื่นเฉลี่ยถึง 53.03% ส่วน Lot-For-Lot, Part Period Balancing, Silver-Meal Method และ Least Unit Cost มีต้นทุนรวมใกล้เคียงกันมีผลต่างเฉลี่ยเพียง 0.934% สามารถเลือกใช้ 1 ใน 4 ของวิธีดังกล่าวได้ โดยวิธีที่ง่ายต่อการใช้งานที่สุดจะเป็นวิธี Lot-For-Lot เพราะเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนซื้อสินค้าตามปริมาณที่จะใช้งาน

4. ผลการทำวิจัย

จากที่นำข้อมูลอุปสงค์การใช้วัสดุคงคลังในปี 2565 ดังในแผนภาพ Pareto ได้ ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพ Pareto ได้อุปสงค์การใช้วัสดุคงคลังในปี 2565

มาแบ่งประเภทโดยใช้ ABC Analysis ได้สินค้าวัสดุคงคลังประเภท A ที่มีมูลค่ารวมร้อยละ 80 ของวัสดุคงคลังในปี 2565 มาหา ROP และ Safety stock หากอุปสงค์และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์มีมากจะทำให้ ROP และ Safety Stock มากขึ้นตามทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าระดับความเชื่อมั่นว่าจะมีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการ (Z) มากน้อยเพียงใด แต่จากนโยบายของบริษัทตัวอย่างกำหนดให้ที่ ประเภท A B และ C มีค่าความเชื่อมั่นที่ 99, 95 และ 90 ตามลำดับเมื่อนำค่าความเชื่อมั่นไปหาค่า Z จากตารางแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติมาตรฐานจะได้ค่า Z ที่ 2.325, 1.645 และ 1.282 ตามลำดับนำข้อมูลของประเภท A มาแสดงในตารางที่ 1 โดยแสดง Code ของสินค้า จำนวนที่ใช้ต่อปี จำนวน Safety Stock และ ROP

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 ข้อมูลCodeของสินค้า จำนวนที่ใช้ต่อปี Safety Stock และROP ของประเภท A

Code	จำนวนที่ใช้ต่อปี	Safety Stock	ROP
A004	18	2.8	4
A005	12	2.7	3
A006	12	2.7	3
A007	9	1.7	2
A010	14	1.4	2
A011	142	8.2	13
A015	6	1.3	2
A016	20	4.2	5
A034	5	1.3	2
A042	23	7.6	9
A064	3	0.8	1
A080	8	1.3	2
A081	6	0.9	2
A082	6	0.9	2
A084	34	3.5	5
A086	66	4.8	7
A089	46	3.4	5
A091	3	0.8	1
A095	3	0.8	1
A098	18	2.1	3
A103	50	2.3	4
A104	7	1.2	2
A133	39	3.2	5
A134	173	16.9	22
A135	41	8.6	10
A136	501	34.2	48
A137	43	3.7	5
A139	58	7.7	10
A143	105	9.2	13
A144	77	8.0	11
A146	36	5.4	7
A149	72	4.6	7
A150	41	6.5	8

Code	จำนวนที่ใช้ต่อปี	Safety Stock	ROP
A157	265	17.9	26
A163	53	6.9	9
A171	28	2.6	4
A178	13	2.0	3
A190	3	0.8	1
A193	67	4.0	6
A195	8	1.2	2
A196	14	2.4	3
A197	21	3.1	4
A200	21	3.2	4
A202	518	14.8	29
A213	81	2.6	5

การหาขนาดการสั่งซื้อของวัสดุคงคลังประเภท A ก่อนที่จะพิจารณาใช้ EOQ ต้องตรวจสอบค่า VC ของข้อมูลว่ามีค่าต่ำกว่า 0.2 จากข้อมูลของบริษัทตัวอย่างพบว่าค่า VC มากกว่า 0.2 ทำให้ไม่สามารถใช้ EOQ ในการหาขนาดการสั่งซื้อของวัสดุคงคลัง จึงต้องใช้วิธีการอื่นคือ Lot-For-Lot, Period Order Quantity, Part Period Balancing, Silver-Meal Method และ Least Unit Cost มาเปรียบเทียบต้นทุน จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนของขนาดการสั่งซื้อของวัสดุคงคลังประเภท A แต่ละแบบ

ชื่อวัสดุ	LFL	PPB	SM	LUC	POQ
A004	2104	2104	2149	2104	4692
A136	33117	33117	33117	33117	33117
A016	1826	1826	1826	1826	7512
A010	2658	2504	2426	2549	5673
A193	6308	6308	6766	6676	11897
A178	1997	1997	1965	2042	6715
A098	2704	2626	2549	2626	6654
A089	5220	5220	5401	6782	13230
A134	12607	12607	12607	12607	20190

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ชื่อวัสดุ	LFL	PPB	SM	LUC	POQ
A005	1336	1336	1336	1336	2117
A202	34159	34159	34159	34159	34159
A103	5466	5466	5724	5466	12617
A157	18647	18647	18647	18647	34737
A007	1352	1352	1352	1597	2423
A086	6447	6447	6750	6447	13307
	135948	135716	136774	137981	209040

จากตารางที่ 2 พบว่าขนาดการสั่งซื้อแบบ POQ มีต้นทุนรวมในการซื้อวัสดุคงคลังมากกว่าวิธีอื่นเฉลี่ยถึง 53.03% ส่วนวิธี LFL PPB SM และ LUC มีต้นทุนรวมใกล้เคียงกันมีผลต่างเฉลี่ยเพียง 0.934% สามารถเลือก 1 ใน 4 วิธีที่ง่ายต่อการคิดมาใช้แทนได้ จากทั้ง 4 วิธีทางบริษัทเลือกที่จะใช้วิธี LFL คือวิธีที่สั่งซื้อในปริมาณที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาเท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนบุคลากรภายในบริษัทสามารถทราบขนาดการสั่งซื้อได้ด้วยตนเอง

จากการหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) และขนาดการสั่งซื้อ ทำให้บริษัทลดต้นทุนในการซื้อวัสดุเร่งด่วนที่จะต้องเสียคือ ค่ารถ ค่าแรงพนักงาน ค่าใช้จ่ายที่จะต้องไปซื้อวัสดุเร่งด่วนในปี 2565 รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 37,440 บาท

5. สรุป

จากปัญหาของอาคารสำนักงานให้เข้าใจในเรื่องการออกไปซื้อวัสดุคงคลังเร่งด่วนเนื่องจากวัสดุคงคลังไม่เพียงพอต่อการใช้งานและไม่ทราบว่าค่าดำเนินการสั่งซื้อวัสดุคงคลังนั้นอย่างไร จึงได้ใช้แนวทางการจัดการวัสดุคงคลังโดยการแบ่งประเภทวัสดุคงคลังด้วย ABC Analysis จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) ได้ทำการใช้จุดสั่งซื้อใหม่และสินค้าคงคลังสำรองกับวัสดุคงคลัง ในกลุ่ม A B และ C ใช้ค่าความเชื่อมั่นที่ 99 95 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มทำให้สามารถลดต้นทุนในการซื้อวัสดุเร่งด่วนได้ถึง 37,440 บาท และได้เสนอนโยบายขนาดการสั่งซื้อโดยมีต้นทุนของ

ขนาดในการสั่งซื้อต่ำสุดที่เหมาะสมกับบริษัทตัวอย่างและสามารถนำไปใช้ต่อยอดในปีต่อไปเนื่องจากเป็นวิธีคิดที่ง่ายต่อการใช้งาน

จากงานวิจัยดังกล่าวเป็นการนำข้อมูลของปี 2565 มาใช้เท่านั้นซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลเดิมมาพิจารณาในการหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) และเสนอนโยบายขนาดการสั่งซื้อซึ่งในปีถัดไปการใช้งานอาจมีการเปลี่ยนแปลงในการใช้งาน เพราะฉะนั้นจากการพิจารณาในงานวิจัยนี้ไม่สามารถใช้ผลเดิมได้ตลอดไป เนื่องด้วยเช่น สภาพการใช้งาน สภาพความเสื่อมของอาคาร สภาพเศรษฐกิจ และอื่นๆที่เปลี่ยนไป ทำให้ต้องมีการพิจารณาตามความเหมาะสมในอนาคตซึ่งอยู่ในพื้นฐานเดิมหรือมีการเปลี่ยนแปลงนโยบายของบริษัท ทั้งในด้านค่าความเชื่อมั่น นโยบายการสั่งซื้อที่เปลี่ยนไปพื้นที่จัดเก็บ ค่าใช้จ่ายในการถือครอง ค่าใช้จ่ายในการส่ง หรืออื่นๆที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลง จึงสมควรที่จะนำข้อมูลการใช้วัสดุคงคลังมาคิดพิจารณาใหม่ตามความเหมาะสมของบริษัท เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมอยู่เสมอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] คำนาย อภิปรัชญาสกุล, การจัดการสินค้าคงคลัง, พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: บริษัท โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชซิง จำกัด, 2563.
- [2] ชัยชนก จันทร์หอม, “การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เพื่อกำหนดการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดของโรงงานผลิตยางซิลิโคนแห่งหนึ่ง,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม, ประเทศไทย, 2564.
- [3] ทิพย์ สถิตาภรณ์, การจัดการวัสดุคงคลังในโซ่อุปทาน, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559.
- [4] จีร์รีคณ์ อ้วนเสมอ, “การจัดการวัสดุคงคลังเคมีในอุตสาหกรรมการผลิตผ้าใบไตรคอร์ดด้วยวิธีการกำหนดการสั่งซื้อ,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 24, ฉบับที่ 2, พฤษภาคม - สิงหาคม 2557
- [5] ชูกฤต นรวรรณ, “การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อแบบพลวัตและสินค้าคงคลังปลอดภัยของวัตถุดิบของบริษัทอูนิเมียม,” งานสัมมนาทางวิชาการวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการอุตสาหกรรม, ครั้งที่ 2, 2561



วิริยะ จิววิกุล

การศึกษา ป.ตรี มหาวิทยาลัยศิลปากร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
งานวิจัยที่สนใจ ด้านการบริหารงานวิศวกรรม

การพัฒนาาระบบเพื่อติดตามคุณภาพน้ำด้วยเทคโนโลยี IoT ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Development of IoT-based Water Quality Monitoring System at Rambhai Barni Rajabhat University

จักรกฤษ มีเพชร^{1*} กุลวัลย์ วรณสิน² และ นันทวรรณ อ่ำเอี่ยม³

^{1,2}สาขาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

¹6514940007@rumail.ru.ac.th ³nanthawan@rumail.ru.ac.th

²สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

³kulwarun@ru.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้ IoT (Internet of Things) เทคโนโลยีที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ผ่านอินเทอร์เน็ตกำลังถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำประปาที่ประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำประปาโดยใช้ IoT โดยระบบนี้ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดค่า pH ความขุ่น ระดับน้ำถังน้ำใส และระดับน้ำหอถังสูง ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งรวบรวมข้อมูลข้อมูลคุณภาพน้ำประปาถูกส่งไปยังคลาวด์ผ่านเครือข่ายเซลลูลาร์เพื่อเก็บข้อมูลที่ Google Sheets ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลและแสดงผลผ่าน Looker Studio ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลน้ำประปาแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บแอปพลิเคชันแสดงผลในรูปแบบของ Dashboard ได้ สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีจำนวน 29 ท่าน พบว่าค่าเฉลี่ยผลสำรวจการใช้งานระบบและผลการประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาอุปกรณ์มีค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 4.34 ส่วนการปรับปรุงการแสดงผลบน Dashboard มีค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 4.44 โดยทั้งสองค่านี้แสดงถึงความพึงพอใจในระดับมาก แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของการพัฒนาระบบนี้ในการปรับปรุงคุณภาพการติดตามคุณภาพน้ำประปาและการให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : IoT; การติดตามคุณภาพน้ำ; น้ำประปา; เซ็นเซอร์; ไมโครคอนโทรลเลอร์; คลาวด์

Abstract

The Internet of Things (IoT), a technology that connects devices through the internet, is being used to develop efficient water quality monitoring systems. This research aims to develop an IoT-based water quality monitoring system within Rambhai Barni Rajabhat University. The system comprises various sensors, including pH, turbidity sensors, level clear water sensor and level water sensors, connected to a microcontroller water quality data is transmitted via the cellular network to the cloud and stored in Google Sheets for data storage. Looker Studio is used for data visualization. Users can view real-time water quality data through a web application presented on a dashboard. To evaluate the system's effectiveness, twenty nine water treatment plant personnel within the university were randomly sampled. The average satisfaction score for device development exceeded 4.34,

and the average satisfaction score for dashboard improvement exceeded 4.44. Both scores represent high levels of satisfaction, demonstrating the system's success in enhancing water quality monitoring and providing users with efficient and real-time data access.

Keywords: IoT; water quality monitoring; drinking water; sensors; Microcontroller; cloud

1. บทนำ

น้ำประปาเป็นปัจจัยสำคัญต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ การดื่มน้ำที่มีคุณภาพดีจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีให้ความสำคัญกับสุขภาพและความปลอดภัยของนักศึกษา บุคลากร และผู้มาเยือน จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการติดตามคุณภาพน้ำประปาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้แน่ใจว่าปลอดภัยสำหรับการดื่ม

หลักเกณฑ์กำหนดคุณภาพน้ำประปาคุณภาพน้ำดื่มและได้น้ำประปาที่มีมาตรฐาน สะอาด ปลอดภัย อีกทั้งเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับประชาชนในการใช้น้ำประปาเพื่ออุปโภคบริโภค มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาการประปาส่วนภูมิภาค กำหนดคุณลักษณะทางกายภาพ ความขุ่นไม่เกิน 4 NTU ความเป็นกรด-ด่าง 6.5-8.5 [1] น้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคแล้วนำไปให้ประชาชนได้

ที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำศึกษาพัฒนาระบบอ่านข้อมูลระยะไกลและจัดทำเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้บอร์ดคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คการทำงาน ของระบบตรวจวัดน้ำและส่งข้อมูลสัญญาณไร้สาย 3G ส่งสัญญาณจากตัวรับรู้ระดับอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดด่างจากแหล่งน้ำมหาวิทยาลัยบูรพาจังหวัดชลบุรี เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ [2] ศึกษาการพัฒนา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงผลการวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงผลการตรวจคุณภาพน้ำในชุมชนแสดงตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างบนแผนที่ ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลและเข้าถึงข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำในพื้นที่ได้ [3] ศึกษาการพัฒนา ระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบจากบอร์ดคอมพิวเตอร์อ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง หลังจากนั้น โหนดเอ็มซียู

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เชื่อมต่อผ่านสัญญาณไฟฟ้าและเก็บข้อมูลไว้บนฐานข้อมูลสำหรับการเรียกดูผลย้อนหลังได้ [4] ศึกษาการพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชันเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิ และค่าความขุ่นได้ แสดงผลข้อมูลออกมาในรูปแบบของตาราง กราฟได้ [5]

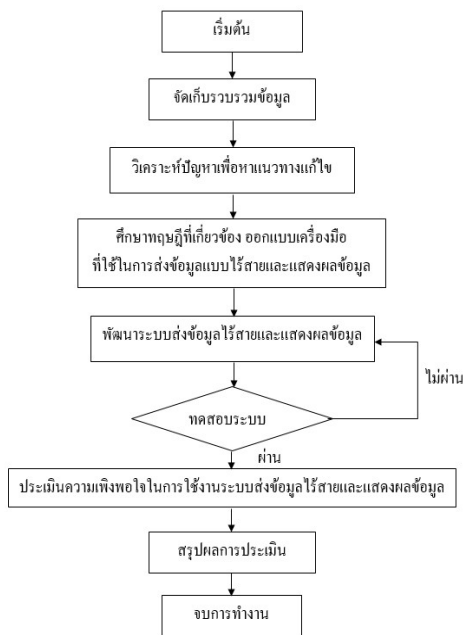
ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยี IoT ได้เข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของเราในหลายด้าน รวมถึงการดูแลและบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในพื้นที่ที่ IoT เกิดผลดีอย่างมากคือการติดตามและการจัดการคุณภาพของน้ำ ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่มีผลต่อการใช้งานและการดูแลสุขภาพของมนุษย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี ได้มีการผลิตน้ำประปาเพื่อการใช้สอย อุปโภคและบริโภคภายในมหาวิทยาลัยโดยใช้การติดตามคุณภาพระบบ Analog Signal มีการส่งข้อมูลแสดงที่กลุ่มไลน์เฉพาะผู้เกี่ยวข้องในการผลิตส่งผลให้การเข้าถึงภาคประชาชนที่ให้บริการบริการเป็นไปได้ยาก

ดังนั้นผู้ศึกษามีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำด้วยเทคโนโลยี IoT ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างการเปลี่ยนแปลงดิจิทัลในการบริหารจัดการภายในองค์กร โดยระบบนี้ช่วยให้สามารถติดตามควบคุมน้ำอย่างต่อเนื่องผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2.วิธีดำเนินงานวิจัย

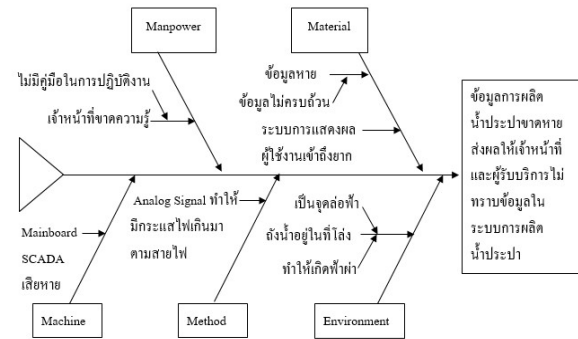
ผู้ศึกษาได้ดำเนินการจัดผังดำเนินงานวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 ผังการดำเนินงานวิจัย

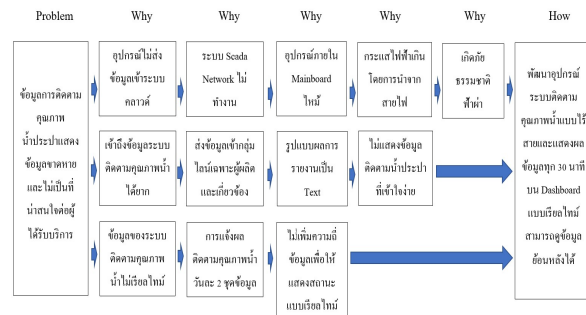
2.1 วิธีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษารวบรวมข้อมูลสาเหตุที่เกิดขึ้นของการส่งข้อมูล การติดตามของการผลิตน้ำประปาจากกรณีศึกษาด้วย ผังกระดูกปลา (Fish Bone Diagram) ดังแสดงใน รูปที่ 2 เป็นวิธีการมองภาพรวมและความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาเพื่อตัดสินใจหาแนวทางแก้ไข โดยกำหนดปัญหาไว้ที่หัวปลา วิเคราะห์และกำหนดสาเหตุหลักของปัญหาที่ก้างปลาใหญ่/หลัก ให้ครบถ้วนโดยระบุปัจจัยที่เฉพาะเจาะจงใช้ในการระดมความคิดเพื่อนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุหลักได้แก่ 4 M 1 E (Manpower, Method, Material, Machine, Environment)



รูปที่ 2 แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์ถึงปัญหาและสาเหตุ

การศึกษาทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วย 5 Why Analysis [6] ดังแสดงใน รูปที่ 3 พบแนวทางการแก้ไขปัญหาที่แท้จริงจากผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา



รูปที่ 3 ผลวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วย 5 Why Analysis

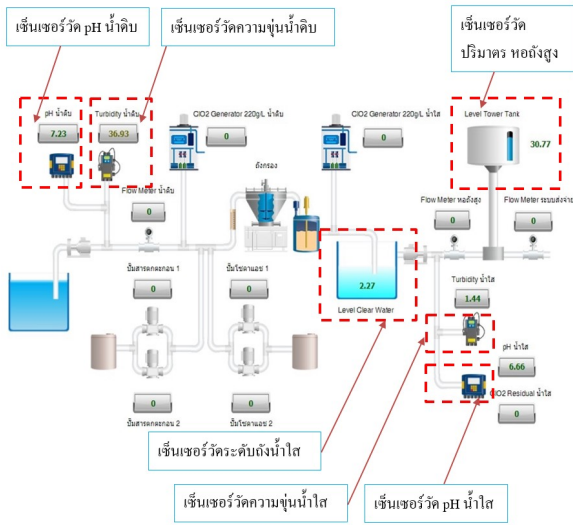
2.2 พัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือใช้ในการปรับปรุง

ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา สืบนำติดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เข้าสู่การปรับปรุงคุณภาพ โดยการใส่สารส้มหรือปูนขาวในการตกตะกอนและปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง จากนั้นส่งน้ำเข้าไปยังถังตกตะกอนให้ตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ตกสู่ก้น ถังจนได้น้ำที่มีความใสสะอาด ขั้นตอนต่อไปเข้าสู่กระบวนการกรอง เพื่อให้ได้น้ำที่มีความใสสะอาดอย่างแท้จริง ใส่คลอรีนในอัตราส่วนที่

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

พหุเหมาะเพื่อฆ่าเชื้อโรคแต่ไม่ให้เกิดอันตรายต่อร่างกายแล้วนำไปเก็บที่
 ถังน้ำใสเพื่อรอการสูบจ่ายและสุดท้ายสูบขึ้นหอถังสูงเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำ
 ให้ระบบการส่งน้ำไปได้ไกล การดำเนินการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย
 การออกแบบเครื่องมือแบบปรับปรุงพัฒนาเครื่องมือติดตามคุณภาพน้ำ
 และติดตั้งทดลองใช้งานแบบถ่วงน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 4

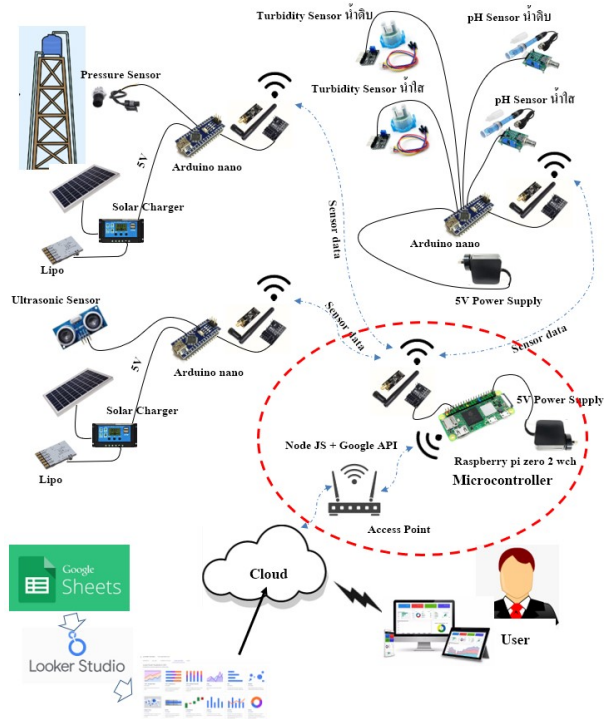


รูปที่ 4 บริเวณติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดน้ำ

1.งานวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบเครื่องมือส่งข้อมูล pH น้ำดิบ
 ความขุ่นน้ำดิบ pH น้ำใส ความขุ่นน้ำใส ระดับน้ำถังน้ำใส ระดับน้ำหอ
 ถังสูง แบบปรับปรุงใน โรงผลิตน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏ
 รำไพพรรณี เพื่อให้ระบบมีความถูกต้องครอบคลุมผู้ศึกษาจึงดำเนินการ
 แบบถ่วงน้ำหนักระบบเดิม

2.การศึกษาการพัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino และ
 Raspberry pi [7] ผู้ศึกษาเลือก Arduino nano ร่วมกับอุปกรณ์สื่อสาร
 nRF24L01 เป็นเครื่องมือสื่อสารส่ง-รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัด pH น้ำดิบ,
 ความขุ่นน้ำดิบ pH น้ำใส ความขุ่นน้ำใส ระดับน้ำถังน้ำใส ระดับน้ำหอ
 ถังสูง แบบปรับปรุงพัฒนาจากระบบเดิมที่ทางมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพ
 พรรณี ใช้งานในปัจจุบันดังรูปที่ 5 และใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
 Raspberry Pi ร่วมกับอุปกรณ์สื่อสาร nRF24L01 เป็น Middleware เข้าสู่
 ระบบ Internet โดย Access Point นำข้อมูล ไปบันทึกที่ที่คลาวด์แสดงผล
 ข้อมูลยัง Google Sheets ด้วย JavaScript และ Node JS [8]

3.การออกแบบ Dashboard ผู้ศึกษาเลือกใช้ Looker Studio ใน
 การออกแบบโดยใช้ผลที่แสดงของเซ็นเซอร์ ใน Google Sheets มา
 แสดงผลในรูปแบบ Dashboard และให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าสู่ข้อมูล
 แบบเรียลไทม์ได้อย่างรวดเร็วตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้ จากการศึกษา
 สรุปภาพระบบวงจรรวมโดยแสดงดัง รูปที่ 5



รูปที่ 5 ภาพระบบวงจร โดยรวม

2.3 ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบอุปกรณ์ pH น้ำดิบ ความขุ่นน้ำดิบ
 pH น้ำใส ความขุ่นน้ำใส ระดับน้ำถังน้ำใส ระดับน้ำหอถังสูง เทียบกับ
 อุปกรณ์เดิมของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ใช้งานอยู่ โดย
 ประชากรตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 9 คน ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่โรงผลิต
 น้ำประปา วิศวกร หัวหน้างานอาคารสถานที่และบริการและผู้บริหาร
 ผลทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ pH น้ำดิบ ความขุ่นน้ำดิบ pH
 น้ำใส ความขุ่นน้ำใส ระดับน้ำถังน้ำใส ระดับน้ำหอถังสูง โดยส่งข้อมูล
 เข้า Google Sheets ดัง รูปที่ 6 ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถส่ง
 ข้อมูลเข้าระบบได้

Date	Time	pH IN	TurbidityIN	pH OUT	TurbidityOUT	LevelWaterClear	LevelTowerTank
2024-01-21	14:50:47	7.81	89.50	8.02	2.68	2.56	32.45
2024-01-21	15:12:02	7.62	88.00	7.42	0.72	1.82	32.55
2024-01-21	15:42:02	8.47	37.00	7.92	0.76	1.98	33.55
2024-01-21	16:12:03	7.68	73.75	6.54	0.64	1.56	30.10
2024-01-21	16:42:01	7.45	52.00	7.38	2.52	2.94	31.80
2024-01-21	17:12:02	7.08	28.00	7.08	3.28	1.12	30.75
2024-01-21	17:42:02	7.15	70.00	8.22	3.08	2.92	32.25
2024-01-21	18:12:02	7.38	64.75	8.24	1.00	2.24	30.35
2024-01-21	18:42:02	8.10	56.50	7.90	1.88	1.54	30.95
2024-01-21	19:12:02	7.05	28.75	6.80	2.72	2.30	30.90
2024-01-21	19:42:02	7.59	74.50	7.94	2.88	1.52	33.15
2024-01-21	20:12:02	7.11	96.25	7.82	2.20	2.62	32.70
2024-01-21	20:42:02	8.04	37.00	6.98	1.68	1.22	33.05
2024-01-21	21:12:02	7.89	28.75	6.56	1.36	1.54	33.60
2024-01-21	21:42:02	7.92	31.75	6.88	0.68	2.66	32.75

รูปที่ 6 ข้อมูลใน Google Sheets

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การแสดงผลข้อมูลการผลิตน้ำประปาโดย Dashboard แสดงข้อมูลวันที่ปัจจุบัน แสดงข้อมูลได้มาตรฐาน ข้อมูลมาตรฐานการผลิตน้ำประปา pH 6.5-8.5 ความขุ่น 0-4 ข้อมูลเฉลี่ย pH น้ำดิบ ความขุ่น น้ำดิบ pH น้ำใส ความขุ่น น้ำใส ระดับน้ำถังน้ำใน ระดับน้ำหอถังสูง แสดงกราฟข้อมูลความขุ่นน้ำดิบและน้ำใส สามารถเข้าดูข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ดัง รูปที่ 7



รูปที่ 7 คือ Dashboard แสดงข้อมูลคุณภาพน้ำรายวันสำหรับผู้ใช้งานในหน่วยงานทราบถึงคุณภาพน้ำปัจจุบันในแต่ละวัน โดยแสดง ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567 มีค่า pH และความขุ่นน้ำดิบอยู่ที่ 6.71 และ 50.77 NTU ตามลำดับเมื่อผ่านขบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว มีค่า pH และความขุ่นน้ำใสอยู่ที่ 7.68 และ 1.24 NTU มีค่าระดับความสูงถังน้ำใสอยู่ที่ 2.92 เมตรและระดับน้ำหอถังสูงอยู่ที่ 31.95 เมตร

เมื่อทำการวิเคราะห์ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ต้องมี pH น้อยกว่า 8.00 และค่าความขุ่นน้อยกว่า 4.00 NTU ทำให้สรุปได้ว่าข้อมูล ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567 ระบบการผลิตน้ำประปาได้มาตรฐาน ผู้ใช้งานในหน่วยงานจะได้รับความมั่นใจในการใช้น้ำในหน่วยงาน

กรณีต้องการดูรายละเอียดของการผลิตประปาย้อนหลังจากหน้า Dashboard ดังกล่าว ผู้ใช้งานสามารถคลิกดูรายละเอียด Dashboard เพิ่ม (ปุ่มพื้นที่เหลือง) ข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง 5 วัน จะถูกแสดงใน Dashboard ดัง รูปที่ 8

รูปที่ 8 Dashboard รายละเอียดข้อมูลน้ำภายใน โรงผลิตน้ำประปา



รูปที่ 8 คือ Dashboard แสดงคุณภาพน้ำรายวันโดยข้อมูลที่มีความละเอียดขึ้นโดยแสดง ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567 แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมด 4,218 ข้อมูล pH และความขุ่นน้ำดิบ แสดงข้อมูลมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.00 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 62.87 NTU ตามลำดับเมื่อผ่านขบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว มีค่า pH และความขุ่นน้ำใสเฉลี่ยอยู่ที่ 7.00 และ 2.00 NTU มีค่าระดับความสูงถังน้ำใสโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2.00 เมตรและระดับหอถังสูงโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 33.00 เมตรแสดงฐานข้อมูลที่ได้เก็บไว้ใน Google Sheets เป็นรูปตารางด้านล่างของ Dashboard

รูปที่ 8 คือ Dashboard แสดงคุณภาพน้ำรายวันโดยข้อมูลที่มีความละเอียดขึ้นโดยแสดง ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567 แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมด 4,218 ข้อมูล pH และความขุ่นน้ำดิบ แสดงข้อมูลมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.00 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 62.87 NTU ตามลำดับเมื่อผ่านขบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว มีค่า pH และความขุ่นน้ำใสเฉลี่ยอยู่ที่ 7.00 และ 2.00 NTU มีค่าระดับความสูงถังน้ำใสโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2.00 เมตรและระดับหอถังสูงโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 33.00 เมตรแสดงฐานข้อมูลที่ได้เก็บไว้ใน Google Sheets เป็นรูปตารางด้านล่างของ Dashboard

2.4 ประเมินความพึงพอใจ

1. ประเมินความพึงพอใจการใช้อุปกรณ์ในการส่งข้อมูลแบบไร้สายแบบคู่ขนานในการส่งข้อมูลน้ำภายใน โรงผลิตน้ำประปา ของประชากรจำนวน 9 คน เป็นประชากรที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำประปา
2. ประเมินความพึงพอใจการแสดงผลข้อมูลบน Dashboard ของข้อมูลน้ำภายใน โรงผลิตน้ำประปาแบบเรียลไทม์ของประชากรจำนวน 29 คน เป็นประชากรที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำประปาและบุคลากรผู้ใช้น้ำประปา

3. ผลการทดลอง

จากการกำหนดวิธีการดำเนินงานของการศึกษาการพัฒนา ระบบเพื่อติดตามคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบใช้อุปกรณ์ในการส่งข้อมูลแบบไร้สายแบบคู่ขนานในการส่งข้อมูลน้ำภายใน โรงผลิตน้ำประปา
2. การแสดงผลข้อมูลบน Dashboard ของข้อมูลน้ำภายใน โรงผลิตน้ำประปาแบบเรียลไทม์และสามารถเข้าดูข้อมูลได้ที่ ["https://lookerstudio.google.com/s/sEmo3V0hyEK"](https://lookerstudio.google.com/s/sEmo3V0hyEK)
3. ผลการวิเคราะห์เครื่องมือส่งข้อมูลติดตามคุณภาพน้ำ

3.1 การทดสอบใช้อุปกรณ์ในการส่งข้อมูลแบบไร้สาย

ผลประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือการส่งข้อมูลแบบไร้สายในกระบวนการผลิตน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีของประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดรวม 9 คน สรุปผลดัง ตารางที่ 1

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 ผลประเมินความพึงพอใจการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือ
ส่งข้อมูลแบบไร้สาย

ลำดับ ที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ จากผู้ใช้งานจำนวน 9 คน
1	รูปแบบการใช้งานแก้ปัญหาการส่งข้อมูล เซ็นเซอร์ จากเดิมใช้ Analog single เป็น Digital	4.44
2	การติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีความง่าย	3.88
3	รูปแบบการส่งข้อมูลเก็บไว้บน Google Sheets	4.22
4	ความปลอดภัยในการใช้งาน อุปกรณ์เครื่องมือ การส่งข้อมูลไร้สาย	4.88
5	ได้รับการรายงานผลข้อมูลการผลิตน้ำประปาจาก เซ็นเซอร์ที่แม่นยำ	4.44
6	ช่วยลดความเสียหาย Main Board ที่ใช้งานใน ปัจจุบันได้	4.22
	ค่าเฉลี่ย	4.34

จากผลประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือ
การส่งข้อมูล โดยระบบไร้สายในกระบวนการผลิตน้ำประปาภายใน
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีของประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดรวม 9
คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่โรงผลิตน้ำประปา วิศวกร หัวหน้างานอาคารสถานที่
และบริการ ผู้บริหาร ค่าเฉลี่ยผลประเมินคือ 4.34 ซึ่งความพึงพอใจอยู่ใน
ระดับ มากที่สุด

3.2 การแสดงผลข้อมูลบน Dashboard

จากการตอบแบบสอบถามผลประเมินความพึงพอใจของการ
ปรับปรุงรูปแบบการแสดงผลบน Dashboard ของประชากรกลุ่มตัวอย่าง
ทั้งหมดรวม 29 คน สรุปผลดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลประเมินความพึงพอใจในการแสดงผลบน Dashboard

ลำดับ ที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ จากผู้ใช้งานจำนวน 29 คน
1	รูปแบบการแสดงผลของ Dashboard ข้อมูล ผลิตน้ำประปา	4.44
2	ความเข้าใจในข้อมูลที่แสดงบน Dashboard	4.22
3	การเข้าดูข้อมูลย้อนหลังบน Dashboard	4.22
4	ความยากง่ายของการเข้าถึงข้อมูลการผลิต น้ำประปา	4.88
	ค่าเฉลี่ย	4.44

จากผลประเมินความพึงพอใจการปรับปรุงรูปแบบการ
แสดงผลบน Dashboard ของประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดรวม 29 คน
ได้แก่ เจ้าหน้าที่โรงผลิตน้ำประปา วิศวกร หัวหน้างานอาคารสถานที่และ
บริการ ผู้บริหาร ค่าเฉลี่ยผลประเมินคือ 4.44 ซึ่งความพึงพอใจอยู่ใน
ระดับ มากที่สุด

3.3 ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบคุณภาพในการ
ส่งข้อมูลแจ้งสถานะน้ำ ในช่วงระยะเวลา 2 เดือนของวันที่ 1 กุมภาพันธ์
ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2567 เทียบกับ จำนวนวันในการส่งข้อมูลแจ้ง

สถานะน้ำแบบระบบไร้สายในช่วงระยะเวลา 2 เดือนของวันที่ 1
กุมภาพันธ์ ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2567 สามารถสรุปจำนวนวันทำ
รายงานข้อมูลได้ดัง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปความถี่การรายงานข้อมูลแจ้งสถานะน้ำประปา

เดือน	แจ้งสถานะน้ำประปาแบบ ระบบ Analog Single	แจ้งสถานะน้ำประปาแบบ ระบบไร้สาย
กุมภาพันธ์	29 วัน (58 ข้อมูล)	29 วัน (1,392 ข้อมูล)
มีนาคม	31 วัน (62 ข้อมูล)	31 วัน (1,488 ข้อมูล)
ส่วนต่างข้อมูล	46 ชุดข้อมูล / 24 ชั่วโมง	
คิดเป็น %	95%	

เห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบการแจ้งข้อมูลสถานะน้ำประปา
ระบบ Analog Single มีการส่งข้อมูลเฉลี่ยอยู่ที่ 24 ชั่วโมง 2 ครั้งในช่วง
เวลา 8.00 น.และ 17.00 น. เทียบกับระบบไร้สายมีการส่งข้อมูลเฉลี่ยอยู่ที่
24 ชั่วโมง 48 ครั้ง ซึ่งความละเอียดของข้อมูล 30 นาที 1 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 95

ผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพอุปกรณ์เครื่องมือที่ได้
พัฒนาใช้ในการดำเนินงานวิจัย สมมติฐานการศึกษาโดยวิเคราะห์แบบ t-
test เปรียบเทียบอุปกรณ์แจ้งติดตามสถานะน้ำประปาแบบอ่านค่าจากตัว
อุปกรณ์ และข้อมูลติดตามน้ำประปาแบบระบบ ไร้สายที่ได้ดำเนินการ
พัฒนา มีคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ซึ่งสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดัง
ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์แบบ t-test

pH IN	N	X-Bar	S.D.	t	df	P
ข้อมูลแบบอ่านในที่	58	7.79	0.408	2.056	57	0.044
ข้อมูลอุปกรณ์ไร้สาย	58	7.66	0.409			
pH OUT	N	X-Bar	S.D.	t	df	P
ข้อมูลแบบอ่านในที่	58	7.79	0.386	2.012	57	0.048
ข้อมูลอุปกรณ์ไร้สาย	58	7.66	0.449			
Turbidity IN	N	X-Bar	S.D.	t	df	P
ข้อมูลแบบอ่านในที่	58	63.62	4.039	2.231	57	0.029
ข้อมูลอุปกรณ์ไร้สาย	58	63.33	4.12			
Turbidity OUT	N	X-Bar	S.D.	t	df	P
ข้อมูลแบบอ่านในที่	58	2.08	0.161	2.240	57	0.028
ข้อมูลอุปกรณ์ไร้สาย	58	2.06	0.158			
Level Water Clear	N	X-Bar	S.D.	t	df	P
ข้อมูลแบบอ่านในที่	58	2.09	0.161	2.586	57	0.012
ข้อมูลอุปกรณ์ไร้สาย	58	2.04	0.158			
Level Water Tank	N	X-Bar	S.D.	t	df	P
ข้อมูลแบบอ่านในที่	58	32.67	0.493	2.400	57	0.019
ข้อมูลอุปกรณ์ไร้สาย	58	32.51	0.209			

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ t-test ค่า p-value คุณภาพอุปกรณ์ pHน้ำดิบ pHน้ำใส ความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำใส ระดับน้ำถังน้ำใสและระดับน้ำห้องสูง ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.สรุป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบติดตามคุณภาพน้ำประปาโดยใช้ IoT ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระบบนี้ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดคุณภาพน้ำต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์วัดค่า pH, ความขุ่น, ระดับน้ำถังน้ำใส และระดับน้ำห้องสูง เซ็นเซอร์เหล่านี้จะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะรวบรวมและประมวลผลข้อมูลการวัดข้อมูลคุณภาพน้ำจะถูกส่งไปยังคลาวด์ผ่านเครือข่ายเซลลูลาร์ ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ระบบติดตามคุณภาพน้ำประปาโดยใช้ IoT สามารถวัดและส่งข้อมูลคุณภาพน้ำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อระบบโดยผลวิเคราะห์ t-test การใช้งานระบบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาอุปกรณ์และการปรับปรุงการแสดงผลบน Dashboard มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 4.34 และ 4.44 ตามลำดับ แสดงถึงความพึงพอใจในระดับมาก ระบบสามารถช่วยให้มั่นใจได้ว่าน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีมีความปลอดภัยสำหรับการดื่ม

การพัฒนาบบติดตามคุณภาพน้ำประปาโดยใช้ IoT ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี นี้สามารถช่วยให้มั่นใจได้ว่าน้ำประปาปลอดภัยสำหรับการดื่ม ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า IoT เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการติดตามคุณภาพน้ำประปาแบบเรียลไทม์

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาสำหรับการให้คำแนะนำ คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่และมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ศึกษาและเปิดเผยข้อมูลตลอดเวลาการศึกษา



ประวัติผู้เขียนบทความ นายจักรกฤษ มีเพ็ชร
จบการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยศรีปทุม ปีการศึกษา 2547
งานวิจัยที่สนใจ Internet of Things

เอกสารอ้างอิง

- [1] การประปาส่วนภูมิภาค. (2566). มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา การประปาส่วนภูมิภาค
<https://www.pwa.co.th/download/pwastandard50-1.pdf>
- [2] กฤษณะ อิ่มสวาสดี. (2561). ศึกษาการพัฒนาแบบระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้เพื่อติดตามคุณภาพน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพา, คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- [3] จุฬาลักษณ์ วัฒนโชติ. (2563). ศึกษาการพัฒนา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงผลการวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่เทศบาลเมืองเมืองแกลง อำเภอแม่แตง จังหวัด เชียงใหม่, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
- [4] ศศ.ดร. จันทนา ปัญญาวารภรณ์,ดร.ชาญุทธ กภาพภรณ์ และดร.เพชรรัตน์ ลิ้มสุปรีชารัตน์. (2562). ศึกษาการพัฒนา ระบบวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ, โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา
- [5] พรพนา รัตนโชติ. (2562). ศึกษาการพัฒนาแบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน, ทุนอุดหนุนวิจัยปี พ.ศ.2561 มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่
- [6] M.Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA:Univercity Science, 1981
- [7] ดร.กอบเกียรติ สระอุบล. (2561). พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino และ Raspberry pi, สำนักพิมพ์ หสม สำนักพิมพ์ อินเทอร์เน็ตเดีย
- [8] สุกชัย สมพานิช. (2565). พัฒนา Web Application ด้วย JavaScriptและNode.js, สำนักพิมพ์บริษัทไอดีซีพีริเมียร์ จำกัด

การประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตราย ด้วยการประเมินแบบ EHS

เฮงเฮง จารุงคราญ^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
แขวงวงษ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 และ E-mail: hengheng-j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอหลักการประเมินความเสี่ยงของวัตถุอันตราย ด้วยการประเมินแบบ EHS (Environmental, Health and safety) ใน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) ศึกษาความหมายและความสำคัญของ EHS (Environmental, Health and safety) 2) ศึกษาการประเมินความเสี่ยงของสารอันตราย กับ EHS และ 3) ศึกษาวิธีการประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตรายที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่ผ่านมา ผลการศึกษา พบว่า วิธีการประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตราย ด้วยวิธีการประเมินแบบ EHS มีความแตกต่างกันออกไปตามแต่ละดัชนีการวัดความเสี่ยง วิธีการใช้อาจจะมีการกำหนดดัชนี หรือพารามิเตอร์และสมการทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน และสภาพแวดล้อมที่ศึกษา

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตราย, การประเมินแบบ EHS, ดัชนีการวัดความเสี่ยงในโรงงาน

Abstract

This article aims to present principles for risk assessment of hazardous substances with assessment EHS (Environmental, Health, and safety) model in 3 main issues: 1) to study the meaning and importance of EHS, 2) to study assess the risk of hazardous substances and EHS and 3) to study methods for assessing the risk of hazardous substances obtained from a review of past research literature. The study results found that the methods for assessing the risk of hazardous substances with the EHS assessment method are different according to each risk measurement index. The method of use may be indexed have different mathematical parameters and equations. It depends on the intended use and the environment studied.

