

วารสารวิชาการ

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ปีที่ 1 ฉบับที่ 3

กันยายน - ธันวาคม

2562

JOURNAL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING

Pibulsongkram Rajabhat University

ISSN 2697-5602 (Print)

ISSN 2697-5629 (Online)

INDUSTRIAL TECHNOLOGY

PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY



ข้อกำหนดมาตรฐาน วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

เพื่อให้วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นวารสารที่มีคุณภาพได้มาตรฐานทางกองบรรณาธิการจึงมีข้อกำหนดของวารสารดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นวารสารที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ ตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ และบทความปริทรรศน์ที่มีคุณภาพโดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ นวัตกรรมและการออกแบบ รวมถึงงานวิจัยที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในสาขาที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามบทความที่ส่งเข้ามาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารฯ จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยเผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และจะต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่นๆ การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้ส่งบทความโดยตรง

2. ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง

2.1 สาขาวิชาเทคโนโลยี เน้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม ได้แก่ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมพลังงาน / พลังงานทดแทน วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมโลจิสติกส์ มาตรฐาน วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีเซรามิกส์ การบริหารจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์

2.3 สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรม

3. การพิจารณาบทความ

การ Peer - review คือ รูปแบบการพิจารณาบทความ เป็นแบบ "Double blind" เจ้าของบทความไม่ทราบผู้ทรงฯ ผู้ทรงฯไม่ทราบเจ้าของบทความ Review Policy ขอบเขต วัตถุประสงค์ของบทความจะต้องตรงกับวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กำหนด



การพิจารณาบทความ

1. การพิจารณาบทความ เลือกผู้ทรงคุณวุฒิจากกองบรรณาธิการตรงตามสาขาวิชาในการพิจารณา 2 คน ต่อ 1 บทความ
2. กรณีบทความมาจากบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก 2 คน
3. กรณีบทความจากบุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและหรือภายนอก 2 คน
4. กรณีผู้ส่งบทความ แก้ไขไม่เป็นไปตามกำหนดเวลาที่กองบรรณาธิการแจ้ง กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์พิจารณา ยกเลิก กระบวนการเพื่อการตีพิมพ์

4. กำหนดออกเล่มวารสาร

กำหนดออกวารสาร: ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – เมษายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม และ ฉบับที่ 3 ระหว่างเดือน กันยายน-ธันวาคม

5. คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์

5.1 วิธีส่งบทความ เจ้าของบทความสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และส่งต้นฉบับบทความ ในรูปแบบไฟล์ word และรูปแบบไฟล์ PDF ได้ที่ระบบออนไลน์ของวารสารวิชาการ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/psru-jite>

หรือนำส่งเอกสารต้นฉบับ ได้ที่ กองบรรณาธิการวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ 5 ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร/โทรสาร 055-267124

5.2 รูปแบบบทความที่ส่งกองบรรณาธิการเพื่อตีพิมพ์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (Industrial Technology and Engineering Pibulsongkram Rajabhat University) Print ISSN : 2697-5602, E-ISSN : 2697-5629 ฉบับนี้เป็นปีที่ 1 ฉบับที่ 3 มีเนื้อหาที่เน้นด้านทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์สาขาต่าง ๆ สำหรับเนื้อหาในฉบับนี้ ประกอบด้วย บทความวิจัย 8 บทความ ประกอบไปด้วย สาขา วิศวกรรมการจัดการและวิศวกรรมโลจิสติกส์ จำนวน 5 บทความ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน 2 บทความ และ วิศวกรรมโยธา จำนวน 1 บทความ โดยบทความทั้งหมดได้ผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพก่อนการตีพิมพ์ และสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/psru-jite/issue/view/16209> ภายใต้ระบบ ThaiJo ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย

กองบรรณาธิการและคณะกรรมการจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาคุณภาพบทความ และผู้สนใจที่กรุณาช่วยกัน สนับสนุนและให้ความไว้วางใจผลงานของวารสารฉบับนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากนักวิจัยที่ได้กรุณาเผยแพร่ผลงานในวารสารนี้ กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับเกียรติและความอนุเคราะห์จากท่านในโอกาสต่อไป



รองศาสตราจารย์ ดร.สนธิ ปิ่นสกุล
บรรณาธิการ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานเบิก-เติมวัสดุคงคลังของ พนักงาน กรณีศึกษา: โรงงาน ABC จังหวัดพิษณุโลกรุ่งนภา แก้วศิริ, ภาณุวิชย์ พรคุณ, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย, จุฑามาศ โตสาตร์, สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์ และธัชชัย เทพกรณ์.....	1-10
ระบบแกนกลแบบคาร์ทีเซียนสำหรับการหมุนฝาปิดช่องเติมของเหลว แบบเตอโรอัตโนมัติอดิเรก ชัยนวกุล, อลงกรณ์ เมืองไหว และ ธนิตา โชนงนุช.....	11-20
การหาจุดเหมาะสมของการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนเดือนแรม แพ่งเกี้ยว, ชาตรี เพชรชู, ภาณุภูมิ พรหมพัก และณัฐ กมล ฤทธิพิณ.....	21-33
ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีต ผสมเสร็จด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติกรณีศึกษาห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดปณณทัต งามขำ, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย, สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์, อลงกรณ์ เมืองไหว และธัชชัย เทพกรณ์.....	34-46
การแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีแบบจำลองกำหนดการเชิง คณิตศาสตร์ กรณีศึกษาสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนรถบรรทุกใน จังหวัดพิษณุโลกธีรวัฒน์ คำพรมมี, สุทธิพงษ์ ครุฑพาหะ, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย, สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์ และธัชชัย เทพกรณ์.....	47-66
การค้นหาค่าความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จ กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัดคอนกรีตผสมเสร็จแห่งหนึ่งในจังหวัด พิษณุโลกณัฐพร ตั้งเจริญชัย, สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์, อลงกรณ์ เมืองไหว และธัชชัย เทพกรณ์.....	67-80
การวิเคราะห์ต้นทุนที่แท้จริงในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วย การประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม	



.....สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์, ธัชชัย เทพกรณ, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย และ หทัยชนก พวงแย้ม.....	81-98
เครื่องมือวัดคุณสมบัติหล่อใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างเอื้อบุญ ที่พึ่ง, ณัชพล เอี่ยมหน่อ และศราวุฒิ คาคประครอง.....	99-106

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานเบิก-เติมวัสดุคงคลังของพนักงาน
กรณีศึกษา: โรงงาน ABC จังหวัดพิษณุโลก
PERFORMANCE IMPROVEMENT PROCESS PICKING-REFILL
INVENTORY CASE STUDY: ABC FACTORY,
PHITSANULOK PROVINCE

รุ่งนภา แก้วศิริ¹, ภาณุวิชัย พรคุณ¹, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย^{2*}, จุฑามาศ โตสาตร์²,
สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์² และ ธัชชัย เทพภรณ์²

Rungnapa Keawsiri¹, Phanuwit Ponkuna¹, Nattaporn Tungcharoenchai^{2*},
jutamat tosat², Sukrit Phetsawat² and Thatchai Thepphakorn²

¹อาคารรังวัดและทำแผนที่ กรมที่ดิน สำนักมาตรฐานการออกหนังสือสำคัญ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ประเทศไทย 11120

²ภาควิชาการจัดการและโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Cadastral Survey and Mapping Building, Department of Lands, Bureau of Land Document Issuance Standard,
Pakkred, Nonthaburi, Thailand, 11120

²Logistics and Management, Engineering Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: nattaporn.t@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 26 กันยายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 22 ตุลาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเบิก-เติมวัสดุคงคลังกรณีศึกษา โรงงาน ABC จังหวัดพิษณุโลก ผลการศึกษาพบว่า ปัญหาพื้นฐานของพนักงานในคลังสินค้ามีกระบวนการปฏิบัติงานที่มีความล่าช้าและเกิดเวลาความสูญเปล่าจากการรอวัสดุมาเติมในชั้นวาง โดยการใช้เทคนิค Why-why analysis ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา จากนั้นนำหลักการศึกษางาน (Work study) มาใช้ในกระบวนการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและช่วยลดเวลาความสูญเปล่า โดยวิธีการทำปายคัมบังเพื่อแบ่งปริมาณวัสดุในชั้นวางให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น แล้วจึงทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานของพนักงานก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว ซึ่งผลจากการปรับปรุงกระบวนการพบว่า สามารถช่วยลดระยะเวลาและระยะทางการปฏิบัติงานของพนักงานเติมวัสดุได้ถึง 2.53 นาที และ ถึง 28.61 เมตร คิดเป็นร้อยละโดยรวมเท่ากับ 26.97 นอกจากนี้ยังสามารถลดเวลาและระยะทางปฏิบัติงานของพนักงานเบิกวัสดุได้ถึง 8.74 นาที และ 46.4 เมตรคิดเป็นร้อยละโดยรวมเท่ากับ 47.17

คำสำคัญ: คลังสินค้า, การปรับปรุงประสิทธิภาพ, ชิ้นส่วนยานยนต์

Abstract

This research aims to study the efficiency of the inventory picking and replenishing process in the case of ABC factory in Phitsanulok province. After analyzing the cause of the problem by using why-why analysis technique, it shows that the underlying problem of the warehouse employees is their slow operational process. It wastes a lot of time waiting for replenishing inventories to the shelves. Then the work study principle is applied to improve operational process and to reduce time waste by using a Kanban label to clearly indicate the amount of the items on the shelves. The data on employees' work duration before and after this process improvement are collected. The results show that the improved process can reduce the time and the operating distance the employees used for the inventory replenishment by 2.53 minutes and 28.61 meters, or by 26.97%. In addition, the time and the operating distance the employees used for inventory picking were also reduced by 8.74 minutes and 46.4 meters, or by 47.17%.

Keywords: Warehouse, Efficiency improvement, Automotive parts

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าสู่ยุค “ไทยแลนด์ 4.0” ซึ่งเป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยภายใต้การปกครองของนายกรัฐมนตรีและหัวหน้าคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) ที่มีภารกิจสำคัญในการขับเคลื่อนปฏิรูปประเทศด้านต่าง ๆ เพื่อสร้างหนทางพัฒนาประเทศให้เจริญ สามารถรับมือกับโอกาสและภัยคุกคามแบบใหม่ๆ ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและรุนแรงในศตวรรษที่ 21 อุตสาหกรรมวัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นับว่าเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ และมีการแข่งขันสูง ส่งผลให้ธุรกิจการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องจากสินค้าในกลุ่มเทคโนโลยีเป็นสินค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ส่งผลให้หลายบริษัทมุ่งแข่งขันกันทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ เน้นการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าไม่ว่าจะเป็นคุณภาพของ สินค้าที่ดีราคาที่เหมาะสม

การจัดการคลังสินค้าจัดเป็นยุทธศาสตร์สำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจประสบความสำเร็จเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันทั้งในด้านเวลา สถานที่ ปริมาณที่พร้อมให้บริการแก่ลูกค้าเสมอ ซึ่งคลังสินค้ามีความสำคัญที่สุดในระบบโลจิสติกส์ ความสำคัญของคลังสินค้าต่อกระบวนการผลิตจำเป็นต้องมีวัตถุดิบและวัสดุโรงงานเตรียมไว้ให้เพียงพอกับความต้องการในการผลิต หากขาดแคลนหรือต้องรอคอยอาจทำให้การผลิตหยุดชะงัก ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและโอกาส

ทางการตลาด แทนที่จะขายสินค้าได้อย่างต่อเนื่องอาจจะทำให้สูญเสียลูกค้าได้ ดังนั้นการจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพที่ดี เพื่อให้เกิดต้นทุนที่มีประสิทธิภาพคุ้มค่าในการลงทุน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อควบคุมคลังสินค้าให้เหมาะสมกับการเบิก-เติมของพนักงาน โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีนลดเวลาความสูญเปล่า และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานกระบวนการเบิก - เติมของพนักงานในคลังสินค้าด้วยวิธีการศึกษาการทำงาน (Work Study) โดยการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานจะนำหลักแนวคิด Kanban มาใช้ในการจัดหมวดหมู่ของวัตถุดิบให้เหมาะสมกับการจัดวางในคลังสินค้า จากโรงงานกรณีศึกษา ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จังหวัดพิษณุโลก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อลดเวลาความสูญเปล่าในการเติม – เบิกวัสดุคงคลัง

2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีเนื้อหา เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการ ทำงานของพนักงานเบิก-จ่ายวัสดุในคลังสินค้าของโรงงาน ABC จังหวัดพิษณุโลกโดยมีวิธีการแก้ไขปัญหาในงานวิจัยจากการวิเคราะห์แผนผังสาเหตุของสภาพปัญหาในการเบิก-จ่ายวัสดุคงคลัง ศึกษาการทำงานโดยการสังเกตและจับเวลาการปฏิบัติงานจริงของพนักงานในการเบิก-จ่ายวัสดุ และการเติมวัสดุ วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักแนวคิดเกี่ยวกับการผลิตแบบลีน เพื่อจัดการกับความสูญเปล่า หรือการกระทำใดๆที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าต่อกระบวนการเบิก-จ่ายวัสดุ สุดท้ายนำระบบคัมบัง (KANBAN) มาออกแบบเครื่องมือเพื่อควบคุมการปฏิบัติงานในโรงงาน ใช้เป็นสัญลักษณ์บ่งบอกสินค้า ช่วยให้แนวคิดและทฤษฎีข้างต้นให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้จะใช้ทั้งข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลปฐมภูมิ เป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

(1) ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานแต่ละขั้นตอน มีการสอบถามข้อมูลจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเบิก-จ่ายวัสดุคงคลัง เช่น พื้นที่การจัดเก็บวัสดุ ระบบปฏิบัติการที่ใช้งานในการเก็บวัสดุ ชนิดของวัสดุ ลักษณะของวัสดุ จำนวนของวัสดุ และขนาดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุวัสดุ ซึ่งได้ทำการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลของบริษัท อีกทั้งผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตการปฏิบัติงานจริงของพนักงานไม่ว่าจะเป็นการจัดเรียงวัสดุ การจัดเก็บ การเคลื่อนย้าย ภายในคลังที่เก็บวัสดุ



(2) ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งค้นคว้าต่างๆ ได้แก่ เอกสาร วิทยานิพนธ์ งานวิจัย แนวคิด ทฤษฎีและเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการอ้างอิงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษางานวิจัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การดำเนินการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อต้องการศึกษากระบวนการเบิก-จ่ายวัสดุคงคลัง ได้ทำการสำรวจและสังเกตการปฏิบัติงานของพนักงาน อีกทั้งยังสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากหัวหน้าแผนกคลังสินค้า เพื่อเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการเบิก-เติมวัสดุคงคลัง และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้นำแนวคิดการวิเคราะห์ปัญหาแบบแผนผังก้างปลา การศึกษาการทำงานโดยการสังเกตและการจับเวลาการปฏิบัติงานจริงของพนักงานเบิก-จ่ายวัสดุและพนักงานเติมวัสดุ ใช้การกำจัดเวลาสูญเปล่าด้วยแนวคิดแบบลีน และนำคัมบัง (KANBAN) มาช่วยเสริมให้แนวคิดและทฤษฎีข้างต้นให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

(1) วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่จริงเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงของพนักงานในการดำเนินงานตามขั้นตอนต่างๆ แผนกเบิก-จ่ายวัสดุคงคลัง โรงงาน ABC จังหวัดพิษณุโลกจากการปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ เช่น การเติม การจัดวางพัสดุในแต่ละครั้ง การเบิกวัสดุคงคลังในแต่ละครั้ง การจัดเก็บวัสดุคงคลัง และได้ทำการวิเคราะห์พิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายวัสดุทั้งการเบิก-จ่ายและเติมวัสดุคงคลัง โดยใช้ Why-why analysis

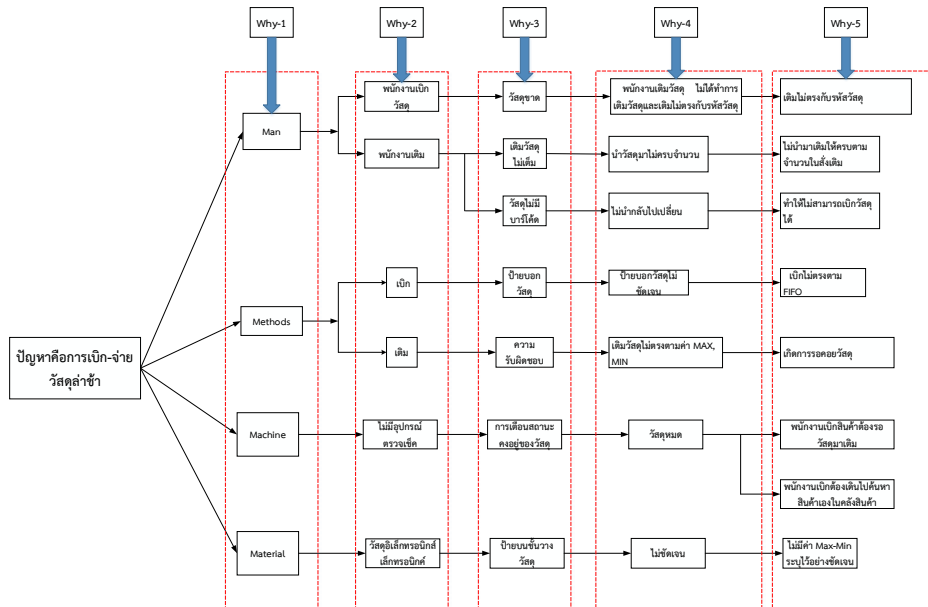
(2) เครื่องมือในการการจับเวลาและบันทึกเวลาการทำงาน

นาฬิกาจับเวลา ใช้เพื่อจับเวลาการทำงาน of พนักงานเบิกและพนักงานเติมวัสดุคงคลัง โดยจะจับเวลาพนักงานแบบแบ่งรอบ เพื่อวิเคราะห์เวลาการทำงาน of พนักงาน

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ศึกษากระบวนการเบิก-เติมวัสดุคงคลัง จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและสังเกตการปฏิบัติงานของพนักงาน อีกทั้งยังสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากหัวหน้าแผนกคลังสินค้า เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเบิก-เติมวัสดุคงคลังของพนักงาน โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาแบบแผนผังก้างปลา การศึกษาการทำงานโดยการสังเกตและการจับเวลาการปฏิบัติงานจริงของพนักงานเบิก - เติมวัสดุและพนักงานเติมวัสดุ ใช้การกำจัดเวลาสูญเปล่าด้วยแนวคิดแบบลีน และนำคัมบัง (KANBAN) มาช่วยเสริมให้แนวคิดและทฤษฎีข้างต้นให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

จากปัญหาที่พบในการทำงานจริงระหว่างแผนกเดิมวัสดุและเบิกวัสดุในปัจจุบัน ที่ทำให้เกิดเวลารอคอยและสูญเสียค่า ทีมผู้วิจัยได้ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงและเพื่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน สามารถสรุปปัจจัยและปัญหาต่างๆ ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาด้วย why-why analysis ของกระบวนการทำงานเบิก – เดิมวัสดุ

4.1 การลดเวลาความสูญเสียในการเบิก-เดิมวัสดุคงคลัง

(1) ขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานแผนกเดิมวัสดุคงคลังก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการทำงานของพนักงานเดิมก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

Flow Process Chart	พนักงานเดิม		จำนวนครั้งที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง (ครั้ง)	หลังปรับปรุง (ครั้ง)	
○	10	10	0
➡	12	10	2
□	0	0	0
◐	0	0	0
▽	0	0	0
รวม	22	20	2

จากตารางที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการเติมของพนักงานนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนภูมิการไหลของพนักงานเติมวัสดุ โดยก่อนการปรับปรุงพนักงานดำเนินงานทั้งหมด 22 ครั้ง แต่ครั้งที่ทำการเติมจะเพิ่มขึ้นงานไม่ครบทั้งหมด 3 ชนิด ซึ่งพนักงานเติมต้องเติมวัสดุให้เต็มตามจำนวนค่า Max ของแต่ละชนิด และไม่มีการแจ้งเตือนสถานะของวัสดุทั้งหมด จึงทำให้พนักงานที่ทำการเบิกวัสดุไม่สามารถเบิกวัสดุได้ จากการปรับปรุงกระบวนการสามารถปรับปรุงได้ 2 ครั้ง ที่เกิดการรอคอยวัสดุมาเติมในชั้นวาง คิดเป็นร้อยละ 9.09 ทางผู้วิจัยได้นำบัตรคัมบังมาปรับปรุงในการเติมวัสดุตามจำนวนวัสดุ Max – min ของประเภทวัสดุนั้น และบอกโซนในคลังวัสดุที่พนักงานเติมต้องทำการเบิกเพื่อมาเติมวัสดุตามจำนวนของวัสดุประเภทนั้น บัตรคัมบังจะมีรายละเอียดดังภาพที่ 1

Part no: 71E - xxxx	MAX 2	MIN 1
Description: PROTECTOR (SPEAKER)	Main Z1.J5.1.3	Shop 8.2.2

1. Description: PROTECTOR (SPEAKER)

2. Part number: 71-XXXX

3. Max: 2 Min: 1

4. Location main: Z1.J5.1.3

คือ โซน 1 คลังวัสดุ J ล็อก 5

ชั้นที่ 1 แถวที่ 3

5. Location shop: 8.2.2 คือ

ล็อกที่ 8 ชั้นที่ 2 กล่องที่ 2

ภาพที่ 2 บัตรคัมบัง

(2) วิธีการใช้งานบัตรคัมบัง

(2.1) ในชั้นวางวัสดุที่รอการเบิกจากพนักงานจะต้องมีบัตรคัมบังติดอยู่หน้ากล่องวัสดุตามรหัสวัสดุนั้นๆ อย่างละ 1 ใบ

(2.2) เมื่อทำการเบิกวัสดุออกจากชั้นวางพนักงานที่เบิกต้องสังเกตจำนวนวัสดุคงคลังที่เหลือที่ใกล้ค่า Min=1 ยกตัวอย่างเช่น พนักงานเบิกต้องเบิกวัสดุที่เหลือในกล่องเพียง 2 ชิ้น แสดงว่าวัสดุชิ้นนั้นถึงจุดต่ำ (Min = 1) พนักงานเบิกต้องหยิบบัตรคัมบังไปด้วย

(2.3) พนักงานเบิกต้องนำบัตรคัมบังไปแขวนไว้ที่บอร์ดคัมบังให้ตรงกับ Location main เพื่อเป็นการบ่งบอกพนักงานเติมที่รับผิดชอบ Location main นั้นจะต้องนำวัสดุตามในบัตรคัมบังมาเติม ให้ครบจำนวน (Max)



ภาพที่ 3 การนำบัตรคัมบังมาแขวนที่บอร์ด
เพื่อรอให้พนักงานเติมนำวัสดุที่ขาดมาเติมตามรหัส

จากภาพที่ 2 เมื่อพนักงานเดิมที่รับผิดชอบ Main store ที่ Part number หมด จะต้องหยิบบัตรคัมบังจากบอร์ดที่ตัวเองรับผิดชอบ เพื่อนำ Part number ที่หมดมาเติมใน Shop store ตามค่าบ่งชี้ของค่า Max – min แล้วนำบัตรคัมบังไปแขวนไว้หน้ากล่อง Part number ดังเดิม

(3) การใช้งานบัตรคัมบัง

ทำการเก็บข้อมูลวิธีการทำงานของพนักงานเบิก เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำงานในการเบิกวัสดุแต่ละประเภท ก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แผนภูมิการไหลของกระบวนการทำงานของพนักงานเบิกก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

Flow Process Chart	พนักงานเบิก		จำนวนครั้งที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง (ครั้ง)	หลังปรับปรุง (ครั้ง)	
	21	10	11
	25	10	15
	2	2	0
	0	0	0
	0	0	0
รวม	46	22	26

จากตารางที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการเบิกของพนักงานนั้น ผู้วิจัยได้ทำการลดกระบวนการที่ซ้ำซ้อนจากเดิมการทำงานทั้งหมด 46 ครั้ง ซึ่งพนักงานเบิกวัสดุต้องทำการเดิน

ไปเบิกในคลังแทนพนักงานเดิม เนื่องจากพนักงานเดิมวัสดุได้เต็มวัสดุไม่ครบและไม่ได้มีการติดตามจำนวนวัสดุคงเหลือ จึงทำให้พนักงานเบิกวัสดุ เกิดการรอคอยวัสดุมาเติมเต็มในชั้นและพนักงานเบิกวัสดุต้องใช้เวลาในการหาวัสดุในคลังสินค้า เพื่อต้องนำวัสดุที่ทำการเบิกไปตัดสต็อกจึงจะนำวัสดุเข้าไปในกระบวนการผลิตต่อไป หลังจากการปรับปรุงกระบวนการพนักงานเบิกวัสดุสามารถลดขั้นตอนได้ 26 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 56.52 ที่สามารถลดกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อนได้โดยการนำป้ายคัมบังมาแจ้งเตือนสถานะการคงอยู่ของวัสดุในชั้นวางเพื่อให้พนักงานเดิมและพนักงานเบิกวัสดุสังเกตจำนวนวัสดุคงเหลือจากค่า Min หากจำนวนวัสดุถึงค่า Min พนักงานเบิกต้องนำป้ายคัมบังไปแขวนที่บอร์ดเพื่อแจ้งสถานะของวัสดุใกล้หมด พนักงานเดิมวัสดุต้องมาเติมตามจำนวนค่า Max ตามป้ายคัมบัง ที่ระบุไว้

4.2 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานเบิก - เติม

จากผลของการวิเคราะห์ลักษณะของการทำงานของพนักงาน เบิก - เติม จำนวนครั้งในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 50 ครั้ง และการนำกระบวนการขั้นตอนวิธีการทำงานที่ได้มาปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 3 ผลสรุปข้อมูลกระบวนการทำงานของพนักงานเดิม

การทำงาน	ระยะเวลาการทำงาน (นาทีก)		ระยะทางในการทำงาน (เมตร)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนการปรับปรุง	35.12	1.914	61.20	1.763
หลังการปรับปรุง	32.59	1.587	32.59	1.587

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าความผิดพลาดมีการแจกแจงปกติ จากการเก็บรวบรวมผลข้อมูลจำนวน 50 ครั้ง ผลจากการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดเวลาปฏิบัติงานของพนักงานเดิมได้ 2.53 นาที คิดเป็นร้อยละ 7.20 และสามารถลดระยะทางในการปฏิบัติงานของพนักงานเดิมได้ 28.61 เมตร คิดเป็นร้อยละ 46.74

ตารางที่ 4 ผลสรุปข้อมูลกระบวนการทำงานของพนักงานเบิก

การทำงาน	ระยะเวลาการทำงาน (นาทื)		ระยะทางในการทำงาน (เมตร)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนการปรับปรุง	18.23	1.354	83.7	1.999
หลังการปรับปรุง	9.49	1.756	37.3	2.028

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าความผิดพลาดมีการแจกแจงปกติ จากการเก็บรวบรวมผลข้อมูลจำนวน 50 ครั้ง ผลจากการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดเวลาปฏิบัติงานของพนักงานเบิกได้ 8.74 นาทื คิดเป็นร้อยละ 47.94 และสามารถลดระยะทางในการปฏิบัติงานของพนักงานเบิกได้ 46.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 55.43

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการบวนการทำงานของพนักงาน เบิก - เดิม ด้วยการนำเอาหลักของ Why-why analysis มาทำการหาปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งทำให้ผู้วิจัยทราบถึงปัญหาในกระบวนการทำงานในการเบิก-เดิมวัสดุ โดยปัญหาที่พบประกอบด้วย กระบวนการทำงาน ระยะทางในการทำงาน และเวลาการรอคอยวัสดุ ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากการทำงานของพนักงานที่ไม่มีประสิทธิภาพทางผู้วิจัยจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทำงานของพนักงานเบิก - เดิมวัสดุ

5.1 การลดเวลาความสูญเสียในการทำงานของพนักงานเดิม - เบิกวัสดุคงคลัง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลข้อมูลการทำงานของพนักงาน เดิมวัสดุสามารถลดความสูญเสียเปล่าวัสดุได้ จำนวน 2 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 9.09 และสามารถลดเวลาความสูญเสียเปล่าของพนักงานเบิกวัสดุได้ 26 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 56.52

5.2 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานเบิก - เดิมวัสดุ

การเพิ่มประสิทธิภาพของพนักงานเบิก - เดิมวัสดุ นั้นทางผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ เวลา และระยะที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในพนักงานสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องลดเวลารอคอยวัสดุและทำงานตรงตามหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย จากการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าเฉลี่ยของเวลาการปฏิบัติงานพนักงานเดิมสามารถลดระยะเวลาได้ 2.53 นาทื คิดเป็นร้อยละ 7.20 และระยะทางได้ 28.61 เมตร คิดเป็นร้อยละ 46.74 และการปฏิบัติงานพนักงานเบิกสามารถลดระยะเวลาได้ 8.74 นาทื คิดเป็นร้อยละ 47.94 และระยะทางได้ 46.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 55.43

6. เอกสารอ้างอิง

- จิรวัดณ์ วรวิชัย. (2553). การประยุกต์อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่นกับการคัดเลือกผู้ส่งมอบภายใต้เงื่อนไขพื้นที่จัดเก็บ. (วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- ฉาปิ่น วรรณคำ. (2557). ผังแสดงส่วนประกอบแผนผังก้างปลา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (2550). การจัดการคลังสินค้า. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ไชยา วรสิงห์. (2552). การเพิ่มผลผลิตการผลิตโดยการศึกษาการทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนและอะไหล่เครื่องจักร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ทรงพล มณฑาทิพย์กุล. (2550). การจัดการคลังสินค้า. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นงลักษณ์ นิมิตรกุล. (2555). การควบคุมสินค้าคงคลัง. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญเสริม วันทนาศุภมาต. (2549) คำบั้งสั่งซื้อชิ้นงาน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พิภพ ลลิตาภรณ์. (2543). ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- วันชัย ธีรจิรนิช. (2551). การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์
- วิจิตร ตันทสุทธิ์. (2545). การศึกษาการทำงาน. กรุงเทพฯ: แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- อชิระ เมธารัตกุล. (2555). การประยุกต์ใช้ระบบคำบั้ง. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2017). SMED enhanced with 5-whys analysis to improve set-up reduction programs: the SWAN approach. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. 90, 1845-1855, Doi: 10.1007/s00170-016-9477-4.
- Marcello, B., Marco, F., & Mose, G. (2016), SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-upreduction programs: the SWAN approach. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. 90(5-8), 1845-1855. Doi: 10.1007/s00170-016-9477-4



ระบบแขนกลแบบคาร์ทีเซียนสำหรับการหมุนฝาปิดช่องเติมของเหลว แบตเตอรี่อัตโนมัติ

CARTESIAN ARM FOR AUTOMATIC SCREWING SYSTEM OF BATTERY FILLER CAP

เอกรัตน์ ชะอู่เมียด^{1*}

Accarat Chaoumead^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of
Technology Lanna Phitsanulok, Mueang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: eakrat@hotmail.com

วันที่เข้าระบบ 2 ตุลาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 5 พฤศจิกายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์จากการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อการออกแบบและพัฒนากลไกที่มีลักษณะเป็นแขนกลเสริมระบบชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติ โดยการออกแบบและสร้างแขนกลแบบคาร์ทีเซียนควบคุมระบบการทำงานด้วยอาแด็ปเตอร์ เพื่อทำการเปิดและปิดฝาจากแบตเตอรี่ทุติยภูมิประเภทน้ำและจับฝาจากแบตเตอรี่ยกขึ้นขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 35 แอมป์ การออกแบบแขนกลที่มีต้นกำลังจากสเต็ปมอเตอร์การขับเคลื่อนในแนวแกน Y ประสิทธิภาพด้านความแม่นยำในการเคลื่อนที่ลักษณะงานเคลื่อนที่ขึ้นระยะ 100 มิลลิเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.21 และลักษณะงานเคลื่อนที่ลงระยะ 100 มิลลิเมตร ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.26 สำหรับจังหวะจับฝาจากแบตเตอรี่ขณะทำการอัดประจุ ลักษณะการขับเคลื่อนในแนวแกน Y ด้วยการขึ้นและลงด้วยระยะ 50 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพด้านความแม่นยำในการเคลื่อนที่ขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ร้อยละ 0.44 และในการเคลื่อนที่ลงมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ร้อยละ 0.26 ในการเปิดฝาจากแบตเตอรี่นั้นลักษณะงานเป็นการหมุนเพื่อขันเกลียวเปิดและปิด ต้องใช้แรงบิดเพื่อหมุนฝาในจังหวะเปิดและปิดโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แรงบิดที่เกิดขึ้นในการเปิดสูงสุด 0.3 นิวตัน-เมตร กระแส 0.2 แอมป์ และแรงบิดในการปิดสูงสุด 0.31 นิวตัน-เมตร กระแส 0.33 แอมป์ การทดสอบเปิดและปิดจากแบตเตอรี่พบว่าสามารถทำงานได้ไม่มีความผิดพลาด

คำสำคัญ: คาร์ทีเซียน, แขนกลแบบคาร์ทีเซียน, อาแด็ปเตอร์

Abstract

The purpose of this study was to design and construct the mechanism of mechanic arm to enhance automatic battery with cartesian model to control the working system by Arduino in opening and closing the cover of water type storage battery as well as lifting the cover while charging the 12 V 35 A battery. The mechanic arm with driving power initial from stepping motor of Y axis movement was designed. For the efficiency in accuracy rate at the 100 millimeters of up movement, the average approximation error was 0.21% and at the 100 millimeters of down movement, the average approximation error was 0.26%. For the time in catching the battery cover while charging with driving movement in Y axis with up and down movement at 50 millimeters, it was found that the average approximation error in efficiency of accuracy rate for the up movement was 0.44% and that of the down movement was 0.26%. Opening or closing the battery cap can be done by screwing, so the torque must be applied by using direct current motor. The maximum torque to open was 0.3 newton-meter when the current taken by the motor was 0.2 A, and the maximum torque to close was 0.31 newton-meter when the current taken by the motor was 0.33 A. Finally, it was found that there was no mistake occurred during the testing on opening and closing the battery cover.

