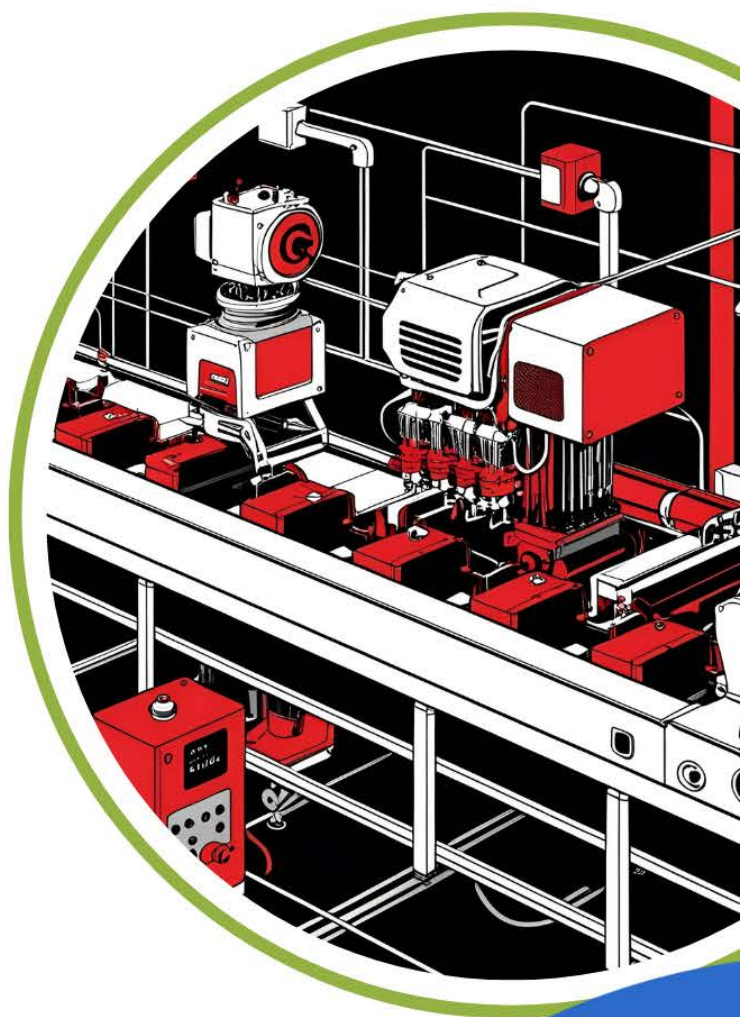
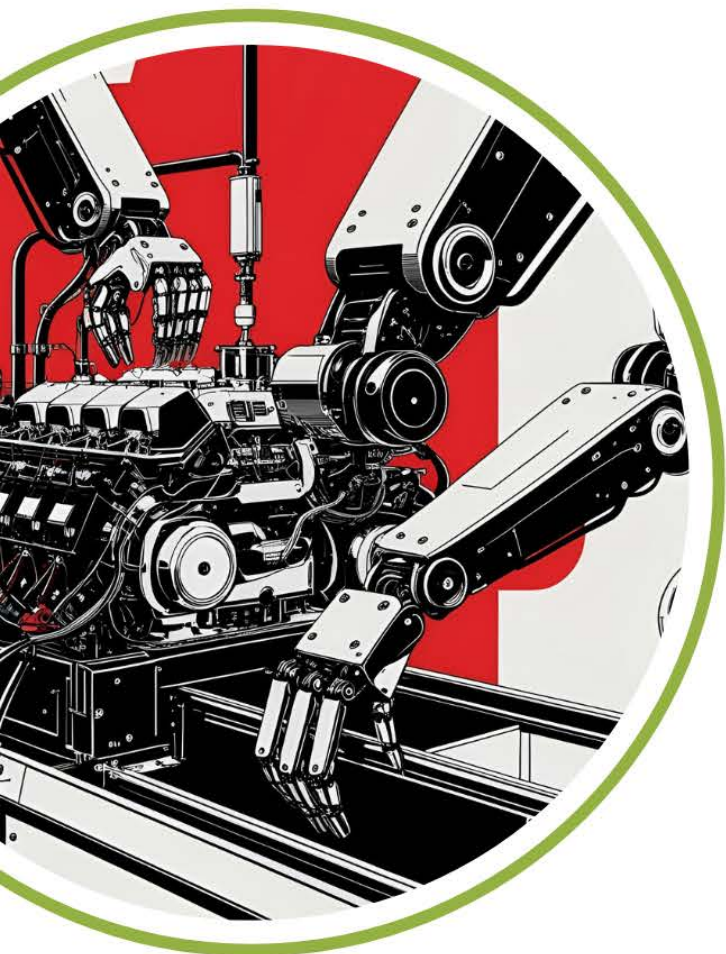




วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ
Journal of Bansomdej Engineering and Industrial Technology

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา



ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568

ISSN : 3027-8716 (Print)

ISSN : 3027-8856 (Online)

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ
Journal of Bansomdej Engineering and Industrial
Technology

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2568)
Vol. 6 No. 1 (Jan. – Jun. 2025)

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ

Journal of Bansomdej Engineering and Industrial Technology

ปีที่ ๖ ฉบับที่ ๑ มกราคม – มิถุนายน ๒๕๖๘ (ราย ๖ เดือน)

ISSN: ๓๐๒๗-๘๗๑๖ (Print)

ISSN: ๓๐๒๗-๘๘๕๖ (Online)

วัตถุประสงค์

๑. เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมผลงานทางด้านบทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่น่าสนใจ และยกระดับวารสารให้เข้าสู่ฐานข้อมูล (TCI)

๒. เพื่อเป็นสื่อในการนำเสนอสำหรับใช้อ้างอิงและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นการเสริมสร้างศักยภาพในเชิงวิชาการ อันจะเป็นประโยชน์แก่คณาจารย์ นักศึกษาและบุคคลผู้ให้ความสนใจ

เป้าหมายและขอบเขตของวารสาร

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา มีขอบเขตผลงานทางวิชาการและงานวิจัยทางด้านด้านวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ วิศวกรรมพลังงาน อุตสาหการ การผลิต โลจิสติกส์ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พอลิเมอร์และวัสดุ เคมี เครื่องกลโยธาและสิ่งแวดล้อม คอมพิวเตอร์และสารสนเทศ รวมถึงสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ออกแบบผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีอาหาร

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ	อธิการบดี
รองศาสตราจารย์ ดร.ทยาตา รัตนภิณโณวานิช	รองอธิการบดี
รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ กอบัวแก้ว	ที่ปรึกษาคณบดี

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤติธฤต ทองสิน

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา

รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวจน์ ชีววรรณตรี

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ ไควน์ทวิทวัฒน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี

รองศาสตราจารย์อนุกุล พลศิริ

ข้าราชการบำนาญ

รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ ทิมทรัพย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา

รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย แหวนเพชร

ข้าราชการบำนาญ

รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บันเทิงจิตร

มหาวิทยาลัยสยาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชกร หัสโรค์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
รัตนโกสินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรกมล บุญโยธิน

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ รนต์ละออง

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิธิศ ปุณณกรภัทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬาลักษณ์ จารุจฑารัตน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา

คณะกรรมการประเมินบทความ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร วงศ์พิศาล	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ขุนทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์นิชทวี	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรณญัตติ บริบูรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐชัย ชัยสนิท	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชรรัตน์ นุชประยูร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต ปัญญาอิสระ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จกฤษณ์ พนาลี	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ เจ้าพระยา
อาจารย์ ดร.ธวัช ชูชิต	มหาวิทยาลัยทักษิณ
อาจารย์ ดร.ศุภพัชร พวงแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพ
อาจารย์ ดร.กวินเวทย์ พิพิธนาอันยธร	มหาวิทยาลัยเซนต์ปีเตอร์สเบิร์ก

ฝ่ายจัดการและเผยแพร่วารสาร

นางสาวอรุณา ทองสิน
นางสาวทัศนญา ฉัตรณดาวงค์
นายพงศกร พฤกษาชีวะ

ฝ่ายศิลปกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราชนิรันดร์ ดวงชัย สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ ๒ ฉบับ คือ ฉบับที่ ๑ (เดือนมกราคม – มิถุนายน) และ
ฉบับที่ ๒ (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม) ของทุกปี

เจ้าของวารสาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา

จัดพิมพ์โดย

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ชั้น M อาคาร ๒๔
๑๐๖๑ ซอยอิสราภาพ ๑๕ ถนนอิสราภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ ๑๐๖๐๐
โทร. ๐๒-๔๗๓-๗๐๐๐ ต่อ ๕๖๕๐-๕๖๕๕ เว็บไซต์: <http://eit.bsru.ac.th>
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: journal.en@bsru.ac.th

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ทุกบทความได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการกลั่นกรองบทความ (Peer review) จาก
หลากหลายสถาบันและไม่อยู่สังกัดเดียวกันกับผู้เขียนบทความ อย่างน้อย ๓ ท่าน
ก่อนลงตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ

ประเภทของการประเมินวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
บ้านสมเด็จ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา มีรูปแบบการประเมินโดยที่ผู้วิจัยจะไม่ทราบถึงข้อมูลคณะกรรมการกลั่นกรอง
บทความ (Peer review) และคณะกรรมการกลั่นกรองบทความจะไม่ทราบข้อมูลผู้วิจัยที่ส่ง
บทความได้ (Double blind peer review)

บทความหรือข้อคิดเห็นใดๆ ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้าน
สมเด็จ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา เป็นวรรณกรรมของผู้เขียนโดยเฉพาะ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และกองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้อง เห็น
ด้วย

กองบรรณาธิการไม่สงวนสิทธิ์ในการคัดลอกบทความเพื่อการศึกษาแต่ให้อ้างอิงแหล่งที่มา
ให้ครบถ้วนสมบูรณ์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ ฉบับนี้เป็นปีที่ ๖ ฉบับที่ ๑ (มกราคม – มิถุนายน ๒๕๖๘) ของคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ บทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และยกระดับวารสารให้เข้าสู่ฐาน TCI และเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานวารสารวิชาการระดับชาติ ในวารสารฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัย ๖ บทความ อันได้แก่ ความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อองค์กร, การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติกโดยประยุกต์หลักการ DMAIC กรณีศึกษา บริษัท XXX จำกัด, เครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน, เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง, Internship Recommendation System Based on Applied Data Mining Techniques, การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและความชื้นของดินเหนียวด้วย Gaussian Model กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี

เนื้อหาของบทความดังกล่าวมานี้ได้มาจากการเรียบเรียง ผลการวิจัย นวัตกรรมใหม่ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมวิชาการได้ สำหรับวารสารฉบับต่อไป คือวารสารปีที่ ๖ ฉบับที่ ๒ (กรกฎาคม – ธันวาคม ๒๕๖๘) ได้เปิดรับบทความเพื่อการตีพิมพ์วารสารและยังมีพื้นที่ให้ผู้สนใจ คือ คณาจารย์ นักวิชาการตลอดจนนักวิจัยสามารถส่งผลงานให้พิจารณาในรูปแบบบทความวิจัยหรือบทความวิชาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รวมทั้งศาสตร์ด้านการพัฒนาและอุตสาหกรรม วารสารยินดีเป็นสื่อกลางสำหรับการเผยแพร่ผลงาน โดยบทความจะได้รับการประเมินคุณภาพจากกองบรรณาธิการและพิจารณากลั่นกรอง (Peer review) โดยผู้ทรงคุณวุฒิตามสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า ๓ ท่าน ซึ่งเป็นไปตามประกาศ ก.พ.อ. เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ พ.ศ.๒๕๖๔

ในนามของกองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ขอขอบคุณผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งผลงานวิจัยและผลงานทางวิชาการเพื่อเผยแพร่ในวารสารฯ ฉบับนี้ อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อวงการวิชาการ กองบรรณาธิการยินดีรับพิจารณาบทความและรับฟังความคิดเห็นอันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและ

ปรับปรุงให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นในโอกาสต่อไป ทางกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฯ ฉบับนี้
จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจทุกท่าน



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤติธฤต ทองสิน
บรรณาธิการ

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานวิจัย (Publication Ethics)
วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ เป็นวารสารที่มีวัตถุประสงค์หลักในการเผยแพร่องค์ความรู้ของบทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังเป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารงานวิชาการ งานวิจัย ข้อค้นพบใหม่ ๆ ระหว่างนักวิจัยและคณาจารย์ นักศึกษาและบุคคลผู้สนใจโดยทั่วไป ดังนั้นเพื่อให้การสื่อสารของวารสารเป็นไปอย่างถูกต้อง มีคุณภาพและสอดคล้องกับมาตรฐานการตีพิมพ์วารสาร จึงกำหนดวิธีปฏิบัติหรือแนวดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับ Publication Ethics รวมทั้งบทบาทหน้าที่สำหรับผู้นิพนธ์ (Author) บรรณาธิการวารสาร (Editor) และผู้ประเมินบทความ (Reviewer) ไว้เพื่อประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและเพื่อแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องได้ทราบทั่วกัน ดังนี้

บทบาทและหน้าที่ของผู้นิพนธ์ (Duties of Authors)

๑. ผู้นิพนธ์ต้องทำการตรวจสอบและรับรองว่าผลงานที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนั้นเป็นผลงานที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อนหรือมีการส่งไปตีพิมพ์ที่อื่นในเวลาเดียวกัน
๒. ผู้นิพนธ์ต้องนำเสนอข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัยโดยไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ หรือตกแต่งบิดเบือนข้อมูลในการศึกษาวิจัย
๓. ผู้นิพนธ์ต้องรับรองว่าผลงานที่นำมาตีพิมพ์ในวารสารนั้น ไม่มีการคัดลอกผลงานที่เป็นของผู้อื่นหรือผลงานของตนเองที่เคยเสนอไว้ก่อนหน้านี้ หากมีการนำผลงานอื่นมาใช้ต้องทำการอ้างอิงอย่างถูกต้อง
๔. ผู้นิพนธ์ต้องตรวจสอบ รูปภาพ ตาราง กราฟ ตลอดจนข้อมูลตัวเลขต่าง ๆ ที่ปรากฏในบทความให้ถูกต้อง โดยให้แสดงที่มาอย่างชัดเจนและให้มีการอ้างอิงอย่างถูกต้อง
๕. ผู้นิพนธ์ต้องจัดเตรียมต้นฉบับบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบของวารสารที่กำหนดไว้
๖. ผู้นิพนธ์ที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการดำเนินการวิจัยหรือมีส่วนร่วมในการศึกษาค้นคว้าเพื่อจัดทำบทความอย่างแท้จริง
๗. ผู้นิพนธ์ต้องตระหนักถึงความสำคัญในการปรับแก้ไขบทความตามข้อเสนอแนะของผู้ประเมิน และกองบรรณาธิการ และปรับแก้ไขบทความภายในระยะเวลาที่กองบรรณาธิการกำหนด

๘. ผู้นิพนธ์ต้องระบุแหล่งทุนที่ให้การสนับสนุนการวิจัย (ถ้ามี)
๙. ผู้นิพนธ์ต้องระบุผลประโยชน์ทับซ้อน (หากมี)

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการ (Duties of Editors)

๑. บรรณาธิการวารสารมีหน้าที่ในการพิจารณาบทความที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร
๒. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้นิพนธ์และผู้ประเมินบทความแก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
๓. บรรณาธิการต้องคัดเลือกบทความมาตีพิมพ์หลังจากผ่านกระบวนการประเมินบทความแล้ว โดยยึดความสอดคล้องของเนื้อหา กับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ
๔. บรรณาธิการต้องพิจารณาคัดเลือกบทความที่มีการดำเนินการที่ถูกต้องและมีการนำเสนอผลข้อมูล หรือการวิจัยที่ถูกต้อง
๕. หากบรรณาธิการตรวจสอบพบการคัดลอกผลงาน บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้นิพนธ์หลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจง เพื่อประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความความนั้น ๆ
๖. บรรณาธิการต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ หรือผู้ประเมิน

บทบาทหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ (Duties of Reviewers)

๑. ผู้ประเมินบทความต้องดำเนินการให้เป็นไปตามกระบวนการ Double blind peer review
๒. ผู้ประเมินบทความ ต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
๓. ผู้ประเมินมีความสงสัยหรือไม่แน่ใจว่า ตัวเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ที่ทำให้ไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะได้อย่างอิสระไม่ว่ากรณีใด ๆ ผู้ประเมินควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ
๔. ผู้ประเมินบทความต้องไม่นำส่วนหนึ่งส่วนใดของบทความที่ประเมินไปใช้เพื่อประโยชน์ของตนเอง โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้นิพนธ์บทความ
๕. ผู้ประเมินบทความ ต้องประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนเองมีความเชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่มีต่อสาขานั้น ๆ คุณภาพของการวิเคราะห์ ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย
๖. หากผู้ประเมินบทความพบมีส่วนใดของบทความ ที่มีความเหมือน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานอื่น ๆ ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบด้วย

๗. ผู้ประเมินควรตระหนักถึงระยะเวลาการตรวจอ่านบทความตามที่กองบรรณาธิการกำหนด หากมีเหตุที่ผู้ประเมินไม่สามารถทำการตรวจอ่านบทความได้ตามกำหนด ควรแจ้งให้กองบรรณาธิการทราบเพื่อให้สามารถจัดส่งบทความไปให้ผู้ประเมินอื่นได้

สารบัญ

	หน้า
บทความวิจัย	
การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก โดยประยุกต์หลักการ DMAIC กรณีศึกษา บริษัท XXX จำกัด	๑
Reducing Waste in the Plastic Bottle Cap Production Process by Applying the DMAIC Principle: A Case Study of XXX Co., Ltd.	
โสภิตา ท่วมมี, ปิยฉัตร จันทิวา, ศุภณัฐ กลิ่นถือศีล, กมลพร วิศิษฐ์อารมณ์, แพรวา เอมดิษฐ์	
เครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน	๒๑
Banana dryer using renewable energy	
ธวัชชัย พงษ์สนาม, ณาธร กุญศรีกุล	
เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง	๓๓
Marigold Flower Size Sorting Machine	
ขวัญชัย เสวีนนท์, หทัยรัตน์ เกตุมณีชัยรัตน์, โสภิตา ท่วมมี	
Internship Recommendation System Based on Applied Data Mining Techniques	๖๖
Pornthip Liewtrakul, Rattana Leerunnavarat, Chatchanan Iniam	

สารบัญ (ต่อ)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและความชื้น ของดินเหนียวด้วย Gaussian Model กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี Analysis of the Dry Density–Moisture Content Relationship of Clay Soil Using a Gaussian Model: A Case Study in Pathum Thani, Thailand รัตน์โชติ ทองป้อง, ภัทรภรณ์ เหนือศรี	หน้า ๘๕
บทความวิชาการ ความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อองค์กร Carbon Footprint นพนันต์ เมืองเหนือ, นพนัช พวงมาลี, เศรษฐวิทย์ แสงทิพย์	๑๐๓

การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก โดยประยุกต์

หลักการ DMAIC กรณีศึกษา บริษัท XXX จำกัด

Reducing Waste in the Plastic Bottle Cap Production Process by Applying the DMAIC Principle: A Case Study of XXX Co., Ltd.

โสภิตา ท่วมมี¹, ปิยฉัตร จันทิวา², ศุภณัฐ กลิ่นถือศีล^{3*}, กมลพร วิศิษฐ์อำรุงวุฒิ⁴,
แพรวา เอมดิษฐ์⁵

Sopida Tuammee¹, Piyachut Jantiva², Supanut Klinthuesil^{3*},
Kamonpor Wisitthamrongwut⁴, Preawa Aimdid⁵

^{1,2,3,4,5}ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

^{1,2,3,4,5}Department of Information and Production Technology Management,
College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North
Bangkok, Bangkok

*Corresponding author email: supanut.k@cit.kmutnb.ac.th

Received 25 Dec 2024 Revised 14 Jan 2025 Accepted 22 Apr 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสาเหตุการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติกและเพื่อลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติกโดยการประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ร่วมกับเครื่องมือควบคุมคุณภาพ เช่น แผนภูมิพาเรโต และแผนภาพก้างปลา เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างเป็นระบบ และทราบปัญหาอย่างชัดเจน จากการวิเคราะห์ปัญหา พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียประเภทการเกิดของเสียหลังการเปิดเครื่องหลังการซ่อม (Set Up) คือ (1) เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา เสียบ่อย และ (2) วิธีการ เนื่องจากบริษัทขาดการทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction) และพนักงานไม่ตรวจสอบคุณภาพ

ระหว่างเดินเครื่องจักร จึงได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการจัดทำแบบประเมินความพร้อมก่อนการเริ่มทำงาน และการจัดทำแผนการบำรุงเชิงป้องกันมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผลการศึกษา และการปรับปรุงแก้ไข พบว่า แนวโน้มของเสียที่เกิดจากการเปิดเครื่องหลังการซ่อม (Set Up) มีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากเดิมมีผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน รวมระหว่างเครื่องจักร A และ B ทั้งหมด 13,366 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียทั้งหมด 5.16 % หลังการปรับปรุงเหลือเพียง 1.8 % สามารถลดลงได้ 3.36 % จากผลการศึกษาสามารถนำหลักการดังกล่าวเป็นต้นแบบในการนำไปปรับใช้ในการแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติกอีกมากที่ยังไม่ได้มีการทำการศึกษาภายในบริษัท เพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น และลดต้นทุนการผลิตให้กับบริษัทอีกด้วย

คำสำคัญ : การลดปริมาณของเสีย, เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด, หลักการ DMAIC, การฉีดพลาสติก

Abstract

This research aims to identify the causes of waste in the plastic bottle cap production process and reduce the waste ratio by applying the DMAIC principle along with quality control tools such as Pareto charts and fishbone diagrams. These tools are used to systematically analyze these problems, identify their root causes, and determine clear solutions. The analysis finds that the main causes of waste during setup after machine maintenance are: (1) Machinery: lack of proper maintenance, resulting in frequent breakdowns. and (2) Procedures: absence of standardized work instructions and insufficient in-process quality checks by employees. To address these issues, corrective measures are proposed, including the implementation of a pre-operation readiness checklist and the development of a preventive maintenance plan. The results show a significant reduction in waste caused by setup after machine maintenance. The combined defective output from Machines A and B decreases from 13,366 kilograms (5.16% of total production) to 1.8%, representing a 3.36% reduction. This study demonstrates that the DMAIC principle can serve as a model for addressing waste issues in other plastic manufacturing processes within the company. It helps to further reduce waste and lower production costs for the company.

Keywords: Waste reduction, 7 quality control tools, DMAIC Principle, plastic injection

1. บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตพลาสติกเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเติบโตขึ้นอย่างมาก เนื่องจากพลาสติกถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้า โดยเฉพาะความต้องการใช้พลาสติกของอุตสาหกรรมปลายทาง เช่น บรรจุภัณฑ์ ยานยนต์ และชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุก่อสร้าง ของใช้ ของเล่น และเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น ประกอบกับภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรม New S-Curve จึงมีส่วนหนุนอุตสาหกรรมพลาสติกที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมดังกล่าว (เทียร, 2566) ทั้งนี้ เนื่องจากพลาสติกมีความคงทนถาวร ยืดหยุ่นสูง ทนต่อความร้อนหรือเย็น สามารถนำมาปรับใช้งานได้หลากหลาย และยังช่วยลดต้นทุนในการขนส่ง และการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลจากการที่พลาสติกมีน้ำหนักเบา ขนย้ายง่าย และใช้พื้นที่น้อย

เทียร (2566) กล่าวว่า ประเทศไทยถือเป็นหนึ่งในฐานการผลิตพลาสติกที่สำคัญของโลก โดยมีมูลค่าทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมโดยรวมอยู่ที่ 1.1 ล้านล้านบาท อีกทั้งยังมีการคาดการณ์ว่าในปี 2567-2569 ปริมาณการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะขยายตัวที่ระดับเฉลี่ย 2.5-3.5% ต่อปี ซึ่งเป็นผลจากการฟื้นตัวของเศรษฐกิจ ทำให้ประเทศไทยได้แรงหนุนจากภาคท่องเที่ยว รวมถึงความใส่ใจด้านสุขอนามัยที่เพิ่มมากขึ้นจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ส่งผลให้อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องต้องการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาหารและเครื่องดื่ม

ด้วยสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น และการแข่งขันที่ค่อนข้างสูงทั้งในเรื่องของราคา และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้สถานประกอบการที่ดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกหลายแห่งในประเทศไทย ได้พยายามพัฒนาและเพิ่มศักยภาพของตน เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าในเรื่องของการผลิตและการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ทางผู้ประกอบการจึงต้องมีวิธีการจัดการกระบวนการผลิตให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด แต่ยังคงมีประสิทธิภาพสูงและมีคุณภาพ การที่ทำให้กระบวนการผลิต มีประสิทธิภาพที่สูงได้นั้น จะต้องมีการวางแผนและมีการจัดการผลิตที่ดี โดยเฉพาะในเรื่องของการลดของเสีย

สถานประกอบการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา คือบริษัท XXX จำกัด ดำเนินกิจการผลิตบรรจุภัณฑ์ และพลาสติก เช่น ขวดพลาสติก ข้อนส้อมพลาสติก หลอด ถุงพลาสติก ฝาขวดพลาสติก และอื่นๆ ซึ่งปัจจุบันกำลังเผชิญกับปัญหาการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตที่

เกินค่าพิกัดที่ทางบริษัทกำหนดไว้ คือ ค่าพิกัดควบคุมของเสียต้องไม่เกิน 2% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งคุณภาพของสินค้าที่อาจทำให้ขาดความน่าเชื่อถือได้ ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการเลือกผลิตภัณฑ์ประเภทฝาขวดพลาสติก มาทำการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 1 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีปริมาณการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก และเกินค่าพิกัดควบคุมของเสียที่ทางบริษัทกำหนดไว้



ภาพที่ 1 ฝาขวดพลาสติกที่เสียหายระหว่างกระบวนการการผลิต

จากการศึกษาข้อมูลของบริษัท พบว่า ในในช่วงเดือนมกราคม – สิงหาคม ที่ผ่าน มา มีการผลิตฝาขวดพลาสติกจากเครื่องจักร A และ เครื่องจักร B รวมทั้งหมด 258,591 กิโลกรัม เมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน รวมระหว่างการผลิตเครื่อง A และ B ทั้งหมด 13,366 กิโลกรัม คิดเป็นของเสียทั้งหมด 5.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินจากมาตรฐานที่โรงงานกำหนด

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า หลักการด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานขนาดกลาง และขนาดย่อมอย่างแพร่หลาย เช่น โสภิตา และอรรถกร (2551) ได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง ในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดเม็ดพิวรีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตพลาสติก พิวรีซีแผ่นใส เพื่อจะสามารถลด จำนวนผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบที่เกิดขึ้นได้

ผลการวิจัยสามารถลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบประเภทเม็ดพีวีซี ไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ลงได้ 80 เปอร์เซ็นต์ ตีรסק และ รณินทร (2559) ได้ทำการลดของเสียจากกระบวนการผลิตไส้กรองของบริษัทการศึกษา ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการDMAIC ผลหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 48.5% ต่อเดือน อภิชา (2560) ได้ทำการศึกษาการลดจำนวนของเสียในกระบวนการทดสอบของการผลิตอุปกรณ์รับส่งสัญญาณทางแสง โดยการประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้นและสามารถลดมูลค่าความสูญเสียได้ 952,595 บาท ในช่วงระยะเวลาทั้งหมด 3 เดือน นอกจากนี้ยังพบว่าวันชาติ (2562) ณัฐวดี และคณะ (2567) Chenet al. (2023) และ Mittal et al. (2023) ได้ประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ร่วมกับหลักการด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น เครื่องมือคุณภาพ (7QC Tools) เป็นต้น ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดของเสียในอุตสาหกรรมต่างๆ

เมื่อได้มีการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคนิค DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เนื่องจากหลักการ DMAIC สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้จริง และมีการดำเนินการที่ไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาหาสาเหตุการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติกและ (2) เพื่อลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการบริหารคุณภาพด้วยหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการลดการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

2.1 การกำหนดสภาพปัญหา (Define)

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทการศึกษา ซึ่งพบว่าในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ประเภทฝาขวดพลาสติก มีปริมาณการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก และเกินค่าพิกัดควบคุมของเสียที่ทางบริษัทกำหนดไว้ สามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลการผลิตฝาขวดพลาสติกในช่วงเดือนมกราคม - เดือนสิงหาคม

เดือน	ผลิตภัณฑ์			
	วัตถุดิบ (กก.)	ได้มาตรฐาน (กก.)	ไม่ได้มาตรฐาน (กก.)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
ม.ค.	34,354	32,673.5	1,680.5	4.89
ก.พ.	6,365	5,874.7	490.3	7.7
มี.ค.	30,844	28,924.8	1,919.2	6.22
เม.ย.	39,180	36,460	2,720	6.94
พ.ค.	34,144	32,324.4	1,819.6	5.32
มิ.ย.	38,525	36,694.9	1,830.1	4.75
ก.ค.	35,901	34,349.5	806.6	2.24
ส.ค.	39,278	37,935.2	2,099.7	5.34
รวม	258,591	245,237	13,366	5.16