Keywords: hazard risk assessment, EHS assessment, Parameter for risk assessment in chemical plant.

1. บทนำ

ปัจจุบันการดำเนินการธุรกิจอุตสาหกรรมเคมี มีปัจจัยหลายอย่างในการควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเด็นการใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรมเคมีต้องวางแผนดำเนินการจัดการปัญหาดังกล่าว เพราะถือว่าเป็นความรับผิดชอบต่อสังคมของผู้ประกอบการธุรกิจ ด้วยเหตุนี้ การประเมินความเสี่ยงจึงมีบทบาท และเป็นข้อกำหนดที่สำคัญสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องคำนึงและประเมินความเสี่ยงเพื่อหาแนวทางป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากอุบัติเหตุของการใช้สารเคมีภายในโรงงาน [1] โดยหนึ่งในวิธีการประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตรายที่นิยมใช้กัน คือ วิธีการประเมินความเสี่ยงทางเคมีทางด้านสิ่งแวดล้อม

สุขภาพ และความปลอดภัย (Environmental, Health and safety : EHS) ซึ่งช่วยให้ผู้ผลิตสารเคมีหรือคลังสินค้าสารอันตรายกำหนดมาตรฐาน และสามารถจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอันตรายในสถานที่ทำงานได้ [2] การประเมินความเสี่ยงส่วนใหญ่คำนวณโดยการกำหนดคะแนนสำหรับตัวแปร วัดระดับความรุนแรงความเป็นไปได้ และความถี่ของการเกิดอันตรายจากสารเคมีจากนั้นจึงนำข้อมูลมาบูรณาการเพื่อให้ได้คะแนนความเสี่ยง โดยรวมเพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงต่อไป [3] ดังนั้น บทความนี้มีจุดประสงค์ในการเสนอวิธีการการประเมินความเสี่ยงของอุตสาหกรรมเคมี โดยใช้หลักการประเมินความเสี่ยงแบบ EHS มาเปรียบเทียบ ทำให้สามารถสรุปการใช้พารามิเตอร์ทั้งหมดในการวัดความเสี่ยงของแต่ละด้านตามรูปแบบของ EHS ในปัจจุบันได้และได้เสนอเกี่ยวกับทิศทางในอนาคตในการพัฒนาการประเมินความเสี่ยง ของ EHS สำหรับอุตสาหกรรมเคมีเพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป

2. วิธีการ

บทความนี้จัดทำขึ้นเพื่อสรุปข้อมูลจากการศึกษาวิจัยในอดีตที่มาจากฐานข้อมูลการวิจัยที่เชื่อถือได้จาก Science direct และ Scopus โดยข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบนั้น จะเป็นข้อมูลทุกข้อมูมิที่นำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้แพลตฟอร์มของ Google Form ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มในการเก็บข้อมูลและนับจำนวนความถี่ของวิธีการประเมิน EHS ของวิจัยก่อนหน้าจำนวน 20 วิจัย และนำเสนอในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ (%) ตามแบบแผนภูมิวงกลมในรูปที่ 1-3

โดยข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 20 วิจัย ที่สรุปวิธีการประเมินแบบ EHS จะมาจากวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการบริหารความเสี่ยงในกรณีศึกษา (Case study) ต่างๆของกิจกรรมการปฏิบัติงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม

โดยนำผลการศึกษาที่ได้มาสรุปและเปรียบเทียบวิธีการประเมินแต่ละด้านของ EHS ซึ่งครอบคลุมวิธีการประเมินความเสี่ยงในกิจกรรมการปฏิบัติงานภายในอุตสาหกรรมเคมี

3. การศึกษารายประเด็น

จากการศึกษาสามารถจำแนกประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตราย โดยอาศัยหลักการประเมินแบบ EHS 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

3.1 ศึกษาความหมายและความสำคัญของ EHS (Environmental, Health and safety)

EHS ย่อมาจาก [4] การประเมินความเสี่ยงในด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และความปลอดภัย โดย Environmental (E) คือ เกณฑ์ที่มีผลกระทบต่อป้องกันสิ่งแวดล้อม Safety (S) คือเกณฑ์ที่มีผลกระทบต่อป้องกันความปลอดภัยของบุคลากรในสถานที่ทำงาน และ Health (H) คือเกณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของบุคลากร [4] โดยที่ Health (H)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

และ Safety (S) มักจะใช้ร่วมกัน โดยสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Fire Protection Association) เป็นหน่วยงานที่ควบคุม ในขณะที่ Environmental (E) ถูกควบคุมโดยหลายๆหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้น EHS จึงมีความสำคัญที่ช่วยให้ผู้ประกอบการมีรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการผลิตสินค้าอาจจะสร้างมลพิษทางอากาศ น้ำ และดิน ในบริเวณโรงงานและบริเวณใกล้เคียง จึงทำให้ผู้ประกอบการมีการประเมินความเสี่ยงแบบ EHS เพื่อจัดการและปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม ในการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [5]

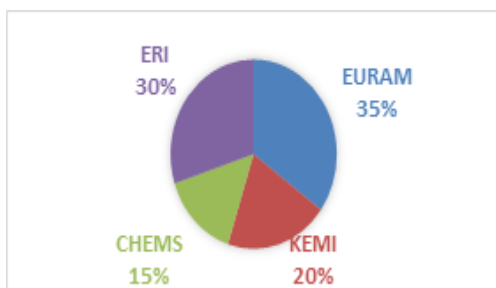
3.2 การประเมินความเสี่ยงของสารอันตราย กับ EHS

การประเมินความเสี่ยงอันตรายทางเคมี มีองค์ประกอบการประเมินที่อาจผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [6] หากอธิบายความหมายของ “อันตราย” คือที่มาของความเสียหาย ต่อบุคคล ทรัพย์สิน สิ่งแวดล้อม “ความเสี่ยง” คือ ความเป็นไปได้ของอันตรายที่อาจเกิดขึ้น หรือการเพิ่มจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในอุตสาหกรรมเคมีที่อาจสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงจึงมีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบและพัฒนาโรงงาน หรือการวางแผนจัดการกระบวนการทางเคมี ซึ่งผู้ประกอบการจะต้องดำเนินการ โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ความปลอดภัย สุขภาพ และสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน [5] ดังนั้นวิธีการประเมินความเสี่ยงทางเคมีโดยพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และความปลอดภัย (EHS) จึงเป็นที่นิยมในการศึกษาวิจัยเป็นจำนวนมาก ซึ่งวิธีนี้สามารถคาดการณ์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการดำเนินงานของโรงงานในแต่ละวัน ในกระบวนการคัดกรอง EHS เมื่อพบผลกระทบจากสารเคมีอันตราย มีทางเลือก 3 แนวทาง 1) การทดแทนสารเคมีอันตรายด้วยสารประกอบที่เป็นอันตรายน้อยกว่า ซึ่งจะมีส่วนช่วยโดยตรงในการสร้างความปลอดภัย 2) การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตให้มีความเป็นอันตรายน้อยลง 3) ลดการสัมผัสสารเคมีอันตรายให้น้อยที่สุดในระหว่างการใช้งานทั้งหมด หากพบว่าสารนั้น ก่อให้เกิดอันตรายรุนแรงที่สุด [7]

3.3 วิธีการประเมินความเสี่ยงความเป็นอันตรายในด้าน EHS

วิธีการประเมินอันตรายด้าน EHS มีการจำแนกตามแนวทางที่แตกต่างกันตามผลกระทบ สิ่งแวดล้อม (E), สุขภาพ (H) และ ความปลอดภัย (S)

3.3.1 สูตรวิธีการวัดความเสี่ยงด้าน สิ่งแวดล้อม (Environment risk assessment)



รูปที่ 1 ผลการสำรวจวิจัยก่อนหน้าได้สรุปวิธีการวัดความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาแต่ละวิธีการพบว่าพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่ที่ใช้วัดการประเมินความเสี่ยง ที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของสารอันตรายจะมีการวัด ผลกระทบของสารเคมีต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ อากาศ ดิน และ การสะสมพิษในสิ่งมีชีวิตหรือชีวพิษวิทยา (Bio accumulation) และการวัด Exposure (การสัมผัส) จากการกระจายตัวของสิ่งแวดล้อม (Environment Dispersion) [5] โดยสูตรคำนวณการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมคือ

$$\text{Risk score} = \text{Hazard effect} * \text{Exposure indicator} \quad (1)$$

โดยที่ Risk score คือ ค่าคะแนนความเสี่ยง

Hazard effect คือ ผลกระทบของสารอันตราย

Exposure indicator คือ ค่าบ่งบอกปริมาณรังสี

ทั้งนี้ คะแนน ความเสี่ยงจะเรียงลำดับจาก เสี่ยงน้อย (0 คะแนน)-เสี่ยงมากที่สุด (10 คะแนน) [9]

การวัดผลกระทบของสารอันตราย (Hazard effect) จะนำค่าทางพิษวิทยาทางเนื้ต่าง ๆ เช่น Risk phrase/ วัดความเป็นอันตรายจากการสูดดม (LC) 50 inhalation) วัดความเป็นอันตรายทางน้ำ (LE)50) วัดความเป็นอันตรายจากการกลืนกิน (LD50(oral)) วัดความเป็นอันตรายจากดิน (log BCF / log (kg/ml) วัดสารพิษสะสมในสิ่งมีชีวิต (bio-accumulation) สารพิษสะสมในสิ่งมีชีวิต เป็นต้น [10] ในขณะที่มีการวัดค่า Exposure จากการกระจายตัวของสารอันตรายที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม (Environment Dispersion) เช่น ปริมาณ ขน ถ้าย สารเคมี Handling volume, การระเหย(Volatility) เป็นต้น [22]

ในขณะที่เดียวกัน จะมีอีกวิธีการคำนวณความเสี่ยงที่เรียกว่า Risk quotient ซึ่งเป็นการคำนวณดัชนีการประเมินความเสี่ยง (ทางนิเวศวิทยา) จากข้อมูลปริมาณสารแขวนลอย ซึ่งเป็นการตรวจสอบปริมาณสารแขวนลอยบริเวณแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่นแหล่งปะการัง [11]

$$\text{Risk quotient} = \frac{\text{Predict environment concentration}}{\text{Predicted no effect concentration}} \quad (2)$$

การรวบรวมข้อมูลจากผลกระทบของสารอันตราย (Hazard effect) ที่คล้ายกับวิธีดังกล่าวก่อนหน้า แต่จะมีการใช้ข้อมูล Exposure จาก PEC (Predict environmental concentration) หรือที่เรียกว่า การคำนวณความเข้มข้นที่คำนวณได้ของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม [10]

เป็นการค้นคว้างานวิจัยก่อนหน้า พบว่า วิธีการประเมินแบบ EURAM และ CHEMS มีการวัดการประเมินความเสี่ยงทางด้านสิ่งแวดล้อมที่คล้ายกัน โดยใช้พารามิเตอร์ที่คล้ายคลึงกัน และสูตรการคำนวณ Risk score ที่เหมือนกัน แต่ที่ วิธีการประเมินแบบ EURAM และ CHEMS จะใช้ฐานข้อมูลของผู้วิจัย โดยข้อมูลของสารอันตรายหรือค่าพิษวิทยา แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ค้นคว้างานนักวิจัย [11]

ในขณะที่เดียวกันวิธีการประเมินแบบ KEMI,ERI จะใช้วิธีการประเมินแบบ Risk Quotient ซึ่งพารามิเตอร์ในการวัดผลกระทบของสารอันตราย (Hazard effect) หรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็จะแตกต่างกันออกไป เช่น KEMI จะมีการวัดเพิ่มเติมถึงผลกระทบจากภาวะโลกร้อน [12] ในขณะที่เดียวกัน ค่าวัดการรับสัมผัส (Exposure) จะใช้ข้อมูล PEC ซึ่งแต่ละวิธีการประเมินจะสามารถ คำนวณ Risk Quotient ที่ใช้ค่าวัดที่

บทความวิจัย

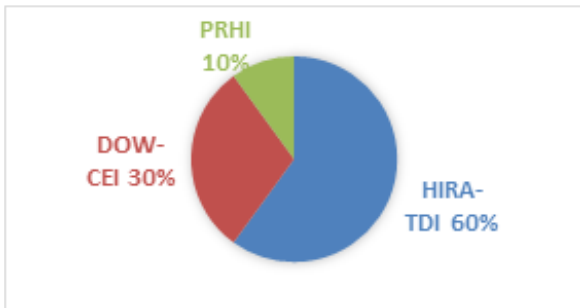
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

แตกต่างกันออกไป และผลลัพธ์จะวัดจากความเสี่ยงน้อยมีค่าน้อยกว่า 1 และความเสียมมากมีค่ามากกว่า 1 [13]

3.3.2 สรุปวิธีการวัดความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Healthrisk assessment)

สำหรับวิธีวัดความเสี่ยงด้านสุขภาพส่วนใหญ่จะเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของความเป็นอันตรายต่อสุขภาพซึ่งพิจารณาถึงผลกระทบที่เป็นพิษของสารที่มนุษย์พบว่ามีอยู่ 4 วิธีคือ HIRA-TDI (Hazard Identification and Ranking System – Toxicity Danger Index) , DOW-CEI (Dow Chemical Exposure Index (CEI)) และ PRHI (The Process Route Healthiness Index)

วิธีการเหล่านี้ จะกล่าวว่าคุณภาพของมนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของอันตรายจากกระบวนการในสถานที่ทำงาน [14] ซึ่งผลสำรวจการวิจัยส่วนใหญ่พบว่า วิธีประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพนักวิจัยใช้ HIRA-TDI เป็นส่วนมาก รองลงมาจะเป็น DOW-CEI และ PRHI ตามลำดับ



รูปที่ 2 % การใช้วิธีประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากงานวิจัยที่ค้นพบ

โดยพารามิเตอร์ในการวัดส่วนใหญ่ของทั้งสามแบบจะมีค่าวัดจากเงื่อนไขของกระบวนการของเคมี (Process condition), ความสามารถการกระจายตัวของสารเคมี (Dispersion), ค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity), ค่าการระคายเคือง (Irritation) และค่าความเป็นพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity) เป็นต้น ซึ่งผลเหล่านี้ได้จากตารางที่ 1 ถ้าเทียบพารามิเตอร์แล้วปัจจัยในการวัดค่าความเป็นพิษทางสุขภาพพบว่าทั้ง 3 วิธี จะประเมินความสามารถการกระจายตัวของเคมีเป็นหลักในการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ [15]

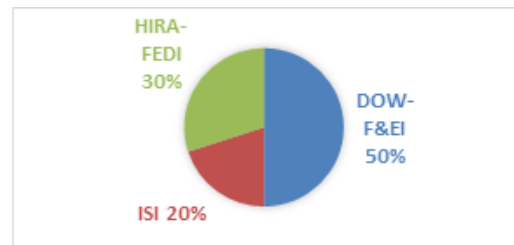
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์หรือดัชนีการวัดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของแต่ละวิธี

วิธีการ	เงื่อนไขของกระบวนการเคมี	วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของวัตถุอันตราย			
		การกระจายตัว	ความเป็นพิษเฉียบพลัน	การระคายเคือง	ความเป็นพิษเรื้อรัง
HIRA-TDI	อุณหภูมิ, ความดัน	ความดันไอ, ความหนาแน่นของไอ, จุดวาบไฟ, จุดติดไฟได้เอง ความหนาแน่นของประจําสาร	มาตรฐานการประเมินตามหน่วยงานป้องกันอัคคีภัยและการป้องกันแก๊ซพิษ NFPA	ค่าความเป็นพิษต่อผิวหนังและผิวหนังที่สัมผัสโดยตรงซึ่งมีงานวิจัยที่รายงานโดยกระทรวงสาธารณสุข	x
DOW-CEI	ความดัน, น้ำหนักโมเลกุล ความดันไอ	ความหนาแน่นของประจําสาร TLV	x	x	x
PRHI	อุณหภูมิ, ความดัน น้ำหนักโมเลกุล ความดันไอ	ความหนืด, ระดับการกระจายตัว	มาตรฐานการประเมินตามหน่วยงานป้องกันอัคคีภัยและการป้องกันแก๊ซพิษ NFPA	x	ชี้แจงผลกระทบด้านสุขภาพ

HIRA-TDI - Hazard Identification and Ranking System – Toxicity Danger Index (HIRA TDI) หรือเรียกว่า การระบุและจัดอันดับอันตรายจากดัชนีอันตรายจากความเป็นพิษ จะเน้นการวัดคุณสมบัติของเคมี การรั่วไหลของสารเคมี และปัจจัยรอบด้านจากการผลิตเป็นหลัก ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ เช่น ค่าความร้อน ความดันไอ จุดวาบไฟของสารเคมีที่อยู่ในกระบวนการผลิตเป็นต้น [16] ในขณะที่ Dow Chemical Exposure Index (CEI) จะประเมินการสัมผัสสารพิษจากการสูดดมหลังจากที่มีการปล่อยสารเคมีแล้ว และ PRHI The Process Route Healthiness Index (PRHI) จะเป็นการประเมินเส้นทางหรือประเมินกระบวนการที่สามารถสร้างความเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนที่ถูกสัมผัสสารเคมีในที่ทำงาน ซึ่ง PRHI คำนึงถึงความเป็นไปได้ของกระบวนการที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อคนงานเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม PRHI จะประเมินเส้นทางกระบวนการทางเคมีแต่ละขั้นตอนที่ส่งผลต่อสุขภาพคนงานได้ [17] และคุณสมบัติความเป็นอันตรายขึ้นอยู่กับการจัดอันดับของหน่วยงานป้องกันอัคคีภัยและการป้องกันแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NFPA)แต่จะไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยการประเมินความสามารถในการติดไฟและลักษณะการเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีเท่ากับ HIRA-TDI. [16]

3.3.3 วิธีการวัดความเสี่ยงด้านปลอดภัย (Safety risk assessment)

สำหรับวิธีการประเมินการวัดความเสี่ยงด้านความปลอดภัย งานวิจัยส่วนใหญ่อาศัยเกณฑ์การประเมินความปลอดภัย จากปัญหาอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ได้แก่ การเคลื่อนที่ของสาร ความสามารถในการระเบิดและความสามารถในการติดไฟ ปฏิกิริยาหรือความไม่เสถียรของสาร พลังงานที่เกี่ยวข้องในกรณีของปฏิกิริยาและการเผาไหม้ และปัญหาความเป็นพิษ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า DOW-F&EI มีนักวิจัยใช้ประเมินอยู่ 50% ตามด้วย HIRA-FEDI 30% และ ISI 20% ตามลำดับ



รูปที่ 3 % การใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากงานวิจัยที่ค้นพบ

ตารางที่ 2 แสดงพารามิเตอร์หรือดัชนีการวัดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของแต่ละวิธีการประเมิน

วิธีการ	ข้อมูลกระบวนการของสารเคมี	วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของวัตถุอันตราย			
		การเคลื่อนที่ของสาร	การติดไฟ/ระเบิด	การละลายตัวของปฏิกิริยา	ความเป็นพิษเฉียบพลัน
ISI	มีจุดติดค้างคอง, อุณหภูมิ, ความดัน, %yield ของการผลิต	x	จุดวาบไฟ, จุดติด	x	x
HIRA-FEDI	มีจุดติดค้างคอง, อุณหภูมิ, ความดัน	ความดันไอ	จุดวาบไฟ, มาตรฐานความปลอดภัยตามหน่วยงานป้องกันอัคคีภัยและการป้องกันแก๊ซพิษ NFPA	ค่าพิกัดที่เกิดจากการเผาไหม้ ความร้อนของปฏิกิริยาเคมี, ประเภทของปฏิกิริยาเคมี, ประเภทของปฏิกิริยาเคมี	x
DOW-F&EI	มีจุดติดค้างคอง, อุณหภูมิ, ความดัน	x	จุดวาบไฟ, จุดติด, มาตรฐานการประเมินตามหน่วยงานป้องกันอัคคีภัยและการป้องกันแก๊ซพิษ NFPA	ค่าพิกัดที่เกิดจากการเผาไหม้ ความร้อนของปฏิกิริยาเคมี	มาตรฐานการประเมินตามหน่วยงานป้องกันอัคคีภัยและการป้องกันแก๊ซพิษ NFPA

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากการศึกษาจะสังเกตเห็นว่าเกณฑ์การพิจารณาประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจะแบ่งเป็น 2 ประเด็นหลัก คือ พิจารณาสารเคมีและกระบวนการความปลอดภัยของสารเคมี หากศึกษาวิธี ISI (Inherent safety index) จะพิจารณาสารจากข้อมูลของกระบวนการ และคลังรายการสารเคมี (inventory) ก่อน และจึงพิจารณาปัจจัยการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมีจากการระเบิด, ไฟไหม้ หรือการวัดค่ามาตรฐานของสารพิษในบรรยากาศ (TLV-Threshold Limit Value) [18] เป็นหลัก ในขณะที่ HIRA-FEDI (Fire and Explosion Damage Index) จะเน้นการประเมินจากดัชนีความเป็นอันตรายจากไฟไหม้และการระเบิดเป็นหลัก โดยจะเน้นเรื่องของข้อมูลปฏิกิริยาของสารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาร่วมกันแล้วสร้างความเป็นอันตรายต่อกัน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการจำแนกการจัดเก็บสารเคมีในพื้นที่นั้น [19] และ การประเมินด้วยวิธี DOW-F&E – (The Dow Fire and Explosion Index) ซึ่งเป็นวิธีประเมินถึงความเป็นไปได้ของกระบวนการผลิตพื้นที่สัมผัสหรือความสูญเสียหลังจากเกิดเหตุระเบิดหรือไฟไหม้ซึ่งเป็นกระบวนการประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการและประเมินการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ระเบิดหรือไฟไหม้ซึ่งจะมีการใช้เกณฑ์คุณสมบัติความเป็นอันตรายขึ้นอยู่กับการจัดอันดับของหน่วยงานป้องกันอัคคีภัยและการป้องกันแห่งชาติ (NFPA) ร่วมด้วย ดังนั้นวิธีการวัดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจะมาจาก กระบวนการ และความสำคัญของข้อมูลสารเคมี เป็นส่วนใหญ่ และอาจจะมาจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ประเภทของอุปกรณ์ที่พิจารณา การเข้าถึงตัวเครื่องในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ การกักครอบของวัสดุ อุปกรณ์ และการควบคุมความปลอดภัย [8] เมื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยแล้ว พบว่ามีความคล้ายคลึงกับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ประเด็นที่พิจารณาค่อนข้างคล้ายคลึงกันในวิธีการที่ระบุไว้ตามตารางที่ 3 [5]

4.อภิปรายผล

จากผลการค้นคว้างานวิจัยก่อนหน้าพบว่าวิธีการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตราย EHS ในอุตสาหกรรมเคมี โดยพบว่า การประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายจาก ด้านสิ่งแวดล้อม (E) มี 4 วิธี การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ(H) 3 วิธี และการประเมินความเสี่ยงความปลอดภัย (S) มีอยู่ 3 วิธี ในบรรดาวิธีการต่างๆ ปัจจุบันมีพารามิเตอร์ หรือ ดัชนีการวัดที่แตกต่างกันในการประเมินในแต่ละด้าน อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้ในการใช้งานในปัจจุบันมีข้อดีข้อเสีย และจุดประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน

สำหรับวิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งพบว่า EURAM มีการใช้งานที่แพร่หลายมากที่สุด ในขณะที่เดียวกัน ยังมีการ

วิพากษ์วิจารณ์ถึงความคลาดเคลื่อนของข้อมูลสารที่ปัจจุบันยังขาดข้อมูลสารบางกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตาม EURAM ถือเป็นวิธีพื้นฐานสำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมที่สุดที่ได้รับยอมรับจากสากลอย่างแพร่หลาย [1] ในขณะเดียวกันวิธีการ ERI ได้รับการพัฒนาขึ้น โดยเน้นสำหรับข้อมูลความเป็นอันตรายที่เกิดจากน้ำเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามการวัดความเสี่ยงด้านความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมีการใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายโดยขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน และสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่นั้น ๆ เพื่อความเหมาะสมในการเลือกใช้มากที่สุด [2] โดยสรุปการเปรียบเทียบข้อแตกต่างทั้งด้านจุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละวิธีการประเมินตามตารางด้านล่าง

สำหรับวิธีการประเมินความเสี่ยงความเป็นอันตรายด้านสุขภาพ พบว่า HIRA-TDI มีการใช้แพร่หลายมากที่สุดถึง 60% ตามด้วย Dow-CEI 30% และ PRHI 10% หากเปรียบเทียบการใช้งานของแต่ละวิธีแล้ว HIRA-TDI จะเป็นการใช้งานพื้นฐานเพื่อประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นที่มีดัชนีการวัดที่ครอบคลุมมากกว่าตัวอื่นๆ ทั้งในแง่ของกระบวนการ ปัจจัยรอบด้านจากพื้นที่การผลิต คุณสมบัติของสารเคมีที่เหมาะสมแก่การประเมิน จึงมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย [21] ในขณะที่ DOW-CEI จะเน้นวัดค่าความเป็นอันตรายของสารเคมีต่อสุขภาพจากการรั่วไหลและการสูดดมเป็นหลัก และ PRHI ที่จะเน้นเฉพาะเส้นทางหรือกระบวนการทางเคมีแต่ละขั้นตอนที่ส่งผลต่อสุขภาพคนงานเท่านั้น[20] แต่จะไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยการประเมินความสามารถในการคิดไฟและลักษณะการเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีเท่ากับ HIRA-TDI อย่างไรก็ตาม HIRA-TDI DOW-CEI และ PRHI ให้ความสำคัญกับระยะสั้นมากกว่ากิจกรรมการทำงานตามปกติ ในขณะที่ทางชีวภาพ กายภาพ และจิตสังคม จะไม่รวมอยู่ด้วย [4] ในขณะที่ยุทธศาสตร์กลางถึงระยะยาวจะครอบคลุมโดยวิธี EHS-H มากกว่า ซึ่งอาจศึกษาเพิ่มเติมได้ในอนาคต [5] ตามตารางเปรียบเทียบด้านล่าง

สำหรับวิธีการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัย พบว่ามี 3 วิธีที่ได้รับการใช้งานเพื่อประเมินในงานวิจัยในปัจจุบัน โดย วิธีของ DOW-F&E –ได้รับการใช้งานที่แพร่หลายมากที่สุด อาจกล่าวได้ว่าเป็นการประเมินความเสี่ยงที่มีปัจจัยการประเมินที่ครอบคลุมมากที่สุด และคาดการณ์จากความเป็นจริงได้ดีที่สุด เนื่องจากต้องประเมินความเป็นไปได้ของกระบวนการที่อาจเกิดขึ้น หรือความสูญเสียจากความเสี่ยง [8] ในขณะเดียวกัน ยังพบว่าปัจจุบันมีการใช้ DOW-F&E อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการคำนวณ F&EI โดยโปรแกรมอัตโนมัติที่เรียกว่า ไมโครซอฟต์วิซวลเบสิก (Microsoft visual basic) ที่ช่วยสร้างความแม่นยำ และเห็นภาพเสมือนจริงได้ดีที่สุด [8] และโดยพื้นฐานแล้ว

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

พบว่าพารามิเตอร์หรือดัชนีการวัดมีความคล้ายกันซึ่งประเมินความเสี่ยง โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางพิษวิทยาที่อาจเกิดขึ้น และผลกระทบด้านความปลอดภัยของกระบวนการทางเคมี [9] โดยจะเห็นตารางเปรียบเทียบด้านล่าง

ดังนั้นทุกวิธีการประเมินความเสี่ยงความเป็นอันตรายด้าน EHS มีความเหมือน คล้าย และแตกต่างกัน ตามแต่ละดัชนีการวัด วิธีการใช้อาจจะมีการกำหนดดัชนี หรือพารามิเตอร์และสูตรทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งานและสภาพแวดล้อมที่ต้องการศึกษาร่วมด้วย [10]

5. สรุป

จากการค้นคว้าพบว่าวิธีการประเมินความเสี่ยงแต่ละด้านของ สิ่งแวดล้อม (E) สุขภาพ (H) และความปลอดภัย (S) ยังพบปัญหาในการวัดความเสี่ยงที่อาจไม่ครอบคลุมทุกจุดประสงค์ของการใช้งาน เนื่องจากวิธีการประเมินความเสี่ยงมีดัชนี หรือ พารามิเตอร์การวัดดัชนีการวัดที่แตกต่างกันออกไป เพราะแต่ละวิธีการมีสูตรการคำนวณ เฉพาะตัว และเน้นการวัดที่มีความเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งอาจจะไม่ได้มีข้อดีเฉพาะของวิธีการใดวิธีหนึ่งในการประเมินความเสี่ยงความเป็นอันตรายด้าน สิ่งแวดล้อม สุขภาพ และความปลอดภัย แต่โดยพื้นฐานแล้ว การรวบรวมข้อมูลสารเคมี (Chemical inventory data) มีความสำคัญใกล้เคียงกับด้านอื่น ๆ สำหรับแต่ละวิธี ตามภาพรวม วิธีการประเมิน EHS ซึ่งปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การตัดสินใจเพื่อสร้างการลดความเสี่ยง และลดการเกิดความเสียหายในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเคมี โดยแต่ละวิธีที่ค้นพบสามารถปรับ หรือเปลี่ยนข้อมูลอินพุตที่ต้องการอย่างเหมาะสมกับความรู้อ หรือข้อมูลที่มีอยู่เพื่อประเมินให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ อย่างไรก็ตาม การประเมินตามแบบ EHS ยังคงมองการวัดที่ส่งเสริมการประเมินแบบเต็มรูปแบบในอนาคตโดยไม่ใช้เครื่องมือการวัดที่หลากหลายจนเกินไป ซึ่งอาจนำแต่ละวิธีที่ค้นพบมาบูรณาการเพื่อใช้งานให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้นในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] Ppich, G., Coulon, F., & Anthony, E. J. (2016). Review of the scientific evidence to support environmental risk assessment of shale gas development in the UK. *Science of The Total Environment*, 563, 731-740.

[2] Van der Perk, M. (2013). *Soil and water contamination*. CRC press.

[3] Pizzol, M., Christensen, P., Schmidt, J., & Thomsen, M. (2011). Eco-toxicological impact of "metals" on the aquatic and terrestrial ecosystem: A comparison between eight different methodologies for Life Cycle Impact Assessment (LCIA). *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 687-698.

[4] Hassim, M. H. (2016). Comparison of methods for assessing occupational health hazards in chemical process development and design phases. *Current opinion in chemical engineering*, 14, 137-149.

[5] Adu, I. K., Sugiyama, H., Fischer, U., & Hungerbühler, K. (2008). Comparison of methods for assessing environmental, health and safety (EHS) hazards in early phases of chemical process design. *Process Safety and Environmental Protection*, 86(2), 77-93.

[6] Albrecht, E. (2023). Changing Winters and Adaptive Water Governance: A Case Study on the

[7] Kemi River Basin, Finland. *Water*, 15(11), 2024.

[8] Suardin, J., Mannan, M. S., & El-Halwagi, M. (2007). The integration of Dow's fire and explosion index (F&EI) into process design and optimization to achieve inherently safer design. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20(1), 79-90.

[9] [Hungerbühler, K. (2008). Comparison of methods for assessing environmental, health and safety (EHS) hazards in early phases of chemical process design. *Process Safety and Environmental Protection*, 86(2), 77-93.

[10] Amiard, J. C., & Amiard-Triquet, C. (2015). Conventional risk assessment of environmental contaminants. In *Aquatic ecotoxicology* (pp. 25-49). Academic Press.

[11] Könnecker, G., Regelman, J., Belanger, S., Gamon, K., & Sedlak, R. (2011). Environmental properties and aquatic hazard assessment of anionic surfactants: physico-chemical, environmental fate and ecotoxicity properties. *Ecotoxicology and environmental safety*, 74(6), 1445-1460.

[12] Guillén, D., Ginebreda, A., Farré, M., Darbra, R. M., Petrovic, M., Gros, M., & Barceló, D. (2012). Prioritization of chemicals in the aquatic environment based on risk assessment: analytical, modeling and regulatory perspective. *Science of the Total Environment*, 440, 236-252.

[13] Kar, S., Sanderson, H., Roy, K., Benfenati, E., & Leszczynski, J. (2020). Ecotoxicological assessment of pharmaceuticals and personal care products using predictive toxicology approaches. *Green Chemistry*, 22(5), 1458-1516.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

- [14] Hoek, G., Ranzi, A., Alimehmeti, I., Ardeleanu, E. R., Arrebola, J. P., Ávila, P., ... & De Hoogh, K. (2018). A review of exposure assessment methods for epidemiological studies of health effects related to industrially contaminated sites. *Epidemiologia e prevenzione*, 42(5-6S1), 21-36.
- [15] Hassim, M. H. (2016). Comparison of methods for assessing occupational health hazards in chemical process development and design phases. *Current opinion in chemical engineering*, 14, 137-149.
- [16] Baum, E. (2018). *Chemical property estimation: theory and application*. Crc Press.
- [17] Zacharia, J. T. (2011). Identity, physical and chemical properties of pesticides. *Pesticides in the modern world-trends in pesticides analysis*, 1-18.
- [18] Ericson, C. A. (2015). *Hazard analysis techniques for system safety*. John Wiley & Sons.
- [19] Sharma, S., Chao Lim, Z., & Rangaiah, G. P. (2013). Process design for economic, environmental and safety objectives with an application to the cumene process. *Multi-Objective Optimization in Chemical Engineering: Developments and Applications*, 449-477.
- [20] Fadel, T. R., Steevens, J. A., Thomas, T. A., & Linkov, I. (2015). The challenges of nanotechnology risk management. *Nano Today*, 10(1), 6-10.
- [21] He, Z., Chen, C., & Weng, W. (2022). Multi-hazard risk assessment in process industries: State-of-the-Art. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 76, 104672.
- [22] Karlsson, O. (2023). Chemical safety and the exposome. *Emerging Contaminants*, 100225.



ประวัติผู้เขียนบทความ

นายเสงแสง จารุนงคราญ

ประวัติโดยย่อ กำลังศึกษาระดับปริญญาเอก อยู่ที่
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
กรุงเทพมหานคร
งานวิจัยที่สนใจ การประเมินความเสี่ยงทางด้าน
วัตถุอันตราย

การปรับปรุงกระบวนการผลิตนั่งร้านลิ้มล็อก กรณีศึกษา

Improvement process of ring lock scaffolding for case study

นิรันท์ บุตตะ^{1*} และ นันทวรรณ อ่ำเยี่ยม²

สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
282 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

¹อีเมล: 6414940013@rumail.ru.ac.th

²อีเมล: nanthawan.a@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตนั่งร้านลิ้มล็อก โดยการวิเคราะห์สายธารคุณค่าเพื่อค้นหาโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อนำไปสู่การเพิ่มกำลังการผลิต ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์สายธารคุณค่าพบว่าขั้นตอนการผลิตที่ไม่เพิ่มคุณค่า 26 ขั้นตอนและขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี 50 ขั้นตอน และมีขั้นตอนการผลิตรวมทั้งสิ้น 107 ขั้นตอน เมื่อดำเนินการปรับปรุงแล้วทำให้ขั้นตอนการผลิตรวมลดลงเหลือ 83 ขั้นตอน โดยมีขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าลดลงเหลือ 20 ขั้นตอนและ ขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องมีลดลงเหลือ 39 ขั้นตอน ส่งผลให้เวลานำรวมของการผลิตเฉลี่ยทุกผลิตภัณฑ์ลดลงร้อยละ 30.75 กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 50.53 ตันต่อเดือน

คำสำคัญ : นั่งร้านลิ้มล็อก; การวิเคราะห์สายธารคุณค่า

Abstract

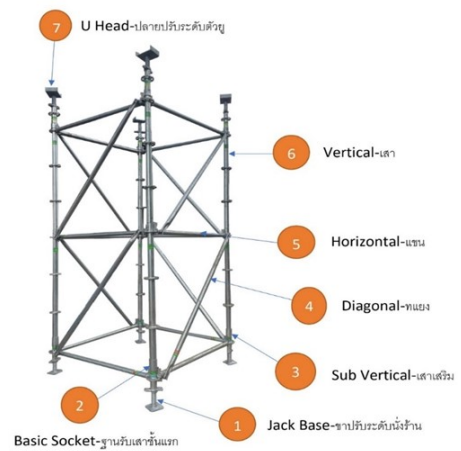
This descriptive research studied the improvement of ring lock scaffolding production processes. By analyzing value streams map (VSM) in order to search the opportunities to improve production processes leading to increased production capacity. The research results by value stream mapping analysis found 26 non-value-added production steps, 50 necessary non-value-added processes with a total of 107 production steps. Once the improvements were implemented, the total production steps were reduced to 83 steps, with the non-value-added steps reduced to 20 steps. The non-value-added but necessary steps were reduced to 39 steps. As a result, the average total production lead time across all products decreased by 30.75% and production capacity increased by 50.53 tons per month.