Keywords: Cartesian, Filler cap, Arduino

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้แบตเตอรี่เป็นสิ่งจำเป็นต่อยานยนต์และเครื่องมือทางการเกษตร ที่ต้องอาศัยไฟฟ้าในการเริ่มต้นการทำงานของระบบเครื่องยนต์ อีกทั้งเป็นส่วนสำหรับจัดเก็บและสำรองพลังงานไฟฟ้าในระบบพลังงานทดแทน แบตเตอรี่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบตเตอรี่แบบเติมน้ำกลั่นและแบตเตอรี่แบบไม่เติมน้ำกลั่น โดยปกติทั่วไปแบตเตอรี่แบบเติมน้ำกลั่นจะมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 2 ปี ขึ้นอยู่กับการใช้งานและการบำรุงรักษา ซึ่งแบตเตอรี่แบบเติมน้ำกลั่นมีใช้กันโดยทั่วไปเนื่องจากง่ายต่อการบำรุงรักษา อีกทั้งแบตเตอรี่แบบไม่เติมน้ำกลั่นหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแบตเตอรี่ยังมีราคาสูงมาก การบำรุงรักษาแบตเตอรี่น้ำเพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ยืดอายุการใช้งาน ต้องมีการเติมน้ำกลั่นและใช้ระบบสลายซัลเฟตที่เกิดจากปฏิกิริยาจากการใช้งาน โดยซัลเฟตจะเกาะที่แผ่นธาตุของแบตเตอรี่ส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง (ชนารักษ์, 2562) แต่การใช้สลายซัลเฟตนั้นใช้หลักการสร้างสัญญาณความถี่ (PWM) ควบคุมการอัดประจุแบตเตอรี่สิ่งที่

เกิดขึ้น คือ แบตเตอรี่จะร้อนขึ้นและเกิดสภาวะการเดือดของน้ำกลั่นภายในแบตเตอรี่ เป็นอันตรายอย่างยิ่งหากสุดคมเข้าสู่ร่างกายและกัดกร่อนหากผู้ใช้งานสัมผัส (เอกชัย, 2556) ในอุตสาหกรรมปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากหุ่นยนต์ที่เข้ามาทำงานในส่วนที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานซึ่งควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่จะนำไปประยุกต์ (สุกัญญา, 2562) ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกสร้างแขนกลแบบคาร์ทีเซียน เนื่องจากการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น และควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (จุฬา, 2560) ชนิดอาδυโนที่ผู้พัฒนาสามารถประยุกต์ใช้ในงานควบคุมที่มีความซับซ้อนได้และมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง

ดังนั้น จากอันตรายที่อาจจะส่งผลต่อผู้ใช้งาน จึงได้ออกแบบและสร้างชุดแขนกลสำหรับการเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ที่มีระบบสลายเซลล์เฟต โดยใช้หลักการแขนกลแบบคาร์ทีเซียนควบคุมการทำงานด้วยอาδυโนสำหรับเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่อัตโนมัติ เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานและแนวทางในการพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับงานอุตสาหกรรม

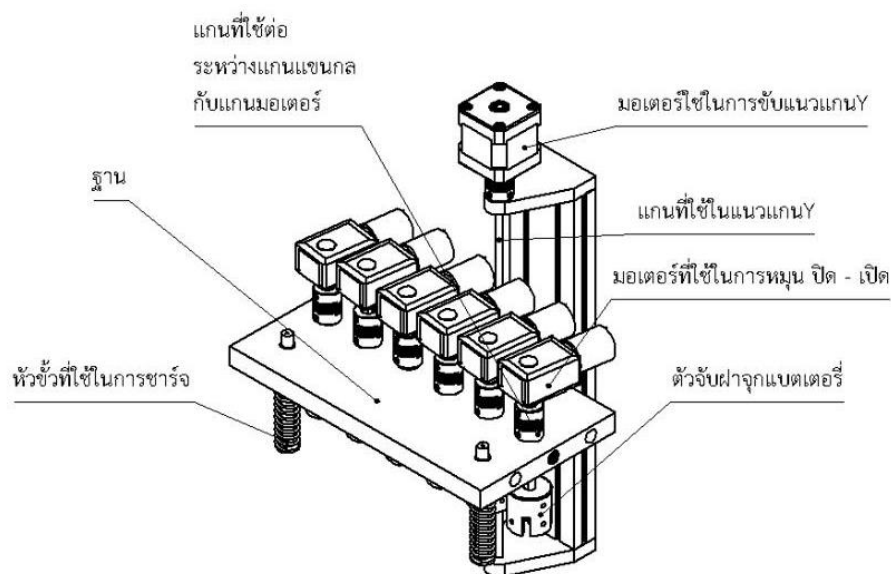
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบแขนกลการเคลื่อนที่แบบคาร์ทีเซียนกับงานเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของแขนกลแบบคาร์ทีเซียนด้วยการควบคุมจากอาδυโน
- 2.3 เพื่อศึกษาแรงบิดกับกระแสไฟฟ้าด้วยชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่

3. วิธีดำเนินการวิจัย

- 3.1 การออกแบบและสร้างชุดแขนกลเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่ระบบชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติ

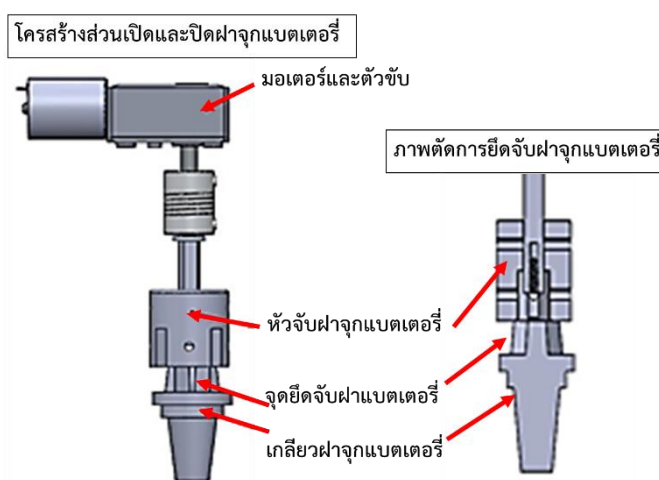
การออกแบบชุดแขนกลแบบคาร์ทีเซียนและหัวจับฝาจุกแบตเตอรี่ ต้องอาศัยการทำงานอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนในการขับเคลื่อนกลไกให้เข้าสู่ตำแหน่งการทำงาน การขึ้นและลงอย่างเป็นจังหวะด้วยอาδυโนหมุนเกลียวแบบบอลสกรูขับเคลื่อนในแนวแกน Y บนราง (สมฤกษ์, 2560) การออกแบบตัวจับยกและปิดฝาเกลียวจุกแบตเตอรี่ เพื่อเปิดและปิดฝาจุกที่เป็นพลาสติกโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลัง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบโครงสร้างชุดแขนกลเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่

3.2 การออกแบบส่วนจับยกและปิดฝาจุกแบตเตอรี่

ในการออกแบบส่วนนี้ เป็นส่วนที่ยากและซับซ้อนเนื่องจากฝาจุกแบตเตอรี่เป็นพลาสติกสามารถสึกหรองได้ง่าย พื้นผิวค่อนข้างลื่นและพื้นที่ในการจับฝาเพื่อยกมีพื้นที่น้อย และต้องคำนึงถึงแรงบิดที่เกิดขึ้นในขณะบิดเพื่อเปิดและปิดฝาที่เป็นเกลียวในลักษณะเป็นเกลียว มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญคือ ตัวจับ และหัวจับ โดยตัวจับใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสั่งงานด้วยอาดยุโน ในส่วนหัวจับทำการออกแบบเฉพาะงานใช้กลไกจับยึดเพื่อไม่ให้หลุดจากหัวจับขณะอัดประจุแบตเตอรี่และจิ้งหะขึ้นลง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบและกลไกการจับยกและปิดฝาจุกแบตเตอรี่

3.3 การเคลื่อนที่เข้าหาจุดที่ต้องการกับการส่งสัญญาณพัลส์ในโปรแกรมการทำงานของอาดยุโน

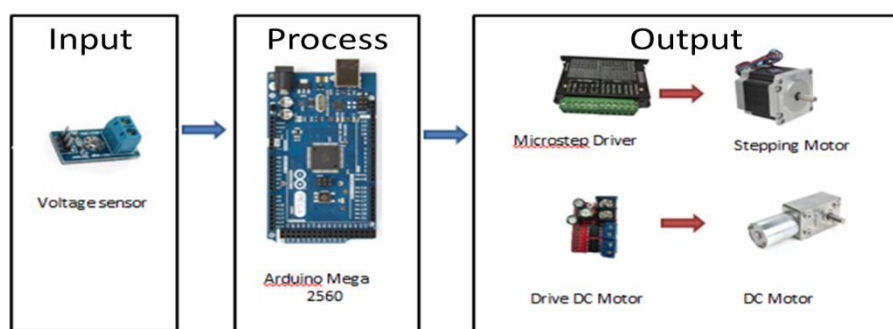
ขั้นตอนแรกในการสั่งงานด้วยโปรแกรมที่กำหนดการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งการทำงาน (จอมภพ, 2560) โดยอาดยุโนทำการส่งสัญญาณพัลส์ไปยังสเต็ปมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปตามระยะพิทซ์ในแนวแกน Y ของเกลียวสกรูบอลมีการเคลื่อนที่เชิงเส้น 2 มิลลิเมตรต่อการหมุน 1 รอบ หรือ 360 องศา โดยการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ที่สัญญาณ 1 พัลส์ เกลียวสกรูบอลเคลื่อนที่ 1.8 องศา นั้นหมายความว่าถ้าต้องการให้สเต็ปมอเตอร์ขับเคลื่อนเกลียวสกรูบอล 1 รอบ 360 องศา อาดยุโนต้องส่งสัญญาณพัลส์ 200 พัลส์ซึ่งจะได้การเคลื่อนที่ 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของระยะเคลื่อนที่แนวแกน Y กับการส่งสัญญาณพัลส์ด้วยอาดยุโน

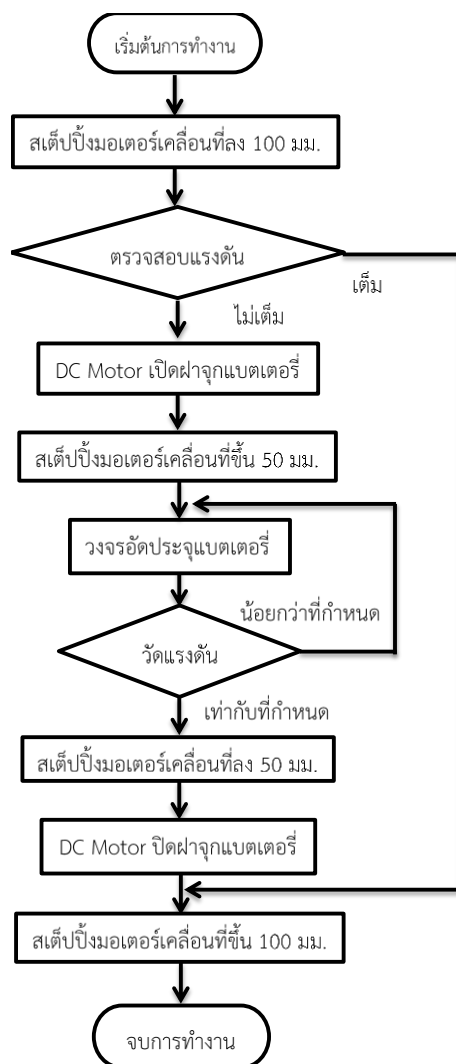
ระยะการเคลื่อนที่ แนวแกน Y	จำนวนสัญญาณพัลส์
2 มิลลิเมตร	200 พัลส์
50 มิลลิเมตร	1000 พัลส์
100 มิลลิเมตร	2000 พัลส์

3.4 การออกแบบระบบการทำงาน

ระบบควบคุมการทำงานชุดแขนกลเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่อัตโนมัติใช้ร่วมกับวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ที่สามารถสลายเซลล์ได้ด้วยคลื่นความถี่ ดังภาพที่ 3 ซึ่งต้องมีการสั่งงานผ่านชุดสั่งงานโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์ ด้วยอาดยุโน เมกา (2560) ก่อนชุดเปิดฝาจุกแบตเตอรี่จะทำงานระบบต้องทำการตรวจสอบค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่จะอัดประจุ และชุดแขนกลจะเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งงานที่กำหนดไว้ด้วยสเต็ปมอเตอร์ หลังจากนั้นส่วนหัวจับเริ่มหมุนเปิดฝาด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและจับยกฝาขึ้นเกิดช่องให้อิระเหยสามารถออกได้ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของระบบควบคุมแขนกลแบบคาร์ทีเซียนเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำงานแขนกลแบบคาร์ทีเซียนเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่

3.4 การหาประสิทธิภาพความแม่นยำการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y

การทดลองหาประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y ด้วยการควบคุมการเคลื่อนที่โดยอาศัยหุ่นกับแขนกลแบบคาร์ทีเซียน เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทำงาน (พงศกร 2561) ซึ่งนำผลการทดลองจากการกำหนดจุดการเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามเงื่อนไข และใช้สมการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน ได้ดังสูตรต่อไปนี้

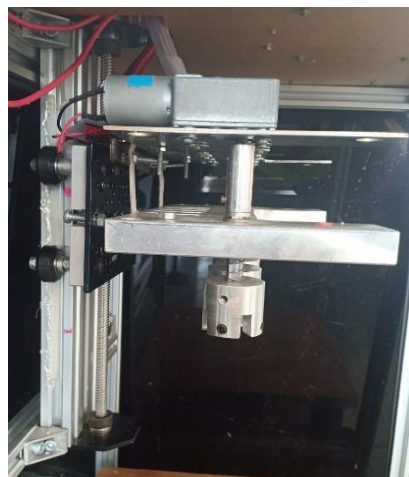
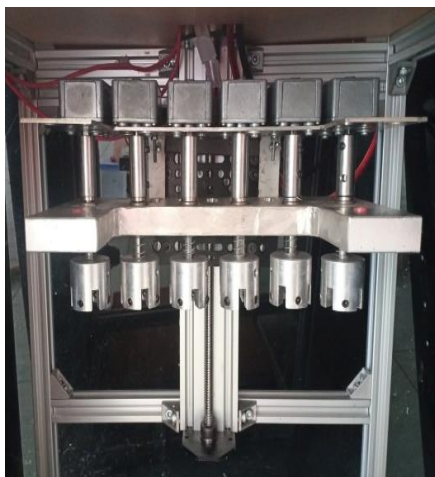
$$\text{ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าจริงที่กำหนด} - \text{ค่าเฉลี่ย}}{\text{ค่าจริงที่กำหนด}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ผลรวมของความคลาดเคลื่อน}}{\text{จำนวนครั้งการทดลอง}} \times 100 \quad (2)$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบและสร้างแขนกลแบบคาร์ทีเซียนเสริมระบบอัตโนมัติ

จากการออกแบบและสร้างชุดแขนกลแบบคาร์ทีเซียนสำหรับงานเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่อัตโนมัติ ใช้เสริมกับระบบชาร์จแบตเตอรี่และสลายซัลเฟต มีส่วนประกอบ ดังนี้ ฐานโครงสร้าง บอลสกรู ดีซีมอเตอร์ สเต็ปมอเตอร์ ข้อต่อแกนมอเตอร์ และชุดจับฝาจุกแบตเตอรี่ โดยจะมีสเต็ปมอเตอร์ขับเคลื่อนหมุนของการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y มีพื้นที่ทำงาน ขนาดความกว้าง 35 x ยาว 45 x สูง 70 เซนติเมตร ภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างชุดแขนกลแบบคาร์ทีเซียนสำหรับงานเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่อัตโนมัติ ด้านหน้าและด้านข้าง



ภาพที่ 5 ชุดแขนกลแบบคาร์ทีเซียนสำหรับงานเปิดและปิด
ฝาจุกแบตเตอรี่ด้านหน้าและด้านข้าง

4.2 ผลการทดสอบส่วนการจับฝาจุกแบตเตอรี่

จากการออกแบบส่วนการจับฝาจุกแบตเตอรี่ และทำการทดลองโดยการจับฝาและบิดเพื่อเปิดโดยการหมุนเกลียวหลังจากนั้นทำการยกฝาขึ้น โดยแบตเตอรี่น้ำที่ใช้เป็นขนาด 12 โวลต์ 35 แอมป์ มีฝาจุกแบตเตอรี่ 6 ฝา เป็นขนาดที่ใช้กันโดยทั่วไป ระยะในการทดสอบคือ 50 มิลลิเมตร ทำการทดสอบโดยตัวขับเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังในการบิด เพื่อทำการหมุนเปิดและปิดฝาจุกแบตเตอรี่ และยกขึ้นในแนวแกน Y ระยะ 50 มิลลิเมตร พบว่าสามารถทำได้ไม่มีความผิดพลาด ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การทดสอบส่วนการจับฝาจากแบตเตอรี่และยกขึ้นในแนวแกนระยะ 50 มิลลิเมตร

4.3 ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ของแกนกลคาร์ทีเซียน

การทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ของแกนกลคาร์ทีเซียนในแนวแกน Y กำหนดจุดงานที่จะให้แกนกลเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ ทดสอบการขึ้นและลงโดยอาศัยโน้ตสัญญาณพัลส์ไปยังสแต็ปมอเตอร์ ตามตารางที่ 2

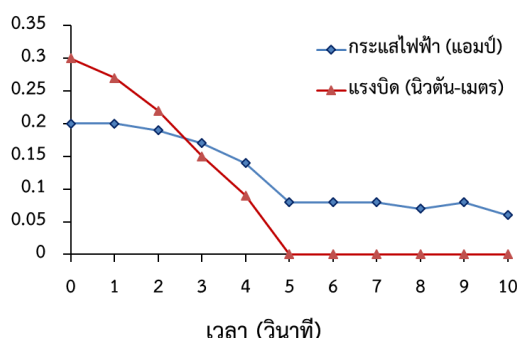
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่ของแกนกลคาร์ทีเซียนในแนวแกน Y

ระยะ ทดสอบ (มิลลิเมตร)	จำนวน สัญญาณ พัลส์	ระยะที่ได้จากการทดลอง เฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อน เฉลี่ย (ร้อยละ)
100	2,000 (ลง)	99.76	0.21
	2,000 (ขึ้น)	99.54	0.46
50	1,000 (ลง)	49.87	0.26
	1,000 (ขึ้น)	49.73	0.44

4.4 ผลของแรงบิดกับกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขณะเปิดและปิดฝาจากแบตเตอรี่

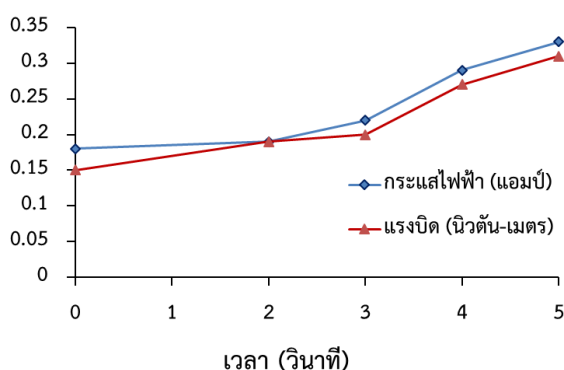
ในส่วนการบิดเปิดและปิดฝาจากแบตเตอรี่ เนื่องจากฝาแบตเตอรี่มีลักษณะเกลียวในการเปิดต้องใช้แรงบิดเพื่อเปิดและปิดทำให้เกิดแรงบิดที่ส่วนจับฝาจาก และมีส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่เกิดกับกระแสไฟฟ้าที่จำเป็นต่อการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในการ

ออกแบบจึงต้องคำนึงถึงแรงที่ใช้เนื่องจากฝาจุกแบตเตอรี่เป็นพลาสติก หากบิดแรงเกินไปอาจทำให้ฝาเกิดการฉีกขาดและเสียหายได้ แต่หากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้มีกำลังไม่เพียงพอก็จะไม่สามารถทำการเปิดได้ จากการทดลองแสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสไฟฟ้าขณะทำการเปิดฝาจุกแบตเตอรี่

จากภาพที่ 7 แสดงผลการทดสอบขณะมอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้าในการเปิดฝาจุกแบตเตอรี่ ต้องใช้แรงบิดที่ค่าสูงสุด 0.3 นิวตัน-เมตร กระแส 0.2 แอมป์ ที่จุดเริ่มต้นการบิดเปิดฝา และค่าแรงบิดกับกระแสจะลดลงเมื่อฝาเกลียวเริ่มคลายออกและยกขึ้นจึงไม่เกิดแรงบิดหลังจากวินาทีที่ 5 เสร็จสิ้นการเปิดฝาจุกแบตเตอรี่ หลังจากกระบวนการอัดประจุแบตเตอรี่เสร็จ ชุดแขนกลจะทำการปิดฝาจุกโดยเริ่มทำการหมุนเกลียวเข้าฝาค่อย ๆ แน่นขึ้น เกิดแรงบิดและกระแสเพิ่มขึ้น จากภาพที่ 8 แรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้น 0.31 นิวตัน-เมตร ค่ากระแสไฟฟ้า 0.33 แอมป์ ของเวลาวินาทีที่ 5 ส่วนจับฝาจุกแบตเตอรี่จะเสร็จสิ้นการทำงานหลังจากนั้นเป็นหน้าที่ของแขนกลคาร์ทีเซียนในการเคลื่อนที่ขึ้น



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสไฟฟ้าขณะทำการปิดฝาจุกแบตเตอรี่

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการออกแบบชุดแขนกลแบบคาร์ทีเซียนเคลื่อนที่แนวแกน Y ด้วย สเต็ปป์มอเตอร์และ ส่วนหัวจับฝาจุกแบตเตอรี่อัตโนมัติ เพื่อใช้เสริมระบบ อัตประจุแบตเตอรี่ที่มีระบบสลายเซลล์เฟด เป็น การพัฒนาเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากไอระเหยขณะชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งมีโครงสร้างหลัก 2 ส่วน คือ แขนกลคาร์ทีเซียนและหัวจับฝาจุก ในการเปิดฝาจุกแบตเตอรี่นั้นลักษณะงานเป็นการหมุนเพื่อ ขันเกลียวเปิดและปิด ต้องใช้แรงบิดเพื่อหมุนฝาในจังหวะเปิดและปิดโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ผลการทดสอบการทำงานของกลไก ที่เชื่อมกับการควบคุมด้วยอาคุยโนพบว่ามีความคลาดเคลื่อน เล็กน้อยเนื่องจากส่วนหัวจับมีน้ำหนักมาก แต่กลไกการทำงานไม่มีการติดขัดและสามารถจับฝาจุก แบตเตอรี่ได้อย่างสมบูรณ์

6. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนการทำงานวิจัยจากสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

7. เอกสารอ้างอิง

- จอมภพ ละออง. (2560). การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน. **Kasem Bundit Engineering Journal**. 7(1), 174–190.
- จุฬา เสือดอนอง. (2560). ระบบต้นแบบชั้นวางรองเท้าสำหรับจัดเก็บรองเท้าและนำรองเท้าออก อัตโนมัติ. การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 10, 462–465.
- ธนารักษ์ มิตรชอบ. (2562). การประยุกต์ใช้วงจรสลายเซลล์เฟดร่วมกับระบบชาร์จแบตเตอรี่ควบคุม ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. รายงานสืบเนื่องจากประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 5, 430–437.
- พงศกร รูปใหญ่. (2561). การลดระยะผิดพลาดของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แขนกล SEIKO D-TRAN RT 3200 โดยใช้การควบคุมแบบทำซ้ำที่ปรับปรุงใหม่. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระ นครเหนือ**. 28(2), 299 – 312.
- สุกัญญา ทองเชื้อ. (2562). ระบบควบคุมแขนกลทาสีอัตโนมัติ. รายงานสืบเนื่องจากประชุมวิชาการ ระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 4, 690–696.
- สมฤกษ์ ปุฉาการ. (2560). หุ่นยนต์ 3 แกนสำหรับเคลื่อนย้ายวัสดุ. การประชุมวิชาการช่วยงาน วิศวกรรมอุตสาหกรรม, 1248–1253.
- เอกชัย ดีศิริ. (2556). การกำจัดผลึกกำมะถันในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด. **เอกสารประชุมวิชาการ ระดับชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 8**, 1371 – 1380.

การหาจุดเหมาะสมของการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน THE OPTIMIZATION OF COMBINED MICROWAVE AND HOT AIR FOR DRYING SYSTEM

เดียนแรม แผ่งเกี้ยว^{1*}, ชาตรี เพชรชู¹, ภาควณิ พรมฟัก¹ และ ณัฐกมล ฤทธิพิณ¹

Duanraem Phaengkiao^{1*}, Chartree Phetchoo¹, Pakpoom Promfak¹

and Nattakamon Littipin¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Department of Electrical Engineer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of
Technology Lanna Phitsanulok, Mueang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: duanraemp@gmail.com

วันที่เข้ารับ 8 ตุลาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 4 พฤศจิกายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ต้นแบบเครื่องอบแห้งถูกออกแบบให้ใช้แมกนีตรอนขนาด 1,000 วัตต์ และฮีตเตอร์ขนาด 800 วัตต์ แบ่งการทดสอบเป็น 3 กรณี ได้แก่ การทดสอบด้วยไมโครเวฟ การทดสอบด้วยลมร้อน และการทดสอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และการอบแห้งทดสอบโดยใช้ขมิ้นชันน้ำหนัก 100 กรัม โดยใช้กำลังไมโครเวฟที่ 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อนที่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอบแห้ง 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที และความเร็วลมร้อนที่ 0.5 m s^{-1} ผลการทดสอบ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในการอบแห้งขมิ้นชัน ใช้กำลังไมโครเวฟเท่ากับ 800 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที อีกทั้งการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในการอบแห้งยังสามารถรักษาคุณภาพสีของขมิ้นชันหลังการอบแห้งได้ดีกว่าการตากแห้งและการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีต้นทุนเท่ากับ 15,000 บาท จุดคุ้มทุนของเครื่องอยู่ที่ $134.27 \text{ kg year}^{-1}$ และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2 เดือน จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับ ลมร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ รักษาคุณภาพสีขมิ้นชันหลังการอบแห้งได้

คำสำคัญ: ไมโครเวฟ, ลมร้อน, การอบแห้ง, ขมิ้นชัน

Abstract

The objective of this research was to study the optimum conditions of the combined microwave with hot-air drying on drying of turmeric. The prototype designed to use 1,000 watts magnetron and 800 watts heater. This research was dried with three different drying methods: microwave, hot-air and microwave combined with hot-air that using turmeric weighing 100 grams. The microwave drying was carried out in a microwave oven with output power of 300, 400, 500, 600, 700 and 800 W, while the hot-air drying was carried out at drying air temperatures of 60, 70 and 80 °C. The drying time to test is 5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes with air velocity of 0.5 m s⁻¹. The results showed that the optimum point of the microwave with hot-air for drying is the microwave power of 800 watts and hot air temperature of 60 °C, which takes 10 minutes. In addition, using microwave with hot air for drying can maintain the color quality of turmeric after drying better than just drying and drying with hot-air. The microwave with the hot air has cost of 15,000 baht. The break-even point of the machine is 134.27 kg year⁻¹ and the payback period is 2 months. It can be concluded that the method of microwave drying combined with hot-air can reduce the drying time and preserve the quality of turmeric after drying.