จากตารางที่ 1 พบว่า ในช่วงเดือนมกราคม - เดือนสิงหาคม มีการผลิตฝาขวดพลาสติกรวม 258,591 กิโลกรัม เมื่อผลิตออกมาแล้วได้มาตรฐาน รวม 245,237 กิโลกรัม และไม่ได้มาตรฐาน 13,366 กิโลกรัม คิดเป็น 5.16 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ซึ่งเกินจากมาตรฐานที่โรงงานกำหนดไว้คือ ของเสียต้องไม่เกิน 2 % จากนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ (1) เริ่มจากการวางแผนการผลิตฝาขวดจากสี และขนาด (2) เข้าสู่กระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก (3) การตรวจสอบคุณภาพ (4) การบรรจุสินค้า และ (5) การจัดเก็บสินค้าเข้าคลัง

2.2 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุและรวบรวมข้อมูล (Measure)

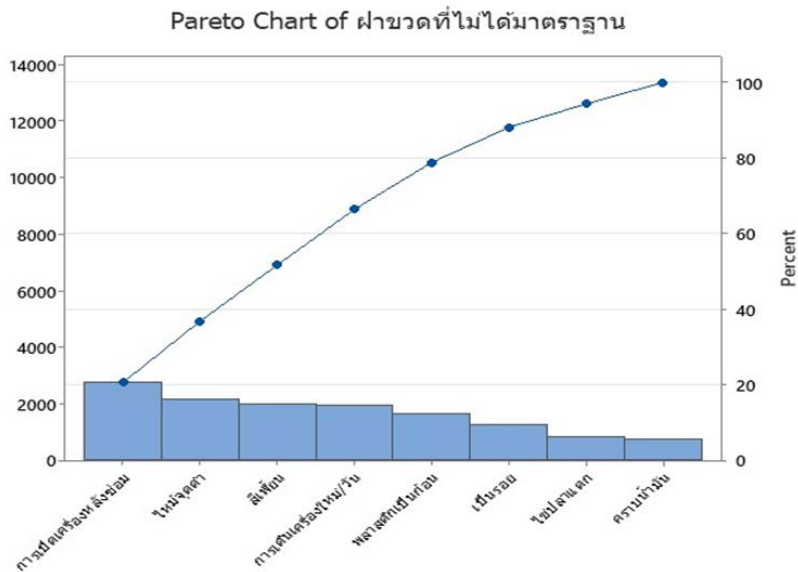
จากข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน สามารถแสดงสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานดังตารางที่ 2 และเมื่อทำการสร้างแผนภูมิพาเรโตแสดงการเปรียบเทียบประเภทการเกิดของเสียสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนฝาชวดพลาสติกที่ไม่ได้มาตรฐาน ที่ผลิตในช่วงเดือนมกราคม – สิงหาคม

ลักษณะของฝาชวดที่ไม่ได้มาตรฐาน	จำนวน (กก.)	สัดส่วนของปัญหา
ไหม้จุดดำ	2,165	16.2
คราบน้ำมัน	765	5.7
พลาสติกเป็นก้อน	1,654	12.4
สีเพี้ยน	1,987	14.9
ของเสียที่เกิดจากการเปิดเครื่องหลังซ่อม	2,757	20.6
ของเสียที่เกิดจากการเดินเครื่องใหม่/วัน	1,967	14.7
ไขปลาแตก	824	6.17
เป็นรอย	1,247	9.33
รวม	13,366	100%

จากตารางที่ 2 และภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าในการผลิตฝาชวดพลาสติก เกิดของเสียประเภทของเสียที่เกิดจากการเปิดเครื่องหลังซ่อม (Set Up) มากที่สุดจำนวน 2,757 กิโลกรัม คิดเป็น 20.6% เนื่องจากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นมีจำนวนมากเมื่อเทียบกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เสียโดยใช่เหตุและคุณภาพของสินค้า หากพบว่ามีสินค้าที่ไม่มีคุณภาพผลิตออกไปให้กับลูกค้าอาจจะส่งผลกระทบต่อหลายด้าน โดยเฉพาะผลกระทบต่อด้านธุรกิจและความสัมพันธ์ของลูกค้ากับบริษัท ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นที่จะทำการวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว และเพื่อลดการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาชวดพลาสติก

เมื่อคณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนครั้งและระยะเวลาการเสียของเครื่องจักร A และ B ที่ใช้สำหรับผลิตฝาชวดพลาสติก สามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 3 เมื่อทำการพิจารณาข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะพบว่าเครื่องจักร A และ B เกิดการขัดข้องระหว่างการผลิตบ่อยครั้ง ส่งผลทำให้เกิดของเสียประเภทจากการเปิดเครื่องหลังการซ่อม เมื่อต้องกลับมาดำเนินการเดินเครื่องจักรใหม่อีกครั้ง



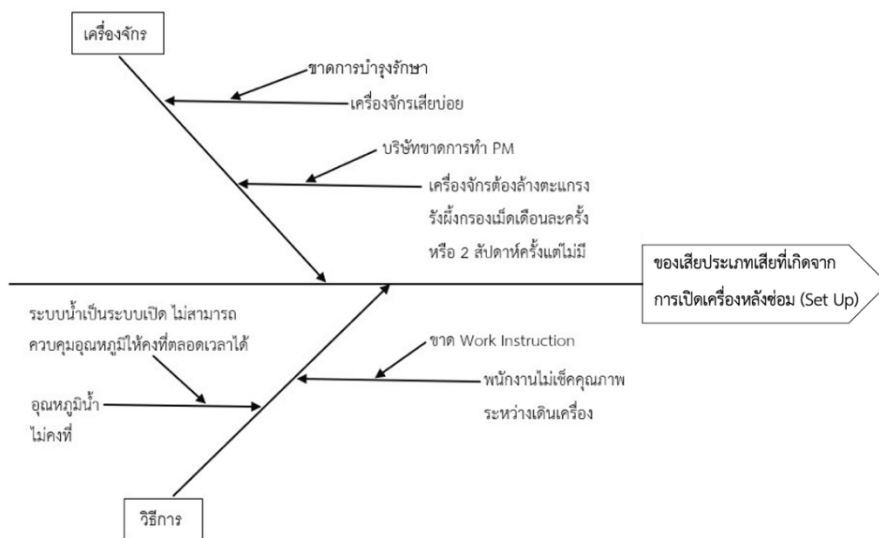
ภาพที่ 2 แผนภาพพาเรโตแสดงการเปรียบเทียบประเภทการเกิดของเสีย

ตารางที่ 3 จำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องจักร A และเครื่องจักร B ในช่วงเดือนมกราคม - สิงหาคม

ลำดับที่	เดือน	เครื่องจักร A		เครื่องจักร B	
		จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาท)	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาท)
1.	มกราคม	4	620	6	1,600
2.	กุมภาพันธ์	4	985	4	1,480
3.	มีนาคม	5	197	9	1,675
4.	เมษายน	11	975	15	4,310
5.	พฤษภาคม	5	310	12	3,060
6.	มิถุนายน	6	712	15	4,445
7.	กรกฎาคม	11	1,904	3	860
8.	สิงหาคม	8	527	5	2,025
รวม		54	6,230	69	19,455

2.3 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (Analyze)

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากการระดมสมองร่วมกันกับทุกส่วนที่เกี่ยวข้องกับงาน ได้แก่ หัวหน้าฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา และพนักงาน จากนั้นเลือกใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยเริ่มต้นวิเคราะห์จากปัจจัยการผลิตที่สำคัญ คือ 4M1E (Man, Machine, Method, Material and Environment) แต่เมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาแล้วพบว่า สาเหตุหลักมาจาก 2 ปัจจัย คือ เครื่องจักร (Machine) และวิธีการ (Method) สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3 และสรุปสาเหตุของปัญหาได้ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 3 แผนผังก้างปลา แสดงสาเหตุการเกิดของเสียประเภทของเสียที่เกิดจากการเปิดเครื่องหลังซ่อม

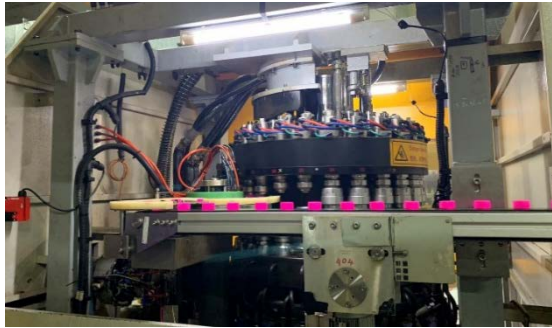
ตารางที่ 4 สาเหตุของปัญหาของเสียที่เกิดจากการเปิดเครื่องหลังการซ่อม (Set Up)

สาเหตุหลัก	สาเหตุย่อย	สาเหตุย่อย ๆ
เครื่องจักร	1. เครื่องจักรเสียบ่อย 2. เครื่องจักรต้องล้างตะแกรงรังผึ้งกรอง เม็ดเดือนละครั้ง หรือ 2 สัปดาห์ครั้ง แต่ไม่มีการดำเนินการ	1. ขาดการบำรุงรักษา 2. บริษัทขาดการทำ PM
วิธีการ	1. พนักงานไม่เช็คคุณภาพ ระหว่างเดินเครื่อง 2. อุณหภูมิน้ำไม่คงที่	1. ขาด Work Instruction 2. ระบบน้ำเป็นระบบเปิด ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลาได้

จากตารางที่ 4 จะพบว่าสาเหตุที่สำคัญที่ก่อให้เกิดของเสียประเภทการเปิดเครื่องหลังการซ่อม (Set Up) คือ (1) เครื่องจักร เกิดการเสียบ่อยเนื่องจากขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร และบริษัทขาดการทำ PM ไม่มีการดำเนินการล้างตะแกรงรังผึ้งกรอง (2) วิธีการ พนักงานไม่เช็คคุณภาพระหว่างเดินเครื่อง ซึ่งบริษัทขาดการทำ Work Instruction และอุณหภูมิน้ำไม่คงที่เนื่องจากระบบน้ำเป็นระบบเปิดทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ตลอดเวลา

2.4 การปรับปรุงงาน (Improve)

หลังจากศึกษาและวิเคราะห์ปัญหานั้นพบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียจากการเปิดเครื่องหลังการซ่อม (Set Up) คือ เครื่องจักร และ วิธีการ เมื่อทำการพิจารณาเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4 จะพบว่าส่วนประกอบหลักในเครื่องจักรผลิตฝาขวดพลาสติกนั้น แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนสำคัญ คือ (1) ส่วนของชิ้นส่วนระบบไฟฟ้า (2) ส่วนของระบบของหัวฉีด (3) ส่วนของรางน้ำ และ (4) สายพานลำเลียง



ภาพที่ 4 เครื่องจักรผลิตฝาขวดพลาสติก

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการแก้ไข ดังนี้ (1) เสนอให้ทางหัวหน้าแผนกการผลิตมีการจัดทำแบบประเมินความพร้อมก่อนการเริ่มทำงานทุกครั้ง เพื่อเป็นการตรวจเช็คเครื่องจักรและส่วนต่างๆ ก่อนเริ่มการผลิตสินค้า (2) เสนอการจัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) เนื่องจากปัญหาการซ่อมบำรุงของบริษัทในปัจจุบันยังไม่ได้มีการวางแผนการจัดการระบบการซ่อมบำรุง เมื่อเกิดปัญหากับเครื่องจักรที่ใช้ผลิตก็จะมีอาการแจ้งเตือนไป เพื่อแก้ปัญหาให้เครื่องจักรสามารถทำงานไปได้ก่อน ดังนั้น จึงมีการนำข้อมูลจากฝ่ายผลิตและช่างซ่อมบำรุงและวางแผนด้วยการจัดทำแผนซ่อมบำรุงให้กับเครื่องจักรผลิตฝาขวดพลาสติก

2.5 การควบคุมกระบวนการ (Control)

ในขั้นตอนนี้เป็นการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลงาน โดยการเปรียบเทียบ ผลก่อนและหลังการปรับปรุง ทั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการติดตามการปฏิบัติงาน และควบคุมให้เป็นไปในทิศทางที่กำหนด คือค่าพิสัยควบคุมของเสียไม่เกิน 2%

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการดำเนินการแก้ไขตามแนวทางที่เสนอแนะ

3.1.1 การจัดทำแบบประเมินความพร้อม

ทางคณะผู้วิจัยได้เสนอวิธีการให้ทางหัวหน้าแผนกการผลิตมีการจัดทำแบบประเมินความพร้อมก่อนการเริ่มทำงานทุกครั้ง เพื่อตรวจเช็คเครื่องจักรและส่วนต่างๆ ให้พร้อมก่อนการเริ่มผลิตสินค้าดังแสดงในภาพที่ 5

ผู้ตรวจสอบ : หัวหน้าแผนกการผลิต

แผนกที่ตรวจสอบ : แผนกซ่อมบำรุง

วันที่ทำแบบประเมิน :

เครื่องจักร

เวลา น.

ส่วนที่ตรวจสอบ	หัวข้อการประเมิน	ผลตรวจสอบ		หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
ถังบรรจุเม็ดพลาสติก	1. ถังแห้งสนิท ไม่มีน้ำขัง หรือขึ้น 2. เม็ดพลาสติกใหม่ต้องไม่มีสีอ่อนผสม 3. กรณีเป็นเม็ดพลาสติกผสม ต้องไม่มีสิ่งเจือปน หรือเศษขยะ			
เครื่องดูดเม็ดพลาสติก	1. ไม่มีเม็ดพลาสติกสีอ่อนค้างอยู่ตามสาย			
ถังฮอปเปอร์หลอมพลาสติก	1. ไม่มีเม็ดพลาสติกสีอ่อนปะปนอยู่ในถัง			
สายยางส่งน้ำ	1. สายไม่รั่วหรือมีน้ำซึมออกมาระหว่าง ข้อต่อ			
หัวตายและตะแกรงรังผึ้ง	1. ไม่มีเม็ดพลาสติกเก่าค้างอยู่ภายใน ถังหรือมีสิ่งแปลกปลอมปะปน 2. ส่วนของฝาถังและสกรู ไม่มีเม็ดพลาสติกตกค้าง			
รางน้ำ	1. สภาพสมบูรณ์ใช้งานได้			
เครื่องส่งฝาขวด	1. ตั้งค่ากำลังแรงส่งให้เหมาะสม 2. ใส่จารบีเพิ่มความหล่อลื่นเพื่อ ให้สายพาน ไม่มียืดขัดข้อง			
เครื่องบีบฝาขวด	1. ไม่มีน้ำค้างอยู่ภายในท่อระบายน้ำ 2. ตรวจสอบว่าไม่มีวัตถุทุกตัวติดแม่พิมพ์			
สกรู	1. ตั้งความเร็วรอบหมุนให้เหมาะสมที่ 1,267 รอบ/นาที			
ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร ที่มีความร้อนสูงและมีการ เคลื่อนที่	1. มีการปิดฝาครอบครบทุกส่วน			

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบประเมินความพร้อม

3.1.2 การจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) การจัดทำแผนซ่อมบำรุงให้กับเครื่องจักรผลิตฝาขวดพลาสติก จะแบ่งให้มีการตรวจสอบระบบต่าง ๆ ของเครื่องจักร ออกเป็น 4 ส่วน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การจัดทำแผนการตรวจสอบระบบของเครื่องจักร

ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องฉีดพลาสติก	วิธีการ
1. ส่วนของชิ้นส่วนระบบไฟฟ้า	1. ตรวจสอบขั้วและสายไฟต่าง ๆ เป็นระยะถูกยึดแน่นมั่นคงหรือไม่ 2. Cover ที่ใช้ปิดคลุมระบบไฟฟ้าต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ 3. กำจัดฝุ่นที่ติดตามแผงควบคุมประจำ
2. ส่วนของระบบฉีด	1. หัวฉีดต้องสะอาดและแห้ง 2. ใช้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับขนาดของฝาขวดพลาสติก 3. ทำความสะอาดหัวตายและตะแกรงรังผึ้งสัปดาห์ละ 1 ครั้ง 4. รักษาความสะอาดกระบอกสูบของหัวฉีดทุกครั้ง
3. ส่วนของรางน้ำ สายพานลำเลียง ฝาขวด	1. เครื่องทำอุณหภูมิ น้ำต้องเหมาะสมและสม่ำเสมอ 2. ล้อหมุนที่เป็นตัวช่วยในการส่งฝาขวดพลาสติกให้เป็นทรงกลมตลอด 3. สายพาน ควรหมุนเป็นปกติครบทุกส่วน
4. ส่วนของเครื่องจักรบีบฝาขวดพลาสติก	1. ท่อนำระบายความร้อน ต้องเป่าลมผ่านในน้ำที่ค้างอยู่ออกให้หมด เพื่อไม่ให้เกิดสนิม 2. ควรทำความสะอาดด้วยน้ำยาและผ้าอย่างระมัด และใส่จารบี ในส่วนที่เคลื่อนที่และฉีดสเปรย์ป้องกันสนิม 3. ตรวจสอบว่ามีน็อตทุกตัวที่ยึดติดแผ่นแม่พิมพ์มีครบถ้วน

จากตารางที่ 5 เป็นวางแผนการแก้ไขด้วยแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยจัดทำการตรวจสอบระบบต่างๆ ของเครื่องจักร พบว่าวิธีที่ได้เป็นการบำรุงรักษาก่อนที่จะเกิดข้อบกพร่องจากเครื่องผลิตฝาขวดพลาสติก เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรเสียขณะทำงาน ซึ่งเครื่องจักรเป็นสาเหตุสำคัญหลักที่มีผลต่อกระบวนการผลิต เนื่องจากวิธีการบำรุงรักษาที่ไม่เป็นระบบ เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา มีการชำรุด เสื่อมสภาพ ใช้งานมาเป็นเวลานาน ทำให้ส่งผลกระทบต่อในระยะยาว และเป็นปัญหาต่อเนื่องในการปฏิบัติงาน เพื่อการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) โดยมีการให้แผนกช่างซ่อมบำรุงทำการตรวจสอบ

เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน แบ่งเป็นรอบการทำ PM ทุก 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

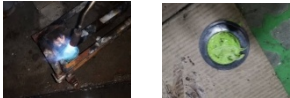
รอบการทำ PM	กิจกรรม
ทุกๆ 1 เดือน	ก) ถอดแม่พิมพ์ (ส่วนcore) ออกมาทำความสะอาด ข) ทำความสะอาดแผงกรองฝุ่น ค) ทำความสะอาดบ่อพักน้ำ
ทุกๆ 3 เดือน	ก) เปลี่ยน Spring Core ข) ตรวจสอบและตึงสายพาน Motor Screw
ทุกๆ 6 เดือน	ก) เปลี่ยนน้ำมัน Pump Vacuum และน้ำมันเกียร์ของเครื่อง ข) เปลี่ยนลูกปืนชุดกระเดื่อง Valve

3.1.3 การจัดทำคู่มือปฏิบัติงาน (Work Instructions: WI) สำหรับขั้นตอนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนประกอบของเครื่องจักรบริเวณหัวตายและตะแกรงร้งผึ้ง

คณะผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน (Work Instructions: WI) สำหรับขั้นตอนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนประกอบของเครื่องจักรบริเวณหัวตายและตะแกรงร้งผึ้งขึ้นมา เพื่ออธิบายรายละเอียดวิธีดำเนินการกระบวนงานย่อยอย่างละเอียด ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการทำความสะอาดชิ้นส่วนประกอบได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ขั้นตอนการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยการทำทำความสะอาดชิ้นส่วนประกอบของเครื่องจักรบริเวณหัวตายและตะแกรงร้งผึ้ง

วิธีดำเนินการ	ภาพประกอบ
1. ทำการเปิดฝาครอบออก และเปิดไฟฮีตเตอร์ หลังจากนั้นรออุณหภูมิให้ได้ 200-230 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับชนิดเม็ดพลาสติก)	 

2. เมื่ออุณหภูมิไฟได้ที่แล้วจะไล่พลาสติกที่อยู่บริเวณหัวตายออกมา ทำการปิดไฟ ฮีตเตอร์ และเช็ค พร้อมปิดวาล์วลม	
3. ทำการถอดทอลและเซ็นเซอร์เทอร์โมมิเตอร์ หลังจากนั้นถอดฮีตเตอร์ให้ความร้อนหัวตาย ถอดน็อตยึดแล้วดึงออกจะพบคราบพลาสติกไหม้อยู่บริเวณตรงกลาง	
4. คราบพลาสติกและคราบไหม้ด้านใน ต้องทำการขูดออกในตอนที่พลาสติกยังร้อนอยู่ (หากเย็นจะขูดไม่ออก) และควรใช้แท่งทองเหลืองขูดเท่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดรอย ส่วนบริเวณคราบไหม้หลังจากขูดพลาสติกต้องใช้ Wenol ทำการขัดออก	
5. หลังจากทำความสะอาดหัวตายเรียบร้อยแล้วจากนั้นให้เปิดไฟเพื่อหลอมละลายพลาสติกอีกครั้ง เพื่อให้พลาสติกไม่แข็งตัว พออุณหภูมิได้ที่แล้วจึงปิดไฟ และทำการถอดน็อตแยกหัวตาย 2 ชุด ออกจากกัน	
6. หลังจากนั้นถอดฮีตเตอร์ เซ็นเซอร์เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ และถอดน็อตให้ดึงขูดออก ให้ทำความสะอาดขูดพลาสติกและขัดคราบไหม้ออก ในส่วนของตะแกรงรังผึ้งให้ทำการเผาด้วยแก๊สให้พลาสติกละลาย	
7. หลังจากนั้นทำการประกอบตามขั้นตอน โดยประกอบชุดหัวตายกลับ ถ้าไม่สามารถขันน็อตให้แน่นได้ต้องเปิดไฟฮีตเตอร์เพื่อให้หลอมละลายพลาสติกก่อน จึงขันอัดเข้าไปให้สนิท ตรวจสอบความเรียบร้อย และปิดฝาครอบกลับเข้าไปให้เหมือนเดิม	

3.2 การเก็บผลหลังการแก้ไขปัญหาหลังจากทำ การแก้ไข้ปัญหาโดยการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) ตามแนวทางที่คณะผู้จัดทำได้เสนอนั้น มีการเข้าไปเก็บข้อมูลของเสียในการผลิตฝาขวดพลาสติก ตั้งแต่เดือน

มกราคม - สิงหาคม ซึ่งเก็บผลหลังจากมีการจัดทำ PM ทุก ๆ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 จำนวนของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติกหลังการแก้ไขปัญหาดังตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – สิงหาคม

เดือน	ผลิตภัณฑ์			
	วัตถุดิบ (กก.)	ได้มาตรฐาน (กก.)	ไม่ได้มาตรฐาน (กก.)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
ม.ค.	28,769.3	28,002.2	767.1	2.66
ก.พ.	7,994	7,639	355	4.44
มี.ค.	27,418	26,996	422	1.53
เม.ย.	35,566.5	34,888.4	678.1	1.9
พ.ค.	32,613.4	32,101	512.4	1.57
มิ.ย.	34,622.8	33,990.6	632.2	1.82
ก.ค.	32,455	31,967.8	487.2	1.501
ส.ค.	38,529.3	38,015.7	513.6	1.33
รวม	238,968.3	233,600.7	4367.6	1.8

จากตารางที่ 8 แสดงข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก หลังการแก้ไขปัญหาดังตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - สิงหาคม แสดงให้เห็นว่าในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติกทั้งหมด 238,968.3 กิโลกรัม จะผลิตออกมาได้มาตรฐาน 233,600.7 กิโลกรัม และที่ไม่ได้มาตรฐาน 4,367.6 กิโลกรัม คิดเป็นของเสียรวมทั้งสิ้น 1.8 % ซึ่งเป็นไปตามค่าพิกัดควบคุมของเสียของโรงงาน

3.3 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ทางคณะผู้วิจัยได้มีการเปรียบเทียบผลการแก้ไขปัญหาดังตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - สิงหาคม พลาสติกทั้งก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - สิงหาคม แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 จำนวนฝาขวดพลาสติกที่ได้มาตรฐาน และไม่ได้มาตรฐาน ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง

จำนวนฝา ขวด พลาสติก (กิโลกรัม)	ก่อนทำการปรับปรุง			หลังทำการปรับปรุง		
	ได้	ไม่ได้	ของเสีย (%)	ได้มาตรฐาน	ไม่ได้	ของเสีย
	มาตรฐาน	มาตรฐาน			มาตรฐาน	(%)
	245,237	13,366	5.16	233,600.7	4367.6	1.8

จากตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงการแก้ไข ปัญหาในกระบวนการผลิตฝาขวดพลาสติก พบว่า ก่อนการปรับปรุงของเสียที่เกิดจาก กระบวนการผลิตคิดเป็น 5.16% หลังจากได้ทำการแก้ไขแล้วนั้น จำนวนของเสียที่เกิดจาก กระบวนการผลิต พบว่าลดลงเหลือเป็น 1.8% ซึ่งสามารถลดจำนวนของเสียลงไปได้ 3.36% ทำให้ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นไปตามค่าพิสัยควบคุมของ เสียของบริษัท

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ทางคณะผู้วิจัยได้ศึกษาหาสาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียจาก กระบวนการผลิตที่เกินค่าพิสัยที่กำหนดไว้ โดยมีการประยุกต์ให้หลักการ DMAIC ร่วมกับ เครื่องมือคุณภาพ (7QC Tools) มาช่วยในการหาสาเหตุของปัญหา และ หาแนวทางการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น ผลจากการศึกษา พบว่า มีการเกิดของเสียจากการ เปิดเครื่องหลังการซ่อม (Set Up) มากเป็นอันดับแรก ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุ บ้างหลัก คือ (1) เครื่องจักร เกิดการเสียบ่อยเนื่องจากขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักรและ บริษัทขาดการทำ PM และ (2) วิธีการ พนักงานไม่ตรวจสอบคุณภาพระหว่างเดินเครื่อง ขาดการทำ Work Instruction ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยจัดทำแบบประเมินความพร้อมก่อนการทำงาน และจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิง ป้องกัน (Preventive Maintenance) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาเปรียบเทียบทั้งก่อนและ หลังการปรับปรุง

สรุปผลได้ว่าการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการเปิดเครื่องหลังการซ่อม (Set Up) จากเดิม 5.16% และหลังจากปรับปรุงแล้วนั้นเหลือเพียง 1.8% สามารถลดลงถึง 3.36% ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดที่ค่าพิกัดควบคุมไม่เกิน 2%

5. เอกสารอ้างอิง

- เทียร เทียมศักดิ์. (2566). [ออนไลน์]. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2567-2569: อุตสาหกรรมพลาสติก. [สืบค้นวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2568]. จาก <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/petrochemicals/plastics/io/io-plastics-2024-2026>
- โสภิตา ท้วมมี และ อรรถกร เก่งพล. (2551). การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง : กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ก.ย. - ธ.ค. 2551, 80-89.
- ดิรัสกร เหมาสีห์ และ รณินทร กิจกลา. (2559). การลดของเสียจากกระบวนการผลิตไส้กรอกโดยการประยุกต์ใช้แนวคิด DMAIC กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทปสตรี I-TECH, ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2559, 77-83.
- อภิชา ปะโนรัมย์. (2560). การลดจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตอุปกรณ์รับส่งสัญญาณทางแสงด้วยวิธีการ DMAIC. (การค้นคว้าอิสระหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม). คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วันชาติ แก้วยีนดี. (2562). การลดปริมาณตำหนิจากกระบวนการย้อมและตกแต่งสำเร็จในโรงงานตัวอย่าง โดยหลักการ DMAIC. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม). บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ณัฐดี มหานิล, บุญเกื้อ หวังรายกลาง, สมพร จงอร่ามเรือง, วิรัชชัย วินิจนัย และ วชิรินทร์ จิตกุล. (2567). การประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ตามแนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดของเสียในกระบวนการเชื่อมประกอบรถยนต์. วารสารวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567, 68-81.

Ping-Shun Chen, Jimmy Ching-Ming Chen, Wen-Tso Huang and Huan-Ting Chen. (2023). Using the Six Sigma DMAIC Method to Improve Procurement: A Case Study. Engineering Management Journal, 35(1), 70-83.

Ankesh Mittal, Pardeep Gupta, Vimal Kumar, Ali Al Owad, Seema Mahlawat and Sumanjeet Singh. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. Heliyon, 9, 1-11.

เครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน

Banana dryer using renewable energy

ธวัชชัย พงษ์สนาม^{1*}, ฉมาธร กุยศรีกุล²

Thawatchai Phongsanam^{1*}, Chamathorn Kuisrikul²

¹ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

¹Department of Engineering, Department of Automation Engineering Technology, Faculty of Engineering and Technology, Rajabhat Bansomdejchaopraya University, Bangkok

²Department of Industrial Technology, Electrical, Program in Logistic Technology, Faculty of Engineering and Technology, Rajabhat Bansomdejchaopraya University, Bangkok

*Corresponding author email: thawatchai.po@bsru.ac.th

Received 13 Jan 2025 Revised 23 Jan 2025 Accepted 22 Apr 2025

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นอย่างมากมาย รวมทั้งทางอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาทางการผลิตอาหารตากแห้งทำให้มีสิ่งสกปรกเจือปนต่างๆมากขึ้น เช่น อากาศที่ปนเปื้อนไม่สะอาด ฝุ่นPM2.5 อากาศเสียจากโรงงานต่างๆ ควั่นจากท่อไอเสีย รวมถึงการที่ฝนตกไม่ถูกต้องตามฤดูกาล ซึ่งปัญหาที่ตามมาทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพกายและสุขภาพจิตทั้งตนเองและผู้ที่ได้ร่วมรับประทาน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ไขปัญหานี้โดยการศึกษาสร้างเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน โดยความร้อนของหลอดไฟจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ และความร้อนที่ได้จากหลอดไฟที่ใช้กระแสไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไป ที่สามารถอบอาหารได้อย่างปลอดภัยโดยการนำกล้วยน้ำว้ามาเป็นอาหารอบแห้ง เนื่องจากกล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่หลายบ้านปลูก

และหาได้ง่าย สามารถนำมาแปรรูปเพื่อเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น หรือสามารถขายเพื่อสร้างรายได้ให้ครอบครัว

ผลการทดสอบพบว่าการอบกล้วยน้ำว้าด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 12V 120W เพียงอย่างเดียวจะใช้ระยะเวลานานมากกว่า 4 ชั่วโมง ความชื้นด้านในกล้วยน้ำว้ายังคงมีอยู่ ทำให้เวลารับประทานยังมีความชื้นอยู่ ซึ่งอุณหภูมิความชื้นที่วัดได้จะอยู่ที่ช่วง 73% ในส่วนการใช้หลอดไฟขนาด 100 วัตต์และ 60 วัตต์ จะใช้ระยะเวลาอบอยู่ที่ 3 ชั่วโมง ผลที่ได้คือความชื้นที่หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ จะได้ความชื้นด้านในกล้วยน้ำว้ายังคงเหลืออยู่บ้าง ทำให้เวลารับประทานจะรู้สึกแห้งกระด้าง หรือเหนียวมากเกินไป ซึ่งอุณหภูมิความชื้นที่วัดได้จะอยู่ที่ช่วง 66 %

คำสำคัญ : เครื่องอบกล้วย / แผงโซลาร์เซลล์ / หลอดไฟ

Abstract

Currently, there is a lot of environmental pollution, including the air that causes problems in the production of dried food, resulting in more impurities, such as unclean air, PM2.5 dust, polluted air from various factories, exhaust fumes, and unseasonal rain. The resulting problems cause physical and mental health problems for both the person and the person who eats it. Therefore, researchers are interested in solving this problem by studying the creation of a banana dryer using renewable energy. The heat from the light bulbs from solar energy that generates electricity from solar panels and the heat from light bulbs that use electricity in general households can safely dry food by using bananas as dried food. Because bananas are a fruit that many households grow and are easy to find, they can be processed to store for a longer period of time or can be sold to generate income for the family.

The test results showed that drying bananas with a 12V 120W solar panel alone would take more than 4 hours. The moisture inside the bananas was still there, so when eating, they would still be moist. The measured humidity temperature was around 73%. For using a 100-watt and 60-watt light bulb, the drying time was 3 hours. The result was that with a 60-watt light bulb, some moisture remained inside the bananas, so when eating, they would not feel dry or too tough. The measured humidity temperature was around 66%.

Keywords: Banana dryer / Solar panel / Light bulb

1. บทนำ

ปัจจุบันมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นอย่างมากมายรวมทั้งทางอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาทางการผลิตอาหารตกค้างทำให้มีสิ่งสกปรกเจือปนต่างๆมากขึ้น เช่น อากาศที่ปนเปื้อนไม่สะอาดฝุ่น PM 2.5 อากาศเสียจากโรงงานควันจากท่อไอเสียรวมถึงการที่ฝนตกไม่ถูกต้องตามฤดูกาล ซึ่งปัญหาที่ตามมาทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพกายและสุขภาพจิตทั้งตนเองและผู้ที่ได้ร่วมรับประทาน

ทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ไขปัญหาการตกค้างกล้วยน้ำว้า โดยการศึกษาสร้างเครื่องอบกล้วยน้ำว้าโดยโซล่าเซลล์ร่วมหลอดไฟที่ทำงานร่วมกันระหว่างการอบลมร้อนและความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์หรือความร้อนที่ได้จากหลอดไฟที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไปที่สามารถอบอาหารได้อย่างปลอดภัยโดยการนำกล้วยน้ำว้ามาเป็นอาหารอบแห้งเนื่องจากกล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่หลายบ้านปลูกและหาได้ง่ายสามารถนำมาแปรรูปเพื่อเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้นหรือสามารถขายเพื่อสร้างรายได้ให้ครอบครัว

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาแนวทางการเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนางานวิจัยนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา ทั้งระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งเครื่องมือเชื้อและฟอกอากาศฝุ่นละอองขนาดเล็ก แบบเปิด-ปิด อัตโนมัติด้วยไอโซนและกรองอากาศนี้ จะเป็นโครงการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วในระยะสั้น และวางแผนบริหารจัดการพื้นที่ในระยะยาวได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1 ศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน
- 2 ศึกษาการทำงานของเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน
- 3 ศึกษาการทำให้กล้วยน้ำว้ามีความแห้งและมีความชื้นที่เหมาะสมในการรับประทาน

3. ขอบเขตของโครงการ

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในงานวิจัยกลั่นน้ำว่าดิบ หุ่นยาวหนา 5 มิลลิเมตร
2. เครื่องอบกลั่นน้ำว่าด้วยพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ทำการศึกษได้แก่ เครื่องอบแห้งชนิดลมร้อนที่ได้จากหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ และ 100 วัตต์ ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์โซลาร์เซลล์ขนาด 12 โวลต์ 120 วัตต์
3. กลั่นน้ำว่าอบแห้งที่มีความชื้นที่เหมาะสมในการรับประทานในระยะเวลาไม่เกิน 1 วัน

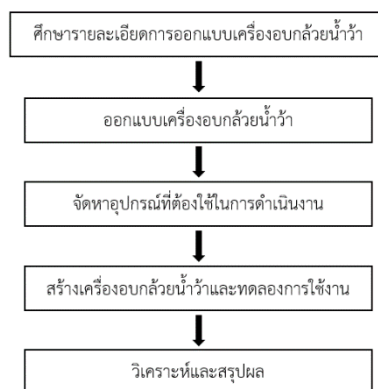
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการทำงานและสามารถสร้างเครื่องอบกลั่นน้ำว่าด้วยพลังงานหมุนเวียนในราคาถูก
2. ทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ผ่านโซลาร์เซลล์
3. ทำให้ทราบถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการอบแห้งและนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

5. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัย เครื่องอบกลั่นน้ำว่าด้วยพลังงานหมุนเวียน ผู้วิจัยได้ทำการดำเนินงานดังนี้

1. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

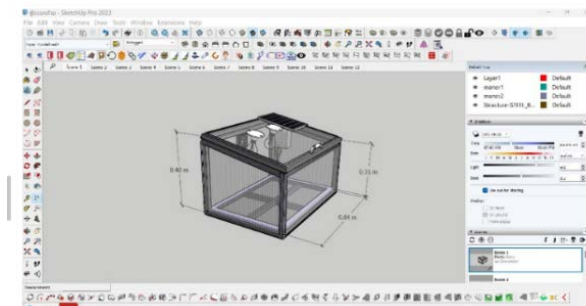


ภาพที่ 1. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยการสร้างเครื่องอบกลั่นน้ำว่าด้วยพลังงานหมุนเวียน

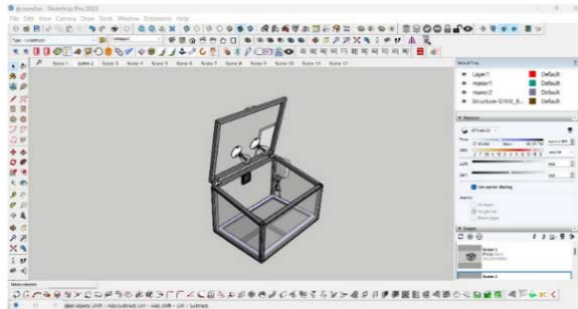
2.หลักการทำงานของเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน

หลักการทำงานของเบื้องต้นของเครื่องอบกล้วยน้ำว้าโดยโซล่าเซลล์ร่วมหลอดไฟสามารถใช้ไฟฟ้าได้ทั้งกระแสสลับและกระแสตรง โดยมีแผงโซล่าเซลล์ขนาด 12 โวล 120 วัตต์ ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 120 วัตต์ ตัวอินเวอร์เตอร์แปลงกระแสไฟจากกระแสไฟตรงเป็นกระแสไฟสลับ หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ และ 100 วัตต์ และพัดลมระบายอากาศด้านหลัง สามารถใช้ร่วมกับกระแสไฟฟ้าตามบ้านเรือนได้ในเวลากลางคืน เริ่มการทำงานด้วยชุดโซล่าเซลล์โดยการนำกล้วยน้ำว้าที่เตรียมไว้ขนาด 5 มิลลิเมตรวางเรียงกันในตู้อบ และนำแผงโซล่าเซลล์ขนาด 12 โวล 120 วัตต์ ไปวางกลางแจ้ง เพื่อผลิตกระแสไฟกระแสไฟที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์จะไหลผ่านตัวอินเวอร์เตอร์แปลงกระแสไฟจากกระแสไฟตรงเป็นกระแสไฟสลับ ทำให้หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ และ 100 วัตต์ สว่างขึ้นเมื่อความร้อนถึงพัดลมระบายอากาศจะทำงาน การทำงานโดยที่ใช้กระแสไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไปโดยการต่อสายไฟ 2 หลอด เพื่อใช้งานได้อย่างปกติ และสามารถเปิดสวิตช์เพื่อเปิดการทำงานของพัดลมระบายความร้อนได้

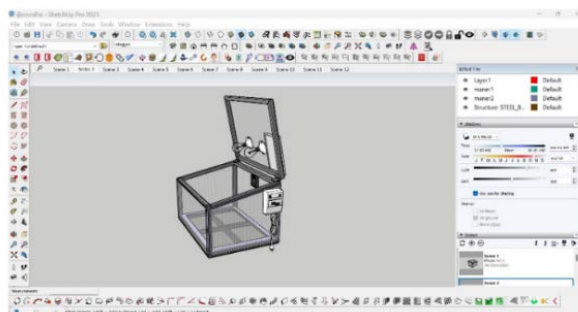
3 การออกแบบการสร้างเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน โดยใช้โปรแกรม SketchUp



ภาพที่ 2. การออกแบบการสร้างเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน



ภาพที่ 3. การออกแบบการสร้างเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียนด้านใน



ภาพที่ 4. การออกแบบการสร้างเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียนด้านนอก

6. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจะเป็นการนำเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียนมาทดสอบวิเคราะห์ให้เป็นตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ให้ใกล้เคียงสูงที่สุด

1.วิธีการทดสอบการทำงานของเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน

ในการทดสอบเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน เป็นการทดสอบเรื่องความร้อนภายในตู้อบ โดยการวัดอุณหภูมิความร้อนของระบบโซลาร์เซลล์และระบบไฟฟ้า โดยการทดสอบนี้จะต้องใช้พื้นที่ที่มีแสงแดดเข้าถึงมาก และ ใช้ช่วงเวลาแดดหมดในการทดสอบระบบไฟฟ้า หรือ ทดสอบระบบไฟฟ้าในที่ร่ม ซึ่งอุณหภูมิโดยรวมอยู่ที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 การทดสอบระบบโซล่าเซลล์กลางแจ้ง



ภาพที่ 6 การทดสอบระบบไฟฟ้าในที่ร่ม

จากการทดสอบการอบแห้งกล้วยน้ำว้าของเครื่องอบกล้วยน้ำว้าโดยโซล่าเซลล์ร่วมหลอดไฟ สามารถสรุปออกมาเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การทดสอบระยะเวลาในการอบกล้วยครั้งที่ 1

ระบบ	วัตถุดิบ	เวลา (ชั่วโมง)	ผล
โซล่าเซลล์	กล้วยน้ำว้า	-	ไม่แห้งเนื่องจากไม่มีแดด
หลอดไฟ 60 วัตต์ 2 หลอด	กล้วยน้ำว้า	6	แห้งด้านนอกแข็งบางขึ้น

ตารางที่ 2 การทดสอบระยะเวลาในการอบกล้วยครั้งที่ 2

ระบบ	วัตถุดิบ	เวลา (ชั่วโมง)	ผล
โซล่าเซลล์	กล้วยน้ำว้า	9	แห้งด้านนอก แข็ง
หลอดไฟ 60 วัตต์ 1 หลอด หลอดไฟ 100 วัตต์ 1หลอด	กล้วยน้ำว้า	4	แห้งด้านนอก ไม่แข็ง จุดที่โดนไฟหนักๆจะแห้ง กว่า

ตารางที่ 3 การทดสอบระยะเวลาในการอบกล้วยครั้งที่ 3

ระบบ	วัตถุดิบ	เวลา (ชั่วโมง)	ผล
โซลาเซลล์	กล้วยน้ำว้า	9	ไม่แห้งทั้งด้านนอกและด้านใน เนื่องจากแดดน้อย
หลอดไฟ 100 วัตต์ 2 หลอด	กล้วยน้ำว้า	5	ด้านนอกแห้งมากกว่าไฟ 60 วัตต์ แต่ด้านในยังคงมีรสชาติดูหวานและไม่เหนียว

ตารางที่ 4 การทดสอบระยะเวลาในการอบกล้วยครั้งที่ 4

ระบบ	วัตถุดิบ	เวลา (ชั่วโมง)	ผล
โซลาเซลล์	กล้วยน้ำว้า	9	ไม่แห้งทั้งด้านนอกและด้านใน เนื่องจากแดดน้อย
หลอดไฟ 60 วัตต์ 2 หลอด	กล้วยน้ำว้า	6	แห้งมากในกลุ่มที่โดนไฟ ใกล้เคียง และไม่เหนียว
หลอดไฟ 100 วัตต์ 2 หลอด	กล้วยน้ำว้า	6	ด้านนอกแห้งมากและทั่วถึงมากกว่าไฟ 60 วัตต์ แต่ด้านในยังคงมีรสชาติดูหวาน

2. วิธีการทดสอบการทำงานของเครื่องอบกล้วยน้ำว้าโดยโซลาเซลล์ร่วมหลอดไฟพบว่า

1 การทดสอบเฉพาะอบแห้งระบบโซลาเซลล์อย่างเดียวไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้วิจัยเนื่องจากต้องใช้เวลานานมากกว่า 1 วัน หรือ 1 แดด และสภาพอากาศที่แปรปรวนตลอดจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบไฟฟ้าร่วมด้วย



ภาพที่ 7 การทดสอบด้วยระบบโซลาเซลล์

2 การทดสอบการอบแห้งด้วยหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าโซล่าเซลล์จริง แต่ยังให้ความร้อนไม่เพียงพอกับกล้วยแต่ละชั้น ที่อยู่กระจายกันภายในถาด



ภาพที่ 8 การทดสอบด้วยหลอดไฟ 60 วัตต์

3 การทดสอบการอบแห้งด้วยหลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ใช้ระยะเวลาพอกับ 60 วัตต์แต่จะเร็วกว่า 1-2 ชั่วโมง และให้ความร้อนได้มากกว่าและกระจายความร้อนได้ทั่วถาดมากกว่า จึงทำให้แต่ละชั้นของกล้วย ไม่แข็งกระด้าง หรือเปลี่ยนสีมากเกินไป



ภาพที่ 9 การทดสอบด้วยหลอดไฟ 100 วัตต์

6. สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบเครื่องอบกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานหมุนเวียน พบว่าการอบกล้วยน้ำว้าด้วยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 12 โวล 100วัตต์ เพียงอย่างเดียวจะใช้ระยะเวลานาน

มากกว่า 4 ชั่วโมง ความชื้นด้านในกล้วยน้ำว้ายังคงมีอยู่ ทำให้เวลารับประทานยังมีความชื้นอยู่ ซึ่งอุณหภูมิความชื้นที่วัดได้จะอยู่ที่ช่วง 73% และการทำงานของพัดลมจะช้ากว่าปกติ และหากในวันที่ไม่มีแดด หรือ ฝนตกจะไม่สามารถใช้งานระบบนี้ได้ และจากการทดสอบด้วยระบบไฟฟ้าเราสามารถจะแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ การใช้หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ และ 100 วัตต์ จะใช้ระยะเวลาในการทดสอบอยู่ที่ 4 ชั่วโมง ผลที่ได้คือความชื้นของกล้วยยังคงอยู่ภายในมากกว่า 75% ซึ่งยังไม่ใช่ความแห้งของกล้วยน้ำว้าที่ผู้วิจัยต้องการ และการใช้หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ จะใช้ระยะเวลาในการทดสอบอยู่ที่ 6 ชั่วโมง ผลที่ได้คือความชื้นออกเร็วกว่า 60 วัตต์ แต่ความชื้นด้านในกล้วยน้ำว้ายังคงมีอยู่บ้าง ทำให้เวลารับประทานจะไม่รู้สึกแห้งกระด้าง หรือเหนียวมากเกินไป ซึ่งอุณหภูมิความชื้นที่วัดได้จะอยู่ที่ช่วง 66 % ซึ่งเป็นความแห้งของกล้วยน้ำว้าที่ผู้วิจัยต้องการ ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานความชื้นจากการนำกล้วยตากจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ มาทดสอบหาค่าความชื้นพบว่า ความชื้นของกล้วยน้ำว้าตากแห้ง ที่จำหน่ายมีความชื้นประมาณ 56.5% ซึ่งที่ระดับความชื้นนี้จะใช้เวลาอบกล้วยภายในโรงเรือนแบบฐานปิด 4 วัน

7. เอกสารอ้างอิง

- สัญญา โพธิ์วังษ์ และคณะ (2566). การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องอบลมร้อน ผลิตภัณฑ์ระดับวิสาหกิจชุมชน สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2567 จาก <http://www.nayoktech.ac.th/webnew/attachments/article>
- สุทธิดา กันะนะนา และคณะ (2564). การพัฒนากระบวนการผลิตไบโหม่อนแห้งขงคีมด้วย การอบแห้งแบบอินฟราเรดรวมลมร้อน สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2567 จาก file:///C:/Users/User/Downloads/yrujst_admin
- กฤษฎางค์ ศุกระมูล และคณะ (2564). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ตากแห้ง โดยตรงสำหรับอบแห้งกล้วยน้ำว้าใช้ในระดับชุมชน สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2567 จาก <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru/article/view>
- ครัวบ้านหนู และทีมงาน (2565). วิธีการทำกล้วยหนึบ กล้วยน้ำว้าอบแห้ง banana stick เมนูกล้วยอบ ครัวบ้านหนู สืบค้นเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2567 จาก www.youtube.com/@KruaBaanNoo

ศึกษาถ้วยน้ำว่า สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2567 จาก

[https://www.namwahpowder.com/4colorbenefits/#iLightbox\[gallery989\]](https://www.namwahpowder.com/4colorbenefits/#iLightbox[gallery989])

กมลทิพย์ กรรไพราะ (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อน The development of Intermediate Moisture Pacific Sardines (Sardinops Sagax) by Hot Air Oven สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2567 จาก <https://wb.yru.ac.th/bitstream/yr/3608/1/12444>

สุนัน ปานสาคร และคณะ (2565). ผลของการทำแห้งด้วยฟลูอิดซ์เบดและลมร้อนต่อคุณภาพของกระเทียมอบแห้ง สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2567 จาก <https://ojs.lib.buu.ac.th/index.php/science/article/view/8145>

ประยุทธ นิสกุณ และคณะ (2567). เครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมสำหรับการแปรรูปอาหาร สืบค้นเมื่อวันที่ 05 กรกฎาคม 2567 จาก <https://li04.tci-thaijo.org/index.php/scidru/article/view/1982>

วีรชัย แผ่นอุไร และคณะ (2567). ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน สืบค้นเมื่อวันที่ 05 กรกฎาคม 2567 จาก <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JEIT/article/view/3055>

นงนุช ศรีเล็ก และคณะ (2567). การออกแบบและพัฒนาเครื่องคว่ำกาแฟและโกโก้แบบลมร้อนควบคุมด้วย Node-RED และ PID สืบค้นเมื่อวันที่ 05 กรกฎาคม 2567 จาก thaijo.org/index.php/jstpcru/article/view/270665

กานต์ กอมณี และคณะ (2567). วารสารเกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง ปี1ฉบับที่ 1: 32-41(2567) GMSA.J. Vol.1(1): 32-41(2024)32การอบแห้งสับปะรดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟราเรดที่ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง Pineapple drying using a solar dryer combined with infrared radiation controlled by the Internet of Things สืบค้นเมื่อวันที่ 05 กรกฎาคม 2567 จาก

<https://li05.tci-thaijo.org/index.php/JAgriGMS/article/view/516/269>

เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง Marigold Flower Size Sorting Machine

ขวัญชัย เสวีนันท์¹, หทัยรัตน์ เกตุมนิชัยรัตน์^{2*}, โสภิตา ท่วมมี³

Kwanchai Saeweenan¹, Hathairat Ketmaneechairat^{2*}, Sopida Tuammee³

¹ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

^{2,3}ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

¹Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok

^{2,3}Department of Information and Production Technology Management,
College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology, Bangkok

*Corresponding author email: hathairat.k@cit.kmutnb.ac.th

Received 25 Jan 2025 Revised 13 Feb 2025 Accepted 03 Apr 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง เพื่อแก้ไขปัญหาการคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองให้ใช้ระยะเวลาในการคัดแยกขนาดลดลง รวมถึงลดความผิดพลาดจากการคัดแยก เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองออกแบบให้มีขนาดโดยรวมเท่ากับ ความกว้าง x ความยาว x ความสูง ประมาณ 1,211 x 2,450 x 1,546 มิลลิเมตร ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญหลายส่วน ดังนี้ ชุดโครงเครื่อง ชุดถาดเขย่า ชุดลำเลียง และคัดแยกขนาด ชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง ชุดรองรับ ชุดควบคุมการทำงาน เป็นต้น ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง พบว่า เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองสามารถคัดแยกขนาดดอก ได้ 3 ขนาด อัตราการคัดแยกดอกดาวเรืองคือ 100 ดอก ภายใน 3 นาที มีความผิดพลาดของการคัดแยกไม่เกินร้อยละ 15 และนับจำนวนดอกดาวเรืองได้แม่นยำ โดยนับเกินได้อยู่ในร้อยละ 15 ของดอกที่นับทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: เครื่องคัดแยก ขนาดดอกดาวเรือง การออกแบบและการสร้าง ประสิทธิภาพ

Abstract

This research aims to design and develop a marigold flower size sorting machine to enhance efficiency in size classification and reduce sorting errors. The marigold flower size sorting machine is designed with overall dimensions of approximately 1,211 x 2,450 x 1,546 mm (Width x Length x Height) and consists of several key components, including the machine frame, vibrating tray unit, conveying and sorting unit, direction adjustment unit, receiving unit, and control unit. The performance test results of the marigold flower size sorting machine showed that it can classify marigold flowers into three different sizes. The sorting rate is 100 flowers within 3 minutes, with a sorting error not exceeding 15%. Additionally, the machine can accurately count the number of marigold flowers, with an overcounting error within 15% of the total counted flowers. These results align with the research objectives.

Keywords: Sorting Machine, Marigold Flower Size, Design and Creating, Efficiency

1. บทนำ

ดาวเรือง เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่มีปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากปลูกง่าย โตเร็ว คงทนต่อสภาพแวดล้อม มีสีสดใส ดอกมีลักษณะกลม สวยงาม กลีบดอกจัดเรียงเป็นระเบียบ กลีบดอกยึดแน่นกับฐานดอก ไม้หลุดง่าย อายุการใช้งานนาน ประมาณ 7-10 วัน นอกจากนี้ ดาวเรืองยังเป็นพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 60-70 วัน ก็สามารถตัดจำหน่ายได้ รวมทั้งดาวเรืองยังเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีทุกสภาพพื้นที่และทุกฤดูกาลของประเทศ (ปรีชาวุฒิ พลัดทองศรี และ ญัฐา โพธารณณ์, 2559 : หน้า 95-99) และเป็นไม้ดอกที่สามารถทำรายได้ให้กับผู้ปลูกเป็นอย่างดี มีความต้องการของตลาดสูง ราคาไม่ตก ขายได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ประดับตกแต่งสถานที่เพื่อความสวยงาม นำมาทำพวงมาลัยและจัดแจกันดอกไม้ที่สามารถใช้ได้กับงานเทศกาล งานพิธี ทำบุญ ใช้ป้องกันแมลง รวมถึงใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ เป็นต้น จากข้อมูลการผลิตตั้งแต่ปี 2565 - ปัจจุบัน พบว่าแนวโน้มการผลิตลดลงร้อยละ 7.40 ต่อปี ทั้งพื้นที่การผลิตและผลผลิต ส่วนปริมาณการส่งออกลดลงแต่ความต้องการของตลาดภายในประเทศเพิ่มขึ้น เห็นได้จากราคาที่ปรับตัวสูงขึ้นและปริมาณนำเข้ามากขึ้น จากประเทศเยอรมัน อินเดีย และเนเธอร์แลนด์ ในอัตราร้อยละ 132 ต่อปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2568)

เกษตรกร ต.มุกดาหาร อ.เมือง จ.มุกดาหารประกอบอาชีพเพาะปลูกดอกดาวเรืองส่งออกขาย ซึ่งมีวิธีการเพาะปลูกดาวเรืองแล้วตัด จากนั้นมาทำการคัดแยกขนาดของดอกเพื่อส่งออกขาย แต่เนื่องด้วยในปัจจุบัน หากมีการสั่งซื้อดอกดาวเรืองจำนวนมาก จะไม่สามารถรับยอดสั่งซื้อได้ทั้งหมด ถึงแม้ดอกดาวเรืองมีเพียงพอต่อการส่งออก แต่ติดปัญหาในส่วนของการคัดคนในการคัดแยกดอกดาวเรืองหลังจากการตัดซึ่งใช้ระยะเวลานาน อีกทั้งทุกขั้นตอนยังใช้คนในทุกกระบวนการเก็บเกี่ยวและต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ในการทำงานของเกษตรกร ซึ่งหากเกษตรกรขาดความชำนาญและทักษะยังจะทำให้กระบวนการตัดและคัดแยกใช้เวลานานมากยิ่งขึ้น และยังมีโอกาสคัดแยกขนาดดอกผิดพลาด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ภูมินทร์ และ ญัฐกร (2562) ได้ทำการพัฒนาเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรืองโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อจากโปรแกรมวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองด้วยวิธีการประมวลผลภาพ โดยสามารถวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองได้ 4 ขนาด ในงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องต้นแบบระบบสายพานคัดแยกดอกดาวเรืองขึ้น โดยประกอบด้วยชุดสายพาน 2 ชุด ได้แก่ ชุดสายพานวางและปิดดอกดาวเรือง และชุดสายพานคัดแยกดอกดาวเรือง ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

ด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พายรุ่น 3 โมเดลบี (Raspberry pi 3 Model B) และรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมกับชุดสายพานผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายระยะใกล้หรือโมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง พบว่า (1) ความถูกต้องในการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง มีความถูกต้องอยู่ที่ 97.2 เปอร์เซ็นต์ (2) การทดลองการทำงานของเซนเซอร์และแขนผลักทั้ง 4 ตัว พบว่า ต้องปรับมุมแต่ละตัวอยู่ที่ 110, 90, 90 และ 90 องศา ตามลำดับจึงจะเหมาะสม (3) การทดลองการทำงานภาพรวมรวมกับการวิเคราะห์ขนาดดาวเรืองทั้งระบบ มีความถูกต้องอยู่ที่ 73.33 เปอร์เซ็นต์ และ (4) การทดลองด้านเวลาในการประมวลต่อดอกเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 วินาที

สุทธิดา และคณะ (2563) ได้จัดทำเครื่องคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว ผลการหาประสิทธิภาพความถูกต้องในการคัดแยกสีและขนาด คิดเป็นร้อยละ 83.33 และผลการหาประสิทธิภาพความถูกต้องของการแยกขนาดของลูกมะนาว คิดเป็นร้อยละ 79.33 และสามารถสรุปผลวัดความเร็วในการคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว จากการวัดหาความเร็วในการคัดแยกจำนวนลูกมะนาว ทั้งหมด 5 รอบ ได้ค่าเฉลี่ย 14.80 ลูกต่อวินาที

วรุฒิ กังหัน และคณะ (2563) ได้สร้างเครื่องคัดแยกเกรดแต่งโมัดโนมิติโดยใช้การตรวจวัดน้ำหนัก โดยเครื่องคัดแยกเกรดดังกล่าว แต่งโมจะถูกส่งไปตามสายพานลำเลียงสามารถตั้งค่าน้ำหนักผ่านทางจอทัชสกรีน โดยมีการตรวจจับน้ำหนัก โดยใช้โหลดเซลล์ หลังจากนั้นส่งสัญญาณไปยังระบบ Programmable Logic Controller (PLC) จะทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการไปเปิดช่องรับสำหรับคัดแยกเกรดแต่งโมตามเกรดที่กำหนดไว้ในผลการทดสอบเครื่องคัดแยกเกรดแต่งโมโดยวัดเป็นค่าความผิดพลาดการทดลองมีการตั้งค่าน้ำหนักที่ทำการทดสอบจากตัวอย่าง 3 เกรด ใช้แต่งโมกลุ่มตัวอย่างจำนวน 135 ผล ได้ผลของค่าความผิดพลาดเกรดที่ 1 2 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด 0.00%

สุรเทพ แป้นเกิด และคณะ (2565) ได้พัฒนาเครื่องคัดแยกน้ำหนักและสีมะม่วงอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการทดสอบเครื่องพบว่า การทดสอบคัดเกรดมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีความผิดพลาด เท่ากับ 0.00% และการคัดแยกความสุก ดิบ มีความผิดพลาด เท่ากับ 0.00% ส่วนมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ผลการทดสอบคัดเกรดมะม่วงมีความผิดพลาด เท่ากับ 3% และการคัดแยกความสุก ดิบ มีความผิดพลาด เท่ากับ 3%

Sethy และคณะ (2019) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง การตรวจจับและนับจำนวนดอกดาวเรืองโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอระเบียบวิธีที่สามารถตรวจจับและนับจำนวนดอกดาวเรืองได้สำเร็จ โดยใช้การแปลงสีแบบ HSV และการแปลงฮัฟเฟอ