Keywords: ring lock scaffolding; value stream analysis

1. บทนำ

นั่งร้านลิ้มล็อกประกอบด้วยชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นเสาประกอบต่อกันขึ้นตามความสูงที่ต้องการ ชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่จับยึดด้านข้างตามความกว้างที่กำหนดเรียกว่า แขน และชิ้นส่วนที่ขึ้นตามแนวทแยงของแต่ละช่วงสานั้นและตามการออกแบบของวิศวกร เรียกว่า ทแยง ชิ้นส่วนแขนและทแยงนั้นจะพาดเก็ชวอยู่กัขวงแหวนของเสาและถูกตรึงอยู่กับที่ด้วยลิ้มที่ติดมากับปลายแขนและทแยงโดยเหตุนี้จึงมีชื่อเรียกว่า "นั่งร้านลิ้มล็อก" นั่งร้านชนิดนี้มักใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราวรองรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่จึงต้องการความแข็งแรง

สูงมากและมีความเที่ยงตรงของขนาดคือพื่อที่จะประกอบเป็น โครงสร้างชั่วคราวได้ง่ายและแข็งแรงตามการออกแบบของวิศวกร



รูปที่ 1 ชิ้นส่วนต่างๆของนั่งร้านแบบลิ้มล็อก

ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นการตัด ขึ้นรูปและเชื่อมประกอบโลหะ ในโรงงานกรณีศึกษาที่สถานประกอบการประกอบแต่ละชิ้นส่วนจะเป็นอิสระต่อกันจะใช้เครื่องจักรร่วมกันเฉพาะแต่การตัดต่อตามความยาวของเสา แขน และทแยงตามขนาดความยาวที่ต้องการ และการตัดขึ้นรูปวงแหวนและสลักลิ้ม เป็นต้น การขนส่งระหว่างท่าจากสถานงานหนึ่งไปยังอีกสถานหนึ่งจึงมีมากอีกทั้งการกำหนดตำแหน่งและทิศทางของชิ้นส่วนย่อย เช่น วงแหวนของเสา ชิ้นส่วนปลายแขนและทแยงมีความสำคัญต่อหน้าที่ลักษณะการใช้งานของชิ้นส่วนนั้นๆ การเชื่อมต่องานเพื่อกำหนดตำแหน่งดังกล่าวจึงพบเห็นได้บ่อยครั้งในหลายๆชิ้นส่วน เช่น การเชื่อมกำหนดตำแหน่งของวงแหวน การเชื่อมตรึงกำหนดทิศทางของปลายแขน เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวชวนให้พิจารณาถึงความจำเป็นของขั้นตอนการผลิตบางส่วนตลอดถึง การเคลื่อนย้ายงานระหว่างท่าว่าเกินพอดีไปหรือไม่

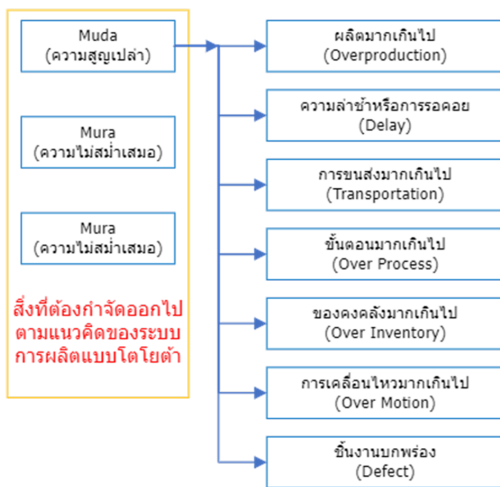
2. แนวคิดการผลิตแบบลีน และการวิเคราะห์สายธารคุณค่า

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) มีแนวคิดพื้นฐานอยู่ 3 ประการ ได้แก่ 1) การมุ่งเน้นสร้างคุณค่าให้กับลูกค้า (Create Value), 2) การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต (Eliminate Waste), 3) การพัฒนาปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้นไป (Continuous Improvement) ความ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

สูญเสียตามแนวคิดนี้มี 7 ประการ นอกจากนี้แนวคิดในระบบการผลิตแบบโตโยต้าอันเป็นต้นธารของการผลิตแบบลีนยังได้เพิ่มเติมความสูญเสียเปล่าแบบที่ 8 คือการใช้ทรัพยากรมนุษย์อย่างไม่คุ้มค่า^[1] และสิ่งที่ต้องกำจัดออกไปอีกตามรูปที่ 2 นี้ เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการลดความสูญเสียเปล่าต่างๆ ในกระบวนการทำงานเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยการขจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าทำให้กระบวนการผลิตมีลักษณะราบเรียบสม่ำเสมอและเพรียวบางยิ่งขึ้นเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับการตั้งคำถามถึงความพอดีข้างต้น การวิเคราะห์สายธารคุณค่าของกระบวนการผลิตเป็นเทคนิคหนึ่งในการค้นหาความสูญเสียเปล่าดังกล่าวเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการปรับปรุงเพื่อกำจัดความสูญเสียหรือความเกินพอดีที่อาจมีอยู่ในขั้นตอนการผลิต อันนำไปสู่การปรับปรุงเพื่อกำจัดความสูญเสียเปล่าเหล่านั้น



รูปที่ 2 ความสูญเสียตามแนวคิดการผลิตแบบลีน

คำถามสำคัญต่อการจัดการผลิตนี้เรียกว่าแบบลีนลีนคือ การวิเคราะห์สายธารคุณค่าของกระบวนการผลิตจะนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มกำลังการผลิตได้หรือไม่อย่างไร

3. แนวทางการดำเนินการ

3.1 การศึกษาเวลา (Time Study)

ข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ในการผลิตจำเป็นสำหรับการศึกษากำหนดการผลิต และการวัดผลจากการปรับปรุง ในกรณีศึกษานี้เลือกใช้วิธีการศึกษาเวลาโดยตรง คือ การศึกษาเวลาที่ใช้การจับเวลาพนักงานที่มีการเลือกไว้แล้วมาปฏิบัติงานแล้วจับเวลาโดยตรง แล้วนำข้อมูลที่ได้ครั้งแรกมาทดสอบความเป็นการกระจายแบบปกติก่อน(Normality Test)^[2] โดยเลือกใช้วิธี Anderson Darling test กำหนด โดยโปรแกรม Minitab แล้วจึงคำนวณจำนวนครั้งในการจับเวลาจากสมการ (1)

$$N = \left| \frac{K}{S} \left\{ n \sum x^2 - (\sum x)^2 \right\}^{1/2} \right|^2 \quad (1)$$

- N = จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา
- n = จำนวนครั้งที่จับเวลาครั้งแรก
- S = ความแม่นยำ
- K = ตัวประกอบของระดับความเชื่อมั่น

ซึ่งมีค่าที่นิยมใช้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตัวประกอบของระดับความเชื่อมั่น

ระดับความเชื่อมั่น (%)	K
68.30	1
95.50	2
99.70	3

แล้วจับเวลาตามจำนวนครั้งสูงสุดที่คำนวณได้นำมาหาค่าเฉลี่ย เวลาเฉลี่ยที่ได้นี้ต้องปรับอัตราความเร็วการทำงานของพนักงานที่เลือกมานี้ก่อน โดยเลือกใช้วิธีประเมินอัตราเร็ว (Performance Rating) ตามวิธีการของ Westinghouse เนื่องจากเป็นวิธีที่สังเกตเห็นได้ง่ายและชัดเจนตามตารางต่อไปนี้

แล้วจึงนำมาหาเวลาทำงานปกติ (Normal Time) จาก Normal Time = (1+skill+effort+condition+consistency) x เวลาเฉลี่ยจากการจับเวลา^[5]

ตารางที่ 2 ค่าตัวประกอบ Performance Rating ของ Westinghouse

Skill			Effort		
0.15	A1	Super Skill	0.13	A1	Excessive
0.13	A2		0.12	A2	
0.10	B1	Excellent	0.1	B1	Excellent
0.08	B2		0.08	B2	
0.06	C1	Good	0.05	C1	Good
0.03	C2		0.02	C2	
0.00	D	Average	0	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.08	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
Condition			Consistency		
0.06	A	Ideal	0.04	A	Ideal
0.04	B	Excellent	0.03	B	Excellent
0.02	C	Good	0.01	C	Good
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.12	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

นอกจากการประเมินอัตราเร็วการทำงานแล้วเวลาปกติที่คำนวณได้ ยังต้องเพิ่มเวลาเผื่อส่วนบุคคลและเวลาเผื่อจากความล่าช้าในการทำงานด้วย ในกรณีศึกษานี้กำหนดให้เวลาเผื่อส่วนบุคคล 5% และเวลาเผื่อความล่าช้าอีก 5% แล้วจึงนำมาหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

จาก STD.T = NT x (1 + A)

STD.T = Standard Time(เวลามาตรฐาน)

NT = Normal time(เวลาปกติ)

A = Allowance(เวลาเผื่อ)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นึ่งร้านลิ่มลีดประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่างๆ 7 ชิ้นส่วนซึ่งแบ่งตามวิธีการผลิตเป็น 5 กลุ่มผลิตภัณฑ์ โดยในแต่ละกลุ่มจะมีความแตกต่างกันในความยาวที่เป็นวัตถุดิบเท่านั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุดในแต่ละกลุ่มมาทำการศึกษาดังนี้

1. กระบวนการผลิตเสา (Vertical) มี 4 ขนาดความยาว ใช้การผลิตเสา ความยาว 1.0 เมตร เป็นตัวแทนของทั้ง 4 ขนาด
2. กระบวนการผลิตแขน (Horizontal) มี 4 ขนาดความยาว ใช้การผลิตแขน ความยาว 0.90 เมตร เป็นตัวแทนของทั้ง 4 ขนาด
3. กระบวนการผลิตแขนง (Diagonal) มี 4 ขนาดความยาว ใช้การผลิตแขนง ความยาว 1.5 x 1.5 เมตร เป็นตัวแทนของทั้ง 4 ขนาด
4. กระบวนการผลิตฐานปรับระดับ (Jack Base) และ ปลายปรับระดับ (U-Head) ศึกษาเฉพาะการผลิตฐานปรับระดับเป็นตัวแทน
5. กระบวนการผลิตฐานรับเสาชั้นแรก (Basic Socket) และเสาเสริม (Sub-Vertical) ศึกษาเฉพาะการผลิตฐานรับเสาชั้นแรกเป็นตัวแทน โดยทำการศึกษาเวลาและวิเคราะห์สายธารคุณค่าเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่เลือกมานี้เท่านั้น

3.3 การบันทึกข้อมูลจากการศึกษาเวลา

ขั้นตอนการผลิต วิธีการผลิต วัตถุดิบที่ใช้ เวลารอบการผลิตของขั้นตอนต่างๆ จะนำไปบันทึกไว้ในแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต เพราะสามารถบันทึกข้อมูลชนิดต่างๆตามผลการศึกษาได้ครบถ้วนที่สุดตามตัวอย่างรูปที่ 3 ความสัมพันธ์แผนภูมิการไหลของกระบวนการดังนี้

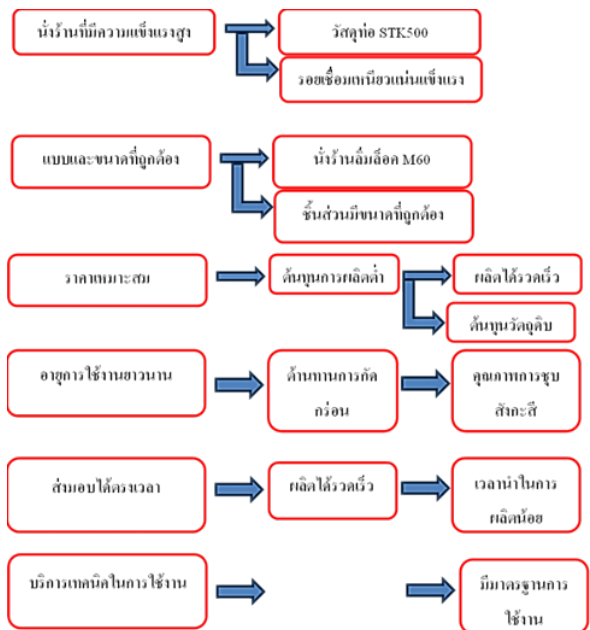
แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต(Process Flow Chart)						
การผลิต 1.0 m (Vertical 1.0m)	กิจกรรม(Activity)	ครั้ง	นาที	วินาที	เมตร	หมายเหตุ
กระบวนการ : ขั้นตอนการผลิตก่อนปรับรูปร่าง	○ ปฏิบัติการ	5	12.49	0.00		
	⇒ การขึง	6	0.59	122.71		
	□ การรองคอก	6	4.39	0.00		
	□ การรวบรอบ	0	0.00	0		
	△ การเก็บพักรับแรง	3	1.91	0.00		
	รวม	20	19.38	122.71		
ขั้นตอนการผลิต						
นาที	วินาที	สัญญาณ		หมายเหตุ		
การผลิต						
1. กัดหัวลูกปืน	0.81	0.00	○	⇒	□	▲
2. ขึงลวดเหล็กหรือลวด (Laser cutting)	0.18	17.46	○	⇒	□	▲
3. กัดดอกตามความยาว+รูรูปดอก 50 มม.	0.52	0.00	●	⇒	□	▲
4. รีดนึ่งขึงหรือประกอบ	0.93	0.00	○	⇒	□	▲
การผลิตทวน(King)						
1. นึ่งนึ่งเหล็กขึ้นบน 10.0 mm	0.34	0.00	○	⇒	□	▲
2. ขึงลวดเหล็กหรือลวด	0.32	7.62	○	⇒	□	▲
3. กัดดอกขึ้นรูปทวน	2.48	0.00	●	⇒	□	▲
4. รีดนึ่งขึงหรือประกอบ	0.24	0.00	○	⇒	□	▲
การเชื่อมประกอบ						
1. ขึงลวดเหล็ก Stare เรือชุด	0.04	24.33	○	⇒	□	▲
2. ขึงลวดเหล็กหรือลวด Stare เรือชุด	0.02	24.33	○	⇒	□	▲
3. เรือชุดหรือ King ติดกับท่อ	6.44	0.00	●	⇒	□	▲
4. รีดนึ่งขึงหรือประกอบ King	0.93	0.00	○	⇒	□	▲
5. ขึงลวดเหล็กเชื่อมประกอบรอบ King	0.01	19.24	○	⇒	□	▲
6. เชื่อมประกอบ	1.88	0.00	●	⇒	□	▲
7. ขึงลวดปรับรู	0.19	29.73	○	⇒	□	▲
8. เก็บของใส่ชุด	1.37	0.00	○	⇒	□	▲
9. ใส่ปั๊มสี	0.00	0.00	○	⇒	□	▲
10. ถัดมาเจาะรูรอบหัวท่อ	0.93	0.00	○	⇒	□	▲
11. ติดสติ๊กเกอร์ + รั้วกับท่อ	1.17	0.00	●	⇒	□	▲
12. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	0.76	0.00	○	⇒	□	▲
รวม	19.36	122.71				

รูปที่ 3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตขนาด 1.0 เมตร

เวลารอบการผลิตของขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นตอนที่บันทึกไว้ในแผนภูมินี้เป็นเวลามาตรฐานที่เป็นผลจากการศึกษาเวลาแล้วนำมาคำนวณตามวิธีการที่อธิบายมาก่อนหน้านี้แล้ว

3.4 การสร้างแผนที่สายธารคุณค่าและการวิเคราะห์ข้อมูล

แผนที่สายธารคุณค่าคือแผนภาพที่แสดงรายละเอียดของการปฏิบัติงานทั้ง เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม จำนวนพนักงาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่นๆ อันจะแสดงให้เห็นว่าปฏิบัติการใดทำให้เพิ่มคุณค่าในตัวผลิตภัณฑ์ ปฏิบัติการใดไม่ทำให้เพิ่มคุณค่า และปฏิบัติการใดไม่เพิ่มคุณค่าแต่หลีกเลี่ยงไม่ได้จำเป็นต้องมีอยู่เพื่อให้ปฏิบัติการในขั้นต่อไปดำเนินไปได้^[3] การสร้างแผนภาพดังกล่าวเริ่มจากการกำหนดนิยามคุณค่าต่างๆของกิจกรรมต่างๆตามมุมมองของลูกค้า เพื่อแสดงถึงผลของปฏิบัติการใดๆว่าสร้างคุณค่าในสายตาของลูกค้าขึ้นในตัวผลิตภัณฑ์นั้นๆหรือไม่^[4] แล้วจึงนำขั้นตอนการผลิตในรายละเอียดที่บันทึกไว้มาสร้างเป็นแผนที่สายธารคุณค่าของแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อกำหนดคุณค่าตามมุมมองของลูกค้าและแปรผลเป็นรูปธรรมในทางปฏิบัติได้ดังที่เห็นได้ในรูปที่ 4 ความสัมพันธ์ดังนี้



รูปที่ 4 การแปรคุณค่าตามมุมมองของลูกค้าเป็นรูปธรรมในทางปฏิบัติ

แล้วจึงนำคุณค่าตามมุมมองดังกล่าวมาจัดจำแนกกิจกรรมการผลิตประเภทต่างๆตามแนวทางต่อไปนี้^[6]

1. กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value Added Activity) หมายถึง ขั้นตอนที่ส่งมอบหรือทำให้เกิดคุณค่าสำหรับลูกค้า และในเวลาที่เหมาะสม (ไม่ช้า หรือ เร็วเกินไป) ลูกค้ายินดีและเต็มใจเสียค่าใช้จ่าย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การปรับปรุงตาม 1.1 1.2 และ 1.3 นี้ทำให้การผลิตเสามีขั้นตอนการผลิตลดลงทั้งสิ้น 8 ขั้นตอน เวลารอบการผลิตลดลง 9.59 นาที (ร้อยละ 49.46)

2. การผลิตแขน มีความสูญเสียเปล่าที่ได้รับการปรับปรุงดังนี้

2.1 การเชื่อมตริงขึ้นเพื่อตั้งตำแหน่งส่วนปลายแขนเป็นขั้นตอนที่มากเกินไป (Overprocess) ปรับปรุง โดยรวม ขั้นตอนนี้เข้ากับการเชื่อมประกอบเป็นขั้นตอนเดียวกัน โดยโดยติดตั้งอุปกรณ์จับยึด(Fixture)เพื่อตั้งตำแหน่งเข้ากับเครื่องเชื่อมประกอบทำให้ขั้นตอนการขนย้ายลดลง 1 ขั้นตอน และลดขั้นตอนการเชื่อมตริงลง 1 ขั้นตอน



รูปที่ 8 การปรับปรุงการตั้งตำแหน่งชิ้นส่วนปลายแขนด้วย fixture

2.2 การตัดขึ้นรูปสลักลิ้มด้วยเครื่องตัดเลเซอร์ก่อให้เกิดของเสียร้อยละ 29.26 (Defect) ปรับปรุงโดยการจัดหาชิ้นส่วนนี้จากภายนอก ทำให้ขั้นตอนการตัดขึ้นรูปและการขนย้ายลดลงอย่างละ 1 ขั้นตอนการปรับปรุงการผลิตแขนตาม 2.1 และ 2.2 นี้ทำให้การผลิตแขนมีขั้นตอนการผลิตลดลงทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน เวลารอบการผลิตลดลง 3.31 นาที (ร้อยละ 21.72)

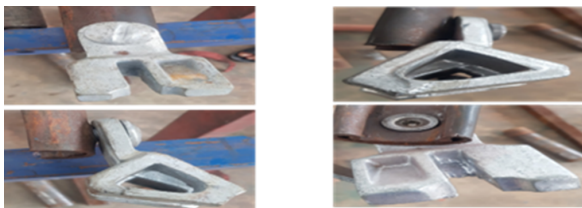
3. การผลิตทแยง มีความสูญเสียเปล่าที่ได้รับการปรับปรุงดังนี้

3.1 การอัดขึ้นรูปปลายทแยงทำให้เกิดรอยครีบก้นด้านตรงกันข้าม(Defect) ปรับปรุง โดยการออกแบบแม่พิมพ์เจาะ(Punch and Die) ใหม่ให้มีรูปร่างและขนาดโค้งรับกันกับตัวเรือน(Housing) รับแม่พิมพ์ ทำให้ลดของเสียลงไปได้ และลดขั้นตอนการซ่อมแก้ไขลง 1 ขั้นตอน



รูปที่ 9 การออกแบบแม่พิมพ์เจาะรูใหม่เพื่อลดปัญหาหรือจากการเจาะ

3.2 การประกอบปลายทแยงด้วยสลักเกลียวทำให้เสียเวลามาก(Delay) ปรับปรุง โดยการออกแบบหมุดเหล็กให้มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมแล้วอัดแน่นด้วยไฮดรอลิกทำให้ลดเวลาการผลิตได้



รูปที่ 10 การปรับปรุงโดยการประกอบด้วยหมุดเหล็กแทนสลักเกลียว

3.3 เป็นปฏิบัติการเดียวกันกับ 2.2 การปรับปรุงตาม 3.1 3.2 และ 3.3 นี้ทำให้การผลิตทแยงมีขั้นตอนการผลิตลดลงทั้งสิ้น 6 ขั้นตอน เวลารอบการผลิตลดลง 6.35 นาที (ร้อยละ 29.66)

4. การผลิตฐานปรับระดับ ปลายปรับระดับ ฐานรับเสาชั้นแรก และเสาเสริม ที่โดยปกติใช้กำลังการผลิตร่วมกันกับเครื่องเชื่อมประกอบแขนซึ่งเป็นกรณีการทำงานเกินกำลัง (Murfi) จึงแก้ไขโดยการออกแบบสร้างเครื่องเชื่อมประกอบสำหรับ 4 ผลิตภัณฑ์นี้ โดยออกแบบให้การจับยึดตั้งตำแหน่งทำได้สะดวกและพร้อมสำหรับการเชื่อมประกอบในครั้งเดียวโดยไม่มีการเชื่อมตริง

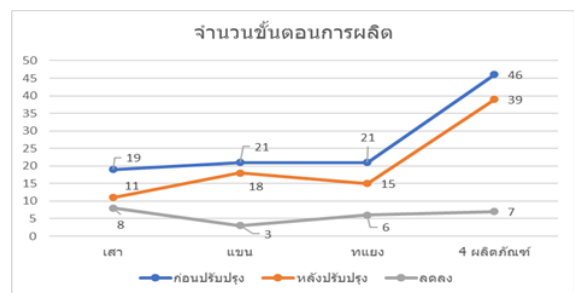


รูปที่ 11 เครื่องเชื่อมประกอบ 4 ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบใหม่

การปรับปรุงตามข้อ 4 นี้ทำให้การผลิตทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์นี้มีขั้นตอนการผลิตลดลงทั้งสิ้น 7 ขั้นตอน เวลารอบการผลิตลดลง 13.58 นาที(ร้อยละ 15.46)

5. สรุปผลการวิจัย

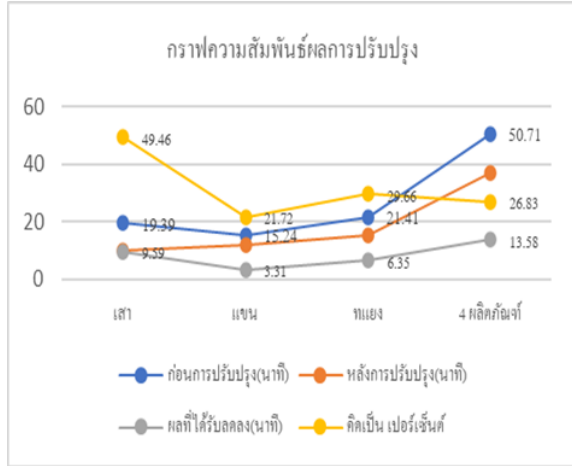
การลดและกำจัดความสูญเสียเปล่าโดยการวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) จากการวิเคราะห์สายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันพบว่ามีความสูญเสียเปล่าอยู่ 4 ลักษณะคือ (1)การขนย้ายที่มากเกินไปกรณีการตัดต่อด้วยเครื่องตัดเลเซอร์ (2)ของเสียมากเกินไป (Defect) กรณีการตัดขึ้นรูปวงแหวนของเสาและการตัดขึ้นรูปสลักลิ้มของแขนและทแยง (3)ขั้นตอนการผลิตที่มากเกินไป (Over Process) กรณีการเชื่อมตริงของการผลิตเสาและแขน และการผลิตทแยงกรณีการบีบขึ้นรูปและเจาะรูปลายท่อ และ(4)วิธีการผลิตที่ใช้เวลามากเกินไป (Delay) กรณีการประกอบปลายทแยงด้วยเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) การปรับปรุงเพื่อลดและกำจัดความสูญเสียเปล่าเหล่านี้ส่งผลให้ขั้นตอนการผลิตรวมทุกผลิตภัณฑ์ลดลง จาก 107 ขั้นตอนเหลือ 83 ขั้นตอน ลดลง 24 ขั้นตอน คิดเป็น 31.5 เปอร์เซ็นต์ ตามกราฟที่ 1 และกราฟที่ 2 ความสัมพันธ์ผลการปรับปรุง



กราฟที่ 1 ความสัมพันธ์ของการลดลงของขั้นตอนการผลิต

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



กราฟที่ 2 กราฟความสัมพัทธ์ผลการปรับปรุง

จากผลหลังการปรับปรุงทำให้ผลการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 164.34 ต้นต่อเดือน เป็น 214.87 ต้น เพิ่มขึ้น 50.53 ต้น คิดเป็น 30.75 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณสุวิวัฒน์ วงษ์สุดตา ผู้จัดการโรงงาน และบริษัท ทรนศึกษา ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ และสุดท้ายขอขอบคุณพระคุณมหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้เข้ามาศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อประโยชน์ในการนำไปพัฒนาตัวเองและประเทศชาติสืบไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Okpala, Charles Chikwendu et al., *International Journal of Advanced Engineering Technology*, E-ISSN 0976-3945nt Vol. VII/Issue III/July-Sept.,2016/201-206, Nirapai Jansawat [https://th.linkedin.com/pulse value-stream-mapping-vsm-niraphai-jansawat](https://th.linkedin.com/pulse/value-stream-mapping-vsm-niraphai-jansawat) สืบค้นวันที่ 20 มีนาคม 2566.
- [2] Pranav Y. Dave .*The History of Lean Manufacturing by the view of Toyota-Ford* ,International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 11, Issue 8, August-2020 1598 ISSN 2229-5518
- [3] Ramunė Čiarnienė , Milita Vienažindienė, *LEAN MANUFACTURING: THEORY AND PRACTICE , ECONOMICS AND MANAGEMENT*: 2012. 17 (2) ISSN 2029-9338 (ONLINE) ISSN 1822-6515 (CD-ROM)
- [4] กัลยา วานิชย์บัญชา : *สถิติสำหรับงานวิจัย* ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 6, 2555.
- [5] วิทยา สุหฤทธดำรง. *วิถีแห่งโตโยต้า*, แปลจาก THE TOYOTA WAY โดย Jeffrey K.Liker สำนักพิมพ์ อีไอ สแควร์ พับบลิชซิง จำกัด 2548 ,หน้า 9



ประเวศผู้เขียนบทความ

นายธีรนนท์ บุตตะ

การศึกษา:ปริญญาตรี

สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต

การทำงาน: ผู้จัดการโรงงาน

บริษัท บีซูที.แมชชีนทค จำกัด

การพัฒนาและออกแบบบทเรียนในรูปแบบโมดูล สำหรับวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ เรื่องแขนกลในอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

Developing and Designing Lessons in Module Form for Pneumatics and Hydraulic Industrial Arms for Sustainability

ทิวรัตน์ จุลพรหม^{1*}, ธนัช ปัญญาคุณวัฒน์² และ สวิช ประวิทย์³

¹สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 ถ. วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 siwarut.j@rmutp.ac.th

²Thanut-p@rmutp.ac.th, ³Swich-p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างบทเรียนโมดูลสำหรับวิชา นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ เรื่องแขนกลในอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนที่พัฒนาขึ้นมา โดยพัฒนาบทเรียนโมดูลในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-book) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาเทคนิคเครื่องกลสาขาวิชาเทคนิคยานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ (Thai-Austrian technical Collage) ที่ได้ลงทะเบียนเรียนวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 พ.ศ.2566 โดยแบ่งการทดสอบเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มที่ใช้สื่อการเรียนรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-book) บทเรียนโมดูลจำนวน 19 คน และกลุ่มที่ใช้การเรียนรูปแบบเดิม จำนวน 21 คน มีผลการดำเนินงาน พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา 2 กลุ่ม ในรายวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ โดยกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นมา มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนที่พัฒนาขึ้นมา พบว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นต่อชุดสื่อการเรียนรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่องแขนกลในอุตสาหกรรม มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (\bar{X} = 4.01, S.D. = 0.51)

คำสำคัญ : บทเรียน โมดูล, หนังสืออิเล็กทรอนิกส์, นิวเมติกส์

Abstract

The research's aims are to design and develop module lessons for the topics of pneumatics and hydraulics compare students' educational achievement and analyze students' experience with the developed set of learning materials. A sample group of students at the level of Higher Vocational Certificate (Vocational Diploma) were used to generate courses in ebook format. Students studying pneumatics and hydraulics at Sattahip Technical College (Thai-Austrian Technical College Department) of Mechanical Technique, Department of Automotive Technique, and Sattahip Technical College The 19 students who utilize e-book learning materials, the 19 students who use module lessons, and

use traditional learning techniques will be separated into two groups for the test. 21 people concluded that. A comparison of two groups of students' academic performance in pneumatics and hydraulics The study materials created for the experimental group were e-books. greater accomplishment than students who used traditional instructional techniques was statistically significant at 0.05. The results of the study of students' satisfaction with the developed set of learning materials. It was found that learners had an opinion on the set of learning materials in the form of an electronic book. About industrial robotic arms Average satisfaction level is high (\bar{X} = 4.01, S.D. = 0.51).

Keywords: Module lessons, E-books, Pneumatics

1. บทนำ

การพัฒนาบทเรียนด้านนิวเมติกส์และไฮดรอลิกในอุตสาหกรรมเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจและทักษะของผู้เรียนในการประยุกต์ใช้ทฤษฎีในงานจริง การใช้เทคโนโลยีและการสร้างโมดูลการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การส่งเสริมทักษะและการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาตนเองให้ผู้เรียนเข้ากับความเปลี่ยนแปลงในตลาดแรงงานได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น โครงการนี้มุ่งเน้นการพัฒนาบทเรียนเพื่อเสริมสร้างทักษะและความเข้าใจในการประยุกต์ใช้นิวเมติกส์และไฮดรอลิกในอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพเพื่อกำหนดแนวทางการเรียนการสอนที่เหมาะสมในยุคปัจจุบันและอนาคต

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) สามารถดัดแปลงเพื่อใช้เป็นสื่อรูปแบบหนึ่งในการทำบทเรียน เพื่อส่งเสริมให้เกิดพัฒนาการเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ดียิ่งขึ้น โดยการนำเอาจุดเด่นของสื่อแบบต่างๆ มารวมอยู่ในสื่อรูปแบบเดียว เช่น การแสดงภาพนิ่ง การแสดงภาพเคลื่อนไหว การแสดงเสียง การเชื่อมโยงไปยังข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ (Hypertext) อีกทั้งยังสามารถแก้ไขข้อมูลได้ตลอดเวลา [1] ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีในการสร้างบทเรียนในรูปแบบสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน สามารถอ่านหรือทบทวนได้ตลอดเวลา และสามารถนำเสนอเนื้อหาแก่ผู้เรียนให้มีความน่าสนใจในการเรียนรู้ได้

การพัฒนากระบวนการนิวเมติกส์นี้มีมาอย่างยาวนาน ทำให้เกิดการควบคุมระบบและระบบผสมไฟฟ้า ในปัจจุบันที่พบเห็นได้

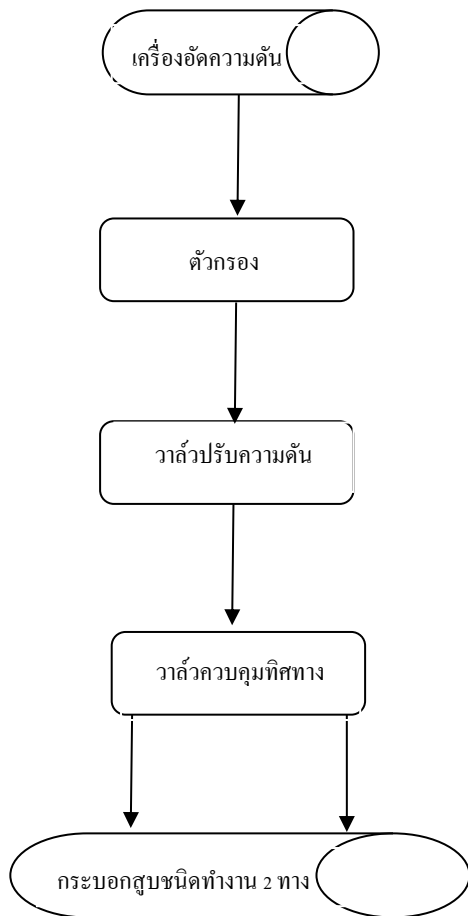
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

บ่อย เช่น การนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุม ที่เรียกว่า PLC (Programable Logic Controller) ซึ่งทำให้ระบบลมนั้นเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทที่มีประโยชน์อย่างมาก [2] โดยกำลังของไหลที่นิยมนำมาใช้งานในปัจจุบันยังแบ่งได้เป็นสองระบบคือ 1) ระบบนิวเมติกส์ 2) ระบบไฮดรอลิกส์

นิวเมติกส์ (Pneumatics) เป็นระบบการทำงานโดยใช้ลมเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ลูกสูบให้สามารถเคลื่อนที่ได้ ปัจจุบันมีการนำเอานิวเมติกส์เข้ามาใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมทั้งด้านงานบรรจุหีบห่อ งานด้านการผลิต งานด้านการขนย้าย เป็นต้น [3]

ไฮดรอลิกส์ (Hydraulics) เป็นระบบที่ใช้ของไหลของน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ เช่น น้ำมัน ในการส่งกำลังงานหรือการทำงานในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้ความดันของของเหลวในการสร้างกำลังที่จำเป็น เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงและมักนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม การทำงานของระบบไฮดรอลิกส์มักเกี่ยวข้องกับการใช้ปั๊มหรือชุดมอเตอร์ในการสร้างความดันในน้ำหรือของเหลว และการใช้วาว์ว (Valves) เพื่อควบคุมการไหลและการกระจายของของเหลวตามที่ต้องการ [4]



รูปที่ 1 การทำงานของระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์

2. ขอบเขตและขั้นตอนการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ จ.ชลบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน (19 คน) และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน (21 คน)

ใช้การจัดทำบทเรียนรูปแบบโมดูล ในหัวข้อที่มีเนื้อหาความสำคัญเกี่ยวข้องต่ออุตสาหกรรมในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-book) โดยมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับรายวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์หลักสูตรอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทเรียนได้แก่ พื้นฐานเกี่ยวกับกรีปเปอร์และอุตสาหกรรม 4.0 พื้นฐานการคำนวณเกี่ยวกับกรีปเปอร์และอุตสาหกรรม 4.0 ประเภทของหุ่นยนต์และการใช้งานในอุตสาหกรรม หลักการทำงานของกรีปเปอร์ การคำนวณหาแรงในการยกของกรีปเปอร์ และ ตัวอย่างการนำกรีปเปอร์ไปใช้ในอุตสาหกรรม ร่วมกับการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องแขนกลในอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่องแขนกลในอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืนที่พัฒนาขึ้นมา เป็นแบบมาตรฐานส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ขั้นที่ 1 ผู้วิจัยได้ทดสอบวัดพื้นฐานความรู้ (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนมาเป็นเครื่องมือในการทดสอบ ขั้นที่ 2 นำชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูลให้กับอาจารย์ประจำรายวิชาดำเนินการสอนตามชั่วโมงการสอนปกติใช้ระยะเวลา 1 เดือน โดยนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น



รูปที่ 2 สื่อการสอนรูปแบบ โมดูล สำหรับวิชานิวเมติกและไฮดรอลิกส์ เรื่องแขนกลในอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ขั้นที่ 3 ทดสอบหลังเรียน (Post-test) เมื่อผู้เรียนผ่านการเรียนจนครบแล้ว ทำการทดสอบผลการเรียนอีกครั้งด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียน

ขั้นที่ 4 ประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน โดยนำผลของคะแนนที่ได้ทำจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์

ขั้นที่ 5 ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูล เรื่องแกนกลในอุตสาหกรรม โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

ขั้นที่ 6 นำผลที่ได้ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์แปรผล อภิปราย และสรุปผล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ t-test Independent สำหรับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทดสอบที่ค่านัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโปรแกรม SPSS

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

การหาผลสัมฤทธิ์จากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษา 2 กลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ พบว่ากลุ่มทดลองที่ใช้สื่อการเรียนรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นมา มีคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนค่าเฉลี่ยที่ 9.05 คะแนนแบบทดสอบหลังเรียนค่าเฉลี่ยที่ 16.26 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.93 ในกลุ่มควบคุมที่ใช้วิธีการสอนแบบปกติมีคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนค่าเฉลี่ยที่ 8.90 คะแนนแบบทดสอบหลังเรียนค่าเฉลี่ยที่ 13.23 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.83

การเปรียบเทียบความแตกต่างด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา 2 กลุ่มในแบบทดสอบหลังเรียน พบว่าค่า t-test มีค่าเท่ากับ 10.84 แสดงให้เห็นว่าการเรียนทั้ง 2 วิธี ให้ผลสัมฤทธิ์ที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 โดยกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้การสอนแบบปกติ

3.2 ผลศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูล

ผู้เรียนมีความคิดเห็นที่มีต่อชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูล วิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ เรื่องแกนกลในอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} = 4.01, S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาแต่ละหัวข้อพบว่า ด้านเนื้อหาชุดสื่อการเรียนรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ผู้เรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยที่ระดับมาก (\bar{X} = 4.00, S.D. = 0.56) และด้านแบบทดสอบ ผู้เรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยที่ระดับมาก (\bar{X} = 4.02, S.D. = 0.35)

4. สรุปและอภิปรายผล

การออกแบบชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูล สำหรับวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ มีความแตกต่างในด้านของเนื้อหา จากเดิมที่เน้นเนื้อหาเรื่องระบบพื้นฐานของนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ การบำรุงรักษาทั่วไปของนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ รวมถึงการออกแบบวงจรระบบนิวเมติกส์ ซึ่งบทเรียนโมดูลจะมีเนื้อหาเพิ่มเติมคือ เรื่องพื้นฐานของกรีปเปอร์ระบบนิวเมติกส์ การคำนวณหาแรงยกในกรีปเปอร์ระบบนิวเมติกส์ และอุตสาหกรรม 4.0 จากการนำหุ่นยนต์และกรีปเปอร์นิวเมติกส์ไปใช้งานว่ามีรูปแบบอย่างไรบ้าง โดยจะเป็นการยกกรณีตัวอย่างของอุตสาหกรรมต่าง ๆ เข้ามาไว้ในชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูลนี้