Keywords: Microwave, Hot-air, Drying, Turmeric

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยพืชผักสมุนไพรกันมากขึ้น ทำให้ทราบว่าตลาดสมุนไพรของประเทศไทยได้เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วราวร้อยละ 10 ต่อปี ซึ่งในปี 2560 ที่ผ่านมามีมูลค่าเพิ่มขึ้นถึงกว่าร้อยละ 30 ซึ่งข้อมูลจากศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยระบุว่าประเทศไทยส่งออกสมุนไพรและสารสกัดปีละประมาณ 1,000 ล้านบาท เมื่อปี 2559 ตลาดสมุนไพรเวชสำอาง อาหารเสริม เครื่องดื่ม สมุนไพรแห้ง สมุนไพรสด มีมูลค่ารวมประมาณ 3.92 หมื่นล้านบาท และคาดว่าจะขยายตัวเป็น 5.69 หมื่นล้านบาทในปี 2564 ซึ่งถือว่าการขยายตัวมีแนวโน้มที่ดีในเชิงเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนมีความหลากหลายของสมุนไพร (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2561 และ Euromonitor International, 2019) ซึ่งขม้นขึ้นเป็นหนึ่งในสมุนไพรเศรษฐกิจของประเทศ ในปี 2559 มีการปลูกขม้นขึ้นถึง 4,167.50 ไร่ รวม 3,550.40 ตัน โดยเก็บไว้ใช้ในประเทศถึงร้อยละ 98 และมีการส่งออกขม้นขึ้นไปประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น

ถึง 80.96 ตันต่อปี รวมมูลค่า 12.150 ล้านบาท (สำนักงานส่งเสริมและจัดการเกษตร, 2559) ซึ่งการส่งออกขมิ้นชันไปยังต่างประเทศจะต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทางเป็นเวลานานอาจเกิดการเน่าเสียเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีวิธีการเก็บรักษามันในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การอบแห้ง การบรรจุขมิ้นในภาชนะที่อากาศผ่านไม่ได้ เป็นต้น การอบแห้งขมิ้นเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าของขมิ้นชันให้สูงขึ้น ในปัจจุบันมีการใช้วิธีการอบด้วยลมร้อนสำหรับการอบแห้งแต่ยังมีข้อจำกัด คือ ใช้เวลานาน ใช้พลังงานมาก และคุณภาพสีของขมิ้นชันหลังการอบแห้งไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคไมโครเวฟมาใช้ในการอบแห้ง ซึ่งการนำเทคนิคไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้กับวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ เนื่องจากไมโครเวฟทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำในวัสดุอบแห้งเป็นตัวดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้ดีซึ่งน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้วสามารถเหนี่ยวนำจากสนามไฟฟ้าให้มีการเปลี่ยนแปลงเชิงขั้วอย่างรวดเร็วตามความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานความร้อนอย่างรวดเร็ว (สิรินดา ศิลากุล, 2561) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการอบแห้งที่สูงขึ้นตามไปด้วยอีกทั้งยังสามารถลดการใช้พลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว (Supawan *et al.*, 2012)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเทคนิคการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและศึกษาคุณภาพของขมิ้นชันหลังการอบแห้งด้วยเทคนิคการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

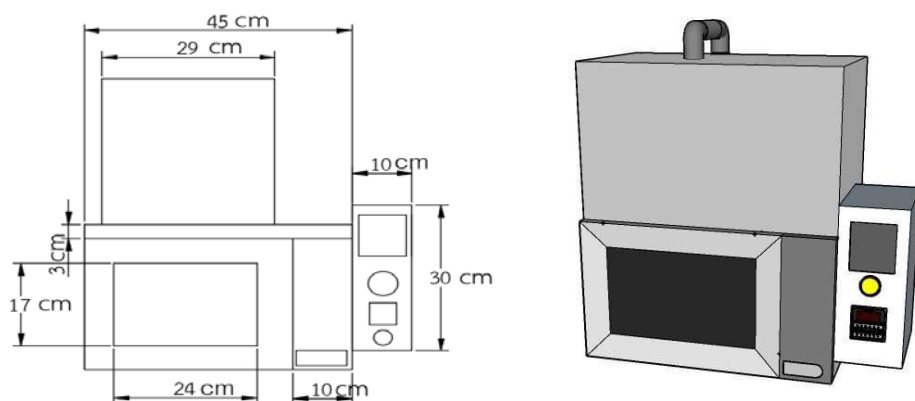
2.1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเทคนิคการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพของขมิ้นชันหลังการอบแห้งด้วยเทคนิคการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

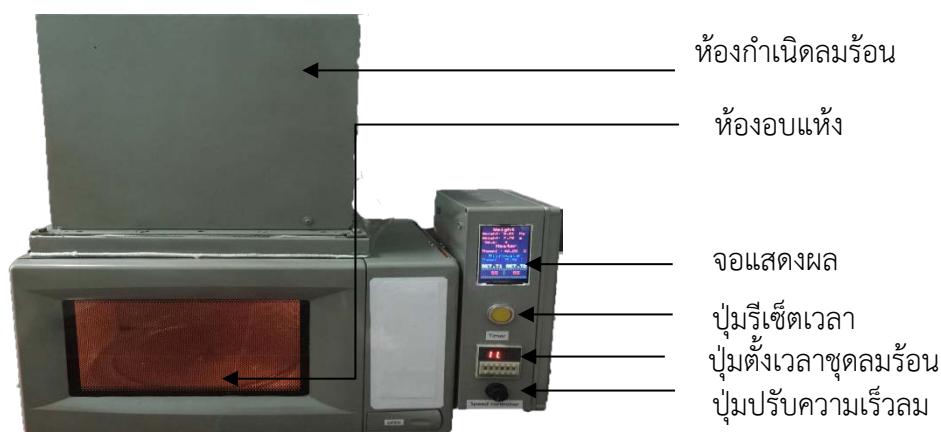
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

เครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ประยุกต์โดยใช้ตู้อบไมโครเวฟทั่วไปขนาด 30 x 19 x 29 เซนติเมตร ประกอบด้วยแมกนีตรอนขนาด 1000 วัตต์ จำนวน 1 ตัว และได้มีการสร้างห้องกำเนิดลมร้อนเพิ่มเติม โดยใช้ฮีตเตอร์ขนาด 800 วัตต์ จำนวน 1 ตัว ดังแสดงผลการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนดังภาพในภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน



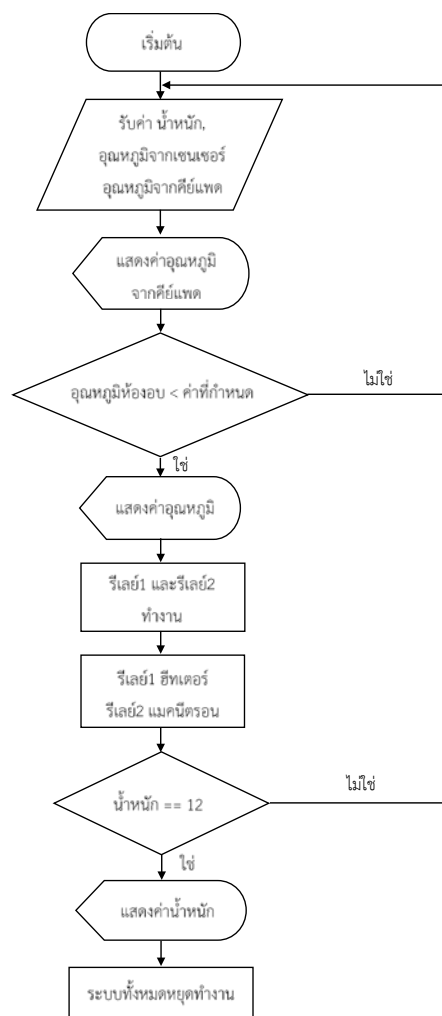
ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

3.2 ระบบควบคุมเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

ในส่วนนี้ แสดงขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน แสดงภาพรวมของระบบควบคุมเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ดังภาพที่ 3 และผังงานโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ดังภาพที่ 4 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ระบบรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ รุ่น K-Type โดยมีตัวขยายสัญญาณ Digital Module for K-Type (MAX6675) เซ็นเซอร์น้ำหนัก (Load cell sensor) โดยมีตัวขยายสัญญาณ Weight Sensor Module (HX711) และรับข้อมูลค่าอุณหภูมิที่กำหนดบนคีย์แพด (Keypad)
- ขั้นตอนที่ 2 จากนั้นระบบประมวลผลตามเงื่อนไขการทำงานของระบบด้วยหน่วยประมวลผล Arduino Mega 2560 ซึ่งเขียนด้วย ภาษา Arduino IDE
- ขั้นตอนที่ 3 ค่าอินพุตต่างๆ แสดงออกจก TFT LCD
- ขั้นตอนที่ 4 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ได้แก่ รีเลย์ใช้ในการควบคุมการ เปิด-ปิด ในระบบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

ภาพที่ 3 ระบบควบคุมเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน



ภาพที่ 4 ผังงานโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

3. การทดสอบเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

3.1 การหาจุดเหมาะสมของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในการอบแห้ง ตัวอย่างขมิ้นชันที่นำมาทำการทดลองนั้นมาจากตลาดท้องถิ่น ในจังหวัดพิษณุโลก โดยนำมาทำความสะอาดและคัดเลือกล้างปอกเปลือก หั่นขมิ้นชันให้ได้ขนาดที่คงที่ประมาณ 3 มิลลิเมตร ปริมาณในการทดลองกรณีละ 100 กรัม แบ่งการทดลองเป็น 3 กรณี ได้แก่ ทดลองอบแห้งด้วยไมโครเวฟ ทดลองอบแห้งด้วยลมร้อน และทดลองอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยใช้กำลังไมโครเวฟที่ 300, 400, 500, 600, 700, และ 800 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อนที่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทดลอง 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที และความเร็วลมร้อนที่ 0.5 m s^{-1} ทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขมิ้นชันในระหว่างการอบแห้งโดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 5 นาที จนน้ำหนักของขมิ้นชันไม่เปลี่ยนแปลง การทดลองในแต่ละกรณีแบ่งมีจำนวนการทดลองดังนี้ การทดลองด้วยไมโครเวฟทั้งหมด 36 กรณี ทดลองด้วยลมร้อนทั้งหมด 18 กรณี และทดลองด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนทั้งหมด 108 กรณี จากนั้นนำข้อมูลมาหาค่าความชื้นของขมิ้นชัน ด้วยค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis) โดยใช้สมการที่ (1) (Nattapon *et al.*, 2016)

$$M_w = \frac{W - d}{W} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ	M_w	คือ	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)
	W	คือ	น้ำหนักวัสดุก่อนอบแห้ง (กรัม)
	d	คือ	น้ำหนักวัสดุหลังอบแห้ง (กรัม)

และเปรียบเทียบคุณภาพสีของขมิ้นชันหลังการอบแห้งด้วยเทคนิคการอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

3.2 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ซึ่งเป็นจุดที่รายรับที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์หรือจากการบริการเท่ากับต้นทุนทั้งหมดที่ลงทุน แสดงดังสมการที่ (2) (รวิภัทร ลาภเจริญสุข และคณะ, 2562)

$$\text{จุดคุ้มทุน (kg year}^{-1}\text{)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่ (Baht year}^{-1}\text{)}}{\text{รายรับจากการขายขมิ้นชันอบแห้งต่อหน่วย (Baht kg}^{-1}\text{) - ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (Baht kg}^{-1}\text{)}} \quad (2)$$

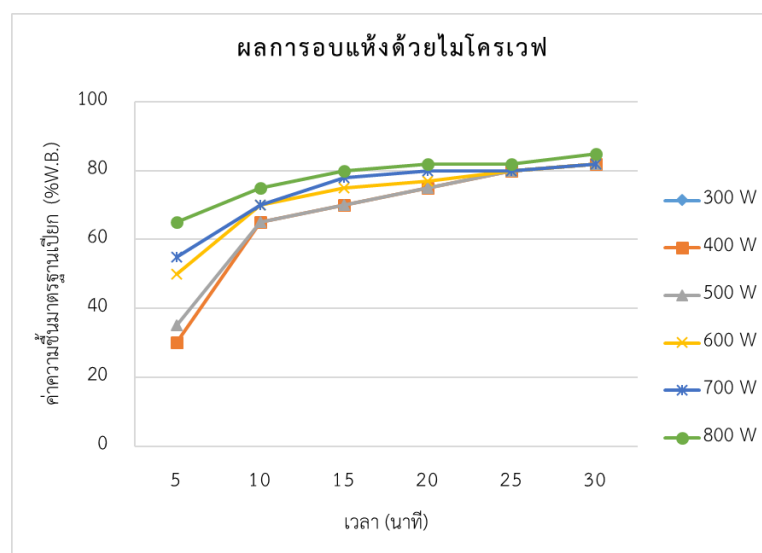
นอกจากนั้นการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ซึ่งคือเวลาที่ทำให้การลงทุนเริ่มต้นได้รับการคืนทุน โดยไม่คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แสดงดังสมการที่ (3)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (year)} = \frac{\text{ราคาเครื่อง (Baht)}}{\text{รายได้ต่อปี (Baht year}^{-1}) - \text{ต้นทุนรวมทั้งหมด (Baht year}^{-1})} \quad (3)$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการหาจุดเหมาะสมของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในการอบแห้ง

(1) ผลการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ จากการใช้คลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 วัตต์ ระยะเวลาในการทดลอง 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ในปริมาณไขมันชั้น 100 กรัม ผลการทดสอบ พบว่า การอบแห้งจากการใช้คลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 วัตต์ ปริมาณความชื้นและน้ำหนักที่หายไปจะแตกต่างกันที่ระยะเวลา 5 – 15 นาที แต่ที่ระยะเวลา 25 – 30 นาที ปริมาณความชื้นและน้ำหนักมีค่าที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งกำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ระยะเวลา 10 นาที สามารถคงคุณภาพสีของไขมันชั้นหลังการอบแห้งได้ ซึ่งปริมาณความชื้นที่หายไปร้อยละ 70 มาตรฐานเปียก ดังแสดงในภาพที่ 6 (ข) โดยที่ปริมาณความชื้นที่หายไปมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 85 มาตรฐานเปียก ที่กำลังไมโครเวฟ 800 วัตต์ ระยะเวลา 30 นาที แต่ทำให้ไขมันชั้นที่ผ่านการอบเกิดความเสียหาย เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟที่มีกำลังสูงนี้จะไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำในไขมันชั้น ทำให้ไขมันชั้นไม่สามารถคายความร้อนได้ทัน เพราะได้รับความร้อนที่สูงตลอดเวลาจึงเกิดการสะสมความร้อนภายในทำให้ไขมันชั้นเกิดความสูญเสียคุณภาพสี ดังแสดงในภาพที่ 6 (ข)



ภาพที่ 5 ผลการอบแห้งไขมันชั้นของการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ



(ก)



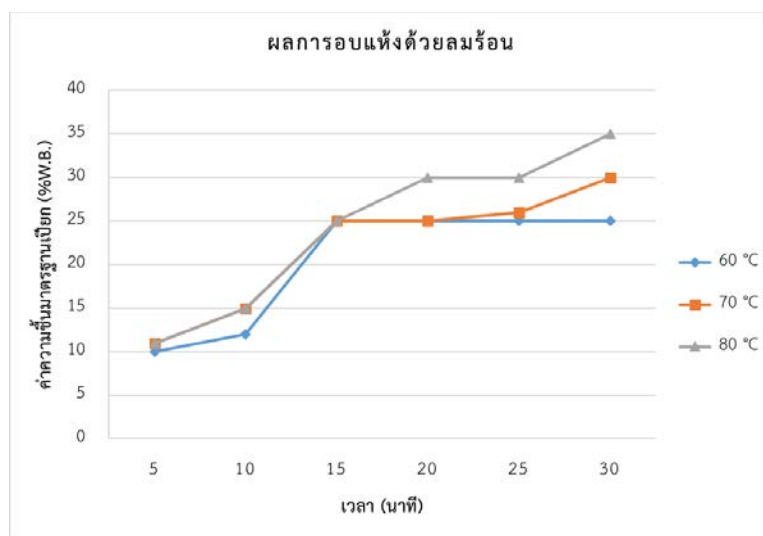
(ข)

ภาพที่ 6 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสีการอบแห้งขมิ้นชันด้วยคลื่นไมโครเวฟ

(ก) กำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ เวลา 10 นาที ความชื้นที่หายไปร้อยละ 70 มาตรฐานเปียก

(ข) กำลังไมโครเวฟ 800 วัตต์ เวลา 30 นาที ความชื้นที่หายไปร้อยละ 85 มาตรฐานเปียก

(2) ผลการอบแห้งด้วยลมร้อน จากการใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทดลอง 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ความเร็วลมร้อนคงที่ 0.5 m s^{-1} ในปริมาณขมิ้นชัน 100 กรัม ผลการทดสอบ พบว่า การอบโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นลดลงไปเพียงเล็กน้อย ปริมาณความชื้นที่หายไปมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 35 มาตรฐานเปียก ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 7 เนื่องจากการใช้ลมร้อน คือ การลดความชื้นจากด้านนอกไปหาด้านใน ซึ่งด้านในของขมิ้นชันมีความชื้นอยู่เยอะ จึงทำให้ลมร้อนไม่สามารถลดความชื้นของขมิ้นชันได้ตามเวลาที่ต้องการ แสดงคุณภาพสีการอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อน ดังภาพที่ 8

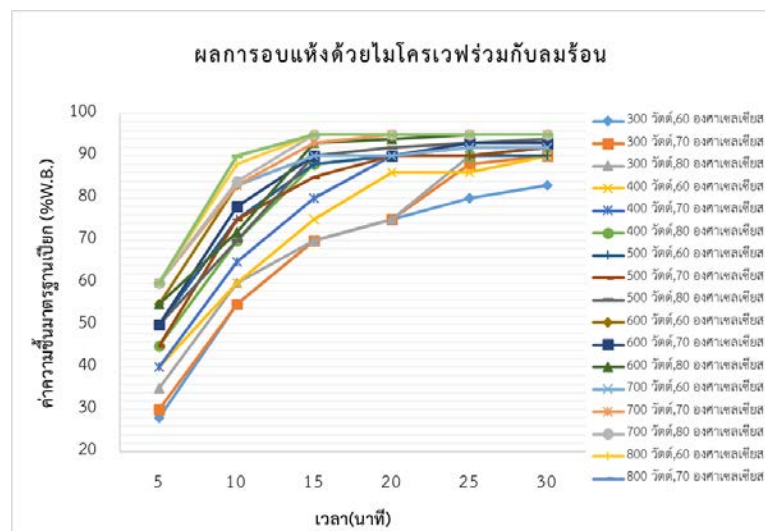


ภาพที่ 7 ผลการอบแห้งขมิ้นชันของการอบแห้งด้วยลมร้อน



ภาพที่ 8 ผลคุณภาพสีการอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อน

(3) ผลการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน จากการใช้คลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทดลอง 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ความเร็วลมร้อนที่ 0.5 m s^{-1} แสดงดังภาพที่ 9 ปริมาณขมิ้นชัน 100 กรัม ผลการทดสอบ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบขมิ้นชัน คือ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที และความเร็วลมร้อนที่ 0.5 m s^{-1} ซึ่งปริมาณความชื้นที่หายไปมากที่สุดร้อยละ 88 มาตรฐานเปียก ดังแสดงในภาพ 10 และผลการแสดงคุณภาพสีการอบแห้งขมิ้นชันด้วยคลื่นไมโครเวฟ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 ผลการอบแห้งขมิ้นชันของการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

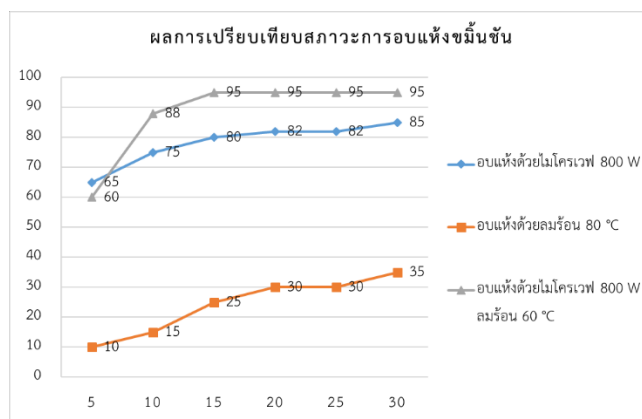


ภาพที่ 10 ผลของคุณภาพสีของไขมันชั้นหลังอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

(4) ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของการอบแห้งไขมันชั้นผล การเปรียบเทียบการอบไขมันชั้นด้วยการอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของของกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ อุณหภูมิลมร้อนและระยะเวลาการอบแห้ง พบว่า กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 25 นาที, กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 นาที กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 นาที และกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที สามารถลดความชื้นได้ร้อยละ 88 มาตรฐานเปียก ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับไขมันชั้นอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งไขมันชั้น คือ กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 800 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบแห้ง 10 นาที ซึ่งมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเพียง 2.9988 MJ/kg และแสดงผลการเปรียบเทียบคุณภาพสีของไขมันชั้นอบแห้งระหว่างไขมันชั้นอบแห้งตามท้องตลาดและไขมันชั้นหลังอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ดังภาพที่ 12

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมในการอบแห้งไขมันชั้น

อุณหภูมิ (°C)	กำลังไฟฟ้า (W)	เวลา (m)	ความชื้น มาตรฐาน เปียก (%)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน (MJ/kg)
60	500	15	88	3.1968
	800	10		2.9988
70	300	25	88	3.3192
80	400	15	88	3.1968



ภาพที่ 11 ผลการเปรียบเทียบค่าสภาวะที่เหมาะสมของการทดลองอบแห้งไขมันชั้นทั้ง 3 กรณี



(ก)



(ข)

ภาพที่ 12 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสีของไขมันชั้นอบแห้งระหว่างไขมันชั้นอบแห้งตามท้องตลาดและไขมันชั้นหลังอบด้วยไมโครเวฟร่วมลมร้อน

(ก) ไขมันชั้นอบแห้งตามท้องตลาด (ข) ไขมันชั้นหลังอบด้วยไมโครเวฟร่วมลมร้อน

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ต้นแบบเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีต้นทุนในการสร้าง (ราคาเครื่อง) 15,000 บาท โดยต้นทุนคงที่เท่ากับ $1,633.38 \text{ Baht year}^{-1}$ ซึ่งเป็นผลรวมของค่าเสื่อมราคาเครื่อง $1,350 \text{ Baht year}^{-1}$ และดอกเบี้ยในการลงทุน $283.38 \text{ Baht year}^{-1}$ สำหรับค่าใช้จ่ายผันแปรมาจากค่าบำรุงรักษา $1,800 \text{ Baht year}^{-1}$ และค่าไฟฟ้า $6,822.4 \text{ Baht year}^{-1}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $8,622.4 \text{ Baht year}^{-1}$ ต้นทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ $10,255.78 \text{ Baht year}^{-1}$ การประเมินจุดคุ้มทุนตามสมการที่ (2) โดยคิดต้นทุนผันแปรต่อหน่วยที่อัตราการทำงานสูงสุดจากการทดลองของเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนจะได้จุดคุ้มทุนเมื่อขายไขมันอบแห้งได้ $134.27 \text{ kg year}^{-1}$ และเมื่อคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากสมการที่ (3) จะสามารถคืนทุนได้ใน 2 เดือน

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยใช้ต้นแบบเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และมีหมั่นชั้นเป็นตัวช่วยในการทดลอง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ การอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ผลการทดสอบ พบว่า การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ เมื่อมีการใช้กำลังไฟที่สูงขึ้นทำให้เกิดความร้อนสะสมในหมั่นชั้นมากเกินไป ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้หมั่นชั้นเกิดความเสียหายและมีรอยไหม้ และการอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งด้วยระยะเวลาที่กำหนดปริมาณความชื้นของหมั่นชั้นนั้นลดลงได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งนำไปใช้งานไม่ได้ ดังนั้น วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งหมั่นชั้น คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งหมั่นชั้น คือ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที ซึ่งสามารถลดความชื้นได้ร้อยละ 88 มาตรฐานเปียก (ค่าที่เหมาะสมสำหรับหมั่นชั้นอบแห้ง) และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเพียง 2.9988 MJ/kg อีกทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพสีของหมั่นชั้นหลังอบแห้งได้ โดยต้นแบบเครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีต้นทุนในการสร้าง 15,000 บาท และมีจุดคุ้มทุนเมื่อขายหมั่นชั้นอบแห้งได้ 134.27 kg year⁻¹ สามารถคืนทุนได้ใน 2 เดือน จึงสามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ รักษาคุณภาพสีของหมั่นชั้นหลังการอบแห้งได้ และเหมาะสมกับกลุ่มเกษตรกร สหกรณ์ และวิสาหกิจชุมชน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิชญ์โลก ที่สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ดำเนินงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, กรม. (2561). "สมุนไพรไทย"เติบโตขึ้นกว่า 30%.

สืบค้นจาก <https://www.thaihealth.or.th>

ชวลิต ตรีกรุณาสวัสดิ์, นารีรัตน์ สุนทรธรรม, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตนา สุทธยา
คม, รัมภ์ พัน โกศลนันท์, วชิร วิทวรรณกุล, สุพี วนศิริกุล, อมรา ชินภูติ, อัจฉราพร ศรีจุ
ดานุ และอารีรัตน์ การุณสกลิตชัย. (2559). **โครงการวิจัยการจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

รวีภัทร ลาภเจริญสุข, ณตธสร ไชยพาฤทธิ, ธัชชิน ทองสว่างแจ้ง, พิระพงษ์ สารจันทร์, ภาณุวัฒน์ พร
ตอนก่อ, รังสรรค์ กุฎสำโรง, กฤษณะ เนาว์ประโคน และสหภัทร ชลาชัย. (2562). **เครื่อง**



ไมโครเวฟแบบลำเลียงสำหรับกำจัดมอดในข้าวโพดอาหารสัตว์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 11 ประจำปี 2562 “วิถีสยามมงคล ขับเคลื่อนนวัตกรรม เพื่อสร้างสรรค์เศรษฐกิจและสังคม”, 260-269.

- ส่งเสริมและจัดการเกษตร, สำนักงาน. (2559). **ขมิ้นชัน**. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร
- สิรินดา ศิลากุล. (2561). **หลักการทำงานของไมโครเวฟ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- Euromonitor International. (2019). **Herbal/Traditional Products in Thailand**. Retrieved from <https://www.euromonitor.com/herbal-traditional-products-in-thailand/report>
- Nattapon, K., & Narong, U. (2016). Kinetics and Turmeric using hot air and infrared drying. **Burapha Science Journal**, 21(3), 239-246. (in Thai)
- Supawan, T., Sakena, L., & Yutthana, T. (2012). Combined infrared/microwave and hot air drying for jackfruit: Kinetics, quality and sensory analysis. **Burapha Science Journal**, 17(1), 117-129. (in Thai)



ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติกรณีศึกษาห้างหุ้นส่วน ABC จำกัด EFFECTING FACTORS OF CUSTOMER SATISFACTION ON EADY-MIX CONCRETE SERVICE USING STATISTICAL ANALYSIS APPROACHES: A CASE STUDY OF AND ABC COMPANY

ปุนณทัต งามขำ¹, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย², สุกฤษฎ์ เพชรสวัสดิ์²,
อลงกรณ์ เมืองไหว² และ ธัชชัย เทพภรณ์^{2*}

Punnatat Ngamkham¹, Nattaporn Tungcharoenchai², Sukrit Phetsawat²,
Alongkorn Muangwai² and Thatchai Thepphakorn^{2*}

¹บริษัททิปโก้แอสฟัลต์ จำกัด มหาชน อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ ประเทศไทย 10130

² คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Tipco Asphalt Public Company Limited, Phra Pradaeng, Samut Prakan, Thailand, 10130

²Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: thatchai.t@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 16 กันยายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 18 ตุลาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อ วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จด้วยวิธีการทางสถิติ และค้นหาระดับความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จ กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วน (หจก.) ABC จำกัดแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมา โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้เป็นลูกค้าที่ได้ทำการสั่งซื้อคอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 120 รายซึ่งเป็นไปตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้โดยคำนวณจากสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยข้อมูลทั้งหมดที่ได้เก็บรวบรวมมาจะนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเชิงพรรณนาและเชิงอนุมานประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติไคสแควร์ ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ปัจจัยด้าน อายุ ระดับการศึกษา ประเภทของลูกค้า และรายได้มีผลต่อการเลือกใช้คอนกรีตผสมเสร็จของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ปัจจัยทางด้าน เพศ มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้คอนกรีตผสมเสร็จอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ด้านความพึงพอใจของลูกค้าพบว่า ลูกค้ามีระดับความพึงพอใจด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จมากที่สุด ในขณะที่ด้านการจัดส่งคอนกรีตลูกค้าจะมีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ, คอนกรีตผสมเสร็จ, แบบสอบถาม, ไคสแควร์

Abstract

The objectives of this research were to analyze the factors affecting customers' satisfaction in ready-mixed concrete service by using statistical approach, and to investigate satisfaction levels of customers for an ABC company in Phitsanulok province. The questionnaires used to collect the data were designed by using the Likert scale. The sample in this research was 120 customers ordering ready-mixed concrete. The acceptable sample size considered in this research was calculated by using Taro Yamane's formula with 95% confidence interval. The data collected were analyzed by using both descriptive and inferential statistics including frequency, percentage, mean, standard deviation, and Chi-Square test. The results indicated that the factors on age, educational level, types of customers, and customer's income were statistically significant with 95% confidence interval to select the service, excepted the factor on gender. In term of customer satisfaction, the analytical results showed that the highest level of customer satisfaction was the price of ready-mixed concrete. However, the lowest level of customer satisfaction was the service of mixed-concrete distribution to the customers.

Keywords: Satisfaction, Mixed-concrete, Questionnaire, Chi-square

1. บทนำ

ธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศตามไปด้วย เมื่อปริมาณการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสูงขึ้นทำให้ความต้องการในการใช้วัสดุจึงสูงขึ้นเช่นกัน รวมถึงคอนกรีตซึ่งถือว่าเป็นวัสดุก่อสร้างหลักที่นิยมนำมาใช้ในการก่อสร้างต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอนกรีตผสมเสร็จเป็นคอนกรีตอีกประเภทหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อธุรกิจก่อสร้างและได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน (ชนนัช พระพุทธคุณ และ ชีรเดช วุฒิพรพันธ์, 2554) เพราะว่าคอนกรีตผสมเสร็จเป็นคอนกรีตที่ผสมเรียบร้อยมาจากโรงงาน จึงทำให้การทำงานมีความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นธุรกิจขนาดเล็กหรือธุรกิจขนาดใหญ่ ประหยัดต้นทุนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการผสมคอนกรีตด้วยแรงงานคน อีกทั้งยังสามารถกำหนดปริมาณในการใช้ปูนได้อย่างถูกต้องแน่นอนอีกด้วย (รัฐศวรรธน์ และคณะ, 2558)

ห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษา เป็นโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จขนาดย่อมในเขตจังหวัดพิษณุโลก มีรถไม้มคอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 7 คัน มีพนักงานให้บริการ 17 คน ห้างหุ้นส่วนกรณีศึกษานี้ให้บริการคอนกรีตกับลูกค้าหลายประเภท เช่น คอนกรีตผสมเสร็จที่ใช้ในการหล่อเสา หล่อคาน คอนกรีตเทพื้น คอนกรีตทำถนน เป็นต้น อย่างไรก็ตามโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จในปัจจุบันเกิดขึ้นหลายแห่ง โดยเฉพาะในเขตพื้นที่เดียวกันและพื้นที่ใกล้เคียงทั้งบริษัทปูนที่มีขนาดเล็กไปจนถึงบริษัทปูนที่มีขนาดใหญ่ ประกอบกับลูกค้าในปัจจุบันมีความคาดหวังในด้านคุณภาพคอนกรีตผสมเสร็จและด้านการบริการเพิ่มมากขึ้น ซึ่งคุณภาพของคอนกรีตผสมเสร็จจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของวิศวกรผู้รับเหมาก่อสร้าง หรือผู้ควบคุมงานด้วย อีกทั้งในปัจจุบันห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษากำลังประสบปัญหาลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่องและยังไม่ทราบถึงสาเหตุที่ชัดเจน

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องโดยสรุปพบว่า มีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมหรือความพึงพอใจการใช้คอนกรีตผสมเสร็จของลูกค้าหลายงานวิจัย (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559 และ นงค์คราญ เผ่าตะใจ, 2556) สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559; เกศรา จันทร์จรัสสุข, 2555; ปกรณ์ เจริญเวช, 2554; นงค์คราญ เผ่าตะใจ, 2556 และ ดำรงค์ ศิริเชต, 2554) ในด้านการวิเคราะห์ผลทางสถิติจะมีทั้งการใช้สถิติเชิงพรรณนา (ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (เกศรา จันทร์จรัสสุข, 2555; ปกรณ์ เจริญเวช, 2554 และ นงค์คราญ เผ่าตะใจ, 2556) และการใช้สถิติเชิงอนุมาน เช่น การวิเคราะห์ไคสแควร์ (Chi-square) (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559 และ เกศรา จันทร์จรัสสุข, 2555) การวิเคราะห์ t-test (เกษราภรณ์ คลังแสง, 2560; อรอนงค์ คำคนชื่อ และ มนตรี อนันตรักษ์, 2558 และ ธนภูมิ จงเจริญ, 2559) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) (อรอนงค์ คำคนชื่อ และ มนตรี อนันตรักษ์, 2558 และ ธนภูมิ จงเจริญ, 2559) เป็นต้น

ดังนั้นการค้นหาลำดับของลูกค้านั้นและการค้นหาลำดับความพึงพอใจของลูกค้าในปัจจุบันในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของบริษัทกรณีศึกษาด้วยวิธีการทางสถิติ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการนำผลการศึกษาวิจัยไปปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภาพการให้บริการของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษาให้มีคุณภาพและมาตรฐานสูงขึ้นต่อไป สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้มากที่สุด ตลอดจนสามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดได้ในระยะยาว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อค้นหาลำดับของลูกค้านั้นที่มีผลต่อการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษาด้วยวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน

2.2 เพื่อค้นหาลำดับความพึงพอใจของลูกค้าในปัจจุบันต่อการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษาด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

(1) กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย เป็นลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC กรณีศึกษาในเขตจังหวัดพิษณุโลกและในเขตพื้นที่ใกล้เคียง โดยเป็นลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการในช่วงระหว่างเดือน มกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2560

(2) การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากธรรมชาติของลูกค้าหรือผู้ที่เข้ามาใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC กรณีศึกษามีจำนวนไม่มากในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ประกอบกับข้อมูลต่างๆ ของลูกค้าที่ผ่านมาบริษัทไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาเปิดเผยได้ อย่างไรก็ตามทางห้างหุ้นส่วน ABC กรณีศึกษาสามารถเปิดเผยข้อมูลได้เพียงจำนวนลูกค้าในรอบปีที่ผ่านมาเท่านั้น ซึ่งมีจำนวนประมาณ 120 ราย จึงทำให้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าดังกล่าวมาเป็นจำนวนประชากร (N) ที่จะนำมาศึกษาในครั้งนี้

โดยในขั้นตอนถัดมาเป็นการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาวิจัย โดยใช้สูตรคำนวณของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1967) ซึ่งกำหนดให้จำนวนประชากร (N) เท่ากับ 120 รายและใช้ค่าความคลาดเคลื่อน (e) เท่ากับ 0.05 ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมขั้นต่ำหรืออย่างน้อยที่สุด (n) ที่จะต้องเก็บข้อมูลจะเท่ากับ 92 ราย ซึ่งเป็นจำนวนประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งถูกออกแบบและสร้างขึ้นจากการศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ชนภูมิ จงเจริญ, 2559 และ นงค์ คราญ เผ่าตะใจ, 2556) โดยได้ออกแบบเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม แบบสอบถามระดับความพึงพอใจของลูกค้า และคำถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็น