วงกลม (Circular Hough Transform: CHT) เปรียบวิธีที่นำเสนอถูกนำไปใช้กับดอกดาวเรืองที่ถ่ายภาพในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง โดยมีค่าเฉลี่ยของข้อผิดพลาดอยู่ที่ 5%

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่องานทางด้านการเกษตรเช่นเดียวกัน เพื่อลดต้นทุนแรงงาน ลดระยะเวลา ทักษะและประสบการณ์ในการทำงาน และปัญหาต่าง ๆ จากแรงงาน แต่ในกระบวนการออกแบบแต่ละเครื่องจักรไม่พบการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการทำงานน้อยเพื่อตอบโจทย์ผู้ใช้งานอย่างแท้จริง ดังนั้น คณะผู้วิจัย จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองด้วยการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการทำงานน้อยตามความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านเกษตรกรรม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหให้กับเกษตรกร ในเรื่องการขาดแคลนแรงงาน การลดระยะเวลาในการคัดแยก ลดรายจ่ายในการจ้างแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต

2. วัตถุประสงค์

- (1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง
- (2) เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการออกแบบและเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง คณะผู้จัดทำได้มีวิธีการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ คือ (1) ศึกษาปัญหา และหาข้อมูลต่างๆ (2) การวิเคราะห์และกำหนดการออกแบบ (3) การคำนวณหาขนาดของวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง และ (4) การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก ตามลำดับ

3.1 ศึกษาปัญหาและหาข้อมูลต่างๆ

กรณีศึกษา คือ ตัวแทนเกษตรกร ต.มุกดาหาร อ.เมือง จังหวัดมุกดาหาร ที่ดำเนินกิจการเพาะปลูกดอกดาวเรืองเพื่อจัดจำหน่าย และประสบปัญหาในส่วนของการคัดแยกดอกดาวเรือง เกษตรกรกลุ่มดังกล่าวมีวิธีการเพาะปลูกดาวเรืองแล้วตัด จากนั้นมาทำการคัดแยกขนาดของดอกเพื่อส่งออกขาย ปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนในการคัดแยกดอกดาวเรืองหลังจากการตัด ซึ่งใช้ระยะเวลานาน และมีค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคนที่สูง อีกทั้งทุกขั้นตอนยังใช้คนในทุกกระบวนการเก็บเกี่ยวและต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ในการทำงานของเกษตรกร ซึ่งหากเกษตรกรขาดความชำนาญ

และทักษะยังจะทำให้กระบวนการตัดและคัดแยกใช้เวลาอย่างมากยิ่งขึ้น และยังมีโอกาสคัดแยกขนาดดอกผิดพลาด ทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น

3.2 การวิเคราะห์และการกำหนดการออกแบบ

3.2.1 ขอบเขตของลักษณะการทำงานของเครื่องที่ออกแบบ

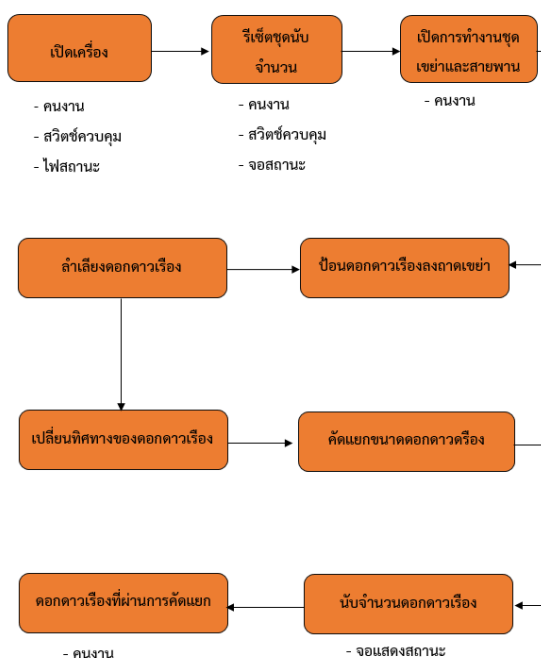
- (1) เครื่องคัดแยกขนาดของดอกดาวเรือง มีขนาด ความกว้าง x ความยาว x ความสูง ประมาณ $1,211 \times 2,450 \times 1,546$ มิลลิเมตร ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ชุดโครงเครื่อง ชุดถาดเขย่า ชุดลำเลียงและคัดแยก ชุดเปลี่ยนทิศทาง ชุดรองรับ ชุดนับจำนวน ชุดควบคุมการทำงาน ชุดส่งกำลัง และชุดต้นกำลัง เป็นต้น โดยใช้วัสดุตามความเหมาะสมกับลักษณะงาน
- (2) ชุดโครงเครื่อง มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน
- (3) ชุดถาดเขย่า สามารถรองรับจำนวนดอกดาวเรืองได้ไม่ต่ำกว่า 300 ดอก และมีแรงสั่นเพียงพอที่จะเขย่าดอกดาวเรืองให้หล่นไปยังชุดลำเลียง
- (4) ชุดลำเลียงและคัดแยก มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงและสามารถลำเลียงดอกดาวเรืองได้อย่างต่อเนื่อง
- (5) ชุดเปลี่ยนทิศทาง อยู่ตำแหน่งที่เหมาะสม สามารถเปลี่ยนทิศทางของดอกดาวเรืองที่มาตามชุดลำเลียงได้
- (6) ชุดรองรับ มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรง อยู่ตำแหน่งที่เหมาะสม
- (7) ชุดนับจำนวน สามารถนับจำนวนดอกดาวเรืองได้ภายในเวลาที่กำหนด โดยต้องไม่นับต่ำกว่าจำนวนจริง แต่สามารถนับจำนวนดอกเกินได้ร้อยละ 15 ของจำนวนดอกที่นับทั้งหมด
- (8) ชุดควบคุมการทำงาน อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้งานง่ายและมีความปลอดภัยสูง
- (9) ชุดส่งกำลัง มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรง สามารถรับและส่งผ่านแรงจากต้นกำลังได้อย่างเหมาะสม
- (10) ชุดต้นกำลัง สามารถส่งกำลังได้พอเพียงต่อการใช้งาน มีความต่อเนื่องในการส่งกำลัง
- (11) สามารถคัดแยกดอกดาวเรืองได้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองเฉลิม ร็อคโคดีฟ และลำซำ
- (12) สามารถคัดแยกดอกดาวเรืองที่ตัดก้านสั้นเท่านั้น

(13) สามารถคัดแยกขนาดดอก ได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ขนาด 50-70 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่กว่า 70 มิลลิเมตร โดยคัดแยกขนาดผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกดาวเรืองที่นับ

(14) สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง จำนวน 100 ดอก/3 นาที

3.2.2 กระบวนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

แผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง สามารถแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

3.2.3 แนวคิดการออกแบบ

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ออกเป็น 2 แนวทาง ดังนี้

แนวความคิดที่ 1 ใช้หลักการทำงาน โดยเริ่มจากการป้อนดอกดาวเรืองลงในถาดเชย่า ซึ่งจะถูกเชย่าด้วยชุดกลไกและมอเตอร์ เพื่อให้ดอกดาวเรืองเกิดการสั่น และไหลไปบริเวณปากทางออกของถาด ที่เอียงองศาไว้ เพื่อให้ดอกดาวเรืองตกลงบนร่องสายพานลำเลียง ซึ่งจะลำเลียงดอกดาวเรืองผ่านชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง ที่ทำหน้าที่ค่อยเกลี่ยดอกดาวเรืองเพื่อไม่ให้ดอกซ้อนกันและให้ดาวเรืองเปลี่ยนไปทิศทางเดียวกัน โดยจะทำการตั้งสายพานหัวท้ายให้เป็นลักษณะช่องเรียวยาว เมื่อถึงจุดหนึ่งที่ดอกดาวเรืองมีขนาดเล็กกว่าช่องของสายพาน ดาวเรือง

จะตกไปยังถาดรองรับด้านล่างที่เอียงไว้ให้ดาวเรืองไหลไปยังทางออก ที่มีชุดนับจำนวนดอกติดตั้งอยู่เพื่อนับดอก เมื่อครบแล้ว 100 ดอกแล้วจะมีสัญญาณไฟสถานะแจ้งผู้ใช้งานเครื่อง แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองตามแนวคิดที่ 1

แนวความคิดที่ 2 ใช้หลักการทำงาน เริ่มจากการป้อนดอกดาวเรืองลงในถาดเขย่า โดยถาดเขย่าจะอยู่ด้านบนของชุด คัดแยกขนาด ทำให้ประหยัดพื้นที่ในของตัวเครื่องในการวาง ซึ่งจะถูกเขย่าด้วยชุดกลไกและมอเตอร์ เพื่อให้ดอกดาวเรืองเกิดการสั่นและตกลงไปยังเพลาคัดแยกขนาด จากนั้นดอกจะเคลื่อนที่ไปตามเพลาด้วยแรงโน้มถ่วง โดยเพลาก็จะมีการตั้งระยะห่างของเพลาสวนหัวและท้ายไม่เท่ากัน ทำให้เป็นลักษณะ ช่องเรียว เมื่อถึงระยะหนึ่งที่ดอกดาวเรืองมีขนาดเล็กกว่าช่องของเพลาดาวเรืองจะตกไปยังถาดรองรับด้านล่างที่เอียงไว้ให้ดาวเรืองไหลไปยังทางออก ที่มีชุดนับจำนวนดอกติดตั้งอยู่เพื่อนับดอก เมื่อครบจำนวน 100 ดอก แล้วจะมีสัญญาณไฟแจ้งสถานะให้ผู้ใช้งานเครื่อง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองตามแนวคิดที่ 3

3.2.4 การสร้างตารางกำหนดคะแนนเพื่อใช้ในการออกแบบ

ในการสร้างตารางเพื่อกำหนดคะแนนนั้น จะอ้างอิงจากแผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยกำหนดกลไกขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายในการออกแบบโดยใช้คุณสมบัติของกลไกเป็นตัวกำหนดหัวข้อการให้คะแนน ซึ่งจะบ่งบอกถึงความสามารถและความเหมาะสมของกลไกนั้นๆ โดยแต่ละช่องคุณสมบัติ (ประกอบด้วย ความปลอดภัย การใช้งาน ราคา และการบำรุงรักษา) จะมีการประเมินคะแนนต่างกัน และมีการถ่วงค่าน้ำหนักให้แก่แต่ละคุณสมบัติ เมื่อมีการคำนวณคะแนนรวมที่มีการปรับค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว กลไกที่ได้คะแนนมากที่สุดจะนำไปเป็นแนวคิดที่ 1 แล้วกลไกที่ลองลงมาจะใช้เป็นแนวคิดที่ 2

ผลการให้คะแนนลักษณะการทำงานของกลไกการทำงานต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบแนวความคิดที่ 1 และ 2

เครื่องคัดแยกขนาด ของดอกดาวเรือง	ข้อดี	ข้อเสีย
แนวคิดที่ 1	- การคัดแยกทำได้ต่อเนื่อง - คัดได้หลายขนาด - ซ่อมบำรุงได้ง่าย - การคัดแยกสามารถทำได้รวดเร็วกว่าแบบเพลลา - โครงสร้างรับการสั่น สะเทือนได้ดีกว่า	- ราคาสูงกว่า - มีกลไกที่ซับซ้อนกว่า - ใช้พื้นที่ในการวางเครื่องมากกว่า
แนวคิดที่ 2	- กลไกไม่ซับซ้อน - ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง - ราคาถูกกว่าสายพานกลม - ใช้ต้นกำลังเพียงหนึ่งตัว	- โครงสร้างรับน้ำหนักและการสั่นมาก - มีโอกาสที่ดอกจะช้ำเนื่องจากการกลิ้งลงมาจากเพลลา - ดอกมีโอกาสที่จะไม่ไหลและติดอยู่ที่เพลลา - พื้นที่ในการซ่อมบำรุงมอเตอร์มีน้อยกว่า - ใช้เวลาในการคัดแยกมากกว่าและไม่สามารถควบคุมเวลาได้

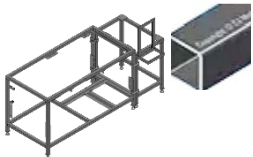
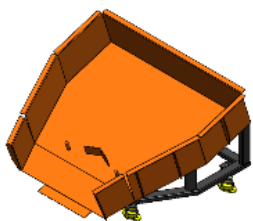
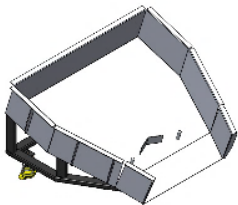
ตารางที่ 2 ผลการให้คะแนน

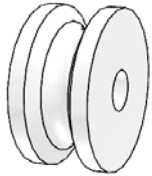
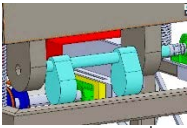
กลไกการทำงาน	ลักษณะการทำงาน	คะแนนรวม
รูปแบบของปุ่มควบคุม	1. สวิตช์ปุ่มกด	63
	2. สวิตช์แบบเลือก	55
	3. สวิตช์แบบก้านยาว	45
ชุดลำเลียง	1. ลูกกลิ้งลำเลียง	53
	2. สายพานแบบกลม	58
ชุดควบคุมการทำงาน	1. ควบคุมแบบปุ่มกด	65
	2. ควบคุมแบบ Touch screen	55
	3. ควบคุมแบบผสม	56
การคัดแยกขนาด	1. การคัดแยกโดยใช้ตะแกรง	50
	2. การคัดแยกโดยใช้เฟลา	59
	3. การใช้สายพานแบบกลม	60
ชุดส่งกำลัง (สายพาน)	1. เฟือง	53
	2. สายพาน	60
	3. โซ่	50
ชุดนับจำนวน	1. Photo sensor	62
	2. Proximity sensor	51
	3. Laser sensor	59

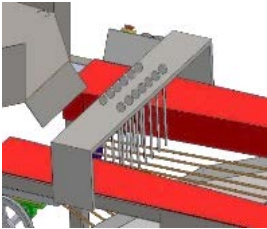
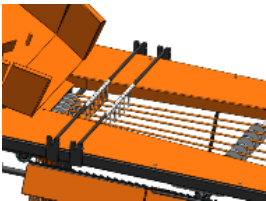
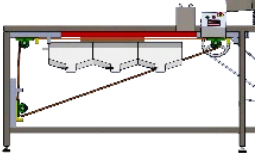
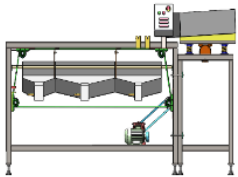
3.2.5 การกำหนดรูปทรง การเลือกใช้กลไกและอุปกรณ์

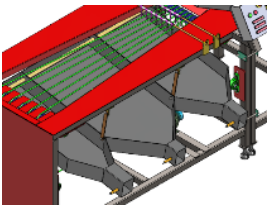
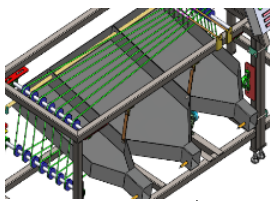
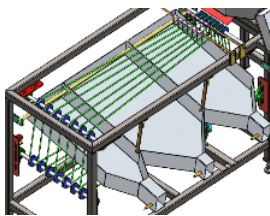
จากผลการให้คะแนนในหัวข้อที่ 3.2.4 นั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาการกำหนดรูปร่างหรือรูปทรงของชิ้นส่วน โดยเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนรวมไปถึงการใช้ระบบกลไกและตลอดจนอุปกรณ์ที่สำคัญและเกี่ยวข้องในการกำหนด เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

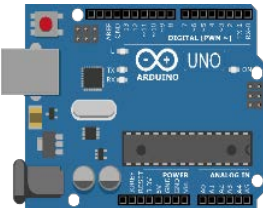
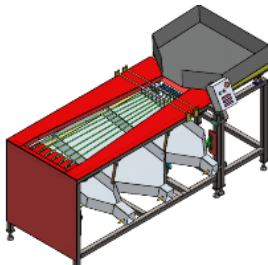
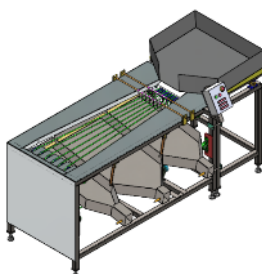
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการเลือกใช้วัสดุ

ชุดโครงเครื่อง	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 โครงสร้างเหล็กฉาก	- มีความแข็งแรง ทนทาน - สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี - รับแรงสั่นสะเทือนได้ดี - เหมาะสำหรับนำมาทำเป็นโครงสร้างต่างๆ ได้ดี	- สามารถเกิดสนิมได้ง่าย - มีลักษณะที่บาง - กระบวนการเชื่อมประกอบได้ยากกว่า
 แนวความคิดที่ 2 โครงสร้างเหล็กกล่อง	- ตัดเชื่อมขึ้นรูปได้ง่าย - กระบวนการเชื่อมประกอบง่ายกว่า - รูปทรงสมส่วน มีความสวยงาม	- สามารถเกิดสนิมภายในโครงสร้างของเหล็กได้ - เกิดการเสียรูปทรงได้ง่าย
ชุดวัสดุถาดเขย่า	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 Stainless Steel	- ด้านทานการกัดกร่อนได้ดี - ความแข็งแรงสูงสุดและมีความยืดหยุ่นสูง - สามารถใช้งานที่อุณหภูมิเย็นจัดและร้อนจัด	- มีราคาสูง
 แนวความคิดที่ 2 Steel Plate Painting	- ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย - มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี	- เกิดสนิมได้ง่ายกว่า - มีความแข็งแรงน้อยกว่า

วัสดุพู่เลย์สายพาน	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 Aluminum	- เป็นวัสดุที่แข็งแรง ทนทาน - มีคุณสมบัติที่ไม่เกิดสนิม - ทนความร้อนได้ดี - คงรูปไม่เกิดการบิดงอ - ง่ายต่อการผลิตขึ้นรูป	- ไม่ทนต่อการกระแทก - เสียรูปทรงได้ง่าย
 แนวความคิดที่ 2 Superlene Nylon	- ไม่เสียค่าใช้จ่ายการตกแต่งและเคลือบผิว - ตัดเฉือนขึ้นรูปได้ง่าย - มีน้ำหนักเบา - ทนการกัดกร่อนสูง - มีความเหนียว แต่ยึดตัวได้ดี - มีราคาถูกกว่า	- เมื่อผ่านการใช้งานจะมีการสึกหรอ
กลไกการเขย่า	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 ใช้การเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของเพลาลูกเบี้ยว	- มีราคาถูกกว่า - จัดหาซื้อได้ง่าย - หากมอเตอร์ชำรุดจะซ่อมบำรุงง่ายกว่า	- ต้องคำนวณลูกเบี้ยวให้ดี หากคำนวณผิดพลาดแล้วจะไม่สามารถแก้ไขได้ - ควบคุมการสั่นได้ยาก - ลูกเบี้ยวและเพลาลูกเบี้ยวจะสึกหรอเร็วกว่ามอเตอร์เขย่า
 แนวความคิดที่ 2 Vibrator Motors	- สะดวกและสำเร็จรูป - สามารถเลือกขนาดความแรงการสั่นของมอเตอร์ได้ - เพิ่มอัตราการไหลตัวของวัสดุเหมาะกับงานคัดแยก - มีอายุใช้งานนาน - สามารถปรับความเร็วของการสั่นได้	- มีราคาสูงกว่าถ้าเทียบกับมอเตอร์ทั่วไป - หากมอเตอร์ชำรุดจะซ่อมบำรุงยากกว่า

ชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 ชุดปรับเปลี่ยนทิศทางแบบ บังคับ	- ถอดประกอบง่ายกว่า - มีการห้อยตัวได้อิสระ - รอบด้านมากกว่า	- ไม่สามารถปรับระยะของก้านเกลียวได้ - ไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักของก้านเกลียวได้ - กระบวนการผลิตยากกว่า - ต้นทุนวัสดุสูงกว่า
 แนวความคิดที่ 2 ชุดปรับเปลี่ยนทิศทางแบบ ปรับได้	- สามารถปรับระยะของก้านเกลียวได้ - สามารถเพิ่มน้ำหนักของก้านเกลียวได้ - ใช้วัสดุที่ซ่อมบำรุงรักษาง่ายกว่า - กระบวนการผลิตง่ายกว่า	- ห้อยตัวได้ทิศทางเดียว
แนวการติดตั้งสายพาน	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 ติดตั้งสายพาน 3 จุด	- ประหยัดวัสดุและต้นทุน	- ทำได้ยากมีโอกาสดที่สายพานจะชนกับถาด
 แนวความคิดที่ 2 ติดตั้งสายพาน 4 จุด	- มีพื้นที่มาก ไม่มีโอกาสดที่สายพานจะชนกับถาด	- ใช้วัสดุและต้นทุนสูง

ชุดรองรับ	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 แบบไม่สามารถปรับได้	- ผลิตง่ายกว่าไม่ซับซ้อน - ประหยัดต้นทุนกว่า - ป้องกันการคลาดเคลื่อนของปากทางออก - ติดตั้งอุปกรณ์นับจำนวนได้สะดวกกว่า	- ไม่สามารถปรับตั้งได้ขนาดของทางออกได้
 แนวความคิดที่ 2 แบบสามารถปรับได้	- สามารถปรับตั้งได้ขนาดของทางออกได้	- ไซตันทุนเพิ่มขึ้น - มีโอกาสเกิดการคลาดเคลื่อนของปากทางออกหากลิ้มปรับตั้ง
วัสดุชุดรองรับ	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 Steel plate painting	- ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย - มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี	- เกิดสนิมได้ง่ายกว่า
 แนวความคิดที่ 2 Stainless Steel	- ตานทานการกัดกร่อนดี - ความแข็งแรงสูงสุดและมีความยืดตัวสูง - สามารถใช้งานที่อุณหภูมิเย็นจัดและร้อนจัด	- มีราคาสูง

ชุดกำหนดการทำงาน	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 ระบบควบคุม PLC	- มีความเสถียรและมีคำสั่งสำเร็จรูปที่แม่นยำ - สามารถตั้งค่าการรีเซ็ตจำนวนแบบอัตโนมัติได้ - เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้ง่าย - อายุการใช้งานยาวนาน	- มีราคาสูงมาก - ต้องใช้เวลามากในการต่อสายไฟ - ซ่อมบำรุงยากต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น
 แนวความคิดที่ 2 มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส	- มีราคาถูก - หาซื้อได้ง่ายกว่า - สามารถเขียนคำสั่งได้หลากหลายคำสั่ง - หากชำรุดสามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนได้ง่ายกว่า	- ต้องมีความชำนาญและประสบการณ์ในการเขียนคำสั่งโปรแกรม - ซ่อมบำรุงยากต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น
วัสดุประกอบตัวเครื่อง	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 Steel plate painting	- ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย - มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี	- เกิดสนิมได้ง่ายกว่า
 แนวความคิดที่ 2 Stainless Steel	- ต้านทานการกัดกร่อนดี - ความแข็งแรงสูงสุดและมีความยืดตัวสูง - สามารถใช้งานที่อุณหภูมิเย็นจัดและร้อนจัด	- มีราคาสูง

คณะผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการออกแบบทั้ง 2 แนวความคิด ดังตารางที่ 1 - ตารางที่ 3 ทำให้ได้ข้อสรุปว่าจะดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ตามแนวคิดที่ 1 คือ ใช้เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองที่มีขั้นตอนไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน ทำงานได้ง่าย ทำให้ดอกดาวเรืองไหลลงได้ง่ายและไม่เกิดการติดขัด

3.2.6 การแสดงคุณลักษณะของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

คณะผู้วิจัยได้พิจารณาและกำหนดกรอบคุณลักษณะที่เป็นส่วนหลักของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง เพื่อใช้สำหรับการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยสรุปไว้ในตารางที่ 4 ว่าสิ่งใดต้องมีและสิ่งใดควรจะมี ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 สรุปคุณลักษณะต่างๆ ที่สำคัญ เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่อง

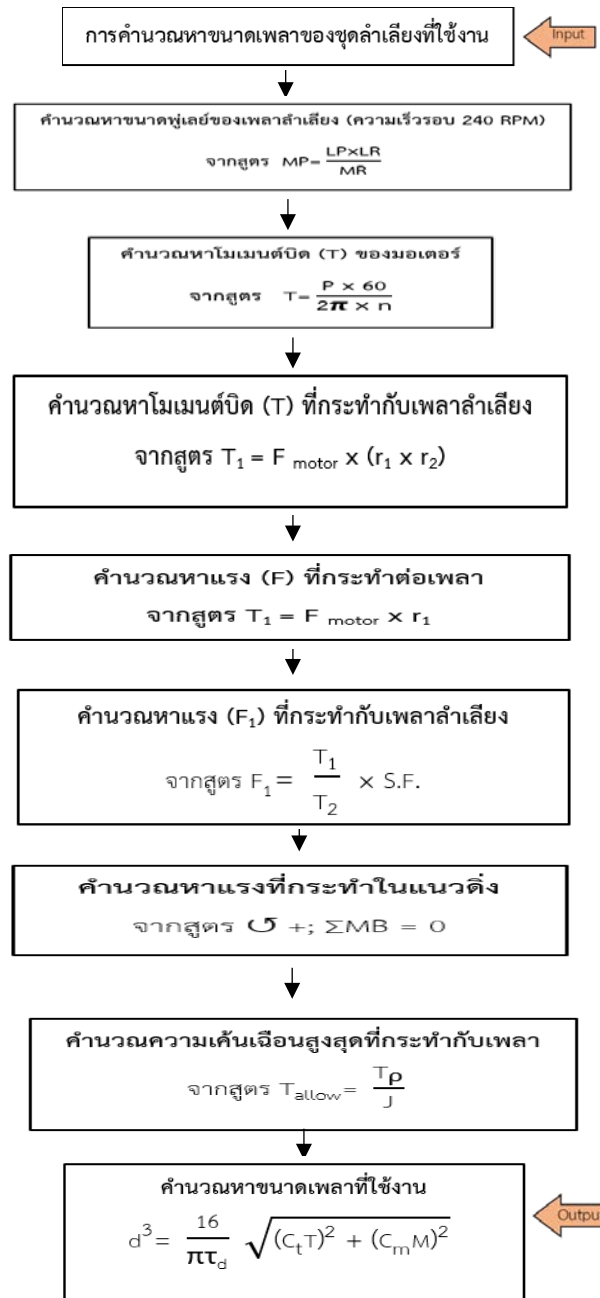
การเปรียบเทียบความจำเป็นในการทำโครงการ		ความจำเป็น	
สิ่งที่ควรคำนึง	คุณลักษณะ	สิ่งที่มี	สิ่งที่ควรมี
1. หน้าที่	- สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้	✓	
2. ความสามารถ	- สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้ 3 ขนาดตามที่กำหนด	✓	
	- สามารถนับจำนวนดอกและแสดงผลได้	✓	
	- เมื่อนับจำนวนครบ 100 ดอกเครื่องจะหยุดทำงานอัตโนมัติ		✓
3. คุณสมบัติของเครื่อง	- มีขนาดของเครื่องที่เหมาะสม		✓
	- การใช้งานของเครื่องไม่ยุ่งยาก	✓	
	- ดูแลและถอดทำความสะอาดได้ง่าย	✓	
	- มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน	✓	

การเปรียบเทียบความจำเป็นในการทำโครงการ		ความจำเป็น	
4. กระบวนการทำงาน	- ไขมอเตอร์ในการขับเคลื่อนสายพานและชุดถาดเขย่าดอกดาวเรือง	✓	
	- แจ้งเตือนสัญญาณเมื่อนับจำนวนครบ	✓	
5. การเคลื่อนย้าย	- สามารถเคลื่อนย้ายนอกสถานที่ได้		✓
6. รูปร่างของเครื่อง	- มีขนาดความ กวขยxส ประมาณ 1,211 x 2,450 x 1,546	✓	

3.3 การคำนวณหาขนาดของวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

ผู้วิจัยได้พิจารณาและกำหนดขอบเขตสำหรับการคำนวณหาขนาดของวัสดุที่ใช้ทำชุดอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ดังนี้

3.3.1 การคำนวณหาขนาดเพลลาของชุดลำเลียง



ภาพที่ 4 การคำนวณหาขนาดเพลลาของชุดลำเลียง

(1) คำนวณหาขนาดพูลเลย์ของเพลาลำเลียง

$$MP = \frac{LP \times LR}{MR} \quad (1)$$

โดยที่ MP = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ของมอเตอร์
 MR = ความเร็วรอบของต้นกำลัง
 มอเตอร์ (มอเตอร์เกียร์ทด 1:10)
 LP = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์
 ของโหลต (เพลลาของสายพานลำเลียง)
 C_m = ตัวประกอบความล่าช้าเนื่องจากการตัด
 LR = ความเร็วรอบของโหลต

(2) คำนวณหาโมเมนต์บิด (T) ของมอเตอร์

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi \times n} \quad (2)$$

โดยที่ T = โมเมนต์บิดของมอเตอร์
 P = กำลังของมอเตอร์ (วัตต์)
 n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบ/นาที)

(3) คำนวณหาแรง (F) ที่กระทำต่อเพลลา

$$T_1 = F_{\text{motor}} \times r_1 \quad (3)$$

โดยที่ T_1 = โมเมนต์บิดของมอเตอร์ (นิวตันเมตร)
 F_{motor} = กำลังของมอเตอร์
 r_1 = รัศมีของพูลเลย์บนเพลลามอเตอร์ (เมตร)

(4) คำนวณหาโมเมนต์บิด (T) ที่กระทำกับเพลาลำเลียง

$$T_2 = F_{\text{motor}} \times (r_1 - r_2) \quad (4)$$

โดยที่ T_2 = โมเมนต์บิดของมอเตอร์ (นิวตันเมตร)