การหาผลสัมฤทธิ์เปรียบเทียบทางการเรียนของนักศึกษาในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกลทั้งหมดจำนวน 40 คน โดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดสื่อการเรียนรูปแบบโมดูล จำนวน 19 คน และกลุ่มควบคุมที่ใช้วิธีการเรียนด้วยวิธีปกติจำนวน 21 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นชุดเดียวกันทั้งสองกลุ่ม ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าการเรียนด้วยชุดการเรียนรูปแบบโมดูล ในวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ที่พัฒนาขึ้นมา ให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่าการเรียนด้วยวิธีแบบปกติ โดยเนื้อหาในบทเรียนที่ได้ออกแบบมานั้น มีรายละเอียดเนื้อหาที่เป็นการต่อยอดจากเนื้อหาในรายวิชาปกติแต่ยังคงความเกี่ยวข้องกับความรู้ในรายวิชาเดิมอยู่ ทำให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานด้านแกนกลและนิวเมติกส์อยู่แล้วสามารถเข้าใจและจินตนาการถึงกรณีตัวอย่างในบทเรียนได้ ซึ่งในบทเรียนและแบบทดสอบนั้นจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับด้านอุตสาหกรรม 4.0 และการใช้กรีปเปอร์ในอุตสาหกรรม ส่วนผู้เรียนในกลุ่มควบคุมที่มีการเรียนแบบปกติซึ่งไม่ได้ใช้บทเรียนที่ออกแบบไว้ อาจไม่สามารถจินตนาการถึงกรณีตัวอย่างที่ใส่ไว้ในบทเรียนโมดูลได้ อีกทั้งในการเรียนด้วยบทเรียนโมดูลนั้นผู้เรียนสามารถย้อนกลับทบทวนในบทเรียนที่ผ่านมาแล้วได้โดยไม่ต้องพึ่งบรรยายในชั้นเรียน ผู้สอนสามารถออกแบบเนื้อหาให้มีความละเอียดลงลึกในเชิงทฤษฎีมากขึ้นได้ และสามารถนำเนื้อหาในบทเรียนโมดูลมาสร้างกิจกรรมให้กับนักศึกษา เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้มากขึ้นเช่นกัน ในงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ [5-7] ที่เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งงานวิจัยทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .05 โดยผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาที่ได้ใช้วิธีการเรียนการสอนที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่จะมีสูงกว่าการเรียนรูปแบบเดิม แสดงให้เห็นว่าบทเรียนหรือวิธีการสอนที่พัฒนามานั้น สามารถนำไปใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการเรียนรู้ได้จริง

จากการดำเนินงานสามารถสรุปประเด็นด้านปัญหาและการแก้ไขปัญหาในการออกแบบและพัฒนาบทเรียนโมดูลรูปแบบสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยมีดังนี้

1. เนื่องจากผู้เรียนมีพื้นฐานที่ยังไม่ค่อยมีความถนัดในด้านการคำนวณ ทำให้การออกแบบและพัฒนาบทเรียนจึงต้องมีการยกกรณีตัวอย่างที่เข้าใจง่ายมากขึ้น แทนการใส่เนื้อหาที่เป็นการคำนวณจำนวนมาก ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการทำงานในภาคปฏิบัติที่ต้องคำนวณแรงยกที่ใช้ในกรีปเปอร์ด้วย

2. การนำตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับกรีปเปอร์ ที่มีการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมค่อนข้างหาข้อมูลได้ยาก เนื่องจากโรงงานหรือ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

อุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีระบบกริปเปอร์นิวเมติกส์ ส่วนมากจะเป็นผู้ใช้งานมากกว่าผู้ออกแบบและวางระบบ จึงทำให้เป็นข้อจำกัดของข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในบทเรียนโมดูล

3. แพลตฟอร์มระบบการจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ ที่มีฟังก์ชันการใช้งานครบวงจรจะมีค่าใช้จ่ายในการใช้บริการที่สูง ทำให้เป็นข้อจำกัดในการออกแบบชุดสื่อการเรียนนี้ที่ไม่สามารถทำให้ใช้งานอย่างเต็มรูปแบบได้

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนางานต่อไป ดังนี้

1. ควรมีการปรับปรุงพื้นฐานของนักศึกษา โดยการออกแบบบทเรียนพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับชุดบทเรียนหลักมาใช้เพิ่มพื้นฐานของผู้เรียน ก่อนที่จะนำบทเรียนโมดูลหลักนี้มาทำการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนมีพื้นฐานที่เพียงพอต่อการเรียนในบทเรียนที่ออกแบบไว้

2. หากมีงบประมาณในการสร้างระบบจัดการเรียนการสอนไม่เพียงพอ สามารถใช้แพลตฟอร์มที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายนำมาใช้ร่วมกัน เช่น Google meet และ Google form

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ศิวารุศม์ จุลพรหม และ ดร.สรสุธิ บัวพูล อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาตรวจสอบความถูกต้อง รวมถึงการให้คำแนะนำต่าง ๆ ของเนื้อหาในเล่มปริญญาณิพนธ์ และโครงการ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคสัดหีบ ที่ให้ความอนุเคราะห์นำกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มทดสอบ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจนโครงการสามารถนำเสนอผลการดำเนินงานได้อย่างสมบูรณ์ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐสุดา สุวรรณมา และ อภิชา แดงจรรย์, “การพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-book) เรื่อง การสร้างเสริมสุขภาพและการป้องกันโรค สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีรักษ์,” Journal of Roi Kaensam Academi, ปีที่ 7, ฉบับที่ 5, หน้า 270 – 280, พฤษภาคม 2564

- [2] ภาคภูมิ โลหะเนตร, “การพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา, สถาบันพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 20 – 30, 2549
- [3] ณัฐวิรัช สุขสง และคณะ, “การหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่อง การควบคุมเซอร์โวนิวเมติกส์ ด้วย PLC,” วารสารวิจัยและนวัตกรรมสถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร, ปีที่ 2, ฉบับที่ 2, หน้า 60 – 72, กรกฎาคม - ธันวาคม 2562
- [4] สิริภัทร จันทะมงคล, จตุรณ ฉิมพาลี, “การศึกษาความต้องการสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ไฮดรอลิกส์ และนิวเมติกส์ ของนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ,” วารสารนาคบุตรปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, ปีที่ 12, ฉบับที่ 3, หน้า 10 – 22, กันยายน-ธันวาคม 2563
- [5] ปานทิพย์ ผ่องอักษร และละเอียด แจ่มจันทร์, “การใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์: ถอดบทเรียนจากผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาพยาบาล,” วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข, ปีที่ 28, ฉบับที่ 3, หน้า 1-9, 2561
- [6] พนม คลีฉายา, “การพัฒนาแบบเรียนด้วยตนเอง โมดูลเพื่อการรู้เท่าทันสื่อดิจิทัลสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา,” วารสารนิเทศศาสตร์ปริทัศน์, ปีที่ 23, ฉบับที่ 2, หน้า 7-25, 2562
- [7] รุ่งอรุณ พรเจริญ, “การพัฒนาชุดเรียนปฏิบัติการสำเร็จรูปสำหรับการสอนวิศวกรรมสายอากาศตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา,” รายงานการวิจัย งบประมาณเงินรายจ่าย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, หน้า 28 – 37, 2560

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



นายธนัช ปัญญากุลวัต
นักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมการ
จัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลพระนคร
สำเร็จการศึกษาในระดับ ปวส. จาก
วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ



นายสวิช ประวิทย์
นักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมการ
จัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลพระนคร
สำเร็จการศึกษาในระดับ ปวส. จาก
วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา



นายศิวรุตม์ จุลพรหม
อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมการจัดการ
อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ
1. พัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์
2. การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในงานด้าน
สิ่งแวดล้อมและพลังงาน
3. พลังงานทดแทน



บทความวิจัย

การผลิตเครื่องประดับ

การสร้างสรรค์เครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวัฒนธรรมล้านนา

Creating Jewelry Inspired by the Yi Peng Lanterns in Lanna Culture.

วรรษชัย ทวีชัย^{1*} ณิชฉินา แซ่ฮั่ว² นำโชค ลาดนอก³ และจรัสทิพย์ วังเย็น⁴

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงส์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร
Waruncharee-t@rmutp.ac.th^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเอกลักษณ์โคมยี่เป็งล้านนา เพื่อออกแบบและสร้างสรรค์เครื่องประดับร่วมสมัย และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยแบบสัมภาษณ์ แบบประเมิน และแบบสอบถาม เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูล จากการศึกษาค้นคว้า โคมรังมดส้ม เป็นรูปแบบโคมแขวนที่มีลักษณะรูปทรงและสีสันสวยงาม มีความโดดเด่นเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับเพื่อสร้างเอกลักษณ์ให้กับชิ้นงานและนำมาใช้ได้หลายโอกาส สรุปผลวิเคราะห์ความพึงพอใจกลุ่มผู้บริโภค ที่มีต่อเครื่องประดับโคมยี่เป็งล้านนา มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คือ ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ ($\bar{X} = 4.57$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.80)

คำสำคัญ : การสร้างสรรค์เครื่องประดับ, แรงบันดาลใจ, เครื่องประดับร่วมสมัย

Abstract

T The purpose of this research is to study the uniqueness of Yi Peng Lanna lanterns. To design and create contemporary jewelry. and to assess the satisfaction of jewelry consumers. Including a group of 100 consumers by random sampling. The tools used in this research consisted of interviews, assessment forms, and questionnaires to collect data. From the study, it was found that the orange ant nest lamp is a type of hanging lamp that has beautiful shapes and colors. It is unique and suitable for application in jewelry design to create uniqueness to the piece and can be used in many occasions. Summary of satisfaction analysis results consumer group towards Lanna Yi Peng lantern accessories The highest level of satisfaction was the beauty aspect. The highest level of satisfaction was the beauty of the jewelry ($\bar{X} = 4.57$). The standard deviation (S.D. = 0.80).

Keywords : Jewelry Creations, Inspiration, Contemporary Jewelry

1. บทนำ

เครื่องประดับถือเป็นสิ่งที่ใช้เสริมเติมแต่งร่างกายและเสื้อผ้าให้สวมใส่ให้สวยงามดูดีสำหรับทั้งชายและหญิง เป็นงานศิลปะที่สวยงามมีเอกลักษณ์ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับยุคสมัย ความนิยมของผู้สวมใส่และผู้ออกแบบ เครื่องประดับถือเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการส่งเสริมภาพลักษณ์ทางร่างกายและมีผลต่อจิตใจมาตั้งแต่ยุคแรกเริ่มของมนุษยชาติเช่นเครื่องประดับในพิธีกรรมต่างๆ เครื่องประดับประเภทเสริม โชคลาภ อีกทั้งยังสามารถบ่งบอกถึงเอกลักษณ์ทางด้านศิลปะวัฒนธรรมของแต่ละภูมิภาคได้อีกด้วย การสร้างผลงานทางศิลปะโดยเฉพาะโคม จึงมีแรงบันดาลใจจากความศรัทธาในหลักคำสอนทางศาสนา ชาวล้านนาสมัยโบราณจะไม่ใช้โคมโดยทั่วไป คงจะมีแต่ในราชสำนัก ในวัด และในบ้านของผู้มีอันจะกิน แต่ในปัจจุบันชาวล้านนานำมาใช้เป็นเครื่องบูชา เครื่องประดับตกแต่งสถานที่ทั้งทางศาสนาโดยเฉพาะงานประเพณียี่เป็ง นิยมจุดโคมค้ำ หรือโคมที่ติดแขวนไว้ที่บนสูง ทำด้วยไม้ไผ่และกระดาษ สร้างเป็นโคมทรงกลมหักมุมเรียกว่า โคมแปดเหลี่ยม เพื่อให้แสงสว่างยามค่ำคืน และเพื่อใช้สำหรับบูชาพระพุทธเจ้าซึ่งเชื่อว่าเป็นการบวงสรวงพระเกษแก้วจุฬามณีบนสรวงสวรรค์ [1]

จากการศึกษาที่มาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเอกลักษณ์ โคมยี่เป็งล้านนา ทั้งรูปแบบ รูปทรง สีสันมาใช้ออกแบบและสร้างสรรค์ชุดเครื่องประดับร่วมสมัย เพื่อเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์โคมยี่เป็งล้านนาผ่านเครื่องประดับ

2. วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเอกลักษณ์โคมยี่เป็งล้านนา ข้อมูลด้านลายที่ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ
- 1.2.2 เพื่อออกแบบเครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวัฒนธรรมล้านนา
- 1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคเครื่องประดับโคมยี่เป็งล้านนา

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8 RMUTP Conference on Engineering and Technology

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างสรรค์เครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวันวัฒนธรรมล้านนา ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาในงานวิจัยดังนี้

3.1 ศึกษาเอกลักษณ์โคมยี่เป็งล้านนา ได้แก่ ข้อมูลด้านลายที่ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ

3.2 ออกแบบเครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวันวัฒนธรรมล้านนา

3.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคเครื่องประดับโคมยี่เป็งล้านนา

3.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน โดย

ใช้เครื่องมือแบบสอบถาม เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ

3.3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ รูปแบบเครื่องประดับ ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งล้านนา

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อชุดเครื่องประดับโคมยี่เป็งล้านนา

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มผู้บริโภคเครื่องประดับ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มาวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยแบ่งเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มาก

2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย ผู้วิจัยได้ดำเนินงานและวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดไว้ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบลวดลายโคมยี่เป็งล้านนาพบว่า โคมล้านนามีลักษณะหลากหลายรูปแบบ แล้วแต่การสร้างสรรค์ตามภูมิปัญญาของแต่ละท้องถิ่นมีหลักๆอยู่ 4 ประเภท ได้แก่ โคมถ้อย โคมลอย โคมแขวน โคมผัด โคมต่าง ๆ [4] เหล่านี้ ส่วนใหญ่ใช้ไม้ไผ่เย็บ นำมาหักขึ้นเป็นโครงติดกระดาษสาหรือกระดาษแก้ว ผ่าดิบ ตัดลวดกระดาษสีเงิน สีทอง ประดับตกแต่งลวดลายอย่างสวยงาม



รูปที่ 1 ประเภทของโคมยี่เป็งล้านนา
ที่มา : กรมศิลปากร [ออนไลน์]

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างสรรค์เครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวันวัฒนธรรมล้านนา ในการออกแบบครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดในออกแบบจากรูปทรงของ โคมรั้งมดส้ม หรือ โคมเสมาธรรมจักร' เป็นรูปแบบโคมแขวนที่มีลักษณะรูปทรงและสี สีนสวยงาม โดยได้นำกรอบแนวคิดของ วัฒนธรรม จุฑะวิภาค (การออกแบบเครื่องประดับ 2545:73-113)[3] โดยสรุปดังนี้

1. หลักการออกแบบเครื่องประดับด้านความสวยงาม

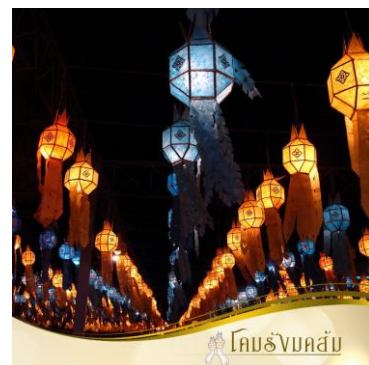
- ความสมดุล
- ความสัมพันธ์ทางศิลปะ

2. หลักการออกแบบด้านความคิดสร้างสรรค์

- ความเป็นเอกลักษณ์
- การประยุกต์รูปแบบและลวดลาย

3. ด้านประโยชน์ใช้สอย

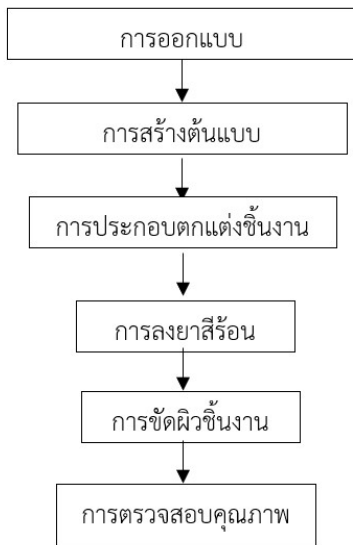
- ความเหมาะสมตามสรีระของผู้ใช้
- ความสะดวกต่อการใช้งาน
- ความปลอดภัย
- ง่ายต่อการบำรุงรักษา



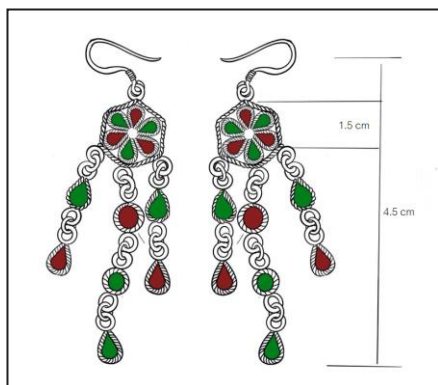
รูปที่ 2 ลักษณะ โคมรั้งมดส้ม
ที่มา : ชุติมณฑน์ ตั้งธนาพร จากหนังสือ 'Lanna Lanterns'

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8 RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตเครื่องประดับ



รูปที่ 4 การร่างแบบเครื่องประดับ



รูปที่ 5 การสร้างสรรค์ชิ้นงานเครื่องประดับ

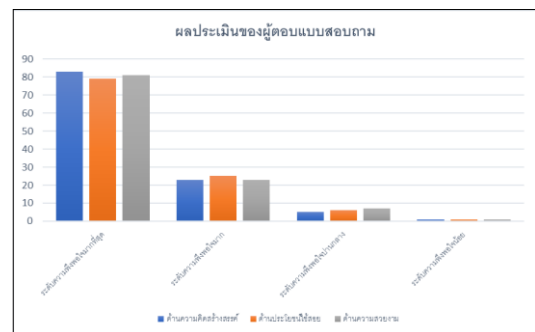
4.3 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องประดับคอมบี้เป็งล้านนา โดยใช้สูตร Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความผิดพลาดไม่เกิน 5% จำนวน 100 คนโดยใช้วิธีการสุ่มแบบบังเอิญ พบว่า

ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความเป็นเอกลักษณ์ ($\bar{X} = 4.51$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.79)

ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบง่ายต่อการสวมใส่ ($\bar{X} = 4.41$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.82)

ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ ($\bar{X} = 4.57$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.80)

สรุปผลวิเคราะห์ความพึงพอใจกลุ่มผู้บริโภค ที่มีต่อเครื่องประดับคอมบี้เป็งล้านนา มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงข้อมูลโดยสรุปของแบบประเมินความพึงพอใจ



รูปที่ 7 เครื่องประดับคอมบี้เป็งล้านนา

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8 RMUTP Conference on Engineering and Technology

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การสร้างสรรค์เครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวัฒนธรรมล้านนา โดยเริ่มต้นจากศึกษาเอกลักษณ์โคมยี่เป็งล้านนา ข้อมูลด้านลวดลายที่ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ พร้อมทั้งวิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับการศึกษารายละเอียดในเนื้อหาที่ว่าด้วยทฤษฎีของกระบวนการผลิตจนถึงกระบวนการชุบเคลือบผิว และขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด

ผลการสร้างสรรค์เครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโคมยี่เป็งในวัฒนธรรมล้านนา ในการออกแบบครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดในออกแบบจากรูปทรงของ โคมรั้งมดส้ม หรือ โคมเสมาธรรมจักร เป็นรูปแบบโคมแขวนที่มีลักษณะรูปทรงและสีสันทองงาม โดยคำนึงถึงความเป็นเอกลักษณ์ลวดลาย ประโยชน์ใช้สอยมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภครวมที่มีต่อเครื่องประดับโคมยี่เป็งล้านนา โดยใช้สูตร Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความผิดพลาดไม่เกิน 5% จำนวน 100 คนโดยใช้วิธีการสุ่มแบบบังเอิญ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความเป็นเอกลักษณ์ ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบง่ายต่อการสวมใส่ ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] จูปกรณ์ เจริญระยา (2023). โคมยี่เป็งในวัฒนธรรมล้านนา (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2567)
- [2] ชุติมฉานันต์ ตั้งธนาพร(ออนไลน์).. Lanna Lanterns (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2567)
- [3] วัฒนะ จุฑาวิภาต.(2545).การออกแบบเครื่องประดับ.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [4] กลมศิลป์ปกร [ออนไลน์] โคมยี่เป็ง. (สืบค้นเมื่อวันที่ 4 15 กุมภาพันธ์ 2567)

ประวัติผู้เขียนบทความ



นางสาววรัญชสิทธิ์ ทวีชัย
อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



นางสาวณัฐฉิชา แซ่อั่ว
นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



นายนำโชค ลาดนอก
นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ดร.จรัสพิมพ์ วังเย็น
อาจารย์ สาขาวิชาออกแบบแฟชั่นและสิ่งทอ
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การศึกษาสถาปัตยกรรมโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ

A Study on the Architecture of Galwar Church, Mae Phra Luk Prakhom For Application Jewelry Design

อาจารย์กรรช สัมฤทธิ์* จารุวรรณ ศรีเสน^๑ พรรษา สุกานต์กานนท์^๒

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

Korrakoch.s@rmutp.ac.th^{3*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลวดลายสถาปัตยกรรมโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ เพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องประดับที่ร่วมสมัย โดยผู้วิจัยกำหนดวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องประดับจำนวน 3 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน 2 แบบแบ่งเป็น 3 ด้าน ดังนี้ ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านประโยชน์ใช้สอย และด้านความสวยงาม มีความพึงพอใจในรูปแบบที่ 2 มากที่สุด จึงใช้รูปแบบที่ 2 ผลิตเป็นเครื่องประดับในงานวิจัยครั้งนี้ โดยแนวคิดการออกแบบจากส่วนหน้าเป็นยอดแหลมพุ่งสูง ประติมากรรมไม้กางเขนขอบซุ้มประตูหน้าต่างใช้เส้นโค้งหรือยอดแหลมคล้าย และได้สรุปผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้บริโภค แบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาโดยการเลือกแบบสุ่ม ผู้บริโภคเครื่องประดับจำนวน 100 คน นำมาคำนวณเป็นร้อยละจาก 3 ปัจจัยที่กำหนดโดยได้ข้อสรุปดังนี้ ด้านความคิดสร้างสรรค์มากที่สุด ร้อยละ 44 ด้านการประโยชน์ใช้สอยมากที่สุด ร้อยละ 27 ด้านความสวยงามมากที่สุด ร้อยละ 29 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์

คำสำคัญ : สถาปัตยกรรมโบสถ์กาลหว่าร์ , การประยุกต์การออกแบบ , การออกแบบเครื่องประดับ

Abstract

Studying the architecture of Galwar Church, Mae Phra Luk Prakhom Temple To apply in jewelry design By evaluating satisfaction from experts To design Jewelry of Gothic art, using Gothic architecture, which has a high spire at the front. Place a cross on the edge of the door and window arch, using a curved line or a dome-like spire to design it as an ornament. and has used ready-made programs for designing jewelry By studying various theories Related items include the history of Galwar Church, Mae Phra Luk Prakhom Temple, stained glass, materials used in making jewelry. Designing with computer programs Making jewelry prototypes using the Rapid Prototype machine, casting jewelry, polishing, decorating, inlaying, and enameling, then evaluating satisfaction from jewelry design experts from jewelry designs from the Gothic architecture of Galwar Church, Mae Phra Luk Prakhom Temple, 3 people, by experts evaluating 2 types as follows. Experts evaluating 3 aspects as follows: Creativity Utility aspect and beauty Experts were most satisfied with the second model, which the researcher chose. The

second type of jewelry set is used to produce jewelry. and summarized the results of the satisfaction assessment from consumers. From the online questionnaire This is a sample group obtained by randomly selecting 100 jewelry consumers. It is calculated as a percentage from 3 factors determined by the following conclusions: The most creative aspect, 44 percent, the most useful aspect, 27 percent, the most beautiful aspect, 29 percent, which is in line with the objective.

Keywords : Architecture of Galwar Church, Surin Rice , Application , Jewelry Design

1. บทนำ

โบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ เดิมทีที่ดินของวัดเป็นของชาวโปรตุเกส ซึ่งนับถือคริสต์ศาสนา นิกายโรมันคาทอลิก ที่อพยพมาจากกรุงศรีอยุธยา กลุ่มเดียวกันกับย่านกุฎจีน แต่เนื่องจากไม่ยอมรับการปกครองของพระเจ้าฝรั่งเศส จึงแยกตัวมาตั้งชุมชนใหม่บนที่ดินผืนนี้ ต่อมารัชกาลที่ 1 ได้พระราชทานที่ดินให้สร้างโบสถ์หลังแรกขึ้นในปี พ.ศ. 2329 ชื่อว่า โบสถ์กาลหว่าร์ โอบตามชื่อภูเขาที่พระเยซูถูกตรึงไม้กางเขน และในสมัยต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น กาลหว่าร์ ส่วนโบสถ์ที่เห็นในปัจจุบัน เป็นโบสถ์หลังที่ 3 ที่สร้างเสร็จในสมัยรัชกาลที่ 5 สร้างขึ้นใหม่ตามเจตนารมณ์ของคุณพ่อ เอเดียน บาร์เทโลมิ แดส์ซาลส์ เจ้าอาวาสชาวฝรั่งเศส หลังจากโบสถ์ 2 หลังแรกทรุดโทรมไปตามกาลเวลา ปัจจุบันโบสถ์หลังนี้มีอายุรวมกว่า 130 ปี และได้ขึ้นทะเบียนอนุรักษ์เป็นโบราณสถาน โดยกรมศิลปากร โดยโบสถ์แห่งนี้มีรูปทรงสถาปัตยกรรมแบบกอทิก คือส่วนหน้าเป็นยอดแหลมพุ่งสูง ประติมากรรมไม้กางเขนขอบซุ้มประตูหน้าต่างใช้เส้นโค้งหรือยอดแหลมคล้ายโดม ภายในประดับด้วยกระจกสี อีกทั้งได้เก็บรักษา รูปพระศพของพระเยซู และ รูปแม่พระลูกประคำ ที่เป็นสมบัติสืบทอดกันมาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา [1]

จากการศึกษาผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการออกแบบเครื่องประดับโดยใช้ลักษณะลวดลายโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่ลูกประคำ มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์เป็นเครื่องประดับที่ร่วมสมัย เพื่อเป็นการบอกถึงความงามในสถาปัตยกรรมกอทิกโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ ผ่านงานเครื่องประดับ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลด้านสถาปัตยกรรมของโบสถ์กาลหว่าร์

2.2 เพื่อออกแบบเครื่องประดับจากลวดลายและสถาปัตยกรรมของโบสถ์กาลหว่าร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

1.2.3 ประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาศาปตยกรรมโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

3.1 ศึกษารูปทรงสถาปัตยกรรมกอทิก โบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ ได้แก่ ลวดลายที่ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ

3.2 ออกแบบเครื่องประดับจากสถาปัตยกรรมกอทิก โบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ และการผลิตเครื่องประดับ จำนวน 3 ท่าน

3.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ ผู้บริโภค เครื่องประดับ Jewelry of Gothic art

3.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถาม เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ

3.3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องประดับจากรูปทรงสถาปัตยกรรมกอทิกโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำวัสดุและกรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องประดับ Jewelry of Gothic art

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องประดับ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานและวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดไว้ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรูปทรงสถาปัตยกรรมกอทิกโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ พบว่า มีรูปทรง ส่วนหน้าเป็นยอดแหลมพุ่งสูง ประติฐานไม้กางเขนขอบมุมประตูด้านต่างใช้เส้นโค้งหรือยอดแหลมคล้ายโดมมาออกแบบเป็นเครื่องประดับ



รูปที่ 1 โบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ

4.2 ผู้วิจัยออกแบบเครื่องประดับ จากรูปทรงสถาปัตยกรรมกอทิกมาโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ จำนวน 2 ภาพ



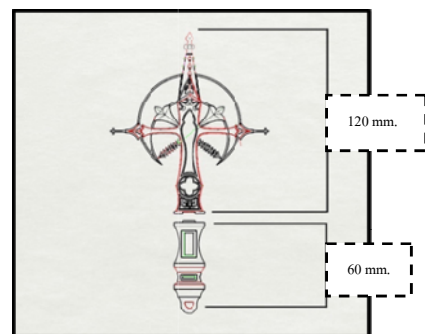
รูปที่ 2 การออกแบบชุดเครื่องประดับ ภาพที่ 1



รูปที่ 3 การออกแบบชุดเครื่องประดับ ภาพที่ 2

จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผลิตเครื่องประดับ พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าชุดเครื่องประดับภาพที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการผลิตเป็นเครื่องประดับ

4.2.1 การกำหนดขนาดชุดเครื่องประดับจากรูปทรงสถาปัตยกรรมกอทิกโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ



รูปที่ 4 การกำหนดขนาดเครื่องประดับ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

4.2.2 การขึ้นต้นแบบ ใช้การขึ้นต้นแบบสองวิธี คือ การขึ้นต้นแบบด้วยคอมพิวเตอร์และการขึ้นต้นแบบด้วย Wax 3d printer



รูปที่ 5 ชิ้นงานที่ทำการขึ้นต้นแบบ Wax 3d printer

4.2.3 การขัดแต่งชิ้นงานเริ่มจากการนำชิ้นงานมาตัดส่วนที่เป็นทางเดินน้ำโลหะและนำไปขัดตกแต่งผิวเก็บรายละเอียดชิ้นงานไม่ให้เห็นรอยบริเวณทางเดินน้ำโลหะจากกระบวนการหล่อ ต่อจากนั้นนำขัดด้วยล้อผ้า เพื่อเพิ่มความเงางามและใช้ยาเดิน ยาแดงตามลำดับ



รูปที่ 6 ขัดแต่งชิ้นงาน

4.2.4 การลงยาสีร้อน (Hot Enamel) ยาสีร้อนมีลักษณะเป็นก้อนคล้ายๆกับก้อนหินซึ่งต้องนำมาบดให้ละเอียดคล้ายแป้ง เมื่อถูกบดให้ละเอียด

4.2.2 การขึ้นต้นแบบ ใช้การขึ้นต้นแบบสองวิธี คือ การขึ้นต้นแบบด้วยคอมพิวเตอร์และการขึ้นต้นแบบด้วยโลหะ ส่วนยาสีควรอยู่ในสถานะที่ไม่ให้อากาศและฝุ่นเข้าไปได้ ยาสีที่ลักษณะเป็นก้อนจะเก็บไว้ได้นานกว่ายาสีแบบผง



รูปที่ 7 ชิ้นงานลงยาสี



รูปที่ 8 ชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์

4.3 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภครที่มีต่อชุดเครื่องประดับได้รับแรงบันดาลใจสถาปัตยกรรมของ โบสถ์กาลหว่าร์จำนวน 100 คน พบว่า ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ลวดลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46 ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบและขนาดมีความเหมาะสม แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27 ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามน่าสนใจและทันสมัย แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 29 สรุปผลวิเคราะห์ความพึงพอใจกลุ่มกลุ่มผู้บริโภคร ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องประดับได้รับแรงบันดาลใจจากสถาปัตยกรรมของ โบสถ์กาลหว่าร์ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คือ ลวดลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ของเครื่องประดับ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46

5. สรุปผล

การศึกษาสถาปัตยกรรมโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ ผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ในการทำเครื่องประดับครั้งนี้ โดยเริ่มจากการศึกษาสถาปัตยกรรมโบสถ์กาลหว่าร์ วัดแม่พระลูกประคำ รวมไปถึงการศึกษาทางด้านเทคนิคและทฤษฎีที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อนำมาออกแบบชิ้นงานให้สมจริง พร้อมวิเคราะห์แบบควบคู่กับการศึกษารายละเอียดของเนื้อหา ดังนั้นในการดำเนินการวางแผนงานในแต่ละขั้นตอนทำให้เมื่อเกิดปัญหาจะสามารถแก้ไขได้ ทำให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์สวยงาม และจากผลการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแจกแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจผ่านระบบออนไลน์ Google Form กับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 100 คน ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภครที่มีต่อชุดเครื่องประดับได้รับแรงบันดาลใจจากสถาปัตยกรรมของ โบสถ์กาลหว่าร์จำนวน 100 คน พบว่า ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ลวดลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46 ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบและขนาดมีความเหมาะสม แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27 ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามน่าสนใจและทันสมัย แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 29

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

6. กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอดและขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติพงษ์ สนธิสัมพันธ์ 2560 ประวัติวัดแม่พระลูกประคำ วัดคาทอลิกเคียงคู่อุรังรัตน โกสินThe Momentum [ออนไลน์]
- [2] ณัฐจารี อนันต์พิพัฒน์กิจ. 2559. เครื่องประดับที่ได้รับแรงบันดาลใจจากสถาปัตยกรรมกอทิกสู่การออกแบบเครื่องประดับ. นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร. [ออนไลน์]
- [3] ชนพร นำพา. 2556. การศึกษาและพัฒนาารูปแบบเครื่องประดับจากแก้วและกระจกสีด้วยกระบวนการหล่อพร้อมสี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. [ออนไลน์]
- [4] นายธำรงค์ ป่าระมีแจ้ง. 2550. การสร้างแบบจำลองและการลดต้นทุนคุณภาพในโรงงานผลิตเครื่องประดับ. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]
- [5] ปกรณ์ โพธิ์แสดงดา. 2553. การออกแบบเครื่องประดับที่ควารู้. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี. [ออนไลน์]
- [6] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา คุรุเกษตร และคณะ. 2566. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา (Course Specification). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. [ออนไลน์]

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายกรภข สัมฤทธิ์
อาจารย์ สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : การออกแบบเครื่องประดับ



นางสาวจารุวรรณ ศรีแสน
นักศึกษา สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : การออกแบบเครื่องประดับ



นายพรธมา สุกานต์กานนท์
นักศึกษา สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : การออกแบบเครื่องประดับ

การศึกษาเอกลักษณ์ดอกกล้วยไม้เพื่อการออกแบบเครื่องประดับเงิน ชุด “รัตนบุปผชาติ”

The Study of Identity to Design Silver Jewelry Sets “Rattanabupphachart”

ปริศนา บุญศักดิ์¹ สุจิรา ขอยรู้อุป² ชีรวัฒน์ แม่นดวง³ กริษา สิงห์สมบุญณ์⁴

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

Prissana.b@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออนุรักษ์ดอกกล้วยไม้ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้หายาก เพื่อเป็นการเผยแพร่พันธุ์ไม้ชนิดนี้ด้วยการทำเครื่องประดับ และเพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษามา พัฒนาพร้อมก็นำมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการศึกษารายละเอียดพฤกษศาสตร์ โดยกระบวนการผลิตตั้งแต่ออกแบบ กระบวนการขึ้นต้นแบบด้วยแว็กซ์ การขึ้นต้นแบบด้วยการหล่อ โลหะ การขัดแต่งผิวชิ้นงาน การฝังพลอย และการชุบเคลือบผิว จากผลการวิจัยพบว่า การศึกษา เอกลักษณ์ดอกกล้วยไม้เอื้องศรีเชียงดาวเพื่อการออกแบบเครื่องประดับเงินชุด “รัตนบุปผชาติ” ได้รับความพึงพอใจด้านความสวยงาม โดยให้ระดับความพึงพอใจมากที่สุดคือขนาดของชิ้นงาน คิดเป็นร้อยละ 60 ด้านประโยชน์ใช้สอยให้ระดับความพึงพอใจมากที่สุดคือ ใช้สวมใส่เพื่อความสวยงาม คิดเป็นร้อยละ 70 ด้านความคิดสร้างสรรค์ให้ระดับความพึงพอใจมากที่สุดคือ ใช้รูปแบบจาก ธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 70 เครื่องประดับชุด “รัตนบุปผชาติ” ซึ่งเป็นเครื่องประดับที่มีรูปแบบ สวยงาม และเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานสวมใส่ได้จริง

คำสำคัญ : กล้วยไม้, รัตนบุปผชาติ, เครื่องประดับเงิน

Abstract

This research aims to preserve the flowers of Aang, a rare species. To publish this species of wood by making jewelry. And to bring the knowledge from the study and develop it to apply to work. This research begins with a detailed study of the theories from the manufacturing process. Waxing prototype Molding with metal casting Surface Finishing Embedding And coating The results of the research. The study of the identity of orchid Aang Sri Chiang Dao for the design of silver jewelry. "Rattanabupphachart" Get satisfied with the beautiful. The highest satisfaction level is the size of the workpiece. 60% Usability is the highest level of satisfaction. Wear for aesthetics 70% The most creative level of satisfaction is Use natural form. 70% Jewelry set

"Rattanabupphachart" is a beautiful ornament. And appropriate to wear.