แบบสอบถามส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นของงานวิจัย

แบบสอบถามส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษา โดยข้อคำถามจะประกอบไปด้วยปัจจัยทั้ง 4 ด้านคือ ด้านการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ ด้านการสั่งซื้อและจองคอนกรีตผสมเสร็จ ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ และด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรตามของงานวิจัยนี้ สำหรับการแปลผลความพึงพอใจของผู้ใช้บริการจะใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท โดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งคะแนนระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ (Rensis A. L., 1961) โดยในแต่ละ

ละระดับจะมีความหมายดังนี้ ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย และระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

แบบสอบถามส่วนที่ 3 เป็นคำถามปลายเปิดให้ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หลังจากนั้นแบบสอบถามที่ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาได้ถูกตรวจสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษาทำการพิจารณาและตรวจสอบ เนื้อหาของแบบสอบถามให้ครอบคลุมและเป็นไปตามความต้องการของบริษัทก่อนนำไปใช้งานจริงในการเก็บข้อมูลกับลูกค้าต่อไป

3.3 การเก็บรวบรวมแบบสอบถามและจำแนกแบบสอบถาม

หลังจากทำการออกแบบและตรวจสอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ขั้นตอนถัดมา เป็นการนำแบบสอบถามดังกล่าวมาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการคอนกรีตของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษา ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการแจกแบบสอบถามโดยการได้ติดต่อประสานงานขอความร่วมมือจากฝ่ายขายและพนักงานขับรถขนส่งปูนในการแจกแบบสอบถามให้กับลูกค้าประเมินในกรณีที่มีการสั่งซื้อจากลูกค้าเข้ามา สำหรับระยะเวลาในการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจะนานประมาณ 6 เดือนโดยเริ่มแจกแบบสอบถามให้กับลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ไปจนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างหรือลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการคอนกรีตของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษามีจำนวนไม่มาก ในงานวิจัยนี้ได้ส่งแบบสอบถามไปทั้งหมด 120 ชุดก่อนนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลต่อไป

ช่วงระยะเวลา 6 เดือนจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจากลูกค้าพบว่า มีแบบสอบถามที่ถูกประเมินกลับมาจากลูกค้าทั้งหมด 120 ชุดครบตามจำนวนประชากรที่ได้กำหนดไว้ หลังจากนั้นนำแบบสอบถามทั้งหมดมาจำแนกคัดกรองแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะไม่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ผลการทดลองต่อไปได้ โดยในงานวิจัยนี้มีหลักการคัดกรองแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ประกอบด้วย แบบสอบถามที่กรอกข้อมูลส่วนตัวไม่ครบ แบบสอบถามที่ทำเครื่องหมายช่องมากที่สุดหรือน้อยที่สุดทุกช่อง แบบสอบถามที่ทำเครื่องหมายมากกว่าหนึ่งช่องในข้อคำถามเดียวกัน และแบบสอบถามที่ทำเครื่องหมายไม่ครบทุกข้อ ผลการคัดกรองแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 120 ชุดด้วยหลักเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้นพบว่า มีแบบสอบถามที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ผลได้จำนวน 100 ชุด อย่างไรก็ตามแบบสอบถามจำนวน 100 ชุดที่จะนำมาวิเคราะห์ผลยังมีจำนวนมากกว่า 92 ชุดที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการทาโร่ ยามาเน่ ซึ่งถือว่าจำนวนแบบสอบถามที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้มีจำนวนมากเพียงพอตามหลักทางสถิติที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บแบบสอบถามและทำการวิเคราะห์จำแนกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์แล้วพบว่าเหลือแบบสอบถามที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ผลได้จำนวน 100 ชุด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาทำการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) และวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติเข้ามาช่วย

สำหรับแบบสอบถามส่วนที่ 1 เกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (Mean) ในขณะที่แบบสอบถามส่วนที่ 2 เกี่ยวกับความพึงพอใจการใช้บริการของผู้ตอบแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ซึ่งในการอธิบายผลการวิจัยจะใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันดับอันดับ 0.8 และใช้เกณฑ์เฉลี่ยดังนี้ ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21–5.00 หมายถึง อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.41–4.20 หมายถึง อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.61–3.40 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.81–2.60 หมายถึง อยู่ในระดับน้อย และค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00–1.80 หมายถึง อยู่ในระดับน้อยที่สุด (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549)

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนาแล้ว ถัดมาจะเป็นการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติเชิงอนุมานด้วยการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติไคสแควร์ ในขั้นตอนนี้จะทำการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติเข้ามาช่วย เพื่อทำการวิเคราะห์ว่า ปัจจัยส่วนบุคคลต่างๆ ของผู้ตอบแบบสอบถามนั้นมีผลต่อความพึงพอใจการใช้บริการของผู้ตอบแบบสอบถามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่และปัจจัยใดมีผลต่อความพึงพอใจมากที่สุดหรือสำคัญมากที่สุด โดยปัจจัยใดมีค่า P-value น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จะถือว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกันหากปัจจัยใดมีค่า P-value มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 กล่าวได้ว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (Montgomery, 2012)

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ได้จำแนกเป็น 2 ส่วนประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา และผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความพึงพอใจต่อการใช้บริการของลูกค้าด้วยการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติไคสแควร์ สำหรับรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา

สำหรับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามได้ถูกจัดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่จะทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยปัจจัย ด้านเพศ ด้านอายุ ด้านระดับการศึกษา ด้านประเภทของลูกค้า และด้านรายได้ต่อเดือนของลูกค้า ซึ่งในแต่ละปัจจัยจะถูกทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยการแสดงค่าความถี่และค่าร้อยละของข้อมูลในแต่ละปัจจัยแสดงดังตารางที่ 1 ในขณะที่การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจการใช้บริการของลูกค้าจะพิจารณา 4 ด้านประกอบด้วย ด้านการจัดส่งคอนกรีต ด้านการสั่งซื้อหรือจองคอนกรีตผสมเสร็จ ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ และด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ โดยทุกด้านจัดเป็นตัวแปรตามของงานวิจัยนี้ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละด้านจะทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าความถี่และค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามปัจจัยของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ	ชาย	57	57.0
	หญิง	43	43.0
2. อายุ	ต่ำกว่า 30 ปี	7	7.0
	31 - 40 ปี	40	40.0
	41 - 60 ปี	50	50.0
	60 ปีขึ้นไป	3	3.0
3. ระดับการศึกษา	ประถมศึกษา	31	31.0
	มัธยมศึกษาตอนต้น	35	35.0
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช	13	13.0
	อนุปริญญา/ปวส	8	8.0
	ปริญญาตรี	10	10.0
	สูงกว่าปริญญาตรี	3	3.0
4. ประเภทของลูกค้า	เจ้าของโครงการ	3	3.0
	เจ้าของบ้าน	54	54.0
	ผู้รับเหมาก่อสร้าง	14	14.0
	วิศวกร	3	3.0
	ช่างก่อสร้าง	26	26.0
5. รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 15,000 บาท	46	46.0
	ตั้งแต่ 15,000 – 25,000 บาท	24	24.0
	ตั้งแต่ 25,000 – 35,000 บาท	13	13.0
	ตั้งแต่ 35,000 บาท ขึ้นไป	17	17.0

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติและระดับความพึงพอใจของตัวแปรตามในแต่ละด้าน

ปัจจัยหรือตัวแปรตามในด้านต่างๆ	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการจัดส่งคอนกรีต			
การจัดส่งรวดเร็วและตรงเวลาที่นัดหมาย	3.82	0.71	มาก
กริยาการแต่งกายและความสุภาพของพนักงาน	3.93	0.65	มาก
ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งครบถ้วน	3.87	0.72	มาก
พนักงานปฏิบัติงานถูกต้องตามที่ตกลงกันไว้	3.86	0.65	มาก
รวม	3.87	0.68	มาก
2. ด้านการสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จ			
ความสะดวกในการติดต่อสั่งซื้อ	3.88	0.70	มาก
ความใส่ใจในบริการของพนักงาน	3.94	0.70	มาก
ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีตของพนักงาน	3.99	0.67	มาก
กริยามารยาทและความสุภาพของพนักงาน	4.00	0.65	มาก
มีการแนะนำชนิดคอนกรีตให้ลูกค้าทราบ	3.98	0.66	มาก
รวม	3.95	0.67	มาก
3. ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ			
ชนิดของผลิตภัณฑ์ตรงตามที่ตกลงไว้	3.95	0.71	มาก
คอนกรีตมีคุณภาพดีตรงตามความต้องการ	4.07	0.70	มาก
ค่ากำลังอัดคอนกรีตฯ ตรงตามความต้องการ	4.09	0.65	มาก
ความน่าเชื่อถือในตราสินค้าคอนกรีตผสมเสร็จ	4.13	0.70	มาก
กรณีศึกษา			
การรับประกันคุณภาพสินค้าและบริการหลังการขาย	4.10	0.64	มาก
รวม	4.06	0.68	มาก
4. ด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ			
คุณภาพและบริการมีความคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป	4.02	0.75	มาก
การแนะนำราคาสินค้า	4.08	0.73	มาก
กำหนดราคาชัดเจนเข้าใจง่าย	4.12	0.72	มาก
กำหนดราคาค่าขนส่งทางไกลไว้อย่างชัดเจน	4.15	0.71	มาก
รวม	4.09	0.72	มาก

จากตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ปัจจัยด้านเพศพบว่า ลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จเป็นเพศชาย 57 คน คิดเป็นร้อยละ 57.0% และเป็นเพศหญิง 43 คน คิดเป็นร้อยละ 43.0% ปัจจัยด้านอายุพบว่า ลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่อยู่

ในช่วงอายุ 41 - 60 ปี มากที่สุด จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0% ขณะที่ลูกค้าช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไปจะใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จน้อยที่สุดจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0% เท่านั้น ปัจจัยด้านระดับการศึกษาพบว่า ลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 35.0% อย่างไรก็ตามลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จที่จบการศึกษาระดับสูงกว่าปริญญาตรีมีจำนวนน้อยที่สุด จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0% เท่านั้น ปัจจัยในด้านประเภทของลูกค้าพบว่า ลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่จะเป็นเจ้าของบ้าน จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 54.0% ในขณะที่ลูกค้าประเภทเจ้าของโครงการและวิศวกรใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของบริษัทกรณีศึกษาน้อยที่สุด จำนวนร้อยละ 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0% และปัจจัยในด้านรายได้ต่อเดือนพบว่า ลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่จะมีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 15,000 บาท จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 46.0% อย่างไรก็ตามลูกค้าจำนวนที่น้อยที่สุดที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จจะมีรายได้ต่อเดือนตั้งแต่ 35,000 บาทขึ้นไป จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 17.0%

นอกจากนี้จากตารางที่ 2 จะพบว่า ความพึงพอใจของลูกค้าในด้านการจัดส่งคอนกรีตของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษาโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.87$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมดโดยเรียงจากมากไปหาน้อยดังต่อไปนี้ ทรัพยากรแต่งกายและความสุขภาพของพนักงาน ($\bar{X} = 3.93$) ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งครบถ้วน ($\bar{X} = 3.87$) พนักงานปฏิบัติงานถูกต้องแม่นยำที่ตกลงกันไว้ ($\bar{X} = 3.86$) และการจัดส่งรวดเร็ว/ตรงเวลาที่นัดหมาย ($\bar{X} = 3.82$) ตามลำดับ

สำหรับความพึงพอใจของลูกค้าในด้านการสั่งซื้อ/จองคอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.95$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมดโดยเรียงจากมากไปหาน้อยดังต่อไปนี้ ทรัพยากรและสุขภาพของพนักงาน ($\bar{X} = 4.00$) ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีตของพนักงาน ($\bar{X} = 3.99$) และความสะดวกในการติดต่อ เช่น โทรศัพท์สั่ง เป็นต้น ($\bar{X} = 3.88$) ตามลำดับ

สำหรับความพึงพอใจของลูกค้าในด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมด โดยความน่าเชื่อถือในตราสินค้าคอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ($\bar{X} = 4.13$) มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดในกลุ่ม รองลงมาเป็นการรับประกันคุณภาพสินค้าและบริการหลังการขาย ($\bar{X} = 4.10$) ในขณะที่ชนิดของผลิตภัณฑ์ตรงตามที่สั่งไว้ ($\bar{X} = 3.95$) มีระดับความพึงพอใจต่ำที่สุดในกลุ่ม

สำหรับความพึงพอใจของลูกค้าในด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.09$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมี



ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งการกำหนดค่าขนส่งทางไกลชัดเจน ($\bar{X} = 4.15$) มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดในกลุ่ม รองลงมาเป็นกำหนดราคาชัดเจนเข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.12$) ในขณะที่คุณภาพและบริการมีความคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป ($\bar{X} = 4.02$) มีระดับความพึงพอใจต่ำที่สุดในกลุ่ม

4.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการวิเคราะห์ปัจจัยหรือตัวแปรต้นของผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 5 ปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของลูกค้าในปัจจุบันด้วยวิธีการวิเคราะห์ค่าไคสแควร์ (Chi-Square) ในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์หองศาอิสระ (Degree of freedom: df) ค่าไคสแควร์ (χ^2) และค่า P (P -value) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าไคสแควร์ของตัวแปรต้น

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	N	df	χ^2	P -value
1. เพศ	ชาย	57	1	1.96	0.162
	หญิง	43			
2. อายุ	ต่ำกว่า 30 ปี	7	3	66.32	*0.000
	31-40 ปี	40			
	41-60 ปี	50			
	60 ปีขึ้นไป	3			
3. ระดับการศึกษา	ประถมศึกษา	31	5	51.68	*0.000
	มัธยมศึกษาตอนต้น	35			
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช	13			
	อนุปริญญา/ปวส	8			
	ปริญญาตรี	10			
	สูงกว่าปริญญาตรี	3			
4. ประเภทของลูกค้า	เจ้าของโครงการ	3	4	90.30	*0.000
	เจ้าของบ้าน	54			
	ผู้รับเหมาก่อสร้าง	14			
	วิศวกร	3			
	ช่างก่อสร้าง	26			
5. รายได้	ต่ำกว่า 15,000 บาท	46	3	26.00	*0.000
	ตั้งแต่ 15,000 – 25,000 บาท	24			
	ตั้งแต่ 25,000 – 35,000 บาท	13			
	ตั้งแต่ 35,000 บาท ขึ้นไป	17			

หมายเหตุ: * มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าไคสแควร์ (χ^2) ในการทดสอบสมมุติฐานของตัวแปรต้นในงานวิจัยนี้พบว่า ในภาพรวมปัจจัยทางด้าน อายุ ระดับการศึกษา ประเภทของลูกค้า และรายได้ มีผลต่อการตัดสินใจของลูกค้าในการเลือกใช้คอนกรีตผสมเสร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\text{-value} \leq 0.05$) ยกเว้นปัจจัยทางด้านเพศ ที่มีผลต่อการตัดสินใจของลูกค้าในการเลือกใช้คอนกรีตผสมเสร็จอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\text{-value} > 0.05$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่า χ^2 ในการทดสอบสมมุติฐานของตัวแปรต้นแต่ละประเภทจะเห็นได้ว่าตัวแปรต้นที่มีผลต่อการสั่งซื้อคอนกรีตผสมเสร็จมากที่สุดคือ “ประเภทของลูกค้า” เนื่องจากมีค่า χ^2 สูงที่สุดเท่ากับ 90.30 รองลงมาคือ “อายุ” “ระดับการศึกษา” และ “รายได้” ตามลำดับ ในขณะที่ปัจจัยด้าน “เพศ” ไม่มีความแตกต่างต่อการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จและมีค่า χ^2 น้อยที่สุดเท่ากับ 1.96

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จด้วยวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน และค้นหาระดับความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วน (หจก.) ABC จำกัดแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก สำหรับเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะเป็นแบบสอบถามที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้มาตราวัดของลิเคิร์ท กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้เป็นลูกค้าที่มาใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 120 คน หลังจากทำการคัดกรองแบบสอบถามจะเหลือแบบสอบถามที่สมบูรณ์จำนวน 100 ชุด ซึ่งมากกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำจำนวน 92 ชุดที่ได้คำนวณจากสูตรของ ทาโร ยามาเน่ จากนั้นข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมุติฐานโดยใช้สถิติ ไคสแควร์

ผลการศึกษาวิจัยในด้านการค้นหาระดับความพึงพอใจของการให้บริการลูกค้าของห้างหุ้นส่วน ABC จำกัดกรณีศึกษา ในกรณีที่พิจารณาตามกลุ่มของตัวแปรตาม 4 กลุ่มพบว่า ลูกค้ามีระดับความพึงพอใจโดยเฉลี่ยทาง “ด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ” มากที่สุด รองลงมาเป็น “ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ” และ “ด้านการสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จ” ตามลำดับ ในขณะที่ “ด้านการจัดส่งคอนกรีต” ลูกค้าจะมีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด นอกจากนี้ในกรณีที่พิจารณาตัวแปรตามจากหัวข้อย่อยทุกข้อจะพบอีกว่า หัวข้อย่อยด้าน “กำหนดราคาค่าขนส่งทางไกลไว้อย่างชัดเจน” มีค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด ในขณะที่หัวข้อย่อยด้าน “การจัดส่งรวดเร็วและตรงเวลาที่นัดหมาย” ลูกค้าจะมีระดับความพึงพอใจต่ำสุด

ผลการศึกษาวิจัยในด้านการทดสอบสมมุติฐานโดยใช้สถิติไคสแควร์ (χ^2) พบว่า มี 4 ปัจจัย ประกอบด้วย อายุ ระดับการศึกษา ประเภทของลูกค้า และรายได้ มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ปัจจัยทางด้านเพศ มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2549). **สถิติสำหรับงานวิจัย**. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกศรา จันทรจรัสสุข. (2555). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าและใช้บริการในห้างเทสโกโลตัสของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- เกษราภรณ์ คลังแสง, (2560). ความพึงพอใจของนิสิตในการให้บริการส่วนงานวิชาการของวิทยาลัยการเมืองการปกครอง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. **วารสารการเมืองการปกครอง**. 7(1), 357-378.
- ฉนวนิช พระพุทธคุณ และธีรเดช วุฒิพรพันธ์. (2554). การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ โดยวิธีการทดลองเชิงแฟกทอเรียล. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 21(2), 313-320.
- ดำรงค์ ศิริเขต. (2554). **ปัจจัยการตัดสินใจผู้บริโภคในการเลือกซื้อบ้านพักอาศัยที่ก่อสร้างด้วยระบบขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- ธนภูมิ จงเจริญ. (2559). **ส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้คอนกรีตผสมเสร็จของลูกค้าในจังหวัดเพชรบุรี**. การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี.
- นงค์คราญ เผ่าตะใจ. (2556). **ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จของผู้รับเหมาก่อสร้างในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, เชียงราย.
- ปกรณ เจริญเวช. (2554). **ปัจจัยทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ของลูกค้ากลุ่มเจ้าของบ้านในพื้นที่ อ.เมือง จ.ระยอง**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- รัฐสุวรรณ กิ่งแก้ว ปณิธิดา ไชยจิตร วีรพงศ์ โชติช่วย และจรรยา ใจหาญ. (2558). การใช้หินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ. **วารสารเทคโนโลยีภาคใต้**. 8(2), 55-62.



อรอนงค์ คำคนชื้อ และมนตรี อนันตรักษ์. (2558). ความพึงพอใจต่อการให้บริการงานทะเบียนและ
ประมวลผลของคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนครพนม. **วารสาร
มหาวิทยาลัยนครพนม**. 5(2), 137-145.

Montgomery, D.C. (2012). **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley
& Sons Inc.

Rensis A. L. (1961). **New patterns of management**. New York: Hill Book Company Inc.

Taro Yamane. (1967). **Statistics: An Introductory Analysis**. New York: Harper and Row.

การแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีแบบจำลองกำหนดการเชิง
คณิตศาสตร์ กรณีศึกษาสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วน
รถบรรทุกในจังหวัดพิษณุโลก
SOLVING PRODUCTION SCHEDULING PROBLEMS USING A
MATHEMATICAL PROGRAMMING MODEL : CASE STUDY OF
A TRUCK PART PRODUCTION COMPANY
IN PHITSANULOK PROVINCE

ธีรวัฒน์ คำพรมมี¹, สุตติพงษ์ ครุฑพาหะ¹, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย¹,
สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์¹ และ ธัชชัย เทพภรณ์^{1*}

Theerawat Khamphrmmi¹, Suttipong Khruthphaaha¹, Nattaporn Tungcharoenchai¹,
Sukrit Phetsawat¹ and Thatchai Thepphakorn^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: thatchai.t@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 20 กันยายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 22 ตุลาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ แก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตให้กับสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนรถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical programming model) โดยให้เกิดเวลาปิดงาน (Makespan) น้อยที่สุด ข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้า ข้อมูลผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร รวมถึงข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจะถูกเก็บรวบรวมและนำมาสร้างเป็นข้อมูลโจทย์ปัญหาของสถานประกอบการกรณีศึกษา จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาดังกล่าวขึ้นมาและประยุกต์ใช้โปรแกรม Solver ซึ่งเป็นส่วนเสริม (Add-in) ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) เข้ามาใช้ในการค้นหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสามารถสร้างตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดได้ในทุกโจทย์ปัญหาภายในระยะเวลาที่ยอมรับได้ อีกทั้งคำตอบดังกล่าวยังสามารถลดการใช้งานเครื่องจักรโดยไม่จำเป็นได้ถึง 29 เปอร์เซ็นต์ในหลายโจทย์ปัญหา นอกจากนี้ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการ

กรณีศึกษาจะได้เวลาปิดงานที่น้อยที่สุดเท่ากับ 4,678.90 นาที ซึ่งดีกว่าเวลาในการปิดงานรวมที่ได้จากตารางการผลิตเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา 36.48 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แผนผังเวลาปิดงาน, แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์, จุดเหมาะสม

Abstract

The objective of this research aimed to solve scheduling problem for a Truck Part Production Company in Phitsanulok province using Mathematical Programming Model in order to minimize makespan. The data on purchasing from the customers, product and machine, and all related constraints were collected and generated to be datasets for this case study. Then, a Mathematical Programming Model for the datasets was developed before adopting Solver program, which is an add-in option provided for Microsoft Excel to find the optimal production schedule. The experimental results indicated that the proposed model can be applied to construct the optimal production schedule for all of the datasets within acceptable execution time. The optimal schedules also reduced the number of unnecessary machine usage by 29% in some datasets. Moreover, the makespan obtained from the optimal production schedule for this case study of this company was 4,678.90 minutes. This is better than the makespan of the current production schedule by 36.48%.

Keywords: Scheduling, Makespan, Mathematical programming model, Optimization

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยพึ่งพาการส่งออกสินค้าเป็นตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลการค้าไทยในปี 2559 พบว่า มูลค่าการส่งออกของสินค้าหลักได้แก่ รถยนต์ อุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบ มีมูลค่า 574,579.88 ล้านบาท และเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบ มีมูลค่า 509,592.52 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2559) ซึ่งผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ชิ้นส่วนเหล่านี้ล้วนเป็นผลมาจากการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตภายในประเทศที่มีศักยภาพ จนมีบทบาทที่สำคัญในการผลักดันเศรษฐกิจภายในประเทศ ดังนั้นรัฐบาลจึงได้จัดให้มีแผนพัฒนา Thailand 4.0 ซึ่งเป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายที่เปลี่ยนเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมให้มาก

ขึ้น เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจในทุกๆ ด้านให้กับประเทศ

สถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนประกอบอะไหล่รถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกเป็นสถานประกอบการกรณีศึกษาได้ดำเนินธุรกิจ SMEs ผลิตชิ้นส่วนประกอบอะไหล่รถบรรทุกประกอบด้วย ฝาปิดถังน้ำมัน บูทรับน้ำหนักช่วงล่างของตัวรถ สลักล็อกท้ายประตู และสลักล็อกพวงให้กับบริษัทผลิต/ประกอบรถบรรทุกพืชผลทางการเกษตรต่างๆ มากมาย โดยชิ้นส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของรถบรรทุกสินค้าและรถขนถ่ายวัสดุอุปกรณ์ทางการเกษตรเกือบจะทุกประเภท ซึ่งจัดเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในระบบห่วงโซ่อุปทานของการขนส่งสินค้าทางการเกษตรของประเทศ

การจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในสถานประกอบการจริงให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการภายใต้ข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ จำนวนมากจัดเป็นงานยากและท้าทาย โดยสถานประกอบการกรณีศึกษาแห่งนี้มีลักษณะการผลิตตามอุปสงค์ของลูกค้า (Make to Order) อย่างไรก็ตามการจัดตารางการผลิตของสถานประกอบการแบบเดิมจะอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานในการดำเนินงานเป็นหลัก ส่งผลให้การใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการผลิต (เช่น เครื่องจักร แรงงาน เป็นต้น) เป็นไปอย่างสะเปะสะปะและไม่แน่นอน ลำดับงานในการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์ไม่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถกำหนดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดหรือมีประสิทธิภาพมากที่สุดได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหามาจากปัจจัยภายนอกอีกด้วย เช่น ความล่าช้าของการจัดส่งวัตถุดิบ เป็นต้น ส่งผลให้การส่งมอบผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้กับลูกค้าล่าช้ากว่าที่กำหนดอยู่บ่อยครั้ง จนเกิดเป็นค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามมาโดยไม่จำเป็น รวมไปถึงต้นทุนในการการเสียโอกาสหรือเสียลูกค้าต่อไปในอนาคตซึ่งจัดเป็นความเสียหายที่ไม่สามารถประเมินด้วยเงินทุนได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นว่าควรดำเนินการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดให้กับสถานประกอบการกรณีศึกษาแห่งนี้ เพื่อช่วยลดเวลาในกระบวนการผลิตและจัดสรรการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดของสถานประกอบการแห่งนี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ภายใต้ระยะเวลาและข้อจำกัดหรือข้อกำหนดตกลงในการส่งมอบชิ้นงานหรือสินค้าให้กับลูกค้า ซึ่งสามารถลดการปฏิบัติงานล่วงเวลาและลดโอกาสความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาการส่งงานล่าช้าในอนาคต จนนำไปสู่การสูญเสียค่าใช้จ่ายต่างๆ เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

ประยุกต์ใช้วิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการ

ผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนรถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกโดยพิจารณาจากเวลาปิดงาน (Makespan) ที่น้อยที่สุด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ปัญหาการจัดตารางการผลิต (Scheduling problem) เป็นปัญหาที่สำคัญและพบเจอได้บ่อยในภาคอุตสาหกรรมการผลิต เนื่องจากโรงงานต้องการแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการดำเนินการผลิตภายใต้ข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ มากมายในการผลิต เช่น เวลา เครื่องจักรทรัพยากรบุคคล เป็นต้น ดังนั้นการจัดตารางการผลิตโดยการเลือกจัดเรียงตามลำดับงานที่จะเข้ามาผลิตก่อนหรือหลังอย่างเหมาะสม ผลลัพธ์ที่เสร็จสิ้นตามกำหนดวันส่งมอบลูกค้าย่อมเป็นสิ่งที่แต่ละสถานประกอบการคาดหวังเป็นอย่างมาก (ทรงวิทย์, 2557)

โดยทั่วไปแล้วประเภทของการผลิตโดยแบ่งตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ จำแนกได้หลายประเภท เช่น การผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Make to stock) การผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to order) การผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อ (Assembly to order) การผลิตตามสั่งแบบพิเศษ (Engineering to order) เป็นต้น ซึ่งแต่ละประเภทเป็นการผลิตที่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของลูกค้า นอกจากนี้ถ้าจำแนกประเภทของการผลิตตามลักษณะของระบบการผลิต สามารถจำแนกได้เป็น การผลิตแบบตามคำสั่ง (Job shop) การผลิตแบบกลุ่ม (Batch production) การผลิตแบบโครงการ (Project manufacturing) การผลิตแบบไหลผ่านหรือการผลิตตามสายการประกอบ (Line-flow or assembly production) (ฉัตรแก้ว, 2557) และการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous flow production) (สาคร, 2556) ซึ่งแต่ละประเภทมีลักษณะของระบบการผลิตและปริมาณการผลิตที่ต่างกันออกไป ยกตัวอย่างเช่น การผลิตแบบตามคำสั่ง เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหลากหลายตามความต้องการของลูกค้า มีปริมาณการผลิตต่อครั้งจำนวนมากและเป็นล็อต มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตค่อนข้างบ่อยและการเดินเครื่องจักรเพื่อผลิตจะเดินจนกว่าจะครบจำนวนที่ต้องการแล้วจึงเปลี่ยนไปผลิตสินค้าชนิดอื่นโดยใช้เครื่องจักรชุดเดิม (ฉัตรแก้ว, 2557)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่าวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตมีอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น (1) เพื่อลดการรอคอยในกระบวนการผลิต หมายถึงการลดจำนวนที่ต้องรอคอยโดยเฉลี่ยลงในขณะที่เครื่องจักรหรือคนยังต้องทำงานอยู่กับงานอื่นๆ (ปิยะธิดา, 2558) (2) เพื่อลดความล่าช้าของงานลง ในกรณีที่งานไม่เสร็จจะต้องถูกคิดค่าปรับ แนวทางการลดความล่าช้าอาจทำได้โดยลดความล่าช้าสูงสุดหรืออาจลดจำนวนงานที่ล่าช้าลง (ปิยะธิดา, 2558 และ สาคร, 2556) (3)

เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบ (Total cost) เช่น ได้แก่ ค่าใช้จ่ายงานเสร็จก่อนกำหนด ค่าใช้จ่ายงานเสร็จล่าช้า เป็นต้น (อนง และ วิสุทธิ์, 2558 และ อรุยา, 2556) (4) เพื่อลดเวลาไหลของงานในระบบ (Mean flow time) (สาวิตรี, 2556) (5) เพื่อหาค่าพิสัยของเวลาเสร็จสิ้น (Makespan range) คำนวณจากเวลาเสร็จสิ้นในการผลิตระหว่างเวลาเสร็จสิ้นจากเครื่องจักรค่ามากกับเวลาเสร็จสิ้นจากเครื่องจักรค่าน้อย (จิระศักดิ์ และ สวัสดิ์, 2559) และ (6) เพื่อลดเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) (กัญชลา, 2552; ฉัตรแก้ว, 2557; ทรงวิทย์, 2557; นฤการ, 2558; ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558 และ พิเศษ, 2558)

สำหรับวิธีการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบแม่นยำตรง (Exact methods) เช่น วิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) (กัญชลา, 2552; ฉัตรแก้ว, 2557; ทรงวิทย์, 2557; นฤการ, 2558; ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558; วัชรพงษ์, 2557; สาวิตรี, 2556; อนง และ วิสุทธิ์, 2558; อรุยา, 2556) เป็นต้น และการแก้ปัญหาด้วยวิธีการในกลุ่มของฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการแบบเฉพาะเจาะจง (Specific heuristics) เช่น วิธีการ Short Processing Time (SPT) (ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558; สาคร, 2556 และ สาวิตรี, 2556) วิธีการ Longest Processing Time (LPT) (ปิยะธิดา, 2558; พิเศษ, 2558; สาคร, 2556; สาวิตรี, 2556) วิธีการ Least Slack Time First (LSTF) (สาคร, 2556) วิธีการ Earliest Due Date (EDD) (ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558 และ สาคร, 2556) วิธีการ Critical Ratio (CR) (ปรีดา, 2558) เป็นต้น และวิธีการในกลุ่มของเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) เช่น วิธีการอาณานิคม (จิระศักดิ์ และ สวัสดิ์, 2559) เป็นต้น โดยวิธีการในกลุ่มของฮิวริสติกส์มีจุดเด่นในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่ยอมรับได้แต่ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ขณะที่วิธีการแบบแม่นยำตรงแม้ว่าจะมีจุดด้อยในด้านต้องใช้เวลาในการค้นหาคำตอบนานกว่าแต่จะมีข้อดีในด้านการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ได้

นอกจากนี้จากการทบทวนวรรณกรรมในด้านขนาดของโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยการประยุกต์ใช้วิธีการแบบแม่นยำตรงพบว่า โจทย์ปัญหาที่ถูกแก้ไขจะมีหลายขนาดจากโจทย์ปัญหขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่พอสมควรและสามารถแก้ปัญหาได้ภายในเวลาที่ยอมรับได้ โดยสามารถพิจารณาได้จากจำนวนเครื่องจักรและจำนวนงานในแต่ละโจทย์ ยกตัวอย่างงานวิจัย เช่น ทรงวิทย์ (2557) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดตาราง

ผลิตขนาด 8 เครื่องจักร 72 งานได้ นอกจากนี้ ปริดา (2558) ประยุกต์ใช้วิธีการแบบแม่นยำตรงเช่นกัน ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตขนาด 21 เครื่องจักร 52 งาน ขณะที่ พัทธกาญจน์ (2558) ได้ทำการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการแบบเดียวกันที่ขนาดโจทย์ปัญหา 4 เครื่องจักร 50 งาน เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าขนาดของโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีจำนวนเครื่องจักรประมาณ 21 เครื่องจักรและมีจำนวนงาน 72 งาน สามารถประยุกต์ใช้วิธีการแบบแม่นยำตรงในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตได้

3.1 สภาพปัญหาทั่วไปของสถานประกอบการ

สถานประกอบการกรณีศึกษาเป็นการผลิตชิ้นส่วนประกอบรถบรรทุกทางด้านการเกษตรมีการดำเนินการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Make to order) ซึ่งลักษณะของงานจะเป็นแบบการกลึงชิ้นงาน งานตัดเฉือน เจาะรู และงานเชื่อม จากนั้นทำการผลิตตามจำนวนที่ลูกค้าสั่งซื้อและส่งมอบชิ้นตามระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนด ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ เช่น สลักล้อคประตูก้าย, สลักล้อคพวง, บูทช่วงล่าง และฝาปิดถังน้ำมัน เป็นต้น

สำหรับขั้นตอนในการผลิตปัจจุบันจะทำการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละเดือน โดยเริ่มขั้นตอนการผลิตหลังจากการสั่งซื้อวัตถุดิบเข้ามายังสถานประกอบการ มีกระบวนการดำเนินการหลักๆ ดังนี้

การตัดเฉือน (Cutting process) เป็นการตัดชิ้นงานของเหล็กเพลทำให้ได้ขนาดตามต้องการก่อนที่จะนำไปเข้ากระบวนการผลิตต่อไป

งานตัดแก๊ส (Oxygen cutting) เป็นการตัดชิ้นงานที่ใช้แก๊สในการตัดวัสดุที่หลอมละลายเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงออกจากชิ้นงานด้วยกัน

กระบวนการงานกลึง (Turning process) เป็นกระบวนการกลึงชิ้นงานขึ้นรูปตามแบบของชิ้นงานโดยรับชิ้นงานจากกระบวนการตัดและนำชิ้นงานมาปรับตั้งบนเครื่องกลึงเพื่อกลึงชิ้นงานตามคำสั่งการผลิต แต่ละชิ้นงานจะมีลักษณะการกลึงที่แตกต่างกันออกไป

- (1) การกลึงปาดหน้า (Turning page) เป็นการกลึงเพื่อควบคุมขนาดความยาวของชิ้นงาน
- (2) การกลึงปอก (Turning Page) เป็นการกลึงเพื่อลดขนาดของชิ้นงาน
- (3) การกลึงเกลียว (Turning Screw) เป็นการกลึงเพื่อทำให้ชิ้นงานมีเกลียวในการนำไปประกอบกับชิ้นส่วนในขั้นตอนต่อไป
- (4) การกลึงคว้านรู (Turning Lathe) เป็นการกลึงเพื่อให้ชิ้นงานเกิดรูด้านในของชิ้นงานเพื่อจะนำไปประกอบกับชิ้นงานประเภทอื่นๆในขั้นตอนต่อไป

(5) การกลึงลบคม (Turning Sharpen) เป็นการกลึงเพื่อลบคมของชิ้นงานหลังจากกระบวนการกลึงอื่นๆ

กระบวนการเจาะ (Drilling Process) เป็นการเจาะผิวของชิ้นงานเพื่อจะนำไปตัดเกลียวในขั้นตอนต่อไป

การทำเกลียว (Tap Screw) เป็นกระบวนการทำเกลียวในรูจากกระบวนการเจาะเพื่อจะนำไปประกอบกับชิ้นส่วนอื่นที่ได้ทำการเตรียมไว้ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

งานเชื่อม (Welding Process) เป็นการนำชิ้นส่วนต่างๆมาเชื่อมประกอบเข้าด้วยกัน



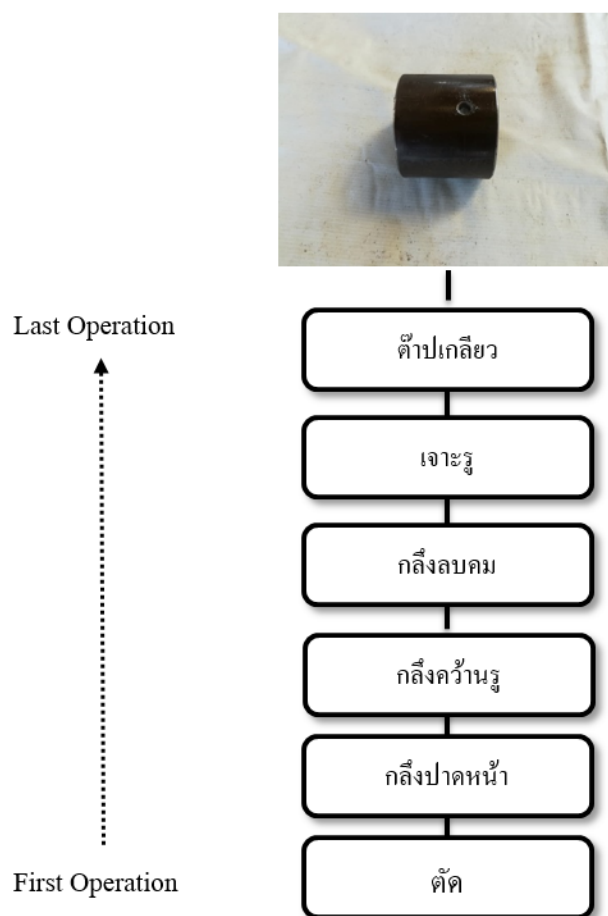
ภาพที่ 1 ตัวอย่างของตัวปั๊มล้อยางพวง (ซ้าย) และตัวอย่างของสลักล็อกประตูท้าย (ขวา)



ภาพที่ 2 ตัวอย่างของบูท (ซ้าย) และตัวอย่างของฝาปิดถังน้ำมัน (ขวา)

3.2 กระบวนการดำเนินงานของชิ้นงาน

ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ ขั้นตอนกระบวนการผลิตของทุกชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยตัวปั๊มล้อยางพวง สลักล็อกประตูท้าย บูท และฝาปิดถังน้ำมัน ซึ่งในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะของกระบวนการเป็นแบบลำดับและไม่สามารถข้ามขั้นตอนการดำเนินงานได้ (Precedence constraint) ยกตัวอย่างเช่น ชิ้นงานของบูทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร จะมีลำดับขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3 ตัวอย่างของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนบูทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3 ตัวอย่างของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร โดยเริ่มจากขั้นตอนการนำเหล็กเพลากลมมาเข้าเครื่องตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการโดยประมาณแล้วส่งต่อไปยังกระบวนการกลึงแบบต่าง ๆ ตามขั้นตอน และส่งต่อไปยังกระบวนการเจาะรูที่เครื่องเจาะ จากนั้นนำมาเข้ากระบวนการตีปเกลียวซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของชิ้นงานนี้ เป็นต้น

3.3 ข้อมูลความสามารถของเครื่องจักรในการดำเนินงานกับชิ้นส่วนต่าง ๆ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลความสามารถของแต่ละเครื่องจักรในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นข้อมูลจริงจากสถานประกอบการกรณีศึกษา เนื่องจากไม่มีเครื่องจักรใดในสถานประกอบการที่สามารถทำงานได้ทุกกระบวนการด้วยเครื่องจักรดังกล่าวเพียงเครื่องเดียวได้ ซึ่งจัดเป็นข้อจำกัดของเครื่องจักรในด้านความสามารถ (Capability constraint) งานวิจัยนี้กำหนดให้เครื่องหมาย / หมายถึง เครื่องจักรที่สามารถใช้งานได้ในกระบวนการที่กำหนด ขณะที่ช่องว่าง หมายถึง เครื่องจักรที่ไม่สามารถใช้งานได้ในกระบวนการที่กำหนด ยกตัวอย่างเช่น ในการผลิตบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร แสดงดังตารางที่ 1 ตัวอย่างการกำหนดความสามารถของ

เครื่องจักรในการผลิตบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตรจะประกอบไปด้วยกระบวนการทั้งหมด 6 กระบวนการ ในแต่ละกระบวนการจะมีการใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกันออกไป ในบางกระบวนการมีเครื่องจักรหลายเครื่องให้เลือกใช้ ขณะที่บางกระบวนการมีเพียงเครื่องจักรเดียวให้ใช้งานเท่านั้น

3.4 ข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต

เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานขนาดเล็กและดำเนินการผลิตไปตามประสบการณ์ของพนักงานเป็นหลัก จึงไม่มีข้อมูลของเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิตในทุกๆ ผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้จึงได้เข้าไปทำการเก็บเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตจริงในแต่ละผลิตภัณฑ์ด้วย โดยทำการจับเวลาในแต่ละขั้นตอนซ้ำทั้งหมด 30 ครั้งก่อนทำการหาค่าเฉลี่ยของเวลาในการผลิตซึ่งมีหน่วยเป็นนาที่ นอกจากนี้ยังได้ทำการเก็บเวลาในส่วนของการปรับตั้งเครื่องจักรด้วย เนื่องจากในบางกระบวนการมีเครื่องจักรประเภทเดียวกันแต่มีเวลาในการปรับตั้งไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามในส่วนของเวลาในการดำเนินการของเครื่องจักรกลับแตกต่างกันไม่มากจึงทำให้ในงานวิจัยนี้ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของเวลาดำเนินการและกำหนดให้ใช้เป็นค่าเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการกำหนดความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตบุทขนาดความยาว 7 มิลลิเมตร

ชิ้นส่วน	กระบวนการ	เครื่องจักรที่						
		1	2	3	4	5	6	7
บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร	1. ตัด	/	/					
	2. กลึงปาดหน้า			/	/			
	3. กลึงคว้านรู			/	/			
	4. กลึงลบคม			/	/			
	5. เจาะรู					/	/	
	6. ตีแปเกลียว							/

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเวลาปรับตั้งและเวลาดำเนินงานของเครื่องจักรในการผลิตบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร

ชิ้นส่วน	กระบวนการ	เวลาในการผลิต (นาที)		
		เวลาปรับตั้งเครื่องจักร		เวลาดำเนินงาน
บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร	1. ตัด	1.01	1.31	20.95
	2. กลึงปาดหน้า	5.05	5.85	10.63
	3. กลึงคว้านรู	5.03	5.21	20.35
	4. กลึงลบคม	3.26	3.18	5.05
	5. เจาะรู	3.28	3.23	2.31
	6. ตีแปเกลียว	1.05		2.03

3.5 ข้อมูลคำสั่งซื้อจากลูกค้า

สำหรับข้อมูลจำนวนความต้องการในการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชนิดประกอบไปด้วย บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร บุทขนาดความยาว 178 มิลลิเมตร สลักล้อคประตูกุ๊ต ฝาปิดถังน้ำมัน และตัวปั๊มล้อยางพวง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจริงจากคำสั่งซื้อประจำเดือนพฤศจิกายน 2560 ของสถานประกอบการกรณีศึกษาเป็นจำนวนมาตรฐาน เนื่องจากเป็นเดือนที่มีช่วงเวลาในการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใกล้เคียงกันซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อความซับซ้อนในการจัดตารางการผลิตในขณะนั้น โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นจำนวนการสั่งซื้อที่แน่นอนจากลูกค้า

3.6 สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ข้อมูลจริงจากสถานประกอบการกรณีศึกษา โดยได้ทำการกำหนดดัชนี (Indice) พารามิเตอร์ (Parameters) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) สมการเป้าหมาย (Objective function) และข้อบังคับต่างๆ (Constraints) ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้



ตารางที่ 3 ตัวอย่างรายการคำสั่งซื้อประจำเดือน พฤศจิกายน 2560

รายการผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน	จำนวน (ชิ้น)
บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร	138
บุทขนาดความยาว 178 มิลลิเมตร	32
สลักล๊อคประตูท้าย	50
ฝาปิดถังน้ำมัน	10
ตัวปั๊มล๊อคหางพ่วง	14

ดัชนี (Indicator)

i = ลำดับของงาน โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n$

j = ลำดับของเครื่องจักร โดยที่ $j = 1, 2, 3, \dots, m$

(1) พารามิเตอร์ (Parameters)

m = จำนวนเครื่องจักรทั้งหมด

n = จำนวนงานทั้งหมด

Q_i = ปริมาณการสั่งผลิตของงานที่ i (ชิ้น)

P_{ij} = เวลาในการผลิตของงาน i บนเครื่องจักร j (นาที/ชิ้น)

PT_{ij} = เวลารวมที่ใช้ในการผลิตของงาน i บนเครื่องจักร j (นาที)

S_{ij} = เวลาในการตั้งเครื่องจักรของงาน i บนเครื่องจักร j (นาที)

A_{ij} = เมทริกซ์แสดงรูปแบบของงาน i ที่เครื่องจักร j สามารถดำเนินการได้

C_j = เวลารวมในการดำเนินงานทั้งหมดที่ทำบนเครื่องจักร j

ST_{ij} = เวลาเริ่มต้นของการดำเนินงาน i บนเครื่องจักร j

$C_{\max}$ = เวลาปิดงานที่มากที่สุดของเครื่องจักรใดๆ

(2) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable)

x_{ij} = 1 ถ้ามีการมอบหมายงาน i ให้เครื่องจักร j ; 0

ถ้าไม่มีการมอบหมายงาน i ให้เครื่องจักร j

(3) สมการเป้าหมาย (Objective function)

สำหรับวัตถุประสงค์ของแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำการจัดตารางการผลิตภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่ได้จากสถานประกอบการจริงโดยให้เกิดเวลาปิดงาน (Makespan: Z) มีค่าน้อยที่สุด ดังสมการ (1)

$$\text{Min } Z = C_{\max} \quad (1)$$

โดยที่

$$C_{\max} = \text{Max}\{C_j\} \quad (2)$$

$$C_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} [(P_{ij} Q_i) + S_{ij}]; \quad \forall j \quad (3)$$

สมการเงื่อนไข

$$A_{ij} x_{ij} = 0; \quad \forall i, \forall j \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1; \quad \forall i \quad (5)$$

$$PT_{ij} = [(P_{ij} Q_i) + S_{ij}] x_{ij}; \quad \forall i, \forall j \quad (6)$$

$$ST_{1j} = 0; \quad \forall j \quad (7)$$

$$ST_{ij} \geq \sum_{i=1}^{i-1} PT_{ij}; \quad \forall i, \forall j; i \geq 2 \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq \sum_{j=1}^m x_{(i-1)j}; \quad \forall i; i \geq 2 \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}; \quad \forall i, \forall j \quad (10)$$

โดยสมการ (1)-(3) เป็นสมการเป้าประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาเวลาปิดงานที่น้อยที่สุด สมการ (4) เป็นการกำหนดให้แต่ละกระบวนการของแต่ละผลิตภัณฑ์จะต้องเป็นไปตามความสามารถของเครื่องจักร สมการ (5) เป็นการกำหนดให้งานหนึ่งงานสามารถเข้าเครื่องจักรได้เครื่องเดียวเท่านั้นในเวลาเดียวกัน สมการ (6) เป็นการกำหนดให้เวลาที่เครื่องจักร j ผลิตผลิตภัณฑ์ i จะมีค่าเท่ากับเวลาที่ใช้ในการผลิตคูณกับจำนวนผลิตภัณฑ์ i บนเครื่องจักร j บวกกับเวลาติดตั้งเครื่องจักร สมการ (7) เป็นการกำหนดให้เวลาที่เริ่มต้นของทุกงานหรืองานแรก i บนเครื่องจักร j ต้องเท่ากับศูนย์ สมการ (8) เป็นการกำหนดให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องจะสามารถดำเนินงานถัดไปได้ก็ต่อเมื่อกระบวนการผลิต i บนเครื่องจักร j ก่อนหน้าเสร็จสิ้น สมการ (9) เป็นการกำหนดให้งานแต่ละงาน i จะดำเนินงานถัดไปได้ก็ต่อเมื่องาน i ก่อนหน้านั้นเสร็จสิ้น และสมการ (10) เป็นการกำหนดตัวแปรตัดสินใจเป็นเลขฐานสอง (Binary) เท่านั้น

3.7 การประยุกต์ใช้ Solver ในการรันแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

โปรแกรม Solver จัดเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถเพิ่มเข้า (Add-in) ไปใช้งานร่วมกับ

โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) ได้ โดยโปรแกรม Solver สามารถช่วยในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่มีอยู่ ผู้ใช้งานสามารถกำหนดประเภทของวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดทั้งที่เป็นผลลัพธ์สูงที่สุด (Maximization) หรือผลลัพธ์ต่ำที่สุด (Minimization) ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้หลังจากทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดตารางการผลิตแล้ว ผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-in ในโปรแกรม Microsoft excel เข้ามาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

4. ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง โดยในการทดลองแรกเป็นการค้นหатарางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ ในขณะที่การทดลองที่สองมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาโดยการเปรียบเทียบเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดของตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์กับการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา นอกจากนี้ในแต่ละการทดลองจะถูกทดสอบบนคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 3.00 GHz มีหน่วยความจำ (RAM) 4 GB บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 แบบ 64 บิต

สำหรับโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตในงานวิจัยนี้ได้จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานประกอบการจริง เนื่องจากมีจำนวนหลายผลิตภัณฑ์และเพื่อความสะดวกในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนการประมวลผลในเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขนาดของโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตออกเป็น 3 ขนาดโดยพิจารณาจากจำนวนงานกับจำนวนเครื่องจักรดังนี้ โดยในโจทย์ปัญหขนาดเล็ก (Small) จะประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์บูท 76 มิลลิเมตร, บูท 178 มิลลิเมตร, สลักล้อคประตูท้าย และฝาปิดถังน้ำมัน สำหรับโจทย์ปัญหขนาดกลาง (Medium) คือ ผลิตภัณฑ์สลักล้อคพวง ในขณะที่ปัญหขนาดใหญ่มจะเป็นการนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมาทำการจัดตารางการผลิตรวม ซึ่งรายละเอียดของโจทย์ปัญหาแสดงดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 แสดงโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตของสถานประกอบการ

ขนาดโจทย์ปัญหา	รายการผลิตภัณฑ์	จำนวนงาน (n)	จำนวน เครื่องจักร (m)
เล็ก (Small 1)	บูท 76 มิลลิเมตร	6	7
เล็ก (Small 2)	บูท 178 มิลลิเมตร	6	7
เล็ก (Small 3)	สลักล๊อคประตูท้าย	6	7
เล็ก (Small 4)	ฝาปิดถังน้ำมัน	11	4
กลาง (Medium)	สลักล๊อคพ่วง	16	9
ใหญ่ (Large)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของสถาน ประกอบการ	45	10

4.1 ผลการการค้นหатарางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

สำหรับผลการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม Solver ในการจัดตารางการผลิตให้มีเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดในโจทย์ปัญหาขนาดเล็กและกลาง ดังแสดงในตารางที่ 4 สามารถค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ได้ทุกโจทย์ปัญหา ยกตัวอย่างผลการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก (Small 1) ของผลิตภัณฑ์ บูท 76 มิลลิเมตรด้วยโปรแกรม Solver ดังแสดงในตารางที่ 5

จะเห็นว่าโจทย์ปัญหานี้เป็นปัญหาที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 7 เครื่องที่มีจำนวนงานหรือกระบวนการ 6 งาน/ขั้นตอนตามลำดับ (โดยที่ 0 คือ ไม่เลือกใช้งานเครื่องจักรบนงานใดๆ) ซึ่งผลการรันข้อมูลพบว่าได้เวลาปิดงานที่มากที่สุดจากเครื่องจักรทั้ง 7 เครื่องจักรแต่เป็นค่าที่น้อยที่สุดจากทุกๆ คำตอบ คือ 2,892.11 นาที โดยเวลาปิดงานที่มากที่สุดจากทุกเครื่องจักรจะอยู่บนเครื่องจักรที่ 1 อย่างไรก็ตามจะเห็นว่ามียางเครื่องจักร เช่น เครื่องจักร 2, เครื่องจักร 6 ไม่ได้ถูกเลือกใช้งานหมายความว่าในโจทย์นี้สามารถลดจำนวนการใช้เครื่องจักรลง 2 เครื่อง เป็นต้น



ตารางที่ 5 ตัวอย่างเวลาปฏิบัติงานที่ได้ของผลิตภัณฑ์ บูท 76 มิลลิเมตร (นาทีก)

ลำดับงาน/เครื่องจักร	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7
n1	2892.11	0	0	0	0	0	0
n2	0	0	0	1472.79	0	0	0
n3	0	0	2813.33	0	0	0	0
n4	0	0	0	700.08	0	0	0
n5	0	0	0	0	322.06	0	0
n6	0	0	0	0	0	0	281.19
รวมเวลาปฏิบัติงาน	2892.11	0	2813.33	2172.87	322.06	0	281.19

นอกจากนี้ผลการรันโปรแกรม Solver ในการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) เพื่อให้มีเวลาปฏิบัติงานที่น้อยที่สุดในโจทย์ปัญหาอื่นๆ สามารถแสดงดังตารางที่ 6 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจะพบว่าในโจทย์ปัญหขนาดเล็บบางโจทย์พบคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแต่ใช้เวลาเวลาปฏิบัติงานนานกว่าโจทย์ปัญหขนาดเล็บบางโจทย์หรือโจทย์ปัญหขนาดกลางนั้น เนื่องจากในแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนหรือแต่ละกระบวนการผลิตนั้นแตกต่างกัน มีการใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน รวมไปถึงมีจำนวนในการสั่งซื้อจากลูกค้าไม่เท่ากัน ยกตัวอย่าง เช่น บูทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร ในโจทย์ปัญหขนาดเล็ (Small 1) เป็นต้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่มีจำนวนการสั่งซื้อในปริมาณที่มากต้องใช้เวลาและทรัพยากรในการผลิตที่มากขึ้นตามลำดับ สำหรับเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะเห็นได้ว่าใช้ระยะเวลาที่ไม่นาน (วินาที) และยอมรับได้ในโจทย์ปัญหขนาดเล็และขนาดกลาง

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ในด้านการลดการใช้ทรัพยากรในการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องจักรที่ใช้ พบว่า ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละโจทย์ปัญหานั้นยังสามารถลดการใช้งานโดยไม่จำเป็นของเครื่องจักรได้อย่างมาก โดยเฉพาะในโจทย์ปัญหขนาดเล็ 1-3 (Small 1-3) สามารถลดได้ถึง 28.57 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องจักรในแต่ละกระบวนการผลิตของสถานประกอบการกรณีศึกษาเดิมนั้น มีการใช้เครื่องจักรไม่มีแบบแผน ใช้เครื่องจักรตามประสบการณ์ ใช้งานเครื่องจักรสะเปะสะปะโดยไม่ได้นิ่งถึงคุณค่าในการใช้ทรัพยากรหรือการซ่อมบำรุงรักษาที่จะเกิดขึ้นในภายหลัง จึงทำให้นักวิจัยนี้พิจารณาถึงประเด็นดังกล่าวด้วย อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะลดการใช้งานเครื่องจักรได้จำนวนหนึ่งแต่เครื่องจักรที่ไม่ได้ถูกเลือกใช้งานดังกล่าว ควรจะต้องอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานอยู่เสมอในกรณีที่มีเหตุขัดข้องเกิดขึ้นกับเครื่องจักรหลักได้

ตารางที่ 6 สรุปผลการค้นหาเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

โจทย์ปัญหา	ขนาด ปัญหา (n × m)	เวลา ปิดงาน (นาทีก)	เวลา ประมวลผล (วินาที)	จำนวน เครื่องจักรที่ ลดลง (เครื่อง)	เปอร์เซ็นต์ลด การใช้ เครื่องจักร (%)
เล็ก (Small 1)	6 × 7	2,892.11	0.328	2	28.57
เล็ก (Small 2)	6 × 7	820.96	2.875	2	28.57
เล็ก (Small 3)	6 × 7	544.71	2.219	2	28.57
เล็ก (Small 4)	11 × 4	378.23	46.844	1	25.00
กลาง (Medium)	16 × 9	803.10	3.907	2	22.22

4.2 ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาโดยทำการเปรียบเทียบเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดของตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (แบบใหม่) กับตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (แบบเดิม) ในงานวิจัยนี้ข้อมูลการจัดตารางการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษาจะประกอบด้วยเครื่องจักร 10 เครื่อง และมีจำนวนงานหรือขั้นตอนทั้งหมด 45 งานตามลำดับซึ่งเกิดจากการนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมาทำการจัดตารางการผลิตร่วมกันโดยได้ถูกจัดให้เป็นปัญหามาตรฐานใหญ่ (Large) ดังแสดงในตารางที่ 4

ผู้วิจัยได้ทำการนำข้อมูลตารางการผลิตจริงจากโรงงานกรณีศึกษาทั้งในด้านของเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน ประเภทของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ถูกดำเนินการบนเครื่องจักรประเภทต่างๆ มาทำการสร้างตารางการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาเพื่อค้นหาเวลาในการปิดงานจริง (Makespan) โดยพบว่าเวลาปิดงานที่มากที่สุดจากทุกเครื่องจักรของสถานประกอบการจะอยู่ที่เครื่องจักรที่ 3 ซึ่งมีเวลาปิดงานอยู่ที่ 7,366.20 นาที

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม Solver ร่วมกับโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) มารันแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาในโจทย์ปัญหามาตรฐานใหญ่อีกครั้ง หลังจากประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีในการค้นหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองแรก ซึ่งผลการประมวลผลพบว่า โปรแกรมสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้โดยพบเวลาปิดงานที่มากที่สุดที่เครื่องจักรที่ 3 จากทุกๆ เครื่องจักรแต่น้อยที่สุดจากทุกๆ คำตอบอยู่ที่ 4,768.90 นาที

เมื่อเปรียบเทียบเวลาปิดงานที่ได้ระหว่าง ตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา กับตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่า ตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษาใช้เวลาปิดงานเท่ากับ 7,366.20 นาที หรือคิดเป็นระยะเวลาประมาณ 16 วัน (กำหนดให้ 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง) ในขณะที่ตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ใช้เวลาเพียง 4,678.90 นาที หรือคิดเป็นระยะเวลาประมาณเพียง 10 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าตารางการผลิตที่ได้จากจากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ทำให้เวลาในการปิดงานของระบบมีค่าลดลงถึง 2,687.30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา โดยสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการปรับปรุงประสิทธิภาพได้เท่ากับ 36.48 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลเนื่องจากการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา จะอาศัยทักษะและประสบการณ์ของพนักงานในการจัดตารางการผลิตเป็นหลัก จึงไม่มีรูปแบบตารางการผลิตที่ชัดเจนและแน่นอน ส่งผลให้ลำดับการป้อนงานเข้าสู่เครื่องจักรเกิดความไม่เหมาะสม การผลิตเกิดความล่าช้า และเกิดต้นทุนในการดำเนินงานโดยไม่จำเป็น จนนำไปสู่ความล่าช้าในการส่งมอบงานต่อไปได้

ตารางที่ 7 ผลเปรียบเทียบเวลาการปิดงานรวมที่ได้จากตารางการผลิตแบบเดิมกับแบบใหม่ในปัญหาขนาดใหญ่

ประเด็น เปรียบเทียบ	การเปรียบเทียบเวลาปิดงาน ในปัญหาขนาดใหญ่ (นาที)		เวลาที่ แตกต่าง (นาที)	เปอร์เซ็นต์การ ปรับปรุง ประสิทธิภาพ
	แบบเดิมจากสถาน ประกอบการกรณีศึกษา	แบบใหม่จากวิธีการ		
		แบบจำลองกำหนดการเชิง คณิตศาสตร์		
เวลาปิดงาน	7,366.20	4,678.90	2,687.30	36.48 %

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

โดยทั่วไปแล้วการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในสถานประกอบการจริงให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการภายใต้ข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ จำนวนมากจัดเป็นงานที่ทำหายอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนประกอบอะไหล่รถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นสถานประกอบการกรณีศึกษาได้ประสบปัญหาการกำหนดตารางการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพภายใต้เครื่องจักรและบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ จัด

ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการกรณีศึกษาด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical programming model) โดยให้เกิดเวลาปิดงาน (Makespan) น้อยที่สุด

สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย รายการผลิตภัณฑ์ที่ต้องดำเนินการผลิต จำนวนการสั่งซื้อของลูกค้า ประเภทและจำนวนของเครื่องจักร เวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักรและการดำเนินการผลิตในแต่ละกระบวนการของแต่ละผลิตภัณฑ์ รวมถึงข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งกำหนดรูปแบบของโจทย์ปัญหาและแบ่งโจทย์ปัญหาออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (Small) ขนาดกลาง (Medium) และขนาดใหญ่ (Large) โดยที่ปัญหาขนาดใหญ่จะเป็นโจทย์ที่รวมผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของสถานประกอบการไว้ด้วยกัน จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาดังกล่าวขึ้นมาโดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-in ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) เข้ามาใช้ในการคำนวณหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสามารถถูกนำมาใช้ค้นหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดได้ในทุกโจทย์ปัญหาภายในระยะเวลาที่ยอมรับได้ อีกทั้งยังสามารถลดการใช้งานโดยไม่จำเป็นของเครื่องจักรได้ถึง 29 เปอร์เซ็นต์ในหลายโจทย์ปัญหา นอกจากนี้ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการกรณีศึกษาซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ในงานวิจัยนี้ จะได้เวลาปิดงานที่น้อยที่สุดเท่ากับ 4,678.90 นาที ซึ่งสามารถช่วยลดเวลาในการปิดงานรวมที่ได้จากตารางการผลิตเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษาได้ถึง 36.48 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอบขอบคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

7. เอกสารอ้างอิง

- กัญชลา สุดตาชาติ. (2552). ฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนาน กรณีมีเวลาติดตั้งเครื่องจักรและมีข้อจำกัดของเครื่องจักร. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. 5(2), 77-88.
- จิระศักดิ์ ชาบง และ สวัสดิ์ ภาระราช. (2559). การประยุกต์ใช้วิธีอาณาจักรมดกับการจัดลำดับการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีเวลาการผลิตไม่แน่นอน. *วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*. 6(2), 18-33.

- ฉัตรแก้ว ราชรักษ์. (2557). **การจัดตารางการผลิตแบบไหลลื่นของชิ้นส่วนยานยนต์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ทรงวิทย์ ศรีจันทร์รักษ์. (2557). **การจัดตารางการผลิตเครื่องกลึงโลหะชิ้นส่วนยานยนต์แบบขนานที่ไม่เหมือนกัน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- นฤการ ธรรมศิรินิเวศ. (2558). **การจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ปรีดา จันทร์ดี. (2558). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์แบบขนานที่ไม่เหมือนกัน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ปิยะธิดา สุวรรณประเสริฐ. (2558). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์สีผ้าแบบโรตา**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- พัชรกาญจน์ ไทยราช. (2558). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องหุ้มสายไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตสายไฟฟ้า**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- พิเศษ รักราชภูริ. (2558). **การจัดตารางการผลิตด้วยกฎการจัดลำดับงานในกระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วัชรพงษ์ จันทร์เงิน. (2557). **การจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สาคร ไชยไวยาร. (2556). **การจัดตารางการผลิตในสายการผลิตชิ้นส่วนปั๊มขึ้นรูปของเฟรมเบาะรถยนต์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

- สาวิตรี สิงห์ปาน. (2556). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์สีในพลาสติก บรรจุภัณฑ์.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- อนจ ชัยมณี และวิสุทธิ สุพิทักษ์. (2558). **การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรซึ่งขึ้นอยู่กับลำดับงานภายใต้นโยบายการผลิตแบบทันเวลาพอดี, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 25(2), 219-231.
- อรุยา อริยโสภารักษ์. (2556). **การจัดตารางการผลิตของกระบวนการเป่าฟิล์มบรรจุภัณฑ์พลาสติกบนเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่เหมือนกัน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.