F_{motor} = กำลังของมอเตอร์

r_1 = รัศมีของพูลเลย์บนเพลามอเตอร์(เมตร)

r_2 = รัศมีของพูลเลย์บนเพลาลำเลียง (เมตร)

(5) คำนวณหาหาแรง (F_1) ที่กระทำกับเพลาลำเลียง

$$F_1 = \frac{T_2}{r_2} \times \text{S.F.} \quad (5)$$

F_1 = แรงที่กระทำต่อเพลาลำเลียง (นิวตัน)

r_2 = รัศมีของพูลเลย์บนเพลาลำเลียง (เมตร)

S.F. = ค่าความปลอดภัย = 3

(6) คำนวณหาหาแรง (F_2) ที่กระทำกับเพลาลำเลียง

$$F_2 = m \times g \times \text{S.F.} \quad (6)$$

โดยที่ F_2 = แรงที่กระทำต่อเพลาลำเลียง (นิวตัน)

m = มวล (น้ำหนักของดาวเรือง + น้ำหนักพูลเลย์) (Kg)

g = ค่าความเร่งโน้มถ่วง

$$= 9.81 \text{ m/s}^2$$

S.F. = ค่าความปลอดภัย = 3

(7) คำนวณความเค้นเฉือนสูงสุดที่กระทำกับเพลาลำเลียง

$$\tau_{\text{allow}} = \frac{T\rho}{J} \quad (7)$$

โดยที่ τ_{allow} = ความเค้นเฉือน (N/mm^2)

T = โมเมนต์บิดที่กระทำต่อเพลาลำเลียง (Nm)

ρ = รัศมีวงนอกสุดของเพลาลำเลียง (m)

J = โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่

(8) คำนวณหาขนาดเพลลาที่ใช้งาน

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} \sqrt{(C_t T)^2 + (C_m M)^2} \quad (8)$$

- โดยที่ d = รัศมีเพลลา (mm)
 τ_d = ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน
 $= 4.563 \text{ N/mm}^2$
 C_t = ตัวประกอบความล้าจากการบิด ; แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้าๆ = 1.0
 C_m = ตัวประกอบความล้าจากการดัด ; แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้าๆ = 1.5
 T = ค่าความเค้นเฉือน = 9.54 Nm
 M = โมเมนต์ดัด

3.3.2 การคำนวณหาขนาดกำลังมอเตอร์ที่ใช้งาน

(1) คำนวณหาแรงที่กระทำต่อเพลลา

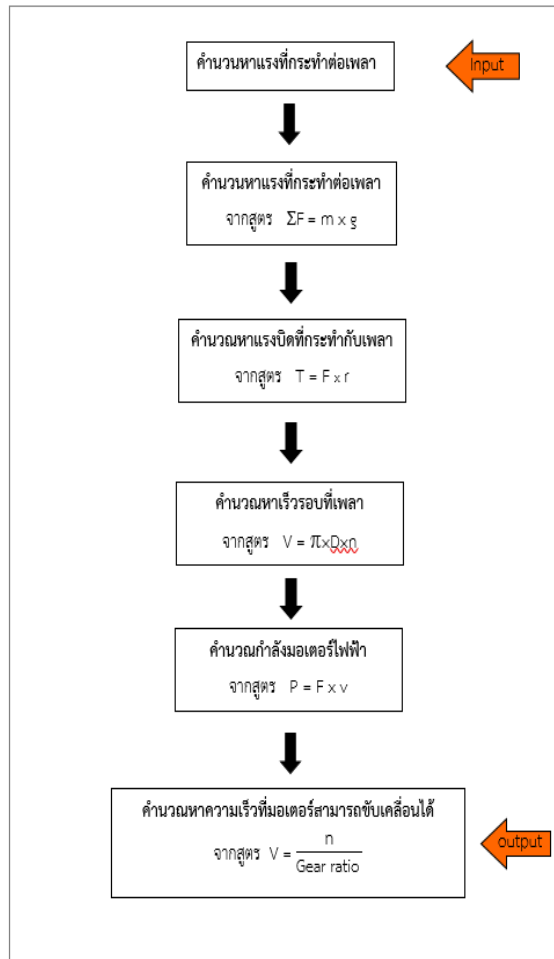
$$\Sigma F = m \times g \quad (9)$$

- โดยที่ F_2 = แรงที่กระทำต่อเพลลา (นิวตัน)
 m = มวล (น้ำหนักของดาวเรือง + น้ำหนักปุ๋ย) (Kg)
 g = ค่าความเร่งโน้มถ่วง
 $= 9.81 \text{ m/s}^2$

(2) คำนวณหาแรงบิดที่กระทำต่อเพลลา

$$T = F \times r \quad (10)$$

- โดยที่ T = โมเมนต์บิดของมอเตอร์ (นิวตันเมตร)
 F = กำลังของมอเตอร์
 r = รัศมีของปุ๋ยบนเพลลามอเตอร์ (เมตร)



ภาพที่ 5 การคำนวณหาขนาดกำลังมอเตอร์ที่ใช้

(3) คำนวณหาเร็วรอบที่เพลลา

$$V = \pi \times D \times n \quad (11)$$

- โดยที่
- V = ความเร็วรอบของเพลลา (เมตรต่อวินาที)
 - D = ขนาดความโตของพูเลย์ (เมตร)
 - n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อวินาที)

(4) คำนวณกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า

$$P = F \times V \quad (12)$$

โดยที่ P = กำลังของมอเตอร์ (Watt)

F = แรง (N)

V = ความเร็วของมอเตอร์ (m/s)

(5) คำนวณหาความเร็วที่มอเตอร์สามารถขับเคลื่อนได้

$$V = \frac{n}{\text{Gear ratio}} \quad (13)$$

โดยที่ V = ความเร็วของมอเตอร์ (m/s)

n = ความเร็วรอบ (rpm)

Gear ratio = อัตราทดเกียร์ 1:10

(6) คำนวณหาน้ำหนักที่มอเตอร์สามารถขับเคลื่อนได้

$$\Sigma F = m \times g \times S.F. \quad (14)$$

โดยที่ F = แรง (N)

m = มวล (น้ำหนักของดาวเรียง + น้ำหนักพูลเลย์) (Kg)

g = ค่าความโน้มถ่วง = 9.81 m/s^2

SF = Safety factor = 1.3

(7) คำนวณหาอายุการใช้งานแบร้ง

$$L_{10h} = \frac{L10^6}{60n} \times L_{10} \quad (15)$$

โดยที่ L_{10h} = อายุการใช้งานแบร้ง (ชั่วโมง)

n = ความเร็วรอบขณะนั้น (150 RPM)

L = ช่วงความกว้างของแบร้ง

L_{10} = อายุการใช้งานแนะนำของลูกปืนตามมาตรฐาน ISO 281

(8) คำนวณหาค่า K ของสปริง (Spring's constant)

$$\Sigma F = m \times g \times S.F. \quad (16)$$

โดยที่ F = แรง (N)

m = มวล (น้ำหนักดอกดาวเรือง + น้ำหนักถาดเขย่า + น้ำหนักมอเตอร์เขย่า)

g = ค่าความโน้มถ่วง = 9.81 m/s^2

SF = Safety factor = 2

จากสูตร $F = k \cdot x \quad (17)$

โดยที่ F = แรง (N)

k = ค่าคงตัวของสปริง (spring's constant)

x = ความยาวของสปริงที่เปลี่ยนไป (เมตร)

3.4 การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก

การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือกและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยสำคัญสำหรับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ CAD/CAM (Prasad K. and Chakraborty S.) เพื่อค้นหาจุดในการปรับปรุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงของแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมเพื่อตรวจสอบจุดอ่อนของโครงสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งจากผลการประเมินพบว่า เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยไม่ทำให้ชิ้นส่วนใดของเครื่องเกิดความเสียหายได้

-  ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยมากที่สุด
-  ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยมาก
-  ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยปานกลาง
-  ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยน้อยที่สุด

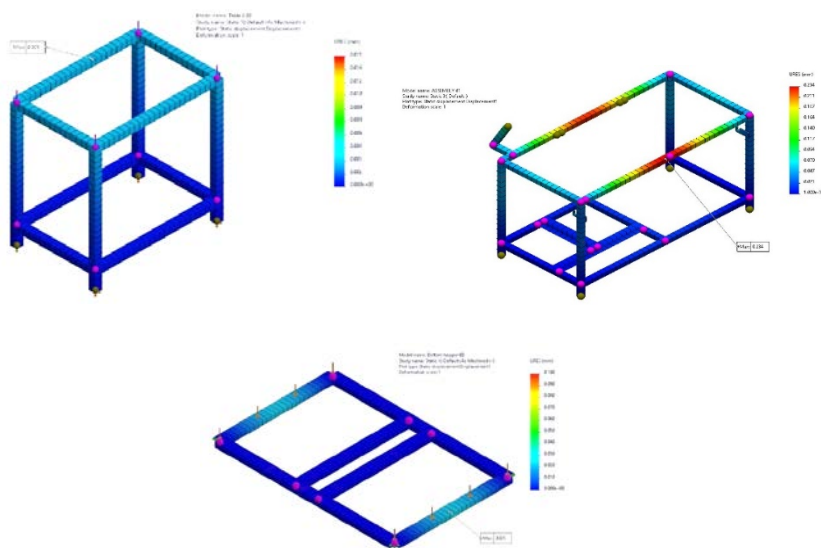
สูตรการหาหน่วยแรงดึงที่จุดคราก (Yield Strength)

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A} \quad (18)$$

โดยที่ σ_y = หน่วยแรงดึงที่จุดคราก (ksc)

P_y = แรงดึงที่จุดคราก (kg)

A = พื้นที่หน้าตัดก่อนการทดสอบ (cm²)



ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่า Maximum Elastic Strain โครงสร้างเครื่องชุดลำเลียง

4. ผลการศึกษา

4.1 วิธีการทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

4.1.1 วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

-เพื่อทดสอบว่าสามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ขนาด 50-70 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่กว่า 70 มิลลิเมตร โดยคัดแยกขนาดผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกดาวเรืองที่นับ

-เพื่อทดสอบว่าสามารถคัดแยกดอกดาวเรืองจำนวน 100 ดอก ภายในเวลา 3 นาที

-เพื่อทดสอบการนับดอกดาวเรืองของชุดนับจำนวน โดยต้องไม่นับต่ำกว่าจำนวนจริง แต่สามารถนับจำนวนดอกได้เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกที่นับทั้งหมด

-เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุความบกพร่องต่างๆ และนำไปปรับปรุงแก้ไข

4.1.2 เงื่อนไขการทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดของดอกดาวเรือง

-ดอกดาวเรืองที่คัดแยก ต้องเป็นสายพันธุ์ตามที่กำหนดไว้ ได้แก่ ทองเฉลิม ร็อคโคดีฟ ลำำ

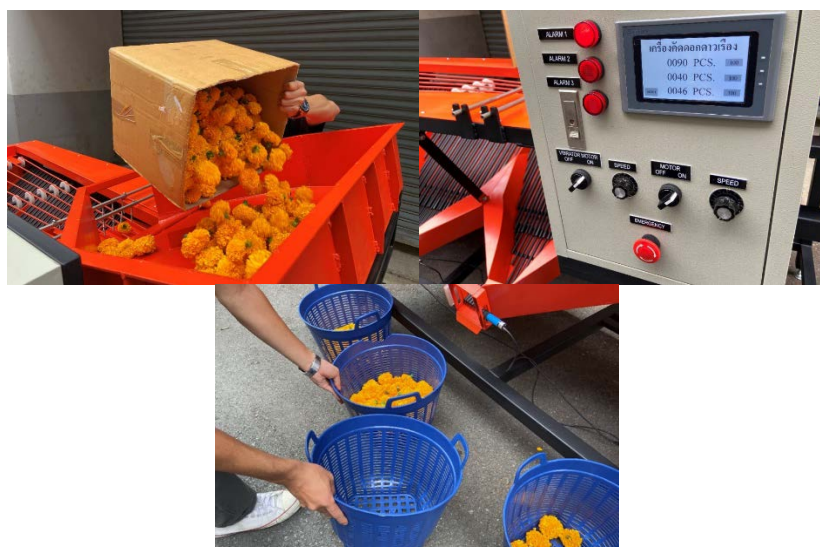
- ดอกดาวเรืองที่นำมาตัดแยก ต้องมีขนาดความโตดอกไม่ต่ำกว่า 40 มิลลิเมตร และขนาดความโตดอกสูงสุดไม่เกิน 80 มิลลิเมตร
- ดอกดาวเรืองที่นำมาตัดแยก ต้องตัดก้านสั้นเท่านั้น ก้านไม่ต้องยาวไม่เกิน 40 มิลลิเมตร

4.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- เตรียมดอกดาวเรืองที่จะนำมาทำการตัดแยกขนาด
- เสียบปลั๊กเครื่องตัดแยกขนาดดอกดาวเรืองกับเต้าเสียบปลั๊กไฟ (220 V)
- เตรียมตะกร้าสำหรับรองรับดอกดาวเรืองที่ตัดแยกแล้ว ไว้ตรงปากทางออกชุดรองรับ
- เปิด Emergency สวิตช์ของเครื่อง
- เปิดสวิตช์การทำงานของมอเตอร์เขย่าและมอเตอร์ลำเลียง
- ปรับความแรงในการสั่นและความเร็วของสายพานลำเลียง
- รอสัญญาณไฟสีเขียวจากไฟแสดงสถานการณ์ทำงานว่าพร้อมใช้งาน
- กดรีเซ็ตชุดนับจำนวนดอกดาวเรืองให้จำนวนเป็นศูนย์
- ป้อนดอกดาวเรืองลงบนชุดถาดเขย่าของเครื่อง
- เมื่อนับจำนวนถึง 90 ดอก จะมีสัญญาณไฟแจ้งเตือน เพื่อเปลี่ยนตะกร้ารองรับ
- นำตะกร้ามาเปลี่ยนแทนตะกร้าเดิม ที่ตรงปากทางออกของชุดรองรับ
- เมื่อตัดแยกเสร็จสิ้น กดปุ่มหยุดการทำงานของเครื่อง
- ปิด Emergency สวิตช์
- กดรีเซ็ตชุดนับจำนวนดอกดาวเรือง ให้จำนวนเป็นศูนย์
- ถอดปลั๊กเครื่องตัดแยกขนาดดอกดาวเรือง
- ทำความสะอาดเครื่องตัดแยกขนาดดอกดาวเรืองหลังการใช้งาน



ภาพที่ 7 เครื่องตัดแยกขนาดดอกดาวเรือง



ภาพที่ 8 การตัดแยกดาวเรือง

4.1.4 การทดสอบ

การทดสอบครั้งที่ 1 ปัญหาที่พบคือ ดอกดาวเรืองไม่ไหลลงจากถาดเขย่า เนื่องจากกำลังสั่นของมอเตอร์ไม่เพียงพอและตำแหน่งของการติดตั้งมอเตอร์ เนื่องจากติดตั้งมอเตอร์ไว้ที่โครงด้านล่างแรงสั่นจึงไม่ส่งถึงถาดเขย่าทำให้ดอกดาวเรืองสั่นอยู่กับที่

การทดสอบครั้งที่ 2 ปัญหาที่พบคือ คือ ดอกดาวเรืองยังคงไม่ไหลลงจากถาดเขย่า แม้จะมีการสั่นที่แรงขึ้นและย้ายตำแหน่งมอเตอร์แล้ว ผลลัพธ์ก็ยังคงเหมือนเดิม จึงคาดว่าองศาที่เอียงของถาดเขย่ายังไม่มากพอที่จะทำให้ดอกดาวเรืองไหลลงมา และมีดอกดาวเรืองมาติดตรงมุมของถาดเขย่า ทำให้ดอกดาวเรืองไหลได้ไม่ดี

การทดสอบครั้งที่ 3 ปัญหาที่พบคือ ดอกดาวเรืองหล่นลงถาดคัดแยกขนาดที่ไม่ตรงกับขนาดจริง เนื่องจากสาเหตุที่ดอกดาวเรืองที่ไหลออกจากถาดเขย่าลงมาสายพานลำเลียงบางดอกเกิดการเอียงบนสายพานและชุดเกลี่ยไม่สามารถปรับลักษณะดอกได้ทั้งหมด รวมถึงระยะความยาวของสายพานจากหัวเครื่องไปยังท้ายเครื่องมีความยาวมาก ทำให้สายพานลำเลียงเกิดการแกว่ง จึงมีบางดอกตกลงไปไม่ตรงกับช่องขนาดจริงของดอกดาวเรือง

การทดสอบครั้งที่ 4 ปัญหาที่พบคือ มีดอกดาวเรืองบางดอกไม่ไหลลงจากถาดเขย่า เนื่องจาก องศาในการเอียงของถาดยังไม่มากพอและพื้นผิวของถาดสัมผัสกับตัวดอกดาวเรืองมากเกินไปทำให้ดอกดาวเรืองเกิดความหนืดและไม่ไหลและอีกหนึ่งปัญหาคือดอกดาวเรืองจากจะติดกันตรงทางออกของปากถาดรองรับ อาจเกิดจากสาเหตุปากทางออกนั้นมีความยาวมากเกินไปซึ่งปากทางออกดาวเรืองสามารถออกได้ที่ละดอกเท่านั้นหากใช้เวลาในการไหลมากดอกจึงไปติดกันตรงทางออก

การทดสอบครั้งที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพ ที่ความเร็วสายพานลำเลียง 100 รอบต่อนาที แรงสั่นมอเตอร์ 50% โดยคัดแยกดอกดาวเรืองที่ตัดก้านสั้น คละไซค์ทั้งหมดจำนวน 300 ดอก

4.1.5 ผลการทดสอบ สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 5 ถึงตารางที่ 7
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกดอกดาวเรือง

ผลการทดสอบชุดถาดเขย่า			
การทดสอบ ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (นาท)		
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	1.08	✓	
2	1.25	✓	
3	1.10	✓	
4	1.05	✓	
5	1.20	✓	
6	1.15	✓	
7	1.22	✓	
8	1.10	✓	
9	1.19	✓	
10	1.23	✓	
รวม	10.57	ผ่าน	

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

ผลการทดสอบชุดคัดแยกขนาด									
ครั้งที่	จำนวนของดอก (ผลิตผลได้ไม่เกินร้อยละ 15)								
	ต่ำกว่า 50 มม.			50-70 มม.			มากกว่า 70 มม.		
	จำนวน	ผลิตผล	*	จำนวน	ผลิตผล	*	จำนวน	ผลิตผล	*
1	111	4	✓	110	3	✓	103	1	✓
2	114	5	✓	108	3	✓	102	2	✓
3	108	4	✓	114	7	✓	100	2	✓
4	110	6	✓	108	3	✓	103	3	✓
5	113	8	✓	105	5	✓	101	1	✓
6	115	7	✓	103	4	✓	105	3	✓
7	108	8	✓	108	3	✓	103	2	✓
8	106	5	✓	112	4	✓	104	3	✓
9	115	10	✓	110	6	✓	103	3	✓
10	115	10	✓	110	4	✓	106	2	✓
รวม	1,124	67		1,088	42		1,030	22	

* หมายถึง = ยอมรับได้หรือไม่

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดนับจำนวน

ผลการทดสอบชุดนับจำนวน												
ครั้งที่	ขนาดของดอก (ผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15)											
	ต่ำกว่า 50 มม.				50-70 มม.				มากกว่า 70 มม.			
	จำนวนจริง	จำนวนที่แสดง	ผิดพลาด	*	จำนวนจริง	จำนวนที่แสดง	ผิดพลาด	*	จำนวนจริง	จำนวนที่แสดง	ผิดพลาด	*
1	111	100	11	✓	110	100	10	✓	103	100	3	✓
2	114	100	14	✓	108	100	8	✓	102	100	2	✓
3	108	100	8	✓	114	100	14	✓	100	100	0	✓
4	110	100	10	✓	108	100	8	✓	103	100	3	✓
5	113	100	13	✓	105	100	5	✓	101	100	1	✓
6	115	100	15	✓	103	100	3	✓	105	100	5	✓
7	108	100	8	✓	108	100	8	✓	103	100	3	✓
8	106	100	6	✓	112	100	12	✓	104	100	4	✓
9	115	100	15	✓	110	100	10	✓	103	100	3	✓
10	115	100	15	✓	110	100	10	✓	106	100	6	✓
รวม	1,124		115		1,088		88		1,030		30	

จากตารางที่ 5-7 เป็นการทดสอบหลักการทำงานของแต่ละชุดของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง คือ

ตารางที่ 5 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของชุดเขย่าดอกดาวเรือง สามารถเขย่าดอกดาวเรืองให้ไหลไปยังสายพานคัดแยกได้ จำนวนมากกว่า 100 ดอก ภายในเวลาไม่เกิน 3 นาที

ตารางที่ 6 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพชุดคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยสามารถขนาดดอกดาวเรือง 3 ขนาดที่กำหนด มีการคัดแยกผิดพลาดอยู่ในขอบเขตที่กำหนด

ตารางที่ 7 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพชุดนับจำนวน สามารถนับจำนวนได้ดี มีการนับผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 15 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

5. สรุปผลการศึกษา

เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ที่สร้างขึ้นมานี้สามารถใช้งานได้จริงเป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง และทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ ชุดโครงเครื่อง ชุดถาดเขย่า ชุดลำเลียงและคัดแยกขนาด ชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง ชุดรองรับ ชุดควบคุมการทำงาน เป็นต้น ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง พบว่า เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง สามารถคัดแยกดอกดาวเรืองสายพันธุ์ตามที่กำหนดไว้ ได้แก่ ทองเฉลิม ร็อคโคดีฟ ลำชา สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ขนาด 50-70 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่กว่า 70 มิลลิเมตร โดยคัดแยกขนาดผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกดาวเรืองที่นับ และสามารถคัดแยกดอกดาวเรืองจำนวน 100 ดอก ภายในเวลา 3 นาที ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

6. เอกสารอ้างอิง

- ปรีชาวุฒิ พลัดทองศรี และ ณัฐา โพธารมณ์. การถ่ายทอดลักษณะสีกลีบดอก ของดาวเรือง. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54; 2-5 กุมภาพันธ์ 2559; มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2559. หน้า 95-99.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2568). [ออนไลน์]. สถานการณ์การผลิตสินค้าเกษตร 2567. [สืบค้นวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2568]. จาก <http://www.agriman.doae.go.th/home/news/year2568.pdf>
- ภูมินทร์ ตันอุดม และ ณัฐกร ขาสวรรณ. (2562). การพัฒนาเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรืองโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. ปีที่ 11 (ฉบับที่ 13), 79-92.
- สุทธิดา รอดเกษม, สมรักษ์ วงศ์โปทา และ ธนิตัน ยอดดำเนิน. เครื่องคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้และสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2563; 17 ธันวาคม 2563, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี; 2563. หน้า 1-12.

วรวิทย์ กังหัน, ดิเรก ไชยสิทธิ์, ไตรภพ คณาจันทร์แสง, อภิชาติ ศรีประดิษฐ์ และทวีศักดิ์ กังหัน. (2563). เครื่องคัดแยกเกรดแตงโมอัตโนมัติโดยใช้การตรวจวัดน้ำหนัก. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, ปีที่ 26, (ฉบับที่ 2), 15-20.

สุรเทพ แป้นเกิด, นรินทร์ จีระนนตสิน, ปิติวัฒน์ จุลเกษมศักดิ์, รุ่งทิพย์ โคบาล และ วาสนา ด่วงเหมื่อน. (2565). เครื่องคัดแยกน้ำหนักและสีมะม่วงอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. วารสารวิจัยราชมงคลกรุงเทพ, 99-105.

Prabira Kumar Sethy, Bijayalaxmi Routray and Santi Kumari Behera. (2019). Detection and Counting of Marigold Flower Using Image Processing Technique. In: Biswas, U., Banerjee, A., Pal, S., Biswas, A., Sarkar, D., Halder, S. (eds) Advances in Computer, Communication and Control. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 41. Springer, Singapore.

Internship Recommendation System Based on Applied Data Mining Techniques

Pornthip Liewtrakul^{1*}, Rattana Leerungnavarat¹ and Chatchanan Iniam²

¹Information Technology and Data Science Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, Thailand.

²Automation Engineering Technology Program, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, Thailand.

*Corresponding author email: pliewtrakul@gmail.com

Received 06 Feb 2025 Revised 09 Apr 2025 Accepted 19 May 2025

Abstract

This study aimed to 1) develop 2) evaluate and 3) examine the satisfaction of users of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining. The system was designed and developed to respond to the comprehensive performances. It was suitable for the abilities of everyone to search for establishments close to the accommodation. provide maps of the company's location and navigate to those locations. Establishments can advertise for interns that meet their needs. The developed system looks like a website, can be accessed through various browsers such as Google Chrome, Mozilla Firefox, and can be displayed on Pcs, smartphones, or tablets. It also had a map to show where individual companies and could navigate the interns to those places. Moreover, it could also advertise the recruitment of internship students in accordance with their requirements through the system. The system was developed a website-based on the Internet. It could be accessed through different browsers, such as Google Chrome and Mozilla Firefox. Its performance

was displayed on PCs, smartphones and tables. The development approach based on the System Development Life Cycle (SDLC), and Apache was chosen as the server emulator for website. PHP was used for programming. MySQL was used for database management. The quality of the developed system was evaluated by 5 computer system experts. The result of evaluation was high ($\bar{x} = 4.16$, S.D. = 0.62). The satisfaction of the system was evaluated by 30 respondents of the sample group. The result of assessment was high ($\bar{x} = 4.21$, S.D. = 0.64).

Keywords: Company Recommendation System, Internship, Area-based, Data Mining

1. Introduction

Over the past years the economic development of Thailand has relied more heavily on the enhancement of effectiveness deriving from the labor and natural resource advantages as well as the importation of ready-to-use technologies rather than on the knowledge accumulation. To develop homegrown technologies, the development has to focus on the reinforcement of science and technologies and the increase of abilities to use applied science, technologies and innovations. It would elevate the competitiveness of the manufacturing and service sectors, including people's quality of live (Kanyarat, Chanita, Pornthip and Rattana, 2020). Route Community Tourist Attraction Recommendation System in Ang Thong Province [Online]. 2(1), 1-13.). Also, it could encourage the comprehensive development of innovations and technologies in all aspects – which in turn would lead to an increase in the nation's economic competitiveness, an improvement of people's quality of life, the narrower social gaps, the creation of knowledge and skills which are suitable for all groups of people and the improvement of work performance. Throughout the fiscal year 2021, Digital Economy Promotion Agency or DEPA promoted and supported the general public to have an understanding, basic skills, safe and effective use of digital technologies and information literacy (Chanchai, 2020).

The New Normal caused by the situation of the COVID-19 pandemic has made a number of people change their behaviors together across the world. Instead of being able to go out to workplaces or schools, all types of activities have to be done at home. The business and service sectors also have to change their business operations to keep pace with the current situation, by adjusting themselves to the New Normal to avoid virus contraction, and at same time to revive their economic potentials. This has led to the creation of new innovations and technologies, the adjustment of ideas, perspectives, management approaches, including behaviors in relation to food, clothes, hygiene, education,

communications, and business operations – which were routines previously – to become the New Normal behaviors to which people have gradually become used to and have eventually integrated with their normal way of life (Duangkamol and Rattana, 2021).

For data mining, in the past data was kept in a simple storage system. However, the storage system has been changed to the system of which data is kept in databases. At present, an analysis which relies on a single database can no longer provide sufficient and deep knowledge for the operations in the world in which competitions are rigorous and everything changes rapidly. Therefore, it is necessary to combine various databases together which is called Data Warehouse. It is the method that data from different sources are kept in a common format and in the same storage space (Jeerawut Varin, 2021).

Given the principles and the reasons mentioned above, it is necessary to develop the Area-Based Internship Recommendation System by using data mining to assist the decision-making. Also, the system would allow the companies to recruit internship students in accordance with what they require by putting advertisements on the system. In addition, the students would be able to search the places near to their preferable accommodations and to be offered the internship which suit their aptitudes.

2. Purpose

- 2.1 To develop the Area-Based Internship Recommendation System by applying data mining technique
- 2.2 To access the quality of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining
- 2.3 To examine the satisfactory of the users of Area-Based Internship recommendation System of Applied Data Mining

3. Research methods

Scope of the Study

3.1 Population and Sample groups

The population of this study was the companies with which the students of Department of Information Technology and Communications, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, had internships. The sample group of this study was comprised of the users of the Area- Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining in Bangkok Metropolitan Region (BMR). The 30 respondents were selected by means of the purposive sampling.

3.2 Scope of the developed system

Area- Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining defined the access rights and the user rights as follows:

3.2.1 The system was designed to be website-based on the Internet, and could be run on PCs with different browsers, namely Internet Explorer, Google Chrome, and Mozilla Firefox and also on smartphones or tablets.