Keywords : Orchid, Rattanabupphachart , Silver Jewelry

1. บทนำ

กล้วยไม้ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับพวก หญ้า จึง ข่า ฯลฯ ลำต้นและใบมักอวบน้ำ ลำต้นมักมีข้อและ ปล้องชัดเจน ไม่มีเนื้อไม้ จึงไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นไม้ยืนต้น เช่นพืชใบเลี้ยงคู่ได้ กล้วยไม้แทบทุกชนิดเป็นพืชขนาดเล็กหรือเล็กมาก เมื่อเทียบกับพืชวงศ์อื่นๆ บางชนิดเป็นพืชล้มลุก บางชนิดมีลำต้นเป็นเหง้าหรือหัวอยู่ใต้ดิน สร้างใบหรือดอกเพื่อแพร่พันธุ์ในฤดูกาลที่เหมาะสม ก่อนลงหัวหรือยวบตัวเพื่อพักตัวในฤดูแล้งส่วนบางชนิดมีการเจริญเติบโตต่อเนื่องไปเรื่อยๆอาจเจริญทางยอดหรือแตกต้นใหม่จากตาข้างซึ่งอาจเรียกได้ว่ากล้วยไม้เป็นไม้เนื้ออ่อน อายุยืน

จากการศึกษาที่มาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องประดับเงิน โดยการศึกษารูปทรงกล้วยไม้ แล้วนำรูปทรงมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับที่มีความทันสมัยและคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย เพื่อเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์ และนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการทำเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้

2. วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อได้ศึกษาความเป็นมาของกล้วยไม้
- 1.2.2 เพื่อเป็นการอนุรักษ์พันธุ์ไม้หายาก
- 1.2.3 เพื่อสร้างเครื่องประดับชุด “รัตนบุปผชาติ” ที่สามารถสวมใส่ได้จริง

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกลักษณ์ดอกกล้วยไม้เพื่อการออกแบบเครื่องประดับเงิน ชุด “รัตนบุปผชาติ” มีแนวทางในการศึกษาโดยใช้กรอบแนวคิดดังต่อไปนี้

- 3.1 ศึกษารูปแบบลวดลายจากดอกกล้วยไม้ ผู้วิจัยได้ศึกษาตามแนวคิด ของ วัฏนะ จูฑะวิภาต (2535:3) โดยสรุปเป็นกรอบในการศึกษาดังนี้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

1. ด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างสรรค์เครื่องประดับ
2. ด้านรูปแบบ
3. ด้านวัสดุและกระบวนการผลิต

3.2 ศึกษาหลักการออกแบบเครื่องประดับ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแนวคิดเรื่อง หลักการออกแบบเครื่องประดับของ วัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์ (2545:73 -113) โดยสรุปเป็นกรอบในการศึกษาดังนี้

1. หลักการออกแบบเครื่องประดับด้านความสวยงาม
 - พื้นฐานการออกแบบ
 - หลักการออกแบบด้านความคิดสร้างสรรค์
 - องค์ประกอบการออกแบบ
 - การประยุกต์รูปแบบและลวดลาย
2. ด้านประโยชน์ใช้สอย
 - ความเหมาะสมสรีระของผู้สวมใส่
 - ความสะดวกต่อการใช้งาน
 - ความปลอดภัยในการสวมใส่
 - การบำรุงรักษาเครื่องประดับ

3.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค สามารถนำกรอบแนวคิดและทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการหาค่าและประเมินความพึงพอใจดำเนินตามกรอบแนวคิด ของ วัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์ (2545:73-113) ดังนี้

1. ด้านความคิดสร้างสรรค์
2. ด้านประโยชน์ใช้สอย
3. ด้านความสวยงาม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทำวิจัยชุดเครื่องประดับ “รัตนบุปผชาติ” โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ศึกษาความเป็นมาของกล้วยไม้ ได้แก่ ข้อมูลด้านรูปทรงที่ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ

4.2 ออกแบบเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้ โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบเครื่องประดับ วิศวกรรมย้อนรอย (วัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์ 2545:73-113) ในการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบชุดเครื่องประดับ และประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ จำนวน 3 ท่าน

4.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญผู้บริโภคเครื่องประดับชุด “รัตนบุปผชาติ”

4.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
ประชากร คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถาม เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ

4.3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ ผลผลิตกันชุดเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้เอื้องศรีเชิงดาวจากวัสดุและกรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อชุดเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มาวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยแบ่งเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

- 4.51 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด
- 3.51 – 4.50 หมายถึง มาก
- 2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง
- 1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย
- 1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย ผู้วิจัยได้ดำเนินงานและวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดไว้ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบจากรูปทรงกล้วยไม้ 5 สายพันธุ์ในไทยที่หายาก พบว่า มีรูปทรงที่ได้รับความนิยมและน่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้มีจำนวน 6 รูปทรง คือ Dendrobium Brassavola Cymbidium Vanda Mokara เป็นต้น



รูปที่ 1 รูปทรงกล้วยไม้ที่หายาก

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จากการศึกษารูปทรงกล้วยไม้ ผู้วิจัยได้นำรูปทรงกล้วยไม้เอื้องศรีเชิงความาใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ

5.2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบชุดเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้ ในการออกแบบครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดในการออกแบบจากรูปทรงกล้วยไม้มาใช้ในการออกแบบ โดยได้นำกรอบแนวคิดของ วัฒนะ จุฑะวิภาค (การออกแบบเครื่องประดับ 2545:73-113)

จากการประเมินรูปแบบเครื่องประดับชุด “รัตนบุปผชาติ” โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าชุดเครื่องประดับรูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุด



รูปที่ 2 รูปแบบเครื่องประดับ แบบที่ 2

5.2.1 การขึ้นต้นแบบ Wax

เตรียมแว็กซ์เขียวเพื่อทำสร้อยคอ แหวน ซึ่งสร้อยคอมีขนาด กว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 21 เซนติเมตร แหวนมีขนาด กว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร โดยการนำแบบที่วาดและขนาดที่ วัดไว้วางบนแว็กซ์ ใช้เลื่อยลวดตัดแว็กซ์ตามแบบ โดยใช้ตะไบและไฟร์คอมขัดแต่งให้เป็นรูปทรงที่กำหนด



รูปที่ 3 ชิ้นงานที่ทำการขึ้นต้นแบบ Wax

5.2.2 การหล่อตัวเรือน

เมื่อขัดแต่งแว็กซ์เสร็จแล้ว นำชิ้นงานมาติดดินเพื่อเตรียมเข้ากระบวนการหล่อด้วยโลหะเงิน จากนั้นทำการคำนวณหาน้ำหนักของฐานที่ติดดิน เพื่อไปคำนวณหาน้ำหนักปูนและน้ำหนักโลหะ



รูปที่ 4 การหล่อตัวเรือน

5.2.3 การแต่งตัวเรือน

เมื่อหล่อเสร็จแล้วใช้ไฟร์คอมแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อย โดยเฉพาะตรงบริเวณหลังกลีบดอกของ ดอกกล้วยไม้และสร้อยคอ ต่อมาใช้กระดาษทรายขัดชิ้นงานในส่วนที่เป็นรอยเชื่อมให้เรียบร้อยแล้วจึง นำไปขัดเงาด้วยยาแดง



รูปที่ 5 การแต่งตัวเรือน

5.2.4 การฝังพลอย

เมื่อขัดแต่งเสร็จ นำดอกกล้วยไม้มาติดลิ่งเพื่อทำการฝังพลอย CZ สีขาว



รูปที่ 6 การฝังพลอย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

5.2.5 การชุบเคลือบผิว

เมื่อทำการฝังพลอยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็นำชิ้นงานไปขัดผิวให้เรียบร้อยเพื่อเตรียมผิวชิ้นงานก่อน เข้าสู่ชุบเคลือบผิว จากนั้นนำชิ้นงานที่ขัดเรียบร้อยไปชุบ โรเดียมด้วยกระบวนการชุบเคลือบผิว



รูปที่ 7 การชุบเคลือบผิว

5.2.6 การลงยาสี เทคนิคที่ใช้คือการลงยาสีเย็น โดยการผสมน้ำยาเรซินกับตัวเร่งแข็งให้เข้ากันด้วยอัตราส่วน 1:1 แล้วนำสีมาผสม แล้วนำมาทาลงบนชิ้นงาน เมื่อเสร็จแล้วทิ้งไว้ให้แห้งสนิท



รูปที่ 8 ชิ้นงานลงยาสี



รูปที่ 9 ชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์

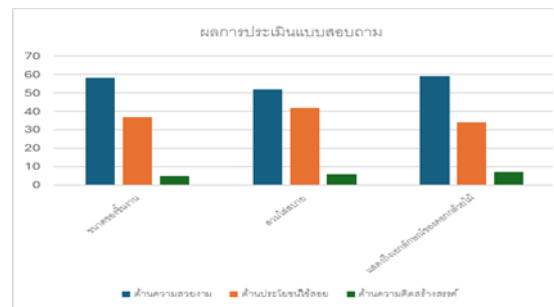
5.3 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อชุดเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้ จากจำนวน 100 คนพบว่า

ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ลดหลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79

ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับ ความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบและขนาดมีความเหมาะสม แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81

ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83

สรุปผลวิเคราะห์ความพึงพอใจกลุ่มกลุ่มผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงข้อมูลโดยสรุปของแบบประเมินความพึงพอใจ

6. สรุปผล

การศึกษารูปทรงกล้วยไม้เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับชุด“รัตนบุปผชาติ” ผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ในการทำเครื่องประดับครั้งนี้ โดยเริ่มจากการศึกษาศิลปวัฒนธรรมและความเป็นมารูปทรงกล้วยไม้ รวมไปถึงการศึกษาทางด้านเทคนิคและทฤษฎีที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อนำมาออกแบบชิ้นงานให้สมบูรณ์ พร้อมวิเคราะห์แบบควบคู่กับการศึกษารายละเอียดของเนื้อหา ดังนั้นในการดำเนินการวางแผนงานในแต่ละขั้นตอนทำให้เมื่อเกิดปัญหาจะสามารถแก้ไขได้ ทำให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์สวยงาม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

และจากผลการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแจกแบบสอบถาม ประเมินความพึงพอใจผ่านระบบออนไลน์ Google Form กับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 100 คน ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภครู้สึกที่มีต่อชุดเครื่องประดับจากรูปทรงกล้วยไม้จำนวน 100 คน พบว่า ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ลวดลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79 ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบและขนาดมีความเหมาะสม แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81 ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83

7. กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอดขอขอบคุณสถาบันอัญมณี เครื่องประดับไทยและการออกแบบที่เอื้อเพื่อเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัฒนะ จุฑะวิภาต. (2545). การออกแบบเครื่องประดับ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [2] วันใหม่ นิยม บทความ “เพียงข้าวเมสึดเดียว”
- [3] วรณรัตน์ ตั้งเจริญ. (2526). ศิลปะเครื่องประดับ กรุงเทพฯ : วัฒนาอาร์ต
- [4] สมชาย มนต์เกียรติกุล. (2550). คู่มือการชุบโลหะมีค่าบนเครื่องประดับ, กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
- [5] หลักการออกแบบ. สืบค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560, จาก <http://www4.eduzones.com/67321/ศิลปะ%20ดนตรี/หลักการออกแบบ>

ประวัติผู้เขียน



สุจิรายอ รุ้อรบ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : โลหะมีค่าในงานเครื่องประดับ



ปรีศนา บุญศักดิ์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต เครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : โลหะมีค่าในงานเครื่องประดับ และการออกแบบเครื่องประดับ



ธีรวัฒน์ แมนด่าง

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต เครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : โลหะมีค่าในงานเครื่องประดับ



กิริชา สิงห์สมบูรณ์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : โลหะมีค่าในงานเครื่องประดับ และการออกแบบเครื่องประดับ



บทความวิจัย

สาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

การทำนายความเสี่ยงอุทกภัยในภาคใต้ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

Prediction flood risk in The Southern Region using Machine Learning

สยาม ลางกุลเสนา¹ และ โชติวิทย์ สุสุทธิพงศ์^{2*} และ ณัฐวุฒิ เรืองศรี³

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ที่เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

siam.l@rmutp.ac.th¹, chotivit-su@rmutp.ac.th^{2*}, nutthawut-r@rmutp.ac.th³

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษการทำนายความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยในภาคใต้ของประเทศไทย โดยการนำเสนอของงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ข้อมูลความเสี่ยงอุทกภัยย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2563 โดยเป็นข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยด้วยแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องจำนวน 3 วิธี คือ แบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้ง แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม และแบบจำลองวิธีการสุ่มป่าไม้ ซึ่งมีการเก็บรวบรวมข้อมูลความเสี่ยงอุทกภัยในพื้นที่ต่างๆ ในภาคใต้จำนวน 9,787 ข้อมูล ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องวิธีสุ่มป่าไม้มีประสิทธิภาพมากที่สุดของทั้ง 3 แบบจำลอง โดยมีค่าความถูกต้อง 96.94 %

คำสำคัญ : การเรียนรู้ของเครื่อง, เกรเดียนต์บูตติ้ง, การถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม, แบบจำลองวิธีการสุ่มป่าไม้

Abstract

This research aims to study for prediction of occurrence of natural disasters in the southern region of Thailand. The study presents an analysis of historical data on disaster risks between the years 2011 to 2020, collected from the Department of Disaster Prevention and Mitigation, using three machine learning models: Gradient Boosting, Multinomial Logistic Regression, and Random Forest. The data comprised 9,787 risk data points collected from various areas in the southern region. The research findings indicate that the Random Forest learning model is the most effective among the three models, with an accuracy of 96.94%.

Keywords: Machine Learning, Gradient Boosting, Multinomial Logistic Regression, Random Forest

1. บทนำ

ในปัจจุบันหลายพื้นที่ของประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำและเกิดขึ้นทุกปีนับเป็นภัยพิบัติที่ก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่ประเทศมากที่สุดจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงพัดผ่านลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมทะเลอันดามันและอ่าวไทยและพายุหมุนในเขตร้อนทำให้มีฝนตกหนักเกิดอุทกภัยในหลายจังหวัดประชาชนได้รับความเดือดร้อน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่สำคัญที่ทำให้ฝนตกมาก เช่น หากบางปีมีปรากฏการณ์ลานีญา ก็จะเป็นสาเหตุให้ฝนตกหนักมากขึ้นเกิดอุทกภัยรุนแรงได้หากเป็นอุทกภัยที่เกิดจากน้ำฝนก็มักจะเป็นการเกิดน้ำท่วมจากฝนที่ตกหนักและต่อเนื่องหรือจากน้ำท่วมขังเนื่องจากระบายน้ำไม่ทัน มีสิ่งกีดขวางทางระบายน้ำ ทำให้ฝนที่ตกลงมาไม่มีทางระบายออกจึงท่วมขังในพื้นที่ เช่น ถนนหรือพื้นที่ราบลุ่มต่ำโดยรอบ

การเกิดอุทกภัยนั้นเป็นปัญหาต่อประชาชนในพื้นที่ หากประชาชนเหล่านั้นไม่มีความพร้อมหรือไม่สามารถปรับตัวจากปัญหาที่ตนเองพบเจอจะทำให้ประชาชนเหล่านั้นดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพในชีวิตประจำวันต่อไปไม่ได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการรวบรวมข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์เพื่อทราบว่าจะภายในระยะเวลาที่มีความเสี่ยงในการเกิดปัญหาอุทกภัยหรือไม่ เพื่อให้เตรียมตัวป้องกันหรือเตรียมความพร้อมก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้นมา จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้จัดทำต้องการประยุกต์ใช้การจำแนกกลุ่มด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มความเสี่ยงจากการเกิดอุทกภัยในแต่ละปี โดยชุดข้อมูลการเกิดอุทกภัยในแต่ละพื้นที่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงถึงความเสี่ยงการเกิดอุทกภัยในอนาคต

สำหรับการเรียบเรียงบทความจะเป็นดังนี้ ในหัวข้อที่ 2 อธิบายทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน ในหัวข้อที่ 4 ผลการวิจัย หัวข้อที่ 5 สรุปผลวิจัย และสุดท้ายหัวข้อกิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเสี่ยงจากสาธารณภัย

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2559) ได้สรุปความหมายของความเสี่ยงว่าหมายถึง โอกาสหรือความเป็นไปได้ในการได้รับผลกระทบทางลบจากการเกิดสาธารณภัย โดยผลกระทบสามารถเกิดขึ้นกับชีวิต สุขภาพ การประกอบอาชีพ ทรัพย์สิน โดยสามารถแทนด้วยความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวกับความเสี่ยง ได้แก่ ภัย (H) ความล่อแหลม (E) ความเปราะบาง (I) สักยภาพ (C) ตามสมการที่ (1)

$$DR = \frac{HEV}{C}$$

(1)

โดยที่ DR คือ ความเสี่ยงจากสาธารณภัย

H คือ เหตุการณ์ที่เกิดจากธรรมชาติหรือการกระทำของมนุษย์ที่นำมาซึ่งความสูญเสียต่อชีวิต ทรัพย์สิน

E คือ การที่ผู้คน บ้านเรือนมีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงและอาจได้รับความเสียหาย

V คือ ปัจจัยที่ทำให้ขาดความสามารถในการป้องกันตนเอง

C คือ ความชำนาญหรือทรัพยากรที่มีคุณลักษณะเชิงบวก เพื่อนำมาใช้เพิ่มความสามารถในการบริหารจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย

2.2 หลักการเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning: ML) (ยูเวรสมคณ, 2564) ได้สรุปและให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่องไว้ว่า ระบบที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่างและนำข้อมูลส่วนนั้นมาวิเคราะห์ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องพึ่งพาการป้อนคำสั่งของโปรแกรมเมอร์ซึ่งในรูปแบบหนึ่งของการวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถดำเนินการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอย่างเป็นอัตโนมัติ โดยการเรียนรู้ของเครื่องสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ การเรียนรู้โดยมีผู้สอน (Supervised Learning) เครื่องจะเรียนรู้และทำนายผลลัพธ์ได้จากการช่วยเหลือของนักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Scientist) มีการให้ข้อมูลนำเข้า (Input) และกำหนดเกณฑ์หรือแนวทางในการตัดสินใจให้มีการจำแนก (Classification) และการหาความสัมพันธ์ (Regression) การเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอน (Un-Supervised Learning) เครื่องจะเรียนรู้และทำนายผลลัพธ์ได้จากการจำแนก และการสร้างรูปแบบจากข้อมูลที่ได้รับ ต้องมีการให้ข้อมูลนำเข้า (Input) จำนวนมากแก่ระบบและระบบจะทำการเรียนรู้เองเพื่อตัดสินใจผลลัพธ์ ยังมีการเรียนรู้มากเท่าไร ระบบก็จะมีความฉลาดมากขึ้น สามารถจัดกลุ่ม (Clustering) และการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) เป็นการเรียนรู้แบบให้คนให้โทษ เช่น การเล่นเกมสกี เมื่อชนะจะได้รางวัล เมื่อแพ้จะเสียคะแนนหรือโดนลงโทษ

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) ต้องอาศัยข้อมูลมหาศาล (Big Data) ในการเรียนรู้ เมื่อได้ข้อมูลเหล่านั้นมา ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) จะทำหน้าที่แยกแยะ

วิเคราะห์ข้อมูล และจะมีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น เมื่อประสบการณ์เพิ่มมากขึ้น การเรียนรู้เป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้เครื่องหรือคอมพิวเตอร์ฉลาดขึ้น การเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์เรียนรู้ผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยและพัฒนาเรื่องการทำนายความเสี่ยงอุทกภัยในภาคใต้ด้วยหลักการเรียนรู้ของเครื่อง เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเรียนรู้เครื่องหรือ Machine Learning ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปัญญาประดิษฐ์หรือ AI (Artificial Intelligence) ในทางกว้างขวาง เนื่องจากการใช้แบบจำลอง จำนวน 3 แบบจำลอง ประกอบด้วย แบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้ง (Gradient Boosting Machine: GBM) แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม (Multinomial Logistic Regression: MNL) และแบบจำลองวิธีการสุ่มป่าไม้ (Random Forest: RF) นี้เป็นการให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่เพื่อทำนายความเสี่ยงของอุทกภัยในภาคใต้ ดังนั้นการทำแบบจำลองนี้เป็นการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI มาใช้ในการช่วยวิเคราะห์และทำนายเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ในสถานการณ์นั้นซึ่งเป็นการนำ AI มาใช้เพื่อช่วยเหลือในการทำนายและการตัดสินใจในเชิงความเสี่ยงอุทกภัยในภาคใต้

งานวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยในภาคใต้เพื่อวิเคราะห์หาโอกาสในการเกิดของภัยพิบัติ โดยความเสี่ยงแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ความเสี่ยงสูงมาก ความเสี่ยงสูง ความเสี่ยงปานกลาง ความเสี่ยงต่ำ และความเสี่ยงต่ำมาก โดยจังหวัดในภาคใต้มีทั้งหมด 14 จังหวัด คือ กระบี่ ชุมพร ตรัง นครศรีธรรมราช นราธิวาส ปัตตานี พังงา พัทลุง ภูเก็ต ยะลา ระนอง สงขลา สตูล และสุราษฎร์ธานี

3.1 การศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับอุทกภัยในภาคใต้และรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับภัยพิบัติ คือ อุทกภัย โดยรวบรวมให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเดียวกัน ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้มุ่งเน้นไปยังภาคใต้ของประเทศไทยเพราะเหตุการณ์อุทกภัยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในภาคใต้โดยมีการรวบรวมข้อมูลมาจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของปีพ.ศ.2554-2563 จำนวนทั้งสิ้น 9,787 ข้อมูล

3.2 การสร้างแบบจำลองและทดสอบประสิทธิภาพเพื่อเลือกใช้แบบจำลอง

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลเรียบร้อยแล้วก็นำข้อมูลมาสร้างแบบจำลองจำนวน 3 แบบจำลอง คือ แบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้ง แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม และแบบจำลองวิธีการสุ่มป่าไม้ หลังจากการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองแล้ว ก็ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองเพื่อดูค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

แต่ละแบบจำลอง เพื่อเลือกใช้และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลจากนั้นทำขึ้นเว็บไซต์ต่อไป

3.3 การเลือกใช้แบบจำลอง

หลังจากที่สร้างแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองและได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองแล้ว จึงทำการเลือกใช้แบบจำลองวิธีการสุ่มป่าไม้ (Random Forest) เพราะได้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ที่มากที่สุดอยู่ที่ 96.94 %

3.4 การเขียนโค้ดภาษาไพธอน

เมื่อได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดแล้ว ก็ดำเนินการนำข้อมูลที่เตรียมมาเข้าโปรแกรมไพชาม (Pycharm) เพื่อเขียนชุดคำสั่งในการเลือกข้อมูลที่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์

3.5 การนำโค้ดขึ้นเว็บไซต์

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลในการทำนายเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงมาถึงขั้นตอนการทำเว็บไซต์โดยการใช้สตรีมไลต์ (Streamlit) เพื่อให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลและทำนาย

3.6 การนำไปใช้งาน

เมื่อทำการรันโค้ดขึ้นมาในเว็บไซต์แล้ว ทางคณะผู้จัดทำได้นำเสนอข้อมูลในรูปแบบของเว็บไซต์ (Website) ดังรูปที่ 1

โปรแกรมคาดคะเนความเสี่ยง อุทกภัยในภาคใต้

อ้างอิงข้อมูล: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

กรุณาเลือกจังหวัด:

เลือกจังหวัด

ประเภทในการเกิดอุทกภัย

- เคยเกิดขึ้นทั้งหมด
- น้ำท่วมฉับ
- น้ำล้นตลิ่ง
- น้ำท่วมฉับพลัน

ความถี่ในการเกิดอุทกภัย

- เคยเกิดขึ้นทั้งหมด
- 2 ปีครั้ง
- 3 ปีครั้ง
- 4 ปีครั้ง

รูปที่ 1 หน้าเว็บไซต์โปรแกรมคาดคะเนความเสี่ยงอุทกภัย

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้กำหนดวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำแนกจำนวน 3 เทคนิค คือ แบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้ง แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม และวิธีการสุ่มป่าไม้ โดยดำเนินการจำแนกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์จากการเรียนรู้ ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์จากการทดสอบ โดยทำการแบ่งชุดข้อมูลเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Train) จำนวน 7,829 ข้อมูล และข้อมูลสำหรับการทำสอบ (Test) จำนวน 1,958 ข้อมูล

ผลการทดสอบพบว่า แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพการจำแนกนั้นมีค่าความถูกต้องที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 แบบจำลอง โดยแบบจำลองที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ วิธีการสุ่มป่าไม้ มีค่าอยู่ที่ 97 % แบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้ง 95 % และแบบจำลองที่ให้ค่าความถูกต้องน้อยที่สุดคือแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม 85 % จากผลลัพธ์จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องใกล้เคียงกันและสามารถจำแนกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้ง 3 แบบจำลอง

เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาในการประมวลผลพบว่าแบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้งใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่าวิธีอื่น โดยใช้เวลาในการประมวลผล 10.44 วินาทีสำหรับแบบจำลองวิธีการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่มใช้เวลาในการประมวลผล 7.06 วินาที และแบบจำลองวิธีการสุ่มป่าไม้ใช้เวลาในการประมวลผล 6.87 วินาทีดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ค่าประสิทธิภาพการจำแนกของแบบจำลองจากการทดสอบทั้ง 3 วิธี

แบบจำลอง	ประสิทธิภาพการจำแนก					ความเร็วในการประมวลผล (วินาที)
	Precision	Recall	F1-Score	Support	Accuracy	
GBM	0.95	0.95	0.95	1,958	95%	10.44
MNL	0.85	0.85	0.85	1,958	85%	7.06
RF	0.97	0.97	0.97	1,958	97%	6.87

ทางคณะผู้วิจัยได้นำตัวอย่างเว็บไซต์การทำนายความเสี่ยงภาคใต้ด้วยหลักการเรียนรู้ของเครื่อง ไปให้ นายนิวัฒน์ ตาลลักษณะ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการส่วนยุทธศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ลองประเมินการใช้งาน สำหรับผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ให้ข้อเสนอว่า ควรเจาะลึกลงไปถึงระดับตำบลหรือหมู่บ้านจะเกิดประโยชน์มากกว่า

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากการเรียนรู้เครื่องเทคนิควิธีจำนวน 3 เทคนิค ได้แก่ แบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้ง (Gradient Boosting Machine: GBM) แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม (Multinomial Logistic Regression: MNL) และแบบจำลองวิธีการสุ่มป่าไม้ (Random Forest: RF) เพื่อหาแบบจำลองที่ดีที่สุด โดยดำเนินการวิจัยตามหลักการของการทดสอบแบบจำลอง เพื่อหาค่าความถูกต้องของแต่ละแบบจำลอง และแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นชุดข้อมูลสำหรับเรียนรู้ (Train) จำนวน 7,829 แถว คิดเป็นร้อยละ 80 และส่วนที่ 2 เป็นชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Test) จำนวน 1,958 แถว คิดเป็นร้อยละ 20 จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง โดยวัดจากค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) ค่าความถ่วงดุล (F-measure) จำนวนข้อมูล (Support) และค่าความถูกต้อง (Accuracy)

ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองในการเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคการสุ่มป่าไม้ (Random Forest: RF) มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 96.94% ใช้เวลาในการประมวลผลโดยประมาณ 6.87 วินาที รองลงมา คือ เทคนิคแบบจำลองเกรเดียนต์บูตติ้ง มีค่าความถูกต้องในการทำนายอยู่ที่ 95.05 % ใช้เวลาในการประมวลผลโดยประมาณ 10.44 วินาที และลำดับสุดท้ายคือ เทคนิคแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่มมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 84.53 % ใช้เวลาในการประมวลผล 7.06 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคนิควิธีการสุ่มป่าไม้มีประสิทธิภาพในการจำแนกมากที่สุดและมีเวลาในการประมวลผลที่เร็วที่สุด

อย่างไรก็ตามในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้พบปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวข้องกับกระบวนการประมวลผลของโปรแกรมในส่วนของภาษา เนื่องจากโปรแกรมประมวลผลไม่มีส่วนสนับสนุนภาษาไทย ทำให้คณะผู้จัดทำต้องหาแนวทางในการนำข้อมูลเข้าไปในโปรแกรมโดยวิธีการที่ได้คือการแปลงข้อมูลจากภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัยที่ให้การสนับสนุนในการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8 นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. แผนแม่บทการป้องกันและให้การช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากอุทกภัย วาดภัย และโคลนถล่ม (ระยะ 5 ปี). กรุงเทพฯ, 2550.
- [2] กองสาธารณสุขฉุกเฉิน. แนวทางประเมินความเสี่ยงด้านการแพทย์และสาธารณสุข. กรุงเทพฯ, สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2554.
- [3] ชลดา อ่อนรอดและสมพร คุณวิจิต. รายงานวิจัยเรื่องการลดความเสี่ยงอุทกภัยขององค์การบริหารส่วนตำบลตะเควีและองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านขาว อำเภอรอยโนด จังหวัดสงขลา. คณะวิทยาการจัดการ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2559.
- [4] ยูเวสมศฐ์ สิทธิชาญบัญชา. “ปัญญาประดิษฐ์ Artificial intelligence (AI) กับการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และเวชศาสตร์ฉุกเฉิน”. วารสารการแพทย์ฉุกเฉินแห่งประเทศไทย. ปีที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2555) : 91-104.
- [5] ศิริภา จันทรเทื้อ และคณะ. รายงานวิจัยเรื่องสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่เทศบาลตำบลพะวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. คณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, 2561.



สยาม ลงกุลเสน
อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



โชติวิทย์ สุทธิพงษ์
นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิทยาการข้อมูลและ
เทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ฉัฐวณิ เรืองศรี
นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิทยาการข้อมูลและ
เทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการจำแนกข้อมูลเพื่อจัดลำดับความสำคัญ

รายการซ่อมรถยนต์จากบริษัทประกันภัย

Using Decision Tree Techniques for Data Classification to Prioritize the List of Car Repairs from Insurance Company

ณัฐติญา ไชติยากุล¹ อรัญชัย ศิริวัลย์² และ ปวีริศร์ วงศาโรจน์³

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: Nattiya.k@rmutp.ac.th¹

^{2,3}สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: Aranchai-k@rmutp.ac.th² and Pawarit-wo@rmutp.ac.th³

บทคัดย่อ

ปัญหาหนึ่งที่พบในร้านซ่อมสีรถยนต์คือการประเมินและจัดลำดับความสำคัญในการรับรถยนต์เข้ารับบริการ โดยทั่วไปการประเมินจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความเสียหาย จำนวนชิ้นส่วนรถยนต์ที่ต้องเปลี่ยน และระยะเวลาการรอคอยในการจัดหาชิ้นส่วน เกณฑ์สำคัญในการประเมินอีกประการหนึ่งคือประเภทของรถที่เข้ารับบริการ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ รถลูกค้าทั่วไป และ รถที่อยู่ในความคุ้มครองของบริษัทประกันภัย หากรถอยู่ในประกันอาจมีเงื่อนไขเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดการให้บริการ

เพื่อแก้ไขปัญหาการรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลจะดำเนินการโดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ โดยใช้โปรแกรม Google sheet และ Weka จากนั้นนำเสนอผลการจัดลำดับความสำคัญในการเข้ารับบริการของซ่อมสีรถยนต์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการประเมินโดยช่างประจำอู่ พบว่าการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการจำแนกข้อมูลเพื่อจัดลำดับความสำคัญรายการซ่อมรถยนต์ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ : ต้นไม้ตัดสินใจ; การจำแนกประเภท; การซ่อมรถยนต์

Abstract

One problem encountered in a car paint repair shop is the evaluation and prioritization of accepting cars for service. Typically, assessments are based on the severity of the damage, the number of car parts that need replacement, and the waiting time for part procurement. Another crucial criterion for assessment is the type of cars that enter for service, categorized into two types: regular cars and those covered by insurance. If the car is insurance-covered, additional conditions may expedite the service.

To address this issue, data collection and analysis are conducted using decision tree techniques, utilizing programs are Google Sheets and Weka. Subsequently, the results of prioritizing car service entry are presented through a web application. When comparing the experimental results with the evaluation done by regular mechanics, it is

found that using decision tree techniques for data classification to prioritize the list of car repairs produces similar outcomes.

Keywords: decision tree; classification; car repair

1. บทนำ

จากการออกสหกิจศึกษาที่ อู่ SCG Car Body เป็นส่วนหนึ่งของบริษัท คิสแบริเพเตอร์ จำกัด ซึ่งเป็นผู้จำหน่ายสินค้ากลุ่มผลิตภัณฑ์ด้านทำสีรถยนต์ ให้บริการด้านการบำรุงรักษา การซ่อมระบบเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนยานยนต์ และ เป็นผู้จำหน่าย การทำสีรถยนต์ในประเทศไทย ปัญหาข้อหนึ่งที่พบในด้านการให้บริการ ทำสีรถยนต์ คือ การประเมินและจัดลำดับการเลือกรับรถเข้าซ่อมทำสี เนื่องจากมีเคสรถยนต์ที่มีความเร่งด่วนในการซ่อมทำสี แต่ติดปัญหาเรื่องการรออะไหล่ในการซ่อมแซม ทำให้เมื่อรับรถเข้ามาในคิวรับรถแล้ว ยังคงไม่สามารถทำการซ่อมแซมได้เลยในทันที ลูกค้าต้องขาดประโยชน์ในการใช้รถเป็นเวลานานเกินกว่าเวลาที่กำหนด และไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของบริษัทประกันภัย

ผู้วิจัยทำจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อมูลการใช้บริการการซ่อมทำสีรถยนต์ของลูกค้าที่บริษัท คิสแบริเพเตอร์ จำกัด ในช่วงระยะเวลา วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2566 ถึงวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 จำนวน 360 คัน เพื่อมาทำการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม Google Sheet ในการบันทึกและจัดเก็บกลุ่มข้อมูลในช่วงระยะเวลาดังกล่าว และใช้โปรแกรม Weka ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกจัดลำดับการรับรถเข้ามาจัดการซ่อมแซมและทำสี ในขั้นตอนการทดลองผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลและจัดเตรียมข้อมูล ด้วยการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลและจัดเก็บลงในฐานข้อมูลเพื่อเตรียมการทดสอบหาอัลกอริทึมตามลำดับ จากนั้นนำเสนอผลการจัดลำดับความสำคัญของการเลือกรับรถยนต์มาเข้ารับบริการการซ่อมแซมและทำสี ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันเพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน

เมื่อให้ช่างประจำอู่ทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชันดังกล่าว พบว่าการจัดลำดับความสำคัญของรถยนต์เพื่อเข้ารับบริการภายในอู่ ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) จะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานธุรกิจของบริษัทมากขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) [1] คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแยกประเภท จำแนกรูปแบบ และ ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่หรือคลังข้อมูล โดยมีเทคนิคต่าง ๆ หลายวิธี ซึ่งรูปแบบการทำเหมืองข้อมูลนั้นได้รวมความรู้จากหลายแขนงเข้าไว้ด้วยกันที่ประกอบด้วยระบบการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) ร่วมกับวิทยาศาสตร์สารสนเทศ (Information Science) สถิติ (Statistics) และ ระบบฐานข้อมูล โดยทั่วไปแล้วเทคนิคที่นำมาใช้ส่วนใหญ่มี 5 ประเภท

1. เทคนิค Classification เป็นเทคนิคในการจำแนกกลุ่มก้อนข้อมูลด้วยลักษณะต่าง ๆ ที่ได้มีการกำหนดไว้แล้ว เทคนิคประเภทนี้เหมาะกับการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ค่าข้อมูล (Predictive Modeling) ในอนาคตจากากรที่ได้จำแนกข้อมูลตัวอย่างไว้แล้ว

2. เทคนิค Association Rule Discovery เป็นเทคนิคที่ใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลและหาสิ่งที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลนั้นเช่น การวิเคราะห์ข้อมูลการซื้อขายในซูเปอร์มาร์เก็ต

3. เทคนิค Clustering เป็นเทคนิคการลดขนาดของข้อมูลด้วยการรวมกลุ่มตัวแปรที่มีลักษณะเดียวกันไว้ด้วยกัน ทำให้การค้นหาข้อมูลที่ถูกละเลยไปได้ เทคนิคนี้มักถูกใช้ป็นขั้นตอนเบื้องต้นในการทำเหมืองข้อมูล และเหมาะสำหรับข้อมูลที่ยังไม่มีการจัดกลุ่มอย่างชัดเจนจึงทำการ Cluster เพื่อหาคลุ่มต่างๆของข้อมูล

4. เทคนิค Deviation Detection เป็นเทคนิควิธีในการหาค่าที่แตกต่างไปจากค่ามาตรฐาน หรือค่าที่คาดคิดว่าต่างไปมากน้อยเพียงใด โดยทั่วไปมักใช้วิธีการทางสถิติ หรือการแสดงให้เห็นภาพ สำหรับเทคนิคนี้ใช้ในการตรวจสอบลายเซ็นปลอมหรือบัตรเครดิตปลอมเป็นต้น

5. เทคนิค Sequential Analysis เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ลำดับเพื่อค้นพบรูปแบบของการปรากฏของข้อมูล ซึ่งปรากฏในรายการที่แยกออกมา เช่น ถ้าผู้ซื้อซื้อสินค้า A แล้วเขาจะซื้อสินค้า B ในภายหลัง เทคนิคนี้จะแตกต่างจากเทคนิค Association Rule Discovery เพราะคำนึงถึงลำดับการซื้อด้วย

เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นเทคนิคหนึ่งของ Classification เป็นวิธีการแบ่งประเภทหรือแยกหมวดหมู่ข้อมูล สามารถนำมาใช้ช่วยสร้างโมเดลในการตัดสินใจเลือกบริการรถเช่ามารับบริการรถซ่อมแซมและทำสีภายในรถ SCG Car Body ได้

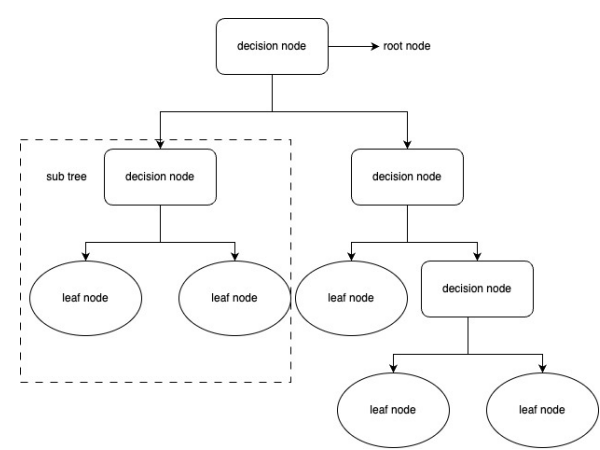
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นรินทร์ จิวตัน [2] ได้กล่าวว่าการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุในการเกิดอุบัติเหตุเสียชีวิตบนโครงข่ายถนน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการป้องกันอุบัติเหตุในแต่ละพื้นที่ สามารถลดความเสี่ยงและเตรียมความพร้อมเพื่อป้องกันอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยใช้วิธีการจำแนกข้อมูลการเสียชีวิตของแบบจำลองพยากรณ์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคเกรเดียนท์บูตทรีส์ เทคนิคนาอิวเบย์ และ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

รัตนาวดี พานทอง [3] นำเสนองานวิจัยในหัวข้อการจำแนกประเภทข้อมูลการท่องเที่ยวในจังหวัดพะเยาโดยใช้เทคนิคต้นไม้

ตัดสินใจ โดยการสร้างโมเดลต้นแบบเพื่อจำแนกข้อมูลของนักท่องเที่ยว โปรแกรมที่เลือกใช้ในการสร้างโมเดลคือ WEKA ผู้วิจัยได้เริ่มต้นเก็บข้อมูลนักท่องเที่ยวโดยใช้แบบสอบถาม จากนั้นทำการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล เช่น การทำความสะอาดข้อมูล และการแปลงข้อมูลเป็นต้น และใช้ขั้นตอนวิธีการจำแนกข้อมูลด้วยต้นไม้ตัดสินใจ (อัลกอริทึม J48 Decision Tree) ได้ผลลัพธ์คือ ต้นแบบโมเดลการจำแนกประเภทข้อมูลการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวในจังหวัดพะเยา มีความถูกต้องที่ดีที่สุดคือ 81.70% และค่าความสอดคล้องกันของข้อมูลคือ 0.701 นอกจากนี้สามารถสรุปกฎของความสัมพันธ์รายได้ของนักท่องเที่ยวได้ 3 คลาส ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปช่วยหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อวางแผนสร้างกิจกรรมที่ดึงดูดความสนใจของนักท่องเที่ยวได้อย่างเหมาะสม

ชนิดา หางแก้ว จุฑาภรณ์ สันสมบูรณ์ทอง และ ธิดาพร สุขภากร [4] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจการเลือกทำประเภทประกันภัยของลูก้า โดยใช้การจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจสร้างแบบจำลอง หรือ โมเดลการจัดหมวดหมู่จากกลุ่มตัวอย่าง และพยากรณ์ชุดข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างใหม่เพื่อนำไปสู่การจัดหมวดหมู่ได้อีกด้วย งานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึม J48 ใน โปรแกรม WEKA ผลที่ได้จากการทดสอบความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลให้ค่าความแม่นยำร้อยละ 76.50 ชัยศิริ สนิทพลกลาง [5] ได้กล่าวถึงปัญหาสำคัญของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญคือ โรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียนซึ่งมีผลทำให้ต้นทุเรียนยืนต้นตาย ส่วนใหญ่เกษตรกรไม่สามารถรักษาอาการป่วยของต้นทุเรียนได้ทันเวลาที่เพราะอาการของโรคจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนก็ต่อเมื่อต้นทุเรียนป่วยหนักแล้ว วิธีการในการแก้ไข หรือ ช่วยให้เกษตรกรรู้ถึงอาการของโรคตั้งแต่ระยะเริ่มต้นจะช่วยลดอัตราการสูญเสียของต้นทุเรียนได้ ผู้วิจัยได้นำเสนอการพัฒนาโมเดลสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อจำแนกคุณลักษณะของโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน จากงานวิจัยพบว่าการสร้างโมเดลจากอัลกอริทึมของต้นไม้ตัดสินใจให้ความแม่นยำสูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ นั่นคือ 99.33% สรุปได้ว่าต้นไม้ตัดสินใจทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกับข้อมูลที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 1 เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3. วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานวิจัยของการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการจำแนกข้อมูลเพื่อจัดลำดับความสำคัญรายการซ่อมรถยนต์จากบริษัทประกันภัย ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนของการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้การดำเนินงานวิจัยโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มจากการศึกษาโครงสร้างของต้นไม้ตัดสินใจ ที่ประกอบด้วย ใบ (Leaf) กิ่ง (Branch) และราก (Root) การเรียนรู้ของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นการเรียนรู้จากการคาดคะเนเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อาศัยเงื่อนไขเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจว่าเมื่อมีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นจะแสดงผลออกมาอย่างไร ถูกนำเสนอด้วยรูปแบบการตัดสินใจ (if / then / else) ขั้นตอนต่อมาคือการสร้างแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ โดยจะเริ่มพิจารณาที่โหนด “ราก” ก่อนการหาโหนดรากจะใช้วิธีคำนวณค่า Information gain ข้อมูลกลุ่มใดมีค่า Information gain มากที่สุดจะนำมาเป็น โหนดราก แล้วนำข้อมูลที่เหลือมาคำนวณ Information gain อีกครั้งเพื่อหาโหนดถัดไปที่เหมาะสม

อัลกอริทึมของเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจที่จะนำมาใช้ทดสอบเพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการสร้าง โมเดลมากที่สุด จากการศึกษา ผู้วิจัยได้เลือกอัลกอริทึมที่จะนำมาทดสอบ คือ Random Tree และ J48

เครื่องมือ หรือซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ สร้าง โมเดลและทดสอบอัลกอริทึม การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือคือซอฟต์แวร์โปรแกรม Weka ซึ่งเป็น โปรแกรมที่สามารถนำมาทดสอบอัลกอริทึมของต้นไม้ตัดสินใจ ได้ เนื่องจากมีอัลกอริทึมที่ได้ระบุไว้ให้เลือกใช้ใน โปรแกรมครบตามที่กำหนด และสามารถแสดงค่าความแม่นยำของอัลกอริทึมจาก Confusion Matrix ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังเลือกใช้โปรแกรมในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน คือ โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2008 ซึ่งใช้ภาษา ASP.NET ด้วย C# ในการสร้างหน้าเว็บ และสร้างโมดูลที่เกี่ยวข้องกับระบบงานทั้งหมด และใช้ร่วมกับโปรแกรม Microsoft SQL Server 2005 ในการจัดการและออกแบบฐานข้อมูลของระบบ โดยแสดงผลผ่านทางโปรแกรม เว็บเบราว์เซอร์