การค้นหาคำพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จ
กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัดคอนกรีตผสมเสร็จ
แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก
INVESTIGATION OF CUSTOMER SATISFACTION IN MIXED-
CONCRETE SERVICE: AN EXAMPLE OF MIXED-CONCRETE
COMPANY IN PHITSANULOK PROVINCE

ณัฐพร ตั้งเจริญชัย¹, สุฤกษ์ เพชรสวัสดิ์¹, อลงกรณ์ เมืองไหว¹ และ ธัชชัย เทพกรณ์^{1*}

Nattaporn Tungcharoenchai¹, Sukrit Phetsawat¹, Alongkorn Muangwai¹

and Thatchai Thepphakorn^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: thatchai.t@psru.ac.th

วันที่เข้าระบบ 16 ตุลาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 25 พฤศจิกายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ค้นหาระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มีผลต่อการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จด้วยวิธีการทางสถิติ กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัด คอนกรีตผสมเสร็จแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถามที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้มาตราวัดของลิเคิร์ต กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นลูกค้าจำนวน 120 รายที่ได้ทำการสั่งซื้อคอนกรีตผสมเสร็จในระหว่างเดือน มกราคม ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นไปตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ในงานวิจัยนี้โดยคำนวณจากสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ข้อมูลทั้งหมดที่ได้เก็บรวบรวมมาจะถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษวิจัยพบว่า ลูกค้ามีระดับความพึงพอใจด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จมากที่สุด รองลงมาเป็นด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ และด้านการสั่งซื้อหรือส่งของคอนกรีตผสมเสร็จตามลำดับ ในขณะที่ด้านการจัดส่งคอนกรีต ลูกค้าจะมีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ความพึงพอใจของลูกค้า, แบบสอบถาม, คอนกรีตผสมเสร็จ

Abstract

The aims of this research were to investigate the level of customer satisfaction affecting ready-mixed concrete service by using statistical approach: a case study of a ready-mixed concrete company in Phitsanulok province. The questionnaires used to collect the data were designed by using the Likert scale. The sample collected in this research was 120 customers who placed their orders for ready-mixed concrete from January to June in 2017. The acceptable sample size considered this work was calculated by using Taro Yamane's formula with 95% confidence interval. The data collected were analyzed by using descriptive statistic. The results indicated that the highest level of customer satisfaction was the cost of ready-mixed concrete, the quality of ready-mixed concrete, placing orders or pre-ordering ready-mixed concrete, respectively. On the other hand, the lowest level of customer satisfaction was the service of ready-mixed concrete distribution to the customers.

Keywords: Customer satisfaction, Questionnaire, Mixed-concrete

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างได้มีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยจึงทำให้อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศตามไปด้วย เมื่อปริมาณการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานมีค่อนข้างสูง ความต้องการในการใช้วัสดุจึงมีความต้องการที่สูงขึ้นเช่นกัน รวมถึงคอนกรีตซึ่งถือว่าเป็นวัสดุก่อสร้างหลักที่นิยมนำมาใช้ในการก่อสร้างต่างๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอนกรีตผสมเสร็จนับว่าเป็นอุตสาหกรรมคอนกรีตอีกประเภทหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อธุรกิจก่อสร้างและได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน (ฉนวนฯ พระพุทธคุณ และ อีรเดช วุฒิพรพันธ์, 2554) ทั้งธุรกิจขนาดเล็กไปจนถึงธุรกิจขนาดใหญ่ เนื่องจากคอนกรีตผสมเสร็จเป็นคอนกรีตที่ผสมเรียบร้อยมาจากโรงงาน มีความสะดวกรวดเร็วในการทำงานและประหยัดต้นทุนมากกว่าการผสมคอนกรีตด้วยแรงงานคนตลอดจนสามารถกำหนดปริมาณในการใช้ปูนได้อย่างถูกต้องแน่นอน (รัฐศวรรธน์ และคณะ, 2558)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด (หจก.) คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา เป็นโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จขนาดย่อมในเขตจังหวัดพิษณุโลก มีพนักงานประมาณ 17 คน มีรถโม้คอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 7 คัน ให้บริการคอนกรีตกับลูกค้าหลายประเภท เช่น คอนกรีตผสมเสร็จที่ใช้ในการหล่อเสา-หล่อคาน

คอนกรีตเทพื้น คอนกรีตทำถนน เป็นต้น อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จเกิดขึ้นหลายโรงงานในเขตพื้นที่เดียวกันและในเขตพื้นที่ใกล้เคียงทั้งบริษัทปูนที่มีขนาดเล็กไปจนถึงบริษัทปูนที่มีขนาดใหญ่ แต่ละบริษัทมีการแข่งขันที่สูงเพื่อความอยู่รอดและความต้องการเติบโตทางธุรกิจ ประกอบกับลูกค้าในปัจจุบันมีความคาดหวังในด้านคุณภาพคอนกรีตผสมเสร็จและด้านการบริการเพิ่มมากขึ้น คุณภาพของคอนกรีตผสมเสร็จจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของวิศวกร ผู้รับเหมาก่อสร้าง หรือผู้ควบคุมงานด้วย อีกทั้งในปัจจุบัน หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา เริ่มประสบปัญหาลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการมีจำนวนลดลงและยังไม่ทราบถึงสาเหตุที่แน่ชัด

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องโดยสรุปพบว่า มีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมหรือความพึงพอใจการใช้คอนกรีตผสมเสร็จของลูกค้าหลายงานวิจัย (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559 และ นงค์คราญ เผ่าตะใจ, 2556) สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559; เกศรา จันทร์จรัสสุข, 2555; ปกรณ์ เจริญเวช, 2554; นงค์คราญ เผ่าตะใจ, 2556 และ ดำรงค์ ศิริเชต, 2554) ในด้านการวิเคราะห์ผลทางสถิติจะมีทั้งการใช้สถิติเชิงพรรณนา (ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (เกศรา จันทร์จรัสสุข, 2555; ปกรณ์ เจริญเวช, 2554 และ นงค์คราญ เผ่าตะใจ, 2556) และการใช้สถิติเชิงอนุมาน เช่น การวิเคราะห์ไคสแควร์ (Chi-Square) (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559; เกศรา จันทร์จรัสสุข, 2555) การวิเคราะห์ t-test (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559) เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ค้นหาระดับความพึงพอใจของลูกค้าในปัจจุบันในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จและวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยของบริษัทกรณีศึกษาด้วยวิธีการทางสถิติ ซึ่งผลการศึกษาวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการนำไปปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภาพการให้บริการของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษาให้มีคุณภาพและมาตรฐานสูงขึ้น สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด ตลอดจนสามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดได้ในระยะยาว

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อนำเสนอวิธีค้นหาระดับความพึงพอใจของลูกค้าในปัจจุบันในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จและวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยของบริษัทกรณีศึกษาด้วยวิธีการทางสถิติ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นลูกค้าที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษาในเขตจังหวัดพิษณุโลกและในเขตพื้นที่ใกล้เคียง ในช่วงระหว่างเดือน มกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2560

3.2 การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากธรรมชาติของลูกค้าหรือผู้ที่เข้ามาใช้บริการ/สั่งคอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา มีจำนวนไม่มากในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา อีกทั้งข้อมูลต่างๆ ของลูกค้าที่ผ่านมามีบริษัทไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาเปิดเผยได้ อย่างไรก็ตามทาง หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ได้เปิดเผยข้อมูลเพียงจำนวนลูกค้าในปีที่ผ่านมาที่มีจำนวนประมาณ 120 ราย จึงทำให้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าดังกล่าวมาเป็นจำนวนประชากรที่จะนำมาศึกษา

ขั้นตอนถัดมาเป็นการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาวิจัยนี้ โดยใช้สูตรคำนวณของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1967) ซึ่งกำหนดให้จำนวนประชากร (N) เท่ากับ 120 รายและใช้ค่าความคลาดเคลื่อน (e) เท่ากับ 0.05 ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมอย่างน้อย (n) จะเท่ากับ 92 ราย ซึ่งเป็นจำนวนประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ แบบสอบถาม ซึ่งถูกออกแบบและสร้างขึ้นจากการศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ธนภูมิ จงเจริญ, 2559; นงค์คราญ เผ่าตะใจ, 2556) โดยได้ออกแบบเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นของงานวิจัย

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา โดยข้อคำถามจะประกอบไปด้วยปัจจัยทั้ง 4 ด้านคือ ด้านการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ ด้านการสั่งซื้อ/จองคอนกรีตผสมเสร็จ ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ และด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรตามของงานวิจัย

สำหรับการแปลผลความพึงพอใจของผู้ใช้บริการจะใช้มาตราวัดของลิเคิร์ต (Rensis A.

Likert, 1961) โดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งคะแนนระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ประกอบไปด้วย ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย และระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามปลายเปิดที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หลังจากนั้นแบบสอบถามที่ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาได้ถูกตรวจสอบโดยตรงจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิของบริษัททำการพิจารณาและตรวจสอบเนื้อหาของแบบสอบถามให้ครอบคลุมและเป็นไปตามความต้องการของบริษัทก่อนนำไปใช้งานจริงในการเก็บข้อมูลกับลูกค้าต่อไป

3.3 การเก็บรวบรวมแบบสอบถามและจำแนกแบบสอบถาม

หลังจากทำการออกแบบและตรวจสอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ในขั้นตอนถัดมาจะเป็นการนำแบบสอบถามดังกล่าวมาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการคอนกรีตของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการแจกแบบสอบถามโดยการได้ติดต่อประสานงานขอความร่วมมือจากฝ่ายขายและพนักงานขับรถขนส่งปูนในการแจกแบบสอบถามให้กับลูกค้าประเมินในกรณีที่มีการสั่งซื้อจากลูกค้าเข้ามา สำหรับระยะเวลาในการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจะนานประมาณ 6 เดือนโดยเริ่มแจกแบบสอบถามให้กับลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการตั้งแต่เดือนมกราคมไปจนถึงเดือนมิถุนายน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างหรือลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการคอนกรีตของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา มีจำนวนไม่มาก โดยส่งแบบสอบถามไปทั้งหมด 120 ชุดและทำการตรวจคะแนนและวิเคราะห์ผลในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560

จากการเก็บแบบสอบถามตลอดระยะเวลา 6 เดือนจะพบว่า มีแบบสอบถามที่ถูกประเมินกลับมาจากลูกค้าทั้งหมด 120 ชุด หลังจากนั้นแบบสอบถามทั้งหมดจะต้องถูกนำมาจำแนกคัดกรองแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะไม่นำไปใช้วิเคราะห์ผล ในงานวิจัยนี้มีหลักการคัดกรองแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ประกอบด้วย แบบสอบถามที่กรอกข้อมูลส่วนตัวไม่ครบ แบบสอบถามที่ทำเครื่องหมายช่องมากที่สุดหรือน้อยที่สุดทุกช่อง แบบสอบถามที่ทำเครื่องหมายมากกว่าหนึ่งช่องในข้อคำถามเดียวกัน และแบบสอบถามที่ทำเครื่องหมายไม่ครบทุกข้อ ผลการคัดกรองแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 120 ชุดด้วยหลักเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้นพบว่า มีแบบสอบถามที่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้จำนวน 100 ชุด อย่างไรก็ตามแบบสอบถามจำนวน 100 ชุดที่จะนำมาวิเคราะห์ผลยังมีจำนวนมากกว่า 92 ชุดที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการทาโร่ ยามาเน่ ซึ่งถือว่าจำนวนแบบสอบถามที่ได้จาก

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้มีจำนวนมากเพียงพอตามหลักทางสถิติที่ระดับความความคลาดเคลื่อน 0.05

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้เก็บแบบสอบถามและทำการวิเคราะห์จำแนกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์แล้วจะเหลือแบบสอบถามที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ผลได้จำนวน 100 ชุด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ดังต่อไปนี้

(1) แบบสอบถามส่วนที่ 1 เกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (Mean)

(2) แบบสอบถามส่วนที่ 2 เกี่ยวกับความพึงพอใจการใช้บริการของผู้ตอบแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งในการอธิบายผลการวิจัยจะใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาคชั้น 0.8 และใช้เกณฑ์เฉลี่ยดังนี้ ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21–5.00 หมายถึง อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.41–4.20 หมายถึง อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.61–3.40 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.81–2.60 หมายถึง อยู่ในระดับน้อย และค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00–1.80 หมายถึง อยู่ในระดับน้อยที่สุด (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549)

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนาโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ SPSS แล้ว ในขั้นตอนถัดมาจะทำการจำแนกตัวแปรตามทั้ง 4 ด้านที่เป็นจุดเด่นและจุดด้อยของห้างหุ้นส่วนจำกัดกรณีศึกษา โดยใช้หลักการวิเคราะห์ค่าควอร์ไทล์ (Quartile) จากค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรตามด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล เนื่องจากตัวแปรตามในงานวิจัยนี้มีหลายด้านและแต่ละด้านมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ไม่สามารถสรุปจุดเด่นและจุดด้อยได้เพียงข้อใดข้อหนึ่งเท่านั้น โดยตัวแปรตามที่มีค่าเฉลี่ยสูงและถูกจัดอยู่ในกลุ่มควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) จัดเป็นกลุ่มตัวแปรตามที่เป็นจุดเด่น ขณะที่ตัวแปรตามที่มีค่าเฉลี่ยต่ำและถูกจัดอยู่ในกลุ่มควอร์ไทล์ที่ 4 (Q4) จะถูกจัดให้เป็นกลุ่มตัวแปรตามที่เป็นจุดด้อย

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้จำแนกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา และการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อการใช้บริการของลูกค้า

สำหรับรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามที่ได้ทำการเก็บข้อมูลได้ถูกจัดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่จะทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยปัจจัย ด้านเพศ ด้านอายุ ด้านระดับการศึกษา ด้านประเภทของลูกค้า และด้านรายได้ต่อเดือนของลูกค้า ซึ่งในแต่ละปัจจัยจะถูกทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยการแสดงค่าความถี่และค่าร้อยละของข้อมูลในแต่ละปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าความถี่และค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามปัจจัยของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ	ชาย	57	57.0
	หญิง	43	43.0
2. อายุตารางที่ 1 แสดงค่าความถี่และค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามปัจจัยของผู้ตอบแบบสอบถาม	ต่ำกว่า 30 ปี	7	7.0
	31 - 40 ปี	40	40.0
	41 - 60 ปี	50	50.0
	60 ปีขึ้นไป	3	3.0
3. ระดับการศึกษา	ประถมศึกษา	31	31.0
	มัธยมศึกษาตอนต้น	35	35.0
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช	13	13.0
	อนุปริญญา/ปวส	8	8.0
	ปริญญาตรี	10	10.0
	สูงกว่าปริญญาตรี	3	3.0
4. ประเภทของลูกค้า	เจ้าของโครงการ	3	3.0
	เจ้าของบ้าน	54	54.0
	ผู้รับเหมาก่อสร้าง	14	14.0
	วิศวกร	3	3.0
5. รายได้ต่อเดือน	ช่างก่อสร้าง	26	26.0
	ต่ำกว่า 15,000 บาท	46	46.0
	ตั้งแต่ 15,000 – 25,000 บาท	24	24.0
	ตั้งแต่ 25,000 – 35,000 บาท	13	13.0
	ตั้งแต่ 35,000 บาท ขึ้นไป	17	17.0

จากตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ปัจจัยด้านเพศพบว่า ลูกค้ายที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จเป็นเพศชาย 57 คน คิดเป็นร้อยละ 57.0% และเป็นเพศหญิง 43 คน คิดเป็นร้อยละ 43.0% ปัจจัยด้านอายุพบว่า ลูกค้ายที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 41 - 60 ปี มากที่สุด จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0% ขณะที่ลูกค้ายช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไปจะใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จน้อยที่สุดจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0% เท่านั้น ปัจจัยด้านระดับการศึกษาพบว่า ลูกค้ายที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 35.0% อย่างไรก็ตามลูกค้ายที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จที่จบการศึกษาระดับสูงกว่าปริญญาตรีมีจำนวนน้อยที่สุด จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0% เท่านั้น ปัจจัยในด้านประเภทของลูกค้ายพบว่า ลูกค้ายที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่จะเป็นเจ้าของบ้าน จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 54.0% ในขณะที่ลูกค้ายประเภทเจ้าของโครงการและวิศวกรใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของบริษัทกรณีศึกษาน้อยที่สุด จำนวนร้อยละ 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0% และปัจจัยในด้านรายได้ต่อเดือนพบว่า ลูกค้ายที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จส่วนใหญ่จะมีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 15,000 บาท จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 46.0% อย่างไรก็ตามลูกค้ายจำนวนที่น้อยที่สุดที่ใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จจะมีรายได้ต่อเดือนตั้งแต่ 35,000 บาทขึ้นไป จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 17.0%

4.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อการใช้บริการของลูกค้าย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการค้นหาระดับความพึงพอใจต่อการใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จของลูกค้ายในปัจจุบัน การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจการใช้บริการของลูกค้ายในงานวิจัยนี้จะพิจารณา 4 ด้านประกอบด้วย ด้านการจัดส่งคอนกรีต ด้านการสั่งซื้อหรือจองคอนกรีตผสมเสร็จ ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ และด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ โดยทุกด้านจัดเป็นตัวแปรตามของงานวิจัยนี้ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละด้านหลังจากทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าควอไทล์ดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 จะพบว่า ความพึงพอใจของลูกค้ายในด้านการจัดส่งคอนกรีตของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.87$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมดโดยเรียงจากมากไปหาน้อยดังต่อไปนี้ กริยาการแต่งกายและความสุภาพของพนักงาน ($\bar{X} = 3.93$) ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งครบถ้วน ($\bar{X} = 3.87$) พนักงานปฏิบัติงานถูกต้องแม่นยำที่ตกลงกันไว้ ($\bar{X} = 3.86$) และการจัดส่งรวดเร็ว/ตรงเวลาที่นัดหมาย ($\bar{X} = 3.82$) ตามลำดับ



สำหรับความพึงพอใจของลูกค้าในด้านการสั่งซื้อ/จองคอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.95$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมดโดยเรียงจากมากไปหาน้อยดังต่อไปนี้ กริยามารยาทและความสุภาพของพนักงาน ($\bar{X} = 4.00$) ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีตของพนักงาน ($\bar{X} = 3.99$) และความสะดวกในการติดต่อ เช่น โทรศัพท์สั่ง เป็นต้น ($\bar{X} = 3.88$) ตามลำดับ

สำหรับความพึงพอใจของลูกค้าในด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษาโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมด โดยความน่าเชื่อถือในตราสินค้าคอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ($\bar{X} = 4.13$) มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดในกลุ่ม รองลงมาเป็นการรับประกันคุณภาพสินค้าและบริการหลังการขาย ($\bar{X} = 4.10$) ในขณะที่ชนิดของผลิตภัณฑ์ตรงตามที่สั่งไว้ ($\bar{X} = 3.95$) มีระดับความพึงพอใจต่ำที่สุดในกลุ่ม

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติและระดับความพึงพอใจของตัวแปรตามในแต่ละด้าน

ปัจจัยหรือตัวแปรตามในด้านต่างๆ	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ	ควอร์ไทล์
1. ด้านการจัดส่งคอนกรีต				
1.1 การจัดส่งรวดเร็วและตรงเวลาที่นัดหมาย	3.82	0.71	มาก	Q ₄
1.2 กริยาการแต่งกายและความสุภาพของพนักงาน	3.93	0.65	มาก	Q ₄
1.3 ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งครบถ้วน	3.87	0.72	มาก	Q ₄
1.4 พนักงานปฏิบัติงานถูกต้องตามที่ตกลงกันไว้	3.86	0.65	มาก	Q ₄
รวม	3.87	0.68	มาก	
2. ด้านการสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จ				
2.1 ความสะดวกในการติดต่อสั่งซื้อ	3.88	0.70	มาก	Q ₄
2.2 ความใส่ใจในบริการของพนักงาน	3.94	0.70	มาก	Q ₃
2.3 ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีตของพนักงาน	3.99	0.67	มาก	Q ₃
2.4 กริยามารยาทและความสุภาพของพนักงาน	4.00	0.65	มาก	Q ₂
2.5 มีการแนะนำชนิดคอนกรีตให้ลูกค้าทราบ	3.98	0.66	มาก	Q ₃
รวม	3.95	0.67	มาก	



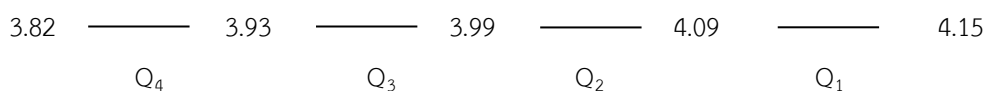
ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปัจจัยหรือตัวแปรตามในด้านต่างๆ	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ	ควอร์ไทล์
3. ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ				
3.1 ชนิดของผลิตภัณฑ์ตรงตามที่ตกลงไว้	3.95	0.71	มาก	Q ₃
3.2 คอนกรีตมีคุณภาพดีตรงตามความต้องการ	4.07	0.70	มาก	Q ₂
3.3 ค่ากำลังอัดคอนกรีตฯ ตรงตามความต้องการ	4.09	0.65	มาก	Q ₂
3.4 ความน่าเชื่อถือในตราสินค้าคอนกรีตผสมเสร็จ กรณีศึกษา	4.13	0.70	มาก	Q ₁
3.5 การรับประกันคุณภาพสินค้าและบริการหลังการ ขาย	4.10	0.64	มาก	Q ₁
รวม	4.06	0.68	มาก	
4. ด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ				
4.1 คุณภาพและบริการมีความคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป	4.02	0.75	มาก	Q ₂
4.2 การแนะนำราคาสินค้า	4.08	0.73	มาก	Q ₂
4.3 กำหนดราคาชัดเจนเข้าใจง่าย	4.12	0.72	มาก	Q ₁
4.4 กำหนดราคาค่าขนส่งทางไกลไว้อย่างชัดเจน	4.15	0.71	มาก	Q ₁
รวม	4.09	0.72	มาก	

สำหรับความพึงพอใจของลูกค้าในด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษาโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.09$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมด ซึ่งการกำหนดค่าขนส่งทางไกลชัดเจน ($\bar{X} = 4.15$) มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดในกลุ่ม รองลงมาเป็นการกำหนดราคาชัดเจนเข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.12$) ในขณะที่คุณภาพและบริการมีความคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป ($\bar{X} = 4.02$) มีระดับความพึงพอใจต่ำที่สุดในกลุ่มอย่างไรก็ตามจาก ตารางที่ 2 จะพบอีกว่า ระดับความพึงพอใจของลูกค้าในแต่ละข้ออยู่ในระดับมากเท่ากันทั้งหมด อีกทั้งการเลือกจุดเด่น-จุดด้อยเพียงอย่างละข้อโดยอาศัยค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดและน้อยที่สุดนั้นอาจทำให้การสรุปผลไม่ครอบคลุมในทุกด้าน เนื่องจากตัวแปรตามมีจำนวนหลายข้อและในแต่ละข้อมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำค่า $\bar{X}$ ของตัวแปรตามแต่ละข้อมาทำการแบ่งกลุ่มอีกครั้งโดยใช้หลักการทางสถิติควอร์ไทล์ในการจัดกลุ่มตัวแปรตามที่เป็นจุดเด่นและตัวแปรตามที่เป็นจุดด้อยของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา

โดยกำหนดให้ค่า $\bar{X}$ ของตัวแปรตามใดก็ตามที่อยู่ในช่วงของ Q₁ จะถูกจัดให้เป็นจุดเด่น สำหรับค่า $\bar{X}$ ของตัวแปรตามใดก็ตามที่อยู่ในช่วงของ Q₂ นั้นอาจจะเป็นจุดเด่นได้ในอนาคต ขณะที่

ค่า $\bar{X}$ ของตัวแปรตามใดก็ตามที่อยู่ในช่วงของ Q_3 ในอนาคตอาจจะกลายเป็นจุดด้อยได้ และค่า $\bar{X}$ ของตัวแปรตามใดก็ตามที่อยู่ในช่วงของ Q_4 จะถูกจัดให้เป็นจุดด้อยของทาง หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษาซึ่งจากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้นำค่า $\bar{X}$ มาทำการแบ่งช่วงหาค่าควอร์ไทล์ของตัวแปรตามทั้ง 4 ด้าน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างของบุท (ซ้าย) และตัวอย่างของฝาปิดถังน้ำมัน (ขวา)

จากภาพที่ 2 หลังจากทำการแบ่งช่วงค่าเฉลี่ยเป็นควอร์ไทล์ ผลการจัดกลุ่มตัวแปรตามทั้ง 4 ด้าน ถูกแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยหรือตัวแปรตามที่เป็นจุดเด่นของบริษัท (Q1) จะเป็นในด้าน “ผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ” (ประกอบด้วย ความน่าเชื่อถือในตราสินค้า หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา และการรับประกันคุณภาพสินค้าและบริการหลังการขาย) และในด้าน “ราคาคอนกรีตผสมเสร็จ” (ประกอบด้วย กำหนดราคาชัดเจนเข้าใจง่าย และกำหนดราคาค่าขนส่งทางไกลไว้อย่างชัดเจน) แสดงดังตารางที่ 2 ในขณะที่ปัจจัยหรือตัวแปรตามที่เป็นจุดด้อยของบริษัท (Q) จะเป็นด้าน “การจัดส่งคอนกรีต” (ประกอบด้วย การจัดส่งรวดเร็วและตรงเวลาที่นัดหมาย ระยะเวลาการแต่งกายและความสุภาพของพนักงาน ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งครบถ้วน และพนักงานปฏิบัติงานถูกต้องตามที่ตกลงกันไว้) และด้าน “การสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จ” (ประกอบด้วย ความสะดวกในการติดต่อสั่งซื้อ)

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ค้นหาระดับความพึงพอใจของลูกค้าในปัจจุบันต่อการให้บริการคอนกรีตผสมเสร็จ รวมถึงทำการวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัด (หจก.) คอนกรีตผสมเสร็จแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้มาตราวัดของลิเคิร์ท กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้เป็นลูกค้าที่มาใช้บริการคอนกรีตผสมเสร็จในระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2560 จำนวน 120 คน หลังจากทำการคัดกรองแบบสอบถามจะเหลือแบบสอบถามที่สมบูรณ์จำนวน 100 ชุด ซึ่งมากกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำจำนวน 92 ชุดที่ได้คำนวณจากสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ จากนั้นข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ

ค่าควอร์ไทล์ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาวิจัยในด้านการค้นหาระดับความพึงพอใจของการให้บริการลูกค้าของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ในกรณีที่พิจารณาตามกลุ่มของตัวแปรตาม 4 กลุ่มพบว่า ลูกค้ามีระดับความพึงพอใจโดยเฉลี่ยทาง “ด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ” มากที่สุด ($= 4.09$) รองลงมาเป็น “ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ” ($= 4.06$) และ “ด้านการสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จ” ($= 3.95$) ตามลำดับ ในขณะที่ “ด้านการจัดส่งคอนกรีต” ลูกค้าจะมีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด ($= 3.87$) นอกจากนี้ในกรณีที่พิจารณาตัวแปรตามจากหัวข้อย่อยทุกข้อจะพบอีกว่า หัวข้อย่อยด้าน “กำหนดราคาค่าขนส่งทางไกลไว้อย่างชัดเจน” มีค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($= 4.15$) ในขณะที่หัวข้อย่อยด้าน “การจัดส่งรวดเร็วและตรงเวลาที่นัดหมาย” ลูกค้าจะมีระดับความพึงพอใจต่ำสุด ($= 3.82$)

ผลการศึกษาวิจัยในด้านการวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ด้วยการจำแนกตามกลุ่มของควอร์ไทล์ของตัวแปรตามจากทุกหัวข้อย่อย สรุปได้ว่า ปัจจัยหรือตัวแปรตามที่เป็นจุดเด่นของบริษัท (Q1) จะเป็นใน “ด้านผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ” (ประกอบด้วย ความน่าเชื่อถือในตราสินค้าคอนกรีตผสมเสร็จ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา และการรับประกันคุณภาพสินค้าและบริการหลังการขาย) และ “ด้านราคาคอนกรีตผสมเสร็จ” (ประกอบด้วย กำหนดราคาชัดเจนเข้าใจง่าย และกำหนดราคาค่าขนส่งทางไกลไว้อย่างชัดเจน) ในขณะที่ปัจจัยหรือตัวแปรตามที่เป็นจุดด้อยของบริษัท (Q) จะเป็น “ด้านการจัดส่งคอนกรีต” (ประกอบด้วย การจัดส่งรวดเร็วและตรงเวลาที่นัดหมาย ระยะเวลาการแต่งกายและความสุภาพของพนักงาน ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งครบถ้วน และพนักงานปฏิบัติงานถูกต้องตามที่ตกลงกันไว้) และ “ด้านการสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จ” (ประกอบด้วย ความสะดวกในการติดต่อสั่งซื้อ)

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะจะเป็นประโยชน์ ในการนำไปปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวทั้งในด้านผลิตภัณฑ์และการให้บริการลูกค้าของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

(1) ด้านการจัดส่งคอนกรีต

การจัดส่งรวดเร็วและตรงเวลาที่นัดหมาย: บริษัท ควรมีการศึกษาเส้นทางการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าเสมอ ควรมีการจัดพนักงานขับรถที่มีความชำนาญในแต่ละเส้นทาง ควรมีการจัดตารางส่งมอบคอนกรีตตรงเวลาที่กำหนด และควรมีการเผื่อเวลานำส่งสินค้าให้ถึงเวลาก่อนกำหนด

เล็กน้อย

กริยาการแต่งกายและความสุภาพของพนักงาน: บริษัท ควรจัดชุดที่เป็นยูนิฟอร์มที่เหมือนกันให้กับพนักงานจัดส่งทุกคน ไม่ว่าจะเป็นเสื้อ กางเกง รองเท้า หรือหมวก เพื่อให้เป็นมาตรฐานแบบเดียวกัน อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการตลาดในด้านภาพลักษณ์และการสร้างแบรนด์ให้กับบริษัทอีกด้วย นอกจากนี้บริษัทควรมีการจัดอบรมการให้บริการลูกค้าให้กับพนักงานจัดส่งอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าและบริการของบริษัท และด้านการพูดจาติดต่อดูแลลูกค้าอย่างเป็นกันเอง

ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งครบถ้วน: บริษัท ควรมีการให้พนักงานจัดส่งทำการตรวจสอบการขึ้นและการลงคอนกรีตผสมเสร็จจากรถขนส่งปูนเสมอ เพื่อลดข้อผิดพลาดในการจัดส่งคอนกรีตตามประเภทและปริมาณตามที่ลูกค้าได้กำหนดไว้ นอกจากนี้ควรให้พนักงานจัดส่งมีการแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสินค้าและปริมาณให้กับบุคคลที่ตรวจรับสินค้าเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้ามากขึ้น

พนักงานปฏิบัติงานถูกต้องตามที่ตกลงกันไว้: บริษัท ควรให้พนักงานรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าทำการเก็บข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับสินค้าให้ครบถ้วน เช่น ชนิดคอนกรีตและปริมาณที่ลูกค้าต้องการ เวลาและสถานที่ในการจัดส่ง เป็นต้น ควรมีการสื่อสารและประสานงานในด้านข้อมูลที่ดีระหว่างพนักงานรับคำสั่งซื้อและพนักงานจัดส่ง ควรให้พนักงานจัดส่งมีการติดต่อดูแลลูกค้าหรือคนรับสินค้าโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาก่อนจัดส่งและช่วงเวลาขณะจัดส่ง เพื่อป้องกันการส่งสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้าหรือการส่งสินค้าผิดสถานที่

(2) ด้านการสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จ

ความสะดวกในการติดต่อสั่งซื้อ: บริษัท ควรปรับปรุงเรื่องความสะดวกและขั้นตอนในการติดต่อสั่งซื้อหรือสั่งจองคอนกรีตผสมเสร็จให้มากขึ้นนอกเหนือจากการใช้โทรศัพท์ เช่น การติดต่อสั่งซื้อผ่านอินเทอร์เน็ตหรือแอปพลิเคชันต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ควรให้มีการจัดฝึกอบรมพนักงานใหม่ในเรื่องงานคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้พนักงานสามารถให้คำแนะนำและสื่อสารแก่ลูกค้าได้อย่างเหมาะสม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ผู้จัดการ หัวหน้าฝ่ายขาย และพนักงานขับรถของ หจก. คอนกรีตผสมเสร็จกรณีศึกษา ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูล รวมถึง

ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2549). **สถิติสำหรับงานวิจัย**. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกศรา จันทรจรัสสุข. (2555). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าและใช้บริการในห้างเทสโกโลตัสของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ชนนัช พระพุทธคุณ และธีรเดช วุฒิพรพันธ์. (2554). การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ โดยวิธีการทดลองเชิงแฟกทอเรียล. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 21(2), 313-320.
- ดำรงค์ ศิริเขต. (2554). **ปัจจัยการตัดสินใจผู้บริโภคในการเลือกซื้อบ้านพักอาศัยที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- ธนภูมิ จงเจริญ. (2559). **ส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้คอนกรีตผสมเสร็จของลูกค้านิคมอุตสาหกรรมในจังหวัดเพชรบุรี**. การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี.
- นงค์คราญ เผ่าตะใจ. (2556). **ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จของผู้รับเหมาก่อสร้างในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, เชียงราย.
- ปกรณ เจริญเวช. (2554). **ปัจจัยทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ของลูกค้ากลุ่มเจ้าของบ้านในพื้นที่ อ.เมือง จ.ระยอง**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- รัฐสุวรรณ กิ่งแก้ว, ปณิศา ไชยจิตร, วีรพงศ์ โชติช่วย และจรรยา ใจหาญ. (2558). การใช้หินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ. **วารสารเทคโนโลยีภาคใต้**. 8(2), 55-62.
- Rensis A. Likert. (1961). **New patterns of management**. New York: Hill Book Company Inc.
- Taro Yamane. (1967). **Statistics: An introductory analysis**. (2nd ed.). New York: Harper and Row.