3.2.2 The usage rights were 1) the system administrator 2) the internship companies and 3) the internship students.

3.2.3 The operation was divided into 3 sub-systems as follows:

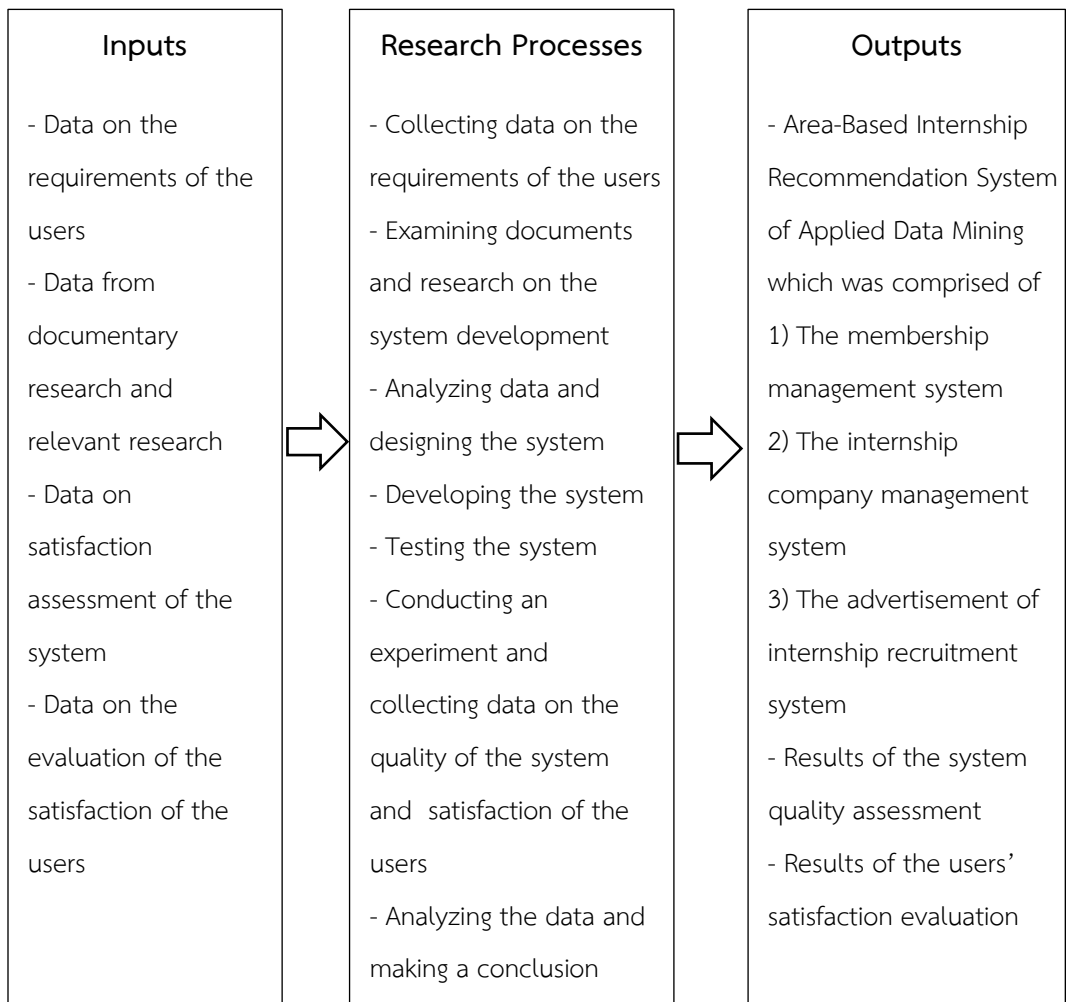
- A) The membership management system
- B) The internship company management system
- C) The advertisement of internship recruitment system.

3.3 Variables of the study

3.3.1 The independent variable was the Area- Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining

3.3.2 The dependent variable were the quality of the system and the satisfaction of the users of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining.

Conceptual Framework



4. Research Methodology

4.1 The collection of data on the requirements of the users was done by interviews with the internship companies and with individuals who wanted to use the system to understand the problems, the requirements, and relevant processes. The data collected from the interviews was used for the implementation and the decision-making relating to the system development. The operation was divided into 3 aspects as follows:

4.1.1 The system administrator could add, delete, edit and search all data about the members, the internship companies and the internship students.

4.1.2 The internship companies could add, delete, edit and search the data about their own companies and the internship recruitment advertisement.

4.1.3 The internship students could add, delete, edit and search the data about themselves and search the internship companies and apply for the internship.

4.2 Study and Research

4.2.1 Data Mining is the process of finding relationships, new patterns and trends by using large amounts of data stored in a data warehouse. Then the mathematical and statistical methods are used to analyze the data. It is widely used in various information systems to increase the efficiency of searching and analyzing data. Data mining technology is used even in supporting systems of decision-making (Phummarin, Kunanya, Piyanan and Prapas, 2021).

4.2.2 Database management systems are software or programs which perform a function of managing databases. They facilitate the users of databases by, for example, creating a database, creating a database storage table and managing databases. The programs come with facilitating tools. The database management programs act as an intermediary between the users of databases and the developed applications to manage data in the databases (Kacha, 2011).

4.2.3 MySQL Database is a Relational Database Management System (RDBMS) program which has been developed by MYSQL AB. It uses SQL as its communication language to be compatible with various operation systems in order to manage data of different systems according to the purposes of program development, for example, PHP and Python. They are suitable for small and large systems (Madyatmadja and Adora, 2019).

4.2.4 System Development Life Cycle (SDLC) has 6 steps as follows: Step 1 problem specification, Step 2 system analysis, Step 3 system design, Step 4

system development, Step 5 system installation and step 6 system maintenance (Ministry of Digital Economy and Society, 2021).

4.3 Making Research Tools

4.3.1 The nature of the job system data and information including the requirements of the relevant users were analyzed. All of them would be used in the system tests to collect data and summarize the results obtained from the system tests.

4.3.2 The system analysis: the developers analyzed the systems in the website by using a Use Case Diagram and a Sequence Diagram (Office of the National Economic and Social Development Council, 2021) to describe the systems within Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining.

A) The interactivity between the users and the use of Area- Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining is shown in Figure 1 and the Sequence Diagram of the user information browsing is shown in Figure 2.

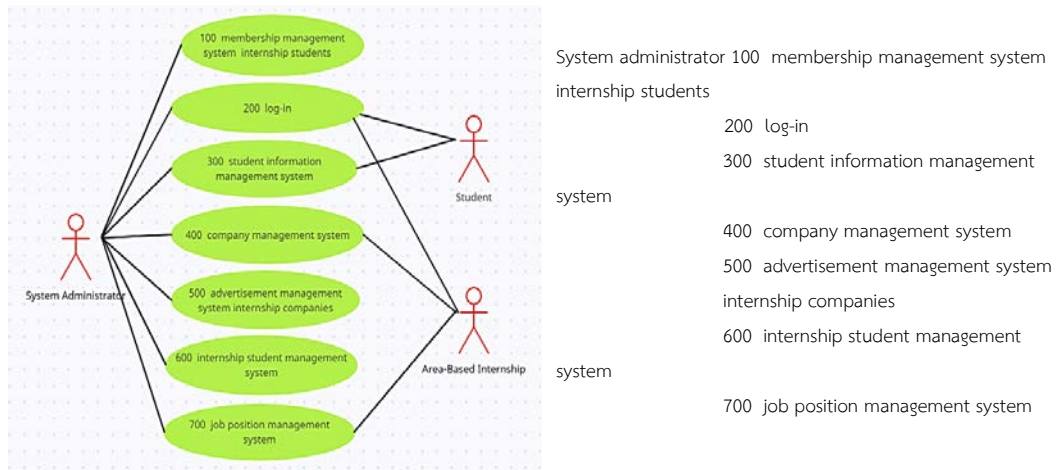
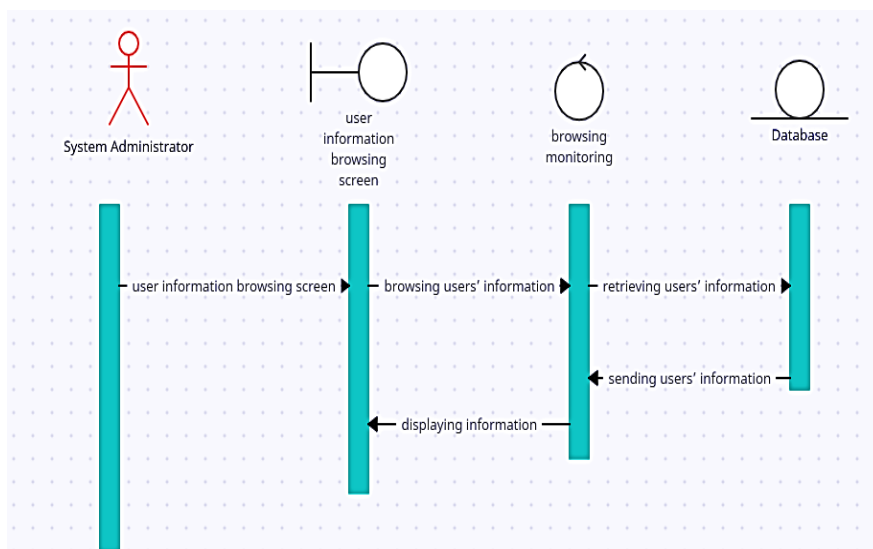


Figure 1 Use Case Diagram of the system operation



System administrator/ user information browsing screen /browsing monitoring.

system /databases. browsing users' information/ browsing users' information/

retrieving users' information.

sending users' information.

displaying information.

Figure 2 Sequence Diagram of the system operation

4.3.3 System Design: once system requirements of each part had been defined, the screen of the system and databases were designed (Saichon, 2017) with details of individual steps of the operation steps as follows:

A) Web page components could be divided into two parts as follows: 1) the header was the part that consisted of various menus and 2) the content was in the middle of the screen and displayed the main content as shown in Figure 3.

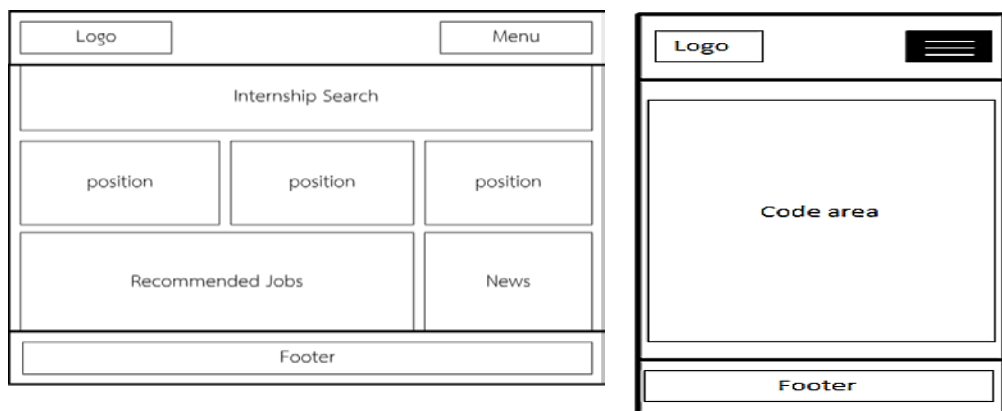


Figure 3 Main page displayed in a normal mode and a Responsive mode.

B) Database design by using an ER-Diagram to show the relationship between entities to make it easier to understand the communications within the system. It consists of 10 tables, namely news table, job table, type table, faculty table, migrations table, organization table, department table, warning table, apprentice table, and user table as shown in Figure 4.

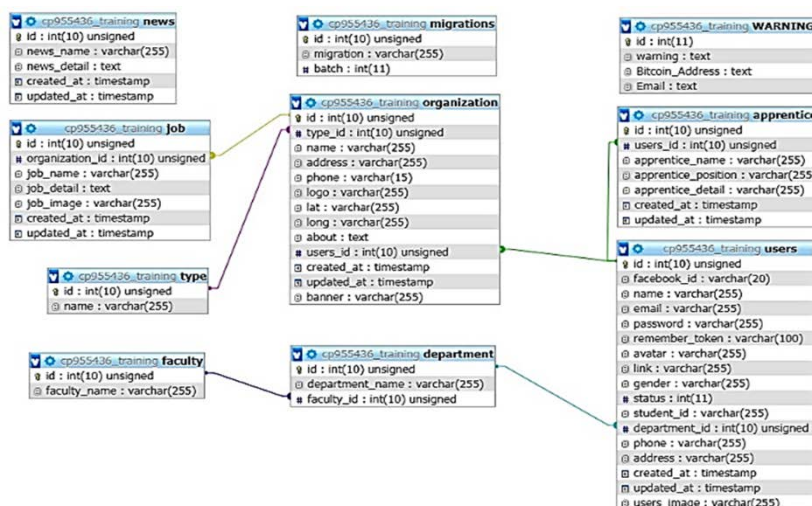


Figure 4 ER-Diagram of the system

4.3.4 The development of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining: HTML and PHP were used for the development. Sublime Text 3 was used as a program for system development (Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization), 2021) (Thiptida, 2013). MySQL was used to create database management system.

4.3.5 System test: After the development of the system had been completed successfully, the next step was a system test. The researchers would test to find errors, adjusted, and then corrected any errors which were found. This would allow the system to operate more accurately and efficiently to respond to the users as much as possible. The test was specified and implemented according to the test plan (Test Case) for checking system errors.

5. Results

5.1 The result of the development of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining in this study: the researchers

developed the usage system on Chrome browser, which could be displayed in two modes, namely a normal display and a responsive display as follows:

5.1.1 Main page: It is the first page of the website. It consisted of different menu bars and a log-in. It was displayed in a normal mode and a Responsive mode. It was divided into 4 parts, namely 1) internship company search 2) internship company display 3) a listing of recommendation displays 4) public relations display. They are shown in Figure 5.

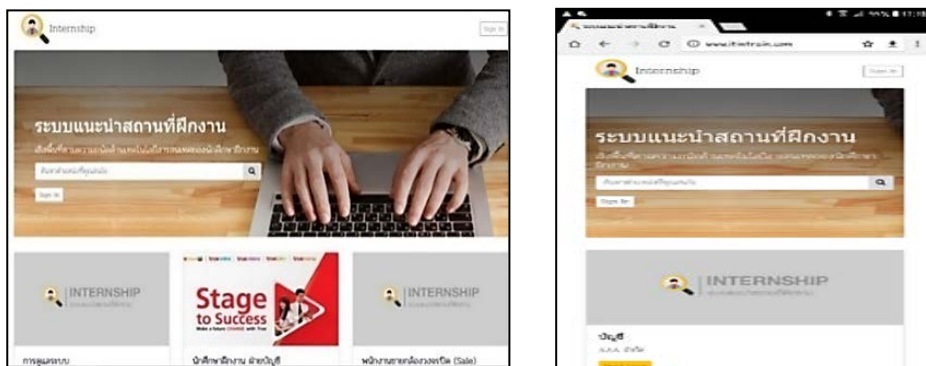


Figure 5 Main page displayed in a normal mode and a Responsive mode

5.1.2 Log-in the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining: It consisted of types of log-in as follows: 1) Log-in with Username of the internship search system 2) Log-in with Username of Facebook. They are shown in Figure 6.

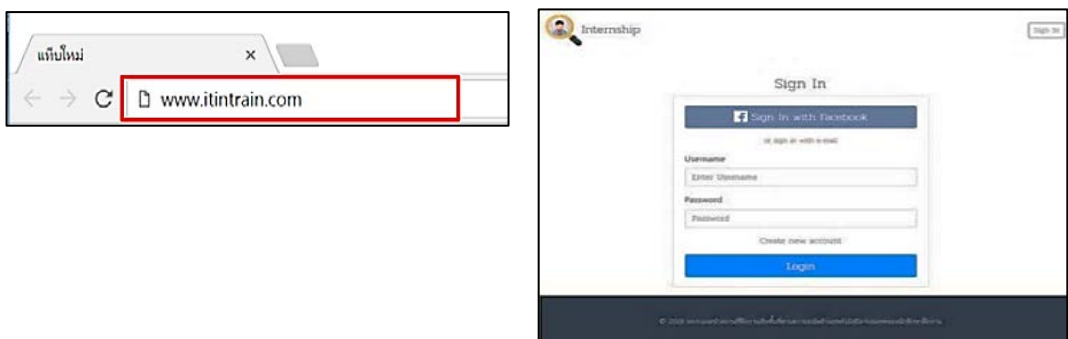


Figure 6 Log-in the system with Username

5.1.3 System administrator section: It dealt with the management of internal system, such as membership management system, student information management system, internship companies management system, management system. It is shown in Figure 7.

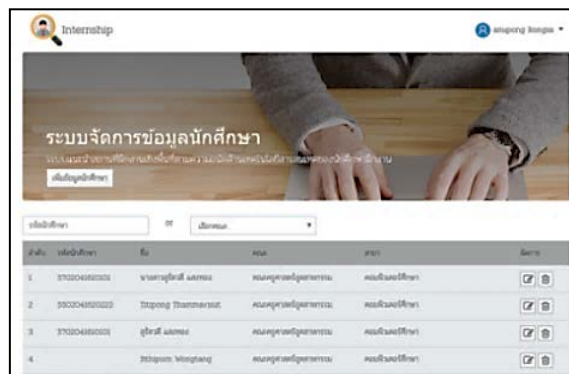


Figure 7 Student Information Management section in a normal display

5.1.4 Student Section: It was the part for editing personal information in the student information management system and the part of internship company search. It is shown in Figure 8.

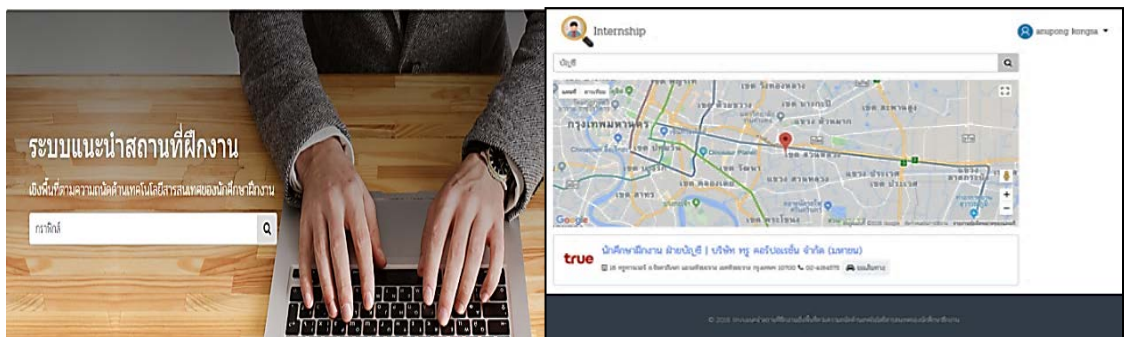


Figure 8 Internship company search and location of the company section

5.1.5 Internship Company Section: It was the part which dealt with registration and the editing of information of the companies in the internship company management system. They are shown in Figure 9 and Figure 10 respectively.

Figure 9 Internship company registration section

Figure 10 Internship company information editing section

5.2 The result of the quality assessment of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining by 5 computer system experts is shown in Table 1.

Table 1 The Quality Assessment of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining

Assessment Items	Quality Level		
	$\bar{X}$	S.D.	Meaning
1. Suitability of functionality the program	4.20	0.45	High
2. Accuracy of the performance of the program	4.00	0.71	High
3. Convenient and easy to use	4.40	0.55	High
4. Speed of the performance	4.00	0.71	High
5. Data protection and safety	4.20	0.84	High
Total	4.16	0.62	High

According to Table 1 which shows the quality of 5 different aspects of the program assessed by 5 computer experts, the overall quality was high ($\bar{X}$ = 4.16, S.D. = 0.62).

5.3 For the result of the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining user satisfaction assessment, the researchers had tested the completeness and the accuracy of the system, and then asked to users to use the developed system. This was for the examination of the satisfaction of 30 the internship companies. It is shown in Table 2

Table 2 The Examination of the User Satisfaction in all Aspects

Assessment Items	Quality Level		
	$\bar{X}$	S.D.	Meaning
1. Usage convenience	4.33	0.71	High
2. Processing with a satisfactory speed	4.27	0.70	High
3. Accuracy of the information retrieval and display	4.13	0.74	High
4. Simple operation process	4.07	0.68	High
5. Easy-to-understand system	4.27	0.64	High
Total	4.21	0.64	High

As can be seen in Table 2 which show the user satisfaction of the system in all aspects, the level of the user satisfaction was high. ($\bar{X}$ = 4.21, S.D. = 0.64)

6. Discussion and Conclusion

This study aimed to develop the Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining. The assessment tools were the quality assessment form and the user satisfaction evaluation form. The discussion and the conclusion of this study are as follows:

6.1 The Area-Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining was a website-based. It could be run on various browsers on PCs, smartphones, and tablets. The usage rights were divided into 3 rights for 3 types of users, namely a system administrator, internship companies and internship students. The operation was divided into 3 systems, i. e. , the membership management system, the internship company management system and the system dealing with advertisement of internship recruitment according to the requirements of the companies. The researchers analyzed and designed the system in accordance with the theory of analysis, design of an object-oriented system with UML (Unified Modeling Language) and developed the system in accordance with the theory of System Development Life Cycle which are as follows: 1) problem specification 2) analysis 3) design 4) development 5) testing 6) installation and operation and 7) maintenance. This would make the development of the system more efficient and could meet the requirements of the users. It is in line with the study conducted by Duangkamol Phonak and Rattana Leerunnavara (Duangkamol and Rattana, 2021) who examined and developed a doctor appointment and medicine alert system on Android. The development of this system adopted the approach which began with the specification of the problems pertinent to the system development, and then the analysis of system requirements and the system design, all of which were used to develop

the system. The system underwent a testing process. After the completion, the system was put in a practical test. The last step was the maintenance of the system, making it ready for usage.

6.2 The quality assessment of the Area- Based Internship Recommendation System of Applied Data Mining by 5 computer system experts was highest ($\bar{X}$ = 4.73, S.D. = 0.44) overall. It is consistent with the study of 14. Kanyarat Aliwongsakun et al. (Kanyarat, Chanita, Pornthip and Rattana, 2021). They developed an online system to recommend routes to community tourist attractions in Ang Thong Province. It was found that the tourist route guidance system could suggest information about the places along the route by making an ascending rank of tourist attractions in accordance to the distance between the places and the users, ranking the closest location on the top. It could assist the users to select the desirable tourist attractions from the recommended information. The quality of the system was by computer system experts. Its overall assessment result was high ($\bar{X}$ = 3.54 S.D. = 0.55).

6.3 According to the result of the examination of the user satisfaction, it was found that the satisfaction was highest ($\bar{X}$ = 4.77, S.D. = 0.46). It shows that the developed system can respond to the comprehensive usage of the users. It can be used to find internship places which are suitable for students' aptitudes. It also has a map which can show the quick and easy routes to the locations of internship companies. It is in line with the study of Phummarin Hrangnoi et al. (Phummarin, Kunanya, Piyanan and Prapas, 2021). who conducted research on the application of data mining technique to IT careers recommendation system for undergraduate students, the case study of Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The results of the quality and the satisfaction of the system were good with an average score of 4.27.

7. Recommendations

7.1 There should be the development of automatic feedback and notifications of internship.

7.2 There should be the development of the system which can disseminate public relations and news in relation to the internship through various channels both directly and online from the system to make the students be informed comprehensively.

7.3 The search results on the map should display other types of information, such as accommodation information and facilities. It would help the students to decide on their internship opportunities.

7.4 There should be a support system for the internship companies. Able to request to accept students for vocational internship.

7.5 The findings can be adopted as a prototype for developing curricula that incorporate professional internship

8. References

- Aliwongsakun, K., Wattatun, C., Liewtrakul, P., & Leerunnavarat, R. (2020). Route Community Tourist Attraction Recommendation System in Ang Thong Province [Online]. 2(1), 1-13.
- Chanchai Supaartagorn. (2020). The Creation of Web applications and The Connection to a Database with PHP + MySQL/MariaDB. Bangkok: Simplify.
- Duangkamol Phonak and Rattana Leerunnavara. (2021). Development of Reminder System of Doctor Appointment and Medicine on the Andriod Operating System. Advanced Science Journal. 21(2), 30-51.
- Jeerawut Varin. (2021). The Development of Modern Website with HTML5 JavaScript + CSS3. Bangkok: Simplify.
- Hrangnoi, P., Sogleing, K., Thepsomchai, P., & Thongrak, P. (2021). Applied Data Mining of Information Technology Career Advice for Undergraduates with Case Study Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The 12th Hatyai National and International Conference. 1572-1585.

- Kacha Chansilp. (2011). Textbook on Web Programming with PHP MySQL และ AJAX. Bangkok: Provision.
- Madyatmadja, E.D. and Adora, C. (2019). Designing and Using a MySQL Database for Human Resource Management. Technology and Engineering System. Journal, 4(6): 285-590.
- Ministry of Digital Economy and Society. (2021). Annual Report 2021. <https://www.mdes.go.th/storage/contents/file/aKZWEjqNLYG6DPKX8jMbvkrewbOG5Wsc8K2zt3OT.pdf>.
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2021). Summary of The National Economic and Social Development Plan No. 12 2017- 2021. <https://www.nesdc.go.th/download/plan12/สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่12.pdf>.
- Saichon Sinsomboonthong. (2017). Data Mining Vol.1 เล่ม 1 Finding Knowledge from Data. Bangkok: Chamchuri Product.
- Thailand Institute of Occupational Safety and Health (Public Organization). (2021). New Normal. <https://www.tosh.or.th/covid-19/index.php/new-normal>.
- Thiptida Vongpipan. (2013). Lease Approval Using Data Mining Techniques: Case Study of KRUNGTHAI CARRENT & LEASE PLC. Bangkok. An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science (Computer and Communication Technology) Department of Computer and Communication Technology Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University.

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและความชื้น
ของดินเหนียวด้วย Gaussian Model กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี
Analysis of the Dry Density–Moisture Content Relationship
of Clay Soil Using a Gaussian Model: A Case Study in
Pathum Thani, Thailand

รัตน์โชติ ทองป้อง¹ และภัทราภรณ์ เหนือศรี^{2*}

Rattanachot Thongpong¹ and Pattaraporn Nueasri^{2*}

¹สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

²สาขาวิศวกรรมการจัดการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

¹Department of Civil Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology

²Department of Management Engineering, Faculty of Industrial Technology

Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal Patronage, Pathum Thani Province

*Corresponding author email: pattaraporn.nuea@vru.ac.th

Received 14 Mar 2025 Revised 01 May 2025 Accepted 28 May 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นของดินเหนียวโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี โดยใช้วิธี Modified Proctor Compaction Test และเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง โดยข้อมูลถูกเก็บรวบรวมจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยการเตรียมตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่ศึกษา นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C และทำการบดและร่อนเพื่อคัดเลือกรังขนาดเฉพาะ จากนั้นใช้แม่พิมพ์บรรจุดินและทำการอัดดินในลำดับขั้นเพื่อลดช่องว่างและเพิ่มความหนาแน่นของดิน ข้อมูลจากการทดสอบถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างค่าความ

หนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังใช้การวิเคราะห์โมเดลการถดถอยเชิงพหุนาม (Polynomial Regression), Gaussian Model และ Logistic Model เพื่อหาค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสม ผลการทดสอบพบว่า Gaussian Model เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้งตามค่าความชื้น เนื่องจากมีค่า RMSE และ MAE ต่ำที่สุด โดย Gaussian Model สามารถให้ค่าพยากรณ์ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Peak Dry Density) เท่ากับ 1.505 g/cm^3 และค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content, OMC) เท่ากับ 9% การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ของการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินเหนียวในบริเวณที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยการเลือกใช้ Gaussian Model ช่วยให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำและสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและวางแผนงานก่อสร้างในพื้นที่ศึกษาต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ความหนาแน่นแห้ง ความชื้นที่เหมาะสม ดินเหนียว โมเดลการพยากรณ์

Abstract

This study investigates the relationship between dry density and moisture content of clay soil using a mathematical modeling approach, with a focus on a case study in Pathum Thani Province, Thailand. The Modified Proctor Compaction Test was employed to obtain data under controlled laboratory conditions. Soil samples were collected from the field, oven-dried at 105°C, ground, and sieved to achieve uniform particle sizes. These samples were then compacted in standard molds in multiple layers to reduce voids and increase density. Statistical analysis, including Analysis of Variance (ANOVA), was conducted to examine trends and determine the optimum moisture content for compaction. Predictive models including Polynomial Regression, the Gaussian Model, and the Logistic Model were applied to estimate dry density based on varying moisture contents. The Gaussian Model demonstrated the highest predictive accuracy, supported by the lowest values of RMSE and MAE. It predicted a peak dry density of 1.505 g/cm³ at an optimum moisture content of 9 percent. The findings are consistent with previous research and suggest that the Gaussian Model is well suited for analyzing the compaction characteristics of clay soils. The results can be applied to geotechnical engineering design and construction planning in regions with similar soil profiles.