3.2 การรวบรวมและการจัดเตรียมข้อมูล

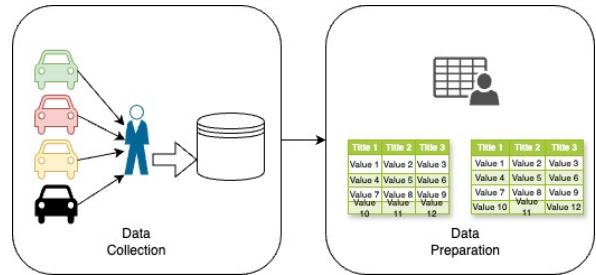
การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้าง โมเดล และทดสอบอัลกอริทึม มีรายละเอียด ดังนี้

เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูล (Data collection) ที่นำรถเข้าใช้บริการภายในอุ SCG CAR BODY เพื่อจัดการซ่อมแซมและทำสี ตั้งแต่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2566 ถึงวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ได้จำนวน 360 คัน กำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับ Train set (สำหรับเทรน) และ Test set (สำหรับทดสอบความถูกต้อง) กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์สัดส่วน คำนวณหาจำนวนหน่วยตัวอย่างที่จะนำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย โดยมีเกณฑ์ในจำนวน ดังนี้

นำจำนวนรถทั้งหมดที่กำหนดเป็นกลุ่มตัวอย่างมาแบ่งเป็น Train set : Test set ตามอัตราส่วนดังต่อไปนี้คือ 70%:30% , 75%:25% และ 80%:20% เพื่อทำการทดสอบการคำนวณของ โมเดลที่ผู้วิจัยเลือกใช้

จากนั้นเข้าสู่กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล (Data preparation) ด้วยการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล ว่าข้อมูลมีความครบถ้วน

สมบูรณ์หรือไม่ เป็นการเตรียมข้อมูลให้สะอาดและมีความสมบูรณ์นำข้อมูลที่ได้มาจัดเก็บลงในฐานข้อมูล เพื่อเตรียมเข้าโปรแกรมสำหรับสร้าง โมเดลและทดสอบหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 2 การรวบรวมและการจัดเตรียมข้อมูล

3.3 การทดสอบหาอัลกอริทึมและสร้างโมเดล

หลังจากขั้นตอนการรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูลเสร็จสิ้น จะได้ข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปแบบ ฐานข้อมูล จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าอัลกอริทึมของต้นไม้ตัดสินใจ คือ Random Tree และ J48 เป็นอัลกอริทึมที่มีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

วิธีการสร้างแบบจำลอง (Model Building) ผู้วิจัยนำข้อมูลในฐานข้อมูลมาสร้างการแบ่งประเภทโดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ มีข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชื่อข้อมูล ชนิดข้อมูล และรายละเอียดของข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลอง

ลำดับ	ชื่อข้อมูล	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
1	Brand	String	แบรนด์รถยนต์
2	Damage	String	ความเสียหาย
3	Type of wound	String	ลักษณะความเสียหาย
4	Piece	String	จำนวนชิ้นความเสียหาย
5	Repair period	String	ระยะเวลาจัดซ่อม
6	Case	String	ผลคดี
7	Result	String	ผลลัพธ์

ผู้วิจัยได้ทำการสร้าง โมเดลในการเรียนรู้ข้อมูล โดยใช้ อัลกอริทึม Random Tree และ J48 เพื่อเปรียบเทียบการใช้งานอัลกอริทึม ทั้ง 2 แบบ ได้ข้อสรุปดังแสดงในตารางที่ 2

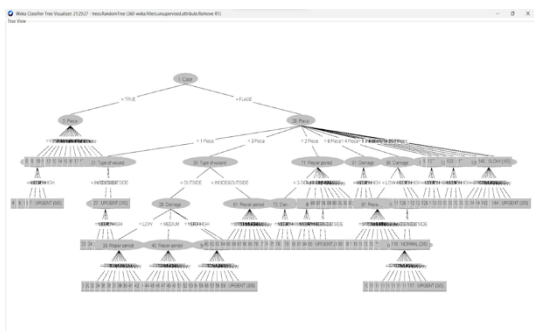
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบโมเดล Random Tree และ J48

การเปรียบเทียบ	Random Tree	J48
Correctly Instances	87.5%	90%
Incorrectly Instances	12.5%	10%
Root Mean Squared Error	0.2543	0.26

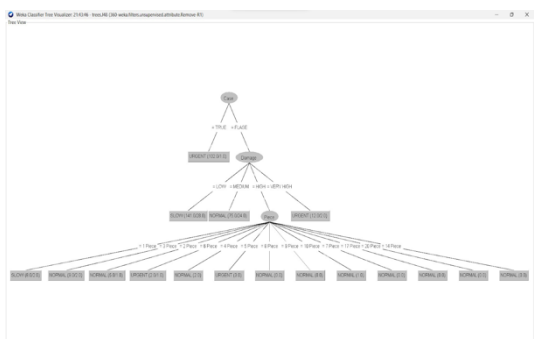
นอกจากนี้ในการทดลองสร้าง โมเดลจากทั้ง 2 อัลกอริทึมจะได้โครงสร้างต้นไม้ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ส่วนค่า Confusion Matrix จากทั้ง 2 อัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 5

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 3 โครงสร้างต้นไม้ที่ได้จากอัลกอริทึม Random Tree



รูปที่ 4 โครงสร้างต้นไม้ที่ได้จากอัลกอริทึม J48

Random Tree	J48
<pre> === Confusion Matrix === a b c <-- classified as 13 0 0 a = URGENT 0 5 4 b = NORMAL 1 0 17 c = SLOW </pre>	<pre> === Confusion Matrix === a b c <-- classified as 13 0 0 a = URGENT 0 6 3 b = NORMAL 1 0 17 c = SLOW </pre>

รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่า Confusion Matrix

จากตารางเปรียบเทียบโมเดล Random Tree และ J48 พิจารณาได้ว่า โมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากการใช้อัลกอริทึม J48 มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 90% มากกว่าโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากการใช้อัลกอริทึม Random Tree ซึ่งมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 87.5% และ โมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากการใช้อัลกอริทึม J48 มีค่าการทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องเท่ากับ 10% น้อยกว่าโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากการใช้อัลกอริทึม Random Tree ซึ่งมีค่าการทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องเท่ากับ 12.5% ในขณะที่ถ้าพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนนั้น โมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากการใช้อัลกอริทึม J48 มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.26 มากกว่าโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากการใช้อัลกอริทึม Random Tree ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.2543 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง J48 กับ Random Tree ห่างกันเพียงเล็กน้อย แต่ค่าความถูกต้องของ J48 มีมากกว่าของ Random Tree

และเมื่อพิจารณาส่วนค่า Confusion Matrix ในรูปที่ 5 พบว่า ผลจากการใช้อัลกอริทึมทั้ง 2 วิธี มีรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกัน และอัลกอริทึม J48 มีจำนวนข้อมูลค่าจริง กับจำนวนข้อมูลจากการทำนายมีผลลัพธ์ตรงกันมากกว่าผลที่ได้จากอัลกอริทึม Random Tree นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่รูปโครงสร้างต้นไม้ที่ได้จากทั้ง 2 อัลกอริทึม จะพบว่า J48 มีความซับซ้อนน้อยกว่า Random Tree

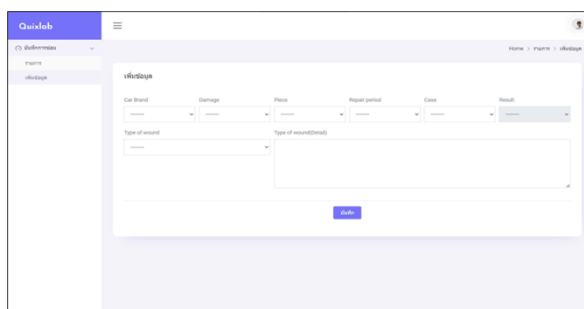
ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้โมเดลที่ถูกสร้างจากอัลกอริทึม J48 ในการนำไปพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกรับรถเช่าซ่อม

3.4 การนำอัลกอริทึมที่ได้มาสร้างโมเดลและพัฒนาระบบ

จากการทดสอบจนได้อัลกอริทึมที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการเลือกรับรายการซ่อมรถบริษัทประกัน ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาระบบโดยใช้เทคโนโลยี .NET Framework ในการสร้างหน้าเว็บ และสร้างโมเดลที่เกี่ยวข้องกับระบบงานทั้งหมดและใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server 2005 ในการจัดการและออกแบบฐานข้อมูลของระบบ และแสดงผลการพิจารณาเลือกรับรถเช่าซ่อมแซมและทำสี ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยผู้วิจัยได้นำหลักการของอัลกอริทึม J48 ที่ทดสอบได้มาเขียน โปรแกรมจนกระทั่งได้ระบบที่ต้องการ จากนั้นใช้แบบสอบถามมาเป็นเครื่องมือเพื่อวัดความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันจากผู้ทดลองใช้งานต่อไป

4. ผลของการวิจัย

เว็บแอปพลิเคชันที่ทางผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาขึ้นนั้นได้เลือกโมเดลจากอัลกอริทึมต้นไม้ J48 มาใช้ในการทำนายข้อมูลการเลือกรับรถเช่าซ่อม และแสดงผลลัพธ์ออกมาผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน โดยหน้าเว็บแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนของการกรอกข้อมูล ประกอบด้วย รุ่นรถ ความเสียหาย ชั้นส่วนความเสียหาย ระยะเวลาจัดซ่อม ผลคดี และส่วนที่เสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอเว็บแอปพลิเคชันส่วนของการกรอกข้อมูล

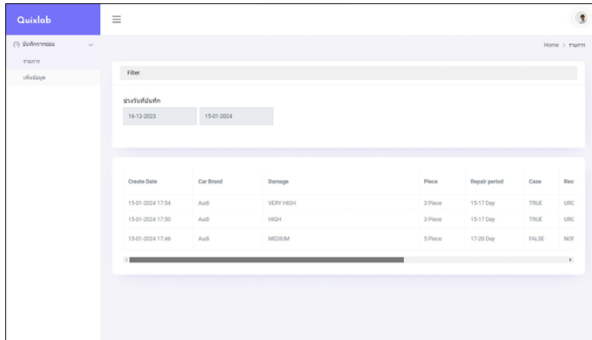
ผู้ใช้งานทำการเลือกข้อมูลที่ตรงกับลักษณะความเสียหายและระบบจะทำการประมวลผลลัพธ์เพื่อแสดงผลในการเลือกรับรถเช่าซ่อมที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้กรอกไว้ ดังแสดงในรูปที่ 7

จากตัวอย่าง ผู้ใช้ทำการเลือกข้อมูลเป็นรถ AUDI ความเสียหาย very high ชั้นส่วนความเสียหาย 3 ชั้น ระยะเวลาการจัดซ่อม 15 -

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

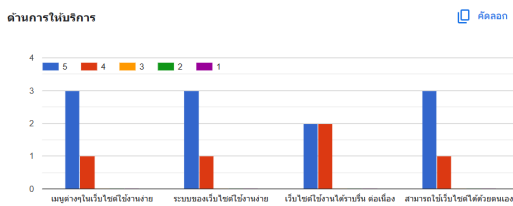
17 วัน และเป็นฝ่ายถูก ผลจากการประเมินได้ผลลัพธ์ คือ Urgent หมายถึง การซ่อมแบบเร่งด่วน



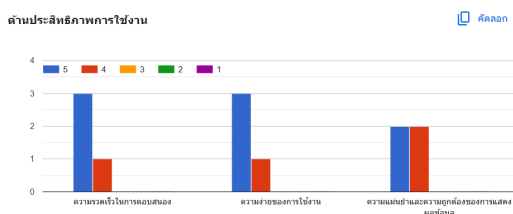
Create Date	Car Brand	Damage	Place	Repair period	Case	Res
15-01-2024 17:54	Audi	VERY HIGH	27km	10-17 Day	URG	URG
15-01-2024 17:55	Audi	HIGH	27km	10-17 Day	URG	URG
15-01-2024 17:56	Audi	MEDIUM	27km	17-20 Day	FALSE	NOT

รูปที่ 7 หน้าจอเว็บไซต์แอปพลิเคชันส่วนของการแสดงผลการประเมิน

จากการใช้แบบสอบถามเพื่อวัดผลความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญภายในอยู่ SCG Car Body ซึ่งมีหน้าที่ประเมินและจัดลำดับการรับรถเพื่อเข้ามาใช้บริการซ่อมแซมและทำสีภายในอยู่แสดงดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 ความพึงพอใจในการใช้บริการเว็บไซต์ ด้านการให้บริการ



รูปที่ 9 ความพึงพอใจในการใช้บริการเว็บไซต์ ด้านประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน

5. สรุป

ในการจัดทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโมเดลที่มีความเหมาะสมและถูกต้อง สำหรับการเลือกรับรายการซ่อมรถบริษัทประกัน ใช้โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งใช้วิธีการหาอัลกอริทึมที่เหมาะสม โดยการเปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึมของต้นไม้ตัดสินใจ 2 อัลกอริทึม

คือ Random Tree และ J48 เนื่องจากเป็นอัลกอริทึมที่นิยมนำมาใช้ในการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลที่ทราบผลลัพธ์แน่นอน

โดยการนำอัลกอริทึมดังกล่าวมาทดสอบกับกลุ่มข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training Data) ที่ได้เตรียมไว้จำนวน 252 ชุด เพื่อสร้างโมเดลในโปรแกรม Weka 3.8.6 และนำโมเดลที่ให้ผลค่าความถูกต้องมากที่สุดไปใช้ในการทดสอบกับชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data) จำนวน 108 ชุด พบว่าการใช้อัลกอริทึม J48 ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับลักษณะของตัวอย่างข้อมูลดีกว่า Random Tree

จากนั้นจึงนำโมเดลที่ได้ไปพัฒนาเว็บไซต์แอปพลิเคชันสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกรับรถเพื่อเข้ามาใช้บริการภายในอยู่ ผลการประเมินเว็บไซต์แอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญ สรุปได้ว่ามีความพึงพอใจค่อนข้างสูงทั้งในด้านของการให้บริการและด้านประสิทธิภาพการใช้งาน

4. กิตติกรรมประกาศ

การใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการจำแนกข้อมูลเพื่อจัดลำดับความสำคัญรายการซ่อมรถยนต์จากบริษัทประกันภัย สำเร็จลงได้ด้วย ความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากผู้เชี่ยวชาญ คณะผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบคุณ บริษัท คิสเร็ฟเตอร์ จำกัด และ อยู่ SCG Car Body ที่อนุญาตให้นำข้อมูลมาใช้ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคคางัว ไม่นิ่ง เบื้องต้น, เอเชีย คิจิตอลการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2014
- [2] นรินทร์ จิวัดัน, “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลความไม่สมดุลของข้อมูลการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบน โครงข่ายถนน โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล,” วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 18, ฉบับที่ 1, หน้า 75 – 84, มกราคม - มิถุนายน 2565
- [3] รัตนาวดี พานทอง, “การจำแนกประเภทข้อมูลการท่องเที่ยวในจังหวัดพะเยาโดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ,” วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวิศวกรรมเชิงพื้นที่ (JSID), ปีที่ 3, ฉบับที่ 3, หน้า 40 – 54, กันยายน - ธันวาคม 2565
- [4] ชนิตา หางแก้ว, จุฑาทกรณ์ สันสมบูรณ์ทอง และ ธิดาพร สุภภากร, “การทำนายการเลือกประเภทประกันภัยของลูกค้า,” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 81 – 95, กรกฎาคม - ธันวาคม 2563
- [5] ชัยศิริ สนิทพลกลาง, “การจำแนกโรคจากน้ำโคมน้ำของต้นทุเรียนด้วยอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ,” วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, ปีที่ 32, ฉบับที่ 1, หน้า 72 – 87, มกราคม - มิถุนายน 2566

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



ณัฐติญา ไขค์ยกุล

อาจารย์ประจำสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง



อรัญชัย ทิธีวัลย์

นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและ
เทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : เหมืองข้อมูล



ปวีตรัฐ วงศาโรจน์

นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและ
เทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ : เหมืองข้อมูล

การพัฒนาแนวทางการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาตมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

Developing Guidelines for follow-up Inspection of Industrial Standard Licensees : A Case Study of Steel Bars for Reinforced Concrete

ภาสกร ภริตานนท์¹ เลิศเลขา ศรีรัตนะ กฤษดา พิทยบุตร และ บุญธรรม หาญพานิชย์
สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ
10240 E-mail : 6514770002@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาแนวทางการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาต มอก. 20-2559 และ มอก. 24-2559 จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2566 พบว่ามีความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน 2 ครั้ง จากการตรวจติดตามทั้งหมด 6 ครั้ง ที่เกิดจากการติดตามผลไม่ครบถ้วนตามข้อกำหนดและความล่าช้าในการปฏิบัติงาน จึงได้พัฒนาแนวทางการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาต มอก. 20-2559 และ มอก. 24-2559 รวมถึงมีการฝึกอบรม ปรับปรุงเอกสารตรวจสอบและคู่มือการปฏิบัติงาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถปฏิบัติงานอย่างได้ถูกต้องภายหลังจากนำแผนงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้เป็นระยะเวลา 3 เดือน จากการตรวจติดตามจำนวน 4 ครั้ง ไม่พบความผิดพลาดในขั้นตอนการปฏิบัติงาน เวลาในการปฏิบัติงานโดยเฉลี่ยลดลงจาก 540 นาที เหลือ 390 นาที ผลการฝึกอบรมพบว่าเจ้าหน้าที่มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการตรวจติดตามผลมากขึ้น โดยพิจารณาจากค่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความรู้ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 53.05 เทียบกับก่อนการฝึกอบรม และมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อแผนงานด้านการตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : การตรวจติดตามผล; ผู้รับใบอนุญาต; มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม; เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

Abstract

This study aims to analyze the problems and develop guidelines for following up the licensees of TIS. 20-2016 and TIS. 24-2016. According to data from 2023, there were 2 operational errors out of 6 inspections, which were caused by incomplete inspecting process according to requirements and delays in operations. Therefore, the guidelines were developed to follow up with TIS 20-2016 and TIS 24-2016 licensees. Personnel were trained to understand the new plan as well as work manual documents were improved that would help personnel understand the guidelines and work properly. After implementing the developed plan for 3 months from 4 follow-up inspections, no operational errors were found and average working time decreased from 650 minutes to 390 minutes. The training results showed that personnel had a better understanding of the products and inspecting processes, with an average

knowledge test score increase of 53.05% compared to before training and the highest level of satisfaction with the developed guidelines.

Keywords: Inspection ;licensees ; industrial standard; reinforcement steel

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมและงานก่อสร้างมีการนำเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตไปใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติในการรับแรงดึงและแรงกดทับเพื่อให้งานโครงสร้างมีความแข็งแรงและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตมี 2 ประเภทคือ เหล็กเส้นกลม และเหล็กข้ออ้อย จึงต้องควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีผลต่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้งาน โดยมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 20-2559 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : เหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก. 24-2559

กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 6 กองตรวจการมาตรฐาน 1 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีอำนาจและหน้าที่ในการปฏิบัติงานตามพ.ร.บ.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 และที่แก้ไขเพิ่มเติม โดยต้องตรวจติดตามผลภายหลังจากที่ได้รับใบอนุญาตของผู้รับใบอนุญาต มอก. 20-2559 และ มอก. 24-2559 จากการศึกษาพบว่ามีการที่ร้องขอตรวจสอบและเอกสารที่เกี่ยวข้องมาจากหลายแหล่ง รวมถึงลักษณะเฉพาะของตัวผลิตภัณฑ์ที่ทำให้การตรวจสอบต้องอาศัยความชำนาญในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และประสบการณ์ในการทำงานของเจ้าหน้าที่ หากการตรวจติดตามผลไม่ครบถ้วนตามข้อกำหนดจะส่งผลให้เกิดความล่าช้าต่อการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้และอาจส่งผลกระทบต่อผู้ถือใบอนุญาตได้จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2566 พบว่ามีความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน 2 ครั้ง จากการตรวจติดตามทั้งหมด 6 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 33.33 จึงควรทำการวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการและพัฒนาแนวทางการตรวจติดตามผลของผู้รับใบอนุญาต มอก. 20-2559 และ มอก. 24-2559 เพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการตรวจติดตามผลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทพร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาแนวทางการตรวจติดตามผล ผู้รับใบอนุญาต มอก. 20-2559 และมอก. 24-2559

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการตรวจติดตามผล ผู้รับใบอนุญาตผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตและเหล็กเส้นกลม และเหล็กข้ออ้อย ประกอบด้วย พ.ร.บ. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511, ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาต พ.ศ. 2566, ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเงื่อนไขให้ผู้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติ, มอก. 20-2559, และ มอก. 24-2559 [1,2]

จากการศึกษาเรื่องการจัดตารางการตรวจติดตามผล โรงงานที่ได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกลุ่มตรวจการมาตรฐาน 2 ที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการตรวจติดตามผลระบบควบคุมคุณภาพของโรงงานผู้ผลิตและการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า การวิเคราะห์สภาพปัญหาจากการดำเนินงานเดิมและปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบให้รัดกุมขึ้น ทำให้ระบบงานที่จัดทำขึ้นมาใหม่สามารถช่วยให้เจ้าหน้าที่ตรวจติดตามผล โรงงานได้ครบถ้วนตามแผนที่วางเอาไว้ [3] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบตรวจสอบความปลอดภัย สำหรับอาคารตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 โดยต้องทบทวนกฎหมาย มาตรฐาน และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งวิเคราะห์ระบบการจัดการความเสี่ยงด้านอัคคีภัย และพัฒนาแบบตรวจสอบความปลอดภัยด้านอัคคีภัย (Checklist) ให้เหมาะสมกับการใช้งานด้วย เมื่อนำแนวทางที่นำเสนอไปปฏิบัติ ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา พบว่ามีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งานมากกว่าแบบตรวจสอบอาคารที่ใช้กันมาก่อนหน้านี้ [4] นอกจากนี้ศึกษารายการตรวจสอบคุณภาพที่สถานงานของบริษัทแห่งหนึ่ง ซึ่งใช้คนตรวจสอบ พบว่าความชำนาญของผู้ตรวจสอบมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และปริมาณการตรวจสอบ ซึ่งเมื่อทำการปรับปรุงสถานงานการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แบบใช้คนตรวจสอบแบ่งตามความเชี่ยวชาญคือ ระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง ทำให้ค่าใช้จ่าย คุณภาพของผลิตภัณฑ์และปริมาณการตรวจสอบแปรผันตรงกับระดับความเชี่ยวชาญของผู้ตรวจสอบด้วย [5]

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพการทำงานของผู้ตรวจสอบมีผลต่อคุณภาพการตรวจสอบ และติดตามผล นอกจากนี้การวางแผนและจัดหาระบบตรวจสอบที่เหมาะสมจะสามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานได้อีกด้วย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed -Method Research) โดยมีประชากรคือเจ้าหน้าที่กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 6 กองตรวจการมาตรฐาน 1 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม จำนวน 3 คน ซึ่งมีประสบการณ์ในการตรวจติดตามผล มอก.20-2559 และ มอก.24-2559 ไม่เท่ากัน โดยทำการศึกษาจากผลการปฏิบัติงาน

ในปี 2566 เปรียบเทียบกับผลการปฏิบัติงานภายหลังที่มีการนำแผนงาน ในปี 2567 (ม.ค. - มี.ค.) รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยมีดังนี้

- 1) กำหนดปัญหาและหัวข้อสำหรับทำวิจัย
- 2) ทบทวนวรรณกรรม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดรูปแบบการดำเนินการวิจัยที่เหมาะสม
- 3) ออกแบบการวิจัยโดยอ้างอิงแนวทางการวิจัย จากการ ทบทวน วรรณกรรม เพื่อกำหนดรูปแบบการดำเนินการวิจัยที่เหมาะสม
- 4) ดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล ตามแผนการวิจัยที่ออกแบบไว้ โดยใช้เครื่องมือที่ผ่านการประเมินความสอดคล้อง (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ
- 5) วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบและประเมินผลการศึกษา จากข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงแผนงาน
- 6) สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือใช้สำหรับเก็บข้อมูล ประกอบด้วย

3.1.1 แบบประเมินความรู้ของเจ้าหน้าที่ จำนวน 40 ข้อ ประกอบด้วย 4 หัวข้อ คือ

- 1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้า
- 2) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ มอก.20-2559 และ มอก.24-2559
- 3) กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง
- 4) การตรวจติดตามผล

3.1.2 แบบประเมินความพึงพอใจ จำนวน 5 ด้าน คือ

- 1) กระบวนการจัดการเรียนรู้
- 2) บรรยากาศในการเรียนรู้
- 3) การใช้สื่อในการเรียนรู้
- 4) รูปแบบการทำงานเป็นทีม
- 5) การนำความรู้ที่ได้ไปใช้งานจริง

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการเก็บข้อมูลการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาต มอก.20-2559 และ มอก.24-2559 ในปี พ.ศ. 2566 ระยะเวลา 1 ปี พบว่า มีการตรวจติดตามผล 6 ครั้ง มีความผิดพลาดในการปฏิบัติงานจากการตรวจเอกสารไม่ครบถ้วนตามข้อกำหนด จำนวน 2 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 33.33 และใช้เวลาในการตรวจสอบภายในสถานที่ผลิต 110 นาที การตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพ 360 นาที การตรวจติดตามโดยเก็บตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ 50 นาที และสรุปผลการตรวจประเมิน 20 นาที รวมทั้งสิ้น 540 นาทีโดยประมาณ และใช้ผู้ตรวจสอบ จำนวน 2 คนทำการตรวจติดตามผลร่วมกันในทุกขั้นตอน โดยขั้นตอนการตรวจสอบเป็นการปฏิบัติตามความเคยชินจนถือเป็นแนวทางการปฏิบัติงานตามปกติ ซึ่งให้ความสำคัญเฉพาะเอกสารและผลิตภัณฑ์ที่ต้องตรวจสอบตามกฎหมายเท่านั้น รายละเอียดของกระบวนการตรวจติดตามผลและเวลาที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 1

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการตรวจติดตามผลก่อนการปรับปรุง

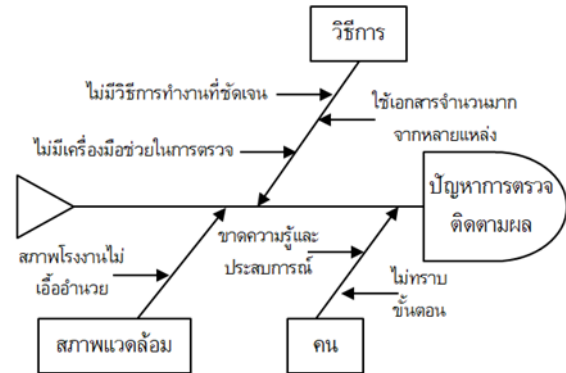
รายการ	เวลา (นาที)
1. การตรวจสอบกระบวนการภายในสถานที่ผลิต	110
- การตรวจรับวัตถุดิบ	20
- การผลิต	30
- การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	30
- การจัดเก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	30
2. การตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพ	360
- การควบคุมวัตถุดิบ	60
- การควบคุมกระบวนการผลิต	120
- การควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	60
- การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	60
- การควบคุมเครื่องตรวจและเครื่องทดสอบ	60
3. การตรวจติดตามโดยเก็บตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์	50
- คัดเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนำไปทดสอบ	10
- เจ้าหน้าที่ของโรงงานตัดตัวอย่างตามที่กำหนด	30
- ออกหมายเลขตัวอย่างผลิตภัณฑ์	10
4. สรุปผลการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพ	20
- ตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารที่ตรวจสอบ	10
- ผู้รับใบอนุญาตเซ็นเอกสารประกอบการตรวจติดตามผล	10
รวม	540

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการตรวจติดตามผล และแนวทางแก้ไข สามารถสรุปและแสดงด้วยแผนผังก้างปลาในรูปที่ 1 และการวิเคราะห์ด้วย Why-Why Analysis ในตารางที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

สาเหตุจากคน (Man) เกิดจากปัญหาของผู้ปฏิบัติงานที่มีความรู้และประสบการณ์ในการทำงานไม่เท่ากัน ผู้ปฏิบัติงานใหม่ยังไม่ทราบขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง จึงควรแก้ไขด้วยการฝึกอบรมให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่ เช่น ความรู้เกี่ยวกับการตรวจติดตามผล กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

สาเหตุจากวิธีการ (Method) เกิดจากไม่มีมาตรฐานการปฏิบัติงาน ขั้นตอนการทำงานซับซ้อน เอกสารที่ใช้ในการปฏิบัติงานมีจำนวนมาก และไม่มีผู้รับผิดชอบในการจัดทำเครื่องมือเพื่อช่วยในการตรวจ จึงควรแก้ไขด้วยการจัดมาตรฐานการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งจัดทำเป็นเอกสารคู่มือการทำงาน ปรับปรุงเอกสารรายการตรวจสอบ (Checklist) เปลี่ยนวิธีการทำงาน รวมถึงการจัดหมวดหมู่ของเอกสาร เพื่อเพิ่มความสะดวกในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ และควรมีการมอบหมายผู้รับผิดชอบในการปรับปรุงเอกสาร ทบทวนแนวปฏิบัติ และพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการตรวจ เพื่อให้เกิดการปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่อง

สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม (Environment) เกิดจากกระบวนการทำงานของในแต่ละสถานที่ที่เจ้าหน้าที่ไปตรวจสอบ ซึ่งอาจไม่เอื้ออำนวยต่อการทำงาน ทำให้ใช้เวลานานกว่าปกติ จึงควรแก้ไขโดยการเตรียมความพร้อมและอุปกรณ์ให้เหมาะสม รวมทั้งประสานโรงงานให้จัดเตรียมสถานที่ให้เหมาะสมกับการตรวจสอบด้วย



รูปที่ 1 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหา

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ด้วย Why-Why Analysis

ปัญหา	Why 1	Why 2	How
บุคลากร	ขาดความรู้และประสบการณ์ในการตรวจ	พื้นฐานความรู้และอายุงานไม่เท่ากัน	จัดการฝึกอบรม
	ไม่ทราบขั้นตอนการตรวจ	ไม่มีการฝึกอบรมก่อนการปฏิบัติงานจริง	
วิธีการ	ไม่มีวิธีการปฏิบัติงาน	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน	จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน
	ไม่มีเครื่องมือช่วยตรวจ	ไม่มีการกำหนดความรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำเครื่องมือ	กำหนดผู้รับผิดชอบจัดทำเครื่องมือ
	เอกสารที่ใช้มีมากมาจากหลายแหล่ง	กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องมีมาก	จัดทำหมวดหมู่ของเอกสารให้ง่ายต่อการปฏิบัติตาม
สิ่งแวดล้อม	สภาพโรงงานไม่เอื้ออำนวยต่อการตรวจ	ไม่มีการเตรียมความพร้อมและไม่ได้มีการประสานโรงงานเตรียมสถานที่	ประสานโรงงานเพื่อเตรียมสถานที่ก่อนเข้าตรวจ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
 Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

3.4 วิธีกรดำเนินการ

ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนงานที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากคนและวิธีการทำงานซึ่งเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานโดยตรง โดยการปรับปรุงกระบวนการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาต มอก.20-2559 และ มอก.24-2559 และจัดทำเอกสารรายการตรวจสอบและคู่มือการปฏิบัติงานเพื่อให้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเพื่อลดขั้นตอนการตรวจติดตามผลและใช้เวลาในการทำงานน้อยลง แต่ยังคงเป็นไปตามกฎหมายและข้อกำหนด โดยใช้ผู้ปฏิบัติงานจำนวน 2 คนเช่นเดิม ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

การตรวจสอบกระบวนการภายในสถานที่ผลิตมีการเพิ่มขึ้นตอนคัดเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนำไปทดสอบและประสานงานเจ้าหน้าที่ของโรงงานตัดตัวอย่างตามที่กำหนด ซึ่งสามารถทำทั้งสองขั้นตอนได้พร้อมกันในเวลา 10 นาที แต่จะลดเวลาในขั้นตอนการตรวจติดตามโดยเก็บตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์และการออกเจ้าหน้าที่ของโรงงานตัดตัวอย่างได้ 40 นาที จึงทำให้เวลาในการตรวจสอบกระบวนการภายในสถานที่ผลิตใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 120 นาที แต่สามารถลดเวลาการทำงานในขั้นตอนการตรวจติดตามโดยเก็บตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ลงได้เหลือ 10 นาที

ตารางที่ 3 ขั้นตอนการตรวจติดตามผลหลังการปรับปรุง

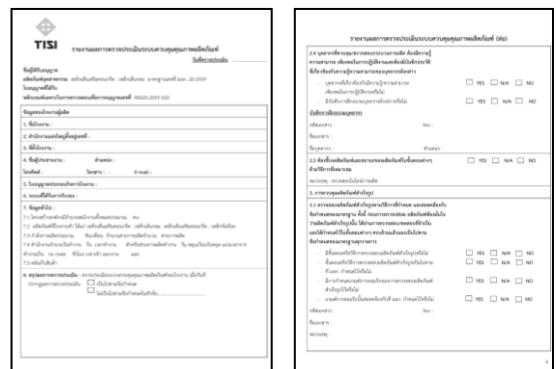
รายการ	เวลา (นาที)
1. การตรวจสอบกระบวนการภายในสถานที่ผลิต	120
- กระบวนการตรวจรับวัตถุดิบ	20
- กระบวนการผลิต	30
- กระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	30
- กระบวนการจัดเก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	30
- คัดเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนำไปทดสอบ และแจ้งเจ้าหน้าที่โรงงานตัดตัวอย่างตามที่กำหนด	10
2. การตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพ	240
- การควบคุมวัตถุดิบและการควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 1)	120
- การควบคุมกระบวนการผลิต (ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 2)	120
- การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	60
- การควบคุมเครื่องตรวจและเครื่องทดสอบ	60
3. การตรวจติดตามโดยเก็บตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์	10
- ออกหมายเลขตัวอย่างผลิตภัณฑ์	10
4. สรุปผลการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพ	20
- ตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารที่ตรวจสอบ	10
- ผู้รับใบอนุญาตเซ็นเอกสารประกอบการตรวจติดตามผล	10
รวม	390

ขั้นตอนการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพเดิม ผู้ปฏิบัติงานทั้ง 2 คนจะตรวจสอบร่วมกันในทุกกระบวนการย่อย ซึ่งประกอบด้วย การควบคุมวัตถุดิบ การควบคุมกระบวนการผลิต การควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และการควบคุมเครื่องตรวจและเครื่องทดสอบ ใช้เวลาทั้งหมด 360 นาที แต่เมื่อมีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่ โดยแยกหน้าที่ให้ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 1 ทำการตรวจสอบการควบคุมวัตถุดิบและการควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และผู้ปฏิบัติงานคนที่ 2 ทำการตรวจสอบการควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งผู้ปฏิบัติงานทั้ง 2 คนจะทำงานไปพร้อมกันและจะทำการตรวจสอบการควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและเครื่องตรวจและเครื่องทดสอบร่วมกันอีกครั้ง จึงสามารถเสร็จสิ้นกระบวนการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพได้ใน 240 นาที ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกอบรมให้มีความรู้ด้านการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพและควรจัดทำคู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงาน เพื่อให้สามารถทำการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำตามแผนงาน เนื่องจากต้องปฏิบัติงานในขั้นตอนการตรวจสอบย่อยเพียงคนเดียว ส่วนขั้นตอนสรุปผลการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพยังคงรูปแบบการปฏิบัติงานเดิม

จากแผนการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานจะทำให้เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบติดตามผลลดลงจาก 540 นาที เหลือ 390 นาที แต่ยังสามารถปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วน โดยใช้เวลาลดลง 150 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 27.78



รูปที่ 2 คู่มือการปฏิบัติงานและรายการตรวจสอบ



รูปที่ 3 รายงานการตรวจสอบ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ผู้วิจัยยังได้จัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 2 และรายการตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3 เพื่อจัดหมวดหมู่ของเอกสารให้ง่ายต่อการตรวจสอบและรวบรวมไว้ที่เดียวกัน รวมถึงจัดให้มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานกลุ่มตรวจการมาตรฐาน 6 กองตรวจการมาตรฐาน 1 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นประชากรของการศึกษา ตามแนวทางการปฏิบัติงานใหม่ซึ่งกำหนดให้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานและเอกสารต่าง ๆ ที่ได้จัดทำขึ้น โดยได้ทำการทดสอบความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรมเพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจในมาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่นี้ด้วย โดยผู้เข้าอบรมจะได้ทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อแผนงานและเอกสารที่จัดทำขึ้น เพื่อปรับปรุงแผนการดำเนินงานในอนาคตด้วย

4. ผลการศึกษา

ภายหลังจากนำแผนงานไปปฏิบัติในเดือน มกราคม ถึง มีนาคม 2567 และฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ให้ปฏิบัติตามแผน ดังแสดงในรูปที่ 4 แล้ว ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

หลังจากนำวิธีการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาต ของ มอก.20-2559 และ มอก.24-2559 ที่ได้ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานไปใช้ ไม่พบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการตรวจติดตามผล จากการตรวจ จำนวน 4 ครั้ง เวลาที่ใช้ในกระบวนการตรวจติดตามผลลดลง จาก 540 นาที เหลือ 390 นาที โดยประมาณ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานทุกคนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานได้อย่างถูกต้องโดยไม่พบข้อผิดพลาดและใช้เวลาในการปฏิบัติงานได้ตามที่กำหนด

จากการประเมินความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรม พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้และเข้าใจในกระบวนการตรวจติดตามผล มอก.20-2559 และ มอก.24-2559 มากขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Samples T-Test) โดยมีผลคะแนน ก่อน การอบรม และ หลังการอบรมเฉลี่ย 22 คะแนน และ 33.67 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 53.05 ส่วนผลประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อแผนงานและเอกสารต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น พบว่ามีค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความพึงพอใจในภาพรวมในระดับพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.75 จาก 5 คะแนน



รูปที่ 4 การฝึกอบรมเกี่ยวกับแผนงานที่พัฒนาขึ้น

5. สรุปและอภิปรายผล

กระบวนการตรวจติดตามผู้รับใบอนุญาตมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ประเภท เหล็กเส้นกลมมาตรฐาน (มอก. 20-2559) และ เหล็กข้ออ้อย (มอก. 24-2559) มีรายการที่ต้องตรวจสอบและเอกสารที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ทำให้การตรวจสอบต้องอาศัยทักษะและความชำนาญของเจ้าหน้าที่ จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2566 พบว่ามีความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน 2 ครั้ง จากการตรวจติดตามทั้งหมด 6 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 33.33 ที่เกิดจากการติดตามผลไม่ครบถ้วนตามข้อกำหนดและความล่าช้าในการปฏิบัติงาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้รับใบอนุญาตได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาแนวทางการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาต มอก. 20-2559 และ มอก. 24-2559 จากการศึกษาค้นคว้าปัญหาเกิดจากผู้ปฏิบัติงาน ไม่ทราบขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและขาดประสบการณ์ในการทำงาน ระบบการตรวจสอบที่มีความซับซ้อนและมีเอกสารที่ต้องพิจารณาเป็นจำนวนมาก รวมถึงสภาพโรงงานที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการตรวจติดตาม ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงขั้นตอนการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาตให้สามารถลดขั้นตอนและเวลาในการปฏิบัติงาน โดยเปลี่ยนจากการตรวจสอบร่วมกันของผู้ปฏิบัติงาน 2 คน เป็นแบ่งงานตรวจสอบในขั้นตอนการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพ ทั้งนี้ได้มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ให้มีความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ ปรับปรุงเอกสารคู่มือการปฏิบัติงานและรายการตรวจสอบ เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถเข้าใจแนวปฏิบัติและทำงานอย่างถูกต้อง ภายหลังจากนำแผนงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในช่วง มกราคมถึง มีนาคม 2567 จากการตรวจติดตามจำนวน 4 ครั้ง ไม่พบความผิดพลาดในขั้นตอนการปฏิบัติงาน เวลาในการปฏิบัติงานโดยเฉลี่ยลดลงจาก 540 นาที เหลือ 390 นาที ทั้งนี้จำนวนการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาตจะขึ้นอยู่กับระบบควบคุมคุณภาพภายในองค์กร ซึ่งจะมีการสลับตรวจมาตรฐานผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในแต่ละปี จึงเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการที่ทำให้จำนวนการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาตในแต่ละเวลาไม่เท่ากัน ส่วนผลการฝึกอบรมพบว่าเจ้าหน้าที่มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการตรวจติดตามผลมากขึ้น โดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยก่อนการอบรมและหลังการอบรมเท่ากับ 22 คะแนน และ 33.67 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 53.05 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการทดสอบสมมติฐานกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน และมีผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อแผนงานด้านการตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุด

จากผลการศึกษาจึงสามารถสรุปได้ว่าแผนงานเพื่อปรับปรุงกระบวนการตรวจติดตามผลผู้รับใบอนุญาต มอก. 20-2559 และ มอก. 24-2559 ที่นำเสนอสามารถลดข้อผิดพลาดจากการปฏิบัติงานและลดเวลาที่ใช้ในการตรวจติดตามผลได้ ทั้งนี้ควรมีการทบทวนแผนการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดการพัฒนาการทำงานของหน่วยงานอย่างยั่งยืน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม. กรุงเทพฯ
- [2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย. กรุงเทพฯ
- [3] คลินิก ญาณวารี. (2557). การจัดการการตรวจติดตามผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. การค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] ฉัฐนิชา ทองอ่วม, สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ และเพ็ญสุดา พันธุธิ์ดา. (2561). การพัฒนาแบบตรวจสอบความปลอดภัยด้านอวกาศสำหรับอาคารตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] Chang Wook Kang, Mohammad Babar Ramzan, Biswajit Sakar, and Muhammad Imran. (2561). Effect of inspection performance in smart manufacturing system based on human quality control system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.



ประวัติผู้เขียนบทความ

นายภาสกร ภริตานนท์
นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการตรวจสอบและ
กฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
งานวิจัยที่สนใจ : การปรับปรุงกระบวนการทำงาน
และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรม

การศึกษาการทำงานของ Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเอกสารงานโครงการก่อสร้าง
สำหรับที่ปรึกษาโครงการ

Investigating Chatbot for Enhanced Construction Project Document Management:
A Project Consultant's Perspective

จิรายุส ฉิมฉวี¹ กุลวัลย์ วรณสิน,² นันทวรรณ อ่ำเยี่ยม³

¹สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

²สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

³สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

E-mail: 6514940012@rumail.ru.ac.th*
kulwarun@ru.ac.th
nanthawan@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็หมายที่จะใช้ Chatbot เพื่อปรับปรุงการจัดการเอกสารในโครงการก่อสร้างสำหรับที่ปรึกษาโดยผลการสำรวจผู้ปฏิบัติงานที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างส่วนงานต่างๆ ในโครงการก่อสร้างมูลค่า 150-250 ล้านบาทจำนวน 15 คน พบว่ากระบวนการจัดการเอกสารในโครงการก่อสร้าง (ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด) มีความยุ่งยากและล่าช้า เช่น การขอเอกสารรูปแบบต่างๆ จากหน่วยงาน เสียเวลามากกว่า 30 นาทีคิดเป็น 46.7% ได้รับเอกสารที่ไม่ได้อัปเดตคิดเป็น 66.7% และมีการจัดเก็บเอกสารในคอมพิวเตอร์ส่วนตัวทำให้ยุ่งยากในการค้นหาเอกสารคิดเป็น 60% ปัญหาเหล่านี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของโครงการก่อสร้าง ดังนั้นเพื่อปรับปรุงระบบผู้วิจัยจึงพัฒนา Chatbot ด้วย Botnoi Platform, LINE Official, Google Sheets และ Google Forms ผลสำรวจความพึงพอใจจากผู้ปฏิบัติงานทดลองใช้งานระบบที่พัฒนาจากงานวิจัย จำนวน 20 คน พบว่าการประเมินปัจจัยด้านคุณภาพ Chatbot คือ ($\bar{x} = 3.90$, S.D. = 0.58) ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก และการประเมินปัจจัยด้านคุณภาพบริการ Chatbot คือ ($\bar{x} = 3.88$, S.D. = 0.58) ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ดังนั้นสามารถสรุปความพึงพอใจโดยรวมของ Chatbot ที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนา Chatbot อย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ในเนื้อหาเกี่ยวกับงานก่อสร้าง กฎหมาย ข้อบังคับ มาตรฐาน แบบสัญญา ข้อมูลจำเพาะ โดยสามารถพัฒนาฐานข้อมูลให้ค้นหาใช้งานสะดวก เพื่อตอบโต้ผู้ใช้มากขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : Chatbot, ที่ปรึกษาโครงการก่อสร้าง, โครงการก่อสร้าง, LINE, เอกสาร

Abstract

This research aims to use Chatbot to improve document management in construction projects for consultants. A survey of 15 construction project consultants working on projects worth between 150 and 250 million baht revealed several problems with the current

document management process. These include difficulty and delays in obtaining documents from various agencies (46.7% of respondents reported spending more than 30 minutes on this task), receiving outdated documents (66.7%), and difficulty finding documents due to storage on personal computers (60%). These problems can significantly impact the overall efficiency of construction projects. Consequently, researchers developed a Chatbot using the Botnoi Platform, LINE Official, Google Sheets, and Google Forms. Evaluation from a sample of 20 users revealed high satisfaction levels with the Chatbot's quality ($\bar{x} = 3.90$, S.D. = 0.58) and service ($\bar{x} = 3.88$, S.D. = 0.58). Overall, users were highly satisfied with the Chatbot developed from this research. Furthermore, continuous improvement is proposed, including adding new features and relevant content such as construction laws, regulations, standards, contract templates, and specific data, along with developing a user-friendly database for easier access and utilization, aiming to better serve the users' needs.

Keywords: Chatbot, construction project consultant, construction project, LINE, document

1. บทนำ

ปัจจุบันการจัดการเอกสารภายในโครงการก่อสร้างในแต่ละโครงการสำหรับที่ปรึกษาโครงการเป็นกระบวนการทำงานมีความสำคัญเนื่องจากเอกสารเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการดำเนินโครงการก่อสร้าง ตั้งแต่ก่อนการก่อสร้าง ระหว่างการก่อสร้างและหลังการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็เอกสารเกี่ยวกับ การวางแผน การอนุมัติ การปฏิบัติงาน และการตรวจสอบ [1] การจัดทำและการจัดการเอกสารโครงการก่อสร้างจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง โดยที่ปรึกษาโครงการมีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารโครงการก่อสร้างทุกฉบับ ทั้งเอกสารด้านเทคนิค เช่น สัญญาก่อสร้าง แผนงานก่อสร้าง รายการวัสดุก่อสร้าง รายการอุปกรณ์ก่อสร้าง รายการเครื่องจักรและ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เครื่องมือก่อสร้าง เป็นต้น เอกสารด้านกฎหมาย ใบอนุญาตก่อสร้าง ใบอนุญาตก่อสร้างชั่วคราว รายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม และเอกสารด้านการเงิน งบประมาณก่อสร้าง รายการค่าใช้จ่ายก่อสร้าง เพื่อให้แน่ใจว่าเอกสารเหล่านี้ถูกต้องตามหลักวิชาชีพและเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย ดังนั้นในการจัดทำเอกสารอย่างถูกต้องด้วยความรอบคอบและรัดกุมในโครงการก่อสร้างจึงมีความสำคัญมากในแต่ละโครงการ ซึ่งที่ปรึกษาโครงการมีหน้าที่จัดทำและจัดระเบียบเอกสารเหล่านั้นให้มีความถูกต้องและเป็นรูปแบบที่เหมือนกันโดยผู้ปฏิบัติงานทุกคนสามารถเข้าถึงได้ง่าย เพื่อลดความผิดพลาดของการส่งเอกสาร และตรวจสอบความถูกต้องของเอกสาร โครงการก่อสร้าง เนื่องจากความผิดพลาดของเอกสารจะส่งผลกระทบต่อโครงการก่อสร้าง อาทิเช่น ทำให้โครงการก่อสร้างล่าช้า หากเอกสาร โครงการก่อสร้างไม่ครบถ้วนหรือมีความผิดพลาดทำให้เจ้าของโครงการหรือผู้รับเหมาต้องเสียเวลาในการแก้ไขหรือทำใหม่ ทำให้โครงการก่อสร้างมีต้นทุนสูงขึ้นหากเอกสาร โครงการก่อสร้างไม่ถูกต้องเกิดความผิดพลาดในการจัดหาวัสดุหรือต้องทำการเปลี่ยนวัสดุในการก่อสร้างซึ่งทำให้โครงการก่อสร้างมีต้นทุนสูงขึ้น ทำให้โครงการก่อสร้างมีข้อบกพร่องหากเอกสาร โครงการก่อสร้างไม่ถูกต้องทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างโครงการไม่เป็นไปตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดทำให้โครงการก่อสร้างมีข้อบกพร่อง เป็นต้น

โดยปัจจุบันมีเทคโนโลยีเพื่อพัฒนางานด้านการจัดการมากมาย เช่น แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ เว็บแอปพลิเคชัน Platform สำเร็จรูป Chatbot เป็นต้น มีงานวิจัยที่นำเทคโนโลยี Chatbot มาประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น [2-4] สำหรับเทคโนโลยี Chatbot กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ในฐานะเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานต่างๆ Chatbot สามารถเรียนรู้และจดจำข้อมูลต่างๆ ได้ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ทำให้สามารถตอบคำถามและดำเนินการตามคำสั่งได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การใช้ Chatbot ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ และต่อเนื่องด้วยในปัจจุบันมีการติดต่อสื่อสารผ่าน Smart Phone หรือ Tablet มากขึ้นจึงง่ายต่อการนำ Chatbot มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถลดเวลาในการจัดการเอกสารและได้เอกสารที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาเพื่อปรับปรุงระบบจัดการเอกสารภายในโครงการก่อสร้างสำหรับที่ปรึกษาโครงการให้มีความถูกต้องและมีมาตรฐานเดียวกันในทุกส่วนงานด้วยการนำเทคโนโลยี Chatbot มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเอกสารสำหรับโครงการก่อสร้างให้ง่ายต่อการเข้าถึงเอกสารภายในโครงการ โดยการทดสอบระบบนี้กับผู้ปฏิบัติหน้าที่ ที่ปรึกษาภายในโครงการก่อสร้าง เนื่องจากเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องกับเอกสารภายในโครงการโดยตรง

2. วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับวิธีการวิจัย ประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆดังนี้

2.1 รูปแบบการวิจัย

วิจัยเรื่องเพื่อพัฒนา Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเอกสารภายในโครงการก่อสร้างสำหรับที่ปรึกษาโครงการ การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยเป็นการผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) และการ

วิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลและองค์ความรู้ที่หลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น

1. การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อให้ได้ข้อมูลในการสอบถามและเก็บรวบรวมจากการสอบถามจากที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างของบริษัทแห่งหนึ่ง โดยการการสัมภาษณ์ซึ่งลักษณะของคำถามนั้นต้องการทราบถึงปัญหาในการจัดการเอกสารภายในโครงการก่อสร้างทั้งในรูปแบบของการใช้แบบฟอร์มเอกสารและความสะดวกในการเข้าถึงเอกสารต่างๆในโครงการก่อสร้าง โดยนำไปปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเอกสารและการเข้าถึงข้อมูล

2. การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เป็นการเก็บข้อมูลจากที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างที่ได้ใช้บริการ Chatbot โดยดำเนินการผ่านแบบฟอร์มที่สร้างจาก Google Forms และขอความร่วมมือผ่านผู้จัดการ โครงการก่อสร้าง (Project Manager: PM) ในการประสานงานกับผู้ปฏิบัติงานช่วยตอบคำถามโดยทำการเก็บข้อมูลหลังจากการทดลองใช้งานจริง เพื่อทำการเปรียบเทียบความพึงพอใจ

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ บุคลากรที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้งานและเข้าถึงเอกสารภายในโครงการก่อสร้าง โดยสามารถแบ่งออกเป็นดังนี้

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยกลุ่มเป้าหมายของการศึกษาวิจัยประเมินความพึงพอใจสามารถคำนวณได้จากการใช้สูตรของทาร์โรวามาเน่ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

$$n = \frac{21}{1 + 21 \times 0.05^2}$$

$$n = 19.95$$

โดยที่

n คือ ขนาดของกลุ่มประชากรตัวอย่าง

N คือ ขนาดของประชากรจำนวน 21 คน

e คือ ค่าความคลาด ที่ยอมรับได้ (ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ร้อยละ 5 หรือ 5% ทำให้มีค่า e เท่ากับ 0.05)

ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่ใช้สำรวจสำหรับงานวิจัยในกรณีศึกษา ระหว่างช่วงระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2566 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2567 จำนวน 20 ราย เพื่อเป็นการกระจายการประเมินให้ครอบคลุมผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องมากที่สุด ผู้วิจัยจึงจัดผู้เข้าร่วมประเมินดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ขนาดประชากรทั้งหมดในงานวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	ขนาดประชากร (คน)
ผู้จัดการ โครงการ	3
วิศวกร/สถาปนิก โครงการ	4
วิศวกร/สถาปนิก	6
เลขานุการ	3
ผู้ประมาณราคา	4
รวม	20

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยพิจารณาความเหมาะสมในการใช้งานโดยแบ่งเป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ปัญหาและความเหมาะสมของการพัฒนา Chatbot เครื่องมือสำหรับการพัฒนา Chatbot และเครื่องมือในการรวบรวมความคิดเห็นในการใช้งาน Chatbot

1. แผนภูมิแก่งปลา ผู้วิจัยนำมาศึกษาเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบ และสาเหตุ โดยแบ่งเป็นสาเหตุหลัก สาเหตุรอง และสาเหตุย่อย ด้วยโครงสร้างที่ชัดเจนในการวิเคราะห์ระบุปัจจัยพื้นฐานของสาเหตุของปัญหาต่างๆ

2. Business Model Canvas สามารถช่วยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ และกำหนดกลยุทธ์และแนวทางการดำเนินงานของโครงการได้ ส่งผลให้ Chatbot มีประสิทธิภาพและตอบโต้การใช้งาน

3. Mind Map Curved Right นำมาใช้ในการแตกความคิดและรายละเอียดในหัวข้อต่างๆของเอกสารที่ใช้ภายในโครงการก่อสร้าง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาฟังก์ชันการใช้งาน Chatbot

4. แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาที่พบในการปฏิบัติงานและแบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจหลังใช้งาน Chatbot โดยแบ่งระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ

5. LINE Application นำมาเป็น Interface ร่วมกับผู้ใช้งานและ Botnoi SME Platform โดยผู้ใช้งานจะใช้งานจากฟังก์ชันบน LINE Official

6. Botnoi SME เป็น Platform ในการสร้างฟังก์ชันการใช้งาน Chatbot และ เป็นการเชื่อมต่อกับ Google Drive และ Google Sheets

7. Google Drive เป็น Platform ในการเก็บข้อมูลเอกสารสำหรับ Chatbot ดึงข้อมูลดังกล่าวมาใช้งาน

8. Google Sheets เป็น Platform ในการเก็บรายการเอกสารเปรียบเสมือนการเก็บฐานข้อมูล

9. App Script เป็น Platform ที่ช่วยในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยการเขียนโค้ดที่น้อยลง (Low-Code)

10. Google Forms เป็น Platform ที่ใช้ในการสร้างแบบสอบถาม ในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับงานการกรอกข้อมูลของผู้ใช้งาน

2.4 วิธีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยศึกษาและพัฒนา การศึกษาการทำงานของ Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเอกสารงานโครงการก่อสร้าง สำหรับที่ปรึกษาโครงการ โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 1



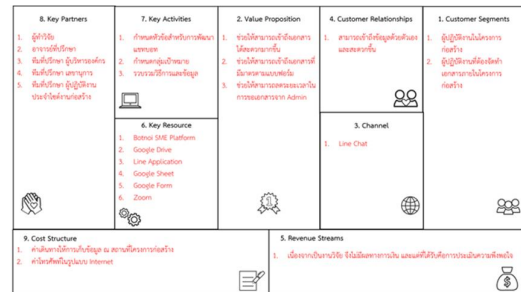
รูปที่ 1 แผนผังการจัดเก็บข้อมูล

2.4.1 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ ผู้ปฏิบัติงานในตำแหน่งหน้าที่ต่าง ทำการบันทึกผล Google-Forms เพื่อเก็บข้อมูลและทำการใช้เครื่องมือต่างๆในการวิเคราะห์ปัญหา ข้อคือเสียประกอบด้วยดังนี้

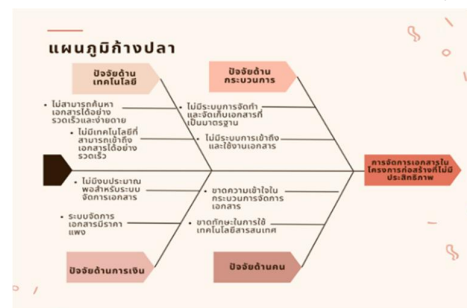
1. Mind Map Curved Right นำมาใช้ในการแตกความคิดและรายละเอียดในหัวข้อต่างๆของเอกสารที่ใช้ภายในโครงการก่อสร้าง

2. Business Model Canvas สามารถช่วยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ และกำหนดกลยุทธ์และแนวทางการดำเนินงานของโครงการได้ ส่งผลให้ Chatbot มีประสิทธิภาพและตอบโต้การใช้งานดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Business Model Canvas ของการพัฒนา Chatbot

3. แผนภูมิแก่งปลา-ผู้วิจัยนำมาศึกษาเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบ และสาเหตุ โดยแบ่งเป็นสาเหตุหลัก สาเหตุรอง และสาเหตุย่อย ด้วยโครงสร้างที่ชัดเจนในการวิเคราะห์ระบุปัจจัยพื้นฐานของสาเหตุของปัญหาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิแก่งปลาวิเคราะห์ปัญหาในงานวิจัยต่างๆ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือ Mind Map, BMS และผังแก่งปลาพบว่าในโครงการก่อสร้างมีเอกสารที่ต้องจัดทำเป็นจำนวนมากซึ่งในแต่ละโครงการมีข้อจำกัดในการปฏิบัติงานในหลายๆปัจจัย Chatbot จึงมีโอกาสในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเอกสารในด้านการเข้าถึงได้ง่าย

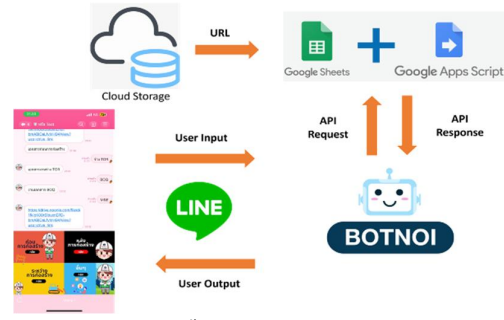
2.4.2 การพัฒนา Chatbot

การพัฒนาฟังก์ชัน Menu Chatbot เริ่มจากการนำข้อมูลของ Mind Map Curved Right ที่ใช้ในการแตกความคิดและรายละเอียดในหัวข้อต่างๆของเอกสารที่ใช้ภายในโครงการก่อสร้างมาใช้ในการพัฒนา

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ฟังก์ชันของ Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเอกสารงานโครงการก่อสร้าง สำหรับที่ปรึกษาโครงการ “ทรัสต์ TEST” ออกแบบให้ทำงานเป็น 3 ฟังก์ชันหลักคือ 1) การเรียกใช้แบบฟอร์มเอกสารในโครงการ โดยแบ่งเป็น 3 ฟังก์ชันย่อย คือ ช่วงก่อนการก่อสร้าง ระหว่างก่อสร้าง และหลังการก่อสร้าง 2) การขออนุมัติทางออนไลน์ โดยแบ่งเป็น 3 ฟังก์ชันย่อย คือ การขออนุมัติทั่วไป การขออนุมัติวันลา และการขออนุมัติทำงานล่วงเวลา 3) คู่มือในการปฏิบัติงาน โดยแบ่งเป็น 3 ฟังก์ชันย่อย Work Flow Diagram Pre-con, Work Flow Diagram Con และ Work Flow Diagram Post-con



รูปที่ 5 การขั้นตอนการทำงานฟังก์ชันที่ 1

1. ขั้นตอนในการพัฒนาฟังก์ชัน Menu Chatbot เริ่มจากการนำข้อมูลของ Mind Map Curved Right ที่ใช้ในการแตกความคิดและรายละเอียดในหัวข้อต่างๆของเอกสารที่ใช้ภายในโครงการก่อสร้างมาใช้ในการพัฒนาฟังก์ชันของ Chatbot โดยพัฒนาบน Platform Botnoi โดยหลักการในการออกแบบ ออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายสะดวกต่อการใช้งาน โดยใช้รูปแบบ Menu แบบ Rich Menu, Quick Reply และ Carousel โดยมีรายละเอียดฟังก์ชันดังรูปที่ 4

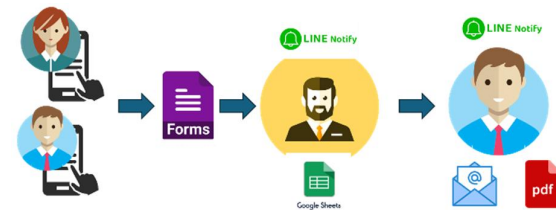
Rich Menu Object			
ก่อนการก่อสร้าง	ระหว่างการก่อสร้าง	หลังการก่อสร้าง	อื่นๆ
Quick Reply Object	Quick Reply Object	Quick Reply Object	Object
เมนูย่อย ก่อนการก่อสร้าง	เมนูย่อย ระหว่างการก่อสร้าง	เมนูย่อย หลังการก่อสร้าง	เมนูย่อย อื่นๆ

รูปที่ 4 ฟังก์ชัน Rich Menu ของ Chatbot

2. ขั้นตอนการออกแบบการทำงานของ Chatbot โดยในการทำงานของ Chatbot จากมี 3 ฟังก์ชันหลัก โดยมารูปแบบการทำงานของแต่ละฟังก์ชันดังนี้

2.1 ฟังก์ชันที่ 1 การเรียกใช้แบบฟอร์มเอกสารในโครงการเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Chatbot และคลาวด์ โดย Chatbot เป็น UI สามารถเรียกใช้งานได้จาก Rich Menu ประกอบด้วย 3 ฟังก์ชันย่อยคือ ช่วงก่อนการก่อสร้าง ระหว่างก่อสร้าง และหลังการก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละ Rich Menu จะปรากฏ Quick Reply (ฟิเจอร์ที่จะช่วยแนะนำการ reply กลับหา Chatbot ด้วยการแสดงปุ่มข้อความแนะนำด้านล่างของหน้า Chat โดยผู้ใช้งานสามารถกดปุ่มข้อความแนะนำนั้นเพื่อ reply กลับได้ทันที) ย่อยๆขึ้นมาเพื่อเรียกใช้เอกสารในหัวข้อต่างๆตามที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น Rich Menu ก่อนการก่อสร้าง จากมี Quick Reply ย่อยๆ Review แบบ, RFI, ร่าง TOR, ร่างสัญญา, และ Menu อื่นๆปรากฏขึ้นมาบนหน้าจอ LINE เมื่อทำการเลือกที่ปุ่มข้อความแนะนำใน Quick Reply ที่ต้องการ Chatbot จะตอบกลับเป็นลิงค์สำหรับดาวน์โหลดเอกสารที่ถูกจัดเก็บอยู่บนคลาวด์มาให้กับผู้ใช้งาน โดยมีรายละเอียดฟังก์ชันดังรูปที่ 5

2.2 ฟังก์ชันที่ 2 การขออนุมัติทางออนไลน์เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Chatbot , Google Forms, Google Sheets, LINE Notification และ Email โดย Chatbot เป็น UI สามารถเรียกใช้งานได้จาก Carousel Menu ซึ่งเป็นฟังก์ชันย่อยของ Rich MENU อื่นๆ โดยแบ่งเป็น 3 ฟังก์ชันย่อย คือ การขออนุมัติทั่วไป การขออนุมัติวันลา และการขออนุมัติทำงานล่วงเวลา เมื่อเรียกใช้งานฟังก์ชันย่อย เช่น ขออนุมัติวันลา Chatbot จะตอบกลับมาเป็นลิงค์ Google Forms เมื่อผู้ใช้งานทำการกรอกแบบฟอร์มใน Google Forms เรียบร้อยข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้ที่ Google Sheets ระบบจะแจ้งเตือนผ่านทาง LINE Notification ไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้ที่มีอำนาจอนุมัติที่ได้มีการตั้งค่าไว้ เมื่อผู้มีอำนาจในการอนุมัติทำการเปลี่ยนสถานะการอนุมัติใน Google Sheets ระบบจะส่ง LINE Notification แจ้งเตือนไปยัง LINE กลุ่ม เพื่อแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องรับทราบและระบบจะทำการส่ง Email พร้อมเอกสาร PDF ตอบกลับผู้ขออนุมัติเพื่อรับทราบผลการอนุมัติ ดังแสดงการทำงานแสดงดังรูปที่ 6

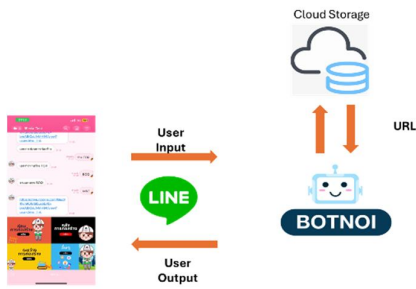


รูปที่ 6 การขั้นตอนการทำงานฟังก์ชันที่ 2

2.3 ฟังก์ชันที่ 3 คู่มือในการปฏิบัติงาน เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Chatbot และคลาวด์ โดย Chatbot เป็น UI โดยแบ่งเป็น 3 ฟังก์ชันย่อย Work Flow Diagram Pre-con Work Flow Diagram Con และ Work Flow Diagram Post-con สามารถเรียกใช้งานได้จาก Carousel Menu ซึ่งเป็นฟังก์ชันย่อยของ Rich MENU อื่นๆ ในฟังก์ชันคู่มือการปฏิบัติงานจะประกอบด้วย Carousel Menu ย่อย 3 ฟังก์ชันตามข้างต้น ซึ่งในแต่ละ Carousel ประกอบด้วย Menu ย่อยๆ ตามหัวข้อของ Carousel นั้นๆ ในการเรียกใช้งานทำได้โดยการเลือกที่ Menu ย่อยของ Carousel ซึ่งจะเชื่อมต่อไปยังเอกสารคู่มือการปฏิบัติงานที่ถูกจัดเก็บไว้บนคลาวด์ จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูคู่มือได้ประกอบการปฏิบัติงานได้อย่างสะดวก โดยมีรายละเอียดฟังก์ชันดังรูปที่ 7

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology



รูปที่ 7 การขั้นตอนการทำงานฟังก์ชันที่ 3

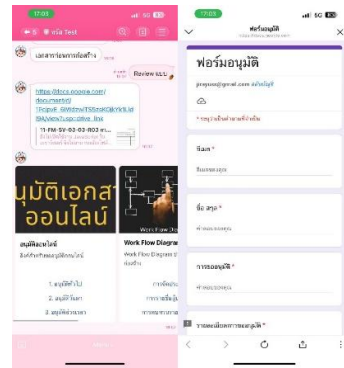
2.4.3 การทดสอบการใช้งาน Chatbot

1. ฟังก์ชันที่ 1 การเรียกใช้แบบฟอร์มเอกสารในโครงการเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Chatbot และคลาวด์ โดย Chatbot เป็น UI สามารถเรียกใช้งานได้จาก Rich Menu กล่าวคือเมื่อผู้ใช้งานทำการเรียกใช้งานฟังก์ชันหลัก Rich Menu จะปรากฏฟังก์ชันย่อย Quick Reply เมื่อทำการ Chatbot จะทำการเรียกเอกสารที่ผู้ใช้งานต้องการและส่งเป็น URL สำหรับดาวน์โหลดให้กับผู้ใช้งาน โดยมีรูปแบบการทำงานดังรูปที่ 8

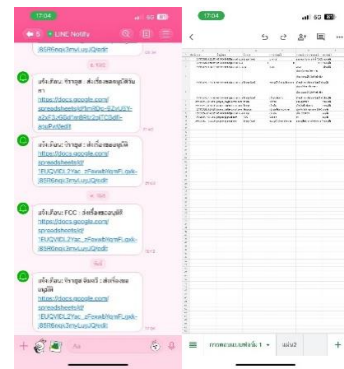


รูปที่ 8 ตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชันการขอเอกสาร

2. ฟังก์ชันที่ 2 การขออนุมัติทางออนไลน์เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Chatbot , Google Forms, Google Sheets, LINE, Notification และ Email โดย Chatbot เป็น UI สามารถเรียกใช้งานได้จาก Carousel Menu กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้งานทำการเรียกใช้ฟังก์ชัน Rich Menu อื่นๆ จะปรากฏฟังก์ชันย่อย Carousel Menu ขึ้นมาผู้ใช้งานสามารถเลือกที่จะใช้งานการขออนุมัติได้ตามที่ต้องการ เมื่อเลือกเรียกการใช้งานจะปรากฏหน้าต่าง Google Forms สำหรับผู้ใช้งานกรอกข้อมูล เมื่อทำการกรอกและส่งเรียบร้อยแล้วจะมีการแจ้งเตือนไปยังผู้มีอำนาจอนุมัติ เมื่อผู้มีอำนาจอนุมัติเรียบร้อยแล้วจะมีแจ้งเตือนไปยังผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ โดยมีรูปแบบการทำงานดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10

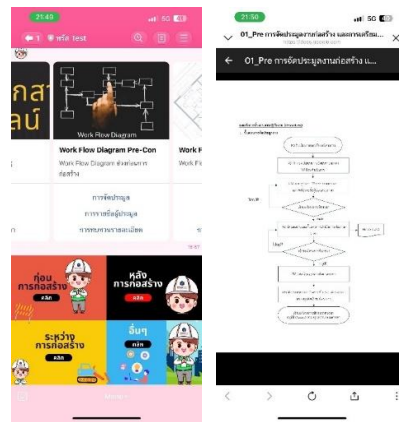


รูปที่ 9 การเรียกใช้งานฟังก์ชันการขออนุมัติ



รูปที่ 10 การแจ้งเตือน LINE Notification ไปยังผู้มีอำนาจอนุมัติ

3. ฟังก์ชันที่ 3 คู่มือในการปฏิบัติงาน เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Chatbot และคลาวด์ โดย Chatbot เป็น UI กล่าวคือเมื่อผู้ใช้งานทำการเรียกฟังก์ชันอื่นๆ จาก Rich Menu จากนั้นทำการเรียกใช้งาน Carousel Menu Work Flow ในช่วงต่างๆ Chatbot จะปรากฏลิงค์สำหรับเอกสารคู่มือการทำงานขึ้นมาให้แก่ผู้ใช้งาน โดยมีรูปแบบการทำงานดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การใช้งานฟังก์ชันคู่มือในการปฏิบัติงานและผลการเรียกใช้งาน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2.4.4 ประเมินความพึงพอใจ

การประเมินความพึงพอใจจากการสัมภาษณ์ความพึงพอใจผล การศึกษาการทำงาน ของ Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการ เอกสารงาน โครงการก่อสร้าง สำหรับที่ปรึกษาโครงการจำนวน 20 คน ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

1 ด้านประชากรศาสตร์ ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่ม ตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ตำแหน่งงานและมูลค่าโครงการ โดยใช้วิธีการ วิเคราะห์ความถี่และค่าเฉลี่ย

2 ประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot ปัจจัยที่มี อิทธิพลต่อความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot ได้แก่ปัจจัยด้านคุณภาพ ของข้อมูล รวมถึงระดับความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot โดยใช้ วิธีการวิเคราะห์ความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความ คิดเห็น

2.4.5 สรุปผล

ผลการทดลองการทำงาน ของ Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดการเอกสารงาน โครงการก่อสร้าง สำหรับที่ปรึกษาโครงการ สามารถใช้งานฟังก์ชันต่างๆของ Chat ได้ และ Chatbot สามารถส่งข้อมูล ที่ผู้ใช้งานต้องการได้อย่างสะดวกรวดเร็วและมีความถูกต้อง

3. ผลการทดลอง

ผลการสัมภาษณ์ความพึงพอใจผลการศึกษาการทำงาน ของ Chatbot เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเอกสารงาน โครงการก่อสร้าง สำหรับที่ปรึกษาโครงการ จำนวน 20 คน ซึ่งการวิเคราะห์มีดังนี้

1. ด้านประชากรศาสตร์ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่ม ตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ตำแหน่งงานและมูลค่าโครงการ โดยใช้วิธีการ วิเคราะห์ความถี่และค่าเฉลี่ยจากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 และ เพศหญิง 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35.00 ตามลำดับ

อายุของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่กระจายตัวเท่ากัน ใน ช่วงต่ำกว่า 25 ปี ช่วง 26-30ปีและช่วง 31-35ปี โดยมีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ในทั้ง 3 ช่วงที่กล่าวมา ลำดับรองลงมาคือช่วงอายุ 41-45ปี คิดเป็น ร้อยละ 15.00 ช่วงอายุ 46-50ปี และ ช่วงอายุ 50 ปีขึ้นไปมีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00 และ ช่วงอายุ 36-40ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 จากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน

ตำแหน่งงานของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในตำแหน่ง วิศวกร/สถาปนิก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 รองลงมาอยู่ใน ตำแหน่งวิศวกร/สถาปนิก โครงการ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20 เท่าๆกัน โดยตำแหน่งผู้จัดการโครงการและเลขานุการโครงการ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 เท่าๆกัน จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน

มูลค่าโครงการของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ในช่วงมากกว่า 250 ล้านบาทและ 201-250 ล้านบาท จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 เท่าๆกัน รองลงมาอยู่ในช่วง 101-150 ล้านบาท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ช่วง 151-200 ล้านบาท จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 ลำดับ สุดท้าย มูลค่าต่ำกว่า 100 ล้านบาท จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 ของ จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน

2. ประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot ปัจจัยที่มี อิทธิพลต่อความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot ได้แก่ปัจจัยด้านคุณภาพ ของข้อมูล รวมถึงระดับความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot โดยใช้ วิธีการวิเคราะห์ความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความ คิดเห็น จากการวิเคราะห์ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างของปัจจัยด้าน คุณภาพของข้อมูล ที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot พบว่าปัจจัยเรื่อง Chatbot เป็นตัวช่วยในด้านงานเอกสาร ที่ถูกต้องและ เป็นไปตามที่ต้องการ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 รองลงมาเครื่องมือใน การเชื่อมต่อในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูลที่ดูทันสมัยและเป็นตัวเชื่อมต่อที่ ดีในด้านงานเอกสารได้ตรงตามความต้องการของท่าน โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.15 โดยจากการประเมินจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าปัจจัยด้าน องค์ประกอบที่ดึงดูดสายตา เช่น ภาพพื้นหลัง, กล่องข้อความ, การจัดวาง Layout ของข้อมูล ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 3.30 ภาพรวมความคิดเห็น ของกลุ่มตัวอย่างของปัจจัยด้านคุณภาพ Chatbot ที่มีอิทธิพลต่อความ พึงพอใจ มีค่าเฉลี่ย 3.90 โดยมีระดับความคิดเห็นอยู่ที่ระดับเห็นด้วยมาก แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประเมินความพึงพอใจด้านคุณภาพของ Chatbot

หัวข้อ	คำอธิบาย	คะแนนแสดงความเห็น					จำนวน x	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน SD	เกณฑ์ระดับ ความพึง พอใจ
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปาน กลาง (3)	น้อย (2)	น้อย ที่สุด (1)			
1	Chatbot เป็นเครื่องมือในการ เชื่อมต่อในเรื่องของการเข้าถึง ข้อมูลที่ทันสมัย	6	11	3	0	0	4.15	0.67	เห็นด้วย มาก
2	Chatbot เป็นตัวช่วยในด้านงาน เอกสาร ที่ถูกต้องและเป็น ไป ตามที่ทันต้องการ	9	9	2	0	0	4.35	0.67	เห็นด้วย มาก
3	Chatbot ใ้การตอบกลับข้อมูล ได้ไวทันควร	7	6	7	0	0	4.00	0.86	เห็นด้วย มาก
4	Chatbot มีองค์ประกอบที่ดึงดูด สายตา เช่น ภาพพื้นหลัง, กล่อง ข้อความ, การจัดวาง Layout ของ ข้อมูล	1	7	9	3	0	3.30	0.80	เห็นด้วย ปานกลาง
5	Chatbot เป็นตัวเชื่อมต่อที่ดีใน ด้านงานเอกสาร ได้ตรงตามความ ต้องการของท่าน	6	11	3	0	0	4.15	0.67	เห็นด้วย มาก
6	ข้อมูลที่ได้รับจาก Chatbot เป็นข้อมูลที่มีการ Update อัปเดต/ เป็นปัจจุบัน	6	5	9	0	0	3.85	0.88	เห็นด้วย ปานกลาง
7	การใช้งาน Chatbot ทำให้ช่วย ฟื้นฟูข้อมูลที่กระจัดกระจาย	6	9	5	0	0	4.05	0.76	เห็นด้วย มาก
8	การใช้ Chatbot ช่วยลด ระยะเวลาในการขอข้อมูลจาก ส่วนกลาง	1	14	5	0	0	3.80	0.52	เห็นด้วย มาก
9	การใช้ Chatbot ช่วยสนับสนุน ในการทำงานเอกสาร	0	13	6	1	0	3.60	0.60	เห็นด้วย มาก
10	ความพึงพอใจในการใช้งาน เอกสาร พิกัด Test โดยรวม	1	15	4	0	0	3.85	0.49	เห็นด้วย มาก
	คะแนนเฉลี่ย						3.90	0.65	เห็นด้วย มาก

3. ประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งาน Chatbot การวิเคราะห์ ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างของระดับความพึงพอใจในการ ใช้งาน Chatbot พบว่าปัจจัยการรับประสบการณ์ในเชิงบวกจากการ ใช้งาน Chatbot และ ความรู้สึกยินดีและมีความสุขที่ใช้งาน Chatbot เป็นปัจจัยที่ สำคัญที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านภาพรวมของ Chatbot โดยมีค่าเฉลี่ย 3.95 และปัจจัยอื่นๆ รองลงมาตามลำดับโดย ภาพรวมด้านความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot เฉลี่ยเท่ากับ 3.88 และ มีความคิดเห็นในระดับ เห็นด้วยมาก แสดงดังตารางที่ 3

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตารางที่ 3 ประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งาน Chatbot

หัวข้อ	คำอธิบาย	คะแนนแสดงความเห็น					ค่าเฉลี่ย \bar{x}	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD	เกณฑ์ระดับความพึงพอใจ
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)			
1	ท่านได้รับประสบการณ์ในเชิงบวกจากการใช้งาน Chatbot	3	14	3	0	0	4.00	0.56	เห็นด้วยมาก
2	ท่านรู้สึกยินดีและมีความสุขที่ใช้งาน Chatbot	4	12	4	0	0	4.00	0.65	เห็นด้วยมาก
3	ท่านได้รับบริการจาก Chatbot สั้นไปตรงตามคาดหวัง	1	10	9	0	0	3.60	0.60	เห็นด้วยมาก
4	ท่านรู้สึกพึงพอใจกับประสบการณ์ในการใช้งาน Chatbot	2	13	5	0	0	3.85	0.60	เห็นด้วยมาก
5	โดยรวมแล้วท่านรู้สึกพึงพอใจในการใช้ Chatbot	3	15	2	0	0	3.95	0.51	เห็นด้วยมาก
	คะแนนเฉลี่ย						3.88	0.58	เห็นด้วยมาก

4. สรุป

การประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของระบบประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างจำนวน 20 คน โดยการกระจายไปในหลากหลายตำแหน่งตั้งแต่ ผู้จัดการ โครงการ วิศวกร/สถาปนิกโครงการ เป็นต้น โดยทำการประเมินด้วยสเกลลิเคอร์ห้าข้อมูลค่าเฉลี่ย (Rating Scale) 5 ระดับและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า มีค่าความพึงพอใจ 2 ด้านประกอบด้วย ประกอบด้วย ด้านคุณภาพ (Quality) และด้านคุณภาพบริการ (Service Quality) แสดงผลการประเมินได้ดังนี้

ปัจจัยด้านคุณภาพของ Chatbot การประเมินปัจจัยด้านคุณภาพของ Chatbot แบ่งเป็น 10 หัวข้อ 1) เป็นเครื่องมือในการเชื่อมต่อในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูลที่ทันสมัย 2) เป็นตัวช่วยในด้านงานเอกสารที่ถูกต้องและง่ายไปตามที่ท่านต้องการ 3) ให้การตอบกลับข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว 4) มีองค์ประกอบที่ดึงดูดสายตา เช่น ภาพพื้นหลัง, กล้องข้อความ, การจัดวาง Layout ของข้อมูล 5) เป็นตัวเชื่อมต่อที่ดีในด้านงานเอกสารได้ตรงตามความต้องการของท่าน 6) เป็นข้อมูลที่มีการ Update ล่าสุดเป็นปัจจุบัน 7) ทำให้เข้าถึงข้อมูลที่สะดวกรวดเร็ว 8) ช่วยลดระยะเวลาในการขอข้อมูลจากส่วนกลาง 9) ช่วยสนับสนุนในการขออนุมัติเอกสาร 10) ความพึงพอใจในการใช้งาน Chatbot ทริส Test โดยรวม จากการประเมินค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้ออยู่ที่ 4.15, 4.35, 4.00, 3.30, 4.15, 3.85, 4.05, 3.80, 3.60 และ 3.85 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67, 0.67, 0.86, 0.80, 0.67, 0.88, 0.76, 0.52, 0.60 และ 0.49 ตามลำดับ โดยสามารถสรุปผลโดยรวมของการประเมินปัจจัยด้านคุณภาพ Chatbot คือ ($\bar{x} = 3.90$, S.D. = 0.58) ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก

ปัจจัยด้านคุณภาพบริการ Chatbot การประเมินปัจจัยด้านคุณภาพบริการ Chatbot แบ่งเป็น 5 หัวข้อ 1) การได้รับประสบการณ์ในเชิงบวกจากการใช้งาน Chatbot 2) การรู้สึกยินดีและมีความสุขที่ใช้งาน Chatbot 3) การได้รับบริการจาก Chatbot สั้นไปตรงตามคาดหวัง 4) การรู้สึกพึงพอใจกับประสบการณ์ในการใช้งาน Chatbot 5) โดยรวมแล้วท่านรู้สึกพึงพอใจในการใช้ Chatbot จากการประเมินค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้ออยู่ที่ 4.00, 4.00, 3.60, 3.85 และ 3.95 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56, 0.65, 0.60, 0.60 และ 0.51 ตามลำดับ โดยสามารถสรุปผลโดยรวมของการประเมินปัจจัยด้านคุณภาพบริการ Chatbot คือ ($\bar{x} = 3.88$, S.D. = 0.58) ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กุลวลัญช์ วรณสิน และ ผศ.ดร.นันทวรรณ อ่ำเอี่ยม สำหรับการให้คำแนะนำ คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ตลอดเวลาการทำงานการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] รมรงค์ กระจ่างยศ. (2566). เอกสารในโครงการก่อสร้าง. ครั้งที่พิมพ์ 2. กรุงเทพฯ: โฟร์เพช.
- [2] ร้อยดาวทองเกียรติพันธ์ศักดิ์ บิลอับดุลลาห์. (2564). การประยุกต์ใช้ Chatbot สนับสนุนงานสอบสวนกรณีศึกษาสถานีตำรวจภูธรเบตงนี้, สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [3] นางสาวนันท์นภัส ประจงการ. (2560). แนวทางการปรับใช้ Chatbot สำหรับงานบริการลูกค้า, สาขาวิชาการบริหารการตลาด คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [4] ชัยมพร โอศิริ, ตะวัน แซ่เฮ้ง (2563) ระบบ Chatbot สำหรับบริหารการทำงานในไลน์, สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ประวัติผู้เขียนบทความ

นายจิรายุส ฉิมฉวี

จบการศึกษาระดับปริญญาตรี

วิศวกรรมไฟฟ้า(สื่อสาร)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

งานวิจัยที่สนใจ ระบบอัตโนมัติ, AI,

IOT, Digital Transformation,

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณความปลอดภัยทางรังสีในงานถ่ายภาพรังสีเพื่อใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์

Development of a Program for Calculating Radiation Safety

in Radiographic Testing for Equipment Inspection

ศโรชา ลำลี^{1*} และ พรรณทิศา ลิ้มแหลมทอง²

¹สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน)

เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 E-mail : sarocha.saml@ku.th

²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน)

เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 E-mail : fengpsl@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรมการคำนวณ การตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี สำหรับรังสีแกมมา (Gamma ray) คือ Ir-192 และ Se-75 ตามหลักเกณฑ์ของสำนักงาน ปรมาณูเพื่อสันติ โดยการพัฒนาโปรแกรมใน MATLAB ซึ่งแบ่งการ คำนวณออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การคำนวณความแรงของรังสี คำนวณ ระยะปลอดภัย และคำนวณระยะเวลาในการตรวจสอบงาน จากการ ทดสอบความถูกต้องของคำสั่งใน โปรแกรม พบว่า สามารถคำนวณผลได้ และผลการทดลองใช้โปรแกรมจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน พบว่า การออกแบบหน้าจอหลักที่เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน อยู่ในระดับความ พึงพอใจมาก และการทำงานของโปรแกรมการคำนวณ อยู่ในระดับความ พึงพอใจมากที่สุด ซึ่งสามารถนำไปใช้ใน การคำนวณได้อย่าง ถูกต้อง และยังสามารถช่วยลดขั้นตอนในการทวนสอบข้อมูลการคำนวณ ของผู้ปฏิบัติงานได้อีกด้วย

คำสำคัญ : การตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี; ความปลอดภัย; โปรแกรมคำนวณ

Abstract

The objective of this research is to develop a program for calculating radiation safety in radiographic testing for equipment inspection for gamma ray (Ir-192 and Se-75). According to the criteria of the Office of Atoms for Peace, the program, developed in MATLAB, can be divided into 3 parts: the calculation of radiation strength, the calculation of safety distance, and the calculation of exposure time. The program was tested by a sample group of 20 users, indicating that the user interface design of the main screen was at a very satisfactory level and the operation of the program was at the highest level of satisfaction. This newly developed program can aid the process of radiation safety verification in the radiographic testing which can ensure the correctness and the reliability of the calculation and facilitate the operation of the personnel.

Keywords: Radiographic Testing; Safety; Program for Calculating

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำรังสีมาใช้ประโยชน์หลากหลาย ด้าน ทั้งในด้านการแพทย์ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคและรักษาโรค ด้าน การเกษตร เพื่อใช้ในการถนอมอาหาร กำจัดวัชพืช นอกจากนี้ การนำรังสี มาใช้ในอุตสาหกรรมเป็นอีกด้านหนึ่งที่มีความสำคัญ เพื่อใช้ในการ ตรวจสอบและควบคุมระบบต่าง ๆ เช่น ระดับของไหล การตรวจสอบ รอยเชื่อม รอยร้าวของอุปกรณ์ เป็นต้น [1]

การตรวจสอบ อุปกรณ์ โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic Testing: RT) เป็นหนึ่งในวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing: NDT) โดยใช้รังสีเอกซ์ (X-ray) หรือรังสี แกมมา (Gamma ray) ซึ่งเป็นการตรวจสอบที่ไม่ทำลายคุณภาพของวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อการใช้งานในอนาคต ซึ่ง วิธีการตรวจสอบนี้ส่วนใหญ่จะใช้ตรวจสอบกับท่อที่มีการเชื่อม หรือ ชิ้นส่วนของเครื่องจักร อุปกรณ์ เพื่อตรวจหาข้อบกพร่อง รอยแตก รอย เชื่อม หรือความผิดปกติภายใน ที่อาจเกิดจากการสึกหรอจากการใช้งาน การเสื่อมของอุปกรณ์ การกัดกร่อน หรือปัจจัยอื่น ๆ

ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น มีการใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทั้งชิ้นส่วนขนาดเล็กและขนาดใหญ่มากมาย ซึ่งอุปกรณ์ เหล่านี้ต้องได้รับการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถ ทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ หากชิ้นส่วนของอุปกรณ์เกิด ความชำรุด เสียหาย อาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย ประสิทธิภาพใน การผลิต รวมถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานได้ ก่อนดำเนินการ ตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีจะต้องมีการตรวจสอบ ข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานกับรังสี ได้แก่ การคำนวณความแรง ของรังสี คำนวณระยะปลอดภัย และระยะเวลาในการตรวจสอบงาน ใให้กับเจ้าของพื้นที่ของหน่วยงานก่อนเข้ามาปฏิบัติงาน เพื่อใช้ในการ กำหนดมาตรการในการป้องกันด้านความปลอดภัยในพื้นที่การทำงานที่ เหมาะสม และควบคุมการดำเนินงานของผู้ปฏิบัติงานกับรังสี

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญกับการคำนวณปริมาณความ แรงรังสี คำนวณระยะปลอดภัย และระยะเวลาในการยิงรังสีงาน โดยการ พัฒนาโปรแกรมใน MATLAB ขึ้นมา โดยรังสีที่ใช้ในงานตรวจสอบ อุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีส่วนใหญ่ใช้รังสีแกมมา เช่น Ir-192 และ Se-75 เพื่อช่วยลดความผิดพลาดจากการคำนวณ เนื่องจาก รูปแบบ วิธีการคำนวณมีความซับซ้อน ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งาน ได้ ง่าย สะดวก และสามารถนำข้อมูลการคำนวณ โดยการส่งออกข้อมูลผล

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การคำนวณจาก โปรแกรมการคำนวณการตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีออกมา และจัดส่งให้กับเจ้าของพื้นที่ของหน่วยงานได้อย่างถูกต้องและเชื่อถือได้ รวมถึงยังช่วยลดเวลาในการทวนสอบข้อมูลผลการคำนวณของงานตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับรังสี

1) ประเภทของรังสี สามารถแบ่งตามคุณสมบัติได้ดังนี้ รังสีไม่ก่อไอออน (Non-ionizing Radiation) เป็นรังสีที่มีพลังงานน้อยไม่สามารถทำให้อะตอมของตัวกลางเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรด และแสง เป็นต้น และรังสีก่อไอออน (Ionizing Radiation) เป็นรังสีที่มีพลังงานสูงทำให้อะตอมของตัวกลาง สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ทั้งทางตรงหรือทางอ้อม [2] เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และรังสีนิวตรอน เป็นต้น หากร่างกายได้รับรังสีชนิดนี้ในปริมาณที่มากพอ จะสามารถส่งผลกระทบต่อร่างกายได้ จึงควรมีมาตรการในการป้องกันอันตรายจากรังสีอย่างถูกวิธี

2) หลักการในการป้องกันอันตรายจากรังสี ประกอบด้วย 3 หลักการ [3] ดังนี้

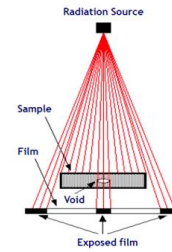
- การมีเหตุผลในการรับรังสี (Justification) พิจารณาถึงความคุ้มค่าของการรับรังสีว่าความเสี่ยงหรืออันตรายจากรังสีมีค่าน้อยกว่าประโยชน์ที่จะได้รับ

- การป้องกันที่ดีที่สุด (Optimization) เลือกวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสม ที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสกับรังสีน้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ หรือได้รับรังสีไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ คือ หลักการ ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ได้แก่ ระยะเวลาที่สัมผัสกับรังสี (Time) ระยะทางจากต้นกำเนิดรังสี (Distance) และ เครื่องกำบัง (Shielding) [4-5]

- การจำกัดปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ (Application of dose limits) เลือกวิธีการปฏิบัติงานที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับปริมาณรังสีไม่เกิดขีดจำกัด (Dose limit) ตามที่กฎหมาย/มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกำหนดไว้

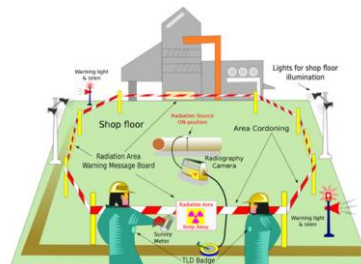
2.2 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic Testing: RT)

การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี เป็นการนำพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยนำรังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา มาใช้ในการตรวจสอบซึ่งอำนาจในการทะลุทะลวงจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของความหนาและความหนาแน่นของชิ้นงาน ขั้นตอนการตรวจสอบจะใช้ฟิล์มที่ชิ้นงานตรงข้ามกับแหล่งกำเนิดรังสี เมื่อรังสีผ่านชิ้นงาน ระดับความเข้มรังสีที่ทะลุผ่านไปถึงฟิล์มนี้จะถูกบันทึกไว้บนฟิล์ม หลังจากนั้นนำฟิล์มไปล้างตามขั้นตอนแล้วจะได้ฟิล์ม (Radiographic Film) ที่มีระดับความดำหรือระดับแสงที่ผ่านฟิล์มได้ในฟิล์มต่าง ๆ กัน บริเวณที่แสงผ่านได้มาก รังสีผ่านไปถึงฟิล์มมาก ฟิล์มก็จะดำมาก หรือบริเวณที่แสงผ่านได้น้อยรังสีผ่านไปถึงฟิล์มน้อย ฟิล์มก็จะมีควมดำน้อยกว่า หลังจากนั้นภาพถ่ายจะถูกนำไปแปลผล [6] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี

การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี จะต้องมีมาตรการด้านความปลอดภัยในการควบคุมการปฏิบัติงาน เนื่องจากเป็นการปฏิบัติงานในพื้นที่เปิดโล่ง ไม่มีวัสดุหรือผนังที่ช่วยกำบังรังสีได้ ถ้าหากไม่มีมาตรการด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน หรือมีมาตรการแต่ดำเนินการไม่เหมาะสม อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ สามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามผลกระทบที่เกิดขึ้น ได้แก่ ผลกระทบต่อเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ผลแบบเฉียบพลันและผลแบบเรื้อรัง ผลกระทบที่เห็นชัดเจนและผลกระทบที่เกิดแบบลุ่ม [4] ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานควรต้องมีความตระหนักในเรื่องการทำงานอย่างปลอดภัย หากได้รับรังสีในปริมาณไม่เหมาะสม ระดับความไวต่อรังสีของเซลล์ต่าง ๆ รวมทั้งระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม จึงต้องควบคุมให้มีการดำเนินการตามมาตรการด้านความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด เช่น การกั้นพื้นที่ในการปฏิบัติงานเป็นพื้นที่ควบคุม ติดป้ายเตือนอันตรายให้เห็นได้อย่างชัดเจน มีสัญญาณแสงและเสียงแจ้งในขณะที่มีการปฏิบัติงาน [7] ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยขั้นตอนการปฏิบัติงานตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี ได้แก่ ขั้นตอนก่อนทำการถ่ายภาพด้วยรังสี ขณะถ่ายภาพด้วยรังสี และหลังถ่ายภาพด้วยรังสีนั้น ต้องมีการควบคุมการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัย สามารถดำเนินการได้ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 วิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี [8]

ตารางที่ 1 การควบคุมการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยงานตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี

ขั้นตอน	การควบคุมการด้านความปลอดภัย
ก่อนทำการถ่ายภาพด้วยรังสี	- ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ - เตรียมอุปกรณ์ป้องกันรังสีส่วนบุคคล - กั้นพื้นที่ในการปฏิบัติงาน ควบคุมไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในพื้นที่ปฏิบัติงาน - ติดป้ายเตือนอันตราย มีสัญญาณแสงและเสียง - ตรวจสอบระดับรังสี ก่อนทำการถ่ายภาพด้วยรังสี

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ขั้นตอน	การควบคุมการด้านความปลอดภัย
ขณะถ่ายภาพด้วยรังสี	- ตรวจสอบวัดรังสีโดยรอบพื้นที่ปฏิบัติงาน ต้องไม่เกิน 25 uSv/h
หลังถ่ายภาพด้วยรังสี	- ตรวจสอบสถานะการฉายรังสีที่แผงควบคุมก่อนที่จะเก็บหรือเคลื่อนย้ายเครื่องเอกซเรย์

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาหลักการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสีมักใช้รังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์ ในการตรวจสอบ โดยการเลือกใช้ชนิดของรังสีนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ต้องการตรวจสอบ สำหรับวัตถุหรืออุปกรณ์ที่มีความหนาแน่นสูงจะใช้รังสีแกมมาในการตรวจสอบ เนื่องจากสามารถให้ภาพถ่ายที่มีความคมชัด เช่น Ir-192, Se-75 และ Co-60 เป็นต้น การปฏิบัติงานกับรังสีต้องมีการควบคุมและกำหนดขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ได้รับ สำหรับผู้ปฏิบัติงาน ขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ได้รับไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ต/ปี โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 5 ปีติดต่อกัน ทั้งนี้ในแต่ละปีรับปริมาณรังสีไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต และตลอดระยะเวลา 5 ปีติดต่อกัน ได้รับปริมาณรังสีไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต สำหรับบุคคลทั่วไปขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ได้รับ 1 มิลลิซีเวิร์ต/ปี และปริมาณรังสีโดยรอบพื้นที่ปฏิบัติงาน ต้องไม่เกิน 25 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง [9] ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนก่อนเข้าไปปฏิบัติงานกับรังสี เช่น การกำหนดชนิดของรังสี ความแรงรังสีของต้นกำเนิดรังสี อัตราปริมาณรังสี ประเภทของชิ้นงาน และปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้รับได้ ซึ่งต้องยึดหลัก ALARA (As Low As Reasonably Achievable) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับปริมาณรังสีที่น้อยกว่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้รับได้ โดยการวางแผนการปฏิบัติงานดังกล่าวสามารถดำเนินการได้จากการคำนวณดังนี้ [4]

1) ปริมาณความแรงรังสีของต้นกำเนิดรังสี เป็นการคำนวณปริมาณความแรงของรังสีในวินาทีที่ต้องปฏิบัติงาน บ่งบอกถึงจำนวนการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีต่อหน่วยเวลา โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความแรงรังสี ขึ้นอยู่กับชนิดของรังสี ซึ่งแต่ละชนิดมีค่าครึ่งชีวิต (half-life) ที่แตกต่างกัน เพื่อนำใช้ในการคำนวณระยะเวลาปลอดภัยต่อไป ความแรงรังสีของต้นกำเนิดรังสี สามารถคำนวณดังแสดงในสมการที่ (1)

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

โดยที่ A คือ ความแรงรังสีที่เวลา t ใด ๆ
 A_0 คือ ความแรงรังสีที่เวลาเริ่มต้น ($t = 0$)
 e คือ ฐานของลอการิทึมธรรมชาติ = 2.71828
 λ คือ ค่าคงที่ของการสลายตัว = $0.693/t_{1/2}$
 $t_{1/2}$ คือ ค่าครึ่งชีวิต
 t คือ เวลาของการสลายตัว

2) ระยะเวลาปลอดภัย การปฏิบัติงานกับรังสีจะต้องมีการกั้นพื้นที่สำหรับปฏิบัติงานเพื่อเป็นพื้นที่ควบคุม ซึ่งจะต้องมีมาตรการด้านความปลอดภัยในการควบคุมการปฏิบัติสำหรับผู้ปฏิบัติงาน [7] การกั้นพื้นที่ควบคุมนั้น สามารถการคำนวณระยะเวลาปลอดภัยในการทำงานกับรังสี

สำหรับผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้กฎเลขยกกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) สามารถคำนวณดังแสดงในสมการที่ (2)

$$D_2 = \sqrt{\frac{D_1^2 I_1}{I_2}} \quad (2)$$

โดยที่ D_1 คือ ระยะทางจากต้นกำเนิดรังสี (m)
 D_2 คือ ระยะปลอดภัยในการปฏิบัติงาน (m)
 I_1 คือ อัตราปริมาณรังสีที่ระยะทาง D_1 จากต้นกำเนิดรังสี (mR/hr)
 I_2 คือ อัตราปริมาณรังสีที่ระยะทาง D_2 จากต้นกำเนิดรังสี (mR/hr)

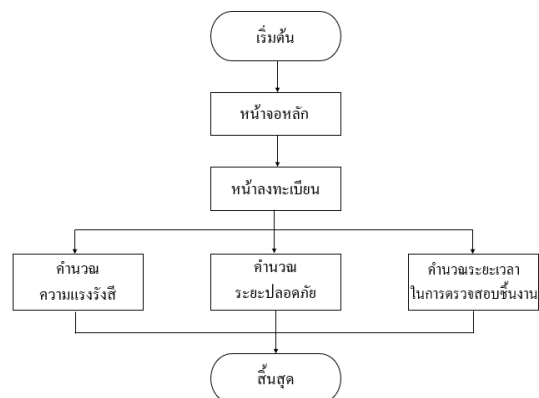
3) ระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน เมื่อฟิล์มเอกซเรย์สัมผัสกับรังสีไอออนไนซ์ ไม่ว่าจะในการตรวจสอบรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมา ระยะเวลาที่ใช้จะต้องสามารถให้พลังงานรังสีเพียงพอในการแตกตัวเป็นไอออนได้ สามารถคำนวณดังแสดงในสมการที่ (3)

$$Exposure Time = \frac{F.F \times 2^{Thickness/HVL} \times SFD^2 \times 60}{Ci \times RHM \times 100^2} \quad (3)$$

โดยที่ F.F. คือ ค่าฟิล์มแพ็คเกจของฟิล์มที่เลือกใช้
HVL คือ ค่าความหนาของวัสดุครึ่งหนึ่ง (mm)
SFD คือ ระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงแผ่นฟิล์ม (inch)
Ci คือ ความแรงรังสี (ci)
RHM คือ เรนต์เกน (หน่วยของการสัมผัส) ต่อชั่วโมง ที่ 1 เมตร สำหรับแหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ (R/hr)

3.2 ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรม MATLAB และออกแบบและกำหนดวิธีการจัดทำโปรแกรมการคำนวณ

1) การออกแบบโปรแกรม ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphical User Interface: GUI) ประกอบด้วย หน้าจอหลักของโปรแกรม หน้าลงทะเบียน ประเภทของการคำนวณ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ จำนวนความแรงรังสี จำนวนระยะเวลาปลอดภัย และจำนวนระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน โดยมีโครงสร้างการออกแบบโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างการออกแบบโปรแกรม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2) การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณ แบ่งตามประเภทของการคำนวณ ดังนี้ คำนวณความแรง คำนวณระยะปลอดภัย และคำนวณระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน

3.3 ทดลองใช้โปรแกรมและประเมินผลความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมโดยกลุ่มตัวอย่าง

1) การทดลองใช้โปรแกรมคำนวณการตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี เพื่อทดสอบความถูกต้องของคำสั่ง โดยอ้างอิงตัวอย่างการคำนวณจากหนังสือ การป้องกันอันตรายจากรังสี ระดับ 1 และข้อมูลและสถานการณ์จริงจากบริษัทผู้ค้าภายนอก (Outsource) แห่งหนึ่ง จ.ระยอง

2) การประเมินความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมโดยกลุ่มตัวอย่างจากผู้ปฏิบัติงานทางรังสี เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี และวิศวกรที่เกี่ยวข้องกับงานตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี จำนวน 20 คน โดยรูปแบบของแบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป การทดสอบการใช้งานจากตัวอย่างในหนังสือหนังสือ การป้องกันอันตรายจากรังสี ระดับ 1 และข้อมูลและสถานการณ์จริงจากบริษัทผู้ค้าภายนอกแห่งหนึ่ง จ.ระยอง และการประเมินความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม

4. ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมการคำนวณการตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี

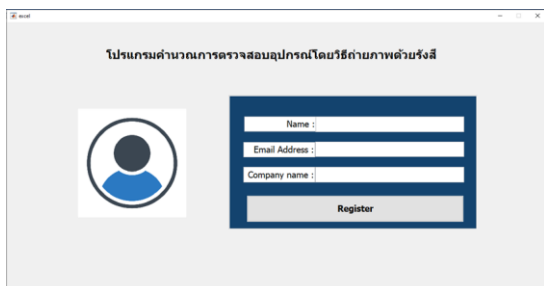
จากการศึกษาหลักการคำนวณ และวิธีการเขียนโปรแกรม MATLAB นำมาพัฒนาโปรแกรมการคำนวณตามโครงสร้างการออกแบบโปรแกรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) หน้าแรกของโปรแกรมการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 4



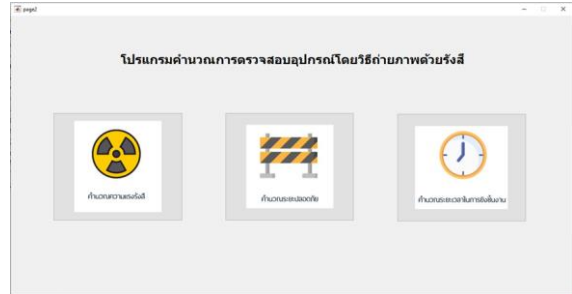
รูปที่ 4 หน้าแรกของโปรแกรมการคำนวณ

2) การลงทะเบียนในการใช้โปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5



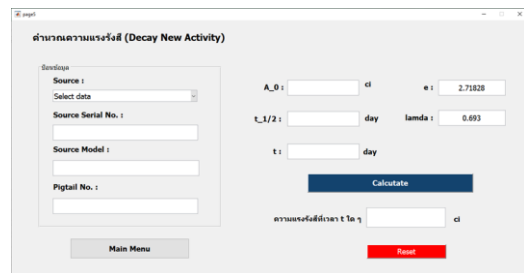
รูปที่ 5 หน้าจอลงทะเบียน

3) หน้าจอการเลือกประเภทของการคำนวณ ได้แก่ คำนวณความแรงรังสี, คำนวณระยะปลอดภัย และ คำนวณระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 6



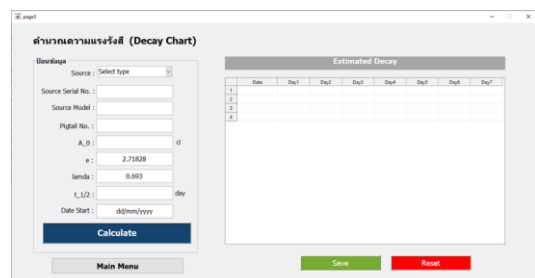
รูปที่ 6 หน้าจอแสดงการเลือกประเภทของการคำนวณ

4) การคำนวณความแรงรังสี (Decay New Activity) โดยผู้ใช้งานเลือกแหล่งกำเนิดรังสี (Ir-192, Se-75) โปรแกรมจะแสดงฐานของลอการิทึมธรรมชาติ (e), ค่าคงที่ของการสลายตัว (λ) และค่าครึ่งชีวิตของแหล่งกำเนิดรังสีที่เลือก จากนั้นให้ผู้ใช้งานป้อนค่าความแรงรังสีที่เวลาเริ่มต้น (A_0) และ เวลาของการสลายตัว (t) โปรแกรมจะคำนวณตามสมการที่ (1) และแสดงผลความแรงรังสีที่เวลา t ใด ๆ (A) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 หน้าจอแสดงการคำนวณความแรงรังสี (Decay New Activity)

5) การคำนวณความแรงรังสี (Decay Chart) โดยผู้ใช้งานเลือกแหล่งกำเนิดรังสี (Ir-192, Se-75) โปรแกรมจะแสดงฐานของลอการิทึมธรรมชาติ (e), ค่าคงที่ของการสลายตัว (λ) และค่าครึ่งชีวิตของแหล่งกำเนิดรังสีที่เลือก จากนั้นให้ผู้ใช้งานป้อนวันที่ที่เริ่มต้นของการนำแหล่งกำเนิดรังสี มาใช้งาน โปรแกรมจะคำนวณตามสมการที่ (1) และแสดงผลความแรงรังสีที่เวลา t ใด ๆ (A) เป็นตารางโดยเริ่มจากวันที่ที่เริ่มต้นของการนำ แหล่งกำเนิดรังสีมาใช้ ดังแสดงในรูปที่ 8

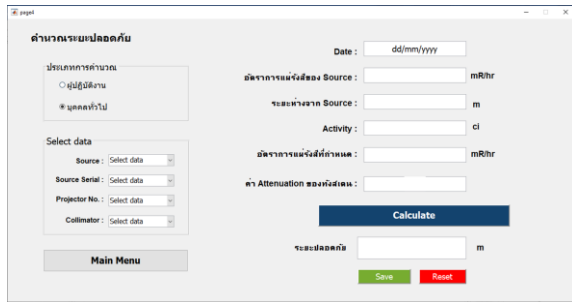


รูปที่ 8 หน้าจอแสดงการคำนวณความแรงรังสี (Decay Chart)

บทความวิจัย

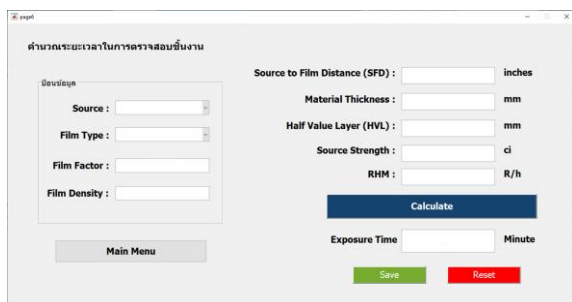
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

6) การคำนวณระยะปลอดภัย ผู้ใช้งานเลือกประเภทของการคำนวณ และแหล่งกำเนิดรังสี (Ir-192, Se-75) โปรแกรมจะแสดงอัตราการแผ่รังสีของแหล่งกำเนิดรังสีและอัตราการแผ่รังสีที่กำหนดตามประเภทของการคำนวณที่เลือกไว้ จากนั้นให้ผู้ใช้งานป้อนพารามิเตอร์ของวันที่, ความแรงรังสีที่ใช้ และ ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสี โปรแกรมจะคำนวณตามสมการที่ (2) และผลคำนวณระยะปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 หน้าจอแสดงการคำนวณระยะปลอดภัย

7) การคำนวณระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน ผู้ใช้งานเลือกแหล่งกำเนิดรังสี (Ir-192, Se-75) ชนิดของฟิล์มที่ใช้ โปรแกรมจะแสดงค่าฟิล์มแฟกเตอร์ของฟิล์มที่เลือกใช้ จากนั้นให้ผู้ใช้งานป้อนค่าความเข้มของฟิล์ม (Film Density), ระยะทางจากคั่นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม (Source to Film Distance: SFD), ความหนาของวัสดุ (Material Thickness), ค่าความหนาครึ่งหนึ่งของวัสดุ (Half Value Layer: HVL), ความแรงรังสี (Source Strength) และ หน่วยของแหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ที่ 1 เมตร (เรินต์เกน/ชั่วโมง) (Roentgen per Hour at 1 Meter: RHM) ตามวัสดุของชิ้นงาน โปรแกรมจะคำนวณตามสมการที่ (3) และผลคำนวณระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 หน้าจอแสดงการคำนวณระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน

8) ผู้ใช้งาน สามารถส่งออกข้อมูลผลการคำนวณจากโปรแกรมการคำนวณการตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีออกมาเป็นไฟล์ Excel ดังแสดงในรูปที่ 11

Date	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	Day7
15/01/2022	99.500	98.573	97.654	96.743	95.842	94.948	94.063
01/02/2022	93.387	92.318	91.457	90.605	89.760	88.924	88.095
08/02/2022	87.274	86.460	85.654	84.856	84.065	83.281	82.505
15/02/2022	81.136	80.974	80.219	79.472	78.731	77.997	77.270
22/02/2022	76.550	75.806	75.129	74.429	73.735	73.048	72.367
01/03/2022	71.693	71.024	70.362	69.706	69.057	68.413	67.775
08/03/2022	67.144	66.518	65.898	65.283	64.675	64.072	63.475
15/03/2022	62.883	62.297	61.716	61.141	60.571	60.007	59.447
22/03/2022	58.893	58.344	57.800	57.262	56.728	56.199	55.675
29/03/2022	55.156	54.642	54.133	53.628	53.128	52.633	52.143
05/04/2022	51.657	51.175	50.698	50.225	49.757	49.294	48.834

รูปที่ 11 การส่งออกข้อมูลผลการคำนวณเป็นไฟล์ Excel

4.2 ผลการทดลองใช้โปรแกรมและประเมินผลความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมโดยกลุ่มตัวอย่าง

การทดลองการใช้โปรแกรมกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการแจกแบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมการคำนวณจากผู้ปฏิบัติงานทางรังสี เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี และวิศวกรที่เกี่ยวข้องกับงานตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี จำนวน 20 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม สรุปได้ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไป

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 95 อายุอยู่ในช่วง 31 – 40 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 และช่วง 21 – 30 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 ระดับการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ตำแหน่งเป็นผู้ปฏิบัติงานทางรังสี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และกลุ่มตัวอย่างทั้ง 20 คน คิดเป็นร้อยละ 100 มีความรู้เกี่ยวกับการคำนวณปริมาณความแรงรังสี จำนวนระยะปลอดภัย และคำนวณระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน

2) ทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการใช้งานของโปรแกรม โดยให้กลุ่มตัวอย่างทดลองคำนวณ จำนวน 3 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์การทดสอบการใช้งานสรุปได้ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างที่สามารถทดลองคำนวณจากตัวอย่างถูกต้องทั้ง 3 ข้อ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 95 ถูกต้อง 1 ข้อ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5 และ ถูกต้อง 1 ข้อ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5

3) ความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม

การประเมินผลความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม โดยจำแนกรายละเอียดของข้อมูลได้ดังนี้ ด้านการออกแบบหน้าจอหลักที่เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.175 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.568 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และด้านการทำงานของโปรแกรมการคำนวณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.363 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.483 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม

ความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรม	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. การออกแบบหน้าจอหลักที่เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน			
การออกแบบหน้าจอมีความเหมาะสม ชัดเจน	3.95	0.605	มาก

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ความพึงพอใจ การใช้งานโปรแกรม	\bar{x}	S.D.	ระดับ ความพึงพอใจ
รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีมี ความเหมาะสม	4.40	0.681	มากที่สุด
รวม	4.175	0.568	มาก
2. การทำงานของโปรแกรมการคำนวณ			
โปรแกรมสามารถติดตั้งได้ง่าย	3.95	0.605	มาก
โปรแกรมมีความสะดวกและ ใช้งานง่าย	4.30	0.571	มากที่สุด
การแสดงผลมีความถูกต้อง แม่นยำ	4.45	0.605	มากที่สุด
โปรแกรมมีประโยชน์เหมาะสม ต่อการนำไปใช้งานจริง	4.75	0.550	มากที่สุด
รวม	4.363	0.483	มากที่สุด

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมการคำนวณการตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรม MATLAB การออกแบบโปรแกรม และนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างของบริษัทผู้ค้าภายนอกแห่งหนึ่ง จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานทางรังสี เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี และวิศวกรที่เกี่ยวข้องกับงานตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี จำนวน 20 คน

จากการทดลองใช้โปรแกรมการคำนวณการตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี พบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณความแรงรังสี, จำนวนระยะปลอดภัย และ จำนวนระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานในงานตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี โดยการทดสอบความถูกต้องของคำสั่ง อ้างอิงตัวอย่างการคำนวณจากหนังสือ การป้องกันอันตรายจากรังสี ระดับ 1 และข้อมูลและสถานการณ์จริงจากบริษัทผู้ค้าภายนอกแห่งหนึ่ง จังหวัดระยอง สามารถคำนวณผลได้ และผลการทดลองใช้โปรแกรมจากกลุ่มตัวอย่างพบว่า การออกแบบหน้าจอหลักที่เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และการทำงานของโปรแกรมการคำนวณ อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้วิจัยสามารถพัฒนาโปรแกรมการคำนวณได้สะดวกกับผู้ใช้งาน ติดตั้งได้ง่าย การคำนวณมีความถูกต้องแม่นยำ และมีประโยชน์เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง จึงสามารถนำโปรแกรมไปใช้ในการคำนวณสำหรับงานตรวจสอบอุปกรณ์โดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีได้อย่างถูกต้อง และยังสามารถช่วยลดขั้นตอนในการทดสอบข้อมูลการคำนวณ ได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมโรค, "กรมควบคุมโรค," 2558. [Online]. Available: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1304020220821162210.pdf>.

- [2] กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับรังสีชนิดก่อก่อไอออน, 2547.
- [3] ICRP, "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," *ICRP Publication 60*, vol. 21, 1990.
- [4] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 1, กรุงเทพมหานคร: บริษัท พรีเมียม แอดเดรส จำกัด, 2563.
- [5] ช. ไชยชนะบุตร, อ. วงศ์สุทธิเลิศ and ส. พุกกะวีรัตนันท์, "ความปลอดภัยทางรังสีสำหรับแรงงานของโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก," *บูรพาเวชสาร*, vol. 6, pp. 101-116, 2562.
- [6] กองตรวจสอบทางนิวเคลียร์และรังสี, "คู่มือปฏิบัติงาน เรื่อง การตรวจสอบและประเมินความปลอดภัยทางรังสีในงานถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรมด้วยเครื่องเอกซเรย์," 2564. [Online]. Available: <https://shorturl.at/GKLZ5>.
- [7] กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานการทำงานเกี่ยวกับรังสี, 2564.
- [8] A. E. R. Board, "Radiological Safety in Open Field Industrial Radiography," [Online]. Available: https://www.aerb.gov.in/images/PDF/revise23Jul_IR-open-field-radiography-posterfinal.pdf.
- [9] กฎกระทรวง ความปลอดภัยทางรังสี, 2561.



นางสาวสโรชา สาลี
 นิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 งานวิจัยที่สนใจ Safety Management System, Safety Culture



ผศ.ดร.พรณทิตา ลิ่มแหลมทอง
 อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 งานวิจัยที่สนใจ Data Science and Analytics,
 Machine Learning, Multi-objective Optimization

ดรชนีผู้เขียนบทความ

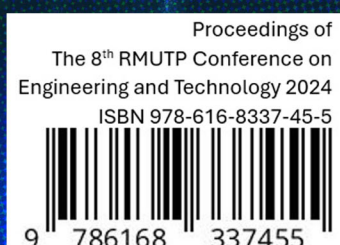
ค	หน้า	บ	หน้า
คชพงศ์ สุमानนท์	89	บุญรักษ์ แวนบอเซอร์	190
คีตภัทร สกฤษฎ์ภักดี	216	บุชิต มาโก้	195
จ	หน้า	ป	หน้า
จักรกฤษ มีเพชร	227	ปิติพัฒน์ บุตรโคตร	205
จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง	131	พ	หน้า
แจ๊ค ชุ่มอินทร์	122	พงษ์พัฒน์ บุญมาก	5
ช	หน้า	พรพิศ ศิริมา	70
ชยานิศ ฤทธิตรีเนียม	156	พิมพ์ฝนดา พุฒิวิเชียรวุฒิ	1
ชลิตา ชาญวิจิตร	64	พูนศรี วรรณการ	49
ชาญชัย พลตรี	58	ภ	หน้า
ณ	หน้า	ภัทรชัย พงศ์โสภา	180
ณัฐพงษ์ แก้วนัคค้ำ	162	ภิญญาพัชญ์ ศรีเจริญ	23
ด	หน้า	ภูพิรัชย์ ศักดิ์จิรพาพงษ์	184
ดวงฤทัย นิคมรัฐ	199	ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย	29
ธ	หน้า	ม	หน้า
ธนา บุญญเศรษฐกุล	77	เมษา ชัยทอง	168
ธนารัตน์ ต้นมณีประเสริฐ	45	ร	หน้า
ธรมัส นาคแก้ว	151	รัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ	83
ธัญลักษณ์ เกตุโสภา	17	ว	หน้า
ธีรกานต์ สังข์วงษ์	53	วรท มีป้อม	174
น	หน้า	วิภาวี ไชยพงษ์	141
นริศรา นาคเมธิ	110	วิริยะ จิววิกุล	222
นเรศ ชลิ่งสุทธิ	41	วีรวรรณ จันทนะทรัพย์	104
นฤเบศ อัดโธ	35	ศ	หน้า
นรินทร์ บุตตะ	239	ศิวรุตม์ จุลพรหม	245
		ศุภโชค บุระมาน	145

ดรรชนีผู้เขียนบทความ

ส	หน้า
สิทธิพร สุขสีภาค	210
สุธิพงษ์ มัธยม	11
สโรชา สำลี	289
อ	หน้า
อรปวีณ สันคามิน	116
อัศวเดช ศุภาคม	127,137
ฮ	หน้า
เฮงเฮง จารุณรงค์รายู	233
C	หน้า
Chatkaew Jariyatantiwait	99
P	หน้า
Ponlakit Jariyatantiwait	93

The 8th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2024

INNOVATION RESEARCH FOR DEVELOPMENT IN SUSTAINABLE
INDUSTRY ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY



www.engcon-rmutp.org

ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4112, 4113, 4118