การวิเคราะห์ต้นทุนที่แท้จริงในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้

สีทองด้วยการประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม

THE ACTUAL COSTS ANALYSIS FOR EXOIRTING NAMDOKMAI

SITHONG MAGOES BY USING ACTIVITY-BASED COSTING

สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์^{1*}, ธัชชัย เทพภรณ์¹, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย¹ และ หทัยชนก พวงแย้ม²

Sukrit Phetsawat^{1*}, Thatchai Thepphakorn¹, Nattaporn Tungcharoenchai¹

and Hathaithanok Puongyeam²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

²สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Department of Management and Logistics Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology,

Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

²Department of Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,

Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: Sukrit_PS@hotmail.com

วันที่เข้ารับ 30 กันยายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 1 พฤศจิกายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนที่แท้จริงในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ สีทองด้วยการประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมเพื่อให้ทราบถึงต้นทุนที่แท้จริงในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและเพื่อให้ทราบถึงกิจกรรมโลจิสติกส์ในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองแล้วยังสามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ด้วย โดยวัตถุประสงค์หลักคือ การคำนวณหาต้นทุนที่แท้จริงของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง กรณีศึกษาชมรมผู้ปลูกมะม่วงอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก ด้วยการใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมในขอบเขตพื้นที่การศึกษา 1ไร่ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ต้นทุนที่แท้จริงของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าเท่ากับ 32.76 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 12.12 บาทต่อลูก ซึ่งได้ทำการแบ่งกิจกรรมออกเป็น 9 กิจกรรมหลัก สรุปได้ว่ากิจกรรมที่มีสัดส่วนที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุดคือกิจกรรมที่ 7 ซึ่งมีสัดส่วน 49.43 % และรองลงมาคือ กิจกรรมที่ 6 มีสัดส่วนถึง 33.88 % และกิจกรรมที่มีสัดส่วนในการทำให้เกิดต้นทุนน้อยที่สุดคือ กิจกรรมที่ 4 มีสัดส่วนเพียง 0.08 % ของต้นทุนทั้งหมด ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะประโยชน์ต่อเกษตรกรที่สนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ต้นทุน, มะม่วงน้ำดอกไม้, ต้นทุนฐานกิจกรรม

Abstract

In this research, the actual costs of exporting Nam Dok Mai Si Thong Mangoes were analyzed by applying the activity-based costing system to know about the actual costs and the logistic activities of exporting the mangoes which can be a guideline to improve any activity related to exporting the mangoes. The main objective of this research was to calculate the actual costs of exporting the mangoes of Mango Grower Club in Noen Maprang District, Phitsanulok Province by using the activity-based costing system in the study area, 1 rai. The results can be concluded that the actual costs of exporting the mangoes was 32.76 baht a kilogram or 12.12 baht a mango. The activities were divided into nine main activities. It can be concluded that the activities that contributed to the highest costs were Activity 7 and Activity 6, whose ratio was 49.43% and 33.88%, respectively. The activities with the lowest cost ratio were Activity 4 whose ratio was only 0.08% of the total costs. The researchers expect that this research will benefit the farmers who are interested in, and they can apply it in the future.

Keywords: Costs analysis, Nam Dok Mai mangoes, Activity-based costing

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมไปด้วยแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สมบูรณ์ทำให้ภาคการเกษตรของไทยสามารถสร้างชื่อเสียงให้กับประเทศเป็นอย่างมาก มะม่วงไทยถือเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการปลูกเพื่อส่งออกไปขายยังต่างประเทศสร้างรายได้สู่เกษตรกรและชุมชนท้องถิ่นเป็นมูลค่ามหาศาลต่อปี โดยมะม่วงที่ส่งออกมาที่สุดชนิดหนึ่งคือมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นมะม่วงพันธุ์ที่นิยมปลูกทั่วไป ใช้เวลาตั้งแต่ออกดอกจนกระทั่งผลแก่ประมาณ 110-115 วัน มีลำต้นทรงพุ่ม ผลมะม่วง มีลักษณะอ้วนจนเกือบกลม หัวใหญ่ ปลายผลแหลม ผลอ่อนผิวสีเขียวนวล มีรสเปรี้ยว เมื่อผลสุกมีสีเหลืองนวล เนื้อจะมีสีเหลืองละเอียด กลิ่นหอม รสหวาน เมล็ดลีบ ขนาดผลโดยเฉลี่ยกว้าง 7.30 ซม. ยาว 14.70 ซม. หนา 8 ซม. น้ำหนักโดยเฉลี่ย 280-300 กรัม มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ความหวาน) ประมาณ 17-18 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในประเทศญี่ปุ่นและประเทศในแถบยุโรป (กรมวิชาการเกษตร, 2557) ชมรมผู้ปลูกมะม่วงอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก เป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสนใจเกี่ยวกับการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออก ปัจจุบันการสำรวจต้นทุนของการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนั้นยังไม่มีชัดเจน จึงทำให้ไม่สามารถทราบต้นทุนที่แท้จริงได้ ซึ่งทำให้เกษตรกรไม่สามารถบริหารจัดการต้นทุนและการเงินที่ได้จากการส่งออกมะม่วงได้ และภาครัฐไม่สามารถเข้ามาช่วยเหลือและสนับสนุนเกษตรกรได้อย่างเต็มที่

เนื่องจากไม่ทราบปัญหาที่แท้จริงของต้นทุนการเพาะปลูก ดังนั้นการเข้ามาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาก็เกิดขึ้นเพื่อให้ทราบแนวทางและต้นทุนในการเพาะปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออกนั้นจึงมีความสำคัญและสามารถช่วยเหลือเกษตรกรได้เป็นอย่างดี โดยใช้กรณีศึกษาจาก ชมรมผู้ปลูกมะม่วงอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลกเป็นต้นแบบ

ระบบการคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-based costing; ABC) เป็นแนวคิดของระบบการบริหารจัดการต้นทุนโดยแบ่งที่มาของต้นทุนออกเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์ และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพในการดำเนินงาน (สุวิดา คล้ายจินดา, 2556) สำหรับในประเทศไทยเริ่มให้ความสนใจในเรื่องระบบการคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-based costing; ABC) โดยมีบริษัทในประเทศไทยหลายแห่งนำแนวคิด ABC ไปใช้เนื่องจากระบบ ABC ให้ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนกิจกรรม ต้นทุนผลิตภัณฑ์ ตลอดจนข้อมูลต้นทุนแยกตามลูกค้าที่มีความถูกต้องมากกว่าการคิดต้นทุนแบบเดิมจึงได้รับการยอมรับและแพร่หลายมากขึ้น (วรลักษณ์ คุณทะสิงห์ และ ศิโรจน์ ปรีชาไว, 2554) ระบบ ABC มีขั้นตอนและแนวทางการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลที่สำคัญ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์กิจกรรมโลจิสติกส์ขององค์กร ในการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์นั้นกิจกรรมจัดเป็นหน่วยเล็กที่สุดของการปฏิบัติงาน โดยคำว่า “กิจกรรม” หมายถึง หน่วยที่เล็กที่สุดของการปฏิบัติงานที่มีวัตถุประสงค์ของการทำงานอย่างชัดเจนหรืออีกนัยหนึ่งคือหน่วยที่เล็กที่สุดของการปฏิบัติงานที่สามารถกำหนดให้เห็นภาพได้ (เจนวิทย์ จันทรา, 2556) ในแต่ละกิจกรรมต้องมีการระบุข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน เวลา และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกิจกรรมนั้น

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ตัวผลักดันต้นทุน (Cost driver) ตัวผลักดันต้นทุนคือปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดต้นทุน ซึ่งใช้ในการคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์ (พิมพ์ชนก วรวัฒนนท์, 2554)

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับแต่ละกิจกรรม เป็นการระบุต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกิจกรรมด้านโลจิสติกส์เพื่อนำมาคำนวณต้นทุนของแต่ละกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 4 การกระจายต้นทุนค่าใช้จ่ายเข้าแต่ละกิจกรรม เป็นขั้นตอนการคำนวณต้นทุนกิจกรรมซึ่งคำนวณตามปริมาณการปฏิบัติงานและค่าใช้จ่ายของกิจกรรมตามตัวผลักดันต้นทุน

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของแต่ละกิจกรรม เป็นการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของต้นทุนกิจกรรมทั้งหมด

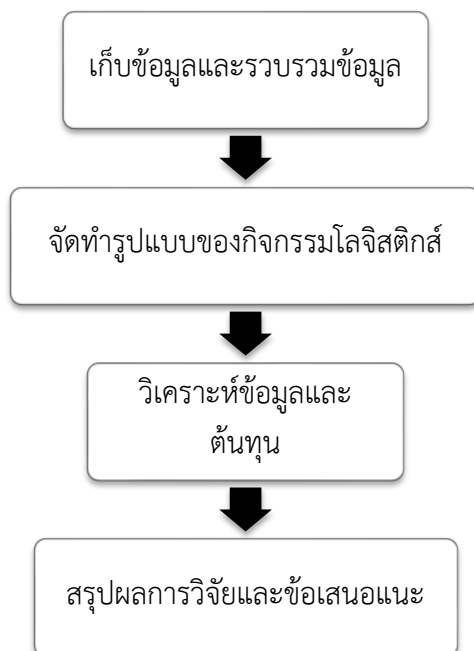
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาต้นทุนที่แท้จริงในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

2.2 เพื่อศึกษากิจกรรมโลจิสติกส์ในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

มีขั้นตอนในการวิจัย 4 ขั้นตอนดังดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

4. ผลการวิจัย

4.1 การเก็บและรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลและรวบรวมข้อมูลเพื่อการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บและรวบรวมข้อมูลโดยดำเนินการด้วยวิธีดังต่อไปนี้

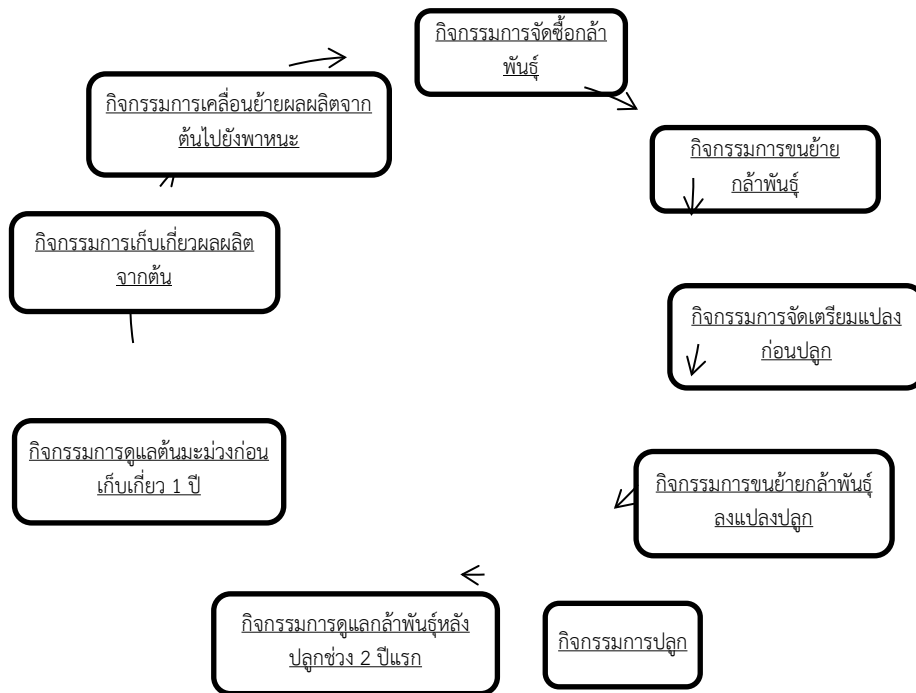
(1) การสัมภาษณ์เชิงลึก ใช้การเลือกผู้สัมภาษณ์เป็นหลัก โดยเลือกสัมภาษณ์ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัย อีกทั้งยังเลือกผู้ที่มีบทบาทสำคัญและมีประสบการณ์ในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นเวลานาน คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เป็นคำถามปลายเปิดและเกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยตรง

(2) การสังเกตการณ์ ใช้การสังเกตร่วมกับผู้ชำนาญการในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และทำการตรวจสอบผลบันทึกการสังเกตการณ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องจากผู้ชำนาญการอีกครั้ง

(3) รวบรวมข้อมูลจากแหล่งอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากหนังสือบทความ และงานวิจัยจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

4.2 การจัดทำรูปแบบของกิจกรรมด้านโลจิสติกส์

รูปแบบของกิจกรรมด้านโลจิสติกส์สามารถแบ่งเป็น 9 กิจกรรมหลักได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กิจกรรมด้านโลจิสติกส์

ซึ่งในแต่ละกิจกรรมหลักจะประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยซึ่งก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายขึ้นโดยกิจกรรมย่อยเหล่านี้จะนำมาคำนวณเพื่อหาต้นทุนที่แท้จริงต่อไปดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 กิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยในการการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

กิจกรรมหลัก		กิจกรรมย่อย	
ประเภทกิจกรรม	กิจกรรม	กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม
A	การจัดซื้อกิ่งพันธุ์	A1	ค่ากิ่งพันธุ์
		A2	ค่าแรงงานคนสั่งซื้อ
B	การขนย้ายกิ่งพันธุ์	B1	ค่าเชื้อเพลิงในการขนย้ายกิ่งพันธุ์
		B2	ค่าแรงงานคนขับรถขนย้ายกิ่งพันธุ์
		B3	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์
C	การจัดเตรียมแปลงก่อนปลูก	C1	ค่าแรงงานคนขุดหลุม
		C2	ค่าดินปลูก
D	การขนย้ายกิ่งพันธุ์ลงแปลงปลูก	D1	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์ลงแปลงปลูก
E	การปลูก	E1	ค่าแรงงานคนปลูก
		E2	ค่าสารรองกันหลุม(ปุราตาน)
F	การดูแลกิ่งพันธุ์หลังปลูกช่วง 2 ปีแรก	F1	ค่าแรงงานดูแลกิ่งพันธุ์ระยะเวลา 2 ปีแรก
		F2	ค่าปุ๋ยคอก 1
		F3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำช่วง 2 ปีแรก
G	การดูแลต้นมะม่วงก่อนเก็บเกี่ยว 1 ปี	G1	ค่าเชื้อเพลิงในการซื้อวัสดุอุปกรณ์
		G2	ค่าแรงงานดูแลต้น 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว
		G3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำ 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว
		G4	ค่าปุ๋ยคอก 2
		G5	ค่าจ้างต้น (ผงกำมะถัน)
		G6	ค่าปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-15-15
		G7	ค่ายาฆ่าแมลงรักษาใบอ่อน
		G8	ค่าสารชีวพราโซล
		G9	ค่าปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 8-24-24
		G10	ค่าปุ๋ยเคมีทางใบสูตร 6-16-36
		G11	ค่าแคลเซียมโบรอน
		G12	ค่าสารจับใบ
		G13	ค่าสารเคมีในการเปิดตาตอก (ตึงตอก)
		G14	ค่าสารเคมีฆ่าศัตรูพืชและสัตว์
		G15	ค่าถุงห่อผล



ตารางที่ 1 (ต่อ)

กิจกรรมหลัก		กิจกรรมย่อย	
ประเภทกิจกรรม	กิจกรรม	กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม
H	การเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้น	H1	ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิต
		H2	ค่าแรงงานในการคัดเกรดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง
		H3	ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต
I	การเคลื่อนย้ายผลผลิตจากต้นไปยังพาหนะ	I1	ค่าแรงงานในการเคลื่อนย้ายผลผลิตไปยังพาหนะขนย้าย

4.3 วิเคราะห์หาตัวหลักต้นทุน (Cost driver)

วิเคราะห์หาตัวหลักต้นทุน (Cost driver) คือปัจจัยที่ก่อให้เกิด การเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมและต้นทุนของกิจกรรม ดังนั้นการระบุตัวหลักต้นทุนจึงพิจารณาจากปัจจัยต่างๆที่กำหนดปริมาณ (Work load) และความพยายาม (Efforts) ที่เกิดขึ้นเพื่อประกอบกิจกรรมนั้นให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ (พิมพ์ชนก วรวิณนธ์, 2554) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงตัวหลักต้นทุนของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม (Activity)		ตัวหลักต้นทุน (Cost Driver)
A1	ค่ากิ่งพันธุ์	จำนวนกิ่งพันธุ์
A2	ค่าแรงงานคนสั่งซื้อ	เวลาในการสั่งซื้อ
B1	ค่าเชื้อเพลิงในการขนย้ายกิ่งพันธุ์	ระยะทาง
B2	ค่าแรงงานคนขับรถขนย้ายกิ่งพันธุ์	เวลาในการขับรถ
B3	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์	จำนวนกิ่งพันธุ์
C1	ค่าแรงงานคนขุดหลุม	เวลาในการขุดหลุม
C2	ค่าดินปลูก	จำนวนหลุมที่ใช้ปลูก
D1	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์ลงแปลงปลูก	จำนวนกิ่งพันธุ์
E1	ค่าแรงงานคนปลูก	จำนวนกิ่งพันธุ์
E2	ค่าสารรองกันหลุม(ปุ๋ยมูลวัว)	จำนวนหลุมที่ใช้ปลูก
F1	ค่าแรงงานดูแลกิ่งพันธุ์ระยะเวลา 2 ปีแรก	ขนาดพื้นที่
F2	ค่าปุ๋ยคอก 1	จำนวนกิ่งพันธุ์
F3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำช่วง 2 ปีแรก	ขนาดพื้นที่



ตารางที่ 2 (ต่อ)

กิจกรรม (Activity)		ตัวผลักดันต้นทุน (Cost Driver)
G1	ค่าเชื้อเพลิงในการซื้อวัสดุอุปกรณ์	ระยะทาง
G2	ค่าแรงงานดูแลต้น 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว	ขนาดพื้นที่
G3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำ 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว	ขนาดพื้นที่
G4	ค่าปุ๋ยคอก 2	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G5	ค่าล้างต้น (ผงกำมะถัน)	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G6	ค่าปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-15-15	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G7	ค่ายาฆ่าแมลงรักษาใบอ่อน	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G8	ค่าสารชีวพราโซล	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G9	ค่าปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 8-24-24	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G10	ค่าปุ๋ยเคมีทางใบสูตร 6-16-36	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G11	ค่าแคลเซียมโบรอน	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G12	ค่าสารจับใบ	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G13	ค่าสารเคมีในการเปิดตาดอก (ตึงดอก)	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G14	ค่าสารเคมีฆ่าศัตรูพืชและสัตว์	ช่วงเวลาในการเติบโตของต้นมะม่วง
G15	ค่าถุงห่อผล	ปริมาณผลมะม่วงทั้งหมด
H1	ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	ปริมาณผลมะม่วงทั้งหมด
H2	ค่าแรงงานในการคัดเกรดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	ปริมาณผลมะม่วงทั้งหมด
H3	ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	ความจำเป็นในการใช้เพื่อเก็บเกี่ยวมะม่วง
I1	ค่าแรงงานในการเคลื่อนย้ายผลผลิตไปยังพาหนะขนย้าย	ปริมาณผลมะม่วงที่ส่งออกได้

4.4 ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) คือต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้นซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการคำนวณไว้ในพื้นที่ 1 ไร่ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 3



ตารางที่ 3 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

กิจกรรม	จำนวนที่ใช้ในกิจกรรม		ต้นทุนต่อหน่วย		จำนวนครั้งที่ใช้กิจกรรม	ต้นทุนคงที่ (บาท)	หมายเหตุ
		หน่วย		หน่วย			
A1	50	ตัน	90	บาท/ตัน		4,500	1 ไร่ ปลุกได้ 50 ตัน (รัชชัย รัตนขเลศ และรุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์, 2552: 16)
A2	0.3	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		11.25	คิดเป็นเวลา 18 นาที
B1	136	กิโลเมตร	2.33	บาท/กิโลเมตร	ขนย้าย 1 ครั้ง และซื้อของก่อนทำการปลูก (C2,E2,F2)	316.88	
B2	1	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		37.50	ขับรถ 1 คน
B3	1	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		37.50	คนงานขนย้าย 1 คน
C1	32	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		1,200	
C2	50	กิโลกรัม	35	บาท/กิโลกรัม		1,750	1 ถุง ราคา 35 บาท น้ำหนัก 1 กิโลกรัม
D1	2	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		75	
E1	16	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		600	
E2	1.5	กิโลกรัม	230	บาท/กิโลกรัม		345	1 ถุง ราคา 115 บาท น้ำหนัก 500 กรัม
F1	384	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		14,400	เดือนละ 2 ครั้ง ครั้งละ 8 ชั่วโมง
F2	50	กิโลกรัม	1.20	บาท/กิโลกรัม	วางโคนต้น 1 ครั้ง	60	1 ถุง ราคา 60 บาท น้ำหนัก 50 กิโลกรัม
F3	432	ชั่วโมง	37.50	บาท/ชั่วโมง		16,200	เดือนละ 9 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง
H3	15	ชิ้น	-	-		4,240	วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว มีดังนี้ -กรรไกรตัดกิ่ง 10 อัน ราคา 99 บาท/อัน -ตะกร้า 10 ใบ ราคา 25 บาท/ใบ -บันได 5 อัน ราคา 600 บาท/อัน
รวมต้นทุนคงที่ทั้งหมด						43,773.13	



4.5 ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)

ต้นทุนแปรผัน (Variable cost) คือ ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้นซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการคำนวณไว้ในพื้นที่ 1 ไโรซึ่งสามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)

กิจกรรม	จำนวนที่ใช้ในกิจกรรม		ต้นทุนต่อหน่วย		จำนวนครั้งที่ใช้กิจกรรม	ต้นทุนคงที่ (บาท)	หมายเหตุ
		หน่วย		หน่วย			
G1	136	กิโลเมตร	2.33	บาท/ กิโลเมตร	ซื้อ 1 ครั้งก่อนออกดอก(G4,G5,G6,G7) ซื้อ 1 ครั้งก่อนดึ่งดอก(G8,G9,G10,G11,G12,G13) ซื้อ 1 ครั้งก่อนเก็บเกี่ยว(G14,H1)	950.64	G1
G2	288	ชั่วโมง	37.50	บาท/ ชั่วโมง		10,800	เดือนละ 3 ครั้ง ครั้งละ 8 ชั่วโมง
G3	216	ชั่วโมง	37.50	บาท/ ชั่วโมง		8,100	เดือนละ 9 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง
G4	100	กิโลกรัม	1.2	บาท/ กิโลกรัม	วางโคนต้น 1 ครั้ง	120	1 ถุง ราคา 60 บาท น้ำหนัก 50 กิโลกรัม
G5	1	กิโลกรัม	120	บาท/ กิโลกรัม	ฉีดพ่น 2 ครั้งก่อนออกดอกและก่อนดึ่งดอก	240	อัตรา 0.5 กิโลกรัม ผสมน้ำ 200 ลิตร
G6	100	กิโลกรัม	12	บาท/ กิโลกรัม	หว่าน 1 ครั้งก่อนออกดอก	1,200	1 ถุง ราคา 600 บาท น้ำหนัก 50 กิโลกรัม
G7	1	ลิตร	150	บาท/ ลิตร	ฉีดพ่น 4 ครั้ง ก่อนออกดอกทุก 5-7 วัน	600	อัตรา 0.5 ลิตร ผสมน้ำ 200 ลิตร
G8	50	กิโลกรัม	110	บาท/ กิโลกรัม	เทราด 1 ครั้งระหว่างออกดอกได้ 30 วัน	5,500	1 ถุง ราคา 110 บาท น้ำหนัก 1 กิโลกรัม อัตรา 1 กิโลกรัม ผสมน้ำ 200 ลิตร
G9	100	กิโลกรัม	12	บาท/ กิโลกรัม	หว่าน 1 ครั้งระหว่างออกดอก	1,200	1 ถุง ราคา 600 บาท น้ำหนัก 50 กิโลกรัม



ตารางที่ 4 (ต่อ)

กิจกรรม	จำนวนที่ใช้ในกิจกรรม		ต้นทุนต่อหน่วย		จำนวนครั้งที่ใช้กิจกรรม	ต้นทุนคงที่ (บาท)	หมายเหตุ
		หน่วย		หน่วย			
G10	50	กิโลกรัม	12	บาท/ กิโลกรัม	ฉีดพ่น 4 ครั้ง ระหว่าง ออกดอกทุก 7-10 วัน ฉีดพ่นอีก 2 ครั้ง หลังการ เก็บเกี่ยวห่างกัน 7-10 วัน	3,600	1 ถัง ราคา 600 บาท น้ำหนัก 50 กิโลกรัม อัตรา 25 กิโลกรัม ผสมน้ำ 200 ลิตร
G11	1	กิโลกรัม	200	บาท/ กิโลกรัม	ฉีดพ่น 4 ครั้ง ระหว่าง ออกดอกทุก 7-10 วัน	800	อัตรา 0.5 กิโลกรัม ผสมน้ำ 200 ลิตร
G12	0.40	ลิตร	380	บาท/ ลิตร	ฉีดพ่น 4 ครั้ง ระหว่าง ออกดอกทุก 7-10 วัน	608	อัตรา 0.2 ลิตร ผสม น้ำ 200 ลิตร
G13	0.40	ลิตร	400	บาท/ ลิตร	ฉีดพ่น 2 ครั้ง ระหว่าง ออกดอกได้ 80 วัน ห่างกัน 7 วัน	320	อัตรา 0.2 ลิตร ผสม น้ำ 200 ลิตร
G14	1	ลิตร	250	บาท/ ลิตร	ฉีดพ่น 3 ครั้ง ระยะ แทงช่อดอก ห่างกัน 3-7 วัน ฉีดพ่นอีก 2 ครั้ง หลัง การเก็บเกี่ยวห่างกัน 7-10 วัน	1,250	งดฉีดพ่นระยะดอก บาน
G15	7,500	ใบ	1.30	บาท/ถุง	150 ผลต่อต้น	9750	อัตราผลผลิตทั้งหมด ≈ 150 ผล/ต้น(วิจัยชัย รัตน์ชเลศและรุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์, 2552: 16)
H1	25	ชั่วโมง	37.50	บาท/ ชั่วโมง	0.20 นาทีต่อลูก	937.50	
H2	25	ชั่วโมง	37.50	บาท/ ชั่วโมง	0.20 นาทีต่อลูก	937.50	
I1	6	ชั่วโมง	37.50	บาท/ ชั่วโมง	0.06 นาทีต่อลูก	225	อัตราผลผลิตที่ส่งออกได้ ≈ 120 ผล/ต้น(วิจัยชัย รัตน์ชเลศและรุ่งทิพย์ อุ ทุมพันธ์, 2552: 16)
รวมต้นทุนแปรผันทั้งหมด						47,138.64	



4.6 วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในแต่ละกิจกรรม

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เพื่อที่จะนำไปเป็นส่วนกิจกรรมการส่งออกตามหลักการในการคำนวณต้นทุนกิจกรรมจะแบ่งค่าใช้จ่ายออกเป็น 5 กลุ่ม แสดงดังตาราง 5 ถึงตารางที่ 9

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากร

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนต่อไร่ (บาท)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	
A2	ค่าแรงงานคนสั่งซื้อ	11.25
B2	ค่าแรงงานคนขับรถขนย้ายกิ่งพันธุ์	37.5
B3	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์	37.5
C1	ค่าแรงงานคนชุดหลุม	1,200
D1	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์ลงแปลงปลูก	75
E1	ค่าแรงงานคนปลูก	600
F1	ค่าแรงงานดูแลกิ่งพันธุ์ระยะเวลา 2 ปีแรก	14,400
G2	ค่าแรงงานดูแลต้น 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว	10,800
H1	ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	937.5
H2	ค่าแรงงานในการคัดเกรดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	937.5
I1	ค่าแรงงานในการเคลื่อนย้ายผลผลิตไปยังพาหนะขนย้าย	225
รวมค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรทั้งหมด		29,261.25

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายด้านพื้นที่และสาธารณูปโภค

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนต่อไร่ (บาท)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	
F3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำช่วง 2 ปีแรก	16,200
G3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำ 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว	8,100
รวมค่าใช้จ่ายด้านพื้นที่และสาธารณูปโภคทั้งหมด		24,300



ตารางที่ 7 ค่าใช้จ่ายด้านเครื่องจักรอุปกรณ์

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนต่อไร่ (บาท)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	
H3	ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	4,240
รวมค่าใช้จ่ายด้านเครื่องจักรอุปกรณ์ทั้งหมด		4,240

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุสิ้นเปลือง

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนต่อไร่ (บาท)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	
G15	ค่าถุงห่อผล	9,750
รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุสิ้นเปลืองทั้งหมด		9,750

ตารางที่ 9 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนต่อไร่ (บาท)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	
A1	ค่ากิ่งพันธุ์	4,500
C2	ค่าดินปลูก	1,750
E2	ค่าสารรองกันหลุม(ปุ๋ยมูลวัว)	345
F2	ค่าปุ๋ยคอก 1	60
G4	ค่าปุ๋ยคอก 2	120
G5	ค่าจ้างตัด (ผงกำมะถัน)	240
G6	ค่าปุ๋ยเคมีทางดิน สูตร 15-15-15	1,200
G7	ค่ายาฆ่าแมลงรักษาใบอ่อน	600
G8	ค่าสารปรับสภาพดิน	5,500
G9	ค่าปุ๋ยเคมีทางดิน สูตร 8-24-24	1,200
G10	ค่าปุ๋ยเคมีทางใบ สูตร 6-16-36	3,600
G11	ค่าแคลเซียมโบรอน	800

ตารางที่ 9 (ต่อ)

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนต่อไร่
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	(บาท)
G12	ค่าสารจับใบ	608
G13	ค่าสารเคมีในการเปิดตาดอก (ดึ่งดอก)	320
G14	ค่าสารเคมีฆ่าศัตรูพืชและสัตว์	1,250
B1	ค่าเชื้อเพลิงในการขนย้ายกิ่งพันธุ์	316.88
G1	ค่าเชื้อเพลิงในการซื้อวัสดุอุปกรณ์	950.64
รวมค่าใช้จ่ายอื่นๆทั้งหมด		23,360.52

4.7 กระจายต้นทุนค่าใช้จ่ายเข้าแต่ละกิจกรรม

ขั้นตอนการคำนวณต้นทุนกิจกรรมซึ่งคำนวณตามปริมาณการปฏิบัติงานจะเป็นโดยจะเป็นการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรม ซึ่งจะต้องระบุสัดส่วนการปฏิบัติงานของแต่ละกิจกรรมไว้ให้ชัดเจนดังแสดงในตาราง 10

ตารางที่ 10 สัดส่วนการปฏิบัติงานของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนกิจกรรม (บาท)	สัดส่วนการปฏิบัติงาน (%)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม		
F3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำช่วง 2 ปีแรก	16,200.00	17.90
F1	ค่าแรงงานดูแลกิ่งพันธุ์ระยะเวลา 2 ปีแรก	14,400.00	15.91
G2	ค่าแรงงานดูแลต้น 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว	10,800.00	11.93
G15	ค่าถุงห่อผล	9,750.00	10.77
G3	ค่าไฟใช้ในการรดน้ำ 1 ปีก่อนเก็บเกี่ยว	8,100.00	8.95
G8	ค่าสารชีวพราโซล	5,500.00	6.08
A2	ค่ากิ่งพันธุ์	4,500.00	4.97
H3	ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	4,240.00	4.68
G10	ค่าปุ๋ยเคมีทางใบ สูตร 6-16-36	3,600.00	3.98