Keywords: Dry Density, Optimum Moisture Content, Clay Soil, Prediction Models

1. บทนำ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมของดินเป็นองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางโยธา ดินเป็นวัสดุที่มีความหลากหลายทางธรณีวิทยา ทำให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อความเสถียรและประสิทธิภาพของโครงสร้างที่สร้างขึ้นบนดินนั้น ดินเหนียวเป็นหนึ่งในชนิดของดินที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่มีความยืดหยุ่นและความสามารถในการรับน้ำหนักดี ปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น การก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ดินเหนียวอ่อน ซึ่งยังไม่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติดินก่อนดำเนินการก่อสร้าง อาจส่งผลให้เกิดการยุบตัวได้ หากไม่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติอย่างเหมาะสม (Tang AM, 2009 และ Wang & Zhang, 2020) ในเขตจังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย ดินเหนียวเป็นวัสดุพื้นฐานที่พบได้อย่างแพร่หลาย ความเข้าใจในคุณสมบัติของดินเหนียวในพื้นที่นี้จึงเป็นเรื่องที่สำคัญในการออกแบบและวางแผนการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย การประเมินค่าความหนาแน่นแห้งของดินเหนียวสามารถช่วยให้เราเข้าใจถึงความสามารถในการรับน้ำหนักและความเสถียรของดิน ทำให้สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของดินได้อย่างเหมาะสม (Jiang , 2019) ดินเหนียวมีความสามารถในการยึดเกาะสูงและมีอัตราการดูดซับน้ำที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับดินชนิดอื่น ความเข้าใจในคุณสมบัติของดินเหนียวในเขตจังหวัดปทุมธานีจึงเป็นเรื่องที่สำคัญในการวางแผนการก่อสร้างที่มีความปลอดภัยและยั่งยืน การใช้วิธี Modified Compaction ตามมาตรฐาน ASTM D1557 เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และประเมินค่าความหนาแน่นแห้งของดินเหนียว ซึ่งสามารถช่วยให้เราเข้าใจถึงคุณสมบัติของดินและทำการปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้เหมาะสมกับการใช้งานทางวิศวกรรมโยธา (ASTM, 2021) จากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงคุณสมบัติของดินด้วยวิธีการถมดินแบบปรับปรุงความหนาแน่น (Modified Compaction) สามารถเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักและลดความเสี่ยงในการยุบตัวของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นของดินเหนียวและเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง ในพื้นที่ กรณีศึกษาจังหวัดปทุมธานี โดยใช้วิธี Modified Compaction ตามมาตรฐาน ASTM D1557 เพื่อประเมินความเหมาะสมของดินในการใช้งานทางวิศวกรรมโยธา ผลการวิเคราะห์จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบและวางแผนงานก่อสร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของดิน และเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานดินในการก่อสร้างโครงสร้างขนาดเล็กถึงขนาดกลาง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการอัดแน่นของดิน (Soil Compaction Theory) การอัดแน่นของดินเป็นกระบวนการที่ทำให้เม็ดดินชิดกันมากขึ้น เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของดิน การอัดแน่นช่วยลดช่องว่างระหว่างเม็ดดินและเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน วิธี Modified Compaction เป็นวิธีการทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติการอัดแน่นของดิน โดยใช้แรงอัดและจำนวนครั้งในการกระทบที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน ASTM D1557 สมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณความหนาแน่นแห้ง (Dry Density, ρ_d) (Lambe & Whitman, 1969) ดังสมการที่ 1

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} \quad (1)$$

โดยที่ ρ_d = ความหนาแน่นแห้ง (g/cm³)

ρ = ความหนาแน่นรวม (g/cm³)

w = ความชื้น (เป็นอัตราส่วน)

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นแห้ง (Moisture-Density Relationship) ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นแห้งเป็นเรื่องสำคัญในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content: OMC) คือค่าความชื้นที่ทำให้ดินมีความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Mitchell & Soga, 2005) การศึกษาความสัมพันธ์นี้ช่วยให้เราสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้เหมาะสมกับการใช้งานทางวิศวกรรมโยธา ซึ่งสามารถคำนวณจากกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและความชื้น หรือจากสมการที่ 2

$$\rho_{dmax} = \frac{G_s \cdot \rho_w}{1 + w_{opt} \cdot G_s} \quad (2)$$

โดยที่ ρ_{dmax} = ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (g/cm³)

G_s = ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของดิน

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (1 g/cm³)

w_{opt} = ความชื้นที่เหมาะสม (เป็นอัตราส่วน)

2.3 ทฤษฎีการยุบตัวของดิน (Soil Consolidation Theory) การยุบตัวของดินเกิดขึ้นเมื่อดินถูกกดทับและน้ำในช่องว่างของดินถูกกดให้ออกมา การยุบตัวมีผลต่อความเสถียรของโครงสร้างทางวิศวกรรมโยธา โดยสมการหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์การยุบตัวของดินคือสมการของ Terzaghi (Terzaghi, 1943) แสดงดังสมการที่ 3

$$\sigma' = \sigma - u \quad (3)$$

โดยที่ σ' = ความดันสมบูรณ์ (effective stress)

σ = ความดันทั้งหมด (total stress)

u = ความดันน้ำในช่องว่าง (pore water pressure)

2.4 ทฤษฎีการรับน้ำหนักของดิน (Soil Bearing Capacity Theory) ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบฐานรากของโครงสร้าง ทฤษฎีนี้ช่วยให้เราสามารถคำนวณและประเมินความสามารถในการรับน้ำหนักของดินได้ (Meyerhof, 1951) โดยสมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการรับน้ำหนักของดินมีดังสมการที่ 4

$$q_u = cN_c + \sigma'N_q + 0.5\gamma BN_\gamma \quad (4)$$

โดยที่ q_u = ความสามารถในการรับน้ำหนักสูงสุดของดิน

c = ความต้านทานเฉือนของดิน

σ' = ความดันสมบูรณ์

γ = น้ำหนักของดิน

B = ความกว้างของฐานราก

N_c, N_q, N_γ = ปัจจัยความสามารถในการรับน้ำหนัก

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บตัวอย่างดิน (Soil Sampling) การเก็บตัวอย่างดินเป็นขั้นตอนแรกในการดำเนินการวิจัย โดยเลือกพื้นที่การศึกษาในตำบลแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานีที่เป็นพื้นที่ดินเหนียว จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดินจากความลึกต่าง ๆ ทำการเก็บตัวอย่างดินจาก 5 จุด ข้อมูลทดสอบ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำมาตรวจสอบและทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.2 การเตรียมตัวอย่างดิน (Soil Sample Preparation) เมื่อได้ตัวอย่างดินจำนวน 5 ตัวอย่างต่อหลุมจากพื้นที่ศึกษาแล้ว ตัวอย่างดินจะถูกนำมาทำการเตรียมในห้องปฏิบัติการโดยการอบดินให้แห้งที่อุณหภูมิ $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ เพื่อขจัดความชื้น และบดดินให้เป็นเม็ดละเอียดผ่านเครื่องบด (Mechanical Grinder) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เช่น เครื่องชั่งน้ำหนัก, เตาอบ และเครื่องบด ได้รับการสอบเทียบ ก่อนการใช้งานตามระเบียบปฏิบัติของห้องปฏิบัติการ และมีการตรวจสอบ ค่าความแม่นยำและความเที่ยง โดยการทดสอบซ้ำอย่าง

น้อย 3 ครั้งต่อค่าที่วัด หลังจากนั้นตัวอย่างดินจะถูกเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทเพื่อป้องกันการดูดซับความชื้นจากอากาศ

3.3 การทดสอบความหนาแน่นแห้ง (Dry Density Test) การทดสอบความหนาแน่นแห้งจะดำเนินการโดยใช้วิธี Modified Compaction ตามมาตรฐาน ASTM D1557 การทดสอบนี้จะทำโดยการบรรจุดินในแม่พิมพ์จำนวนทั้งหมด 5 ชุดข้อมูล ชุดละ 5 ครั้งการทดลอง (รวมทั้งหมด 25 ครั้ง) แล้วทำการอัดดินด้วยแรงอัดที่กำหนดในมาตรฐาน หลังจากนั้นจะทำการชั่งน้ำหนักแม่พิมพ์ที่บรรจุดินไว้และคำนวณความหนาแน่นแห้งของดิน แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 การทดสอบ Water Content Determination โดยใช้วิธี Modified Compaction ของชุดที่ 1

Water Content Determination					
Assume water content (%)	2	4	6	8	10
Wt. of Can+Wet soil	136.50	137.00	135.50	135.50	135.50
Wt. of Can+Dry soil	126.00	124.00	122.00	120.00	119.00
Wt. of Can	24	24	24	24	24
Wt. of Water	10.50	13	13.5	15.5	16.5
Wt. of Dry soil	102	100	98	96	95
Water Content	10.294	13.000	13.776	16.146	17.368

ตารางที่ 2 การทดสอบ Density Determination โดยใช้วิธี Modified Compaction ของชุดที่ 1

Density Determination					
Assume Water Content (%)	2	4	6	8	10
Wt. of soil+Mold	10007.00	9660.00	9922.00	9855.00	9799.50
Wt. of Mold	5924.00	5924.00	5924.00	5924.00	5924.00
Water Content	10.294	13.000	13.776	16.146	17.368
Wt. of Soil in Mold	4083	3736	3998	3931	3875.5
Wet Density	1.421	1.760	1.884	1.852	1.826
Dry Density	1.288	1.558	1.656	1.595	1.556

จากข้อมูลในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยการกำหนดค่าความชื้นและความหนาแน่นสำหรับตัวอย่างดินหลายตัวอย่าง ผู้วิจัยจะนำไปหาค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสมของดินในพื้นที่ศึกษาต่อไป จากการทดสอบความหนาแน่นแห้ง (Dry Density Test) ของตัวอย่างดินเหนียวจำนวน 5 ชุดข้อมูล โดยใช้วิธี Modified Compaction ตามมาตรฐาน ASTM D1557 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นแห้งของดินเหนียวมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับความชื้นของดิน โดยค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ยของดินเหนียวในพื้นที่ศึกษาอยู่ที่ประมาณ 1.48 g/cm^3 ถึง 1.50 g/cm^3 เมื่อความชื้นอยู่ในช่วง 0.12 ถึง 0.15 (เป็นอัตราส่วน) ผลการทดสอบนี้เป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวในพื้นที่ศึกษา

3.4 การทดสอบความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content Test) การทดสอบความชื้นที่เหมาะสมผู้วิจัยจะดำเนินการร่วมกับการทดสอบความหนาแน่นแห้ง โดยการเติมน้ำในตัวอย่างดินแล้วทำการอัดดินในแม่พิมพ์ตามขั้นตอนการทดสอบความหนาแน่นแห้ง การทำซ้ำการทดสอบนี้หลายครั้งด้วยปริมาณน้ำที่แตกต่างกันเพื่อหาค่าความชื้นที่ทำให้ดินมีความหนาแน่นแห้งสูงสุด (OMC) ซึ่งสามารถคำนวณจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและความชื้น แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและความชื้น (หน่วย g/cm³)

No.	Assume Water Content	Dry Density	Water Content
1	2	1.288	10.294
	4	1.558	13.000
	6	1.656	13.776
	8	1.595	16.146
	10	1.556	17.368
2	2	1.305	8.906
	4	1.589	10.784
	6	1.678	12.286
	8	1.611	14.948
	10	1.572	16.146
3	2	1.301	9.223
	4	1.581	11.330
	6	1.673	12.626
	8	1.620	14.359
	10	1.580	15.544
4	2	1.287	9.709
	4	1.625	11.527
	6	1.675	13.131
	8	1.556	14.359
	10	1.518	15.026
5	2	1.292	9.223
	4	1.628	11.330
	6	1.682	12.626
	8	1.556	14.359
	10	1.511	15.544

จากตารางที่ 3 Assume Water Content ที่ดีที่สุดคือ 6% ในทุกกรณี เนื่องจากให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด การเก็บข้อมูลชุดที่ 5 ที่ Assume Water Content เท่ากับ 6% เป็นชุดที่ให้ผลดีที่สุดในการหานี้ โดยให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด เท่ากับ 1.682 g/cm^3 ที่ Water Content เท่ากับ 12.626% แสดงว่าการบดอัดดินเหนียวที่ความชื้นราว 12.5–13.0% จะให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ซึ่งเป็นสภาวะที่ดินมีความสามารถในการรับน้ำหนักดีที่สุดตามหลัก Modified Compaction Test

4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab เครื่องมือสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีการใช้กราฟ วิเคราะห์ Residual Plots เพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสม (Jiang, 2019) แสดงดังภาพที่ 1

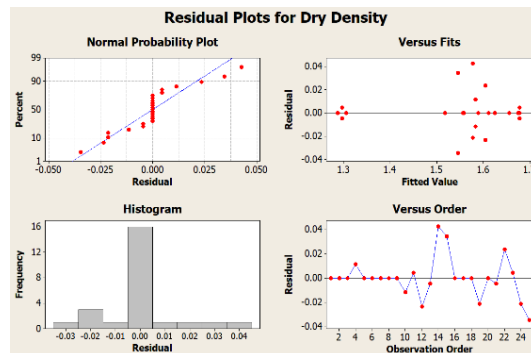
One-way ANOVA: Dry Density versus Water Content

Source	DF	SS	MS	F	P
Water Content	17	0.421936	0.024820	26.48	0.000
Error	7	0.006561	0.000937		
Total	24	0.428497			

S = 0.03062 R-Sq = 98.47% R-Sq(adj) = 94.75%

ภาพที่ 1 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ ANOVA

จากภาพที่ 1 แสดงค่าความแปรปรวนของ Water Content และ Error โดยค่า F-statistic = 26.48 และ P-value = 0.000 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง Water Content และ Dry Density ค่า P-value ที่น้อยกว่า 0.05 (0.000) แสดงว่าผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือสูง และมีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างค่าความชื้นและความหนาแน่นแห้ง ความแม่นยำของโมเดล ค่า R-Squared (R-Sq) = 98.47% และ Adjusted R-Squared (R-Sq(adj)) = 94.75% แสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ใช้สามารถอธิบายความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นแห้งได้มากถึง 98.47% ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก แสดงถึงความแม่นยำของโมเดล ข้อมูลช่วงความเชื่อมั่นแสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นแห้งมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ และการวิเคราะห์ Residual Plots แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Residual Plots

จากภาพที่ 2 การวิเคราะห์ Residual Plots แสดงการแจกแจงของ Residuals กับ การแจกแจงปกติ Residuals กระจายตัวแบบสุ่มรอบเส้นแนวนอน แสดงว่าโมเดลเข้ากับ ข้อมูลได้ดี การแจกแจงความถี่ของ Residuals Histogram มีการแจกแจงปกติ Versus Order กราฟนี้แสดงว่า Residuals กระจายตัวแบบสุ่มรอบเส้นแนวนอน แสดงว่า Residuals มีความเป็นอิสระ

4.2 การใช้สมการการถดถอยเชิงพหุนาม (Polynomial Regression), Gaussian Model และ Logistic Model เพื่อหาความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้นำข้อมูลข้างต้น วิเคราะห์หาสมการถดถอยเชิงพหุนาม พบว่าสมการ Polynomial Regression Analysis ซึ่งใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาแน่นแห้งกับปริมาณน้ำ ยกกำลังสอง สมการที่ได้

$$\text{Dry Density} = 0.3394 + 0.02976 \times (\text{WaterContent})^2 - 0.000144 \times (\text{WaterContent})^4 + 0.000000 \times (\text{WaterContent})^6$$

จากผลการวิเคราะห์ Polynomial Regression Analysis พบว่าความชื้นนี้มีความสัมพันธ์เชิงพหุนามกับค่าความหนาแน่นแห้งของดินเหนียวในพื้นที่ศึกษา โดยสมการพหุนามระดับที่สามสามารถอธิบายความแปรปรวนของความหนาแน่นแห้งได้ถึง 80.5% ซึ่งแสดงถึงความเหมาะสมของโมเดล การวิเคราะห์ ANOVA และ Sequential ANOVA ชี้ให้เห็นว่าตัวแปรเชิงเส้น กำลังสอง และกำลังสามมีความสำคัญในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นแห้ง การแปลความหมายของสมการ ค่าคงที่ (0.3394) เป็นค่าความหนาแน่นแห้งที่เกิดขึ้นเมื่อไม่มีปริมาณน้ำ (Water Content = 0) ตัวแปรกำลังสอง

$(0.02976 \times \text{Water Content}^2)$ แสดงถึงแนวโน้มของความหนาแน่นแห้งที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในรูปของกำลังสอง

ตัวแปรกำลังสี่ $(-0.000144 \times \text{Water Content}^4)$ แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นแห้งที่เริ่มลดลงเมื่อปริมาณน้ำมากขึ้น ตัวแปรกำลังหก $(0.000000 \times \text{Water Content}^6)$ ค่าของสัมประสิทธิ์เป็น 0 หมายความว่าองค์ประกอบนี้ไม่มีผลกระทบต่อสมการ

สมการนี้แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น แต่หลังจากถึงจุดหนึ่งแล้ว ความหนาแน่นแห้งจะเริ่มลดลงซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับความหนาแน่นแห้งของดิน (ตามหลักของ Proctor Compaction Test)

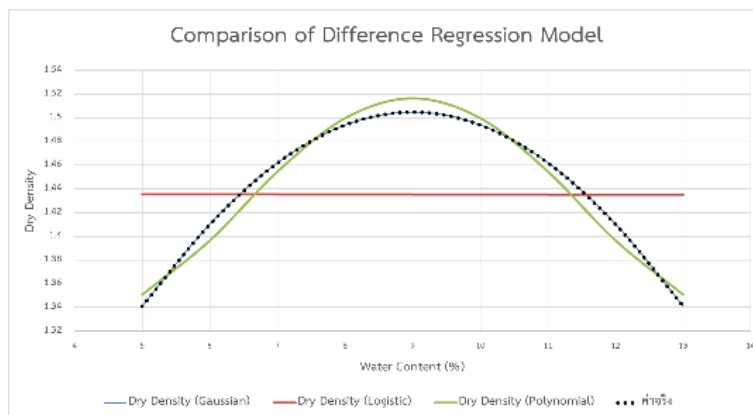
4.3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับงานวิจัย และการวิเคราะห์ผลกระทบของค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสมต่อความสามารถในการรับน้ำหนักและความเสถียรของดิน ผลการวิเคราะห์จะถูกใช้เพื่อประเมินความเหมาะสมของดินในการใช้งานทางวิศวกรรมโยธาและการออกแบบโครงสร้าง

ผู้วิจัยทำการใช้สมการข้างต้น เพื่อหาค่าพยากรณ์ของค่าความหนาแน่น โดยจะใช้ Curve Fitting เพื่อปรับปรุงโมเดลใหม่และเปรียบเทียบ Polynomial Regression, Gaussian Model และ Logistic Model เพื่อดูว่าโมเดลใดพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้งได้แม่นยำที่สุด Fit Gaussian Model เพื่อจับแนวโน้มแบบโค้งระฆัง Fit Logistic Model เพื่อดูแนวโน้มที่มีขีดจำกัด เปรียบเทียบผลลัพธ์กับ Polynomial Regression เดิม สร้างกราฟแสดงแนวโน้มของค่าความหนาแน่นแห้งตามค่าความชื้น แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้ง (หน่วย g/cm^3)

Water Content (%)	Dry Density Gaussian	Dry Density Logistic	Dry Density Polynomial
5	1.3409	1.4355	1.35081
6	1.4103	1.4355	1.3965
7	1.4621	1.4355	1.4546
8	1.4940	1.4355	1.4997
9	1.5048	1.4355	1.5165
10	1.4940	1.4355	1.4997
11	1.4621	1.4355	1.4546
12	1.4103	1.4355	1.3965
13	1.3409	1.4355	1.3508

จากตารางที่ 4 พบว่า Gaussian Model ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Peak Dry Density) = 1.505 g/cm^3 ค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content, OMC) = 9% และแนวโน้มของค่าพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้งแต่ละรูปแบบแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แนวโน้มเปรียบเทียบผลลัพธ์

ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่าความหนาแน่นแห้งของดินเหนียวในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีมีลักษณะเป็นเส้นโค้งระฆังคว่ำ (Bell-shaped curve) อย่างชัดเจน จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโมเดลทางคณิตศาสตร์หลายแบบ ได้แก่

- 1) Polynomial Regression โมเดลเดิม ใช้เส้นโค้งพหุนามในการประมาณค่า ใช้สมการพหุนามดีกรี 4 ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มีความสามารถในการประมาณค่าที่ดี แต่การพยากรณ์ค่าที่อยู่นอกช่วงข้อมูลอาจเกิด Overfitting ได้
- 2) Gaussian Model ได้โค้งระฆังที่เหมาะสมกับข้อมูล เป็นฟังก์ชันรูปโดมที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีจุดสูงสุดชัดเจน โมเดลนี้สามารถอธิบายพฤติกรรมของดินได้ดี และเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์
- 3) Logistic Model ค่าพารามิเตอร์อาจยังไม่แม่นยำพอต้องปรับค่าเริ่มต้น โดยปกติใช้กับข้อมูลที่มีขีดจำกัดบนและล่าง แต่ในกรณีนี้ผลลัพธ์ที่ได้เกือบเป็นค่าคงที่ ค่า Upper Bound ของ Logistic Model อยู่ที่ 2.871 g/cm^3 ซึ่งสูงกว่าค่าจริงมาก เนื่องจากค่าพารามิเตอร์มีขนาดเล็กมาก ทำให้ต้องปรับปรุงโมเดลเพิ่มเติมเพื่อให้พยากรณ์ได้แม่นยำขึ้น ผู้วิจัยได้คำนวณการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้งแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้ง (หน่วย g/cm^3)

Water Content (%)	ค่าจริง Modified (PCT)	Polynomial	Gaussian
5	1.341	1.3508	1.3409
6	1.410	1.3965	1.4103
7	1.462	1.4546	1.4621
8	1.494	1.4997	1.4940
9	1.505	1.5165	1.5048
10	1.494	1.4997	1.4940
11	1.462	1.4546	1.4621
12	1.410	1.3965	1.4103
13	1.341	1.3508	1.3409

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งที่ทดสอบจริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ของแต่ละโมเดล เพื่อสนับสนุนผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ได้แก่ Gaussian, Logistic และ Polynomial โดยใช้ค่าชี้วัดทางสถิติ ได้แก่ ค่า RMSE (Root Mean Square Error) ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยก

กำลังสอง และค่า MAE (Mean Absolute Error) ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ แสดงดังตารางที่ 6 และการเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

Model	RMSE (g/cm ³)	MAE (g/cm ³)
Gaussian	0.0061	0.0049
Polynomial	0.0103	0.0082
Logistic	0.0482	0.0471

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์

Polynomial Regression	Gaussian
$Pd = aW^4 + bW^3 + cW^2 + dW + e$	$Pd = A \cdot e^{-\frac{(w-\mu)^2}{2\sigma^2}}$
ข้อดี - สามารถป้อนข้อมูลให้เข้าใกล้ค่าจริงได้ดี - คำนวณง่าย และสามารถใช้งานใน Excel ได้	ข้อดี - เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีจุดสูงสุดชัดเจน - ใช้ได้ดีเมื่อข้อมูลมีการกระจายแบบ Normal
ข้อเสีย - อาจเกิด Overfitting - เมื่อค่าความขึ้นเกินช่วงข้อมูล อาจให้ค่าผิดพลาดมาก	ข้อเสีย - ต้องกำหนดค่าเริ่มต้นให้เหมาะสม - คำนวณซับซ้อนกว่า Polynomial Regression

ผลการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน พบว่า Gaussian Model มีค่า RMSE และ MAE ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับ Polynomial และ Logistic Model ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำสูงในการพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้ง และสนับสนุนข้อสรุปที่ว่า Gaussian Model เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานในกรณีศึกษา

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นแห้งและค่าความชื้นที่เหมาะสมของดินเหนียวในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี โดยใช้วิธีการ Modified Proctor Compaction Test และการวิเคราะห์ทางสถิติจากโมเดลการพยากรณ์ เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ของแต่ละโมเดล ในการศึกษาทำการทดสอบความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสมถูกดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ศึกษาและทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้มาตรฐาน ASTM D1557 (Modified Compaction) ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้น และสร้างกราฟแสดงแนวโน้มของข้อมูล ข้อมูลจากการทดสอบถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสม การใช้สมการการถดถอยเชิงพหุนาม (Polynomial Regression), Gaussian Model และ Logistic Model เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้งที่ได้จากการทดสอบ สมการการถดถอยเชิงพหุนามที่ได้มีรูปแบบดังนี้ $\text{Dry Density} = -0.3394 + 0.02976 \times \text{Water Content}^2 - 0.000144 \times \text{Water Content}^4 + 0.000000 \times \text{Water Content}^6$

ผลการทดสอบและการเปรียบเทียบโมเดลต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า Gaussian Model เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ค่าความหนาแน่นแห้งตามค่าความชื้น เนื่องจากสามารถจับแนวโน้มแบบโค้งระฆังได้อย่างแม่นยำ โดย Gaussian Model ให้ค่าพยากรณ์ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Peak Dry Density) เท่ากับ 1.505 g/cm^3 และค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content, OMC) เท่ากับ 9

การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ของการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินเหนียวในบริเวณที่มีลักษณะคล้ายกัน (Tang AM, 2009 และ Wang & Zhang, 2020) นอกจากนี้ผลการทดสอบยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Jiang, 2019) ที่แสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นแห้งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่าความชื้น ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า Gaussian Model เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์พฤติกรรมของดินเหนียว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและวางแผนงานก่อสร้างทางวิศวกรรมโยธา โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีลักษณะดินเหนียวที่คล้ายคลึงกัน เช่น การใช้โมเดล Gaussian ในการประมาณค่าความหนาแน่นแห้งจากค่าความชื้นเริ่มต้น เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบฐานราก นอกจากนี้ยัง

สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือ ในอนาคตอาจมีการศึกษาปัจจัยอื่นเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความละเอียดและความแม่นยำของโมเดลมากยิ่งขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มุ่งเน้นเฉพาะดินเหนียวซึ่งมีลักษณะเฉพาะ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำสูง การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามความชื้น และความสัมพันธ์แบบโค้งระฆัง (bell-shaped curve) ระหว่างค่าความชื้นกับความหนาแน่นแห้ง หากนำแบบจำลอง Gaussian หรือ Polynomial Regression ที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลดินเหนียวไปใช้กับ ดินประเภทอื่น อาจส่งผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ ในการศึกษาครั้งถัดไป ควรศึกษาหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นแห้งและความชื้นที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สถิติขั้นสูง เช่น Principal Component Analysis (PCA), Cluster Analysis และ Multivariate Regression การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงจะช่วยให้สามารถสรุปและประเมินข้อมูลได้อย่างเป็นระบบและแม่นยำมากขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- ASTM International. (2021). *ASTM D1557- 12: Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort*. ASTM International.
- Jiang, Y., Xu, X., & Liu, Y. (2019). Influence of moisture content on the compaction properties of clayey soils. *Geotechnical Research*, 12(3), 245-258.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). *Soil mechanics*. John Wiley & Sons.
- Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). *Fundamentals of soil behavior* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Tang, A.-M., Cui, Y.-J., Eslami, J., & Défossez, P. (2009). Analysing the form of the confined uniaxial compression curve of various soils. *Geoderma*, 148(3–4), 282–290.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soil mechanics*. John Wiley & Sons.

Wang, Z., & Zhang, L. (2020). *Soil mechanics and foundation engineering*. Springer.

ความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อองค์กร Carbon Footprint

นพนันต์ เมืองเหนือ^{1*}, นพณัช พวงมาลี², เศรษฐวิทย์ แสงทิพย์³

Noppanan Muangnuae^{1*}, Noppanuch Puangmalee², Setthawit
Saengthip³

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

อุตสาหกรรมเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

^{1,2,3}Department of Engineering, Program in Energy Engineering, Faculty of Engineering
and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok

*Corresponding author email: noppanan.mu@bsru.ac.th

Received 17 Dec 2024 Revised 02 Jan 2025 Accepted 29 Jan 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้จะกล่าวถึงคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) เป็นการวัดผลกระทบของผลิตภัณฑ์ และบริการจากกิจกรรมของคนที่มิต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณ หมายถึง ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับองค์กร หรือหน่วยงานทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาพิจารณามีอยู่ 7 ตัวด้วยกัน คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ก๊าซมีเทน (CH₄), ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O), กลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs), กลุ่มก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs), ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF₃) โดยใช้ตัวบ่งชี้คือโอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) ซึ่งเป็นที่รู้กันดีว่าการไถ่ของเราก็มีส่วนก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนเช่นเดียวกัน ดังนั้น เราจึงควรศึกษาเรื่องของคาร์บอนฟุตพริ้นต์ และร่วมมือกันลดมลพิษให้มากที่สุดเท่าที่เราจะทำได้ โดย Carbon Footprint ถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการควบคุม

องค์กร และภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดำเนินกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปจนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต เพื่อให้สามารถเข้าใจถึง Carbon Footprint มากยิ่งขึ้น ในบทความนี้กล่าวถึง Carbon Footprint คืออะไร มีกี่ประเภท และทำไมองค์กรยุคใหม่ต้องให้ความสำคัญ

คำสำคัญ : คาร์บอนฟุตพริ้นท์, องค์กร

Abstract

The objective of this article will discuss about Carbon Footprint, which is a quantitative measure of the impact of products and services from human activities on the environment. It refers to the amount of greenhouse gases released from activities related to organizations or agencies, both directly and indirectly, that cause an impact on the environment. There are 7 greenhouse gases considered: carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O), hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs), sulfur hexafluoride (SF₆), and nitrogen trifluoride (NF₃). The indicator is the Global Warming Potential (GWP). It is well known that our IT industry also contributes to global warming. Therefore, we should study about carbon footprint and cooperate to reduce pollution as much as we can. Carbon Footprint is an important indicator to control organizations and industries that conduct activities that release excessive greenhouse gases that will affect the environment in the future. To better understand Carbon Footprint, this article discusses what Carbon Footprint is, the different types of it, and why modern organizations need to consider it.

Keywords: Carbon Footprint, Organization

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบัน สภาพสังคม ระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ มากมาย ทั้งภาวะโลกร้อน ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ความแห้งแล้ง น้ำท่วม และปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติมากมาย ทำให้เกิดความสูญเสียด้านความหลากหลายทางชีวภาพทั้งนานาประเทศทั่วโลก ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้มีหลายปัจจัยด้วยกัน หนึ่งในนั้นคือ การทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) หากปริมาณของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้น นั่นเท่ากับว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะค่อย ๆ สูงขึ้น เพื่อป้องกันและควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จึงเป็นที่มาของแนวคิด คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint)

ซึ่งในปัจจุบัน คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) นับเป็นตัวชี้วัดสำคัญสำหรับการดำเนินกิจกรรมหรือการกระทำต่าง ๆ ของมนุษย์เกือบทุกขั้นตอน เพื่อที่จะควบคุมไม่ให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นในหลาย ๆ ประเทศ รวมถึงประเทศไทยจึงเริ่มมีการนำ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) มาใช้ จึงถือได้ว่าการลงทุนที่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจ รวมทั้งยังเป็นการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมที่จะนำไปสู่ความยั่งยืนให้กับธุรกิจ ตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs) ของสหประชาชาติ

คาร์บอนฟุตพริ้นต์ คืออะไร

คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) เป็นตัวชี้วัดผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะภาวะโลกร้อน คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน ไปจนถึงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังหมดอายุการใช้งาน โดยจะถูกคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) เรียกได้ว่า คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) เป็นหนึ่งตัวชี้วัดสำคัญที่จะประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากกิจกรรมต่าง ๆ ว่ามีออกมาเท่าไร ด้วยเหตุนี้ ทำให้มีตัวช่วยในการ

แจ้งข้อมูลสำคัญ เช่น ฉลาก คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ที่ติดไว้บนตัวผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคได้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

	ชื่อ	Units	EMISSION FACTORS					แหล่งอ้างอิงข้อมูล
			CO ₂	Fossil CH ₄	CH ₄	N ₂ O	Total	
			[kg CO ₂ /unit]	[kg CH ₄ /unit]	[kg CH ₄ /unit]	[kg N ₂ O/unit]	[kg CO ₂ eq/unit]	
Stationary Combustion								
	Natural gas	scf	5.72E-02	1.02E-06		1.02E-07	0.0573	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Natural gas	MJ	5.61E-02	1.00E-06		1.00E-07	0.0562	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Lignite	kg	1.06E+00	1.05E-05		1.57E-05	1.0619	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Fuel oil A	litre	3.21E+00	1.24E-04		2.49E-05	3.2200	IPCC Vol.2 table 2.2, PTT
	Fuel oil C	litre	3.24E+00	1.25E-04		2.51E-05	3.2457	IPCC Vol.2 table 2.2, PTT
	Gas/Diesel oil	litre	2.70E+00	1.09E-04		2.19E-05	2.7078	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Anthracite	kg	3.09E+00	3.14E-05		4.71E-05	3.1000	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Sub-bituminous coal	kg	2.53E+00	2.64E-05		3.96E-05	2.5454	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Jet Kerosene	litre	2.47E+00	1.04E-04		2.07E-05	2.4775	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	LPG	litre	1.68E+00	2.66E-05		2.66E-06	1.6812	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	LPG	kg	3.11E+00	4.93E-05		4.93E-06	3.1134	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE LPG 1 litre = 0.54 kg
	Motor gasoline	litre	2.18E+00	9.44E-05		1.89E-05	2.1894	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	FUEL WOOD	kg			4.80E-04	6.40E-05	0.0304	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Bagasse	kg			2.26E-04	3.01E-05	0.0143	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Palm kernel shell	kg			5.56E-04	7.41E-05	0.0352	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Cob	kg			5.03E-04	6.71E-05	0.0319	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Biogas	m3			2.09E-05	2.09E-06	0.0011	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	FUEL WOOD (CO ₂ only)	kg	1.79E+00				1.7909	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Bagasse (CO ₂ only)	kg	7.53E-01				0.7530	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	Palm kernel shell (CO ₂ only)	kg	1.85E+00				1.8530	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE

ภาพที่ 1 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission factor)

ที่มา : <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/upload>

files/emission/ts_578cd2cb78.pdf

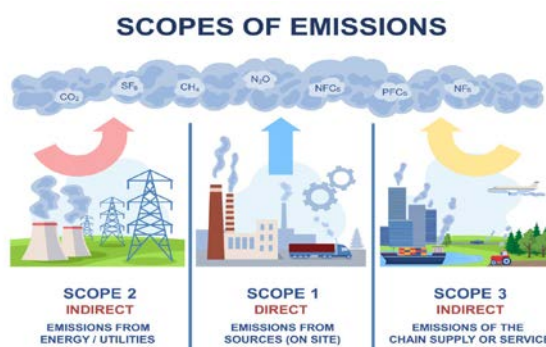
คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ 1. คาร์บอนฟุต พริ้นต์ (Carbon Footprint) ขององค์กร 2. คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์

1. คาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กร

คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) of Organization หรือ CFO หมายถึง ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับองค์กรหรือหน่วยงานทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ไฟฟ้า การปล่อยจากกระบวนการซัพพลายเชน การจัดการของเสีย การขนส่ง และการใช้เชื้อเพลิงภายในองค์กร โดยแสดงผลในเชิงปริมาณตัน หรือกิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) โดยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาพิจารณามีอยู่ 7 ตัว

ด้วยกัน คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ก๊าซมีเทน (CH_4), ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O), กลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs), กลุ่มก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC), ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ซึ่งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดนี้เหล่านี้จะมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential : GWP) แตกต่างกัน โดยทางคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ได้กำหนดค่าการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของแต่ละก๊าซให้เทียบกับศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนเท่ากับ 1 ซึ่งจะมีหน่วยเป็น คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent : CO_2e)

ซึ่งค่า Emission Factors คือค่าที่ใช้แปลงปริมาณการใช้พลังงานหรือทรัพยากรเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจก เช่น ไฟฟ้า Emission Factor อยู่ที่ประมาณ 0.5 กิโลกรัม CO_2 ต่อ kWh ขึ้นอยู่กับประเทศและแหล่งพลังงานที่ใช้ น้ำมันดีเซล ประมาณ 2.68 กิโลกรัม CO_2 ต่อลิตร การบินประมาณ 0.115 กิโลกรัม CO_2 ต่อกิโลเมตร ขึ้นอยู่กับประเภทเครื่องบินและเส้นทางบิน สำหรับ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ขององค์กรสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่



ภาพที่ 2 ขอบเขต (Scope) สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ที่มา : แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร คาร์บอนฟุตพริ้นต์
(Carbon Footprint) of Organization: CFO)

https://cbis.institute/en/2023/03/30/carbon_footprint_organization/

Scope 1 (Direct Emissions) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากกิจกรรมขององค์กร เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิต การปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการผลิต

Scope 2 (Energy indirect GHG emissions) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ซื้อจากภายนอก เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า พลังงานความร้อนและพลังงานไอน้ำ

Scope 3 (Other Indirect GHG Emissions) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมอื่น ๆ ขององค์กรที่ไม่รวมอยู่ใน Scope 1 และ Scope 2 เช่น การขนส่งสินค้า การขนส่งพนักงาน การกำจัดของเสีย

ตารางที่ 1 ตัวอย่าง Scope3: Other Indirect GHG Emissions

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

1	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากวัตถุดิบตั้งต้นที่ซื้อ (Purchased goods and services)
	ปริมาณการใช้กระดาษ A4 (70แกรม)
	ปริมาณการใช้กระดาษทิชชู
	ปริมาณการใช้น้ำประปา
	ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ ผงหมึก
	การว่าจ้าง Messenger ภายนอก ส่งเอกสาร
	วัตถุดิบหลัก (การได้มา)
2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากอุปกรณ์ประกอบธุรกิจ (Capital goods)
	การได้มาของอุปกรณ์สำนักงาน เช่น เฟอร์นิเจอร์ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์
	การได้มาของอุปกรณ์เครื่องจักรสำนักงาน
3	กิจกรรมการใช้พลังงานอื่น นอกเหนือจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Fuel and energy-related activities)
	การได้มาของน้ำมันดีเซล
	การได้มาของน้ำมันเบนซิน
	การได้มาของ natural gas
	การได้มาของเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า
	ไฟฟ้า ไอน้ำที่ซื้อมาขายไป
4	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการขนส่งจากผู้ผลิตวัตถุดิบ (Upstream transportation and distribution)
	การขนส่งวัตถุดิบ
	ขนส่งทางท่อ

พ.ศ. ๒๕๖๖-๑ วันที่จัดทำ: ๑๕/๐๖/๖๗

โดยปริมาณ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ของแต่ละองค์กรจะแตกต่างกันไปตามประเภทขององค์กรและกิจกรรมการดำเนินงาน ตัวอย่างเช่น องค์กรที่ดำเนินธุรกิจด้านการผลิต ส่วนใหญ่จะมี คาร์บอนฟุต พริ้นต์ (Carbon Footprint) มากกว่าองค์กรที่ดำเนินธุรกิจด้านบริการ เนื่องจากต้องใช้พลังงานในกระบวนการผลิตมากกว่า

2. คาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์

คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) of Product หรือ CFP หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งาน ไปจนถึงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ หลังหมดอายุการใช้งาน โดยปกติแล้ว ปริมาณ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์จะแตกต่างกันไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์และวิธีการผลิต ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น เสื้อผ้าจาก ผ้าฝ้าย มักมี คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบสังเคราะห์อย่างเสื้อผ้าจากพลาสติก หรือในส่วนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้พลังงานสะอาด พลังงานแสงอาทิตย์ จะมีปริมาณ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้พลังงานฟอสซิล ซึ่งในปัจจุบัน ฉลาก คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากช่วยให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยฉลาก คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์จะแสดงข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ หน่วยที่ใช้วัด เกณฑ์การคำนวณ และวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุม ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีฉลาก คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ได้แก่ เสื้อผ้า อาหารและเครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ยานยนต์

ประเภทของฉลากคาร์บอน

แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามวิธีการแสดงข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือ คาร์บอนฟุต พริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ คือ

ประเภทที่ 1 คือ ฉลากบ่งชี้การปล่อยคาร์บอนต่ำ (Low – Carbon Seal) แสดงข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเดียวกัน

ประเภทที่ 2 คือ ฉลากบ่งชี้ระดับการปล่อยคาร์บอน (Carbon Rating) แสดงระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ เช่น ระดับเหรียญทอง เงิน และทองแดง หรือบ่งชี้ระดับการลดลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Reduction Rating) แต่ไม่ได้แสดงข้อมูลตัวเลขปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภทที่ 3 คือ ฉลากระบุขนาดคาร์บอน (Carbon Score) แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นตัวเลขขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ประเภทที่ 4 คือ ฉลากชดเชยคาร์บอน (Carbon Offset/Neutral) แสดงการชดเชยคาร์บอน



ตัวอย่างฉลากบ่งชี้การปล่อยคาร์บอนต่ำ



ตัวอย่างฉลากบ่งชี้ระดับการปล่อยคาร์บอน



ฉลากระบุขนาดคาร์บอน



ตัวอย่างฉลากชดเชยคาร์บอน

ภาพที่ 3 ประเภทของฉลากคาร์บอน

ที่มา : <http://www.environnet.in.th/archives/1496>



ภาพที่ 4 ตัวอย่างฉลากคาร์บอนแต่ละประเทศ และประเทศไทย

ที่มา : <http://www.environnet.in.th/archives/1496>

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ (Calculating Carbon Emissions)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ตัวอย่างการคำนวณ

ใช้ไฟฟ้า 1,000 kWh โดยมี

Emission Factor 0.5 kg CO₂/kWh : $1,000 \times 0.5 = 500$ kg CO₂

การขนส่งสินค้าระยะทาง 200 กิโลเมตรด้วยรถยนต์ที่มี

Emission Factor 0.2 kg CO₂/km : $200 \times 0.2 = 40$ kg CO₂

ประโยชน์ของการทำคาร์บอนฟุตพริ้นต์

ในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยเริ่มตระหนักและให้ความสำคัญกับการพัฒนาประเทศให้ก้าวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำอย่างจริงจังมากขึ้น ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การวัด คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ช่วยให้องค์กรทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรตนเอง ทำให้องค์กรสามารถระบุและหาวิธีจัดการกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อมูล คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ยังสามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจกำหนดแผน แนวทางการจัดการ และเพิ่มประสิทธิภาพ ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ช่วยลดต้นทุนในด้านพลังงาน ทรัพยากร และทำให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างยั่งยืนและส่งเสริมผลิตภัณฑ์ที่มีระดับคาร์บอนต่ำในตลาด โดยการส่งเสริมการให้ความรู้แก่ผู้บริโภคเกี่ยวกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และประโยชน์ทางการตลาด ผู้บริโภคเองเริ่มหันมาให้ความสำคัญต่อสินค้าและบริการที่มีการคำนวณ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ที่น้อย การประกาศถึงการลด คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) สามารถทำให้ตลาดเป็นที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ประโยชน์ของการทำ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) นอกจากจะทำให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศโลกแล้ว ยังทำให้เกิดความตระหนักรู้ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างความร่วมมือในการแก้ปัญหายั่งยืนมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน รวมถึงสร้างประโยชน์ทั้งต่อบุคคล องค์กรและประเทศ ดังนี้

ประโยชน์ต่อบุคคล

1. เกิดความตระหนักรู้และทราบถึง ผลกระทบต่อโลกนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสร้างจิตสำนึกการอนุรักษ์และให้ ความสนใจ

ประเด็นสิ่งแวดล้อม มากขึ้น

2. สร้างจิตสำนึกการอนุรักษ์และให้ ความสนใจประเด็นสิ่งแวดล้อม มากขึ้น

ประโยชน์ต่อองค์กร

1. เพื่อแสดงเจตนารมณ์ความรับผิดชอบต่อสังคมสร้างจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์
2. ส่งเสริมให้องค์กรใช้เทคโนโลยีหรือปรับวิธีการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3. สร้างภาพลักษณ์ การลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขององค์กรแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นต่อความยั่งยืนและสามารถปรับปรุงภาพลักษณ์ขององค์กร ต่อ ลูกค้า นักลงทุน และพนักงาน

ประโยชน์ต่อประเทศ

1. เป็นแนวทางในการวางแผนเชิงนโยบายพัฒนาประเทศให้ยั่งยืนมากยิ่งขึ้น
2. สร้างจุดเด่นในอุตสาหกรรม เพื่อสร้างรายได้เปรียบทางการแข่งขัน
3. ส่งเสริมให้ประเทศมีทรัพยากร ทางธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์

องค์กรต้องให้ความสำคัญกับคาร์บอนฟุตพริ้นต์

ฉะนั้น องค์กรจึงต้องให้ความสำคัญกับคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) และเตรียมความพร้อมเข้าสู่ตลาดคาร์บอนเครดิตที่จะเติบโตมากขึ้นในอนาคตอันใกล้ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) เป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ทั้งยังช่วยให้องค์กรเห็นภาพรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะช่วยในการระบุแหล่งที่มาหลักของการปล่อย และยังสามารถที่จะกำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มโอกาสทางธุรกิจ ประหยัดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุนในด้านพลังงาน ทรัพยากร วัสดุอีก และธุรกิจคาร์บอนต่ำที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

กรณีศึกษา: ความท้าทายและการให้ความสำคัญคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กร

บริษัทต่างๆทั่วโลก ต้องเผชิญกับความท้าทายในการวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas :GHG) ซึ่งการวัดผลดังกล่าวมักจะเป็นก้าวแรกสู่การลดและชดเชยคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร ซึ่งหลายบริษัทมีความมุ่งมั่นที่จะลดก๊าซเรือนกระจกในเชิงรุก ช่วยลดต้นทุนในด้านพลังงาน ทรัพยากร และทำให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างยั่งยืน

บริษัท น้ำมันอพอโลโล (ไทย) จำกัด เล็งเห็นความสำคัญในการลดการปล่อยและเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต บริษัทน้ำมัน อพอโลโล (ไทย) จำกัด จึงจัดทำรายงานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยมีจุดมุ่งหมายในการลดการปล่อย เพิ่มการดูดกลับ และสามารถทวนสอบผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อเป็นแนวทางบรรลุเป้าหมายที่จะลดการปล่อยคาร์บอนในองค์กร 10% ภายในปี 2578 (ค.ศ. 2035) บรรลุเป้าหมายมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี 2593 (ค.ศ. 2050) และบรรลุเป้าหมายปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ให้ได้ภายในปี 2608 (ค.ศ. 2065) โดยยื่นขอการรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กร ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ วันที่ 5 พฤษภาคม 2567 ที่ผ่านมา บริษัท น้ำมันอพอโลโล (ไทย) จำกัด (สำนักงานใหญ่) ได้รับใบรับรองว่าเป็นองค์กรที่ได้ขึ้นทะเบียนและขอรับรองการแสดงผลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ในปี 2565 จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดและแนวทางการจัดการก๊าซเรือนกระจกในองค์กร ไม่เพียงเท่านั้น บริษัท น้ำมันอพอโลโล (ไทย) จำกัด ยังให้ความสำคัญกับการดำเนินกิจกรรมชดเชยคาร์บอนอย่างต่อเนื่อง ด้วยกิจกรรมปลูกป่าเพิ่มเติมต้นไม้สีเขียวทำให้เป็นแหล่งดูดซับก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และนำไปกักเก็บในรูปของพลังงานชีวมวล รวมถึงเพื่อทดแทนกับปริมาณกระดาษที่บริษัทนำมาใช้ในกระบวนการ ต่าง ๆ เช่น กล่องบรรจุภัณฑ์ และกระดาษที่ใช้ในสำนักงานอีกด้วย จึงแสดงให้เห็นว่า บริษัทน้ำมัน อพอโลโล (ไทย) จำกัด ให้ความสำคัญกับเรื่องของการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางของความยั่งยืนอย่างจริงจังการประเมินคาร์บอนฟุต พริ้นต์ขององค์กร สามารถประยุกต์ใช้ได้กับองค์กรทุกประเภทและทุกขนาด เป็นวิธีการแสดงข้อมูลบัญชีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานระดับองค์กร ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหาร

จัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างตรงจุด มีประสิทธิภาพ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้สูงสุด ทั้งยังนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายขององค์กรจากการลดใช้การใช้พลังงาน และสามารถใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สนับสนุนและมีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนสังคมคาร์บอนของประเทศไทย และเป็นตัวชี้วัดให้แก่องค์กรในโครงการประเมินและจัดระดับธุรกิจคาร์บอนต่ำและยั่งยืนต่อไป

สรุป

การลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ไม่ใช่แค่หน้าที่ขององค์กรใดองค์กรหนึ่ง แต่เป็นความรับผิดชอบร่วมกันของทุกคน เริ่มต้นลงมือทำตั้งแต่วันนี้คนละไม้คนละมือ ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างอนาคตที่ยั่งยืนได้ง่ายๆ โดย องค์กรจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) และเตรียมความพร้อมเข้าสู่ตลาดคาร์บอนเครดิตที่จะเติบโตมากขึ้นในอนาคตอันใกล้ คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) เป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ทั้งยังช่วยให้องค์กรเห็นภาพรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะช่วยในการระบุแหล่งที่มาหลักของการปล่อย และกำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มโอกาสทางธุรกิจ ประหยัดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุนทางทรัพยากร และวัสดุด้านพลังงานได้

เอกสารอ้างอิง

- คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของผลิตภัณฑ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2567. จาก <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mYVhNPQ>
- ฉลากคาร์บอนสื่อถึงอะไรและมีประโยชน์อย่างไร. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2567. จาก <https://petromat.org/home/carbon-label/>
- ฉลากคาร์บอน สืบค้นเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2567. จาก <http://www.environnet.in.th/archives/1496>
- แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร. (Carbon Footprint of Organization: CFO) สืบค้นเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2567. จาก https://cbis.institute/2023/03/30/carbon_footprint_organization/
- มิติใหม่ของการทำธุรกิจ ที่ต้องใส่ใจ คาร์บอนฟุต พริ้นท์. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2568. จาก <https://www.apollothai.com/tricks-and-tips/carbonftpr/>
- Carbon Footprint คืออะไร ทำไมองค์กรธุรกิจจึงต้องให้ความสำคัญ. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2567. จาก https://www.siamgypsum.com/th_th/past-project-inspiration/article/what-is-carbon-footprint.ht

คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับ

1. ประเภทผลของผลงานที่จะตีพิมพ์ มีบทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้าน วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
2. ต้นฉบับของบทความที่จัดส่งจำนวนหน้ามีทั้งหมดไม่เกิน 15 หน้า แบบตัวอักษรใช้ TH Sarabun PSK ขนาดกระดาษ 18.2 x 25.7 ซม. (B5)
3. การตั้งค่างานกระดาษ ด้านบน 2.49 ซม. ด้านล่าง 1.5 ซม. ด้านซ้าย 2.49 ซม. ด้านขวา 2.2 ซม.
4. ชื่อเรื่อง (Title) ใช้อักษรตัวหนาขนาด 20 pt จัดกึ่งกลางกระดาษทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่
5. ชื่อผู้เขียน (Author) ใช้อักษรขนาด 16 pt จัดต่อจากชื่อเรื่องกึ่งกลาง ระบุข้อมูล ชื่อ-นามสกุลของผู้เขียน หากมีผู้เขียนร่วมต้องระบุให้ครบถ้วนถัดจากชื่อของ ผู้เขียน
6. ที่อยู่และสังกัดของผู้เขียน (Affiliation) ใช้อักษรปกติขนาด 14 pt ประกอบด้วย สาขาวิชา ภาควิชา คณะ มหาวิทยาลัย จังหวัดของผู้เขียนและนักวิจัย จัดริมซ้าย ของกระดาษและใส่หมายเลขด้านหน้าบนที่อยู่ เช่น 'ภาควิชาเทคโนโลยี อุตสาหกรรมสาขาวิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
7. บทคัดย่อ (Abstract) ใช้อักษรปกติ ขนาด 16 pt (ตัวหนา) จัดกึ่งกลาง หน้ากระดาษส่วนเนื้อหาในบทคัดย่อ ขนาดอักษร 16 ไม่เกิน 300 คำ พิมพ์ 1 คอลัมน์
8. เนื้อหา (Content) ใช้อักษรปกติขนาด 16 pt ตัวหนา ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ของบทความ ได้แก่ บทนำ วัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุป ผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) เอกสารอ้างอิง การพิมพ์ส่วนเนื้อหาขนาดตัวอักษร 16 pt พิมพ์ 1 คอลัมน์
9. บรรณานุกรม (Bibliography) ใช้อักษรขนาด 16 pt จัดพิมพ์แบบชิดซ้าย โดยมี รายการอ้างอิงในเนื้อหาตรงกับรายการอ้างอิงท้ายบทความทุกรายการ โดย เรียงลำดับตามตัวอักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

10. การเขียนบรรณานุกรมตามรูปแบบเอพีเอ (APA-American Psychological Association: APA 6th Edition)

ชื่อเรื่องวิจัยภาษาไทย (20 pt กึ่งกลาง ตัวหนา)
ชื่อเรื่องวิจัยภาษาอังกฤษ (20 pt กึ่งกลาง ตัวหนา)

ชื่อ นามสกุล¹, ชื่อ นามสกุล^{2*} (16 pt กึ่งกลาง)
Authors' names¹ , Authors' names² (16 pt กึ่งกลาง)

¹ภาควิชา xxxxxxxx สาขาวิชาxxxxxxxxx คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

²ภาควิชา xxxxxxxx สาขาวิชา xxxxxxxx คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

¹Author_1's Affiliation

²Author_2's Affiliation

*Corresponding author email: engineering@bsru.ac.th

(14 pt ซิดซ้าย)

Received : xx xxx 20xx ; Revised : xx xxx 20xx ; Accepted : xx xxx 20xx

บทคัดย่อ (16 pt กึ่งกลาง ตัวหนา)
บทคัดย่อไม่เกิน 300 คำ พิมพ์ 1 คอลัมน์ (16 Pt ตัวปกติ)

คำสำคัญ: คำสำคัญไม่เกิน 5 คำ

Abstract (16 pt กึ่งกลาง ตัวหนา)

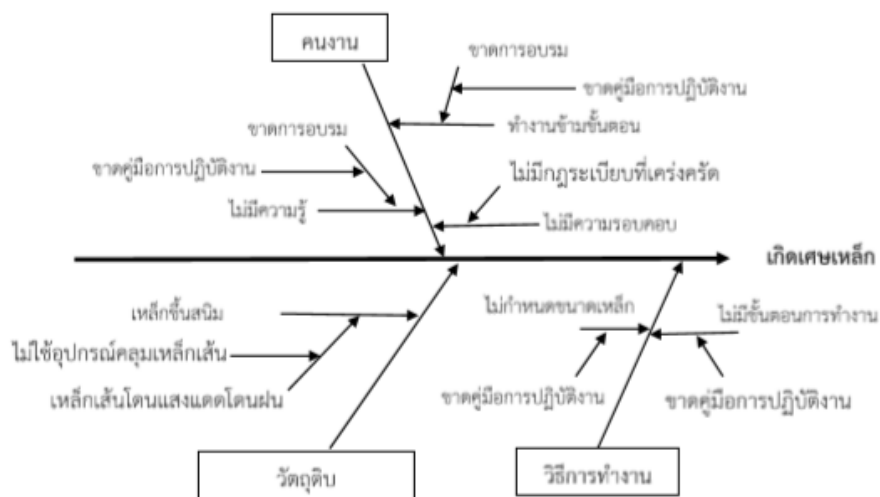
Abstract should not be more than 300 words or in 1 paragraph (16 Pt
ตัวปกติ)

Keywords: Keyword are not exceed 5 words

เนื้อหาในส่วนเนื้อหาประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

หัวข้อขนาด 16 pt ชิดซ้าย ตัวหนา พิมพ์ 1 คอลัมน์ เนื้อหา (Content) ใช้อักษรปกติ
ขนาด 16 pt (แบบตัวอักษร ใช้ TH SarabunPSK)

1. บทนำ
2. วัตถุประสงค์
3. ระเบียบวิธี
4. วิธีการดำเนินการวิจัย
5. ผลการศึกษา
6. สรุปผลการศึกษา
7. อภิปรายผล
8. ข้อเสนอแนะ
9. กิตติกรรมประกาศ
10. เอกสารอ้างอิง



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังก้างปลาสาเหตุของปัญหาการเกิดเศษเหล็ก (ขนาด 16 pt ตัวหนาและ
คำอธิบายภาพ ขนาด 16 pt ตัวปกติ)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันประจำวัน (16 pt ตัวหนาที่ตารางที่ 1)

อุปกรณ์	หน้าที่การทำงาน	จำนวนครั้ง/วัน
คอปัอน	ลำเลียงเม็ดพลาสติก	6
หัวฉีด	ฉีดพลาสติกที่ออกจากกระบอกสูบเข้าสู่แม่พิมพ์	7
สกรูมอเตอร์	หมุนพาให้พลาสติกเคลื่อนที่และคลุกเคล้าพลาสติกให้เป็นเนื้อเดียวกัน	8

เอกสารอ้างอิง (References) การเขียนอ้างอิงให้ใช้ระบบ **APA-American Psychological Association: APA 6th Edition** โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- 1 เอกสารที่นำมาอ้างอิงต้องมีไม่น้อยกว่า 10 รายการ และไม่ควรมีอายุเกิน 5 ปี ยกเว้นแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกิดขึ้นมาก่อน 10 ปี
- 2 ให้จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ และเรียงตามลำดับตัวอักษร
- 3 ควรมีการอ้างอิงบทความที่มีการตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ อย่างน้อย 1 บทความ

ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

เจษฎา เมธาธิรฎติ. (2556). การลดของเสียจากสิ่งปนเปื้อนในกระบวนการอบยางรถยนต์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.

ญาณิศา พรมบุตร และสุนิตรา สมศักดิ์ดี. (2561). การปรับปรุงกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ของห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสพีรีน ซัพพลาย (2002) โดย เทคนิค QC Story. วารสารงานวิจัยสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, ปีที่ 6 (ฉบับที่ 6), 40-47.

ฤดี นิยมรัตน์. (2551). สถิติเพื่อการวิจัยในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ประเสริฐ อัครประณพงค์. (2552). การลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการ ECRS. สืบค้นเมื่อ
วันที่ 22 มกราคม 2563 จาก <https://cpico.wordpress.com>

Lee, S. and Lye, S. (2002). Design for Manual Packaging, International Journal
of Physical Distribution and Logistics Management 33(2): 163-89.

Lorence, M. and Peshed, P. (2009). Development of Packaing and Products
for use in microwave ovens. USA: Woodhead Publishing Limited.

แบบฟอร์มขอส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ข้าพเจ้า(นาย/นาง/นางสาว/อื่นๆ)

(ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

สถานะผู้เขียน ☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษา ☐ บุคลากร/เจ้าหน้าที่ ☐ อื่นๆ
(โปรดระบุ).....

ตำแหน่งทางวิชาการ

☐ ศาสตราจารย์ ☐ รองศาสตราจารย์ ☐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ☐ อาจารย์
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

วุฒิการศึกษาสูงสุด.....สาขาวิชา.....

สถานที่ทำงาน.....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้.....

โทรศัพท์.....โทรศัพท์มือถือ.....

โทรสาร.....อีเมลล์.....

ชื่อเรื่อง(ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

มีความประสงค์ขอส่ง

☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการ ☐ บทความสร้างสรรค์
☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้ส่งบทความ จำนวน 2 ชุด พร้อมแผ่นดิสก์ข้อมูลบทความมาด้วย

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความที่ส่งมานี้

- ☐ เป็นผลงานที่ข้าพเจ้าเขียนแต่เพียงผู้เดียว
☐ เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามที่ระบุชื่อไว้จริง

และข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น หากข้าพเจ้าขอเพิกถอนบทความ ข้าพเจ้ายินยอมรับผิดชอบในค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น

ลงชื่อ.....ผู้ส่งบทความ

(.....)

วันที่.....



Faculty of Engineering and industrial Technology
Bansomdejchaopraya Rajabhat University
เลขที่ 1061 ซอยอัสราภ 15 ถนนอัสราภ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี
กรุงเทพมหานคร 10600

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568
ISSN : 3027-8716 (Print)
ISSN : 3027-8856 (Online)