ตารางที่ 10 (ต่อ)

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนกิจกรรม (บาท)	สัดส่วนการปฏิบัติงาน (%)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม		
H1	ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	937.50	1.04
H2	ค่าแรงงานในการคัดเกรดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	937.50	1.04
C2	ค่าดินปลูก	1,750.00	1.93
G14	ค่าสารเคมีฆ่าศัตรูพืชและสัตว์	1,250.00	1.38
C1	ค่าแรงงานคนขุดหลุม	1,200.00	1.33
G6	ค่าปุ๋ยเคมีทางดิน สูตร 15-15-15	1,200.00	1.33
G9	ค่าปุ๋ยเคมีทางดิน สูตร 8-24-24	1,200.00	1.33
G1	ค่าเชื้อเพลิงในการซื้อวัสดุอุปกรณ์	950.64	1.05
G11	ค่าแคลเซียมโบรอน	800.00	0.88
G12	ค่าสารจับใบ	608.00	0.67
E1	ค่าแรงงานคนปลูก	600.00	0.66
G7	ค่ายาฆ่าแมลงรักษาใบอ่อน	600.00	0.66
E2	ค่าสารรองกันหลุม(ฟุราดาน)	345.00	0.38
G13	ค่าสารเคมีในการเปิดตาดอก (ดิงดอก)	320.00	0.35
G5	ค่าล้างต้น (ผงกำมะถัน)	240.00	0.27
I1	ค่าแรงงานในการเคลื่อนย้ายผลผลิตไปยังพาหนะขนย้าย	225.00	0.25
B1	ค่าเชื้อเพลิงในการขนย้ายกิ่งพันธุ์	316.88	0.35
G4	ค่าปุ๋ยคอก 2	120.00	0.13
D1	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์ลงแปลงปลูก	75.00	0.08
F3	ค่าปุ๋ยคอก 1	60.00	0.07
B3	ค่าแรงงานคนขนย้ายกิ่งพันธุ์	37.50	0.04
B2	ค่าแรงงานคนขับรถขนย้ายกิ่งพันธุ์	37.50	0.04

ตารางที่ 10 (ต่อ)

กิจกรรมย่อย		ต้นทุนกิจกรรม (บาท)	สัดส่วนการปฏิบัติงาน (%)
กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม		
A1	ค่าแรงงานคนส่งซื้อ	11.25	0.01
รวมต้นทุนกิจกรรมทั้งหมด		90,911.77	100.00

จากตารางที่ 10 เป็นการแสดงให้เห็นถึงสัดส่วนของกิจกรรม 32 กิจกรรมย่อยที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมที่มีสัดส่วนที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุดคือ กิจกรรม F3 ค่าไฟใช้ในการรดน้ำช่วง 2 ปีแรกซึ่งมีสัดส่วนถึง 17.90 % และรองลงมาคือ กิจกรรม F1 ค่าแรงงานดูแลกิ่งพันธุ์ระยะเวลา 2 ปีแรก ที่มีสัดส่วนถึง 15.91 % และกิจกรรมที่มีสัดส่วนในการทำให้เกิดต้นทุนน้อยที่สุดคือ กิจกรรม A1 ค่าแรงงานคนส่งซื้อ ซึ่งมีสัดส่วนเพียง 0.01%

4.8 คำนวณต้นทุนที่แท้จริงของแต่ละกิจกรรม

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนของแต่ละกิจกรรมแล้วต่อไปจะเป็นการรวบรวมต้นทุนทั้งหมดเพื่อทำการคำนวณหาต้นทุนที่แท้จริงได้ดังนี้

จากการคำนวณพบว่าต้นทุนทั้งหมดของกิจกรรมการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออกในพื้นที่ 1 ไร่ นั้นจะมีต้นทุนทั้งหมดของกิจกรรม 90,911.77 บาท ดังนั้นสามารถคำนวณหาต้นทุนกิจกรรมที่แท้จริงต่อหน่วยต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

(1) ต้นทุนที่แท้จริงต่อกิโลกรัม ถ้าพื้นที่ 1 ไร่สามารถปลูกต้นมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ 50 ต้นและมะม่วง 1 ต้น สามารถให้ผลผลิตทั้งหมดเฉลี่ยต้นละ 150 ลูก เมื่อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 1 ลูกมีค่าน้ำหนักที่สามารถส่งออกได้ตั้งแต่ 0.28 กิโลกรัม ถึง 0.45 กิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 0.37 กิโลกรัม ต้นทุนทั้งหมดของกิจกรรมเท่ากับ 90,911.77 บาท และน้ำหนักทั้งหมดของผลผลิตที่ได้ 2,775 กิโลกรัม ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าต้นทุนที่แท้จริงของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองคือ 32.76 บาทต่อกิโลกรัม

(2) ต้นทุนที่แท้จริงต่อลูก เมื่อพื้นที่ 1 ไร่สามารถให้ผลผลิต 7,500 ลูก และต้นทุนทั้งหมดของกิจกรรมเท่ากับ 90,911.77 บาท ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าต้นทุนที่แท้จริงของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองคือ 12.12 บาทต่อลูก

(3) กำไรสุทธิ การปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออก 1 ครั้งต้นมะม่วงจะมีอายุได้ 15 ปีโดยต้องดูแลต้นก่อนการเก็บเกี่ยว 2 ปี และในปีที่ 3 จะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ดังนั้นจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งหมด 13 ปี ซึ่งในหัวข้อนี้จะเป็นการคิดกำไรของการเก็บเกี่ยวผลผลิตในปีที่ 3 ของการปลูก และเป็นปีที่ 1 ของการเก็บเกี่ยวผลผลิต (รัชชัย รัตน์ชเลศ และรุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์,

2552) พื้นที่ 1 ไร่สามารถปลูกต้นมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ 50 ต้นและมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่สามารถส่งออกได้จริงเฉลี่ยต้นละ 120 ลูกจากทั้งหมดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้จริง 150 ลูกราคาขายเฉลี่ยในการส่งออกประจำปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 60 บาทต่อกิโลกรัมราคาขายเฉลี่ยในการขายในประเทศประจำปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 32 บาทต่อกิโลกรัม (กรมการส่งเสริมการส่งออก, 2558) จากข้อมูลผลผลิตที่ส่งออกได้ 6,000 ลูก และมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 1 ลูกมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่สามารถส่งออกได้ 0.37 กิโลกรัม ดังนั้นยอดขายในการส่งออกเท่ากับ 131,580 บาท และยอดขายในประเทศเท่ากับ 17,544 บาท สรุปยอดขายรวมทั้งหมดเท่ากับ 149,124 บาท มีต้นทุนรวม 90,911.77 บาท ทำให้มีกำไรสุทธิเท่ากับ 58,224 บาท แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ต้นทุนและกำไรสุทธิ (หน่วย : บาท)

ต้นทุนคงที่	ต้นทุนแปรผัน	ต้นทุนรวม	ยอดขาย	กำไรสุทธิ
Fixed Cost	Variable Cost	Total Cost	Sales Volume	Net Profit
43,773.13	47,138.64	90,911.77	149,124.00	58,212.23

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง กรณีศึกษา : ชมรมผู้ปลูกมะม่วงอำเภอเนินมะปราง สามารถแบ่งสัดส่วนของกิจกรรมได้ 9 กิจกรรมหลัก โดยกิจกรรมที่มีสัดส่วนที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุดคือกิจกรรมที่ 7 การดูแลต้นมะม่วงก่อนเก็บเกี่ยว 1 ปี ซึ่งมีสัดส่วนถึง 49.54 % และรองลงมาคือ กิจกรรมที่ 6 การดูแลกิ่งพันธุ์หลังปลูกช่วง 2 ปีแรก ที่มีสัดส่วนถึง 33.73 % และกิจกรรมที่มีสัดส่วนในการทำให้เกิดต้นทุนน้อยที่สุดคือ กิจกรรมที่ 4 การขนย้ายกิ่งพันธุ์ลงแปลงปลูกซึ่งมีสัดส่วนเพียง 0.08 % และต้นทุนที่แท้จริงของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าเท่ากับ 32.76 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 12.12 บาทต่อลูก มีต้นทุนรวม 90,911.77บาท รายได้รวม 149,124 บาท และกำไรสุทธิ 58,212.23 บาท

กิจกรรมที่มีสัดส่วนที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุดคือกิจกรรมที่ 7 การดูแลต้นมะม่วงก่อนเก็บเกี่ยว 1 ปี ซึ่งมีสัดส่วนถึง 49.54 % ซึ่งต้นทุนส่วนใหญ่เกิดจากการใช้สารเคมี ดังนั้นการหากเปลี่ยนมาใช้สารชีวภาพแทนจะสามารถลดต้นทุนทางด้านสารเคมีลงได้ เช่น การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ที่มีการใส่ทั้งทางดินและทางใบ และสารชีวภาพที่สามารถไล่และป้องกันแมลงเพื่อทดแทนสารเคมีที่ใช้ในการฆ่าแมลง เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทางข้อมูลจาก ชมรมผู้ปลูกมะม่วงอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก

7. เอกสารอ้างอิง

- การส่งเสริมการส่งออก, กรม. (2558). ข้อมูลการส่งออกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. ม.ป.ท: ม.ป.พ.
- เจนวิทย์ จันทรา. (2556). การวิเคราะห์ต้นทุนกิจกรรมการขนส่ง กรณีศึกษา โรงงานกล้วยตาก
นิตยา อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ธวัชชัย รัตนขเลศ และรุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. (2552). เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับมะม่วง ฉบับชุมชน 1.
เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พิมพ์ชนก วรพัฒน์นนท์. (2554). แบบจำลองต้นทุนฐานกิจกรรมในธุรกิจกระจายสินค้า. ขอนแก่น:
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วรลักษณ์ คุณทะสิงห์ และศิริโรจน์ ปรีชาไว. (2554). การวิเคราะห์ต้นทุนด้าน การขนส่งสินค้า
กรณีศึกษา กิจการค่าน้ำดื่ม เคแอนด์เค. ม.ป.ท : ม.ป.พ.
- วิชาการเกษตร, กรม. (2557). ข้อมูลทั่วไปของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. ม.ป.ท : ม.ป.พ.
- สุวิดา คล้ายจินดา. (2556). การนำต้นทุนฐานกิจกรรมมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผ้าทอ.
เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เครื่องโม่วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง THE MILLING MACHINE FOR REMAINING CONCRETE FROM CONSTRUCTION INDUSTRY

เอื้อบุญ ที่พึ่ง^{1*} ณัฏพล เอี่ยมหน่อ¹ และศราวุฒิ คาดประครอง¹

Ueaboon Teehung^{1*}, Natchaphon Aiamno¹ and Sarawut kadparkhong¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: ueaboon@gmail.com

วันที่เข้ารับ 2 ตุลาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 4 พฤศจิกายน 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างเครื่องโม่ย่อยวัสดุคอนกรีตที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยใช้เฟืองบดแบบ 3 ซี่ ความกว้าง 25 เซนติเมตรจุดศูนย์กลางเป็น รูปหกเหลี่ยม กว้างอย่างละ 2.5 นิ้ว กับ 2 นิ้วและสี่เหลี่ยม เรียงกันเป็นแถวสลับกันแถวละ 8 ซี่ 2 ด้านรวมเป็น 16 ซี่ ขนาดของมอเตอร์ที่ใช้งานมีกำลังขับ 1/5 แรงม้ากำลังไฟฟ้า 220 โวลต์ (1 เฟส) ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที จากการทดสอบพบว่าเครื่องโม่สามารถย่อยวัสดุที่เหลือใช้จากงานก่อสร้างที่ทำการเลือกมา 3 ชนิด คือ 1. อิฐบล็อก 2. อิฐมอญ และ 3. อิฐตัวหนอน โดยการทดสอบหาประสิทธิภาพนั้นจะทำการบดเศษอิฐที่เหลือใช้จากงานก่อสร้าง ครั้งละ 1 กิโลกรัมทำการทดสอบชนิดละ 5 ครั้ง และนำเศษของวัสดุที่ผ่านการบดมาหาอัตราส่วนมวลรวมรวมโดยนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 8 เพื่อหาอัตราส่วนร้อยละของมวลรวมโดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่า การบดเศษอิฐบล็อกที่ผ่านที่ทำการบดสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 8 วัสดุค้างตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 750.30 g คิดเป็นร้อยละ 75.03 ค้างตะแกรงเบอร์ 8 เท่ากับ 132.20 g คิดเป็นร้อยละ 13.22 และค้างถาดเท่ากับ 125.70 g คิดเป็นร้อยละ 12.57 ใช้เวลาในการบด เท่ากับ 12.30 วินาที คิดเป็นบดได้มวลรวมหายบ ร้อยละ 91.38 และได้มวลรวมละเอียดร้อยละ 8.71 การบดเศษอิฐมอญสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 8 ในภาพรวม วัสดุค้างตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 913.80 g คิดเป็นร้อยละ 91.38, ค้างตะแกรงเบอร์ 8 เท่ากับ 33.30 g คิดเป็นร้อยละ 3.33 และค้างถาดเท่ากับ 53.84 g คิดเป็นร้อยละ 5.384 ใช้เวลาในการบด เท่ากับ 13.32 วินาที คิดเป็นบดได้มวลรวมหายบ ร้อยละ 91.38 และได้มวลรวมละเอียดร้อยละ 8.71 การบดเศษอิฐตัวหนอนสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 8 ในภาพรวม วัสดุค้างตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 727.00g คิดเป็นร้อยละ 72.70 ค้างตะแกรงเบอร์ 8 เท่ากับ 123.30g คิดเป็นร้อยละ 12.33 และค้างถาดเท่ากับ 128.6g คิดเป็นร้อยละ

12.86 ใช้เวลาในการบด เท่ากับ 13.55 วินาที คิดเป็นบดได้มวลรวมหยาบ ร้อยละ 72.70 และได้มวลรวมละเอียดร้อยละ 25.19

คำสำคัญ: เครื่องโม่, วัสดุเหลือใช้, อุตสาหกรรมก่อสร้าง

Abstract

The purpose of this study was to build the milling machine for the leftover concrete from the construction industry by using the 3-tooth grinding gear with 25-cm width. The center of the gear is hexagonal, and its width is 2.5 inches and 2 niches. The shafts are put in alternating rows, 8 teeth each on both sides (16 teeth in total). The motor in use has 1/5 horsepower, 220-volt electrical power (1 phase), speed 1,450 rpm. The results showed that the three selected types of the remaining from the construction: block bricks, mon bricks, and worm bricks, could be milled. To test the efficiency, the remaining bricks, 1 kg each, was milled. Each type was tested five times. The remaining of the milled bricks was used to find the overall mass ratio by sieving it through the No.4 sieve and the No.8 sieve to find the percentage of total mass by weight. The weight of the remaining of the block brick left on the No.4 sieve, the No.8 sieve, and the tray was 750.30 g (75.03%), 132.20 g (13.22%), and 125.70 g (12.57%), respectively. It took 12.30 seconds to mill. The milled remaining was the coarse mass, 91.38%, and the fine mass, 8.71%. The mon bricks could be milled and the remaining could sift through the No.4 sieve and the No.8 sieve. The weight of the remaining of the milled mon bricks on the No.4 sieve, the No.8 sieve, and the tray was 913.80 g (91.38%), 33.30 g (3.33%), and 53.84 g (5.384%), respectively. It took 13.32 seconds to mill. The milled remaining was the coarse mass, 91.38%, and the fine mass, 8.71%. The worm bricks could be milled and the remaining could sift through the No.4 sieve and the No.8 sieve. The remaining of the milled mon bricks on the No.4 sieve, the No.8 sieve, and the tray was 727.00 g (72.70%), 123.30 g (12.33%), and 128.6 g (12.86%), respectively. It took 13.55 seconds to mill. The milled remaining was the coarse mass, 72.70%, and the fine mass, 25.19%.

Keywords: Milling machine, Waste material, Construction industry

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยมีอุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้าง ทั้งการสร้างถนน การสร้างตึก อาคาร บ้านเรือน อุโมงค์คอนกรีต สะพานคอนกรีต ฯลฯ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ให้เกิดผลที่ตามมาคือเศษวัสดุที่เหลือจากก่อสร้าง หรือการทุบทำลาย เช่น อิฐบล็อก อิฐมอญ อิฐตัวหนอน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้างเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างขึ้นมา ซึ่งการทำงานเป็นแบบบดมีลักษณะคล้ายกับการใช้เฟืองบดทำให้เศษอิฐหรือเศษต่างๆแตกออกได้ด้วยพลังงานกล ภายในตัวเครื่องประกอบด้วยเฟืองบด ที่เครื่องบดชนิดนี้มักนิยมใช้กับการโม้อิฐหรือเศษต่างๆที่ไม่มีความแข็งมากปริมาณของที่บดจะได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความกว้างขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเฟืองบด ติดอยู่โดยรอบ และความเร็วของการหมุน ถ้าความเร็วแรงส่งกำลังของมอเตอร์มากจะทำให้เกิดการโม้วที่ละเอียด ซึ่งเครื่องโม้วชนิดนี้ถูกออกแบบให้ใช้ความเร็วให้สอดคล้องกับรอบของมอเตอร์ที่ 1,450 รอบ โดยเมื่อวัสดุที่ถูกโม้วจนได้ขนาดที่ต้องการแล้ว วัสดุเหล่านั้นจะออกจากบริเวณด้านล่างซึ่ง ดังนั้นวัสดุที่ยังไม่ได้ขนาดที่ต้องการก็จะถูกกวาดขึ้นไปอีกครั้ง เพื่อนำไปม่ต่อไป โดยขนาดของวัสดุที่ได้ก็จะขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบหลักด้วยกัน คือ ความเร็วรอบในการหมุนรอบของมอเตอร์ และรูปร่างจำนวนของเฟืองบด ซึ่งถ้าความเร็วรอบในการหมุนที่สม่ำเสมอ จะทำให้อนุภาคที่ได้ของเศษอิฐก็มีมีขนาดที่ละเอียดมากขึ้น

ทางผู้จัดทำโครงการการศึกษาและออกแบบชิ้นงานการประดิษฐ์ทำเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างจึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาของแนวทางการจัดทำเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีขนาดเล็กขึ้นมาเพื่อให้มีประโยชน์สูงสุดต่อการใช้งานอุตสาหกรรมก่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อสร้างเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยเป็นการวิจัยเพื่อการศึกษาและออกแบบเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการวิจัยไว้ทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและออกแบบส่วนประกอบเครื่องโม้วสดคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง

1. การศึกษาชนิดของมอเตอร์อุตสาหกรรม ใช้มอเตอร์กำลังขับ 1/5 แรงม้า กำลังไฟฟ้า 220 โวลต์ (1 เฟส) ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที
2. การศึกษาชนิดของเฟืองบด ใช้แบบสามซี่ ความกว้าง 25 เซนติเมตร จุดศูนย์กลางเป็น รูปหกเหลี่ยม กว้าง อย่างละ 2.5 นิ้ว กับ 2 นิ้ว ใส่เพลาริยงกันเป็นแถว สลับกัน แถวละ 8 อัน สองข้างรวมเป็น 16 อัน
3. การศึกษาระบบส่งกำลังเครื่องไม้วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง
4. วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างที่นำมาใช้ไม้ ผู้วิจัยกำหนดไว้ 3 ชนิด คือ
1. อิฐบล็อก 2. อิฐมอญ 3. อิฐตัวหนอน

ขั้นที่ 2 สร้างเครื่องไม้วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างลักษณะทั่วไปของเครื่องไม้วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง ประกอบด้วย

1. มอเตอร์อุตสาหกรรม ใช้มอเตอร์กำลังขับ 1/5 แรงม้ากำลังไฟฟ้า 220 โวลต์ (1 เฟส) ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที เป็นมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำกำลังไฟฟ้าสูง ทำงานเต็มประสิทธิภาพมีความเร็วรอบสม่ำเสมอ ทนทานมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เหมาะกับการใช้งานในที่นำมาทำตัวต้นกำลังเครื่องไม้
2. เฟืองบดของเครื่องไม้วัสดุ ใช้เป็นแบบ 3 ซี่ ความกว้าง 25 เซนติเมตร จุดศูนย์กลางเป็นรูปหกเหลี่ยมใส่เพลาริยงกันเป็นแถวสลับกัน แถวละ 8 ซี่ สองข้างรวม 16 ซี่
3. เฟืองทดของเครื่องไม้วัสดุใช้เฟืองทด 2 แบบคือ เฟืองเล็ก 40 ฟัน และ เฟืองใหญ่ 56 ฟัน
4. ความสูงของเครื่องไม้วัสดุถึงปากโม้ ความสูง 80 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร
5. ปากโม้เครื่องไม้วัสดุ มีความกว้าง 35 เซนติเมตร ส่วนสูง 20 เซนติเมตร

ขั้นที่ 3 การหาประสิทธิภาพเครื่องไม้วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง

การทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องไม้วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างใช้วัสดุตัวอย่างทดสอบ 3 ชนิด คือ

1. อิฐบล็อก
2. อิฐมอญ
3. อิฐตัวหนอน

เนื่องจากการใช้ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นจำนวนมากและเป็นที่แพร่หลายในงานก่อสร้างในปัจจุบันทำให้มีเศษที่เหลือจากการทุบสิ่งก่อสร้างที่เป็นอิฐบล็อก อิฐมอญ อิฐตัวหนอน ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ให้เกิดผลที่ตามมาคือขยะเศษวัสดุที่เหลือใช้จากการทำสิ่งก่อสร้าง การบดเศษ

อิฐบล็อก อิฐมอญ อิฐตัวหนอน ให้มีขนาดเล็กเพื่อนำกลับมาใช้มาใช้เป็นวัสดุถมปรับระดับพื้นที่ เพื่อลดการใช้ทรัพยากรดินและทราย

การทดลองหาประสิทธิภาพ กำหนดให้น้ำหนักของวัสดุตัวอย่างแต่ละชนิดมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม นำมาทดลองเข้าเครื่องบดทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การบดอิฐบล็อก น้ำหนัก 1 กิโลกรัมและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 และตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8

ครั้งที่	น้ำหนักค้ำตะแกรง (กรัม)			ร้อยละค้ำตะแกรง		
	เบอร์ 4	เบอร์ 8	ถาด	เบอร์ 4	เบอร์ 8	ถาด
1	787.8	108.2	103.2	78.78	10.82	10.32
2	746.3	155.6	156.8	74.63	15.56	15.68
3	745.3	142.9	109.9	74.53	14.29	10.99
4	719.8	136.8	139.2	71.98	13.68	13.92
5	752.4	117.8	119.4	75.24	11.78	11.94
รวมเฉลี่ย	750.3	132.2	125.7	75.03	13.22	12.57

จากตาราง 1 พบว่า อิฐบล็อกหนัก 1 กิโลกรัม ที่ผ่านเครื่องโม่บด มีมวลรวมหยาบค้ำตะแกรงเบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 750.30 กรัม คิดเป็นร้อยละ 75.03 มีมวลรวมละเอียดค้ำตะแกรงเบอร์ 8 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 132.20 กรัม คิดเป็นร้อยละ 13.22 และมีฝุ่นค้ำถาด มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 125.70 กรัม คิดเป็น ร้อยละ 12.57

ตารางที่ 2 การบดอิฐมอญ น้ำหนัก 1 กิโลกรัมและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 และตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8

ครั้งที่	น้ำหนักค้ำตะแกรง (กรัม)			ร้อยละค้ำตะแกรง		
	เบอร์ 4	เบอร์ 8	ถาด	เบอร์ 4	เบอร์ 8	ถาด
1	893.80	32.60	65.40	89.38	3.26	6.54
2	901.20	37.60	63.50	90.12	3.76	6.35
3	937.60	30.40	45.80	93.76	3.04	4.58
4	922.60	32.30	43.20	92.26	3.23	4.32
5	914.10	33.60	51.30	91.41	3.36	5.13
รวมเฉลี่ย	913.80	33.30	53.84	91.38	3.33	5.38

จากตาราง 2 พบว่า อิฐมอญหนัก 1 กิโลกรัม ที่ผ่านเครื่องโม่บด มีมวลรวมหยาบค้ำตะแกรงเบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 913.80 กรัม คิดเป็นร้อยละ 91.38 มีมวลรวมละเอียดค้ำตะแกรงเบอร์ 8 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 33.30 กรัม คิดเป็นร้อยละ 3.33 และมีฝุ่นค้ำถาด มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 53.84 กรัม คิดเป็นร้อยละ 5.38

ตารางที่ 3 การบดอิฐตัวหนอน น้ำหนัก 1 กิโลกรัมและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 และตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8

ครั้งที่	น้ำหนักค้ำตะแกรง (กรัม)			ร้อยละค้ำตะแกรง		
	เบอร์ 4	เบอร์ 8	ถาด	เบอร์ 4	เบอร์ 8	ถาด
1	686.40	121.30	112.60	68.64	12.13	11.26
2	736.80	128.40	133.20	73.68	12.84	13.32
3	728.30	124.20	134.90	72.83	12.42	13.49
4	744.10	119.30	129.90	74.41	11.93	12.99
5	739.40	123.40	132.40	73.94	12.34	13.24
รวมเฉลี่ย	727.00	123.30	128.60	72.70	12.33	12.86

จากตาราง 3 พบว่า อิฐตัวหนอนหนัก 1 กิโลกรัม ที่ผ่านเครื่องโม่บด มีมวลรวมหยาบค้ำตะแกรงเบอร์ 4 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 727.00 กรัม คิดเป็นร้อยละ 72.70 มีมวลรวมละเอียดค้ำตะแกรง

เบอร์ 8 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 123.30 กรัม คิดเป็นร้อยละ 12.33 และมีฝุ่นค้ำถาด มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 128.60 กรัม คิดเป็นร้อยละ 12.86

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า

4.1 ประสิทธิภาพของเครื่องโม่วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง สามารถบดย่อยอิฐบล็อกต่อครั้งได้มวลรวมหยาบ คิดเป็นร้อยละ 75.03, ได้มวลรวมละเอียด คิดเป็นร้อยละ 13.22 และได้ฝุ่นค้ำถาด คิดเป็นร้อยละ 12.57

4.2 ประสิทธิภาพของเครื่องโม่วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง สามารถบดย่อยอิฐมอญต่อครั้งได้มวลรวมหยาบ คิดเป็นร้อยละ 91.38, ได้มวลรวมละเอียด คิดเป็นร้อยละ 3.33 และได้ฝุ่นค้ำถาด คิดเป็นร้อยละ 5.38

4.3 ประสิทธิภาพของเครื่องโม่วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง สามารถบดย่อยอิฐตั้งหอนต่อครั้งได้มวลรวมหยาบ คิดเป็นร้อยละ 72.70, ได้มวลรวมละเอียด คิดเป็นร้อยละ 12.33 และได้ฝุ่นค้ำถาด คิดเป็น ร้อยละ 12.86

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 การสร้างเครื่องโม่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้เครื่องที่ใช้มอเตอร์อุตสาหกรรมกำลัง 1/5 แรงม้า ใช้กำลังไฟฟ้า 220 โวลต์ (1 เฟส) มีความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที มีเฟืองบดใช้เป็นแบบ 3 ซี่ ใช้เฟืองทด 2 ขนาดเพื่อทดกำลัง เฟืองเล็ก 40 ฟัน และ เฟืองใหญ่ 56 ฟัน ขนาดความสูงของเครื่องโม่วัสดุถึงปากโม่ มีความสูง 80 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร ปากเครื่องโม่วัสดุมีความกว้าง 35 เซนติเมตร ส่วนสูง 20 เซนติเมตร สามารถใช้โม่วัสดุคอนกรีตเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้างที่นำมาทดลองได้มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่สามารถใช้เป็นวัสดุถมปรับพื้นที่ได้ตามขนาดของมวลรวม

5.2 การหาประสิทธิภาพเครื่องโม่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมก่อสร้าง เครื่องสามารถโม่วัสดุอิฐบล็อกและวัสดุอิฐตัวหนอน ที่มีขนาดของมวลรวมในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการโม่วัสดุอิฐมอญได้มวลรวมหยาบในปริมาณมาก คิดเป็นร้อยละ 91.38 เนื่องจากอิฐมอญมีเนื้อวัสดุที่แน่นกว่าอิฐบล็อกและอิฐตัวหนอน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทางคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการใช้ห้องทดลองทางวิศวกรรมโยธา และการสนับสนุนเครื่องมือต่างๆในการทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในระหว่างการทำทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- มงคล เดชนครินทร์. (2554). **มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวิทย์ อึ้งภากรณ์. (2522). **การออกแบบเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วินิต ช่อวิเชียร. (2529). **คอนกรีตเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ: วินิต ช่อวิเชียร
- พิภพ สุนทรสมัย. (2526). **ปฏิบัติการและควบคุมงานคอนกรีต**. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.
- พิภพ สุนทรสมัย. (2546). **คู่มือการออกแบบปฏิภาคส่วนผสมคอนกรีต โดยวิธี ACI CODE**. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.



จริยธรรมในการตีพิมพ์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์สูงสุด ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะต้องปฏิบัติตามหลักการและมาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์อย่างเคร่งครัด

บทบาทหน้าที่ของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบบทความที่ส่งมาเพื่อ เข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์กับวารสารทุกบทความ โดยพิจารณาเนื้อหาบทความที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพบทความในกระบวนการประเมินและคุณภาพบทความก่อนการตีพิมพ์
2. บรรณาธิการต้องใช้เหตุผลทางวิชาการในการพิจารณาบทความทุกครั้งโดยปราศจากอคติที่มีต่อบทความและผู้นิพนธ์ในด้านเชื้อชาติ เพศ ศาสนา วัฒนธรรม การเมือง และสังกัดของผู้นิพนธ์
3. บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์หรือผู้ทรงคุณวุฒิไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือนำไปเป็นผลงานทางวิชาการของตนเอง
4. บรรณาธิการต้องไม่แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลประโยชน์ของผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงไม่ปิดกั้นหรือแทรกแซงข้อมูลที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์
5. บรรณาธิการต้องปฏิบัติตามกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ ของวารสารอย่างเคร่งครัด
6. บรรณาธิการต้องรักษามาตรฐานของวารสาร รวมถึงพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพและมีความทันสมัยเสมอ

บทบาทหน้าที่ของผู้นิพนธ์

1. ผลงานของผู้นิพนธ์ต้องเป็นผลงานที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน และไม่อยู่ระหว่างการเสนอ เพื่อพิจารณาเผยแพร่ในวารสารฉบับอื่น
2. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกผลงานของผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมาเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาของบทความของตนเอง
3. ข้อมูลที่นำเสนอในผลงาน ต้องเป็นข้อเท็จจริงที่เกิดจากการศึกษาวิจัย ผู้นิพนธ์ต้องไม่บิดเบือน ปลอมแปลง หรือนำเสนอข้อมูลอันเป็นเท็จ
4. ผู้นิพนธ์พึงกระทำตามขั้นตอนของวารสาร เพื่อเป็นการรับรองคุณภาพของเนื้อหาที่ได้นำมาตีพิมพ์เผยแพร่โดยตระหนักว่าผลงานวิชาการต่าง ๆ ในวารสารมีวัตถุประสงค์และมาตรฐานที่แตกต่างกัน



5. หากผลงานทางวิชาการของผู้นิพนธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ และสัตว์ทดลอง ต้องเป็นผลงานที่ได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรม ปฏิบัติตามกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด และต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และสัตว์ทดลอง
6. ผู้นิพนธ์ต้องเขียนบทความวิชาการหรือบทความวิจัยให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน “คำแนะนำผู้เขียน”
7. ชื่อผู้นิพนธ์ที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในผลงานวิชาการนี้จริง

บทบาทหน้าที่ของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องคำนึงถึงคุณภาพบทความเป็นหลัก พิจารณาบทความภายใต้หลักการและเหตุผลทางวิชาการโดยปราศจากอคติหรือความคิดเห็นส่วนตัว และไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่แสวงหาประโยชน์จากผลงานทางวิชาการที่ตนเองได้ทำการประเมิน
3. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตระหนักว่าตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของผลงานวิชาการที่รับประเมินอย่างแท้จริง
4. หากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่าบทความที่รับประเมิน เป็นบทความที่คัดลอกผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบทันที
5. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องรักษาระยะเวลาประเมินตามกรอบเวลาประเมินที่กำหนด รวมถึงไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับรู้

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม