มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
การประชุมวิชาการ ประจำปี 2565
KUSRC Annual Conference 2022

KASETSART UNIVERSITY
SRIRACHA CAMPUS

The 5th National Conference on The Digital Era

24 สิงหาคม 2565

ผู้ร่วมสนับสนุน

คำนำ

การจัดประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ประจำปี 2565 “The 5th Annual conference on the digital era” ในครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อเป็นเวทีให้นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ในหลากหลายสาขาวิชาได้ประชุมแลกเปลี่ยน ความรู้ ประสบการณ์ และงานวิจัย โดยร่วมนำเสนอบทความวิชาการ ผลงานวิจัย และสิ่งประดิษฐ์ เพื่อเป็นรากฐานของการพัฒนาอย่างยั่งยืน

คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ คณะกรรมการดำเนินงาน ผู้เข้าร่วมประชุม รวมทั้งผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

คณะกรรมการดำเนินงาน

สารจากรองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา



การจัดประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ประจำปี 2565 “The 5th Annual conference on the digital era” ในครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อเป็นเวทีให้นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา ในระดับปริญญาตรี โท และเอก และบุคคลทั่วไป ในหลากหลายสาขาวิชาได้เผยแพร่ผลงานวิจัย เพื่อเป็นการสร้างโอกาสในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และประสบการณ์ใหม่ ๆ ระหว่างนักวิจัยและนักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการฯ และเป็นช่องทางในการนำเสนอผลงานวิจัยให้เป็นที่ประจักษ์ในระดับชาติ รวมถึงเป็นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาต่อยอดทางด้านวิชาการและด้านการวิจัยในอนาคตระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา กับองค์กรและหน่วยงานภายนอกต่าง ๆ

ในนามของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ คณะกรรมการดำเนินงาน รวมทั้งผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลา ทุ่มเทแรงงาน แรงใจ ทำให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณ ผู้นำเสนอผลงานการวิจัย รวมทั้งผู้เข้าประชุมทุกท่าน ซึ่งจะเป็นการพัฒนาองค์ความรู้และต่อยอดทางด้านวิชาการและด้านวิจัยต่อไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.เสรี กุญแจนาค)
รองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา
ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวข้อในการประชุม

1. นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation and Technology)
2. วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Sciences and Applied Sciences)
3. วิทยาศาสตร์การเดินเรือและเทคโนโลยี (Marine Science and Technology)
4. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)
5. เศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ (Economics and Applied Economics)
6. การเงินและบัญชี (Finance and Accounting)
7. การจัดการ (Management)
8. การตลาด (Marketing)
9. ธุรกิจระหว่างประเทศ (International Business)
10. โลจิสติกส์ (Logistics)
11. กิจการให้บริการและการท่องเที่ยว (Hospitality and Tourism)

ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.รัชรินทร์ กุลชาติ
ผศ.ดร.สมบูรณ์ สารพัด
ผศ.พรทิวา วิจิตรโกเมน
อ.ดร.พรพรหม รุ่งเรือง
อ.ดร.ชยพจน์ ลีอนันต์
ดร.พันโทหญิงณิชาภา แพรกน้อย
ผศ.ธนัตถ์ภัทร ถิรธนัชดิลก
ผศ.ดร.จันทร์เพ็ญ ตั้งจิตรเจริญกุล
อ.ดร.ปาริฉัตร เต็งสุวรรณ์
รศ.ดร.ทองใส จำนงการ
ผศ.ดร.ศิรินุช อินละคร
รศ.ดร.ประชุมพร คงเสรี
ผศ.ดร.เชฎฐา ชำนาญหล่อ
ผศ.ดร.ฐิติกร พัตนพิบูล
ผศ.นิตยา โหราเรือง
ผศ.ดร.โชติกา หยกทองวัฒนา
ผศ.ดร.สมภพ จรุงธรรมโชติ
รศ.ดร.ฐิติวรรณ ศรีเจริญ
ผศ.ดร.สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ
ผศ.ดร.ประภาพรรณ เกษราพงศ์
ผศ.ดร.ธิญาดา พิชญาศุภกุล
อ.ดร.ชาตินักรบ แสงสว่าง
รศ.ดร.ณัฐนันท์ ต.เทียนประเสริฐ
ผศ.ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ
ผศ.ดร.สืบสกุล คุรุรัตน์
ผศ.ดร.นัฏฐวิกา จันทร์ศรี
ผศ.ดร.อนุวัฒน์ อรรถไชยวุฒิ
อ.ดร.ณรงค์ฤทธิ์ ว่องไว

ผศ.ดร.กิติยา ทัศนะบรรจง
ผศ.วารุณี ตันติวงศ์วาณิช
ผศ.ดร.ภัสรา พงษ์สุขเวชกุล
ผศ.ปิยะดา โล
ผศ.ดร.ฐิติมา ไชยะกุล
ผศ.ดร.วราภรณ์ ตั้งจิตรเจริญ
อ.ดร.ศิริวรรณ ไชยสูรยกานต์
ผศ.ดร.พรพรหม พรหมเพศ
ผศ.ดร.พัชรา ศรีพระบุ
รศ.ดร.ยอดชาย เตียเปี้น
ผศ.จักรินทร์ กลั่นเงิน
ผศ.ดร.ธเนศ วงศ์หงษ์
ผศ.ดร.นรารัก บุญญานาม
ผศ.ดร.ถิตรัตน์ พิมพาภรณ์
รศ.ดร.สมพล สกุลหลง
ผศ.ดร.วราภรณ์ ตั้งจิตรเจริญ
อ.ดร.จุมพฏ บริราช
ผศ.ดร.นิภา นิรุตติกุล
ผศ.ดร.สุนทรี เหล่าพัดจัน
รศ.ดร.ปัญญา แขน้ำแก้ว
รศ.ดร.ไพโรจน์ ทองประศรี
ผศ.ดร.ศิรวัตร ไทยแท้
ผศ.ดร.รจนา ประไพนพ
ผศ.ดร.จุฑามาศ ทวีไพบูลย์วงษ์
ผศ.ดร.วีระยุทธ พิมพาภรณ์
รศ.ดร.เฉลิมพงษ์ เสนารักษ์
ผศ.ดร.กิตติพงษ์ เยาวาจา
อ.ดร.กรวิทย์ ออกผล

ผศ.ดร.ประวิทย์ ชุมชู
ผศ.ดร.อนุเผ่า อบแพทย์
ผศ.วัชรพัฐ เมตตานันท
รศ.ดร.ทวีศักดิ์ ปิติคุณพงศ์สุข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.ดร.ปิ่นกนก วงศ์ปิ่นเพ็ชร์
รศ.ดร.ณพล อยู่บรรพต
รศ.ดร.กัมปนาท เทียนน้อย
รศ.ดร.สักรินทร์ อยู่ผ่อง
ผศ.ดร.ณัฐนารี สุขเสกสรรค์
ผศ.ดร.สุวรรธนา เทพจิต
ผศ.ดร.ภาตย์ สังข์แก้ว
ผศ.ดร.เกวลิน มะลิ
ผศ.ดร.อรษา ตันติยะวงศ์ษา

สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

ผศ.ดร.ดัชกรณ์ ตันเจริญ
ผศ.ดร.นิเวศ จิระวิชิตชัย
ผศ.ดร.วราภรณ์ กลิ่นบุญ

มหาวิทยาลัยบูรพา

รศ.ดร.ธนวัฒน์ พิมลจินดา
ผศ.ดร.ปารีชา รัตนศิริ
ผศ.ดร.ยรรหาญ ลิลา
ผศ.ดร.กฤษดา ประสพชัยชนะ
ผศ.ดร.ปิยะวัฒน์ ชนินทร์ตระกูล
ผศ.ดร.สุนิสา คำสุข
ผศ.สมเสียง จันทาสี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อ.ดร.ชิษณุพงศ์ ชาติอาสา
ผศ.ดร.สิทธิโชค พวงทองทับ

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผศ.ดร.พิศาล แก้วประภา
ผศ.ดร.สุรภาพ แก้วสวัสดิ์วงศ์
ผศ.ดร.นิติการ นิ่มสุข
ผศ.ดร.กฤษฎา ไชยสาร

มหาวิทยาลัยมหิดล

อ.ดร.ธีรธร ยูงทอง
รศ.ศุภชัย นาทะพันธ์
ดร.รวิพรรณ สุภาวรรณ์
อ.ดร.ดลพร แซ่แต้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

อ.ดร.สมคิด ภูมิโคกรักษ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผศ.ดร.ฐิติพงศ์ จำรัส ผศ.ดร.พรไสว ไพรพิภัช

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผศ.ดร.วริษา วิสิทธิพานิช

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อ.ดร.ณัฏฐพัชร มณีโรจน์ ผศ.ดร.รัฐวุฒิ วงษ์วิทย์

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

รศ.สงกรานต์ กันทวงศ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผศ.ดร.เอกรงค์ สุขจิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ.ดร.วิบุญ แซ่ตั้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ดร.นิสรา แพทย์รังสี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อ.ดร.ชณิชา หมอยาดี

มหาวิทยาลัยพะเยา

ผศ.ดร.ปิยพงษ์ สุวรรณมณีโชติ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

อ.ดร.ณัฐพล ไพศาลวิโรจน์รักษ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผศ.ดร.สมเกียรติ ตันติวงศ์วาณิช ผศ.ดร.สิงหะ ฉวีสุข

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องคการมหาชน)

ดร.วิลาสินี กิ่งก้ำ

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

รศ.ดร.น.อ.เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ

Sebelas Maret University

ผศ.ดร.ฤทธิกร ศิริประเสริฐโชค

ประวัติ Keynote Speaker



ศาสตราจารย์ ดร.เทิดชาย ช่วยบำรุง
ผู้อำนวยการหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
อาจารย์ประจำคณะการจัดการการท่องเที่ยว
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (นิด้า)
โทรศัพท์ 02 727 3671 แฟกซ์ 02 375 4222 มือถือ 081 904 2456
Email: ted-choibamroong@hotmail.com

<u>การศึกษา</u>

- ศิลปศาสตรบัณฑิต (ภาษาอังกฤษ) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- Intensive Korean Language Course (Yonsei University, South Korea)
- Master of Social Science (M.Soc.Sc.) in Tourism Policy and Management (University of Birmingham, United Kingdom)
- Doctor of Philosophy (Ph.D.) in Tourism Planning and Management (University of Queensland, Australia)

<u>ประสบการณ์ทำงาน (โดยย่อ)</u>

- ที่ปรึกษาด้านการควบคุมคุณภาพการวิจัย การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย
- ที่ปรึกษาการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวกรุงเทพมหานคร สำนักงานกรุงเทพมหานคร และสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
- ผู้อำนวยการหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการการท่องเที่ยวแบบบูรณาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- ผู้อำนวยการโครงการการจัดตั้งเครือข่ายความร่วมมือภาคีทางการท่องเที่ยวแห่งประชาคม เศรษฐกิจอาเซียน
- คณะกรรมการวางแผนพัฒนากลยุทธ์การท่องเที่ยวไทย กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา

- กองบรรณาธิการประจำวารสารวิชาการคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
- คณะกรรมการพิจารณาข้อเสนอโครงการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
- กองบรรณาธิการวารสารมนุษยศาสตร์วิชาการคณะมนุษยศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กองบรรณาธิการวารสารเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวสู่ความยั่งยืน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประเมินตำแหน่งทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลงานวิจัย (โดยย่อ)

- โครงการกลยุทธ์การส่งเสริมการพัฒนาทุนมนุษย์ด้านดิจิทัลเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเพื่อรับมือความเปลี่ยนแปลงและการท่องเที่ยววิถีใหม่ในอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC) ภายใต้แผนงานนวัตกรรมเชิงกระบวนการและกลยุทธ์การพัฒนา ทุนมนุษย์และทักษะด้านอาชีพระดับสูงในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เพื่อรองรับการพัฒนาในพื้นที่ ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC) ที่สอดคล้องกับความต้องการของพื้นที่ สนับสนุนโดยสำนักงาน คณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
- โครงการนวัตกรรมเชิงกระบวนการในการพัฒนาทุนมนุษย์คุณภาพสูงในชุมชนการท่องเที่ยวโดยชุมชน (CBT) ในเขตระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC) ของประเทศไทย เพื่อส่งเสริมทักษะอาชีพด้านการท่องเที่ยวแห่งอนาคต ภายใต้แผนงานนวัตกรรมเชิงกระบวนการและกลยุทธ์การพัฒนาทุนมนุษย์และ ทักษะด้านอาชีพระดับสูงในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เพื่อรองรับการพัฒนาในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจ ภาคตะวันออก (EEC) ที่สอดคล้องกับความต้องการของพื้นที่ สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการ ส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
- โครงการนวัตกรรมการจัดการเครือข่ายความรู้อัจฉริยะและระบบ E-Blended Learning เพื่อสร้างการเรียนรู้ตลอดชีวิตและพัฒนาทุนมนุษย์สู่การบริหารจัดการการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนร่วมกันบนฐานความเข้มแข็งทางวิชาการการท่องเที่ยวของไทย สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

ประวัติ Keynote Speaker



คุณบุญเลิศ อรุณพิบูลย์
ตำแหน่ง ผู้อำนวยการฝ่าย
หน่วยงาน ฝ่ายบริการความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (STKS)
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA)
111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 0 2564 7000 ต่อ1209 โทรสาร 0 2564 7060
e-mail boonlert@nstda.or.th

ตำแหน่งอื่นๆ ณ ปัจจุบัน

- ผู้จัดการโครงการระบบสื่อสาระออนไลน์เพื่อการเรียนรู้ทางไกล เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในโอกาสฉลองพระชนมายุ 5 รอบ 2 เมษายน 2558
- คณะทำงานศูนย์การเรียนรู้ทางด้านกฎหมายและกระบวนการทางศาล ศาลฎีกา
- ที่ปรึกษาเครือข่ายห้องสมุดกฎหมาย การเมืองไทย
- กรรมการพัฒนาพิพิธภัณฑ์และหอจดหมายเหตุ สำนักงานศาลยุติธรรม
- กรรมการสำนักงานหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา

การศึกษา

- วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
- Certificate : eLearning Expert จาก The Association for Overseas Technical Scholarship ประเทศญี่ปุ่น
- Certificate : Training of Excellent จาก The Association for Overseas Technical Scholarship ประเทศญี่ปุ่น

เกียรติประวัติ

- รางวัล PULINET Award ประจำปี 2562 ข่ายงานห้องสมุดมหาวิทยาลัยส่วนภูมิภาค (PULINET)
- โล่ประกาศผู้อุทิศตนส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้ตลอดชีวิต ประจำปี 2559 จากสมาคมพัฒนาอาชีพครูแห่งประเทศไทย
- ประกาศนียบัตรผู้มีอุปการคุณต่อวงการห้องสมุด ประจำปี 2557 โดยสมาคมห้องสมุดแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
- ปฏิบัติงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ วังสระปทุม สนับสนุนการพัฒนาพิพิธภัณฑ์สมเด็จพระพันวัสสาอัยยิกาเจ้า และพัฒนาระบบ eMuseum วังสระปทุม
- คณะทำงานหนังสือเก่าพม่า ตามพระราชดำริฯ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ
- คณะทำงานโครงการไอทีตามพระราชดำริฯ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ

กำหนดการนำเสนอผลงาน
การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
The 5th KUSRC Annual Conference on The Digital Era
วันที่ 24 สิงหาคม 2565
ณ อาคารปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรม (อาคาร 23) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

08:00 – 8.30	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน (ห้องประชุม ชั้น 1)			
08.30-09.00	รับชมวิดีทัศน์แนะนำมหาวิทยาลัยและวิดีทัศน์เปิดงาน			
09.00-09.10	กล่าวรายงาน โดยผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม วิทยาเขตศรีราชา (ผศ.ดร.อุเทน สุปัตติ)			
09.10-09.20	กล่าวต้อนรับและเปิดงาน โดยรองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา (ผศ.น.สพ.ดร.เสรี กุญแจนาค)			
09.20-09.50	ปาฐกพิเศษ “การท่องเที่ยววิถีใหม่ในโลกยุคดิจิทัล” โดย ศาสตราจารย์ ดร.เทิดชาย ช่วยบำรุง ผู้อำนวยการหลักสูตรปรัญชาดุษฎีบัณฑิต คณะการจัดการการท่องเที่ยว สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์			
09.50-10.20	ปาฐกพิเศษ “กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการเผยแพร่สารสนเทศในยุคดิจิทัล” โดย คุณบุญเลิศ อรุณพิบูลย์ ผู้อำนวยการฝ่ายบริการความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.)			
10.20-11.00	รับประทานอาหารว่าง/เตรียมตัวสำหรับการนำเสนอ			
SESSION หัวข้อ Chairpersons	SESSION 1 Engineering1 ผศ.ดร.ศิริชัย วัฒนโสภณ	SESSION 2 Logistics ศ.ดร.เทิดชาย ช่วยบำรุง	SESSION 3 Innovation and Technology ผศ.ดร.ทองใส จำนงการ	SESSION 4 Engineering2 รศ.ดร.ไพโรจน์ ทองประศรี
ห้อง	Room 3A (3rd floor)	Room 3B (3rd Floor)	Room 3C (3rd Floor)	Room DAT (3rd Floor)
11.00-11.15	ID034	ID013	ID004	ID045
11.15-11.30	ID027	ID020	ID041	ID011
11.30-11.45	ID017	ID009	ID048	ID022
11.45-12.00	ID031	ID012	ID033	ID021
12.00 -12.15	ID003	-	ID035	ID049
12.00-13.00 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน (ชั้น 3)				
SESSION หัวข้อ Chairpersons	SESSION 5 Engineering3 ผศ.ดร.อนุวัฒน์ อรรถไชยวุฒิ	SESSION 6 Management/Marketing/ Hospitality and Tourism ศ.ดร.เทิดชาย ช่วยบำรุง	SESSION 7 Economics and Applied Economics ผศ.พัฒน์ พัฒนรังสรรค์	SESSION 8 Engineering4 รศ.ดร.ไพโรจน์ ทองประศรี
ห้อง	Room 3A (3rd floor)	Room 3B (3rd Floor)	Room 3C (3rd Floor)	Room DAT (3rd Floor)
13:00 – 13:15	ID037	ID001	ID006	ID008
13:15 – 13:30	ID038	ID002	ID010	ID016
13:30 – 13:45	ID018	ID014	ID015	ID030
13:45 – 14:00	ID024	ID025	ID019	ID029
14:00 – 14:15	ID036	ID032	ID047	ID028
14:15 – 14:30	ID044	-	-	ID050
14:30 – 14:45	ID042	-	-	ID026
SESSION หัวข้อ Chairpersons	SESSION 9 Sciences and Applied Sciences รศ.ดร.สุนทรี ขุนทอง			
ห้อง	Room 3C (3rd Floor)			
14:15 – 14:30	ID039			
14:30 – 14:45	ID043			
14:45 – 15:00	ID046			
15:15 – 15:30	ID007			
15:30 – 15:45	ID023			

สารบัญ

Topic : Innovation and Technology		หน้า
ID004	Customer Segmentation Based on The RFM Analysis Model Using K-means Clustering Technique	1
ID033	การศึกษาผลการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา	12
ID035	Pineapple Size Sorter Using Photoelectric Sensor and Load Cell	20
ID041	Temperature and Humidity Control System for Cultivation of cos Lettuce Controlled by Microcontroller	26
ID048	Automatic notification Parcel pick up box with solar energy	31

Topic : Sciences and Applied Sciences		หน้า
ID007	Development Of Facial Treatment Cream from Star Fruit Leaves Extract as Antioxidant	36
ID023	Mushroom Spawn Utilization on Growth of Holy Basil	42
ID039	Production of Fuel Briquettes from Pineapple Waste of Fruit Processing Industry	49
ID043	Aluminum Influences on Rhizosphere Basic Cation Solubility and Nutrient Accumulation in Cassava	57
ID046	Environmental conservation behavior of Krungsri Auto employees in Krungsri Ploenchit bank office during the Coronavirus 2019	65

Topic : Engineering		หน้า
ID003	A comparative study between the use of precast concrete walls and masonry walls for high-rise buildings within the seismic load	73
ID008	Application of work study to increase productivity in wooden furniture factory	79

Topic : Engineering **หน้า**

ID011	Simulation Of Fire Evacuation Using Computer Modelling Case Study Gypsum Board Product of Chonburi	89
ID016	Optimal Order Quantity policies of raw material procurement for Lamp manufacturing Using Monte Carlo Simulation Technique	93
ID017	The optimum C/N ratio for polyhydroxyalkanoate production by *Thauera mechernichensis* strain TL1	104
ID018	Factors influencing Work-from-Home after COVID-19 pandemic	112
ID021	Brushless DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic Controller	124
ID022	Application of ALOHA Program for the Impact Evaluation of Chlorine Gas Leakage: Case Study Chlorine Gas in a Chlorine Manufacturing Plant	132
ID024	Effectiveness of Shotblasting technique on Reducing Pavement surface	144
ID026	Application of FMECA and FTA for CNC Machine Maintenance Planning	154
ID027	Effect of UV-LED Wavelengths on Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in Water	164
ID028	A Study of Dezincification Corrosion in a Brass Part Manufacturing Process	172
ID029	Defect Reduction in Electronics Part Forming Process by Six Sigma Technique	180
ID030	Increasing Productivity in the Insulation Pipes Production Process by Six Sigma Technique	188
ID031	Development of Light Transmitting Mortar from Photovoltaic Waste Glass	197
ID034	Impact Assessment of Natural Gas Leakage from Pressurize Control and Capacity Meter Station Using ALOHA Model	208
ID036	Strategic Decision of Innovative information Model Adoption in Underground Construction of Electricity System	214

Topic : Engineering **หน้า**

ID037 Driving Behavior Regarding Seat Belt Use, Speeding, and Distracted Driving on Expressway 223

ID038 Influencing Factors for Developing Bus Stops for Smart City 232

ID042 Paratransit Modal Choice for the Elderly Based on Multinomial Logit Model 241

ID044 Developing Augmented Reality (AR) for Deep Excavation 251

ID045 Fire Evacuation Simulation using Pathfinder Program: A Case Study of Electrical Appliance Production Factory Building 259

ID049 Fire Evacuation Analysis of Auto Part Factory Using Pathfinder Program 267

ID050 Optimization of Water Contact Angle in Optical Bonding Process 276

Topic : Economics and Applied Economics **หน้า**

ID006 Electronic Payment Systems on Economics Growth in Thailand 282

ID010 Evaluation Of The Willingness To Pay For Household'S Infectious Waste Management Under Covid-19 Pandemic Situation In Bangkok. 294

ID015 Factors analysis affecting purchase decisions by homemade bakeries around the BTS station 302

ID047 The Impact of Japan Stock Market and Exchange Rate on The Bitcoin Return's Volatility 314

Topic : Management **หน้า**

ID001 Customer Engagement with Service Provider of Somjainuck 2559 Company Limited 323

ID002 A Study of Customer Opinion on Service Quality For Coffee Shop in Bangkok 335

ID025 Health Promotion Network of the Elderly Club in Hua Phai Community Muang District, Singburi Province 343

Topic : Marketing **หน้า**

ID014 The Case Study of Customer Relationship Management in Thailand Enterprises: The Intervention Of COVID-19 Pandemic 352

Topic : Logistics **หน้า**

ID009 The reduction in the number of products was hit back at A case study company in Chonburi. 362

ID012 study on the approach develop efficiency that Logistics management in Eastern: Case study in 2B water 2002 368

ID013 The Forecast Demand of Advance Purchasing Raw Material Order Case Study Auto Parts Manufacturing Company 376

ID020 Forecasting demand and planning the purchase of production tooling Case study of auto parts manufacturing company 386

Topic : Hospitality and Tourism **หน้า**

ID032 The Study of the Big Five Personality Factors of Generation X and Generation Y Influencing Travel Decision Making in the New Normality Life 396

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Innovation and Technology

ID004

Customer Segmentation Based on The RFM Analysis Model Using K-means Clustering Technique

Natsit Kaewsungharn[1*] and Punyaphol Horata[2]
[1]Computer Science, College of Computing at Khon Kaen University, Thailand
[2]Associate Professor, Computer Science, College of Computing at Khon Kaen University, Thailand
E-mail: nkaewsungharn@kkumail.com[1*], punhor1@kku.ac.th[2]

Abstract

The study aims to create a model for categorizing sales data to use as supporting information for designing marketing strategies which focusing on customer-center. These data are currently not utilized to analyze customer groupings based on actual facts where each customer belongs to. Analyzing customer segmentation using Clustering Algorithms, in this study has implemented Extreme Learning Machine (ELM) as a customer segmentation mechanical for calculating the weight of each method according to the Extreme Learning Machine and RFM Model. Analyzing quantitative customer data to identify which customer is the best customer by examining the customers' most recent purchase (Recency), frequency of purchases (Frequency), and their spending (Monetary). The system grouped customers into K groups after analyzing its data using RFM principles. This study used the datasets from 2019 to 2021 with 6,629, 3,130, and 7,372 records in sequential order. All data must be analyzed by CLV to provide results and answers. Moreover, the experts assist in determining the correctness and appropriateness. After that, the data set was analyzed with the prepared model. The results show that in 2019, the accuracy is 96%. In 2020, the accuracy is 92% and in 2021 the accuracy is 97% which is more accurate than in the previous two years.

Keywords: Customer Segmentation, Customer Classification, RFM Analysis, Unsupervised Extreme Learning Machines (US-ELM), K-means Clustering

1. Introduction

Because customer-clustering are currently organized based on basic physical information such as the size of the customer is organization, the number of used machines, the volume of production, the experience of the sales staff, etc. And determining that customers must be in this group neither looking at the actual trade data nor bringing the existing data to analyze. So, this study has seen the problem, and studied the segmentation algorithm by using the principles of machine learning to analyze the group based on the RFM model by comparing the pre-Covid and post-Covid data. Since current economic situation has an impact from coronavirus pandemic as well as various competitors in the market. Focusing on data analysis for customer is clustering is important to reach individual customers.

This study used the data from Enterprise Resource Planning (ERP) system, which will be

analyzed the groups of customers where each customer belongs to by using Clustering Algorithms together with RFM Model. Analyzing quantitative customer data to identify which customer is the best customer by examining the customers most recent purchase (Recency), frequency of purchases (Frequency), and their spending (Monetary). After the system has analyzed customer data using RFM principles [1], [2], [3], then must pass through CLV analysis in order to identify the result and the experts assist to verify the accuracy and appropriateness. Then, the created model is used to analyze this provided set of data [4].

The experimental data consisted of three datasets: 2019, 2020, and 2021, which were cleaned to avoid duplication and wasted data. As a result, the objective of this study is to create a model for clustering sales data in order to support marketing strategic design by using RFM Analysis technique, K-Means algorithm, and Unsupervised Extreme Learning Machines.

2. Objectives of the Study

To create a model for clustering sales data in order to support marketing strategic design which focusing on customer-center.

3. Methods and models

3.1 K-Means

It is one type of machine learning algorithm which is categorized as Unsupervised Learning. Prediction of K-Mean outcome will not show the result as a label because it is an unsupervised learning method which has cost-equation formula as the following [5].

$$J(r,c)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{K} w_{ik} \| x_i-\mu_k \|^2 \qquad (1)$$

Assign $J(r,c)$ as objective function (Objective function) [6] K-Mean algorithm provide a set of data $x=\{x_1,x_2,...,x_n\}$ is the clustering data with n samples.

Assume;

n instead of number of samples

K instead of number of groups

μ_k (Centroid) instead of average of the data which used for clustering or Centroid

w_{ik} instead of member of the group

x_i instead of the data which i come from n sample Assume $w_{ik}\in\{0,1\}$ is the group member k of the sample i if x_i was assigned to the group of k will be 1 and will be 0 for other group which is not a group of k so that [6].

$$w_{ik}=\begin{Bmatrix} 1 & if & k=\arg\min_j \|x_i-\mu_j\|^2 \\ 0 & if & k\neq\arg\min_j \|x_i-\mu_j\|^2 \end{Bmatrix} \qquad (2)$$

which mean that sum of w_{ik} will be 1 or $\sum_{k=1}^{K} w_{ik}=1$ Finding μ_k which the most appropriate that can be identified by giving the sub-derivative of $J(r,c)$ compare with μ_k that has 0 value [6].

$$\begin{aligned} \frac{\partial J(r,c)}{\partial \mu_k} &= 2\sum_{i=1}^{n} w_{ik}(x_i-\mu_k)=0 \\ \sum_{i=1}^{n} w_{ik}\mu_k &= \sum_{i=1}^{n} w_{ik}x_i \\ \mu_k \sum_{i=1}^{n} w_{ik} &= \sum_{i=1}^{n} w_{ik}x_i \\ \mu_k &= \frac{\sum_{i=1}^{n} w_{ik}x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_{ik}} \end{aligned} \qquad (3)$$

which will see that the divisor or $\sum_{i=1}^{n} w_{ik}$ is the number of all samples that have been assigned to group k and μ_k is the average (Mean) of all samples that have been assigned to group k

Algorithms: K-Means Algorithms (K, dataset X)

Assign the group-center default value for group [5]

$k, m_k (k = 1, 2, ..., K)$

While Centroid

For $k = 1 \quad to \quad K$

$s_k \leftarrow 0$

$n_k \leftarrow 0$

End

For $i = 1 : | X |$

For $k = 1 : K$

$d_k \leftarrow dis\tan ce(x_i, m_k)$

End

$\mu_i \leftarrow \arg\min(d_k)$

End

End

Return Set m

3.2 US-Extreme Leaning Machine

It is a velocity algorithm which has working structure as Single-hidden layer Feed forward neural networks (SLFNs) However, ELM is still using the random principle to determine input layer weight and the biased value in the hidden layer. (Local optimal) This give the potential which lead to appropriate value in local optimization presented by Guang-Bin Huang [7], [8].

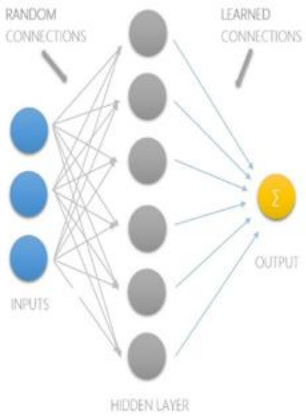


Figure 1 Artificial neural networks, an Extreme Learning Machines.[8]

The procedure for finding the weight of neurons in the hidden layer and output layer by weight value and biased value of output for hiding layer will be random check. For weight value in output layer will be calculated by Moore-Penrose Pseudoinverse which cannot be done by normal inverse matrix equation [8], [9].

Value setting without an instructor, all training record X = $\{x_i\}$ where i = 1 to N will not have a label (N is the number of training patterns) and the goal is to find the infrastructure of the original data of US-ELM in compliance with the formula of SS-ELM when there is no cost-function data SS-ELM then will be reduced to be [8] the architecture of an extreme-model which no have instructor as show in Figure 1

$$\min_{\boldsymbol{\beta} \in \mathbb{R}^{n_h x n_0}} \| \boldsymbol{\beta} \|^2 + \lambda Tr(\boldsymbol{\beta}^T \boldsymbol{H}^T \boldsymbol{L} \boldsymbol{H} \boldsymbol{\beta}) \qquad (4)$$

Equation (4) has a minimum value at $\beta = 0$ by assign X as an input W is the weight between the input-neuron and the hidden neuron which is the weight between hidden neuron and output of equation. US-ELM [8] US-ELM will be assigned by equation (5).

$$\min_{\boldsymbol{\beta} \in \mathbb{R}^{n_h x n_0}} \| \boldsymbol{\beta} \|^2 + \lambda Tr(\boldsymbol{\beta}^T \boldsymbol{H}^T \boldsymbol{L} \boldsymbol{H} \boldsymbol{\beta}) \qquad (5)$$

So $(\boldsymbol{H}\boldsymbol{\beta}^T)\boldsymbol{H}\boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{I}_{n_o}$

The most appropriate solution to solve (5) is assigned by choosing $\boldsymbol{\beta}$ [8] is a matrix which has column as a specific vector. This corresponds to the special characteristic that has no lowest value.

$$(\boldsymbol{I}_{n_h} + \lambda \boldsymbol{H}^T \boldsymbol{L} \boldsymbol{H}) v = y \boldsymbol{H}^T \boldsymbol{H} v \qquad (6)$$

Proven by the ability to rewrite as the following

$$\min_{\boldsymbol{\beta} \in \mathbb{R}^{n_h x n_o}, \boldsymbol{\beta}^T \boldsymbol{B} \boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{I}_{no}} Tr(\boldsymbol{\beta}^T \boldsymbol{A} \boldsymbol{\beta}) \qquad (7)$$

; when $\boldsymbol{A} = \boldsymbol{I}_{n_h} + \lambda \boldsymbol{H}^T \boldsymbol{L} \boldsymbol{H}$ and $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{H}^T \boldsymbol{H}$

Creating an extreme model without an instructor is calculated according to the following steps.

Step 1: Randomize initial bias b, weight W, and connect the input and hidden layers.

Step 2: Calculate the matrix $\boldsymbol{H}$ where

$$\boldsymbol{H} = s(WX + b)$$

Number of rows = number of training samples

Number of columns = Number of hidden neurons

Step 3: Calculate Laplacian matrix of the graph

$$L = D - W$$

where W is the similarity matrix and *D* is the diagonal matrix $D_{ii} = \sum_{j=1}^{l+\mu} w_{i,j}$

Step 4: Calculate $\boldsymbol{H}^T \boldsymbol{L}\boldsymbol{H}$

Step 5: Calculate matrix ***A*** by assigning

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{I}_{n_h} + \lambda \boldsymbol{H}^T \boldsymbol{L}\boldsymbol{H}$$

Step 6: Calculate Eigenvectors of matrix ***A***

Step 7: Select the smallest n_0 Eigenvectors

Step 8: Normalize the eigenvectors

Step 9: Calculate Embedding matrix $E = \boldsymbol{H}\boldsymbol{\beta}$

Step 10: Use K-mean together with Embedding matrix for data clustering

3.3 RFM Model

RFM Model is Framework for Customer Segmentation or customers segmenting which can see from 3 main variable data as the following [5], [10], [11], [12].

3.3.1 Recency based on the most recent arrival which can be separated into 5 points by 5 means the most recently visit and 1 point means had visited long time ago. Why Recency Score or the point has the significant? The sooner the customer visits [10], the easier that we will contact that customer back for greeting because they just had an engagement with us. For example, if you want to send SMS to thank customer who finished purchasing just 10 minutes ago. You will certainly be impressed more than sending after 10 days. As the result of equation (8) [11].

$$R_i = \left(D_n - D_l\right)^{-1} \quad (8)$$

R_i means Recency value of customer at i

D_n means assigned date that set to be current date

D_l means the latest date which the customer purchased

3.3.2 Frequency which can be separated from 1 to 5 points as well, by this value measure from frequency of purchases 5 means the most frequent. For example, coffee shop in the morning and evening or everyday. Massage shop might be measured by weekly or monthly [10]. At the same time, it also looks at the number of purchasing. If frequently come but have not purchased, this will not count because customer who come but do not purchase indicate that they do not trust the brand sufficiently. Marketers must easily figure a strategy to create trust in customers in order for them to spend or utilize the service if they detect this signal in the data which has in an equation (9) [11].

$$F_i = \sum_{i=m}^{n} l_i \quad (9)$$

F_i means Frequency of customer at i

l means number of purchase order

3.3.3 Monetary Monetary score has 1 to 5 points which measure from the spending of each customer, 5 points [12] for the customer who spend more and 1 point for the customer who spend less. This included the customer who do not spend the money but still have an engage such as visiting website, put the products in the bucket but not spend the money or register for news but never convert as a customer. As we can see clearly that The Monetary score is related to the Recency and

Frequency, but at the same time it could be group of special customers who spend a lot of money for each year but never visit the shop or come once a year. This will categorize high point for R and M but low point for F which has a segment as Campion according to the principle [11], [13]. If we know early that which customers are categorized as champions, we will be able to encourage to them for repeat order and return more frequently. This is the marketing by using Data-Driven Marketing. Selecting a limited marketing budget for only customers who are extremely important to the company, which has in an equation (10) [11].

$$M_i = \sum_{i=m}^{n} T_i \qquad (10)$$

M_i means Monetary, sum of total spending

T means spending of the customer

Therefore, each customer will have their own RFM value which this characteristic will be applied to each individual customer but not a characteristic of each purchase order or product.

4. Research methods

This section presents how to applied algorithms using the RFM Model together with Clustering theory.

Working Process of the Model

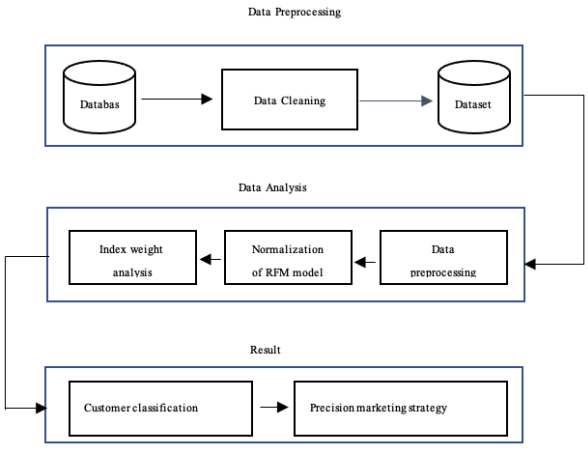


Figure 2 shows Work Process or Conceptual Framework

In this study, trading data from a private company was used from January 1, 2019 to December 31, 2021 (period of 3 years). The analysis is divided annually to compare how much data has changed which the data consists of 8 attributes as shows in Table 1.

Table 1 Attributes of the data

Attribute Name	Description
Invoice No	เลขที่เอกสารอินวอยซ์
Item No	หมายเลขสินค้า
Description	ชื่อสินค้า/รายละเอียดสินค้า
Quantity	จำนวนที่สั่งซื้อ
Posting Date (Invoice Date)	วันที่ทำรายการ
Unit Price	ราคาต่อหน่วย
Customer ID	รหัสลูกค้า
Project Code	หมายเลขโปรเจคของงาน

In this study has sources of data that relevant to customers' need, products or machine spare parts, purchase order, which an important on the Enterprise Resource Management System that gather customers' requests, sales orders which are divided into machine sales orders, spare part sales order and service sales order. Clustering Algorithms is used for dividing sales data into each group [14].

To create a model for clustering sales data that will be used as a supporting data to create customer-center marketing plan which has a research scope.

4.1 Initial analysis method by RFM model

4.2 The segmenting method is K-Means and Unsupervised Extreme Learning Machines (US-ELM)

In order to see the difference in this research, Table 2 shows the number of datasets which use for analyzing and trialing 3-year comparison datasets: 2019, 2021, and 2022 respectively.

Table 2 shows the number of comparison datasets

Dataset	2019	2020	2021
The number of datasets	6,629	3,130	7,372

In this study, all 3 of these data sets were analyzed to determine where each customer should belong in which group by clustering according to data characteristic that analyzed from Customer Lifetime Value. The method of calculation is as following.

Step 1: Find the outcome of R, F, and M values [15]

Step 2: Give points for each consumer [16]

Step 3: Standardize the score calculating by

Standardize = current value / Max value * 100

Step 4: Find the weighted score for each parameter by setting 0.15*R + 0.28*F + 0.57*M

In giving weight-score, all weights-score might be given equally or given according to the appropriateness of business data which in this study has given more weight-score to the value of the customer is purchases.

After analysis, the data will be divided into 3 groups as the following.

If the score 76 – 100 is the group of customers which has high spending (High valued customer)

If the score 50 – 75 is the group of customers which has medium spending (Medium valued customer)

If the score 0 – 50 is the group of customers which has low spending (Low valued customer) [17]

Step 5: Expert interpretation and clustering to ensure that the clustering is accurate before using this resulted-dataset on the model Unsupervised Extreme Learning Machines (US-ELM)

Step 6: Interpret and re-check the result in order to plan further marketing strategy

5. Results of the research

5.1 Results of clustering by RFM model and K-Means

Creating clustering model using RFM technique, then grouping the data by K-Means algorithm which using Elbow Method in finding the number of Clusters the data for each year of RFM analysis, which is analyzed using this method do not need to find a solution before it can be analyzed at all [18].

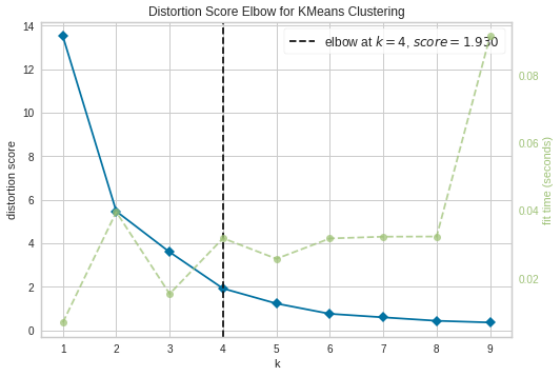


Figure 3 Optimal cluster number in year 2019

From figure 3 shows analyzing of calculating appropriateness of k value by using Elbow Method which it was found from this analysis that the dataset year 2019 has k = 4. Then, the dataset will be analyzed with the value k = 4 by using K-means.

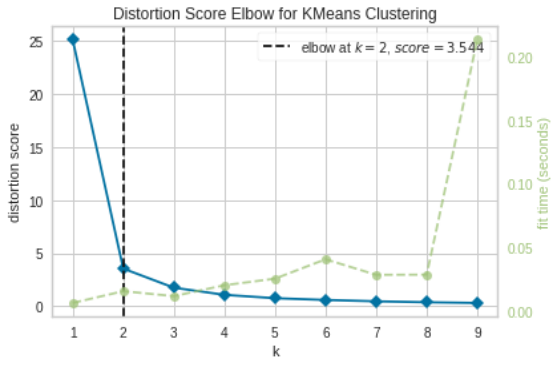


Figure 4 Optimal cluster number in year 2020

From figure 4 shows analyzing of calculating appropriateness of k value by using Elbow Method

which it was found from this analysis that the dataset year 2020 has k = 2. Then, the dataset will be analyzed with the value k = 2 by using K-means.

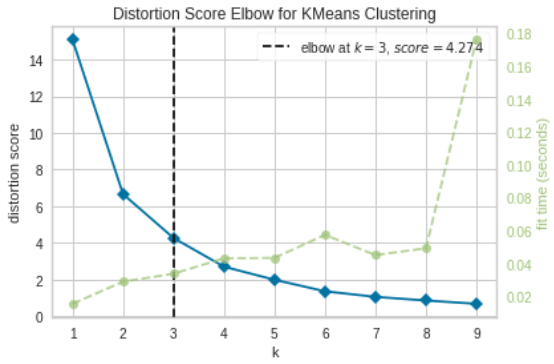


Figure 5 Optimal cluster number in year 2021

From figure 5 shows analyzing of calculating appropriateness of k value by using Elbow Method which it was found from this analysis that the dataset year 2021 has k = 3. Then, the dataset will be analyzed with the value k = 3 by using K-means. From the results of Elbow Method, it can be concluded as the following:

Dataset year 2019, Optimal cluster value k = 4

Dataset year 2020, Optimal cluster value k = 2

Dataset year 2021, Optimal cluster value k = 3

RFM and K-Means analysis give the segmenting is result as shows in Table 3

Table 3 shows sample of the clustering is result using RFM and K-Means

Customer ID	2019	2020	2021
	Clusters	Clusters	Clusters
CUSA001	2	0	-
CUSA002	0	0	0
CUSA004	0	0	0
CUSA005	0	0	0
CUSA006	0	0	0

The result of the clustering model with RFM and K-Means found that each group-dataset has the difference. Seeing from dataset of year 2019, found that the number of data which meet the criteria is quite high. There are 6,629 records which the appropriated value of Elbow Method is k = 4, comparing with year 2020, k = 2 and year 2021, k = 3. Year 2019, the data is more varied than other years. When all groups' earnings are added together, the total income will reach 268,550,551.79 Baht. If categorizing in to each group will be found as the following: 104 people in group 1, 22 people in group 2 and 51 people in group 3 and 1 person in group 4. If comparing 3-years of the number of customers' spending found that having an increased number of customers up to 204 people in year 2021, 181 people in year 2019 and 161 people in year 2020 as shows in Table 4.

Table 4 comparison of income and number of customers

	2019	2020	2021
Income	268,550,551.79	113,194,423.07	324,712,806.32
Number of customers	181	161	204
Number of segmenting	4	2	3

5.2 The result of the clustering model with RFM and Unsupervised Extreme Learning Machines

The result of the clustering model with Unsupervised Extreme Learning Machines by using the data from analytical procedure of customers with RFM technique. Then, clustering the data using Extreme Learning Machines algorithm and K-Means for segmenting used k-value from CLV analysis. Due to customers' data does not have an answer that each customer belongs to which group. In this study, the accuracy has been tested (Clustering

Accuracy) by using Iris Dataset to do the experiment through the model. The result is shown in Figure 9 which has high accuracy at 98% of Iris Dataset.

```
Final Weights
[[-3.35357120e-19 -5.95891212e-02 -4.56904247e-03 ...  1.68763757e-02
  -3.40347316e-02  4.00329135e-02]
 [-3.55091617e-19 -4.78615378e-03 -7.60069989e-04 ... -3.28412370e-03
  -4.22382832e-03 -6.19773110e-02]
 [-3.55091617e-19 -4.78615378e-03 -7.60069989e-04 ... -3.28412370e-03
  -4.22382832e-03 -6.19773110e-02]
 ...
 [-5.02377928e-19  1.78082690e-03  2.71921358e-04 ...  1.30696831e-03
   2.24255795e-04 -8.15813972e-04]
 [-5.02377928e-19  1.78082690e-03  2.71921358e-04 ...  1.30696831e-03
   2.24255795e-04 -8.15813972e-04]
 [-5.02377928e-19  1.78082690e-03  2.71921358e-04 ...  1.30696831e-03
   2.24255795e-04 -8.15813972e-04]]
Running k-means
[50]
[3, 47]
[50]
Clustering Accuracy = 98.0 %
```

Figure 6 show the experiment is results of Iris Dataset

Using data result from the experiment which pass through the analysis procedure and reviewed by an expert, then input the data in the model for segmenting analysis as in figure 7. The result and datasets of year 2019, 2020 and 2021 as shown in Table 5.

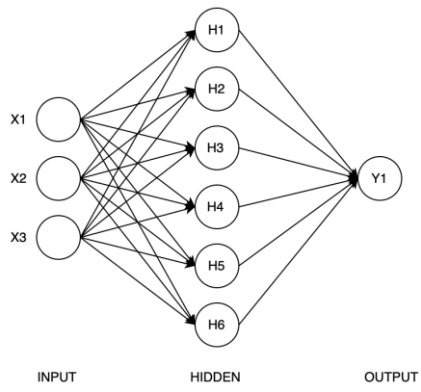


Figure 7 sample pattern of artificial neural networks of customers' segmentation

Artificial neural networks learning of customers' segmentation can be explained as the following.

Part 1 the number of nodes of input layer, 3 nodes instead of data which received from RFM analysis

X_1 instead of R

X_2 instead of F

X_3 instead of M

Part 2 the number of nodes of hidden layers which has 6 nodes

Part 3 the number of nodes of output layer which has 1 node indicate the net weight

Table 5 the model is accuracy of the result prediction

Dataset	Accuracy
2019	96 %
2020	92 %
2021	97 %

The clustering comparison results of RFM technique and Extreme Learning Machines.

The clustering comparison results of RFM and Extreme Learning Machines technique found that RFM and K-Means segmenting techniques is more responsive to the business requirements which can see that it can be separated into sub-group according to the points and penetrate the target audience as much as possible. It reflects a group of customers who purchased a variety of products as well as the similar product categories. Extreme Learning Machines techniques may not be appropriate for some datasets which used in this study but can provide an answer to the problem. Extreme Learning Machines techniques can be used for analyzing and clustering of the data only. However, the data utilized to perform the test is inadequate to allow Extreme Learning Machines to learn in details. The benefit of this research is when the company understands customers' behavior that what kind of the products that each group of customers wants and then can create promotions to attract customers who have not visit the shop for a while in order to make them come back again. Then marketing team can plan for marketing strategy which result to the company to be able to

meet consumers' needs in accordance with the goal.

Conclusion

In this study is to study the customers' segmentation by using RFM technique together with K-Means.

Method 1 Clustering by RFM technique and K-Means algorithm

Using the data from analytical procedure of customers with RFM technique and K-Means algorithm, the result found that clustering by RFM technique and K-Means algorithm have more clarified than using only RFM technique. But, analysis by using RFM technique only is enough in general use.

Method 2 Clustering by Extreme Learning Machines technique together with K-Means algorithm.

Using the data from analytical procedure of customers with Extreme Learning Machines technique together with K-Means algorithm, the result found that clustering by RMF technique and K-Means algorithm have more clarified and more accurate. But this method would be used together with Customer Lifetime Value analysis. This will increase data reliability because the data must be analyzed for a result before using the data, Iris Dataset is as the sample.

Results Discussion

The experiment was performed on Google colab for creating segmentation model with the datasets of year 2019-2021 which has 6,629 records in years 2019, 3,130 records in years 2020 and 7,372 records in years 2021 and consisting of 2 methods as the following.

Method 1 Clustering by using RMF technique consists of:

1. The number of most recent purchase is date (Recency)
2. Frequency of purchases (Frequency)
3. Customers' spending (Monetary)

clustering by using RMF technique will cluster as in Table 4

Method 2 Clustering by using RMF technique and Extreme Learning Machines (ELM)

Method 1, we have group-analyzed by using the appropriate technique, Elbow Method to find appropriated k value for the datasets. Therefore, in this study categorizes customers' segmentation into 3 clusters. The result is as follows, the data was classified into 3 clusters as a result of the three-year Elbow Method, with having a total 178 records in year 2019: Cluster 1 has 132 records, Cluster 2 has 37 records and Cluster 3 has 9 records. Having a total 161 records in year 2020: Cluster 1 has 87 records, Cluster 2 has 61 records, Cluster 3 has 13 records and a total 204 records in year 2021: Cluster 1 has 140 records, Cluster 2 has 42 records, Cluster 3 has 22 records. Method 2, using CLV analysis to identify the result and the experts assist to verify the accuracy and appropriateness. Then, the created model is used to analyze this provided set of data and given the results that in 2019, the accuracy is 96%. In 2020, the accuracy is 92% and in 2021 the accuracy is 97% which is more accurate than the previous two years.

From the analysis results obtained from customer segmentation, either Method 1 or Method 2, the results obtained should be used to formulate a marketing promotion strategy that meets the needs and corresponds to each customer group.

Suggestion

1. Collecting, checking and considering the data in this study is to use for analysis. In this study, row and column which having revised data, empty data and incomplete data were removed. Removing some data and some product category results in missing the data for this analysis but if the data can be analyzed together, it may improve the efficiency of the segmentation.
2. Due to this study choosing K-Means algorithm for clustering, therefore it may have other algorithms which able to use for clustering and may use for comparing the efficiency of segmenting with other algorithms.
3. Clustering by US-Extreme Learning Machines (US-ELM) technique together with K-Means algorithm, indicates the efficiency of the Extreme Learning Machines technique which this technique be able to use for clustering. Only the data in this study experiment has a limit and less data in some year. Also found that the combination of Extreme Learning Machines technique and K-Means algorithms that was analyzed with the no-result datasets, it is quite difficult because we do not know how accurate the data is. However, if we provide an answer for the dataset, then we will know that the accuracy is quite high and reliable.
4. In this study, the marketing strategy has not been yet designed to be appropriate for each customer segmentation.

Acknowledgement

This research was partially supported by the Department of Computer Science, College of Computing, Khon Kaen University, Thailand

Reference

[1] Kashwan R, Velu CM.Customer Segmentation Using Clustering and Data Mining Techniques. International Journal of Computer Theory and Engineering 2013; 5: 856–61.

[2] Anitha P, Patil MM. RFM model for customer purchase behavior using K-Means algorithm. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences 2019;S1319157819309802.

[3] กาญจนา หฤหรรษพงศ์, ปิยมาศ จิตตระ.(2561). การวิเคราะห์แบบ RFM ในการแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานเครื่องพิมพ์และเครื่องถ่ายเอกสารใน องค์กร กรณีศึกษาสำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

[4] Anitha P, Patil MM. RFM model for customer purchase behavior using K-Means algorithm. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences 2019;S1319157819309802.

[5] ดร.ปริญญา สงวนสัตย์. ปัญญาประดิษฐ์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ฉบับภาษา Python [Online]. [cited 2021 Nov 10]

[6] Dabbura I. K-means Clustering: Algorithm, Applications, Evaluation Methods, and Drawbacks [Online]. Medium. 2020 [cited 2021 Nov 10]. https://towardsdatascience.com/k-means-clustering-algorithm-applications-evaluation-methods-and-drawbacks-aa03e644b48a

[7] Senthilnath J, Simha C S, G N, Thapa M, M I. BELMKN: Bayesian Extreme Learning Machines

[8] Huang G, Song S, Gupta J, Wu C. Semi-Supervised and Unsupervised Extreme Learning Machines. IEEE Transactions on Cybernetics 2014; 44: 1–1.

[9] Chen J, Zeng Y, Li Y, Huang G-B. Unsupervised

feature selection based extreme learning machine for clustering. Neurocomputing 2020; 386: 198–207.

[10] Muangtum N. วิธีทำ RFM Model Analysis เพื่อทำ Customer Segmentation จากพฤติกรรมการซื้อ [Online]. การตลาดวันละตอน. 2021 [cited 2021 Nov 10].

[11] เอกปรียา ใบสนิ. (2563). การศึกษาวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยเทคนิคอาร์เอฟเอ็มร่วมกับการวิเคราะห์ข้อความ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[12] RFM Segmentation [Online]. Exponea. [cited 2021 Nov 10] https://docs.exponea.com/docs/rfm-segmentation

[13] Christy AJ, Umamakeswari A, Priyatharsini L, Neyaa A. RFM ranking – An effective approach to customer segmentation. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences [Online] 2018 [cited 2021 Nov 10]

[14] HanumanthSastry S, PrasadaBabu MS. ANALYSIS & PREDICTION OF SALES DATA IN SAP-ERP SYSTEM USING CLUSTERING ALGORITHMS. International Journal of Computational Science and Information Technology 2013; : 15.

[15] Dogan O, Ayçin E, Bulut Z. CUSTOMER SEGMENTATION BY USING RFM MODEL AND CLUSTERING METHODS: A CASE STUDY IN RETAIL INDUSTRY. International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences 2018; 8: 1–19.

[16] Lu C-J, Chang C-C. A Hybrid Sales Forecasting Scheme by Combining Independent Component Analysis with K-Means Clustering and Support Vector Regression. The Scientific World Journal 2014; 2014: 1–8.

[17] Customer Lifetime Value [Online]. Assignment Point. [cited 2021 Nov 10] https://assignmentpoint.com/customer-lifetime-value/

[18] Chaiyadecha S. หาจำนวน Clusters ที่เหมาะสมสำหรับ KMeans clustering ด้วย Elbow method [Online]. Medium. 2020 [cited 2021 Nov 10].

ID033

การศึกษาผลการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา

Manuscript Preparation Guidelines for the KU SRC Annual Conference

ดุษฎี น้อยใจบุญ
หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
E-mail: dd.dud55@gmail.com

Dudsadee Noijaiboon
Supervisory Unit Office of Vocational Education Commission
E-mail: dd.dud55@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1)เพื่อสร้างและพัฒนาชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับ 84.41 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 86.05 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 2)ผลการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา มีดังนี้ (2.1) ครูอาชีวศึกษามีความรู้ความเข้าใจ เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning หลังการใช้ชุดนิเทศฯสูงกว่าก่อนการใช้ชุดนิเทศฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้ชุดนิเทศฯ เท่ากับ 34.44 คะแนน ($\overline{X}$ = 34.44) และมีความรู้ความเข้าใจเรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning หลังการใช้ชุดนิเทศฯ สูงกว่าเกณฑ์ที่มีคะแนนเท่ากับ 32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2.2) ครูอาชีวศึกษามีทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning หลังการใช้ชุดนิเทศอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 3.21) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดระดับดี ($\overline{X}$ =2.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3)เพื่อสอบถามความความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.90) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ พึงพอใจในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำหลัก แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์, การเรียนรู้เชิงรุก

Abstract

The purposes of this research were 1) The efficiency of process (E_1) of the self-study supervision package titled the development and application of e-portfolio in active learning management of vocational teachers constructed by the researcher was 84.41 while the efficiency of product (E_2) of the supervision package was 86.05 which followed the determined criteria at 80/80. 2) The results from the use of self-study supervision package titled the development and application of e-portfolio in active learning management of vocational teachers were as follows. (2.1) The knowledge and understanding of the vocational teachers about the application of e-portfolio in active learning management after the use of the supervision package were higher than those before the use of the supervision package with statistical significance at the level of .01. The mean after using the supervision package was 34.44 ($\overline{X}$ = 34.44). The

knowledge and understanding of the vocational teachers about the application of e-portfolio in active learning management after the use of the supervision package were higher than the criteria with the mean of 32 which was at 80% with statistical significance at the level of .01. (2.2) The skills and ability of the vocational teachers about the application of e-portfolio in active learning management after the use of the supervision package were at the good level ($\overline{X}$ = 3.21) which were higher than the determined criteria of the good level ($\overline{X}$ = 2.51) with statistical significance at the level of .01. 3) The satisfaction of vocational teachers toward the self-study supervision package titled the development and application of e-portfolio in active learning management was at the high level ($\overline{X}$ = 3.90) which was higher than the determined criteria at the high level ($\overline{X}$ = 3.51) with statistical significance at the level of .01.

Keywords: Electronic portfolio , Active Learning

1. บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 26 และ ที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 5 ส่วนที่ 1 การบริหารและการจัดการศึกษาภาครัฐ มาตรา 34 วรรค 2 กำหนดให้สถานศึกษาจัดการประเมินผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน และระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วย การประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 และการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2564 หมวด 3 การประเมินผลการเรียน ข้อ 41 ให้ประเมินผลการเรียนเป็นรายวิชาตามระบบหน่วยกิต ตามสภาพจริงต่อเนื่องตลอดภาคเรียน ทั้งด้านความรู้ ทักษะ ความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ จากกิจกรรมการเรียนการสอน การฝึกปฏิบัติและงานที่มอบหมาย รวมทั้งการวัดผลสัมฤทธิ์ปลายภาคเรียน ซึ่งครอบคลุมจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และเนื้อหาวิชาโดยใช้เครื่องมือและวิธีการหลากหลายตามความเหมาะสม (ราชกิจจานุเบกษา, 2562 : 29)

ชุดฝึกอบรมด้วยตนเองเป็นชุดนวัตกรรมที่ใช้เป็นสื่อหรือเครื่องมือในการพัฒนาสมรรถภาพของครูผู้สอนตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาชุดฝึกอบรม แต่ละตอนประกอบด้วยเนื้อสาระที่เป็นลักษณะแบบบทเรียนสำเร็จรูป มีโครงสร้างรูปแบบและองค์ประกอบในเล่มเหมือนกัน มีลักษณะเด่น คือ ครูผู้สอนหรือผู้สนใจสามารถใช้ศึกษาด้วยตนเองได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว นอกจากนี้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ ด้วยตนเองที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นในครั้งนี้ ยังเหมาะสมสำหรับการพัฒนาบุคลากรในกับการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ที่ประเทศกำลังตกอยู่ในสภาวการณ์ที่มีโรคระบาดที่ร้ายแรง คือไวรัส โคโรนา หรือโควิค 19 ที่เราเรียกกัน อีกทั้งยังจะช่วยให้ครูผู้สอนขยายผลและถ่ายทอดประสบการณ์ที่ได้รับไปสู่ผู้เรียนในการจัดทำแฟ้มสะสมผลงานให้มีคุณภาพ ซึ่งเมื่อผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการจัดทำแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ได้ก็นับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการตรวจสอบคุณภาพ การเรียนรู้ของผู้เรียน และช่วยให้ครูมีวิธีสะท้อนข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนในรูปแบบที่รวดเร็ว เหมาะสม ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง และนำเอาแฟ้มสะสมงานนี้ไปใช้ประโยชน์ในการเรียนต่อหรือสมัครงานในโอกาสข้างหน้าต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1เพื่อสร้างและพัฒนาชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบActive Learning สำหรับครูอาชีวศึกษาให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

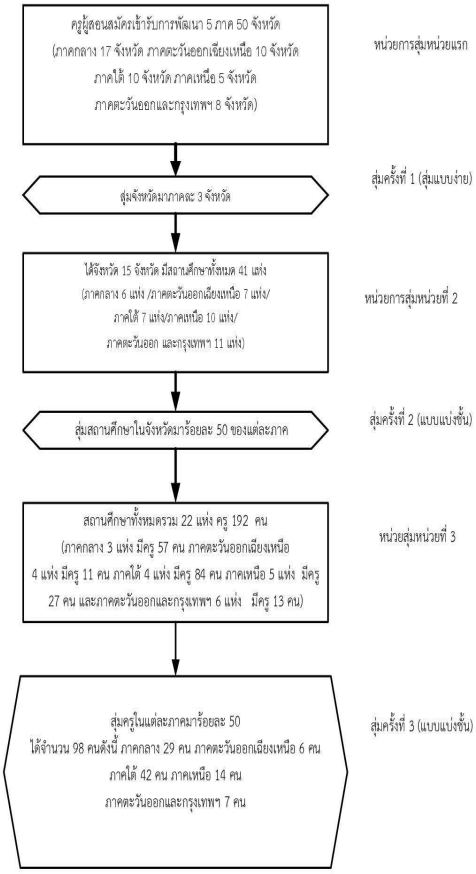
2.2 เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learningสำหรับครูอาชีวศึกษา

2.3 เพื่อสอบถามความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง



3.2 แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 กรณีการเปรียบเทียบคะแนนความรู้ความเข้าใจก่อนกับหลังการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง

O_1 หรือ วัด1	X หรือ ให้	O_2 หรือ วัด 2

เมื่อสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย คือ X แทน การจัดกระทำ (การนิเทศโดยชุดฝึกอบรมด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา) (Treatment)O_1 แทน การทดสอบวัดกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง (pre-test)O_2 แทน การทดสอบวัดกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลอง (post-test) C แทน เกณฑ์การผ่าน/เกณฑ์ที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

O_1 และ O_2 วัดด้วยเครื่องมือตัวเดียวกัน

3.2.2 กรณีคะแนนทักษะความสามารถและความพึงพอใจหลังการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเองกับเกณฑ์ (C)

	X หรือ ให้	O_2 หรือ วัด 2
		μ_0

เมื่อสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย คือ

X แทนการจัดกระทำ (การนิเทศโดยชุดฝึกอบรมด้วยตนเอง เรื่องการพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบActive Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา) (Treatment) O2 แทนการทดสอบวัดกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลอง (post-test)

μ_0แทนคะแนนเกณฑ์การผ่าน/เกณฑ์ที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาและเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยเครื่องมือ2กลุ่ม 3.4 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio)ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learningสำหรับครูอาชีศึกษาตรวจให้คะแนนผลการทดสอบดังนี้ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน สรุปผลตามเกณฑ์ ดังนี้ (หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา , 25562 : 40) (เกณฑ์การผ่าน หมายถึง คะแนนเฉลี่ย 21 คะแนน ระดับ ดี ขึ้นไป)

ข้อมูลที่ได้จากประเมินทักษะความสามารถในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีศึกษาผู้วิจัย ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรมแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป แล้วแปลผลตามเกณฑ์ ดังนี้ (หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา . 2562 : 42) (เกณฑ์การผ่าน หมายถึง คะแนนเฉลี่ย 2.51 คะแนน ระดับ ดี ขึ้นไป)

นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของของครูผู้สอน วิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปแล้วแปลผลตามเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543 : 100) (เกณฑ์การผ่าน หมายถึง คะแนนเฉลี่ย (3.51) ระดับ พึงพอใจมาก ขึ้นไป)

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ เฉพาะตัวถูกโดยใช้เทคนิคร้อยละ 27 (สมนึก ภัททิยธนี, 2544 : 199-201) ซึ่งใช้สูตรดังนี้

ค่าความยากง่าย

สูตร $P = \frac{H+L}{2N}$

เมื่อ P คือ ค่ายากง่ายของแบบข้อสอบ

H คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก

L คือ จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก

N คือ จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

ค่าอำนาจจำแนก

$$\frac{H-L}{N}$$

สูตร r =

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
H คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก
L คือ จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก
N คือ จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR_{20} (บุญชม ศรีสะอาด, 2543 : 85-86)

สูตร $$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ rtt คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
k คือ จำนวนข้อสอบ
p คือ สัดส่วนของคนที่ตอบถูกในข้อหนึ่ง ๆ
q คือ สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ
S2 คือ ความแปรปรวนของคะแนน

วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับข้อสอบ (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2544 : 62)

สูตร $$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับข้อสอบ

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเองตามเกณฑ์การประเมิน โดยคำนวณจาก

สูตร (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2547 : 172)

สูตร $$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A}\times 100$$ และ $$E_2 = \frac{\frac{\sum y}{N}}{B}\times 100$$

เมื่อ

E_1 แทนประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดนิเทศ

E_2 แทนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของชุดนิเทศ

$\sum X$ แทนคะแนนรวมของครูผู้สอนจากการฝึกปฏิบัติภารกิจในบทเรียน

$\sum Y$ แทนคะแนนที่ได้รับรวมของครูผู้สอนจากแบบทดสอบหลังเรียน

N แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

A แทนคะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบระหว่างเรียน

B แทนคะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมิน ตามวิธีของ Cronbach โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (บุญชม ศรีสะอาด, 2543 : 96)

สูตร $$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right)$$

เมื่อ α แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

k แทนจำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum S_i^2$ แทนผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_t^2 แทนความแปรปรวนของคะแนนรวม

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละ กลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามภาค เพศ และตำแหน่ง

กลุ่มตัวอย่าง N = 98		จำนวน	ร้อยละ
ภาค	กทม./ตะวันออก	7	7.14
	กลาง	29	29.59
	เหนือ	14	14.29
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	6	6.12
	ใต้	42	42.86
	รวม	**98**	**100**
เพศ	ชาย	51	52.04
	หญิง	47	47.96
	รวม	**98**	**100**
ตำแหน่ง	ครู คศ.3	12	12.24
	ครู คศ.2	26	26.53
	ครู คศ.1	19	19.39
	พนักงานราชการ	28	28.57
	ครูพิเศษสอน	13	13.27
	รวม	**98**	**100**

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างจากทั้งหมด 98 คน จากภาคใต้ มากที่สุด ร้อยละ 42.86 น้อยที่สุด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 6.12 ส่วนเพศ กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย ร้อยละ 52.04 ส่วนตำแหน่ง พบว่าเป็นพนักงานราชการมากที่สุด ร้อยละ 28.57 รองลงมา คือ ครู คศ.2 ร้อยละ 26.53

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพของชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80

ประสิทธิภาพชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงาน (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning	N	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	
		กระบวนการ (E_1)	ผลลัพธ์ (E_2)
หน่วยที่ 1 การจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning	98	80.36	86.12
หน่วยที่ 2 การประยุกต์ใช้สารสนเทศ (แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio)	98	81.63	87.14
หน่วยที่ 3 การสร้างแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio)	98	86.30	85.24
รวม	98	84.41	86.05

พบว่า ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.41 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 86.05 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา

	n	ความรู้ความเข้าใจ		พัฒนาการ	df	t	p
		$\overline{X}$	S.D.				
ก่อนใช้ชุดนิเทศ	98	16.39	1.94	18.05	97	100.99**	.000
หลังใช้ชุดนิเทศ	98	34.44	1.91				

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01, P<.01

พบว่า คะแนนเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา หลังการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง สูงกว่าก่อนใช้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้ชุดนิเทศสูงกว่าก่อนใช้ เท่ากับ 18.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษาหลังการใช้ชุดนิเทศกับเกณฑ์ ร้อยละ 80

	n	ความรู้ความเข้าใจ		ผลต่าง	df	Z	p
		$\overline{X}$	S.D.				
หลังใช้ชุดนิเทศ	98	34.44	1.91	2.44	97	12.639**	.000
คะแนนเกณฑ์	98	32					

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01, P<.01

พบว่า คะแนนเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษาหลังการชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังการอบรมสูงกว่าเกณฑ์ 244 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา หลังการใช้ชุดนิเทศฯ

ข้อ	รายการประเมินทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ จัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning	ทักษะความสามารถ		ความหมาย
		$\overline{X}$	S.D.	
1	จุดมุ่งหมายสอดคล้องกับบทบาทหน้าที่เน้นการสอน Active Learning	3.45	0.54	ดี
2	องค์ประกอบครอบคลุมภาระงานในหน้าที่ ตัวอย่างผลงาน/กิจกรรมเด่น	3.35	0.56	ดี
3	การเชื่อมต่อเว็บออนไลน์อื่นๆ เพื่อเสนอวิดีโอการสอน/สไลด์/อื่นๆ	3.00	0.54	ดี
4	การใช้สื่อการสอนอื่นๆ ร่วมกับแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์	2.94	0.62	ดี
5	การนำข้อเสนอแนะแฟ้มสะสมงานปรับการสอนแบบ Active Learning	3.41	0.51	ดี
6	การอบรม/พัฒนาตนเองสอดคล้องกับการสอนแบบ Active Learning	3.44	0.54	ดี
7	ผลงาน/ชิ้นงานสะท้อนผลการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning	3.15	0.63	ดี
8	การคัดเลือกชิ้นงานที่มีคุณภาพเน้นการสอนแบบ Active Learning	3.52	0.52	ดี
9	การสื่อสารกับผู้เรียนผ่านแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-portfolio)	3.20	0.43	ดี
10	การจัดทำสื่อการสอนผ่านแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-portfolio)	3.16	0.45	ดี
11	การพัฒนาทักษะการจัดทำ e-portfolio ให้ผู้เรียน ผ่านแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-portfolio)	3.19	0.49	ดี
12	การใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์พัฒนาการเรียนรู้ร่วมกับแหล่งเรียนรู้ออนไลน์อื่นๆ	3.10	0.39	ดี
13	การสอบถามความคิดเห็นผู้เรียนผ่านแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน แบบ Active Learning	3.02	0.38	ดี
14	การใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3.50	0.56	ดี
15	การสร้างเครื่องมือประเมินผลสำหรับผู้เรียนผ่าน Google Form	3.12	0.39	ดี
16	การนำเสนอผลการประเมินไปเป็นข้อมูลการพัฒนาชิ้นงาน/ผลงาน	3.15	0.36	ดี
17	การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงานตนเองผ่านแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์	3.02	0.20	ดี
18	การบันทึก/เสนอ จุดเด่น จุดด้อยของชิ้นงาน/ผลงานใน e-portfolio	3.30	0.48	ดี
19	การเสนอแนะวิธีการพัฒนาชิ้นงาน/ผลงาน ใน e-portfolio	3.16	0.59	ดี
20	การเผยแพร่ผลงานดีเด่นจากแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์	3.06	0.53	ดี
21	องค์ประกอบสำคัญของแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-portfolio)	3.27	0.38	ดี
22	การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-portfolio) ในการสอน	3.21	0.19	ดี
23	การใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ในการวัดและประเมินผล	3.20	0.22	ดี
24	การให้ข้อมูลย้อนกลับในแฟ้มแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์	3.17	0.35	ดี
	รวม	3.21	0.49	ดี

พบว่าครูอาชีวศึกษาหลังการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วตนเอง มีคะแนนเฉลี่ย ทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio)ในการจัดการเรียนการสอนแบบActive Learning โดยรวมระดับดี ($\overline{X}$ = 3.21) และเมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าอยู่ในระดับดีทุกข้อ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือข้อ 8 การคัดเลือกชิ้นงานที่มีคุณภาพเน้นการสอนแบบ Active Learning และการใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 3.52) ส่วนข้อที่ค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อ 4 การใช้สื่อการสอนอื่น ๆ ร่วมกับแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์

($\overline{X}$ = 2.94)

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ของครูอาชีวศึกษา หลังการใช้ชุดนิเทศกับเกณฑ์

	n	ทักษะความสามารถ		ผลต่าง	df	Z	p
		$\overline{X}$	S.D.				
หลังการใช้ชุดนิเทศ	98	3.21	0.49	0.70	97	14.198**	.000
คะแนนเกณฑ์	98	2.51					

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01, P<.01

พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะความสามารถในการการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ของครูอาชีวศึกษา หลังการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังการอบรมสูงกว่าเกณฑ์ 0.70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความพึงพอใจของครูอาชีวศึกษาหลังชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเองเรื่องการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	$\overline{X}$	S.D.	ความหมาย
รูปแบบของชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง			
1. รูปแบบและขนาดตัวอักษรที่ใช้	3.83	0.67	มาก
2. รูปแบบการเขียนเข้าใจง่าย	3.87	0.60	มาก
3. สำนวนภาษาสื่อความหมายต่อความเข้าใจ	4.03	0.39	มาก
4. ปริมาณเนื้อแต่ละชุดฝึกอบรมมีความเหมาะสม	3.96	0.38	มาก
5. รูปเล่มเหมาะสมสะดวกต่อการเรียนรู้	3.85	0.56	มาก
เฉลี่ย	**3.90**	**0.34**	**มาก**
ด้านเนื้อหาชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง			
6. ความเชื่อมโยงของโครงสร้างเนื้อหา	4.00	0.43	มาก
7. เนื้อหาแต่ละหน่วยมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	4.01	0.39	มาก
8. วิธีการนำเสนอเนื้อหา/กิจกรรมน่าสนใจ	3.95	0.39	มาก
9. เนื้อหา/กิจกรรมสอดคล้องกับความต้องการ	3.86	0.45	มาก
10. ระยะเวลาในการศึกษาเนื้อหา	3.89	0.45	มาก
เฉลี่ย	**3.94**	**0.27**	**มาก**
ด้านคุณประโยชน์ที่ได้รับจากชุดฝึกอบรมด้วยตนเอง			
11. สร้างความรู้ความเข้าใจในการจัดทำแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์	4.05	0.36	มาก
12. สร้างความรู้ความเข้าใจในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ ในการจัดการเรียนรู้แบบ Active L earning	3.81	0.49	มาก
13. การนำความรู้ไปใช้ให้เกิดทักษะการจัดทำแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ในการจัดการเรียนรู้แบบ Active L earning	3.80	0.50	มาก
14. เนื้อหา/กิจกรรม สอดคล้องและตรงกับความต้องการจำเป็นของครูผู้สอน	3.85	0.46	มาก
15. การเรียนรู้จากชุดฝึกอบรมส่งผลต่อการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน	3.83	0.54	มาก
เฉลี่ย	**3.86**	**0.31**	**มาก**
เฉลี่ยรวม	**3.90**	**0.26**	**มาก**

พบว่า ครูอาชีวศึกษา มีความพึงพอใจหลังการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning โดยรวมระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.90) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าพึงพอใจระดับมากทุกด้าน โดยด้านที่มีความพึงพอใจสูงสุด คือ ด้านเนื้อหา ($\overline{X}$ = 3.96) ส่วนด้านที่มีความพึงพอใจต่ำสุด คือ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ($\overline{X}$ = 3.86)

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ระดับความพึงพอใจของครูอาชีวศึกษาหลังการอบรมด้วยชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเองและการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning กับเกณฑ์ระดับพึงพอใจมาก (3.51)

ความพึงพอใจ (รายด้าน)	n	ระดับความพึงพอใจ		ผลต่าง	df	t	p
		$\overline{X}$	S.D.				
		Value = 3.51					
ด้านรูปแบบ	98	3.90	0.34	0.39	97	11.70**	0.00
ด้านเนื้อหา	98	3.94	0.27	0.43	97	15.38**	0.00
ด้านคุณประโยชน์ที่ได้รับฯ	98	3.86	0.31	0.36	97	11.33**	0.00
ความพึงพอใจภาพรวม	**98**	**3.90**	**0.26**	**0.39**	**97**	**15.07****	**0.00**

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01, P<.01

พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของครูหลังการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเองและการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สูงกว่าเกณฑ์ระดับมาก (3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01ทุกรายการละโดยภาพรวม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

5. สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับ 84.41 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 86.05 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 ที่กำหนดไว้

5.2.2 ผลการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา มีดังนี้

1) ครูอาชีวศึกษามีความรู้ความเข้าใจ เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning หลังการใช้ชุดนิเทศฯสูงกว่าก่อนการใช้ชุดนิเทศฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้ ชุดนิเทศฯ เท่ากับ 34.44 คะแนน และมีความรู้ความเข้าใจเรื่อง

การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning หลังการใช้ชุดนิเทศฯ สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2) ครูอาชีวศึกษามีทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning หลังการใช้ชุดนิเทศอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 3.21) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ระดับดี 2.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.2.3 ครูอาชีวศึกษามีความพึงพอใจต่อชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.90) ซึ่งค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ความพึงพอใจในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.3 อภิปรายผล

5.3.1 ผลการสร้างและพัฒนาชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา ที่มีประสิทธิภาพของกระบวนการ เท่ากับ 84.41 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์เท่ากับ 86.05 ซึ่งเป็นไปสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด ที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ผ่านกระบวนการหาคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ และทดสอบประสิทธิภาพตามหลักการทุกขั้นตอน จึงทำครูผู้สอนที่ใช้ชุดนิเทศนี้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อ ดำเนินการปฏิบัติจึงเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง สอดคล้องกับแนวคิดและหลักการสำคัญของการเรียนรู้แบบ Active Learning ที่ว่าเป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และยังสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการนิเทศ ของวัชรา เล่าเรียนดี (2552 : 6) ได้สรุปเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของการนิเทศการศึกษาว่า การนิเทศการศึกษาเพื่อช่วยเหลือสนับสนุนส่งเสริมให้ครูสามารถพัฒนางานในวิชาชีพของตนได้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลส่งผล ถึงผู้เรียนและคุณภาพการศึกษาโดยภาพรวมในที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของสุวณี ไชยศักดิ์ (2558 : ออนไลน์)

5.3.2 ผลการใช้ชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning สำหรับครูอาชีวศึกษา มีดังนี้ 1) ผลการหาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการปฏิบัตินวัตกรรมการนิเทศการศึกษาเป็นราย 4 ชุดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 90.11/88.48, 89.03/84.56, 86.05/85.60 และ 88.93/84.84 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ 2) ผลการนำนวัตกรรม การนิเทศการศึกษา ไปใช้ ค่าดัชนีประสิทธิผลของการพัฒนาครูโดยรวมหลังการเรียนรู้ครูมีความรู้สูงขึ้นกว่าก่อนการเรียนรู้เท่ากับ 0.7946 แสดงว่าครูมีความรู้เพิ่มขึ้นก่อนการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 79.46 3) ความพึงพอใจของครูต่อกระบวนการปฏิบัตินวัตกรรมการนิเทศการศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48

2) จากผลการวิจัยที่พบว่า ครูอาชีวศึกษามีทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning หลังการอบรมอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 3.21, S.D.=0.49) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ระดับดี 2.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) จากผลการวิจัยที่พบว่า ครูอาชีวศึกษามีความพึงพอใจต่อชุดนิเทศแบบเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์ใช้แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.90) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดระดับพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.4 ข้อเสนอแนะ

1) ควรทำการวิจัยเพื่อพัฒนาครูอาชีวศึกษาในสมรรถนะอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้วยเทคนิคการนิเทศแนวทางอื่น

2) ควรทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของครูอาชีวศึกษา
โดยรูปแบบวิธีวิจัยที่ต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ผ่องพรรณ จรัสจินดารัตน์ หัวหน้าหน่วยศึกษานิเทศก์ ท่านวัลลภา อยู่ทอง อดีตหัวหน้าหน่วยศึกษานิเทศก์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ดร.ประไพพิศ เกษพานิช ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ ดร.ประพนธ์ จุนทวิเทศ ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ หน่วยศึกษานิเทศก์ ขอขอบคุณ ศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ครูสุรีรัตน์ ทักษะวสุ วิทยาลัยสารพัดช่างเชียงใหม่ ดร.สุวัฒน์ นิยมไทย วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย ครูวสุภัทร กุลเมือง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทร

ดร.สุพจน์ ทองเหลือง ผู้อำนวยการวิทยาลัย

อาชีวศึกษาฉะเชิงเทรา

เอกสารอ้างอิง

[1] ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2547). คอมพิวเตอร์กับการศึกษา. เอกสารประกอบประกอบการศึกษารายวิชา 0503860 2547 มหาสารคาม : ภาควิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[2] บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ : สุรีวิริยาสาส์น.

_____. (2543). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

_____. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

[3] ราชกิจจานุเบกษา. (2562). เกณฑ์มาตรฐานคุณวุฒิอาชีวศึกษาระดับปริญญาตรีสายเทคโนโลยีหรือสายปฏิบัติการ. สืบค้นจากhttp://www.ratchakitcha.soc.go.th/.

[4] วัชรา เล่าเรียนดี. (2552). นิเทศการสอน. (พิมพ์ครั้งที่ 4). นครปฐม : ภาควิชาหลักสูตรและวิธีการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.

_____. (2553). การนิเทศการสอน สาขาหลักสูตรและการนิเทศ. นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[5] สุวณี ไชยศักดิ์. (2558). รายงานการใช้ชุดนิเทศครูเพศศึกษาในการจัดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ (Experiential Learning Cycle) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสตูล. สตูล : สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสตูล.

[6] สมนึก นนธิจันทร์. (2545). การเรียนการสอน การวัดและประเมินผลจากสภาพจริงของผู้เรียนโดยใช้ Portfolio. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

[7] สมนึก ภัททิยธนี. (2544). การวัดผลการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

_____. (2549). การวัดผลการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

[8] หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). หลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการจัดการอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี.

ID035

เครื่องคัดแยกขนาดสับปะรดโดยประยุกต์ใช้โฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์

Pineapple Size Sorter Using Photoelectric Sensor and Load Cell

ศิริเรือง พัฒน์ช่วย[1*] , อาทิตย์ อยู่เย็น[2] และพรประสิทธิ์ บุญทอง[3]
[1,2,3]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
[*]E-mail: siriruang.pha@rmutr.ac.th

Siriruang Phatchauay[1*] , Arthit Yooyen[2] and Pornprasit Boontong[3]
[1,2,3]Major of Computer Engineering Technology, Faculty of Industry and Technology,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin
[*]E-mail: siriruang.pha@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกขนาดสับปะรดโดยประยุกต์ใช้โฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์ ซึ่งการทำงานจะเชื่อมต่อโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์ และเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับระบบสมองกลฝังตัวผ่านบอร์ด Arduino Uno อีกทั้งเชื่อมต่อโหลดเซลล์ จอแสดงผลกราฟิกโนเกีย (NOKIA 5110) และสวิตเข้ากับบอร์ด Arduino Mega 2560 โดยใช้โมดูล Data Logger shield ในการบันทึกข้อมูลลง SD card โดยเครื่องสามารถคัดแยกขนาดสับปะรดได้ 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ผลการศึกษาพบว่าเครื่องแยกขนาดสับปะรดโดยใช้โฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์ มีความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 83.33
คำหลัก เครื่องคัดแยกขนาดสับปะรด โฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์ โหลดเซลล์

Abstract

The purposes of this research were to design and develop a pineapple size separator using photoelectric sensors and load cells. Which works to connect the photoelectric sensor and servo motor to the embedded system via Arduino Uno board and connect the load cell Nokia graphic display (NOKIA 5110) and switch to Arduino Mega 2560 board using Data Logger shield module to save data to SD card. The machine can sort pineapple sizes in 3 sizes. These were small, medium and large sizes. The results showed that the pineapple size separator using a photoelectric sensor and load cell. There was an overall accuracy of 83.3%.
Keywords: Pineapple Size Sorter, Photoelectric Sensor , Load Cell

1. บทนำ

ด้วยบริบทของพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อยู่ในบริเวณของการทำเกษตรกรรมเกี่ยวกับการปลูกสับปะรด ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องแยกขนาดสับปะรดเพื่อช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนในการซื้อเครื่องมือที่จะนำมาช่วยในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตก่อนนำไปขาย อีกทั้งยังนำไปสู่การบริการวิชาการด้านการถ่ายทอดความรู้ทางด้านเทคโนโลยีให้กับชุมชน และการทำให้เกษตรกรมีความยั่งยืนในการประกอบอาชีพระยะยาว

เนื่องจากเมื่อถึงระยะการเก็บเกี่ยวสับปะรด เกษตรกรบางกลุ่มจะนำไปส่งโรงงานโดยตรง และบางกลุ่มจะต้องนำไปขายให้พ่อค้าคนกลาง และขายให้ตามแผงรับซื้อทั่วไป ซึ่งราคาของสับปะรดจะแตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วผลผลิตที่ได้ในการปลูกแต่ละครั้งก็จะมีขนาดที่แตกต่างกัน ถ้าผลใหญ่ราคาก็จะสูง และผลเล็กก็จะถูกตีเป็นเกรดต่ำ และผลเสียที่เกษตรกรได้รับคือ ก่อนนำไปขายให้กับแหล่งรับซื้อต่างๆ จะไม่ได้ทำการคัดขนาดจะขายในราคาคละขนาด เนื่องจากไม่มีเครื่องคัดสับปะรด ทำให้ราคาที่ได้จะอยู่ในช่วงเดียว แต่ถ้ามีเครื่องมาช่วยคัดจะทำให้เกษตรกรสามารถนำผลไปขายได้ถึงช่วง 2 คือ เกรด A และ คละไซต์รวม และเมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลพบว่าการพัฒนาเครื่องคัดแยกสำหรับนำไปใช้ในงานด้านการเกษตรนั้น สามารถที่จะประยุกต์ได้หลายแบบ อาทิเช่น เครื่องคัดแยกพริก ทุเรียน แตงโม อีกทั้งการพัฒนาในรูปแบบที่เกษตรกรยอมรับได้ ค่าใช้จ่ายในการทำเครื่องคัดแยกจะต้องราคาไม่สูงและเกษตรกรเล็งเห็นถึงประโยชน์และกล้าลงทุนรวมถึงสามารถต่อยอดให้เกิดจุดคุ้มทุนมากสุด

จากปัจจัยที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกสับปะรดเพื่อนำไปให้เกษตรกรได้ใช้ประโยชน์โดยนำหลักการทางด้านวิศวกรรมทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยโดยการประยุกต์ใช้โฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์ โดยผู้วิจัยได้แนวคิดจาก [1] ซึ่งได้นำโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์มาประกอบเครื่องสำหรับใช้ในการเคลื่อนย้ายต้นไม้ที่ปลูกในกระถางในรูปแบบของต้นกล้าและใช้ PLC สำหรับการควบคุม อีกทั้งยังได้แนวคิดในการให้สับปะรดไหลลงถาดในส่วนการทำงานของโหลดเซลล์ เพื่อชั่งน้ำหนักสับปะรด จากแนวคิดของ[2] ที่พัฒนาเครื่องคัดแยกเกรดแตงโมอัตโนมัติโดยใช้การตรวจวัดน้ำหนัก ซึ่งเป็นการนำโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์มาใช้ในส่วนรับสัญญาณจากโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์ ตัวที่ 2 ไปสั่งให้ฝาปิดถาดรับแตงโมเปิดออก เพื่อให้แตงโมไหลลงถาดรับที่ตั้งค่าไว้ตั้งแต่เริ่มต้น นอกจากนี้ในงานยังมีการใช้ระบบสมองกลฝังตัวบอร์ด Arduino Uno โดยได้ศึกษาลักษณะการเชื่อมต่อการทำงานจาก[3] ในการพัฒนาเครื่องฟักไข่สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ไก่โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล และแนวคิดโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์สำหรับการทำงานของอุปกรณ์การสอนการคัดแยกขยะจากงานวิจัยของ [4] อีกทั้ง [5] ได้นำบอร์ด Arduino Uno ไปใช้ในสำหรับการแจ้งเตือนเมื่อขยะเต็มถังเพื่อให้เจ้าหน้าที่ดำเนินการเก็บขยะได้ทันเวลา อีกทั้งรักษาความสะอาดของสถานที่ด้วย นอกจากนี้แล้วการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยอีกอย่างก็คือ Arduino Mega 2560 ซึ่งใน[6] ได้อธิบายหลักการทำงาน Arduino Mega 2560 ไว้ในส่วนของทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย และใน [7] ได้พัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยนำไมโครคอนโทรลเลอร์(Arduino MEGA 2560) มาใช้ในการควบคุมการทำงานโดยใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้ทำงานเพื่อทำการปล่อยลูกมะนาวลงสู่ส่วนคัดแยก อีกทั้งชุดนับจำนวนลูกมะนาวหรือชุดชั่งน้ำหนักลูกมะนาวเพื่อให้สามารถรับข้อมูลจากโหลดเซลล์ที่ติดตั้งไว้เพื่อชั่งน้ำหนักของลูกมะนาวที่ต้องการตามจำนวนที่ตั้งค่าไว้ในระบบ ซึ่งจากการศึกษาและได้แนวคิดจากงานวิจัยและการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ทำให้ทราบหลักการและกระบวนการสำหรับนำไปพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดสับปะรดเพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรต่อไป

2. วัตถุประสงค์

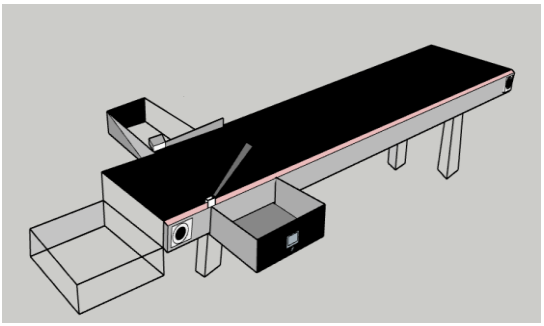
2.1 เพื่อเครื่องคัดแยกขนาดสับปะรดโดยประยุกต์ใช้โฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์

2.2 เพื่อวัดประสิทธิภาพความถูกต้องโดยรวมของการทำงานของระบบของเครื่องคัดแยกขนาดสับปะรด

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกขนาดสับปะรดสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1 การออกแบบภาพรวมของของโครงสร้างเครื่องแยกขนาดสับปะรด



รูปที่ 1 แบบจำลองชิ้นงานของเครื่องแยกขนาดสับปะรด

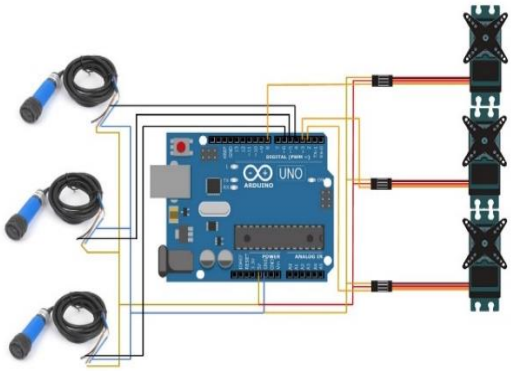
ตารางที่ 1 โครงสร้างเครื่องแยกขนาดสับปะรด

ชนิดโครงสร้าง	ขนาด กว้าง*ยาว*สูง (ซม.)
เครื่อง	36*150*20 ซม.
กล่องชั่งน้ำหนัก	31*28*13 ซม.
แขนปัด	2.5*56*2.5 ซม.
แขนปล่อยลูก	30*10*15 ซม.
เซนเซอร์	2.5*2.5*12 ซม.
ฉากกันลูกตก	2.5*100*2.5 ซม.
ช่องวางลูกสับปะรด	9*20*2.5 ซม.

3.2 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์

ประกอบด้วยการทำงาน 2 ส่วน คือ การเชื่อมการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดสับปะรด จะมีการควบคุมการปัด โดยโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์ จะสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไป-กลับ ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยใช้บอร์ด Arduino Uno ในการสั่งงาน และการแสดงค่าน้ำหนักโดยดึงข้อมูลจากโหลดเซลล์มาแสดงบนจอแสดงผลกราฟิกโนเกีย (NOKIA 5110) และบันทึก ข้อมูลลง SD card โดยการกดปุ่ม เพื่อบันทึกโดยใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 ในการสั่งงาน โดยนำเสนอในรูปแบบวงจรและลักษณะการเชื่อมต่อได้ดังนี้

3.2.1 การเชื่อมต่อโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์เข้ากับบอร์ด Arduino Uno



รูปที่ 2 การเชื่อมต่อโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์เข้ากับบอร์ด Arduino Uno

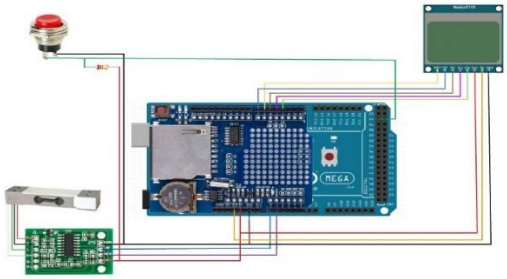
ตารางที่ 2 การเชื่อมต่อโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์

Photoelectric Sensor	Arduino Uno
สายสีน้ำตาล (ไฟเลี้ยง)	Pin 5 VDC
สายสีน้ำเงิน (สายกราวด์)	Pin Gnd
สายสีดำ (สายสัญญาณข้อมูล)	Pin 4 : Ph 1, Pin 5: Ph 2, Pin 6: Ph 3

ตารางที่ 3 การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์

Servo Motor	Arduino Uno
สายสีแดง (ไฟเลี้ยง)	Pin 5 VDC
สายสีน้ำตาล (สายกราวด์)	Pin Gnd
สายสีส้ม (สายสัญญาณข้อมูล)	Pin (2,3,8)

3.2.2 การเชื่อมต่อโหลดเซลล์ จอแสดงผลกราฟิกโนเกีย (NOKIA 5110) และสวิตช์เข้ากับบอร์ด Arduino Mega 2560 โดยลักษณะการเชื่อมต่อในส่วนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเชื่อมต่อโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์และโหลดเซลล์เข้ากับบอร์ด Arduino Uno

โดยมีลักษณะการเชื่อมต่อเชื่อมต่อโหลดเซลล์ จอแสดงผลกราฟิกโนเกีย (NOKIA 5110) และสวิตซ์เข้ากับบอร์ด Arduino Mega 2560 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเชื่อมต่อโหลดเซลล์

Load Cell	Arduino Mega
ขา Vcc	Pin 5 VDC
ขา Gnd	Pin Gnd
ขา DT	Pin A0
ขา SCK	Pin A1

ตารางที่ 6 การต่อ nokia 5110 LED

nokia 5110 LED	Arduino Mega
ขา Vcc	Pin 5 VDC
ขา Gnd	Pin Gnd
ขา BL	Pin 3.3 VDC
ขา CLK	Pin 3
ขา DIN	Pin 4
ขา DC	Pin 5
ขา RST	Pin 6
ขา CE	Pin 7

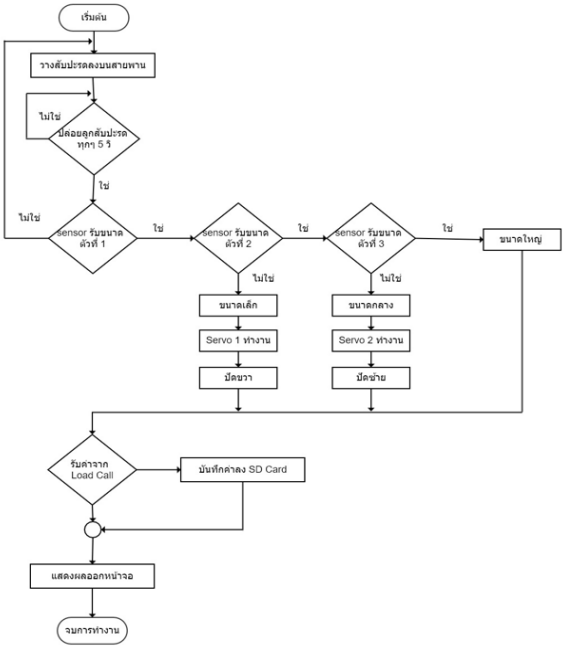
ตารางที่ 7 การต่อ Data Logger shield

Data Logger shield	Arduino Mega
Pin A5	Pin 21
Pin A4	Pin 20
Pin 11	Pin 51
Pin 12	Pin 50
Pin 13	Pin 52

ตารางที่ 8 การต่อ Switch

Switch	Arduino Mega
Resistor (ไฟเลี้ยง)	Pin 5 VDC
สายสีเขียว (สายกราวด์)	Pin Gnd
สายสีขาว (สายสัญญาณข้อมูล)	Pin 24

3.3 หลักการทำงานเครื่องแยกขนาดสับปะรด



รูปที่ 4 ผังงานการทำงานเครื่องแยกขนาดสับปะรด

4. ผลการวิจัย

โดยระบบคัดแยกขนาดสับปะรดจะมีสายพานลำเลียงเป็นตัวขับเคลื่อนสับปะรดให้เคลื่อนไปทีละลูก จนผ่านเซนเซอร์ตรวจจับขนาด โดยการทำงานเมื่อเป็นขนาดเล็กจะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ถ้าเป็นขนาดกลางมอเตอร์จะหมุนไปทางซ้าย แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่มอเตอร์จะไม่ทำงาน และจะลำเลียงสับปะรดไปตามสายพานจนถึงจุดเซนเซอร์ชั่งน้ำหนัก



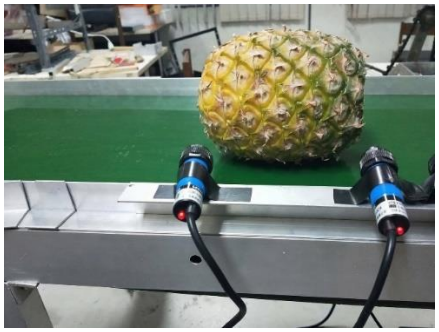
รูปที่ 5 เครื่องคัดแยกขนาดสับปะรด

4.1 ทดสอบการทำงานของระบบ

โดยนำสับปะรดมาวางไว้ในช่องที่กำหนดไว้ ซึ่งที่กั้นจะปล่อยสับปะรด ให้ไหลไปตามสายพานลำเลียงทีละลูก โดยจะเว้นช่วงปล่อยสับปะรดลูกละ 5 วินาที



รูปที่ 6 ขนาดเล็ก



รูปที่ 7 ขนาดกลาง



รูปที่ 8 ขนาดใหญ่

5. สรุป

จากผลการทดลองเครื่องแยกขนาดสับปะรดโดยกลุ่มตัวอย่าง คือ สับปะรดจำนวน 50 ผล ทดลองจำนวน 10 ครั้ง ในการปล่อยสับประรดผ่านสายพานลำเลียงโดยระบบสามารถคัดแยกออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยความถูกต้องของการทำงานระบบโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 83.33 แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทำงานของเครื่องแยกขนาดสับปะรด

ลำดับ	การทดสอบเครื่อง		
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
1	✓	✓	-
2	✓	-	✓
3	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓
5	✓	-	✓
6	✓	✓	✓
7	✓	✓	-
8	✓	✓	✓
9	✓	✓	-
10	✓	✓	✓
ผลรวม	**100**	**80**	**70**
ความถูกต้องโดยรวม (%)			**83.33**

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Xin, J., et al., *Design and implementation of intelligent transplanting system based on photoelectric sensor and PLC.* Future Generation Computer Systems, 2018. **88**: p. 127-139.

[2] วรวุฒิ กังหัน, และคณะ., เครื่องคัดแยกเกรดแตงโมอัตโนมัติโดยใช้การตรวจวัดน้ำหนัก. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 2020. **26**(2): p. 6-6.

[3] วิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์ และณัฐวุฒิ พจน์ปริญญา, การพัฒนาเครื่องฟักไข่สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ไก่โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล . Srinakharinwirot University Engineering Journal, 2018. 13(1): p. 151-165.

[4] สุทธิลักษณ์ ชุนประวัติ., การสร้างอุปกรณ์การสอนการคัดแยกขยะสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา. Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College, 2021. 8(1): p. 98-105.

[5] Kumar, N.S., et al. *IOT based smart garbage alert system using Arduino UNO*. in *2016 IEEE region 10 conference (TENCON)*. 2016. IEEE.p.1028-1034

[6] บดินทร์ ใจจันทร์ และคณะ., การพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่มีระบบควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2017. **2**(1): p. 16-24.

[7] โชคชรัตน์ ฤทธิ์เย็น ,วีรเมธ ปุ้ยหลวง และ วรายุทธ แก้วสุข, เครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2019. **4**(1): p. 16-24.

ID041

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นการปลูกผักกาดคอสควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

Temperature and Humidity Control System for Cultivation of cos Lettuce Controlled by Microcontroller

ธวัช กลิ่นพุฒ[1*] วรากร จรรนัย[2] และ ภุมรินทร์ ทวิชศรี[3]
[1,2,3] สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[*]E-mail: phummarin@vru.ac.th

Tawat Klinput [1*] Varakorn Junnai [2] and Phummarin Thavitchasri [3]
[1,2,3] Division of Electrical Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology,
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage
[*]E-mail: phummarin@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นการปลูกผักกาดคอส ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นการนำเทคโนโลยีการควบคุมแบบอัตโนมัติเข้าช่วยในระบบการปลูกผักกาดคอส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบควบคุมการปลูกผักในโรงเรือนด้วยเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้การควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อความความถูกต้อง แม่นยำและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของผักกาดคอส โดยมีการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามสภาพแวดล้อมที่ผักกาดคอสเจริญเติบโตได้ดีอย่างเหมาะสมและมีการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นที่นำมาใช้งานเพื่อความถูกต้องในการทำงาน ผลการทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงระหว่าง -3.4 ถึง 3.1 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5 องศาเซลเซียสและการทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดความชื้นมีค่าความผิดพลาด อยู่ในช่วงระหว่าง -29 ถึง 14 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 7.3 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของผลการทดสอบการทำงานของปั๊มพ่นหมอกในกรณีที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสและผลการทดสอบการทำงานของพัดลมระบายความชื้นในกรณีที่ความชื้นสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามกระบวนการที่กำหนดไว้ 100 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก การควบคุมอุณหภูมิ, ผักกาดคอส, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This Research on temperature and humidity control system for cos lettuce cultivation controlled by a microcontroller is the introduction of automatic control technology to assist in the cultivation of cos lettuce. The objective is to create a control system for growing vegetables in the greenhouse with smart farm technology by using temperature and humidity control with microcontroller for accuracy and suitable for the environment of cos lettuce. The temperature and humidity control system is designed according to the environment in which cos lettuce grows properly and the accuracy of the temperature and humidity sensors are tested to ensure the accuracy of the work. The temperature sensor accuracy test result has an error in the range of -3.4 to 3.1°C. The average error was 0.5 °C and the humidity sensor accuracy test showed an error ranged between -29 and 14 percent, with an average error of 7.3 percent. As for the test results of the misting pump in case the temperature is higher than 35 degrees Celsius and the test results of the operation of the humidifier fan in case the humidity is less than 80 percent, the test results show that the system can work properly follow the specified process 100 percent.

Keywords: Temperature control, Cos Lettuce, Microcontroller

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันพบว่าปริมาณการบริโภคผักเพื่อสุขภาพสูงขึ้น โดยเฉพาะผักประเภท ปวยเล้ง ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด ผักชิคโครี่ ผักฟิลเล่ย์ ไอซ์เบิร์ก รวมไปถึงผักกาดคอส [7] ซึ่งมีความนิยมในการบริโภคสูง แต่การปลูกผักประเภทนี้จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับผักชนิดนั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูง แต่เนื่องจากการปลูกผักกลุ่มนี้ไม่สามารถทำได้ทุกพื้นที่ เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และได้มีการทดลองปลูกแต่ไม่ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ จึงมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการปลูกผักในโรงเรือน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและสามารถทำได้ในทุก ๆ พื้นที่ที่ต้องการจะปลูก

การใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติในการปลูกผักในโรงเรือนหรือการควบคุมแบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) รวมไปถึงระบบการควบคุมการทำงานผ่านโทรศัพท์สมาร์ทโฟน [3-5] กำลังเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างมากในการศึกษา ทดลอง การปลูกที่หลากหลายพื้นที่และให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น โดยมีการนำเทคโนโลยีขยายไปสู่ภาคเกษตรกรอย่างต่อเนื่องเพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับผักชนิดนั้น ๆ ได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นรวมไปถึงการควบคุมแสงสว่างเพื่อให้การเจริญเติบโตของพืช ของพืชผักที่ปลูกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและสามารถทำได้ทุกช่วงเวลาทุกฤดูกาลเพื่อให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดได้ทุกช่วงเวลา [1-3]

ในงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นแนวทางการใช้ความรู้ในด้านเทคโนโลยีการควบคุมแบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) และระบบการควบคุมการทำงานผ่านโทรศัพท์สมาร์ทโฟนเข้ามาทดลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยเลือกการปลูกผักกาดคอสภายในโรงเรือน โดย โดยมีระบบทำงานโดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนที่ความเหมาะสมกับผักกาดคอส โดยใช้เซนเซอร์ที่เหมาะสมในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นเพื่อมาควบคุมการทำงานของปั๊มพ่นหมอกในการลดอุณหภูมิและพัดลมระบายอากาศในการลดความชื้นในโรงเรือนปลูกเพื่อรักษาความต้องการของพืช โดยระบบสามารถควบคุมแบบอัตโนมัติผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things ,IoT) [3]

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการใช้เทคโนโลยีการควบคุมแบบฟาร์มอัจฉริยะในการควบคุมการปลูกผักกาดคอสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 เพื่อสร้างระบบควบคุมการปลูกผักกาดคอสในโรงเรือนด้วยเทคโนโลยีการควบคุมแบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ด้วยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3 เพื่อทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบควบคุมการปลูกผักกาดคอสด้วยเทคโนโลยีการควบคุมแบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ด้วยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3 ขอบเขตงานวิจัย

3.1 ระบบการควบคุมสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ 35 องศาเซลเซียสและควบคุมความชื้นที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเซนเซอร์ AMT1001 AHT11 [4-6] สำหรับการปลูกผักกาดคอส

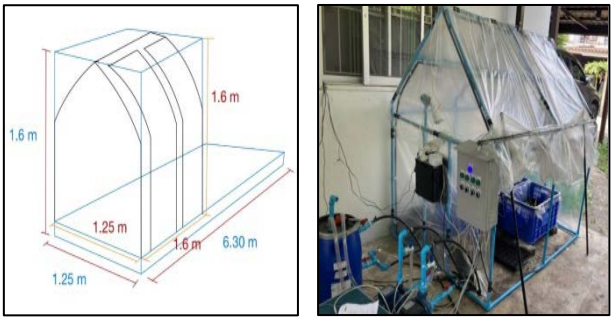
3.2 ระบบสามารถควบคุมการทำงานและแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟน ด้วยระบบ IOT

3.3 ขนาดแปลงในโรงเรือนมีขนาด กว้าง 1.25 เมตร ยาว 1.6 เมตร และ สูง 1.6 เมตร

4 วิธีดำเนินงานวิจัย

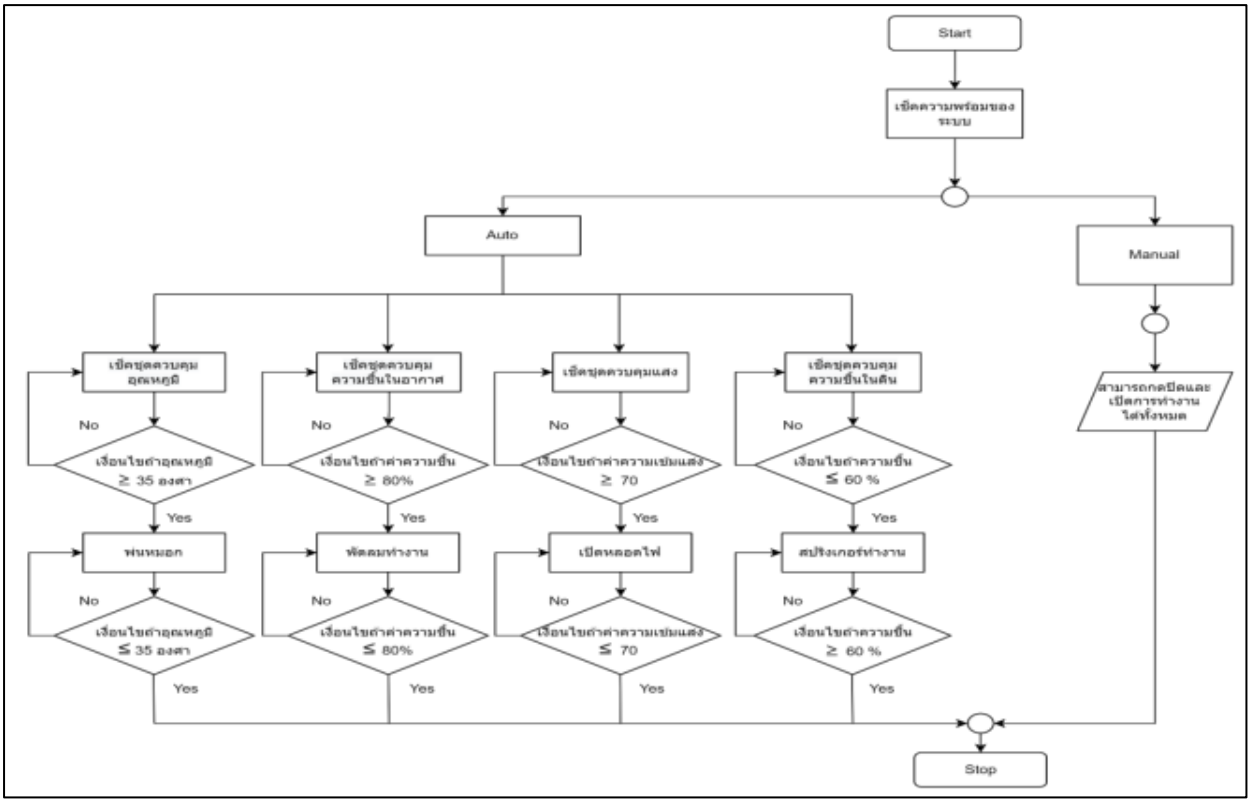
4.1 การออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกผักกาดคอส

ในการออกแบบโครงโรงเรือนสำหรับปลูกผักกาดคอส กำหนดให้ขนาดโรงเรือนมีขนาดกว้าง 1.25 เมตร ยาว 6.30 เมตร และสูง 1.60 เมตร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การออกแบบขนาดโรงเรือนขนาด 1.25 x 6.30 x 1.60 เมตร

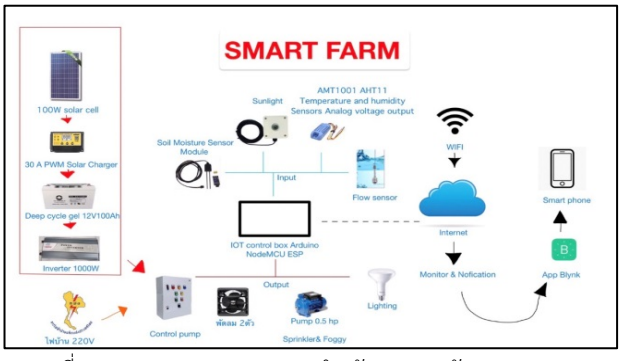
4.2 การออกแบบกระบวนการทำงานของระบบควบคุมสำหรับการปลูกผักกาดคอส [7] ในการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบควบคุมสำหรับการปลูกผักกาดคอส ได้กำหนดกระบวนการทำงานออกเป็น 2 ระบบ สามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งระบบอัตโนมัติและการควบคุมแบบปกติ โดยกระบวนการทำงานมีการทำงาน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบควบคุมการปลูกผักกาดคอส

4.3 ระบบการทำงานทั้งหมดของโรงเรือนปลูกผักกาดคอส

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานการระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการปลูกผักกาดคอสควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และสมาร์ทโฟน มีการออกแบบให้โนดเอ็มซียูอีเอสพี 32 [1-3],[7] เป็นอุปกรณ์สำหรับสั่งการทำงานโดยรับค่าอินพุตที่กำหนดจากแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนในการประมวลผล เพื่อสั่งระบบให้ทำงานตามที่ต้องการ ซึ่งการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะควบคุมอุณหภูมิที่ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งการให้ปั๊มพ่นหมอกทำงานเพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ส่วนระบบควบคุมความชื้นภายในโรงเรือนจะควบคุมความชื้นที่ 70 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ความชื้นภายในโรงเรือนสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ระบบจะสั่งการให้พัดลมทำงานระบายอากาศเพื่อควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน โดยระบบการทำงานทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพรวมระบบควบคุมการสำหรับการปลูกผักกาดคอส

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บข้อมูล มีการแบ่งรูปแบบการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

5.1 การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

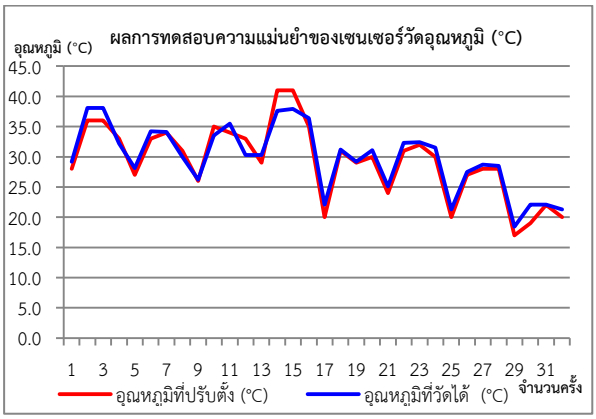
5.2 การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศ

5.3 การควบคุมอุณหภูมิเพื่อสั่งปั๊มทำงาน

6. ผลการทดสอบ

6.1 การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

เป็นการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่นำมาใช้งานการควบคุมการทำงานในโรงเรือนปลูกผักกาดคอส เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่แสดงผลผ่านแอปพลิเคชั่นในโทรศัพท์มือถือ โดยมีผลการทดสอบดังรูปที่ 4

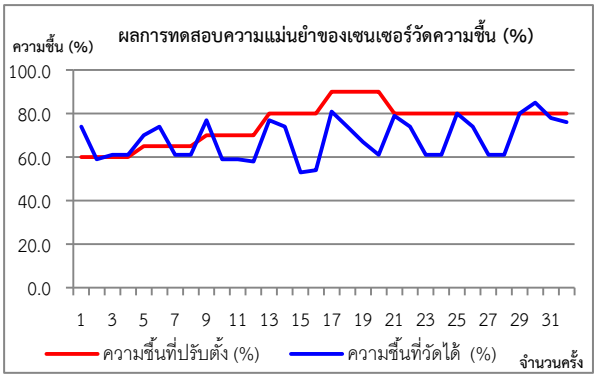


รูปที่ 4 ผลการทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4 เป็นผลการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิโดยให้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแสดงค่าเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่แสดงผลผ่านแอปพลิเคชั่นในสมาร์ทโฟนเพื่อความถูกต้องในการควบคุมการสั่งงานด้วยสมาร์ทโฟน ผลการทดสอบพบว่าค่าอุณหภูมิที่แสดงผลผ่านแอปพลิเคชั่นในโทรศัพท์มือถือมีค่าความผิดพลาด อยู่ในช่วงระหว่าง -3.4 ถึง 3.1 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5 องศาเซลเซียส จากการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิพบว่ามีความแม่นยำที่ 99.3 เปอร์เซ็นต์

6.2 การทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดความชื้น

เป็นการทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดความชื้นที่นำมาใช้งานการควบคุมการทำงานในโรงเรือนปลูกผักกาดคอส เปรียบเทียบกับค่าความชื้นที่แสดงผลผ่านแอปพลิเคชั่นในโทรศัพท์มือถือโดยมีผลการทดสอบดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดความชื้น

จากรูปที่ 5 เป็นผลการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดความชื้นโดยให้เซนเซอร์วัดความชื้นแสดงค่าเปรียบเทียบกับค่าความชื้นที่แสดงผลผ่านแอปพลิเคชั่นในสมาร์ทโฟนเพื่อความถูกต้องในการควบคุมการสั่งงานด้วยสมาร์ทโฟน ผลการทดสอบพบว่าค่าความชื้นที่แสดงผลผ่านแอปพลิเคชั่นในโทรศัพท์มือถือมีค่าความผิดพลาด อยู่ในช่วงระหว่าง -29 ถึง 14 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 7.3 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดความชื้นพบว่ามีความแม่นยำที่ 95 เปอร์เซ็นต์

6.3 การทดสอบการทำงานของปั๊มน้ำพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิในโรงเรือน เป็นการทดสอบการระบบการทำงานเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มโดยมีผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การควบคุมอุณหภูมิเพื่อสั่งปั๊มพ่นหมอก

เวลา	ค่าอุณหภูมิ	วันที่							
		7 เม.ย. 65	9 เม.ย. 65	10 เม.ย. 65	14 เม.ย. 65	19 เม.ย. 65	24 เม.ย. 65	3 พ.ค. 65	4 พ.ค .65
08.00 น.	35°C	28	27	26	28	20	24	18	18
		Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
12.00 น.	35°C	34	34	34	36	37	37	21	19
		Off	Off	Off	On	On	On	Off	Off
15.00 น.	35°C	35	33	38	41	29	32	22	24
		Off	Off	On	On	Off	Off	Off	Off
17.00 น.	35°C	31	30	31	32	25	30	20	23
		Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
20.00 น.	35°C	30	28	27	35	37	36	17	19
		Off	Off	Off	On	On	On	Off	Off

จากตารางที่ 1 เป็นตารางสรุปการทำงานของปั๊มพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิในโรงเรือน โดยมีเงื่อนไขการทำงานของปั๊มพ่นหมอกจะทำงานเมื่อมีอุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองในวันที่ 7,9,10,14,19,24 เดือนเมษายน 2565 และวันที่ 3-4 เดือนพฤษภาคม 2565 ผลการทดลองพบว่า หลังจากอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งปั๊มพ่นหมอกทำงานเพื่อลดอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง โดยจากการทดสอบพบว่าระบบการสั่งการทำงานของปั๊มพ่นหมอกมีการทำงานที่ถูกต้องตามระบบที่ตั้งไว้ 100 เปอร์เซ็นต์

6.4 การทดสอบการทำงานของพัดลมระบายอากาศเพื่อควบคุมความชื้นในโรงเรือน เป็นการทดสอบการระบบการทำงานเพื่อควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศโดยมีผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การควบคุมความชื้นเพื่อสั่งพัดลมระบายอากาศ

เวลา	ค่าความชื้น	วันที่							
		7 เม.ย .65	9 เม.ย .65	10 เม.ย .65	14 เม.ย .65	19 เม.ย .65	24 เม.ย .65	3 พ.ค .65	4 พ.ค. 65
08.00 น.	80%	74	70	77	77	81	79	80	80
		Off	Off	Off	Off	On	Off	On	On
12.00 น.	80%	59	74	59	74	74	76	82	85
		Off	Off	Off	Off	Off	Off	On	On
15.00 น.	80%	61	61	59	53	67	61	63	62
		Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
17.00 น.	80%	61	67	63	54	61	69	78	86
		Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	On
20.00 น.	80%	74	75	73	75	81	68	84	85
		Off	Off	Off	Off	Off	Off	On	On

จากตารางที่ 2 เป็นตารางสรุปการทำงานของพัดลมระบายอากาศเพื่อลดความชื้นในโรงเรือน โดยมีเงื่อนไขการทำงานของพัดลมระบายอากาศจะทำงานเมื่อความชื้นในโรงเรือนสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการทดลองในวันที่ 7,9,10,14,19,24 เดือนเมษายน 2565 และวันที่ 3-4 เดือนพฤษภาคม 2565 ผลการทดลองพบว่าเมื่อความชื้นในโรงเรือนสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ระบบจะสั่งพัดลมระบายอากาศทำงานเพื่อลดความชื้นไม่ให้สูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง โดยจากการทดสอบพบว่าระบบการสั่งการทำงานของพัดลมระบายอากาศมีการทำงานที่ถูกต้องตามระบบที่ตั้งไว้ 100 เปอร์เซ็นต์

7. สรุป

จากงานวิจัยระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นการปลูกผักกาดคอสควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นการนำเทคโนโลยีการควบคุมแบบอัตโนมัติเข้าช่วยในระบบการปลูกผักกาดคอสเพื่อทดสอบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการปลูกผักกาดคอสและเพื่อความถูกต้องแม่นยำในการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยมีการทดสอบความถูกต้องในการทำงานและการทดสอบระบบควบคุม โดยการทดสอบการทำงานของปั๊มพ่นหมอกในกรณีที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสและการทดสอบการทำงานของพัดลมระบายอากาศในกรณีที่ความชื้นสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ มีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามกระบวนการที่กำหนดไว้และมีความเหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดคอส

เอกสารอ้างอิง

[1] ปวันนพัสตร์ ศรีทรงเมือง, ชาญณรงค์ ศรีทรงเมือง สุมนา บุษบก, ชุติกานต์ หอมทรัพย์และศุภกาญจน์ คงสมแสวง. 2563. “การพัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝัง”. คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิชาระบบสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ หันตรา.

[2] สรรค์ จี้เพ็ชร. 2559. “การนำเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยุค 4.0 มาประยุกต์ใช้ กับฟาร์มเกษตรขนาดเล็ก”. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[3] ธิติศักดิ์ โพธิ์ทอง, ประสิทธิ์ เมฆอรุณและสิทธิชัย ชูสำโรง. 2562. “การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ด้วยซอร์ฟแวร์รหัสเปิดและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง,. น.10-17. วารสารเกษตรนเรศวร

[4] เริ่มต้น IoT App ด้วย Blynk, [สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2565]; Available from : https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-iot-with-blynk/.

[5] การใช้งาน NodeMCU ESP8266, [สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2565] Available from: https://medium.com/@pattanapong.sriph/

[6] AMT1001 AHT11 Temperature and Humidity Sensors Analog Voltage Output, [สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2565] Available from: https://www.achardkits.com/product/594/amt1001-aht11-temperature-and-humidity-sensors-analog-voltage-output

[7] ผักกาดคอส, [สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2565] Available from: https://veggiepedia.greenery.org/vegetable/cos-lectuce/

ID048

ตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

Automatic notification Parcel pick up box with solar energy

สันดุษิต ทุยบึงฉิม นัทธพงศ์ ชมบุตร และ ธีรนนท์ ไชยคุณ*
สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
*E-mail: theeranon.ch@gmail.com

Sandusit Thuybuengchim Natthapong Chomboot and Theeranon Chaiyakun*
Industrial Electrical Technology (Continuing Program), Faculty of Industrial Technology,
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage
*E-mail: theeranon.ch@gmail.com

บทคัดย่อ

ตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยเตือนผู้ใช้เมื่อมีพัสดุหรือจดหมายมาส่ง โดยส่วนหลักของระบบประกอบด้วย เครื่องชาร์จแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ กล้องถ่ายรูป และที่สแกนคีย์การ์ด โดยการทำงานเริ่มต้นจากกล้องถ่ายรูป (ESP32-Cam) รับสัญญาณจากเซนเซอร์ เมื่อตรวจพบพัสดุกล้องจะถ่ายรูปแล้วแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ ในการรับพัสดุ ผู้รับพัสดุสามารถใช้คีย์การ์ดสแกน หากผู้รับพัสดุใช้คีย์การ์ดที่มีเลขบัตรถูกต้องสแกนไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่จะสั่งกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าให้เปิดตู้พัสดุ โดยแหล่งพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ขนาด 12 แอมป์-ชั่วโมง ชาร์จด้วยแผงโซล่าเซลล์ 1 แผง กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ โดยโซล่าร์เซลล์สามารถเก็บพลังงานได้ดีที่สุดในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 15.00 น. ของวัน

คำหลัก ตู้รับพัสดุ, โซล่าร์เซลล์, อีเอสพี 32 แคม, อาดูโน่

Abstract

Automatic notification Parcel pick-up box with solar energy. The main part of the proposed system comprises a Solar battery charger, a Camera and and a Keycard scan. The conception is starting from the camera as the ESP32-cam receives the signal from the area sensor when the parcel was detected. Taking a photo and then alert into the LINE Application. To pick up the parcels, predefined users can be used the keycard. Therefore, if the keycard- scanner reading is correct the Arduino microcontroller will command the electromagnetic bolt to open the parcel box. The electric source is consisting of the 12 Amp-hour batteries, charging with the solar cell 1 plate, rated 50 watts. The solar cells are best able to store energy during the hours of 10:00 a.m. to 3:00 p.m. of the day.

Keywords: Parcel Pick up Box, Solar Cell, ESP32-CAM, Arduino

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจขนส่งพัสดุเติบโตมากขึ้นตามกระแสการซื้อขายของออนไลน์ เนื่องจากพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไปในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด 19 คือการซื้อขายของออนไลน์มีความนิยมมากขึ้น จนพฤติกรรมนี้ถูกนักวิเคราะห์ยกให้เป็นอีกหนึ่งสิ่งที่จะกลายเป็นความปกติใหม่ การซื้อขายของออนไลน์ที่มากขึ้นส่งผลให้ภาพรวมตลาดอีคอมเมิร์ซ และการซื้อขายสินค้าออนไลน์ในเมืองไทยช่วงปีที่ผ่านมาเติบโตสูงขึ้นอย่างมากหากลองนับดูในประเทศไทยมีผู้ให้บริการขนส่งพัสดุและโลจิสติกส์มากกว่า 10 ราย ตอบรับกับกระแสการค้าออนไลน์ที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน สะท้อนให้เห็นว่าตลาดธุรกิจขนส่งพัสดุในไทยกำลังเติบโตขึ้นมาก[1] ทำให้การขนส่งพัสดุมากขึ้น และพัสดุที่ส่งมานั้นอาจจะไม่ตรงตามเวลาที่อยู่บ้านหรืออาจมาส่งในช่วงที่ทำงานอยู่ทำให้ไปรับพัสดุด้วยตัวเองไม่ได้

จากปัญหานี้จึงได้เกิดแนวคิดในการนำตู้รับพัสดุมาประยุกต์ใช้ให้มีความสะดวกปลอดภัยและตอบโจทย์มากยิ่งขึ้นกับผู้รับพัสดุ โดยเมื่อมีพนักงานส่งพัสดุนำพัสดุใส่ลงไป

ในตู้รับพัสดุ ตู้รับพัสดุจะแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติให้กับผู้ที่เป็นเจ้าของพัสดุ ซึ่งโดยปกติโดยทั่วไปตู้รับพัสดุอัตโนมัติจะแจ้งเตือนเพียงข้อความเท่านั้น ทางผู้วิจัยจึงได้เพิ่มฟังก์ชันถ่ายรูปพัสดุส่งมาพร้อมข้อความแจ้งเตือน เพื่อให้ผู้รับพัสดุเห็นและตัดสินใจว่าพัสดุมีความสำคัญต้องรีบไปรับจากตู้มากน้อยประการใด โดยตู้รับพัสดุอัตโนมัตินี้ได้ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานของระบบ โดยใช้งบประมาณประมาณ 6,000 บาท

2. วิธีการวิจัย

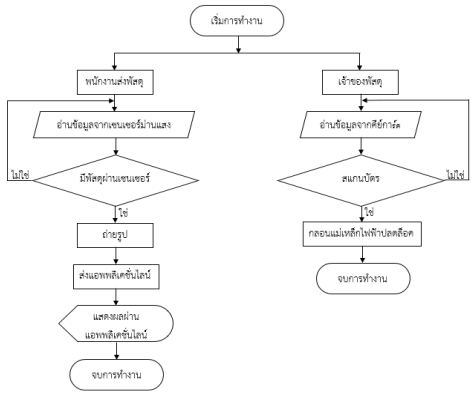
ตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ใช้หลักการต่างๆ ดังนี้

2.1 หลักการทำงานของรับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติ

ตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนของโครงสร้างและระบบควบคุม ในส่วนของโครงสร้างหลักๆ จะประกอบไปด้วยตู้รับพัสดุ เซนเซอร์ กล้องถ่ายรูป กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า โซล่าร์เซลล์ และกล่องควบคุม

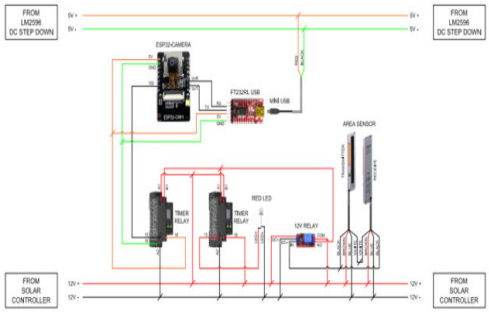
หลักการทำงานของตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติ คือ เมื่อพนักงานส่งของส่งพัสดุผ่านตู้รับพัสดุ พัสดุจะหล่นลงมาผ่านแอเรียเซนเซอร์ (เซนเซอร์ม่านแสง NA2-N8 ซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุที่มีพื้นที่กว้างได้) จากนั้นแอเรียเซนเซอร์จะส่งสัญญาณผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ ESP CAM 32 ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลภาพและอัปโหลดแสดงผลขึ้นหน้าเว็บผ่านไวไฟได้ถ่ายรูปและส่งรูปเข้าไลน์ของเจ้าของตู้รับพัสดุเพื่อแจ้งเตือน โดยตู้จะมีที่ล็อกแม่เหล็กและกล่องควบคุมซึ่งใช้พลังงานแบตเตอรี่ที่ชาร์จพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วยโซล่าร์เซลล์

เมื่อผู้รับพัสดุได้รับการแจ้งเตือนผ่านไลน์ สามารถเปิดตู้เพื่อรับพัสดุได้ด้วยคีย์การ์ด โดยโฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการทำงานของตู้รับพัสดุได้แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการทำงานของตู้รับพัสดุ

โดยวงจรการชาร์จแบตเตอรี่ วงจรการทำงานของการถ่ายรูปพัสดุและแจ้งเตือน ได้แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงวงจรกล้องถ่ายรูป

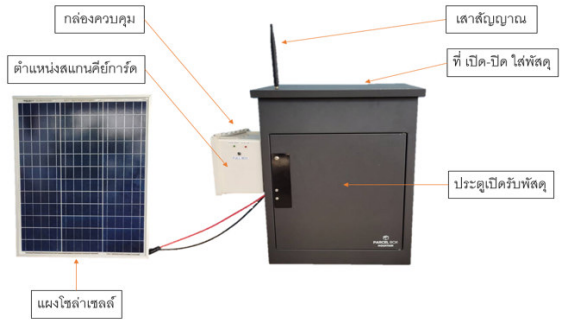
2.2 การออกแบบโครงสร้างของตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติ

การออกแบบจะคำนวณจากอุปกรณ์ที่ใช้และระยะเวลาในการใช้งานของตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการสำรวจข้อมูลจากพนักงานส่งพัสดุ ของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส บริษัทแฟลช เอ็กซ์เพรส และบริษัทนินจา แวน เมื่อได้ข้อมูลช่วงเวลาในการส่งพัสดุจะเริ่มส่งตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึงเวลา 19.00 น. ซึ่งนับเป็นเวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง คณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ให้สอดคล้องกับระยะเวลาในการส่งพัสดุของบริษัทขนส่งต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้เบื้องต้น โดยจะแบ่งการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็น 2 ช่วงคือ ช่วงการทำงานคือ 10 ชั่วโมง จากเวลา 09.00 น. ถึง 19.00 น. และช่วงรอการทำงานคือ 14 ชั่วโมง จากเวลา 19.00 น. ถึง 09.00 น. เพื่อใช้ในการคำนวณระยะเวลา โดยจะมีรายละเอียดอุปกรณ์และพลังงานที่ใช้ ดังนี้

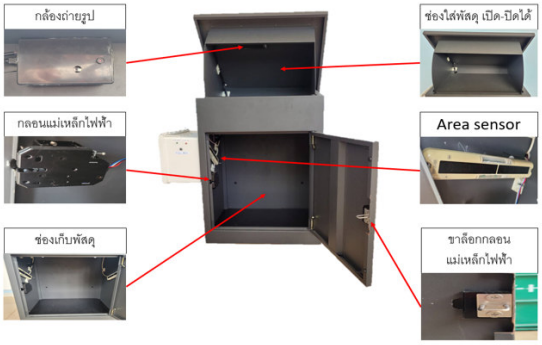
- เซนเซอร์ม่านแสง 12 โวลต์ ช่วงการทำงานมีพัสดุผ่านเซนเซอร์ใช้พลังงาน 1.3 วัตต์ และช่วงรอการทำงานคือไม่มีพัสดุผ่านเซนเซอร์ใช้พลังงาน 0.8 วัตต์
- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และไฟแอลอีดีแสดงสถานะ ช่วงการทำงาน 1.2 วัตต์ และช่วงรอการทำงาน 0.7 วัตต์
- บอร์ดอีเอสพี 32 แคม ช่วงการทำงานเมื่อเซนเซอร์ส่งสัญญาณสั่งให้ถ่ายรูปใช้พลังงาน 1 วัตต์ และช่วงรอการทำงานเซนเซอร์ไม่ส่งสัญญาณสั่งถ่ายรูปใช้พลังงาน 0.5 วัตต์
- กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีแต่ช่วงการทำงานใช้พลังงาน 7.5 วัตต์

จากการคำนวณจึงเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 แอมป์

ชั่วโมง และโซล่าร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ 1 แผง โดยการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3 โครงสร้างภายนอก



รูปที่ 4 โครงสร้างภายใน

3. ผลทดสอบการทำงานของโซล่าร์เซลล์

ทดสอบการตรวจวัด กระแสและแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์เป็นเวลา 3 วัน โดยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ทางไฟฟ้า ตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. โดยมีการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าทุก ๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งผลการวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

เวลา (ช.ม.)	แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (V)	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย (A)	ค่ากำลังไฟฟ้า 3 วัน
06.00 น.	15.6	0.21	3.27
07.00 น.	18.9	0.68	12.85
08.00 น.	20.4	1.14	23.25
09.00 น.	19.6	1.98	38.80
10.00 น.	20.1	2.72	54.67
11.00 น.	20.4	2.85	58.14
12.00 น.	20.4	3.07	62.62
13.00 น	19.7	3.13	61.66
14.00 น.	20.1	2.74	55.07
15.00 น.	19.8	2.44	48.31
16.00 น.	19.8	1.48	29.30
17.00 น.	19.8	1.04	20.59
18.00 น.	16.6	0.49	8.13
ค่าเฉลี่ย	19.32	1.84	36.66

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์จำนวน 3 วัน ตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. พบว่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 20.40 โวลต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุด 3.13 แอมป์ และกำลังไฟฟ้าสูงสุด 62.62 วัตต์ โดยในช่วงเวลาที่มีกำลังไฟฟ้ามากที่สุดจะอยู่ที่เวลาประมาณ 10.00 น. ถึง15.00 น.

4. ผลทดสอบการทำงานของตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติ

ผลการทดสอบระบบทั้งหมดในการใส่พัสดุและซองจดหมายขนาดต่างๆ ใส่ตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติ ได้ทำการทำสอบขนาดละ 10 ครั้ง ได้ผลการทดสอบออกมาดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าผลการทดสอบการทำงานของตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติ

ขนาดพัสดุและซองจดหมาย	จำนวน (ครั้ง)	จำนวนการทำงานของเซนเซอร์(ครั้ง)	จำนวนการทำงานกล้องถ่ายรูป(ครั้ง)	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของเซนเซอร์	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของกล้องถ่ายรูป
200x290x110 มม.	10	10	10	100	100
140x200x60 มม.	10	10	10	100	100
225x325 มม.	10	10	10	100	100
110x230 มม.	10	8	8	80	80
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ				95	95

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่าการทำงานของตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าเมื่อใส่กล่องพัสดุขนาด 200x290x110 มม. ขนาด 140x200x60 มม. และซองจดหมายขนาด 225x325มม. เซนเซอร์และกล้องถ่ายรูปทำงานได้ครบทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ได้ครบทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ ต่างจากซองจดหมายขนาด 110x230 มม. เซนเซอร์และกล้องถ่ายรูปทำงานได้ 8 ครั้ง จากจำนวนการทดสอบ 10 ครั้ง คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ และแสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์จำนวน 8 ครั้งเช่นเดียวกัน เกิดจากการที่เซนเซอร์ไม่ทำงานส่งผลถึงการถ่ายรูปและการส่งแอพพลิเคชั่นไลน์ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ใช่เพราะกล้องไม่ถ่ายรูปแต่เกิดจากการที่เซนเซอร์ไม่ทำงาน ผลรวมการทำงานของตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ 95 เปอร์เซ็นต์

5. สรุป

ตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถใช้งานได้ดีกับกล่องพัสดุขนาด 200x290x110 มม. ขนาด 140x200x60 มม. และซองจดหมายขนาด 225x325 มม. หากใช้กับซองจดหมายที่มีขนาดเล็กกว่านี้ อาจเกิดความผิดพลาดเนื่องจากซองจดหมายมีขนาดเล็กเกินกว่าที่แอเรียเซนเซอร์จะจับได้ ทำให้

กล้องถ่ายรูปไม่ทำงาน โดยโซล่าร์เซลล์สามารถเก็บพลังงานได้ดีที่สุดในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง15.00 น. ของวัน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องตู้รับพัสดุแจ้งเตือนผ่านไลน์อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรมผู้ที่เป็นแนวคิดริเริ่มในหัวข้อปริญญานิพนธ์ และได้กรุณาช่วยเหลือสนับสนุน ให้คำปรึกษาแนะแนว และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในทุกขั้นตอนต่าง ๆ ของการจัดทำปริญญานิพนธ์ดังกล่าว นอกจากนี้ ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือคณะผู้จัดทำในด้านต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] NALISA. (2563). ขนส่งพัสดุในไทย แข่งกันส่งติดจรวด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://marketeeronline.co/archives/169839 เข้าดูเมื่อ 25/6/63.

[2] LNW. (2558). Arduino ตอนที่ 1 Arduido อะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.ioxhop.com/article/1/arduio-% เข้าดูเมื่อ 25/5/63.

[3] Sanook. (2556) แบตเตอรี่แห้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://guru.sanook.com/2577/ เข้าดูเมื่อ 15/03/63.

[4] Super User. (2558). โซล่าชาร์จ คอนโทรลเลอร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-component/302-charge-controller เข้าดูเมื่อ25/03/63.

[5] Minn.una. (2562). รู้จักการทำงานของ “โซล่าเซลล์” พลังงานทดแทนที่เปลี่ยนแดดร้อนๆ ให้เป็นความเย็นในหน้าร้อนนี้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.mangozero.com/how-solar-cell-work เข้าดูเมื่อ 25/03/63.

[6] Phurin. (2563). การใช้งาน ESP32-CAM เบื้องต้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://phurinsawangphule.wixsite.com เข้าดูเมื่อ 25/03/63.

[7] บริษัท ไพรมัส จำกัด. (2560). Area Sensor คืออะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://wwwprimusthai.com/primus/Knowledg/info?ID=57 เข้าดูเมื่อ 15/03/64.

[8] สตีฟ จ๊อด. (2564). ตัวกระจายสัญญาณ Wifi คืออะไร? [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.shopshopat24.com/blog/electronics/what-is-a-wifi-signal-diffuser/ เข้าดูเมื่อ 02/03/64.

[9] อำภา สาระศิริ. (2561). พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พลังงานสะอาดที่ไม่มีวันหมด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.mut.ac.th/researh-detail-249 เข้าดูเมื่อ 15/03/63.

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Sciences and Applied Sciences

ID007

การพัฒนาครีมบำรุงผิวหน้าจากสารสกัดใบมะเฟืองที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

DEVELOPMENT OF FACIAL TREATMENT CREAM FROM STAR FRUIT LEAVES EXTRACT AS ANTIOXIDANT

กัญญารัตน์ ทองอ่อน, พันมณี ทาเพียรธุ, วรรณิสา แก้วบ้านกรูด*
Kanyarat Thongon, Phanmani Thaphianthu, Wannisa Keawbankrud*

สาขาวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
Health Science and Aesthetic Program, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Thechnology Krungthep, Bangkok, Thailand
*Corresponding author. E-mail: wannisa.k@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวหน้าจากสารสกัดใบมะเฟือง (*Averrhoa carambola* L.) ด้วยวิธีการหมักด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล พบว่าร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบเมทานอลมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 18.21±0.78, 14.35±0.90 ตามลำดับ ในการทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent และฟลาโวนอยด์รวม ด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric พบว่าสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอลให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดเท่ากับ 147.98±0.33 mg GAE/g crude extract ,63.28±0.24 mg QE/g crude extract ตามลำดับ ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดใบมะเฟือง ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity พบว่า สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีค่า IC_{50} มากที่สุดเท่ากับ 94.94±2.62 mg/ml จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวหน้าโดยใช้สารสกัดหยาบใบมะเฟืองที่ความเข้มข้น 0.5,1,1.5 % ลงในสูตรตำรับ พบว่า ผลิตภัณฑ์ครีมผสมสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.5% มีความชุ่มชื้นมากที่สุด และไม่ก่อให้เกิดการแพ้ในอาสาสมัคร

คำหลัก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ครีมบำรุงผิวหน้า ความชุ่มชื้น

Abstract

The research aims to study antioxidant effects and development of facial cream products from star fruit leaf extract (*Averrhoa carambola* L.) with maceration method by methanol and ethanol solvent. The result of percentage yield of crude extracts by methanol solvent was maximum value equals to 18.21±0.78% of crude extract. In tests for total phenolic content with Folin-Ciocalteu reagent method and total flavonoids content with Aluminium chloride colorimetric method, The crude extracts with methanol solvents was maximum value equals to 147.98 ± 0.33 mg GAE/g crude extract, 63.28 ± 0.24 mg QE/g crude extract, respectively. The result of antioxidant activity of crude extract by methanol solvent with DPPH radical scavenging activity that IC_{50} value equals to 94.94±2.62 mg/ml. The development of facial treatment cream products using concentration of crude extract 0.5,1,1.5% in formula, The results showed face cream product as containing 0.5% of crude extract was the most moisturizing, no volunteers had severe allergic reactions.

Keywords: Antioxidant activity Facial treatment cream Moisturizing

1. บทนำ

อนุมูลอิสระเป็นสิ่งสำคัญทำให้เซลล์ผิวหนังมีความแข็งแรงของผนังเซลล์ลดลง โดยทำหน้าที่กระตุ้นให้คอลลาเจน ใต้ผิวหนังสลายเร็วขึ้น ทำให้ความสามารถในการรักษาความชุ่มชื้นและความยืดหยุ่นของผิวหนังลดลง ก่อให้เกิดริ้วรอย ผิวแห้ง และหมองคล้ำ ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสุขภาพผิว มีคุณสมบัติช่วยชะลอการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ซึ่งเป็นตัวการทำลายผิวหนังทำให้เกิดรอยเหี่ยวย่นและริ้วรอยขึ้น [1] ร่างกายควรได้รับสารต้านอนุมูลอิสระให้เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวันเพื่อให้เกิดความสมดุลในร่างกายระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่สารต้านอนุมูลอิสระพบมากในผักและผลไม้

มะเฟือง (*Averrhoa carambola* L.) เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ มะเฟืองมีสารประกอบสำคัญที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่น สารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) วิตามินหลายชนิดและกรดมาลิค [2] ซึ่งสารดังกล่าวมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และยังพบสารในผลมะเฟืองมีสรรพคุณช่วยในการผลัดเซลล์ผิว จึงเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจ นำมาพัฒนาสกัดสารสำคัญเพื่อเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ซึ่งการใช้สารสกัดจากพืชในการผลิตเครื่องสำอางทดแทนการใช้สารเคมีข้อดีคือปลอดภัยต่อผู้ใช้และไม่ตกค้างในสภาวะแวดล้อม ซึ่งส่วนมากการนำมาวิจัยจะเป็นในส่วนของผลมะเฟือง

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เกี่ยวกับมะเฟืองจะศึกษาในส่วนของผล ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำใบมะเฟือง จากอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี มาศึกษาหาปริมาณฟินอลิกรวม, ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยการให้ไฮโดรเจนอะตอม ซึ่งเป็นวิธีเบื้องต้นที่นิยมใช้ในการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระทั่วไป จากนั้นนำสารสกัดจากสารสกัดหยาบจากใบมะเฟืองมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวหน้า และทดสอบประสิทธิภาพความชุ่มชื้น ก่อนใช้เปรียบเทียบกับหลังใช้ผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา2,4 สัปดาห์ งานวิจัยครั้งนี้เป็นการนำใบพืชที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกฤดูกาล มาเพิ่มมูลค่า สร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน สามารถนำมาต่อยอดนวัตกรรมทางเครื่องสำอางได้

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ อุปกรณ์

ใบมะเฟือง จากอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี สารเคมีที่ใช้ประกอบด้วย เอทานอล(LAB L), เมทานอล (Kemaus) กรดแอสคอร์บิก(P&N Labchem), Gallic acid (SIGMA-ALDRICH) Phenoxyethanol(Chemipan), เควอซิทิน(SIGMA-ALDRICH), โฟลิน-ซิโอแคลทู รีเอเจนต์ (KEMAUS) และ 2,2-ไดฟีนิล-1-ฟีคิสไฮดราซิล-ไอเดรต (SIGMA-ALDRICH) เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย เครื่องวัดค่าดูดคลื่นแสง (Jasco V-730), เครื่องวัดค่า pH(SI Analytics) เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ(Buchi V-300) และเครื่องวัดความชุ่มชื้น(Derma- Lab)

2.2 วิธีการทดลอง

2.1.1 เตรียมสารสกัดจากใบมะเฟือง

นำใบมะเฟืองอบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำการสกัดด้วยวิธีการหมัก (Maceration technique) ใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เมทานอล (Methanol) และเอทานอล (Ethanol) อัตราส่วนของผงใบมะเฟืองต่อตัวทำละลาย(1:4) จากนั้นระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศ (Rotary vacuum evaporator)

2.1.2 การทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การหาปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธี Folin – Ciocalteu reagent assay [3] เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 และ 200 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin ciocaltue’s reagent ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้า

กันดีและเติม 7% Sodium carbonade ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สร้างกราฟมาตรฐานและคำนวนหาปริมาณสารสำคัญรายงานผลในหน่วย Gallic acid equivalent (mg GAE/g sample)

2.1.3 การทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี aluminium trichloride [4] เตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์ซิติน ความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ไมโครลิตร เติม 10% Aluminium chloride ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เติม 5% Sodium nitrite ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร และ 4% Sodium hydroxide ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นสร้างกราฟมาตรฐานและคำนวนหาปริมาณสารสำคัญรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg QE/g extract)

2.1.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้ ascorbic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน [4] สารละลายมาตรฐานวิตามินซี ปิเปตสารมาตรฐาน Ascorbic acid ที่มีความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 80 µg/mL ในหลอดทดลอง จากนั้นใส่สาร DPPH ปริมาตร 280 ไมโครลิตร ในแต่ละหลอดทดลองโดยที่ใช้ Negative control เป็นเมทานอล 20 ไมโครลิตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นเขย่าและนำไปบ่มที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวนหาร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และรายงานผลค่า IC_{50}

2.1.5 การพัฒนาสูตรตำรับครีมบำรุงผิวหน้า

2.1.5.1 เตรียมพัฒนาตำรับครีมพื้น

ตารางที่ 1 สูตรตำรับครีมพื้น (Base cream)

Phase	Ingredient	F1	F2	F3
A	DI water	qs.	qs.	qs.
A	Carbomer	0.5	0.5	0.5
A	Glycerin	4	4	4
B	Glyceryl Stearate and PEG 100 Stearate	5	5	5
B	Shea butter	2	3	3
B	Isononyl Isononanoate	3	2	3
B	Argan oil	3	1	4
C	Vitamin E acetate	0.5	0.5	0.5
C	Phenoxyethanol	0.5	0.5	0.5

2.1.5.2 การผสมครีมพื้น

ผสม Phase A และผสม Phase B จากนั้นนำมาให้ความร้อนที่ 75 °C เท Phase B ลงใน Phase A จากนั้น Cool dawn จนอุณหภูมิ 45 °C เติม Phase C ลงไป คนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน จนกระทั่งเนื้อครีมเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เลือกสูตรที่ดีที่สุด นำมาเติมสารสกัดหยาบจากใบมะเฟืองโดยสูตรที่ 1 เติมสารสกัด 0.5% สูตรที่ 2 เติมสารสกัด 1% สูตรที่ 3 เติมสารสกัด 1.5% บันทึกผล

2.1.6 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

ประเมินจากลักษณะภายนอกของเนื้อผลิตภัณฑ์ กลิ่น ค่า pH แล้วบันทึกผล

2.1.7 การประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ทดสอบความคงตัวของตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวหน้า โดยการเร่งด้วยอุณหภูมิ (Heating - Cooling Cycle) 4 °C นาน 48 ชั่วโมง สลับกับอุณหภูมิ 45 °C 48 ชั่วโมง (1 Cycle) ทดสอบจำนวน 6 รอบ แล้วทำการบันทึกผล ความหนืด สีกลิ่น การแยก ชั้น พีเอช และการเร่งโดยแสง โดยการนำผลิตภัณฑ์แต่ละตำรับ ทดสอบในสภาวะต่างๆ นาน 4 สัปดาห์ วางในที่มืดและวางไว้ริมหน้าต่าง บันทึกผล

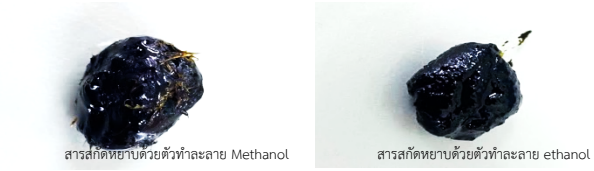
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดลองการเตรียมสารสกัดใบมะเฟือง

ผลการศึกษาพบว่าลักษณะของสารสกัดทั้งสองชนิด มีความเหนียวและหนืด สีของสารสกัดมีความแตกต่างกันเมทานอลมีสีน้ำตาลเข้มอมเหลือง ส่วนเอทานอลมีสีน้ำตาลเข้มอมเขียว ดังแสดงในภาพที่ 1 ร้อยละของผลผลิตของสารสกัดหยาบจากสารสกัดใบมะเฟืองด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีปริมาณสารสำคัญมากกว่าตัวทำละลายเอทานอล เท่ากับ 18.21±0.78, 14.35±0.90 % w/w ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณร้อยผลผลิตสารสกัดหยาบของสารสกัดใบมะเฟือง (Mean±S.D.,n=3)

สารสกัดหยาบ	%Yield of crude extract
ตัวทำละลายเมทานอล	18.21±0.78
ตัวทำละลายเอทานอล	14.35±0.90



ภาพที่ 1 แสดงสารสกัดหยาบจากใบมะเฟือง

3.2 ผลการหาปริมาณฟินอลิก ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟินอลิก ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟินอลิกถูกทดสอบด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent assay มีค่าเท่ากับ 147.98±0.33 , 128.37±0.55 mg GAE/ g ตามลำดับ การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัด ถูกทดสอบด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric assay มีค่าเท่ากับ 63.28 ±0.24, 51.75±0.27 mg QE/g ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 เมื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบมะเฟืองด้วยตัวทำละลายเมทานอล (ดังภาพที่ 2) และเอทานอล (ดังภาพที่ 3) ด้วยวิธี DPPH radical scavenging รายงานผลด้วยค่า (IC_{50}) พบว่า ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบใบมะเฟืองด้วยตัวทำละลายเมทานอลมีฤทธิ์มากกว่าเอทานอล เท่ากับ 94.94±2.62, 102.11±1.79 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสารละลายมาตรฐานวิตามินซี พบว่าฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอลมีค่าน้อยกว่าสารละลายมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4

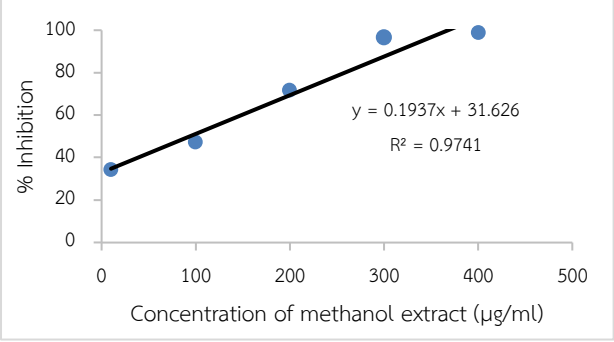
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาปริมาณฟินอลิกและฟลาโวนอยด์ (Mean±S.D.,n=3)

สารสกัดหยาบ	Total Phenolic Content (mg GAE/g Extract)	Total Flavonoid Content (mg QE/g Extract)
ตัวทำละลายเมทานอล	147.98 ± 0.33	63.28 ± 0.24
ตัวทำละลายเอทานอล	128.37 ± 0.55	51.75 ± 0.27

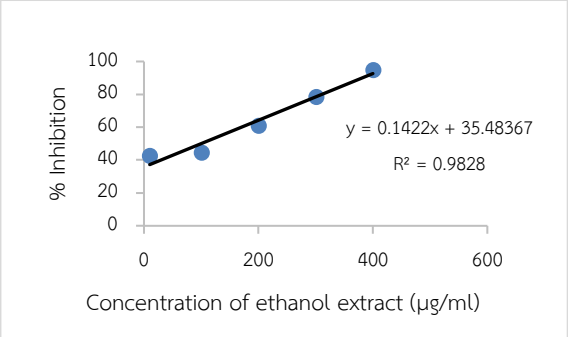
หมายเหตุ mg GAE คือ มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก
mg QE คือ มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน

ตารางที่ 4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Mean±S.D.,n=3)

สารสกัด	DPPH Scavenging IC_{50} (µg/mL)
สารสกัดหยาบตัวทำละลายเมทานอล	94.94 ± 2.62
สารสกัดหยาบตัวทำละลายเอทานอล	102.11 ± 1.79
สารมาตรฐานวิตามินซี	36.26 ± 3.72



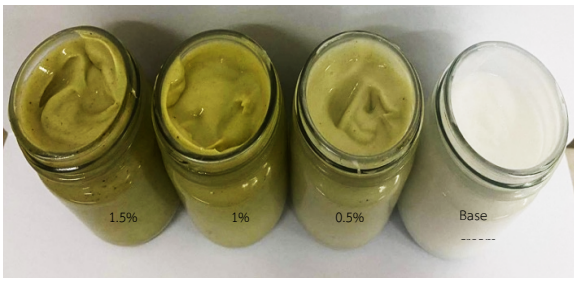
ภาพที่ 2 แสดงการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยตัวทำละลายเมทานอล



ภาพที่ 3 แสดงร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยตัวทำละลายเอทานอล

3.3 ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้าที่มีส่วนผสมของสารสกัดใบมะเฟือง โดยใช้ปริมาณ 0.5,1,1.5% ตามลำดับ พบว่า เนื้อผลิตภัณฑ์ทุกสูตรมีความเรียบเนียน ดังภาพที่ 4 เนื้อสัมผัสมีความหนืดขึ้นตามลำดับของปริมาณสารสกัด กลิ่นของผลิตภัณฑ์มีความฉุนเล็กน้อยและเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด ดังแสดงในตารางที่ 5



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวหน้า

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดใบมะเฟือง

สมบัติทางกายภาพ	ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ				วิธีการ
	C1	C2	C3	C4	
ลักษณะปรากฏ	เนื้อครีมเรียบเนียน	เนื้อครีมเรียบเนียนมีกากสารสกัดเล็กน้อย	เนื้อครีมเนียนมีกากสารสกัดกระจายตัวเล็กน้อย	เนื้อครีมเนียนมีกากสารสกัดกระจายตัวเล็กน้อย	Visual test
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	กลิ่นฉุนของสารสกัดเล็กน้อย	กลิ่นฉุนของสารสกัดเล็กน้อย	กลิ่นฉุนของสารสกัดปานกลาง	Sniff test
ความเป็นกรด-ด่าง	5.92	5.73	5.61	5.12	pH meter

หมายเหตุ C1 คือ ครีมเบส
C2 คือ ครีมที่ผสมสารสกัด 0.5%
C3 คือ ครีมที่ผสมสารสกัด 1%
C4 คือ ครีมที่ผสมสารสกัด 1.5%

3.4 ผลการทดสอบความคงตัวทางกายภาพ

จากการทดสอบความคงตัวของตำรับผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวหน้า โดยการเร่งด้วยอุณหภูมิ (Heating - Cooling Cycle) 4 °C นาน 48 ชั่วโมง สลับกับอุณหภูมิ 45 °C 48 ชั่วโมง (1 Cycle) ทดสอบจำนวน 6 รอบ แล้วทำการบันทึกผลความหนืด สี กลิ่น การแยกชั้น ค่าpH และการเร่งโดยแสง โดยการนำผลิตภัณฑ์แต่ละตำรับ ทดสอบในสภาวะต่างๆ นาน 4 สัปดาห์ วางในที่มืดและวางไว้ริมหน้าต่าง พบว่าเนื้อผลิตไม่มีการแยกชั้นหรือตกตะกอน มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.10 - 5.97

3.5 ศึกษาผลการใช้ผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติของผิวหนัง

จากการทดสอบความชุ่มชื้นบริเวณผิวหนังด้วยเครื่องวิเคราะห์สภาพผิว (Dermalab Combo) ก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์พบว่า หลังจากใช้ผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทดลองกับอาสาสมัคร จำนวน 10 คน ครีมพื้นมีค่าความชุ่มชื้นสูงที่สุด รองลงมาครีมที่มีส่วนผสมสารสกัด 0.5% และครีมที่มีความชุ่มชื้นน้อยที่สุด เป็นครีมที่ส่วนผสมสารสกัด 1% มีค่าเท่ากับ 408 ±2.38, 356±2.73, 324 ±2.71 และ 335± 2.31 uS ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าความชุ่มชื้น (Hydration) ที่ผิวหนัง

ผลิตภัณฑ์	ค่าความชุ่มชื้น (Hydration)			
	Before	W_0	W_1	W_2

ผลิตภัณฑ์	ค่าความชุ่มชื้น (Hydration)			
	Before	W_0	W_1	W_2
ครีมพื้น	227±1.67	348±2.34	382±2.39	408±2.38
ครีมที่ผสมสารสกัด0.5%	212±1.51	335±2.64	332±2.83	356±2.73
ครีมที่ผสมสารสกัด 1%	229±1.48	333±2.76	320±2.58	324±2.71
ครีมที่ผสมสารสกัด 1.5%	225±1.72	327±2.27	338±2.24	335±2.31

หมายเหตุ Before คือ ก่อนใช้ผลิตภัณฑ์
W_0 คือ หลังใช้ผลิตภัณฑ์ทันที
W_1 คือ หลังใช้ผลิตภัณฑ์ 2 สัปดาห์
W_2 คือ หลังใช้ผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์

4. สรุป

งานวิจัยครั้งนี้ใช้ใบมะเฟือง มาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลมีร้อยละของผลผลิตของสารสกัดหยาบมากที่สุด และให้ผลการทดสอบปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่า IC_{50} สูงแต่น้อยกว่าสารมาตรฐานวิตามินซี จากการนำมาพัฒนาเป็นครีมบำรุงผิวหน้าที่ความเข้มข้นต่างกัน พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารสกัด 0.5% ให้ความชุ่มชื้นที่ดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพและความงามที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอำนวยการทำงานวิจัยครั้งนี้ให้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Panruksa D. and Jimtaisong A. 2013. Antioxidant efficiency by DPPH technique of serum with white tea extract. Mae Fah Luang University.

[2] Mohd Asraf, M.Z., A. H. Azizah, A. Farooq, O. Azizah, and S. Nazamid. 2014. Variation of bioactive compounds and antioxidant activity of carambola (Averrhoa carambola L.) fruit at different ripening stages. 172, 325-331.

[3] Tsai, S. Y., Tsai, H. L., & Mau, J. L. 2007. Antioxidant properties of Agaricus blazei, Agrocybe cylindracea, and Boletus edulis. Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie. 40, 1392-1402.

[4] Prommuak C, De-Eknamkul W, Shotipruk A. 2008. Extraction of flavonoids and carotenoids from Thai silk waste and antioxidant activity of extracts. Sep Purif Technol. 62, 444-448.

ID023

การใช้ประโยชน์ก้อนเชื้อเห็ดต่อการเจริญเติบโตของต้นกะเพรา

Mushroom Spawn Utilization on Growth of Holy Basil

นพวรรณ กลมเกลี้ยง[1], พรสวรรค์ อ่อนตา[1], อรประภา แดงเจริญ[1], อุษา เนียมสำเภา[1]
ภารดี อาษา[1], โกวิท สุวรรณหงษ์[1], ทัดดาว พาหาทรัพย์อนันต์[1] และประยุกต์ เดชสุทธิกร[1*]
[1] สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา
[*]Corresponding author, E-mail: prayook@go.buu.ac.th

Noppawon Klomkriang[1], Ponsawont Onta[1], Onprapha Deangcharoen[1], Usa Neumsumpao[1]
Paradee Asa[1], Kowit Suwannahong[1], Taddao Pahasup-Anan[1], and Prayook Detsuttikorn [1*]
[1] Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Burapha University
[*]Corresponding author, E-mail: prayook@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันก้อนเชื้อเห็ดซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีการปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก จึงอาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำก้อนเชื้อเห็ดมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยการนำเป็นส่วนผสมกับดินเพื่อการเพาะปลูกพืชจึงเป็นแนวทางในการลดปริมาณขยะมูลฝอยและช่วยลดค่าใช้จ่าย เช่น การใช้ปุ๋ยเคมี การวิจัยในครั้งนี้วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณก้อนเชื้อเห็ดกับดินที่ทำให้ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ผลการศึกษาวิจัยพบว่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่อัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดินเท่ากับ 0:100, 15:85, 30:70 และ 45:55 พบว่าก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.12±0.01, 7.34±0.07, 7.46±0.06 และ 7.60±0.03 ตามลำดับ และหลังการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.06±0.03, 7.27±0.06, 7.43±0.04 และ 7.55±0.07 ตามลำดับ ความชื้น พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.53±0.7, 33.58±0.53, 36.51±0.93 และ 37.26±0.47 ตามลำดับ และหลังการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 36.63±5.1, 40.38±3.28, 38.34±0.95 และ 37.43±0.57 ตามลำดับ และปริมาณไนโตรเจน พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.158±0.081, 0.304±0.034, 0.417±0.008 และ 0.625±0.029 ตามลำดับ และหลังการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.122±0.046, 0.223±0.092, 0.384±0.068 และ 0.586±0.174 ตามลำดับ การเจริญเติบโตของต้นกะเพราภายหลังการเพาะปลูกเป็นเวลา 40 วัน พบว่า ที่อัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดินเท่ากับ 30:70 มีการเจริญเติบโตในทุกตัวแปรมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ โดยมีจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และความสูงลำต้น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.00±2.65 ใบ, 6.33±0.58 ซม., 3.67±0.58 ซม. และ 43.00±7.00 ซม. ตามลำดับ ดังนั้นอัตราส่วน 30:70 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำก้อนเชื้อเห็ดไปเป็นส่วนผสมกับดินในการปลูกต้นกะเพรา จึงเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายของเกษตรกรแทนการใช้ปุ๋ยเคมี และเป็นการสร้างมูลค่าให้กับก้อนเชื้อเห็ด

คำหลัก ก้อนเชื้อเห็ด กะเพรา การเจริญเติบโต

Abstract

At present, a large number of Mushroom Spawn are released into the environment. Mushroom Spawn can cause environmental pollution problems. The use of Mushroom Spawn in the cultivation of plants will reduce the amount of solid waste and chemical fertilizers. The objectives of this research were to

study the optimal ratio of Mushroom Spawn to soil for the best growth of Holy Basil. The results showed Mushroom Spawn to soil ratios were 0:100, 15:85, 30:70, and 45:55. Before the experiment, the pH values were 7.12±0.01, 7.34±0.07, 7.46±0.06, and 7.60±0.03, respectively. After the experiment, the pH values were 7.06±0.03, 7.27±0.06, 7.43±0.04, and 7.55±0.07, respectively. Before the experiment, the moisture content values were 27.53%±0.7, 33.58%±0.53, 36.51%±0.93, and 37.26%±0.47, respectively. After the experiment, the moisture content values were 36.63±5.1, 40.38±3.28, 38.34±0.95, and 37.43±0.57, respectively. Before the experiment, the nitrogen values were 0.158%±0.081, 0.304%±0.034, 0.417%±0.008, and 0.625%±0.029, respectively. After the experiment, the moisture content values were 0.122%±0.046, 0.223%±0.092, 0.384%±0.068, and 0.586%±0.174, respectively. Mushroom Spawn to soil ratios of 30:70 showed the best growth compared to other ratios after 40 days of cultivation. In this ratio, number of leaves, leaf length, leaf width, and trunk height were 65.00±2.65 leaves, 6.33±0.58 cm., 3.67±0.58 cm., and 43.00±7.00 cm., respectively. Therefore, the ratio of 30:70 is optimum ratio for Holy Basil planting. And reduce farmers' cost in agriculture such as chemical fertilizers.

Keyword: Mushroom Spawn, Holy Basil, Growth

1. บทนำ

ประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีอาชีพเกษตรกรรม โดยคิดเป็นร้อยละ 40 ทรัพยากรดินจึงนับว่ามีความสำคัญต่อการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร ปัญหาที่พบมากในด้านเกษตรกรรม เช่น ปัญหาดินเสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากการเพาะปลูกที่ยาวนาน ขาดการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงนับว่าเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ในปัจจุบันนิยมใช้ปุ๋ยเคมีในการปรับปรุงดินเนื่องจากให้ผลผลิตที่รวดเร็วและมีสูตรของธาตุอาหารที่หลากหลายเพื่อให้เหมาะกับสภาพดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ ผลเสียที่เกิดขึ้นหลังการใช้ในระยะยาว เช่น ดินเสื่อมสภาพ ดินแข็งและแน่นขึ้น เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืชผล ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาเป็นส่วนผสมในการเพาะปลูกจึงเป็นการลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่ก่อปัญหากับดินดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ในปี พ.ศ.2559 ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตเห็ด 120,000 ตัน โดยบริโภคในประเทศร้อยละ 97 และส่งออกร้อยละ 3 [1] กระบวนการในการผลิต เกษตรกรมีการนำก้อนเชื้อเห็ดซึ่งผลิตจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย จะถูกนำไปเพาะเลี้ยงเห็ด ซึ่งแต่ละปีมีการผลิตเป็นจำนวนมาก ภายหลังการเก็บเห็ดไปจำหน่าย เกษตรกรมักจะนำก้อนเชื้อเห็ดไปทิ้งนอกโรงเรือนเพาะเห็ดหรือทิ้งในที่สาธารณะ จึงเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ก่อโรค เช่น หนู แมลงสาบ ซึ่งก่อปัญหาด้านสุขอนามัยกับประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นการนำก้อนเชื้อเห็ดมาใช้ประโยชน์ใหม่โดยนำมาผสมกับดินในพื้นที่เพาะปลูกแทนการทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม จึงเป็นการปรับปรุงคุณภาพดิน โดยการเพิ่มธาตุอาหารที่จำเป็นให้กับพืช เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม [2] ต้นกะเพราเป็นพืชที่เป็นที่นิยมในการใช้ประกอบอาหารของไทย เนื่องจากมีกลิ่นฉุนน่ารับประทาน อีกทั้งมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค เช่น ใบใช้ในการขับลมแก้ปวดท้อง และสามารถนำมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย จึงนับว่าเป็นพืชที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ การนำก้อนเชื้อเห็ดไปใช้งานในปัจจุบันมีด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น การนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดใหม่ การนำไปผลิตปุ๋ยหมักเพื่อกำจัดเชื้อราก่อโรคในต้นหอม [3] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณก้อนเชื้อเห็ดกับดินที่ทำให้ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางให้กับเกษตรกรในการนำก้อนเชื้อเห็ดไปเป็นส่วนผสมกับดินเพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืช จึงช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งมีราคาแพง อีกทั้งเป็นการ

นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แทนการทิ้ง ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากขยะมูลฝอย และลดปัญหาการแพร่ระบาดอันเกิดจากสัตว์นำโรคที่อยู่อาศัยในก้อนเชื้อเห็ด

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การติดต่อประสานงาน

การติดต่อประสานงาน และชี้แจงวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยกับเกษตรกรในฟาร์มเพาะเห็ด บ้านหนองตะแบก ต.ยางโทน อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี จากนั้นจึงขอความอนุเคราะห์ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เพื่อนำมาใช้ในการวิจัย

2.2 การเตรียมดินเพื่อการเพาะปลูกต้นกะเพรา

2.2.1 นำก้อนเชื้อเห็ดมาแกะถุงพลาสติกออก คลุกเคล้าให้เข้ากันบนผ้าใบพลาสติก จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ ความเป็นกรดด่าง (pH) ความชื้น และปริมาณไนโตรเจน โดยทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร [4]

2.2.2 นำดินยี่ห้อชาวสวน มาผสมกับก้อนเชื้อเห็ด โดยมีอัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดิน เท่ากับ 0:100, 15:85, 30:70 และ 45:55 ทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ ความเป็นกรดด่าง (pH) ความชื้น และปริมาณไนโตรเจน โดยทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร [4]

การวิเคราะห์ตัวแปร ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง (pH) เนื่องจากมีผลต่อการละลายของธาตุอาหารในดิน จึงส่งผลต่อการดูดซึมเพื่อการนำไปใช้ของพืช ความชื้นในดินส่งผลต่อปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และปริมาณไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชนำไปใช้ในการสร้างลำต้นและใบ

2.3 การดำเนินการเพาะปลูกต้นกะเพรา

2.3.1 นำเมล็ดจากดอกต้นกะเพราโดยคัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ ไม่มีโรคพืช มาทำการเพาะต้นกล้าในดินร่วนยี่ห้อชาวสวน ที่บรรจุในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร รดน้ำปริมาตร 0.5 ลิตรต่อกระถาง ในเวลาเช้าและเย็น ให้ต้นกล้าได้รับแสงแดดตลอดวัน เป็นระยะเวลา 20 วัน โดยไม่ใส่ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืช

2.3.2 คัดเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์ มีลำต้นตรง มีจำนวนใบต้นละ 3-4 ใบ จำนวน 12 ต้น เพื่อนำไปทดลองเพาะปลูกต้นกะเพราในกระถางพลาสติก ซึ่งบรรจุก้อนเชื้อเห็ดและดินที่อัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดิน เท่ากับ 0:100, 15:85, 30:70 และ 45:55 ที่อัตราส่วนละ 3 กระถาง ตามลำดับ รดน้ำปริมาตร 0.5 ลิตรต่อกระถาง ในเวลาเช้าและเย็น ให้ต้นกะเพราทุกอัตราส่วนได้รับแสงแดดที่เท่ากันตลอดวัน เป็นระยะเวลา 40 วัน โดยไม่ใส่ปุ๋ยและยากำจัดศัตรูพืช จากนั้นทำการตรวจวัดจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ ความสูงลำต้น ในแต่ละอัตราส่วน และทำการวิเคราะห์ ความเป็นกรดด่าง (pH) ความชื้น และปริมาณไนโตรเจนในก้อนเชื้อเห็ดผสมกับดิน ในแต่ละอัตราส่วน ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร [4] หลังจากการเพาะปลูกเป็นเวลา 40 วัน

3. ผลการวิจัย

ตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลอง ที่อัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดิน เท่ากับ 0:100, 15:85, 30:70 และ 45:55 ที่อัตราส่วนละ 3 กระถาง ตามลำดับ แต่ละกระถางทำการวิเคราะห์ ความเป็นกรดด่าง (pH) ความชื้น และปริมาณไนโตรเจนในดิน โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และตรวจวัดจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และความสูงลำต้น ในแต่ละอัตราส่วน ที่อัตราส่วนละ 3 กระถาง จากนั้นนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังแสดงผลการวิจัยในข้อต่อไปนี้

3.1 คุณสมบัติของก้อนเชื้อเห็ดและดินก่อนการทดลอง

ก้อนเชื้อเห็ดมีลักษณะร่วนซุย น้ำหนักเบาและมีสีเหลือง และดินมีลักษณะเป็นดินร่วน มีสีดำ ดังแสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง (pH) ความชื้น และปริมาณไนโตรเจน ในตารางที่ 1

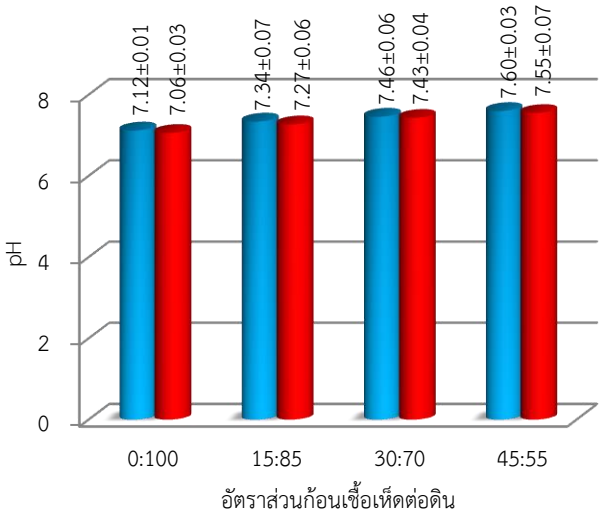
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของก้อนเชื้อเห็ดและดิน

ตัวแปร	ค่าที่ได้จากการทดลอง (±S.D.)	
	ก้อนเชื้อเห็ด	ดิน
pH	8.12±0.03	7.12±0.01
ร้อยละความชื้น	55.09±0.28	27.53±0.70
ร้อยละไนโตรเจน	1.455±0.391	0.158±0.073

3.2 คุณสมบัติของก้อนเชื้อเห็ดผสมกับดินในแต่ละอัตราส่วน ทั้งก่อนและหลังการทดลอง

3.2.1 ความเป็นกรดด่าง (pH)

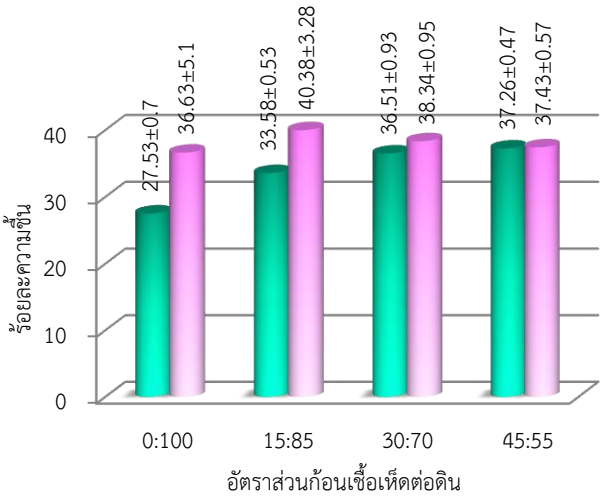
ความเป็นกรดด่าง (pH) ของก้อนเชื้อเห็ดต่อดินที่อัตราส่วน เท่ากับ 0:100, 15:85, 30:70 และ 45:55 พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 7.12±0.01, 7.34±0.07, 7.46±0.06 และ 7.60±0.03 ตามลำดับ และหลังการทดลองมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 7.06±0.03, 7.27±0.06, 7.43±0.04 และ 7.55±0.07 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความเป็นกรดด่าง (pH) พบว่า ก่อนการทดลองมีค่ามากกว่าหลังการทดลอง ในทุกอัตราส่วน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความเป็นกรดด่าง (pH) ของก้อนเชื้อเห็ดต่อดิน

3.2.2 ความชื้น

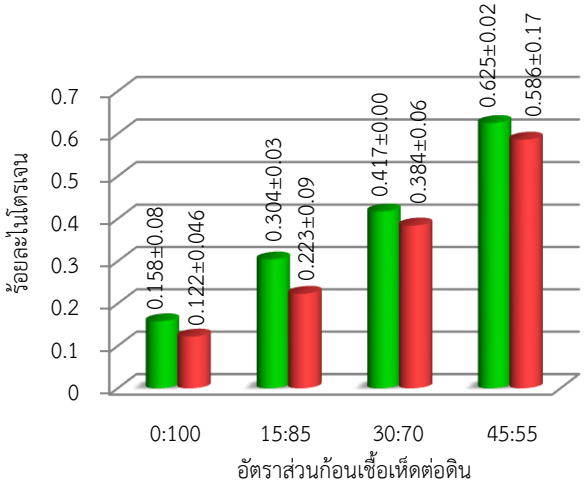
ความชื้นของก้อนเชื้อเห็ดต่อดินที่อัตราส่วน เท่ากับ 0:100, 15:85, 30:70 และ 45:55 พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.53±0.7, 33.58±0.53, 36.51±0.93 และ 37.26±0.47 ตามลำดับ และหลังการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 36.63±5.1, 40.38±3.28, 38.34±0.95 และ 37.43±0.57 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความชื้น พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าน้อยกว่าหลังการทดลอง ในทุกอัตราส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความชื้นของก้อนเชื้อเห็ดต่อดิน

3.2.3 ปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนของก้อนเชื้อเห็ดต่อดินที่อัตราส่วน เท่ากับ 0:100, 15:85, 30:70 และ 45:55 พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.158±0.081, 0.304±0.034, 0.417±0.008 และ 0.625±0.029 ตามลำดับ และหลังการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.122±0.046, 0.223±0.092, 0.384±0.068 และ 0.586±0.174 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน พบว่า ก่อนการทดลองมีค่ามากกว่าหลังการทดลองในทุกอัตราส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนของก้อนเชื้อเห็ดต่อดิน

3.3 การเจริญเติบโตของต้นกะเพรา

จากการนำก้อนเชื้อเห็ดผสมกับดินที่อัตราส่วนต่างๆ มาทำการเพาะปลูกต้นกะเพราเป็นระยะเวลา 40 วัน พบว่า ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตมากขึ้นทุกวัน จึงได้ทำการตรวจวัดจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และความสูงลำต้น ในแต่ละอัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของต้นกะเพรา

ตัวแปร (ค่าเฉลี่ย)	อัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดิน (±S.D.)			
	0:100	15:85	30:70	45:55
จำนวนใบ (ใบ)	21.67 (±4.73)	32.00 (±2.65)	65.00 (±2.65)	37.67 (±2.52)
ความยาวใบ (ซม.)	3.87 (±0.81)	4.67 (±0.29)	6.33 (±0.58)	5.23 (±1.17)
ความกว้างใบ (ซม.)	1.97 (±0.55)	2.43 (±0.60)	3.67 (±0.58)	2.77 (±0.75)
ความสูงลำต้น (ซม.)	19.33 (±5.13)	19.67 (±8.08)	43.00 (±7.00)	33.67 (±5.51)

จากตารางที่ 2 พบว่า ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตที่มากขึ้นทุกวันในทุกตัวแปร โดยอัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดินเท่ากับ 30:70 มีการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และความสูงลำต้นที่มากที่สุด โดยมีค่า 65.00±2.65 ใบ, 6.33±0.58 ซม., 3.67±0.58 ซม. และ 43.00±7.00 ซม. ตามลำดับ รองลงมาคืออัตราส่วน 45:55, 15:85 และ 0:100 ตามลำดับ

4. สรุป

4.1 ความเป็นกรดด่าง (pH)

ความเป็นกรดด่าง (pH) พบว่า ก่อนและหลังการทดลองมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน โดยก่อนการทดลองมีค่าในช่วง 7.12±0.01 ถึง 7.60±0.03 และหลังการทดลองมีค่าในช่วง 7.06±0.03 ถึง 7.55±0.07 เมื่อเปรียบเทียบ พบว่า ก่อนการทดลองมีค่ามากกว่าหลังการทดลองในทุกอัตราส่วน เมื่อพิจารณาแนวโน้ม พบว่า ทั้งก่อนและหลังการทดลองมีค่ามากขึ้นตามปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่มากขึ้น

4.2 ความชื้น

ความชื้น พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าในช่วงร้อยละ 27.53±0.7 ถึง 37.26±0.47 และหลังการทดลองมีค่าในช่วงร้อยละ 36.63±5.1 ถึง 37.43±0.57 เมื่อเปรียบเทียบ พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าน้อยกว่าหลังการทดลองในทุกอัตราส่วน เมื่อพิจารณาแนวโน้ม พบว่า ทั้งก่อนและหลังการทดลองมีค่ามากขึ้นตามปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่มากขึ้น

4.3 ปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจน พบว่า ก่อนการทดลองมีค่าในช่วงร้อยละ 0.158±0.081 ถึง 0.625±0.029 และหลังการทดลองมีค่าในช่วงร้อยละ 0.122±0.046 ถึง 0.586±0.174 เมื่อเปรียบเทียบ พบว่า ก่อนการทดลองมีค่ามากกว่าหลังการทดลองในทุกอัตราส่วน เมื่อพิจารณาแนวโน้ม พบว่า ทั้งก่อนและหลังการทดลองมีค่ามากขึ้นตามปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่มากขึ้น

4.4 การเจริญเติบโตของต้นกะเพรา

อัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดินเท่ากับ 30:70 เป็นอัตราส่วนที่ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตมากที่สุด ได้แก่ จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และความสูงลำต้น โดยมีค่า 65.00±2.65 ใบ, 6.33±0.58 ซม., 3.67±0.58 ซม. และ 43.00±7.00 ซม. ตามลำดับ ดังนั้นอัตราส่วน 30:70 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำก้อนเชื้อเห็ดไปเป็นส่วนผสมในการปลูกต้นกะเพรา เนื่องจากต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด จึงเป็นการส่งเสริมผลผลิตของเกษตรกรในการเพาะปลูกเพื่อการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

5. อภิปรายผล

5.1 ความเป็นกรดด่าง (pH)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น (Preliminary study) และได้ทำการศึกษา ความเป็นกรดด่าง (pH) ในดิน พบว่า ก่อนและหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น ตามปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากก้อนเชื้อเห็ด มีค่าความเป็นกรดด่างที่มากกว่าดิน เมื่อผสมในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้ความเป็นกรดด่างมากขึ้นเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาความเป็นกรดด่างทั้งก่อนและหลังการทดลองในทุกอัตราส่วน พบว่ามีความเป็นกรดด่างที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงที่เป็น

กลาง จึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปเพาะปลูกต้นกะเพรา ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในการปลูกต้นกะเพรา มีค่าในช่วงกรดอ่อนถึงเป็นกลาง [5]

5.2 ความชื้น

ก่อนการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดมากขึ้น พบว่า ความชื้นมีค่ามากขึ้นตามปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่มากขึ้น เนื่องจากก้อนเชื้อเห็ดมีค่าความชื้นที่มากกว่าดิน เมื่อผสมในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้ความชื้นมากขึ้นเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาความชื้นหลังการทดลอง พบว่า มีค่ามากกว่าก่อนการทดลองในทุกอัตราส่วน เนื่องจากก้อนเชื้อเห็ดมีการผลิตจากขี้เลื่อยและฟางข้าว ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีในการอุ้มน้ำและรักษาความชื้นในดิน [6] เมื่อมีการรดน้ำ จึงมีการกักเก็บน้ำได้ดี ความชื้นจึงมีค่ามาก และมีความเหมาะสมต่อการนำไปเพาะปลูกต้นกะเพราซึ่งเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความชื้นสูง [7]

5.3 ปริมาณไนโตรเจน

ก่อนการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดมากขึ้น พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมีค่ามากขึ้นตามปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่มากขึ้น เนื่องจากก้อนเชื้อเห็ดมีค่าปริมาณไนโตรเจนที่มากกว่าดิน โดยมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับปุ๋ยมูลสุกร [8] คือ มีค่าร้อยละ 1.3 เมื่อผสมในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนมากขึ้นเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนหลังการทดลอง พบว่า มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองในทุกอัตราส่วน เนื่องจากต้นกะเพรามีการดูดซึม (Uptake) ไนโตรเจนไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการสร้างลำต้นและใบ [9] ดังนั้นอัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดต่อดินที่มากขึ้นจึงส่งผลให้ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน ยกเว้น ที่อัตราส่วน 45:55 ซึ่งพบว่าการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และความสูงลำต้น มีค่าน้อยกว่าอัตราส่วน 30:70 ในทุกตัวแปร ทั้งนี้เนื่องจากที่อัตราส่วน 45:55 มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 0.586±0.174 ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินไปจนเกินความต้องการของต้นกะเพรา ซึ่งสอดคล้องกับ คมสัน หุตะแพทย์ และวารี ยินดีชาติ [10] ที่กล่าวว่า ปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืช ควรมีค่าในช่วงร้อยละ 0.06-0.5 ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่มากกว่าช่วงที่เหมาะสมจึงอาจเป็นสาเหตุให้ต้นกะเพรามีการเจริญเติบโตมีค่าลดลง และสอดคล้องกับ ภรภัทร สุชาติกูล [11] ที่กล่าวว่า ธาตุอาหารที่มีมากเกินไปจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ พืชอาจไม่ตอบสนองต่อธาตุอาหารทำให้การเจริญเติบโตอาจมีแนวโน้มที่ลดลงได้ นอกจากนี้ธาตุไนโตรเจนในดินที่มากเกินไปยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น พืชแก่ช้า, ลำต้นอ่อนล้มง่าย, ผล เมล็ด และใบพืช มีคุณภาพไม่ดี [9] เมื่อเทียบกับที่อัตราส่วน 30:70 ที่มีค่าร้อยละ 0.384±0.068 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม จึงมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอัตราส่วนอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ฟาร์มเพาะเห็ดโชคอำนวย หมู่ 3 บ้านหนองตะแบก ต.ยางโทน อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เพื่อนำมาใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ นิสิต ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัย และให้ความช่วยเหลือในการร่วมทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ชาญยุทธ์ ภาณุทัต, เอกสารประกอบบรรยายพิเศษแนวทางการพัฒนาการวิจัยด้านเห็ด, ข้อมูลจาก https://www3.rdi.ku.ac.th/wp-contents/uploads/2018/02/สถานการณ์การผลิตเห็ด.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 กรกฎาคม 2565).

[2] Zhang, R.H., Duan, Z.Q. & Li, Z.G. 2012. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato & cucumber seedlings. Pedosphere, 22(3), 333–342.

[3] วารีรัตน์ แสนมาโนช. 2564. การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักก้อนเชื้อเห็ดเก่าด้วยแอคติโนมัยสีทต่อการเจริญและการเกิดโรคของต้นหอม (Allium cepa var. aggregatum) ที่เกิดจากเชื้อรา, วารสารเกษตรพระวรุณ, ปีที่ 18 ฉบับที่ 2, หน้า 56-62.

[4] คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี. 2536. วิธีวิเคราะห์ดิน, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ.

[5] อภิชาติ ศรีสอาด และพัชรี สำโรงเย็น. 2559. ผักไฮโดรโปนิกส์ (ฉบับชาวบ้าน), สำนักพิมพ์นาคา อินเตอร์มีเดีย, กรุงเทพ.

[6] วิสุทธิ์ เลิศไกร, การหมุนเวียนธาตุอาหารและเพิ่มอินทรียวัตถุในดินจากเศษซากพืชในแปลงเกษตรกรรมด้วยวิธีการไถกลบตอซัง, ข้อมูลจาก https://alro.go.th/uploads/org/research_plan/download/article/article_20160902102029.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 กรกฎาคม 2565).

[7] สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา, กะเพรา ปลูกง่าย ขายดีสุดยุคนี้ ตอบโจทย์ สมุนไพรต้านไวรัส โควิด-19, ข้อมูลจาก https://www.opsmoac.go.th/chachoengsao-local_wisdom-preview-431691791868 (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 กรกฎาคม 2565).

[8] กรมวิชาการเกษตร. 2549. คู่มือปุ๋ยอินทรีย์, สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพ.

[9] คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

[10] คมสัน หุตะแพทย์ และวารี ยินดีชาติ. 2542. ค่า pH สำคัญไฉน ในต่อการปลูกผัก, วารสารเกษตรธรรมชาติ, ฉบับที่ 7, หน้า 6-10.

[11] ภรภัทร สุชาติกูล. 2560. การแปรผลค่าวิเคราะห์ดินและคำแนะนำการให้ปุ๋ยยางพาราสำหรับเกษตรกรทั่วไป, ข้อมูลจาก km.raot.co.th/uploads/dip/userfiles/intra_สถาบันวิจัยยาง /20170922114105--PRB-2560-07.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 กรกฎาคม 2565).

ID039

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากสับปะรดของอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้

Production of Fuel Briquettes from Pineapple Waste of Fruit Processing Industry

ณัฏฐวัฒน์ คำเสน[1] สิรินารี เงินเจริญ[1,*] และชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ[2]
[1] คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
[2] คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
*E-mail: sirinaree.th@gmail.com

Natthawat Khamsen[1], Sirinaree Ngencharoen[1,*] and Chailoek Tanghengjaroen[2]
[1] Faculty of Science and Social Sciences, Burapha University, Sakaeo Campus
[2] Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus
*E-mail: sirinaree.th@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยแช่กากสับปะรดจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ในน้ำ 30 นาที จากนั้นบีบให้หมาดน้ำ แล้วนำมาขึ้นรูปด้วยมือด้วยแม่พิมพ์อะลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 4.5 เซนติเมตร เปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงแท่ง 4 แบบ คือ กากสับปะรดแบบที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานเป็นรูปทรงกระบอกตัน แบบที่ไม่ใช้วัสดุประสานรูปทรงกระบอกตัน แบบใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานเป็นรูปทรงกระบอกมีรู และแบบไม่ใช้วัสดุประสานเป็นรูปทรงกระบอกมีรู ผลวิจัยพบว่า น้ำจากการแช่กากสับปะรดในขั้นตอนเตรียมขึ้นรูปมีสีปรากฏโทนสีเหลืองอ่อน ปริมาณกากสับปะรดที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มสี ความเค็ม และค่าของแข็งการละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง อัตราส่วนสำหรับการขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งที่เหมาะสม คือ กากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียก เท่ากับ 10:1 เชื้อเพลิงแท่งที่มีเหมาะสมที่สุด วิเคราะห์จากประสิทธิภาพการใช้งานเป็นสำคัญ ได้แก่ เชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปแบบไม่ใช้วัสดุประสานรูปทรงกระบอกมีรู ซึ่งมีผลวิเคราะห์พบว่ามีระยะเวลาตากแห้ง 5 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 17.79 ± 0.47 กรัม ความหนาแน่น 0.24 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุน ร้อยละ 62.59 ± 6.13 ความชื้น ร้อยละ 7.02 ± 0.36 ความคงตัวเมื่อสัมผัสน้ำ 14.33 ± 2.05 นาที และดัชนีการแตกร่วน 1.00 ± 0.02 ไม่พบของแข็งคงเหลือ เกิดเถ้าจากการเผาไหม้ ร้อยละ 3.51 ± 0.39 กรัม อย่างไรก็ตามควรหาแนวทางจัดการน้ำจากการแช่กากสับปะรดจากขั้นตอนการขึ้นรูปให้เหมาะสม

คำหลัก : เชื้อเพลิงแท่ง, กากสับปะรด, อุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้

Abstract

This research was processed by immerged the waste from fruit processing industry into water then squeezed. Hand-molded by aluminum plastic with diameter and height of 5 and 4.5 cm respectively. Compared the properties of 4 fuel briquette types consisted of Pasty solid cylinder, non-Pasty solid cylinder, Pasty hollow cylinder and non-Pasty hollow cylinder. It was represented as; the apparent color tone of wastewater from the step of pineapple waste immersion was pale yellow. Pineapple waste intensify-affected on the color intensity, salinity, total dissolved solid. Appropriate ratio of pineapple waste to pasty was 10:1. Research results indicated that briquette type capable to utilize mostly analyzed from home-use efficiency test was non-Pasty hollow cylinder. Its properties described as follows; Dry period equaled 5 days, dried weight, density, porosity, moisture content equaled 17.79 ± 0.47 g, 0.24 ± 0.01 g/cm^3, 62.59 ± 6.13 %, and 7.02 ± 0.36 % respectively. Extinguish time when soaked in the water equaled 14.33 ± 2.05 min. Shatter's index was 1.00 ± 0.02. After thoroughly combusted, it was not found any remaining solid but remaining ash 3.51 ± 0.39 % was appeared. However wastewater from the procedure should be considered to management suitably.

Keywords : Fuel briquette, Pineapple Waste, Fruit Processing Industry

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดทั้ง พืช สัตว์ และมนุษย์ ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานของมนุษย์สูงขึ้น อย่างไรก็ตามแหล่งพลังงานประเภทใช้แล้วหมดไปกลับมีแนวโน้มลดลง ทั้งจากการคาดการณ์ว่าประชากรไทยจะเพิ่มขึ้นสูงสุดเกือบ 70 ล้านคนในปี พ.ศ.2568 (United Nations, 2019) การวิจัยเพื่อพัฒนาหาพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนสำหรับการใช้ประโยชน์ให้เพียงพอจึงจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะพลังงานชีวมวล (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) ทั้งนี้กระบวนการผลิตดำเนินการโดยนำวัสดุชีวมวลดังกล่าวมาอัดเป็นแท่ง อาจใช้วัสดุประสานที่มีความเหนียวเป็นตัวเชื่อมประสาน หลังการอัดเป็นแท่งเสร็จสิ้น จะได้เชื้อเพลิงแท่งที่ใช้ประโยชน์แทนฟืนไม้ ถ่าน หรือแก๊สหุงต้ม ได้เป็นอย่างดี เรียกเชื้อเพลิงแท่งจากวัสดุประเภทชีวมวลว่า เชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง (ประลอง ดำรงค์ไทย, 2542) ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นประโยชน์ในแง่การทดแทนพลังงานหรือเป็นพลังงานทางเลือก แต่ยังทำให้วัสดุชีวมวลเกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงสนใจวิจัยเพื่อหาแนวทางการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงแท่ง เลือกใช้กากอุตสาหกรรมที่ไม่อันตราย ได้แก่ กากสับปะรดจากการผลิตผลไม้กระป๋องและน้ำผลไม้ นำมาขึ้นรูปอย่างง่ายด้วยมือในแม่พิมพ์แบบไม่ใช้วัสดุประสานและใช้วัสดุประสาน ได้แก่ กาวแป้งเปียก ซึ่งเป็นวัสดุประสานต้นทุนต่ำและสามารถทำได้ง่าย นอกจากนี้ยังได้ขึ้นรูปทรงเชื้อเพลิงแท่งเป็นทรงกระบอกตันและแบบมีรู เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ สร้างทางเลือกสำหรับพลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ และอุปกรณ์

กากสับปะรด แป้งมันสำปะหลัง เตาอั้งโล่ดินเผา แม่พิมพ์สแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร เทอร์โมมิเตอร์ดิจิทัล เตาไฟฟ้า ตู้อบลมร้อน เตาเผา เครื่องชั่งดิจิทัลแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เครื่องวัดค่าความเค็ม เครื่องวัดค่าของแข็งละลาย และสมุดเทียบสีดิน Munsell soil color book 2009 Year Revise/2012 Production



รูปที่ 1 กากสับปะรด

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 การเตรียมกากอุตสาหกรรมหรือวัสดุหลัก

ตากกากสับปะรดบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทและได้รับแสงแดด พลิกกองกากสับปะรดทุกวันจนแห้งสนิท เมื่อจะนำมาขึ้นรูปให้นำกากสับปะรดไปแช่น้ำ อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อน้ำ เท่ากับ 200 : 1 (w/w) 30 นาที นำขึ้นจากน้ำ บีบให้หมาด พักไว้เพื่อเตรียมใช้ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่ง

2.2.2 การเตรียมกาวแป้งเปียกหรือวัสดุประสาน

ผสมแป้งมันสำปะหลังกับน้ำสะอาดด้วยอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ต้มโดยใช้ไฟแรงจนกระทั่งได้กาวแป้งเปียก ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2.2.3 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำจากการแช่กากสับปะรด

แช่กากสับปะรดในน้ำ อัตราส่วนโดยมวลระหว่างกากสับปะรดต่อน้ำ (กรัม) ได้แก่ 50:1,000 100:1,000, 150:1,000 200:1,000 และ 250:1,000 เป็นเวลา 30 นาที นำกากสับปะรดขึ้นจากน้ำ นำน้ำจากการแช่กากสับปะรดมาวิเคราะห์สีปรากฏ ค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าของแข็งละลายน้ำ ด้วยสมุดเทียบสีดิน เครื่องวัดค่าความเค็ม เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และเครื่องวัดค่าของแข็งละลายน้ำตามลำดับ

2.2.4 การศึกษาอัตราส่วนและการขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่ง

ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งด้วยแม่พิมพ์สแตนเลสเป็นรูปทรงกระบอกตัน โดยผสมกากสับปะรดและกาวแป้งเปียกด้วยอัตราส่วนโดยมวล ระหว่างวัสดุหลักและกาวแป้งเปียกเพื่อทดสอบหาอัตราส่วนการขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่ง เท่ากับ 10:1 10:2 10:3 10:4 และ 10:5

นำวัสดุที่ผสมตามอัตราส่วนข้างต้นมาขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ ตากชิ้นงานในสภาวะแวดล้อมเดียวกันจนแห้งสนิท สังเกตและวิเคราะห์เพื่อเลือกอัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปได้โดยพิจารณาจากอัตราส่วนที่ใช้วัสดุประสานหรือกาวแป้งเปียกน้อยที่สุด ที่สามารถขึ้นรูปได้ง่าย เมื่อขึ้นรูปแล้วสามารถคงสภาพได้ไม่บิดเบี้ยว หลังแห้งสนิทชิ้นงานเชื้อเพลิงแท่งไม่พบว่ามีกากสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุหลักหลุดเป็นชิ้น

2.2.5 การขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่ง

นำผลของอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งจากข้อ 2.2.4 เป็นอัตราส่วนในการขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอกตัน รูปทรงกระบอกแบบมีรู ทั้งที่ใช้และไม่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน

2.2.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงแท่ง

วิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่าง ๆ ดังนี้

1) น้ำหนักและระยะเวลาการตากแห้ง ศึกษาระยะเวลาการตากแห้งของเชื้อเพลิงแท่ง โดยการตากชิ้นงานจนแห้งสนิท ณ ตากบริเวณเดียวกัน คือ ภายนอกอาคารซึ่งมีอากาศถ่ายเทและมีแสงแดด ชั่งน้ำหนักทุกวันนับตั้งแต่เริ่มตากชิ้นงานจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกผลเป็นจำนวนวันที่เชื้อเพลิงแท่งแห้งสนิทและน้ำหนัก

2) ค่าความหนาแน่น ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงแท่งที่แห้งสนิทจากนั้นคำนวณปริมาตรของเชื้อเพลิงแท่ง จากสมการต่อไปนี้

$$D = m/V$$

D คือ ค่าความหนาแน่นของวัตถุ (g/cm^3)
m คือ มวลของวัตถุ (g)
V คือ ปริมาตรของวัตถุ (cm^3)

3) ความคงตัว ทำการทดสอบโดยการแช่น้ำทิ้งไว้แล้วจับเวลาสังเกตการเสียสภาพของเชื้อเพลิงแท่งแล้วบันทึกเวลา

4) ความชื้น วิเคราะห์ได้โดยการอบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (°C) 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตั้งไว้ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อนำมาคำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

$$ความชื้น\ (\%) = [(W1 - W2) / น้ำหนักตัวอย่าง] \times 100$$

W1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)
W2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)

5) ความพรุน นำเชื้อเพลิงแท่งใส่ลงในภาชนะ จากนั้นเทน้ำลงไปจนเชื้อเพลิงแท่งอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วนำมาชั่งน้ำหนักคำนวณค่าความพรุนตามสมการ

$$ความพรุน\ (\%) = [(W2 - W1) / V] \times 100$$

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนเทน้ำ (g)
W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังเทน้ำ (g)
V คือ ปริมาตรของวัตถุ (cm^3)

6) ดัชนีการแตกร่วน ใช้วิธี Drop shatter test โดยชั่งน้ำหนักและบันทึกผลเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนทดสอบ นำเชื้อเพลิงแท่งใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุงสนิท นำถุงบรรจุเชื้อเพลิงแท่งไปปล่อยจากตำแหน่งที่สูงกว่าพื้นซีเมนต์ในแนวดิ่ง 180 เซนติเมตร หากมีการแตกร่วนให้นำเชื้อเพลิงแท่งไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วนของเชื้อเพลิงแท่งที่เหลือจากการร่อนแล้วไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผลเป็นน้ำหนักของเชื้อเพลิงแท่งหลังทดสอบ (กรัม) คำนวณดัชนีการแตกร่วนตามสมการ (ดัดแปลงจาก นันทนา ฤกษ์เกษม และคณะ, 2560)

$$R = W2 / W1$$

R คือ ดัชนีการแตกร่วน - กรัม (g)
W_1 คือ น้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนทดสอบ (g)
W_2 คือ น้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังทดสอบ (g)

7) ประสิทธิภาพในการใช้จริง นำเชื้อเพลิงแท่งแต่ละแบบมาติดไฟด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ 3 นาที จากนั้นนำเชื้อเพลิงแท่งไปให้ความร้อนกับน้ำสะอาดโดยการต้มน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในภาชนะอะลูมิเนียมตั้งบนเตาอั้งโล่ดินเผา วัดอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำและอุณหภูมิหลังการต้มน้ำทุก ๆ 5 นาที เป็นระยะเวลา 30 นาที (ดัดแปลงจาก นันทนา ฤกษ์เกษม และคณะ, 2560) เพื่อคำนวณหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

8) การหาปริมาณเถ้า ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 โดยนำภาชนะหรือถ้วยทนไฟพร้อมปิดฝาไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำตัวอย่างกากสับปะรดที่ขึ้นรูปแบบไม่ใช้วัสดุประสานและกากสับปะรดที่ขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียก 1 กรัม 4 ซ้ำ บรรจุในถ้วยทนไฟและปิดผา (ภาชนะเดิม) ไปเผาให้ความร้อน ในเตาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาร้อยละของปริมาณเถ้าตามสมการดังต่อไปนี้

$$ปริมาณเถ้า\ (\%) = [(W2 - W1) / W3] \times 100$$

W_1 คือ น้ำหนักของภาชนะ (g)
W_2 คือ น้ำหนักภาชนะพร้อมเถ้า (g)
W_3 คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองที่ใช้ (g)

3. ผลการวิจัย

3.1 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำจากการแช่กากสับปะรด

วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำจากการแช่กากสับปะรด เมื่ออัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อน้ำแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 1

สีปรากฏของน้ำจากการแช่กากสับปะรดเป็นสีโทนเหลือง สีจะเข้มขึ้นเมื่อปริมาณกากสับปะรดเพิ่ม เมื่อตั้งทิ้งไว้พบตะกอน ความเข้มสีของน้ำจะลดลง จากการสังเกตพบว่าปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากสับปะรดที่แช่น้ำด้วย สำหรับค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) และค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolve Solid; TDS) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำจากการแช่กากสับปะรดก่อนและหลังการตกตะกอน

อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อน้ำ (g)	สีของน้ำ	
	ก่อนตกตะกอน	หลังตกตะกอน
50 : 1,000	White (5y 8/1)	White (5y 8/1)
100 : 1,000	Pale yellow (5y 8/2)	Pale yellow (5y 8/2)
150 : 1ม000	Pale yellow (5y 8/3)	Pale yellow (5y 8/3)
200 : 1,000	Pale yellow (5y 8/4)	Pale yellow (5y 8/4)
250 : 1,000	Yellow (5y 8/6)	Pale yellow (5y 7/4)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำจากการแช่กากสับปะรด

อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อน้ำ (g)	ความเค็ม (ppt)	pH	TDS (mS)
50 : 1,000	0.37 ± 0.05	6.17 ± 0.06	0.72 ± 0.00
100 : 1,000	0.63 ± 0.05	5.48 ± 0.05	1.55 ± 0.01
150 : 1,000	0.87 ± 0.05	5.34 ± 0.10	2.11 ± 0.05
200 : 1,000	0.97 ± 0.05	5.31 ± 0.10	2.92 ± 0.05
250 : 1,000	1.00 ± 0.00	5.23 ± 0.11	3.63 ± 0.03

ผลวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกากสับปะรดกับค่าความเค็ม และปริมาณกากสับปะรดกับของแข็งละลายน้ำ ได้ผลเท่ากับ 0.95 และ 0.99 แสดงผลว่าปริมาณกากสับปะรดมีผลให้น้ำจากการแช่กากสับปะรดมีค่าความเค็มและของแข็งการละลายน้ำแบบแปรผันตาม สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณกากสับปะรดเช่นกันแต่เป็นแบบแปรผกผันตามผลวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เท่ากับ – 0.85

3.2 อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียก

ผลทดสอบหาอัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดและกาวแป้งเปียกที่เหมาะสม โดยใช้เงื่อนไขการขึ้นรูป คือ ใช้ปริมาณกาวแป้งเปียกน้อยที่สุดซึ่งสามารถขึ้นรูปทรงเป็นเชื้อเพลิงแท่งแบบทรงกระบอกตันได้ อย่างไรก็ตามขั้นตอนนี้ไม่ได้ขึ้นรูปเป็นแบบทรงกระบอกแบบมีรูเนื่องจากต้องการใช้อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียกเท่ากัน และการขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานเป็นทรงกระบอกตันต้องใช้แรงยึดเหนี่ยวกากสับปะรดเพื่อให้เป็นรูปทรงมากกว่า โอกาสการเกิดรอยแยกบนชิ้นงานเชื้อเพลิงแท่งมากกว่า จำแนกอัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียกโดยมวล 5 อัตราส่วน ได้แก่ 10 : 1 10 : 2, 10 : 3, 10 : 4 และ 10 : 5 การขึ้นรูป แสดงได้ดังรูปที่ 2 พบว่าอัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียกเท่ากับ 10 : 1 เหมาะสมต่อการใช้ขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงแท่งมากที่สุด เพราะสามารถขึ้นรูปทรงได้ และสิ้นเปลืองกาวแป้งเปียกน้อยทำให้ประหยัดต้นทุน



รูปที่ 2 การขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งด้วยแม่พิมพ์

3.3 ระยะเวลาการตากแห้งของเชื้อเพลิงแท่ง

นำผลจากข้อ 3.2 คือ อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียกมาใช้ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งเป็น 4 แบบ ได้แก่

(1) แบบใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานเป็นรูปทรงกระบอกตัน (Pasty solid cylinder; PSC)

(2) แบบไม่ใช้วัสดุประสานเป็นรูปทรงกระบอกตัน (non-Pasty solid cylinder; nPSC)

(3) แบบใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานเป็นรูปทรงกระบอกมีรู (Pasty hollow cylinder; PHC)

(4) แบบไม่ใช้วัสดุประสานเป็นรูปทรงกระบอกมีรู (non-Pasty hollow cylinder; nPHC)

เมื่อขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งแล้ว ลักษณะชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากสับปะรด

3.4 น้ำหนักและระยะเวลาตากแห้งของเชื้อเพลิงแท่ง

เมื่อตากเชื้อเพลิงแท่งจนแห้งและมีน้ำหนักคงที่แล้ว พบว่า เชื้อเพลิงแท่งแต่ละแบบมีน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value 0.033548; α 0.05) โดยเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียกรูปทรงกระบอกตันมีน้ำหนักมากที่สุด

อย่างไรก็ตามการใช้กาวแป้งเปียกไม่มีผลให้น้ำหนักเชื้อเพลิงแท่งทั้งรูปทรงกระบอกตันและแบบมีรูเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (α 0.05) สำหรับระยะเวลาการตากแห้งนั้น พบว่า เชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรด 3 แบบ ได้แก่ nPSC, nPHC และ PHC ระยะเวลาในการตากแห้งเท่ากัน คือ 5 วัน สำหรับ PSC ระยะเวลาในการตากแห้งนานกว่า คือ 6 วัน

ทั้งนี้เมื่อสังเกตลักษณะภายนอก เชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดที่ขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียกจะมีสีอ่อนกว่าแบบที่ขึ้นรูปโดยไม่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน จึงได้ทดสอบนำกาวแป้งเปียกตากแดดให้แห้ง พบว่ามีสีขาวขุ่น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุให้เชื้อเพลิงแท่งที่ขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียกมีสีอ่อนลง

3.5 ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแท่ง

ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแท่งทั้ง 4 แบบ แสดงในตารางที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value 0.003989; α 0.05) โดยค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเดียวกันกับน้ำหนักของเชื้อเพลิงแท่ง

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแท่ง

เชื้อเพลิงแท่ง	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm^3)
PSC	0.21 ± 0.004
nPSC	0.21 ± 0.01
PHC	0.24 ± 0.01
nPHC	0.24 ± 0.006

3.6 ค่าความคงตัวของเชื้อเพลิงแท่ง

ค่าความคงตัวของเชื้อเพลิงแท่งซึ่งทดสอบได้โดยการนำตัวอย่างเชื้อเพลิงแท่งไปแช่น้ำ และเริ่มจับเวลา สังเกตการเสียสภาพของเชื้อเพลิงแท่ง

ผลแสดงในตารางที่ 4 ค่าความคงตัวของเชื้อเพลิงแท่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value 1.31E-05; α 0.05) เชื้อเพลิงแท่งที่มีค่าความคงตัวมากที่สุด คือ เชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปแบบไม่ใช้วัสดุประสานรูปทรงกระบอกตัน

ตารางที่ 4 ค่าความคงตัวของเชื้อเพลิงแท่ง

เชื้อเพลิงแท่ง	ระยะเวลาเฉลี่ยในการคงตัว (นาที)
PSC	10.33 ± 1.25
nPSC	30.33 ± 2.87
PHC	9.00 ± 0.82
nPHC	14.33 ± 2.05

3.7 ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงแท่ง

กากสับปะรดขึ้นรูปแบบไม่ใช้วัสดุประสานรูปทรงกระบอกตัน มีค่าความชื้นมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 7.26 ± 0.51 เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความชื้นน้อยที่สุด คือ เชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดที่ขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียกรูปทรงกระบอกตันค่าความชื้นอยู่ที่ ร้อยละ 6.61 ± 0.23 อย่างไรก็ตามค่าความชื้นของเชื้อเพลิงแต่ละแบบนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value 0.20; α 0.05)

ตารางที่ 5 ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงแท่ง

เชื้อเพลิงแท่ง	ค่าเฉลี่ยของค่าความชื้น (%)
PSC	6.61 ± 0.23
nPSC	7.26 ± 0.51
PHC	7.00 ± 0.18
nPHC	7.02 ± 0.36

3.8 ค่าความพรุนของเชื้อเพลิงแท่ง

ค่าความพรุนของเชื้อเพลิงแท่งทั้ง 4 แบบ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α 0.05) โดยเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดที่ขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียกรูปทรงกระบอกตันมีความพรุนมากที่สุด

ตารางที่ 6 ค่าความพรุนของเชื้อเพลิงแท่ง

เชื้อเพลิงแท่ง	ค่าเฉลี่ยของค่าความพรุน (%)
PSC	73.04 ± 3.71
nPSC	52.53 ± 5.43
PHC	69.52 ± 1.22
nPHC	62.59 ± 6.13

3.9 ค่าดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงแท่ง

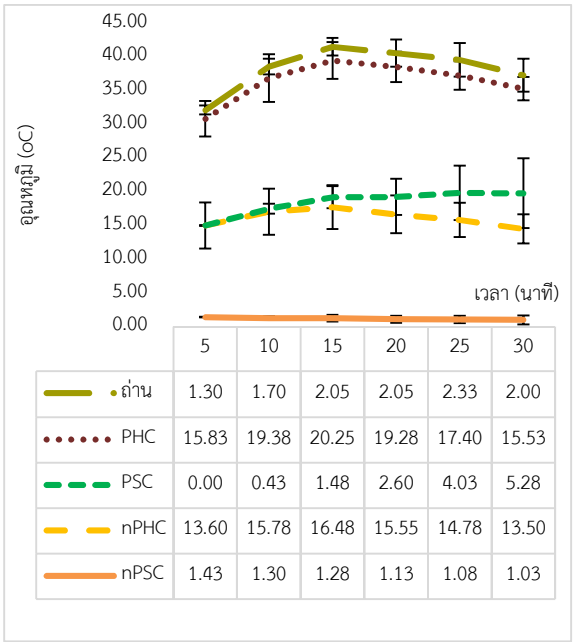
ค่าดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงแท่งแต่ละแบบมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือ มีค่าระหว่าง 0.99 - 1 พบว่า ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α 0.05)

3.10 ประสิทธิภาพในการใช้จริงของเชื้อเพลิงแท่ง

ประสิทธิภาพในการใช้จริงของเชื้อเพลิงแท่ง ได้ดำเนินการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือ การนำเชื้อเพลิงแท่งรูปแบบต่าง ๆ 1 ชิ้น มาติดไฟเป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นนำเชื้อเพลิงแท่งดังกล่าวไปให้ความร้อนกับน้ำสะอาดพร้อมกัน วัดอุณหภูมิของน้ำทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที เพื่อหาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ การดำเนินการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงแท่ง



	5	10	15	20	25	30
ถ่าน	1.30	1.70	2.05	2.05	2.33	2.00
PHC	15.83	19.38	20.25	19.28	17.40	15.53
PSC	0.00	0.43	1.48	2.60	4.03	5.28
nPHC	13.60	15.78	16.48	15.55	14.78	13.50
nPSC	1.43	1.30	1.28	1.13	1.08	1.03

รูปที่ 5 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมื่อทดสอบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแท่ง

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เพิ่มของเชื้อเพลิงแท่ง

เชื้อเพลิงแท่ง	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เพิ่ม (°C)
PSC	5.20 ± 5.25
nPSC	1.03 ± 0.66
PHC	15.53 ± 1.73
nPHC	13.50 ± 2.16
ถ่าน	2.00 ± 2.44

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของเชื้อเพลิงแท่งแต่ละแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α 0.05) พบว่ามีเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดเพียง 2 แบบ ที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นมากกว่า 10 องศาเซลเซียส คือ แบบที่ขึ้นรูปโดยใช้แป้งเปียกเป็นทรงกระบอกแบบมีรู และแบบที่ขึ้นรูปโดยไม่ใช้วัสดุประสานเป็นทรงกระบอกแบบมีรู ผลการทดสอบเมื่อสิ้นสุด 30 นาที อุณหภูมิของน้ำที่ได้รับความร้อนจากเชื้อเพลิงแท่งแบบขึ้นรูปด้วยแป้งเปียกเป็นทรงกระบอกแบบมีรู เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น เท่ากับ 15.53 ± 1.73 องศาเซลเซียส ส่วนเชื้อเพลิงแท่งแบบไม่ใช้วัสดุประสานขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกแบบมีรูนั้น ทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น 13.50 ± 2.17 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [t Stat 1.63; P(T≤t) two-tail 0.14; α 0.05] อย่างไรก็ตามได้วิเคราะห์ผลที่เวลา 15 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เชื้อเพลิงแท่ง 2 แบบข้างต้นทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 16.48 และ 20.25 องศาเซลเซียสประกอบด้วย พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานจริงเชื้อเพลิงแท่งทั้ง 2 แบบนั้นให้ผลเช่นเดียวกัน คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [t Stat 1.55; P(T≤t) two-tail 0.17; α 0.05]

3.11 ปริมาณของแข็งและเถ้าที่เหลือของเชื้อเพลิงแท่งจากการใช้งานจริง

เมื่อดำเนินการตามข้อ 3.10 เพื่อหาประสิทธิภาพในการใช้งานจริงของเชื้อเพลิงแท่งแล้ว จะมีปริมาณของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ แสดงได้ดังตารางที่ 8 พบว่า กากสับปะรดที่ขึ้นรูปแบบมีรู เผาไหม้ดีกว่าแบบทรงกระบอกตัน

ตารางที่ 8 ของแข็งและเถ้าที่เหลือของเชื้อเพลิงแท่ง

เชื้อเพลิงแท่ง	ปริมาณของแข็ง (%)	ปริมาณเถ้า (%)
PSC	19.03 ± 32.97	3.40 ± 0.77
nPSC	75.18 ± 4.18	4.26 ± 0.64
PHC	0	2.26 ± 0.11
nPHC	0	3.51 ± 0.39
ถ่าน	87.70 ± 8.30	0.71 ± 0.26

3.12 การหาปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงแท่ง

ผลวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงแท่งด้วยการเผาในเตาเผา ดังตารางที่ 8 พบว่า ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงแท่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α 0.05)

4. อภิปราย สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาหาแนวทางการผลิตเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรด โดยนำมาขึ้นรูปอย่างง่ายด้วย

มือ ใช้แม่พิมพ์อะลูมิเนียมที่สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว เลือกใช้วัสดุประสาน ได้แก่ กาวแป้งเปียก เนื่องจากจัดเตรียมไม่ยาก และเลือกใช้แป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติจึงไม่เกิดปัญหาจากฟอร์มัลดีไฮด์ที่พบในกาวสังเคราะห์ (พรชัย ราชตนะพันธุ์ และคณะ, 2553) แป้งมันสำปะหลังยังทำให้ได้แป้งเปียกที่มีความหนืดสูง เนื้อสัมผัสเหนียว มากกว่าแป้งชนิดอื่น (กล้าณรงค์ ศรีรอตและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546) ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างแป้งมันต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 3 โดยปริมาตร เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่เป็นที่นิยมใช้ทั่วไป นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติของกากสับปะรดที่เป็นเส้นใยสั้นๆ กำหนดสมมติฐานว่าด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจะทำให้ขึ้นรูปได้โดยไม่ต้องใช้วัสดุประสาน จึงทดสอบการขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงแท่งแบบไม่ใช้วัสดุประสานร่วมด้วย สำหรับรูปทรงเชื้อเพลิงแท่ง จำแนกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ทรงกระบอกตัน และทรงกระบอกที่มีรูตรงกลาง ตามสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการไหลของอากาศที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้ดีมากขึ้นได้ (สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม, 2559) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วยเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรด 4 แบบ ดังกล่าวข้างต้น

กาวแป้งเปียกสามารถนำมาใช้ขึ้นรูปกากสับปะรดเป็นเชื้อเพลิงแท่งได้ อัตราส่วนระหว่างกากอุตสาหกรรมต่อกาวแป้งเปียกทุกอัตราส่วนที่ทดสอบในงานวิจัยนี้ สามารถใช้ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งได้ทุกอัตราส่วน แต่เนื่องจากเงื่อนไขการใช้กาวแป้งเปียกปริมาณน้อยที่สุดที่สามารถใช้ขึ้นรูปกากสับปะรดได้ จึงเลือกใช้อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียก เท่ากับ 10 ต่อ 1

อัตราส่วนข้างต้นสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานกับกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงแท่ง (นันทนา ฤกษ์เกษม สิรินารี เงินเจริญ และชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ, 2560) อย่างไรก็ตามหากไม่คำนึงถึงต้นทุนการใช้กาวแป้งเปียกในการผลิตเชื้อเพลิงแท่งนี้ พบว่าการเพิ่มปริมาณกาวแป้งเปียกส่งผลให้ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งง่ายขึ้น แต่เชื้อเพลิงแท่งที่ได้จะแข็งมากขึ้น ควรทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแท่งอื่นๆ ประกอบด้วย

ผลการวิเคราะห์น้ำจากการแช่กากสับปะรดพบว่าหลังแช่กากสับปะรดในน้ำตามขั้นตอนการเตรียมวัสดุหลักเพื่อขึ้นรูปแล้ว สีปรากฏของน้ำเปลี่ยนแปลง จึงอาจส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ (อนวัช สังข์เพ็ชร, 2552) นอกจากนี้สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว กากสับปะรดอาจมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้แช่ในขั้นตอนการเตรียมกากสับปะรด หากผลิตเชื้อเพลิงแท่งหรือแช่กากสับปะรดในปริมาณมากและระบายน้ำดังกล่าวลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะอาจเกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำได้

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำจากการแช่กากสับปะรดแล้ว พบว่า ปริมาณกากสับปะรดทำให้สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ความเข้มสีจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากสับปะรด สอดคล้องกับค่าของแข็งละลาย อย่างไรก็ตามการตั้งทิ้งไว้เพื่อตกตะกอน สามารถลดระดับความเข้มสีปรากฏของน้ำจากการแช่กากสับปะรดได้ แต่ควรจะหาแนวทางจัดการกากตะกอนให้เหมาะสม ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจากการแช่กากสับปะรดลดลง กล่าวคือ มีความเป็นกรดมากขึ้นตามข้อสันนิษฐาน แนวโน้มเดียวกันกับค่าความเค็ม โดยค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าความเค็มเกิดจากเนื้อสับปะรดเท่านั้น เพราะกากสับปะรดที่นำมาใช้ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยสารเคมีใดๆ จึงควรหาวิธีปรับสภาพน้ำจากการแช่กากสับปะรดก่อนทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม

เมื่อขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งเสร็จสิ้น เชื้อเพลิงแท่งรูปทรงกระบอกตันมีปริมาตรมากกว่าจึงมีน้ำหนักมากกว่าเชื้อเพลิงแท่งแบบมีรู การใช้กาวแป้งเปียกไม่ส่งผลต่อน้ำหนักเนื่องจากชิ้นงานเชื้อเพลิงแท่งมีขนาดเล็ก แต่การใช้กาวแป้งเปียกมีผลต่อระยะเวลาการคงตัว ซึ่งสมมติฐานก่อนการทดสอบ คือ กาวแป้งเปียกมีผลให้ระยะเวลาการคงตัวของเชื้อเพลิงแท่งยาวนานขึ้น แต่ผลการทดสอบผกผันกับข้อสมมติฐานข้างต้น เนื่องจากกากสับปะรดเป็นเส้นใยสั้น พื้นผิวไม่สม่ำเสมอ เมื่ออัดเป็นเชื้อเพลิงแท่ง เส้นใยจึงเกี่ยวพันกันทำให้เกาะยึดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ ส่วนการใช้กาวแป้งเปียกนั้น เมื่อเชื้อเพลิงแท่งแห้ง มีความคงตัวมากกว่า แต่เมื่อสัมผัสน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายกาวแป้งเปียกที่ดี การละลายของกาวแป้งเปียกจึงทำให้ชิ้นงานเชื้อเพลิงแท่งหลุดหรือเสียสภาพได้รวดเร็ว การเสียสภาพจะเกิดขึ้นกับเชื้อเพลิงแท่งขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกแบบมีรูได้ง่ายกว่าแบบตันทั้งที่ใช้และไม่ใช้กาวแป้งเปียก ผลดังกล่าวสืบเนื่องมาจากการพื้นที่ผิวสัมผัสน้ำของเชื้อเพลิงแท่งแบบมีรูที่มากกว่าเชื้อเพลิงแท่งแบบตันเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามหากเชื้อเพลิงแท่งไม่สัมผัสน้ำ ความคงตัวจากลักษณะเส้นใยกากสับปะรดและกาวแป้งเปียก มีผลให้เชื้อเพลิงแท่งมีความแข็งแรง ไม่แตกร่วน พื้นที่ผิวสัมผัสยังส่งผลต่อค่าความชื้นของเชื้อเพลิงแท่งทรงกระบอกแบบมีรูที่มากกว่าเชื้อเพลิงแท่งตัน อย่างไรก็ตามผลวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากขนาดของเชื้อเพลิงแท่งเล็ก หากผลิตเชื้อเพลิงแท่งขนาดใหญ่ขึ้นอาจส่งผลต่อค่าความชื้นได้

ความพรุนของเชื้อเพลิงแท่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกระบวนการอัดเชื้อเพลิงแท่งเป็นการอัดเย็นด้วยมือ นอกจากนี้การใช้กาวแป้งเปียกที่ไม่เข้มข้นหรือไม่

เหนียวมากก็เป็นผลให้ความพรุนไม่แตกต่างจากเชื้อเพลิงแท่งที่ไม่ได้ใช้วัสดุประสาน เมื่อนำเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดไปใช้งานจริง พบว่า เชื้อเพลิงแท่งแบบตัน เมื่อติดไฟแล้วนำไปต้มน้ำ จะดับง่าย เผาไหม้ไม่หมด ในขณะที่เชื้อเพลิงแท่งแบบมีรู ติดไฟง่าย การเผาไหม้เกิดขึ้นทั้งบริเวณพื้นผิวภายนอกและกึ่งกลางแท่งเชื้อเพลิงหรือบริเวณรู การเผาไหม้ที่ดีกว่าทำให้เชื้อเพลิงแท่งแบบมีรูต้มน้ำได้ดีกว่าและเพิ่มอุณหภูมิน้ำได้มากกว่าเชื้อเพลิงแท่งทรงกระบอกตัน เมื่อเผาไหม้เสร็จสิ้น ไม่พบของแข็งคงเหลือจากการเผาไหม้สำหรับปริมาณเถ้านั้น ด้วยคุณลักษณะของกากสับปะรดและกากสับปะรดผสมกาวแป้งเปียกไม่แตกต่างกัน ปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นจึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปได้ว่า กากสับปะรดสามารถนำมาขึ้นรูปเพื่อใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงแท่งได้ ทั้งแบบผสมกับกาวแป้งเปียกหรือไม่ผสมกับกาวแป้งเปียก กรณีใช้กาวแป้งเปียกผสมกากสับปะรดเพื่อผลิตเชื้อเพลิงแท่ง อัตราส่วนระหว่างกากสับปะรดต่อกาวแป้งเปียก เท่ากับ 10:1 เป็นอัตราส่วนที่ประหยัดต้นทุนมากที่สุด ข้อดีที่แตกต่างกัน ระหว่างกรณีใช้และไม่ใช้กาวแป้งเปียกผสมกากสับปะรดเพื่อขึ้นรูป คือ การใช้กาวแป้งเปียกทำให้ขึ้นรูปง่ายขึ้น ส่วนการไม่ใช้วัสดุประสานนั้น มีข้อดี คือ หากเชื้อเพลิงแท่งเสียสภาพหรือเสียรูปทรง สามารถนำไปแช่น้ำแล้วนำมาขึ้นรูปได้ใหม่ และไม่ต้องเตรียมวัสดุประสานใดๆ ในการขึ้นรูป

การขึ้นรูปทรงเชื้อเพลิงแท่งทรงกระบอกแบบมีรู ทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้ดีกว่าเชื้อเพลิงแท่งทรงกระบอกแบบตัน เป็นผลให้ค่าความร้อนที่วัดจากประสิทธิภาพการใช้งานจริงระหว่างเชื้อเพลิงแท่งทรงกระบอกแบบมีรูแตกต่างกับแบบทรงกระบอกตันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียกเป็นทรงกระบอกแบบมีรู และเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปโดยไม่ใช้วัสดุประสานเป็นทรงกระบอกแบบมีรู มีประสิทธิภาพการใช้งานจริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปด้วยกาวแป้งเปียกเป็นทรงกระบอกตัน และเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปโดยไม่ใช้วัสดุประสานเป็นทรงกระบอกตัน

อย่างไรก็ตาม หากให้เสนอแนะรูปแบบของเชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดที่เหมาะสมที่สุด จากผลการวิจัยและเงื่อนไขการผลิตเชื้อเพลิงแท่งที่ง่าย ต้นทุนต่ำ ผู้วิจัยเสนอว่า *เชื้อเพลิงแท่งจากกากสับปะรดขึ้นรูปโดยไม่ใช้วัสดุประสานเป็นทรงกระบอกแบบมีรู* เหมาะสมมากที่สุดต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ควรวิเคราะห์ค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์หรือเครื่องมืออื่นๆ เพิ่มเติม ให้ทราบค่าความร้อนที่แม่นยำขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ผลสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ให้ถูกต้องมากขึ้นต่อไป นอกจากนี้ควรเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแท่งจากวัสดุอื่นเพื่อการเลือกใช้ที่เหมาะสมมากขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). *พลังงานทดแทน*. เข้าถึงได้จาก blog.pttexpresso.com/energy-sources-in-thailand/.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2546). *เทคโนโลยีของแป้ง*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทนา ฤกษ์เกษม, สิรินารี เงินเจริญ, และ ชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ. (2560). คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัด แท่งที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน. *วารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, *36*(1), 25-38.

ประลอง ดำรงค์ไทย. (2542). *แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน*. เข้าถึงได้จาก www.dnp.go.th/research/Knowledge/green_fuel.htm.

พรชัย ราชตนะพันธุ์ กนกศักดิ์ ลอยเลิศ และ ดำรง ใจเขื่อนแก้ว. (2553). *ผลของปริมาณของกาวแป้งผสมและขนาดผงจากเปลือกมะขามต่อคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด*. เข้าถึงได้จาก http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/data53/KC4806014.pdf.

สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม. (2559). *การอนุรักษ์พลังงานในระบบเตาเผา*. เข้าถึงได้จาก www.energypoints.info/download.

อนวัช สังข์เพ็ชร. (2552). *การกำจัดสีย้อมผ้าจากน้ำล้างสีย้อมผ้าโดยการใช้แกลบที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางเคมี*. เข้าถึงได้จาก www.kmutt.ac.th/rippc/bdyes.htm.

ID043

ผลของอะลูมินัมต่อการละลายของแคตไอออนสภาพเบสในเขตราก และการสะสมธาตุอาหารในมันสำปะหลัง

Aluminum Influences on Rhizosphere Basic Cation Solubility and Nutrient Accumulation in Cassava

ธัญญนัช ปั้นพุ่ม[1], ภราภรณ์ เหล็กสูงเนิน[1], สุรเชษฎ์ อร่ามรักษ์[1], ภัศจี คงศีล[2] และ วรชาติ วิศวพิพัฒน์[1*]

[1]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[*]E-mail: worachart.w@ku.th

Thanyanut Punpom[1], Parapond Leksungnoen[1], Surachet Aramrak[1], Pasajee Kongsil[2], and Worachart Wisawapipat[1,*]

[1]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[2]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[*]E-mail: worachart.w@ku.th

บทคัดย่อ

สภาพการละลายของอะลูมินัมสูงที่มักพบในดินกรดเป็นหนึ่งในข้อจำกัดการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามสภาพดังกล่าวอาจมีผลเชิงบวกต่อการละลายของธาตุอาหารพืชในเขตรากพืชและการสะสมธาตุอาหารในพืช งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของระดับอะลูมินัมต่อการเจริญเติบโต การละลายแคตไอออนสภาพเบส (โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) ในเขตรากและการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่ปลูกในวัสดุทรายล้างด้วยกรดเป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังได้รับอะลูมินัมระดับ 50 µmol Al L^{-1} ต่อสัปดาห์มีชีวมวลราก (7.45 g) และใบ (12.85 g) ของมันสำปะหลังต่ำกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ชีวมวลรากและใบเท่ากับ 13.52 g และ 17.34 g ตามลำดับ; P <0.05) การได้รับอะลูมินัมเหนี่ยวนำให้มันสำปะหลังปลดปล่อยกรดจากรากสูง (2.06 µmol h^{-1} g^{-1} fw root) กว่าการไม่ได้รับอะลูมินัมในตำรับควบคุม (0.56 µmol h^{-1} g^{-1} fw root) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการละลายของแคตไอออนสภาพเบสในเขตรากด้วยเทคนิคการสกัดเชิงลำดับพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำในเขตรากมีค่าสูงกว่าในทรายผสมรวม ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมดในเขตรากมีค่าต่ำกว่าทรายผสมรวม แต่ไม่มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในทรายในเขตรากและทรายผสมรวม ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในมันสำปะหลังพบว่าอะลูมินัมมีผลทำให้มันสำปะหลังสะสมโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบสูงขึ้น แต่ลดการสะสมธาตุดังกล่าวในราก อนึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นผลเชิงบวกของอะลูมินัมในการส่งเสริมการละลายของธาตุอาหารในเขตรากพืชและสะสมในมันสำปะหลัง แต่ระดับความเข้มข้นที่ส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารโดยไม่จำกัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการให้คำแนะนำเพื่อใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์สำปะหลังให้มีความสามารถในการปลดปล่อยโปรตอนเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นในกลไกที่เพิ่มความทนทานของมันสำปะหลังต่อสภาพดินกรดจัดและส่งเสริมการละลายของธาตุอาหารพืช

คำหลัก : อะลูมินัม, สภาพกรด, แคตไอออนสภาพเบส, ไรโซสเฟียร์

Abstract

High aluminum (Al) solubility in acid soils is a growth limiting factor for the plant; however, such condition may positively impact on nutrient solubility in the rhizosphere zone and accumulation in the plant. This study examined the effect of Al levels on growth, rhizosphere basic cation (potassium: K, calcium: Ca, and magnesium: Mg) solubility, and nutrient uptake in Rayong 9 cassava cultivar grown in acid-washed sand for 60 days. The results showed that the cassava that received Al at the rate of 50 µmol Al L^{-1} $weekly^{-1}$ had significantly lower root (7.45 g) and leaf (12.85 g) biomass compared to the control without Al addition (root and leaf biomass were 13.52 g and 17.34 g, respectively; P <0.05). Moreover, the Al treatment significantly induced higher proton release (2.06 µmol h^{-1} g^{-1} fw root) from roots than the control treatment (0.56 µmol h^{-1} g^{-1} fw root). Results from the rhizosphere basic cation solubility using a 3-step sequential extraction technique revealed that water-extractable K in rhizosphere sand was higher than in the bulk sand, and total-extractable Ca in rhizosphere sand was lower than in the bulk sand. However, there was no clear effect for the Mg extractability. The nutrient concentration analysis in cassava showed that the Al addition caused higher K, Ca, and Mg accumulations in the leaf compared to the control treatment but resulted in lower nutrient accumulations in the roots. This study highlighted the positive effects of Al in improving rhizosphere nutrient solublility and their accumulation in cassava, but the suitable Al levle for enhancing the nutrient uptake without deteriorating cassava growth needs to be further investigated.

คำหลัก : Aluminum, Acidity, Basic cations, Rhizosphere

1. บทนำ

การเพาะปลูกพืชเชิงเดี่ยวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปจากพื้นที่อย่างต่อเนื่อง และสูญเสียธาตุอาหารพืชจากดินไปกับผลผลิตจำนวนมาก ดินทางการเกษตรในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง มักเป็นดินที่มีสภาพกรดรุนแรงจนส่งผลให้สามารถเกิดอะลูมินัมที่ละลายได้สูงจนกระทั่งเป็นพิษต่อพืช รวมถึงทำให้ธาตุอาหารพืชในกลุ่มแคตไอออนสภาพเบสมีระดับต่ำ [1] การปลูกมันสำปะหลังจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมเพื่อชดเชยการสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต อีกทั้งการชะล้างของแคตไอออนสภาพเบสจากสภาพกรดที่รุนแรงร่วมกับ สภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นโดยทั่วไป มันสำปะหลังเป็นพืชในเขตร้อนชื้นที่มักปลูกในดินอันดับ Ultisols [2] ซึ่งเป็นดินที่มีพัฒนาการสูง มีแคตไอออนสภาพเบส เช่น แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และโพแทสเซียม (K^{+}) ต่ำ จึงส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ข้อจำกัดทางดิน (soil constraint) เช่น ความเป็นพิษของธาตุโลหะ (metal toxicity) หรือความขาดแคลนธาตุอาหาร (nutrient deficiency) มีผลให้เกิดความเครียดของพืช (plant stress) มีงานวิจัยพบว่า พืชสามารถปลดปล่อยแอนไอออนอินทรีย์ (organic anion) จากรากเพื่อช่วยลดความเป็นพิษจากธาตุโลหะ (metal detoxification) และเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารในพืช (nutrient acquisition) นอกจากการปลดปล่อยแอนไอออนอินทรีย์แล้ว การปลดปล่อยโปรตอน (proton) จากรากพืช เป็นอีกหนึ่งกลไกในพืชเพื่อตอบสนองต่อสภาพความเครียดของพืช เช่น พืชจะปลดปล่อยโปรตอนในระดับที่สูงขึ้น เมื่อพืชได้รับอะลูมินัมในระดับที่เป็นพิษ [3,4] อย่างไรก็ตามการปลดปล่อยโปรตอนจากรากพืชย่อมส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดินในเขตราก (rhizosphere) โดยทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้น และมีผลกระทบต่อการละลายของธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารในกลุ่มแคตไอออนสภาพเบส (basic cations) เช่น แคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีสภาพการละลายได้ดีในสภาพกรดดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า อะลูมินัมที่ละลายได้ในระดับสูงอาจมีผลเชิงบวกต่อพืชโดยทำให้พืชได้รับธาตุอาหารในกลุ่มเหล่านี้ได้สูงขึ้น

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ คือ 1) เพื่อทดสอบอิทธิพลของระดับอะลูมินัมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพการละลายของแคตไอออนสภาพเบสในเขตรากของมันสำปะหลัง และ 2) เพื่อศึกษาผลของอะลูมินัมต่อการสะสมของแคตไอออนสภาพเบสในมันสำปะหลัง

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ศึกษาอิทธิพลของระดับอะลูมินัมต่อการปลดปล่อยโปรตอนจากรากมันสำปะหลัง

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบผลของอะลูมินัมต่อการปลดปล่อยโปรตอนจากรากมันสำปะหลัง โดยใช้วัสดุทรายล้างด้วยกรดเพื่อละลายธาตุอาหารและสิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่ติดกับวัสดุทราย นอกจากนี้สามารถควบคุมปัจจัยความเข้มข้นของธาตุอาหารในทุกหน่วยการทดลองได้ อนึ่ง งานวิจัยนี้ใช้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์ทดสอบโดยสามารถให้ผลผลิตสูงอยู่ในช่วงระหว่าง 11-12 ตันต่อไร่ที่อายุ 13 เดือน โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ที่ 25-28%

ทำการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ท่อนพันธุ์ความยาว 15 เซนติเมตร ปักท่อนพันธุ์ลึก 7 เซนติเมตร ลงในภาชนะพลาสติกที่ได้บรรจุทรายล้างน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ทำการทดสอบอิทธิพลความเข้มข้นของอะลูมินัม 2 ระดับ คือ ที่ระดับ 0 µmol Al L^{-1} (ตำรับควบคุม) และ 50 µmol Al L^{-1} โดยเตรียมสารละลาย Al จากเกลือ $AlCl_3$ ปรับพีเอชให้เท่ากับ 5.0 ทำการให้สารละลายอะลูมินัม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ร่วมกับการให้สารละลายธาตุอาหารปริมาตร 300 มิลลิลิตร โดยสารละลายธาตุอาหาร ประกอบไปด้วย 1,000 µmol N L^{-1}; 10 µmol P L^{-1}; 250 µmol K L^{-1}; 1,000 µmol Ca L^{-1}; 200 µmol Mg L^{-1}; 825 µmol S L^{-1}; 20 µmol Fe L^{-1}; 3.0 µmol B L^{-1}; 0.1 µmol Cu L^{-1}; 0.25 µmol Mn L^{-1}; 0.50 µmol Zn L^{-1}; 0.04 µmol Co L^{-1}; 0.02 µmol Mo L^{-1}; 1.0 µmol Ni L^{-1}; and 15 µmol Cl L^{-1} สารละลายธาตุดังกล่าวเป็นสารละลายธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง [5]

เมื่อครบกำหนด 60 วันทำการเก็บตัวอย่างทรายผสมรวม (bulk sand) และทรายในเขตราก (rhizosphere sand) โดยตัวอย่างทรายผสมรวมคือ ตัวอย่างทรายที่ไม่ติดกับรอบราก ส่วนทรายเขตในเขตรากคือ ทรายที่ติดบริเวณรอบราก ทำการเก็บโดยการใช้แปรงปัดทรายให้หลุดจากรากมันสำปะหลัง หลังจากนั้นทำการล้างรากให้สะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออน และทำการจุ่มรากมันสำปะหลังลงในสารละลายแคลเซียมซัลเฟตเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของสารละลาย เพื่อคำนวณปริมาณโปรตอนที่ปลดปล่อยจากรากพืช ทำการเก็บตัวอย่าง ราก ลำต้น และใบมันสำปะหลัง พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักชีวมวลสดและแห้ง จากนั้นอบตัวอย่างพืชให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่อไป

2.2 การวิเคราะห์สภาพการละลายของธาตุแคตไอออนสภาพเบสในทรายผสมรวมและเขตราก

ใช้เทคนิคการสกัดเชิงลำดับ (sequential extraction) 3 ขั้นตอน เพื่อศึกษาสภาพการละลายของทรายในทั้งสองส่วนคือ ทรายผสมรวมและทรายในเขตราก โดยทำการชั่งวัสดุทรายลงในหลอดเซนทริฟิวจ์หนัก 1 g และทำการสกัดด้วยน้ำ (F1) [6] และสารละลาย 1M $MgCl_2$ (F2) [7] และกรด aqua regia (F3) [8] ตามลำดับ การสกัดดังกล่าวสามารถอธิบายแหล่งของธาตุในดินได้ 3 แหล่งตามลำดับ คือ 1) แหล่งที่พร้อมจะเป็นประโยชน์ต่อพืช 2) แหล่งที่แลกเปลี่ยนได้ และ 3) แหล่งที่ทนทาน วิธีการสกัดเชิงลำดับนี้ ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนหรือรูปของธาตุแคตไอออนสภาพเบส สามารถอธิบายถึงรูปที่พร้อมใช้และรูปที่เป็นประโยชน์ในระยะสั้นและยาวของธาตุอาหารในระบบดิน

2.3 การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

ทำการชั่งตัวอย่างพืชบดละเอียดน้ำหนักประมาณ 200 mg ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง จากนั้นเติมกรด HNO_3 เข้มข้นปริมาตร 6 ml ทำการย่อยที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที และทำการย่อยที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที หลังจากตัวอย่างเย็นแล้วเติมกรด $HClO_4$ เข้มข้นปริมาตร 2 ml และทำการย่อยที่อุณหภูมิ 215 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที โดยเริ่มจับเวลาหลังจากเกิดควันสีขาว เมื่อครบกำหนดเวลาและหลอดย่อยตัวอย่างเย็นแล้ว ให้ทำการปรับปริมาตรเป็น 25 ml ด้วยน้ำปราศจากไอออน ทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปประจุ

บวก ได้แก่ K, Ca และ Mg ด้วย ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (Optima 8300 ICP-OES; PerkinElmer; Waltham, MA, USA) คำนวณความเข้มข้นของธาตุอาหารจากน้ำหนักแห้ง

นอกจากนี้คำนวณค่า Translocation factor (TF) จากความเข้มข้นของธาตุในส่วนเหนือดินเทียบกับความเข้มข้นของธาตุในส่วนราก ดังนี้

$$TF = C_{above} / C_{root}$$

โดยที่ C_{above} คือ ความเข้มข้นในส่วนเหนือดิน และC_{root} คือ ความเข้มข้นของราก

2.4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตรวจสอบความปกติของข้อมูลและความสม่ำเสมอของข้อมูลโดยใช้การทดสอบ Shapiro-Wilks และ Levene ตามลำดับ การทดสอบ ANOVA แบบทางเดียว (ข้อมูลที่กระจายแบบปกติ) และ Welch (ข้อมูลที่ไม่มีการกระจายแบบปกติ) ใช้เพื่อบ่งชี้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่าง ๆ (พันธุ์และระดับอะลูมินัม) ที่ระดับ P <0.05 การทดสอบของ Duncan และการทดสอบ Games-Howell ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบปกติและแบบไม่ปกติตามลำดับ

3. ผลการทดลอง

ผลการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย ผลของความเข้มข้นของอะลูมินัม 2 ระดับ ได้แก่ ระดับ 0 µmol Al L^{-1} (ตำรับควบคุม) และ 50 µmol Al L^{-1} ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และการปลดปล่อยโปรตอนจากรากมันสำปะหลัง ปริมาณของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ด้วยวิธีการสกัดเชิงลำดับของการละลายของธาตุในทรายผสมรวมและทรายในเขตรากที่อายุ 60 วัน และการสะสมโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1. ผลของอะลูมินัมต่อการเจริญเติบโตและการปลดปล่อยโปรตอนของมันสำปะหลัง

อะลูมินัมส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (ตารางที่ 1) โดยมีผลทำให้น้ำหนักสดของรากและใบของมันสำปะหลัง (7.45 และ 12.85 g ตามลำดับ) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (13.52 และ 17.34 g ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังมีผลต่อค่าพีเอชที่วัดได้จากสาระลายแคลเซียมซัลเฟต โดยค่าพีเอชในตำรับที่ใส่อะลูมินัมที่ 50 µmol L^{-1} มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.22 ซึ่งต่ำกว่าตำรับควบคุมที่ไม่ใส่อะลูมินัม (pH 5.53) เมื่อคำนวณเป็นปริมาณโปรตอนที่ปลดปล่อยจากรากมันสำปะหลัง ตำรับที่ได้รับอะลูมินัมมีปริมาณโปรตอนเท่ากับ 2.06 µmol h^{-1} g^{-1} fw root ซึ่งสูงกว่าตำรับควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 0.56 µmol h^{-1} g^{-1} fw root อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าความเป็นพิษของอะลูมินัมมีผลต่อการยับยั้งการเติบโตของมันสำปะหลังและส่งผลให้พืชเกิดความเครียด เห็นได้ว่ามันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อสภาพเครียดโดยสร้างกลไกการปลดปล่อยโปรตอน ซึ่งสอดคล้องกันกับค่าพีเอชของสารละลายที่ลดลงในตำรับที่มีอะลูมินัม หรือการปลดปล่อยกรดอินทรีย์จากรากพืช โดยเฉพาะ citrate, malate และ oxalate เพื่อลดความเป็นพิษของอะลูมินัมในรูป Al^{3+} [9,10] โดยการตกตะกอนร่วมกันของอะลูมินัมไอออนกับหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ของกรดอินทรีย์เป็นสารประกอบเชิงซ้อน จึงเป็นผลทำให้ลดการเคลื่อนที่ของอะลูมินัม [11] จากข้อสังเกตพืชที่มีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์สูง เช่น ข้าว ข้าวสาลี หรือถั่ว พบว่าสามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดและความเป็นพิษของอะลูมินัมได้ดี [12,13]

ตารางที่ 1 ผลของระดับอะลูมินัมต่อชีวมวลราก ชีวมวลใบ พีเอชในสารละลายแคลเซียมซัลเฟต ปริมาณโปรตอนที่ปลดปล่อยจากรากมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

ทรีตเมนต์	ชีวมวลราก	ชีวมวลใบ	พีเอช ($CaSO_4$)	โปรตอนจากราก (µmol h^{-1} g^{-1} fw root)
Al_0	13.52±2.12^a	17.34±3.68^a	5.53±0.14^a	0.56±0.17^b
Al_{50}	7.45±2.40^b	12.85±3.18^b	5.22±0.27^b	2.06±0.72^a
F-test	*	*	*	*
CV(%)	36.14	24.38	4.88	69.77

3.2 การละลายของธาตุแคตไอออนสภาพเบสในทรายผสมรวมและไรโซสเฟียร์

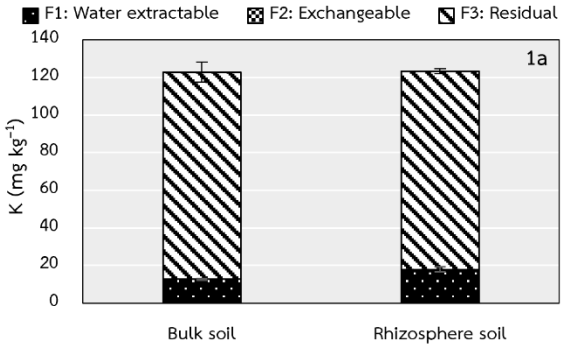
ผลของการสกัดเชิงลำดับ 3 ขั้นตอนเพื่ออธิบาย 1) ส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำ 2) ส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ และ 3) ส่วนที่

ทนทานของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในทรายผสมรวมและไรโซสเฟียร์ที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังที่ได้รับอะลูมินัมในระดับ 50 µmol Al L^{-1} ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1–3

สำหรับปริมาณของโพแทสเซียม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารูปของโพแทสเซียมส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ทนทาน (86–90% ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด, รูปที่ 1) ตามด้วยรูปที่สกัดได้ด้วยน้ำ (10–14% ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) แต่ไม่พบในส่วนรูปที่แลกเปลี่ยนได้

เมื่อเปรียบเทียบรูปของโพแทสเซียมที่สกัดได้ระหว่างทรายผสมรวมและไรโซสเฟียร์ พบว่าทรายในเขตรากมีโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำ (14% ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) สูงกว่าทรายผสมรวม (10% ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) ในทางตรงกันข้ามทรายผสมรวมมีโพแทสเซียมในรูปที่ทนทาน (89% ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) สูงกว่าทรายในเขตราก (85% ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) ในภาพรวมแสดงให้เห็นว่าอะลูมินัมส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในเขตรากพืชมีค่าสูงกว่าทรายผสมรวม

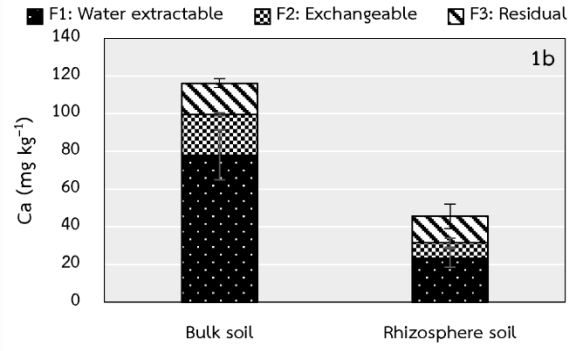
สำหรับแคลเซียมนั้น เมื่อพิจารณาถึงปริมาณที่สกัดได้ทั้งหมดพบว่า ผลรวมของธาตุที่สกัดได้ด้วยน้ำ ส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ และส่วนที่ทนทาน (รูปที่ 2) มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในส่วนของทรายในเขตรากมีค่าเท่ากับ 46 mg kg^{-1} ซึ่งต่ำกว่าทรายผสมรวมที่มีค่าเท่ากับ 116 mg kg^{-1}



รูปที่ 1 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดด้วยน้ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโพแทสเซียมที่ทนทาน ในทรายผสมและทรายในเขตรากของมันสำปะหลังระยอง 9 ที่ระดับอะลูมินัม (50 µmol L^{-1}) เป็นเวลา 60 วัน

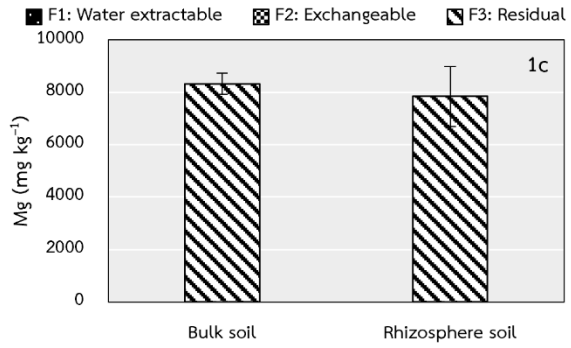
เมื่อพิจารณาสัดส่วนรูปของแคลเซียมที่สกัดได้ทั้ง 3 รูป พบว่ารูปของแคลเซียมส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่สกัดได้ด้วยน้ำ (51–67% ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) ตามด้วยรูปที่ทนทาน (14–31% ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) และรูปที่แลกเปลี่ยนได้พบได้ในปริมาณต่ำที่สุด (18–19% ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด)

เมื่อเปรียบเทียบรูปของแคลเซียมที่สกัดได้ระหว่างระหว่างทรายผสมรวมและไรโซสเฟียร์พบว่าสัดส่วนของรูปที่ละลายน้ำได้และรูปที่แลกเปลี่ยนได้ของทรายผสมรวม (67% และ 19% ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด, ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าทรายในเขตราก (51% และ 18% ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด, ตามลำดับ) สำหรับแคลเซียมในรูปที่ทนทานนั้นทรายในเขตราก (31% ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด) จะมีสัดส่วนสูงกว่าทรายผสมรวม (14% ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ทั้งหมด)



รูปที่ 2 ปริมาณแคลเซียมที่สกัดด้วยน้ำ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแคลเซียมที่ทนทาน ในทรายผสมและทรายในเขตรากของมันสำปะหลังระยอง 9 ที่ระดับอะลูมินัม (50 µmol L^{-1}) เป็นเวลา 60 วัน

สำหรับปริมาณของแมกนีเซียมที่สกัดได้นั้น (รูปที่ 3) แสดงให้เห็นว่าปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดของทรายในเขตราก (7,845 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำกว่าทรายผสมรวมเล็กน้อย (8,324 mg kg^{-1}) ส่วนรูปของแมกนีเซียมพบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในส่วนที่ทนทานคิดเป็น 99.92-99.95% ของส่วนที่สกัดได้ทั้งหมด ส่วนรูปที่สกัดได้ด้วยน้ำและรูปที่แลกเปลี่ยนได้พบในสัดส่วนน้อยมาก (<0.08% ของส่วนที่สกัดได้ทั้งหมด) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนในด้านสัดส่วนของรูปแมกนีเซียมของทรายผสมรวมและทรายในเขตราก



รูปที่ 3 ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดด้วยน้ำ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่ทนทาน ในทรายผสมและทรายในเขตรากของมันสำปะหลังระยอง 9 ที่ระดับอะลูมินัม (50 µmol L^{-1}) เป็นเวลา 60 วัน

3.3 ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

จากผลการทดลองพบว่า ระดับของอะลูมินัมมีผลทางสถิติต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในราก และความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียมในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2; P <0.05) โดยเมื่อพืชได้รับอะลูมินัมส่งผลทำให้ลดการสะสมโพแทสเซียมในรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับมีผลเพิ่มการสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

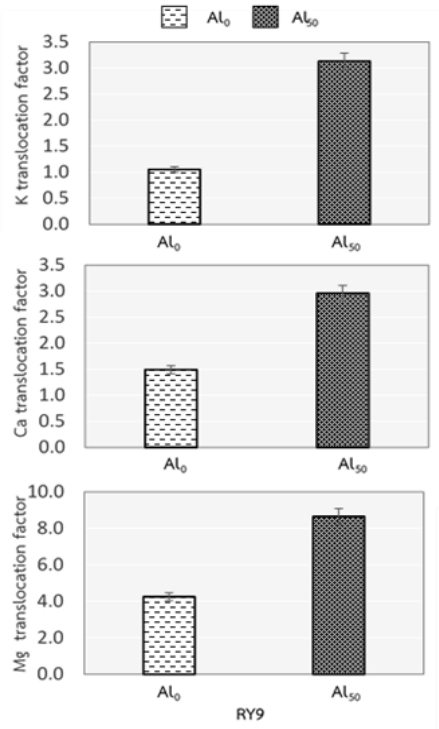
อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในราก รวมถึงความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในในตำรับที่มันสำปะหลังได้รับอะลูมินัมเทียบกับตำรับควบคุม

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (mean ± SD) ของความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่อายุ 60 วัน

ทรีตเมนต์	โพแทสเซียม (mg kg^{-1})	แคลเซียม (mg kg^{-1})	แมกนีเซียม (mg kg^{-1})
สะสมในราก			
Al_0	33,540± 6,632^a	18,663± 2,482	5,979± 602
Al_{50}	21,297 ± 4,767^b	14,436± 3,964	4,930 ±1511
F-test	*	ns	ns
CV(%)	32	24	21
สะสมในลำต้น			
Al_0	33,540± 6,632	18,663± 2,482	5,979± 602
Al_{50}	21,297± 4,767	14,436± 3,964	4,930±1,511
F-test	ns	ns	ns
CV(%)	21	12	20
สะสมในใบ			
Al_0	14,639± 3,831	22,719± 1666^b	3,248.59± 408^b
Al_{50}	18,658± 3,784	29,179± 3,784^a	4,155.72±370^a
F-test	ns	*	*
CV(%)	20	17	16

3.4 Translocation factor

ค่า Translocation factor (TF) เป็นค่าการคำนวณสัดส่วนการสะสมของธาตุในส่วนเหนือดินเทียบกับธาตุในส่วนราก จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่า TF ของธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในตำรับควบคุมที่ไม่ได้รับอะลูมินัมที่มีค่าสูงกว่า 1.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังสามารถสะสมและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากรากไปสู่ส่วนเหนือดินได้ดี



รูปที่ 4 ค่า Translocation factor ของธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่ได้รับอะลูมินัม (0 และ 50 µmol Al L^{-1}) เป็นเวลา 60 วัน

อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังได้รับอะลูมินัมที่ระดับ 50 µmol Al L^{-1} มีค่า TF ของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจาก 1.05 ในตำรับควบคุมเป็น 3.13 ในตำรับที่ได้รับอะลูมินัม ส่วนค่า TF ของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นจาก 4.25 ในตำรับควบคุม เป็น 8.66 ในตำรับที่ได้รับอะลูมินัม และค่า TF ของธาตุแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นจาก 1.49 ในตำรับควบคุม เป็น 2.96 ในตำรับที่ได้รับอะลูมินัม ในภาพรวม เมื่อมันสำปะหลังได้รับอะลูมินัมจะส่งผลทำให้มีการเคลื่อนที่ของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินสูงขึ้นซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการส่งเสริมการละลายธาตุอาหารในเขตรากโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับธาตุโพแทสเซียมและแคลเซียมที่พบการละลายสูงในเขตรากเมื่อเทียบกับทรายผสมรวม

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากการทดสอบการปลูกมันสำปะหลังวัสดุทรายสะอาดที่ล้างด้วยกรด ที่ได้รับระดับอะลูมินัม 50 µmol Al L^{-1} เทียบกับที่ไม่ได้รับอะลูมินัม พบว่า การได้รับอะลูมินัมส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีชีวมวลรากและชีวมวลใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การได้รับอะลูมินัมยังมีผลทำให้มันสำปะหลังปลดปล่อยกรดออกจากรากมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับไม่ได้รับอะลูมินัม การปลดปล่อยกรดจากรากของมันสำปะหลัง มีผลสืบเนื่องต่อการละลายของแคตไอออนสภาพเบสในเขตราก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งมีสภาพการละลายสูงกว่าในทรายผสมรวม นอกจากนี้การให้อะลูมินัมยังมีผลทำให้พืชมีการเคลื่อนที่ของแคตไอออนสู่ส่วนใบในสัดส่วนสูงขึ้น แต่มีผลลดการสะสมแคตไอออนในส่วนรากเมื่อเทียบกับตำรับควบคุมที่ไม่ได้รับอะลูมินัม

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงผลเชิงลบของอะลูมินัมในการลดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง แต่มีผลเชิงบวกคือเพิ่มการดูดใช้โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนเหนือดิน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การได้รับอะลูมินัมในระบบดินไม่ได้มีแต่ผลเสียเพียงอย่างเดียว แต่มีผลเชิงบวกในแง่ของการละลายธาตุอาหารในกลุ่มแคตไอออนสภาพเบส อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงระดับหรือสัดส่วนของความเข้มข้นของอะลูมินัมที่ในระบบดินที่ช่วยส่งเสริมการละลายของธาตุอาหารแต่ไม่มีผลจำกัดการเจริญเติบโตของมันปะหลังเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับทุนพัฒนานักวิจัยรุ่นกลาง RSA62 ของ รหัสโครงการ RSA6280080

เอกสารอ้างอิง

[1] วิศิษฐ์ โชลิตกุลและ สำเนา เพชรฉวี 2540. ธาตุอาหารเสริมเพื่อการเกษตร.หน้า 7-11. ใน เอกสารวิชาการเรื่อง สาร ปรับปรุงบำรุงดิน ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม.กองปฐพีวิทยากรมวิชาการเกษตร

[2] Kheoruenromne, I. and Vijansorn, P., 2003, Soil Taxomony of Thailand, Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)

[3] Calba H., Jaillard B., 1997. Effect of aluminium on ion uptake and H+ release by maize. New Phytol. 137, 607-616. https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1997.00858.x

[4] Rufyikiri G., Dufey J.E., Nootens D., Delvaux B., 2001. Effect of aluminium on bananas (Musa spp.) cultivated in acid solutions. II. Water and nutrient uptake. Fruits 56, 5-16. https://doi.org/10.1051/fruits:2001107

[5] Howeler, R.H., C. Asher and D. Edwards. 1982. Establishment of an effective endomycorrhizal association on cassava in flowing solution culture and its effects on phosphorus nutrition. New Phytologist. 90: 229-238.

[6] Séguin, V., C. Gagnon and F. Courchesne. 2004. Changes in water extractable metals, ph and organic carbon concentrations at the soil-root interface of forested soils. Plant and Soil. 260: 1-17.

[7] Tessier, A., Campbell, P. G., & Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Analytical chemistry, 51(7), 844-851.

[8] Chen, M. and L.Q. Ma. 2001. Comparison of three aqua regia digestion methods for twenty Florida soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 491–499.

[9] Chauhan, D. K., Yadav, V., Vaculík, M., Gassmann, W., Pike, S., Arif, N. and D. K. Tripathi. 2021. Aluminum toxicity and aluminum stress-induced physiological tolerance responses in higher plants. Critical Reviews in Biotechnology. 41: 715-730.

[10] Horst, W. J., Wang, Y. and D. Eticha. 2010. The role of the root apoplast in aluminium-induced inhibition of root elongation and in aluminium resistance of plants: a review. Annals of botany, 106:185-197.

[11] Ma, J. F. 2000. Role of organic acids in detoxification of aluminum in higher plants. Plant and cell physiology. 41: 383-390.

[12] Liu, M. Y., Lou, H. Q., Chen, W. W., Piñeros, M. A., Xu, J. M., Fan, W. and J.L. Yang, J. 2018. Two citrate transporters coordinately regulate citrate secretion from rice bean root tip under aluminum stress. Plant, Cell & Environment, 41(4), 809-822.

[13] Sun, C., Lv, T., Huang, L., Liu, X., Jin, C. and X. Lin. 2020. Melatonin ameliorates aluminum toxicity through enhancing aluminum exclusion and reestablishing redox homeostasis in roots of wheat. Journal of Pineal Research. 68: e12642.

พฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานกรุงศรีออโต้ ในสำนักงานธนาคารกรุงศรีสาขาเพลินจิตในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

Environmental conservation behavior of Krungsri Auto employees in Krungsri Ploenchit bank office during the Coronavirus 2019

ธนพร ไตรสังข์[1*] ทัศนาวลัย อุฑารสกุล[2*]

[1] หลักสูตรการสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

[*]E-mail: mint_1299@hotmail.com, tatsanawalai.ut@ssru.ac.th

Thanapron Trisang[1*] Tatsanawalai Utarasakul[2*]

[1]Sustainable Urban and Industrial Environment Management Program, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

[2]Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

[*]E-mail: mint_1299@hotmail.com, tatsanawalai.ut@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส 2019 ทำให้ผู้คนเกิดการปรับตัวและเกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ของโรค ในการปรับตัวนั้นยังก่อให้เกิดผลกระทบตามหลายด้านทั้งด้านปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและด้านของการใช้พลังงานรวมถึงปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นปัญหาของสถานการณ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตั้งสมมุติฐานว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อพฤติกรรมของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานในสำนักงานกรุงศรีออโต้ สาขาเพลินจิต ช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือนเมษายน ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 โดยใช้แบบสอบถาม ประชากรประกอบด้วย พนักงานของสำนักงานกรุงศรีออโต้ จำนวน 737 คน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 259 คน สุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน ผลการศึกษาระบุได้ว่าระดับพฤติกรรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานอยู่ที่ระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.08, S.D. = 0.26) เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่าพฤติกรรมที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.20) รองลงมาคือ ปิดคอมพิวเตอร์ที่สำนักงานในช่วงโควิดที่ต้อง Work from Home ($\bar{x}$= 4.34, S.D. = 0.65) และพฤติกรรมการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในช่วงโควิดแทนการนำข้าวมาจากที่บ้าน ($\bar{x}$ = 4.26, S.D. = 0.82) ตามลำดับ ผลการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานในสำนักงานกรุงศรีออโต้ สาขาเพลินจิต ช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน มีพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในสำนักงานที่ไม่แตกต่างกันอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำหลัก พฤติกรรม , การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม, เชื้อไวรัสโคโรนา 2019

Abstract

The 2019 coronavirus epidemic has caused people to adapt and change their lifestyle to suit the situation of the disease. In the adaptation, it also caused effects in many aspects. Both in terms of environmental problems and in terms of energy consumption as well as the increasing amount of waste. The researcher therefore foresaw the problem of situations affecting the environment by hypothesizing which factors affect the behavior of environmental conservation. The objective of this study was to study environmental conservation behavior of employees at Krungsri Auto office, Ploenchit branch during the epidemic situation of the Coronavirus classified by personal factors. This data were collected during April to May, 2022 by the questionnaire. Population composed of employees in the Krungsri Auto office total 737 persons and sample group of employee 259 persons by using multi stage sampling. The results of the study indicated that the level of environmental conservation behavior among employees at the highest level ($\bar{x}$= 4.30, S.D. = 0.15) when focusing in detail, the most level of environmental conservation behavior during the Covid-19 is using of fabrics bag instead of plastic bag ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.20) followed by turned off the computer at the office during the Covid-19 that had to work from home ($\bar{x}$ = 4.34, S.D. = 0.65) and order delivery food instead of bring food from home ($\bar{x}$ = 4.26, S.D. = 0.82), respectively. The results of a comparative study of differences in environmental conservation behavior of employees at Krungsri Auto office, Ploenchit branch during the epidemic situation of the corona virus classified by personal factors. The difference personal factors were no significant differences in environmental conservation behaviors in the offices.

Keywords: Behavior, Environmental Conservation, Coronavirus 2019

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ซึ่งมีความฉลาดและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้มนุษย์สามารถแสวงหาและนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในปริมาณที่มากขึ้นและรวดเร็วส่งผลทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากยิ่งขึ้น [1] โดยมีการนำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการในการดำรงชีวิตทำให้เกิดความสะดวกสบายของมนุษย์ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ ซึ่งบางครั้งเกินความจำเป็นจนทำให้ระบบนิเวศต่างๆ เสียสมดุลและส่งผลต่อทรัพยากรธรรมชาติบางอย่างเสื่อมโทรมร่อยหรอหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจนไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ดังเดิม ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่เกิดจากการขาดความรู้และความเข้าใจในเรื่องของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง

ในปัจจุบันทั้งทางภาคอุตสาหกรรมโรงงานและสำนักงานต่างๆ มีความต้องการในการบริโภคและอุปโภคทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมีบทบาทที่ความสำคัญเพราะพฤติกรรมของมนุษย์ที่จะนำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม แนวทางการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับความรู้และความเข้าใจของพฤติกรรมมนุษย์เป็นอย่างมาก การกระทำของแต่ละบุคคลหรือองค์และชุมชนต่างๆสามารถเยี่ยวยาปัญหาสิ่งแวดล้อม ถ้าคนส่วนใหญ่มีความห่วงใยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ความห่วงใยดังกล่าวสามารถขยายไปสู่การกระทำที่มีจำนวนคนมากขึ้นเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเป็นแนวโน้มของการกระทำด้วยความตั้งใจทางบวกต่อสิ่งแวดล้อม [2]

ในปัจจุบันประเทศไทยยังคงเผชิญกับสถานการณ์การระบาดของ Covid-19 ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากระบาดหลายระลอก และมีการแพร่ระบาดไปในวงกว้างอย่างรวดเร็วจนก่อให้เกิดเป็นภาวะวิกฤต ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในหลากหลายมุมจนต้องมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตสู่วิถีชีวิต

ใหม่ ”New Normal” เมื่อวิถีชีวิตเปลี่ยนไป ความต้องการด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยมีเพิ่มสูงขึ้น และ 'พลาสติก' ก็จัดเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวในด้านของบรรจุภัณฑ์เกี่ยวกับอาหารและเพื่อการขนส่ง รวมกระทั่งอุปกรณ์ทางการแพทย์ จึงมีการอุปโภคกันเพิ่มขึ้นอย่างมาก [3] ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอาทิการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะหน้ากากอนามัยขยะติดเชื้อ ขยะพลาสติกจากการให้บริการฟู้ดเดลิเวอรี่ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 62 ในเขตกรุงเทพมหานคร คิดเป็นปริมาณขยะพลาสติกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2,120 ตันต่อวัน ในปี 2562 เป็นประมาณ 3,440 ตันต่อวัน ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน 2563 และการระบาดรอบใหม่ในปี 2564 มีการเพิ่มขึ้นของขยะพลาสติกในเดือนเมษายนเพิ่มขึ้นจากเดือนมีนาคม 2564 กว่าร้อยละ 7.61 [4] ซึ่งปริมาณขยะพลาสติกที่เพิ่มขึ้นครั้งนี้เป็นการละเลยจากการใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติกและการที่ไม่ได้นำภาชนะมาใช้ซ้ำเนื่องจากลดการสัมผัสของใช้ส่วนตัวของผู้ซื้อ แม้แต่ร้านเครื่องดื่มรายใหญ่หลายๆแห่ง และร้านอาหารยังปฏิเสธรับแก้วและกล่องข้าวหรือภาชนะส่วนตัวจากผู้ซื้อในบางช่วง แม้ว่าผู้เชียวชาญด้านสุขภาพยืนยันหนักแน่นว่า ภาชนะบรรจุอาหารแบบใช้ซ้ำสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยหากใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ใช้กันอยู่ในครัวเรือน [5] สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย หรือ TDRI เคยประเมินว่า 1 ยอดการสั่งซื้ออาหารออนไลน์ จะมีขยะพลาสติกเฉลี่ย 7 ชิ้น ประกอบด้วย กล่องอาหาร ถุงใส่น้ำจิ้ม ช้อนพลาสติก ส้อมพลาสติก ถุงใส่ช้อนส้อม ถุงน้ำซุป และถุงพลาสติกหูหิ้วสำหรับใส่อาหาร

สิ่งที่ควรตระหนักหลังจากสถานการณ์แพร่ระบาดของ Covid-19 เมื่อเริ่มมีการผ่อนคลายมาตรการล็อคดาวน์ ปริมาณขยะและขยะพลาสติกจะยังคงเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคมาใช้แพลตฟอร์มออนไลน์มากขึ้น [6] และถึงแม้ในช่วง Covid-19 มีการลดใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ก็เป็นการลดพลังงานที่ไม่ยั่งยืนเพราะเมื่อสถานการณ์กลับมาเป็นปกติดังเดิมก็จะมีการใช้พลังงานที่สูงขึ้นเหมือนก่อนช่วงที่ยังไม่มีการแพร่ระบาดของ Covid-19

การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในสำนักงานหรือสถานที่ปฏิบัติงานเพราะในปัจจุบันหลายๆองค์กรเริ่มมุ่งเน้นเรื่องสิ่งแวดล้อมและทำให้องค์กรเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ้งเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างบทบาทที่ดีทำให้องค์กรมีความน่าเชื่อถือทั้งด้านเศรษฐกิจและด้านการรักษาและรู้คุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตของคนในสำนักงานปลูกฝังลักษณะนิสัยประหยัดพลังงานการใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่าให้แก่พนักงานโดยพนักงานจะได้นำความรู้ความเข้าใจเรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ได้จากสำนักงานไปใช้ในการดำรงชีวิตทั้งในครัวเรือนและชุมชน มีความรู้และความเข้าในการใช้ทรัพยากรอย่างถูกวิธีการหยัดพลังงานการลดใช้พลาสติกให้ได้มากที่สุด ในหนึ่งวันพนักงานต้องใช้ชีวิตอยู่ที่ทำงานไม่ต่ำกว่า 8-10 ชั่วโมง นอกจากพนักงานจะมาทำงานใช้ชีวิตที่สำหนักงานแล้วยังได้สร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรการรู้คุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆ ตัวอีกด้วย ดังนั้น การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในสำนักงานจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับทุกคนในสำนักงานจะได้ฝึกฝนตนเองให้รับผิดชอบต่อการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและรักธรรมชาติ มีผลทำให้พนักงานเป็นคนที่มีคุณลักษณะที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม เป็นคนมีคุณภาพที่สังคมคาดหวัง และผลที่ดีที่สุดก็คือสภาพแวดล้อมภายในสำนักงานสะอาด สวยงามน่าอยู่ เป็นที่ชื่นชมแก่ผู้พบเห็นและเป็นตัวอย่างที่ดีงาม จะส่งผลให้พนักงานเป็นทรัพยากรมนุษย์ ที่มีคุณค่าของประเทศชาติต่อไปในอนาคต

เนื่องจากสำนักงานกรุงศรีออโต้เป็นหน่วยงานเอกชนที่มีขนาดใหญ่ ภายในองค์กรมีอาคารรวมทั้งสิ้น 35 ชั้น จำนวนพนักงานทั้งหมดประมาณ 737 คน ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครซึ่งใกล้กับห้างสรรพสินค้านอกจากนี้ยังมีร้านอาหารหลายร้อยแห่งที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสำนักงานทำให้เกิดความสะดวกสบายในการไปรับประทาอาหารช่วงพักกลางของพนักงานหรือมีหลายร้านที่ในช่วงเช้าก็สามารถนั่งรับประทานอาหารเช้าได้เช่นกัน แต่ในช่วงสถานการณ์ Covid-19 ที่ผ่านรัฐบาลได้มีมาตรการห้างนั่งรับประทานอาหารที่ร้านโดยให้ซื้อกลับเท่านั้นและบริษัทก็มีนโยบายต่างๆในการป้อง Covid-19 เช่นกันหนึ่งในนั้นคือการปรับจำนวนที่นั่งรับประทานอาหารในโรงอาหารเหลือโต๊ะเพียง 50% ของจำนวนที่นั่งทั้งหมดมีการแบ่งรอบพักเที่ยงคือช่วง 11:30 น. กับรอบ 12:30 น. และนอกจากนั้นยังมีการอนุญาตให้พนักงานซื้ออาหารไป

รับประทานอาหารที่โต๊ะทำงานของตัวเองได้จึงทำให้มีขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นจากการซื้ออาหารใส่กล่องโฟมและถุงพลาสติกหรือการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ต่าง ๆ การสั่งอาหารทางออนไลน์จึงเป็นที่ได้รับความนิยมในขณะนี้แต่การสั่งอาหารเดลิเวอรี่ที่ต้องใช้บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกทั้งหมดเพื่อการขนส่งที่สะดวกปลอดภัยและในท้ายที่สุดก็เกิดขยะพลาสติกตามมา ซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก

ดังนั้นด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานกรุงศรีออโต้ ในสำนักงานธนาคารกรุงศรีสาขาเพลินจิตในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล เนื่องด้วยสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของพนักงานเช่นการสั่งอาหารออนไลน์เพิ่มมากขึ้นทำให้มีปริมาณขยะพลาสติกและพฤติกรรมการประหยัดพลังงานของพนักงานปรับเปลี่ยนไป เพื่อนำไปสู่การจัดทำนโยบายที่จะช่วยกระตุ้นให้พนักงานมีการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พนักงานทั้งหมดในตึกกรุงศรีออโต้ ทั้งหมด 737 คน (ข้อมูล ณ พ.ศ. 2563) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 259 คน โดยสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณโดยใช้สูตรของ Taro Yamane

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \qquad (1)$$

โดย n คือ ขนาดของประชากรตัวอย่าง N คือ ขนาดของประชากร e คือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น กำหนดค่าเท่ากับ 5 หรือ 0.05

แทนค่า $n = \frac{737}{1+737(0.05)^2}$

= 259

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างการเลือกตัวอย่างพนักงานในแต่ละแผนกงานในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Muti – Stage Sampling) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามแผนก

แผนก	ประชากร	ประชากรตัวอย่าง
แผนกขาย	53	15
แผนกประกันภัย	68	28
แผนกวางแผนธุรกิจสินเชื่อ	37	15
แผนกวิจัยการตลาด	23	9
แผนกบริหารการขาย	45	20
แผนกพัฒนาสินเชื่อ ขาย	46	14
แผนกบัญชีและการเงิน	28	8
แผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ	25	5
แผนกบริหารความเสี่ยง	45	16
แผนกกฎหมายและกำกับดูแล	12	2
แผนกการเงินและกลยุทธ์ธุรกิจ	58	22
แผนกทรัพยากรบุคคล	24	4
แผนกสื่อสารองค์กร	22	3
แผนกควบคุมและการบัญชี	20	8
แผนกบริหารงานจัดซื้อ	38	13
แผนกควบคุมด้านภาษี	21	6
แผนกการตลาดธุรกิจสินเชื่อ	67	29
แผนกทะเบียน	54	22
แผนกทวงหนี้	51	20
รวมทั้งสิ้น	**737**	**259**

ดังนั้น ประชากรกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้จำนวน 259 หลังจากที่ได้กลุ่มตัวอย่างของพนักงานในแต่ละชั้นแล้ว ได้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดและปลายปิดโดยการสอบถามพนักงานในด้าน พฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานในตึกกรุงศรีออโต้

3. ศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานในสำนักงานจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ เพศ ด้วยสถิติที (t-test)

4. ศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป ของปัจจัยส่วนบุคคลได้แก่ อายุ สถานภาพ รายได้ ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน โดยใช้สถิติ One-way ANOVA

โดยได้กำหนดสมมติฐานการวิจัย H_0 : พนักงานที่มีปัจจัยส่วนบุคคลแตกต่างกันมีพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน

ผลการศึกษา

จากการศึกษาเรื่องพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานกรุงศรีออโต้ ในสำนักงานธนาคารกรุงศรีสาขาเพลินจิตในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จากผลการวิเคราะห์สรุปผลการวิจัยผลการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างมีรายละเอียดสรุปได้ ดังนี้

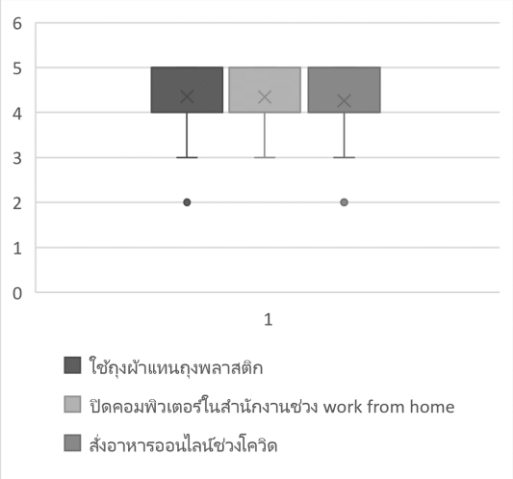
ตารางที่ 2 สรุปข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	95	36.7
	หญิง	164	63.3
อายุ	ต่ำกว่า 30 ปี	76	29.3
	31 – 40 ปี	87	33.6
	41 – 50 ปี	43	16.6
	51 ปีขึ้นไป	53	20.5
สถานภาพ	โสด	111	42.9
	สมรส	148	57.1
	หม้าย/หย่า	0	0
	แยกกันอยู่	0	0
การศึกษา	(ป.1-ม.6)	0	0
	อาชีวศึกษา (ปวช.,ปวส.)	54	20.8
	ปริญญาตรี	145	56.0
	ปริญญาโทหรือสูงกว่า	60	23.2
รายได้	≤15,000 บาท	17	6.6
	15,001 – 20,000 บาท	122	47.1
	20,001 – 25,000 บาท	27	10.4
	25,001 – 30,000 บาท	43	16.6
	30,001 – 35,000 บาท	25	9.7
	มากกว่า 35,001 บาทขึ้นไป	25	9.7
ตำแหน่ง	ระดับหัวหน้างาน	25	9.7
	ระดับพนักงาน	234	90.3
รวม		**259**	**100**

จากข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าส่วนใหญ่มีเพศหญิงมากกว่าเพศชายจำนวน 164 คน คิดเป็นร้อยละ 63.3 ในด้านอายุพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุต่ำกว่า 31 - 40 ปี จำนวน 87 คน คิดเป็นร้อยละ 33.6 สถานภาพ สมรส จำนวน 148 คิดเป็นร้อยละ 57.1 ระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 145 คน คิดเป็นร้อยละ 56 ราย ได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท จำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ 47.1 และตำแหน่งงานปัจจุบัน ระดับพนักงาน จำนวน 234 คน คิดเป็นร้อยละ 90.3 ตามลำดับ

ผลการศึกษาระดับพฤติกรรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงานโดยรวมพบว่า พนักงานมีระดับพฤติกรรมในการปฏิบัติเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปฏิบัติมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.08

กราฟที่ 1 ระดับพฤติกรรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของพนักงาน



จากกราฟที่ 1 แสดงข้อมูลของระดับพฤติกรรมที่มีค่าของการปฏิบัติเฉลี่ยที่มีการกระจายของข้อมูลมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ การใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.36 การปิดคอมพิวเตอร์ที่สำนักงานในช่วงโควิดที่ต้อง Work From Home มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.34 และการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในช่วงโควิดแทนการนำข้าวจากที่บ้านมารับประทาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.26 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

ปัจจัยส่วนบุคคล	ค่า t	ระดับนัยสำคัญ
เพศ	1.640	0.103
อายุ	0.715	0.476
สถานภาพ	0.483	0.476
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	0.746	0.457
ระดับการศึกษา	2.406	0.457
ตำแหน่งงาน	0.470	0.639

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อพิจารณาค่าระดับนัยสำคัญสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในสำนักงานที่ไม่แตกต่างกันอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน

อภิปรายผล

ผลจากการทดสอบสมมติฐาน ด้านประชากรศาสตร์ พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลของพนักงานบริษัทกรุงศรีออโต้ ที่มีปัจจัย ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ ระดับการศึกษาอาชีพ ที่แตกต่างกัน มีพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน ผลการศึกษาเป็นองค์ความรู้ใหม่และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุพีร์ ดาวเรือง,ชวนชื่น อัคคะวณิชชา(2561) [7] พบว่า พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรเรื่องการรักษ์สิ่งแวดล้อมมีผลกระทบมาจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตส่วนตัว ซึ่งนำไปสู่การทำงานอธิบายได้ว่า อิทธิพลของพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อมที่จะมีส่วนร่วมในการนำไปสู่การเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรเรื่องการรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน นอกจากนี้พฤติกรรมการสนับสนุนด้านสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมการใช้ชีวิตส่วนตัวจะส่งผลเชิงบวกต่อความตั้งใจที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมรักษ์สิ่งแวดล้อมขององค์กร รวมถึงความกังวลต่อสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการสนับสนุนด้านสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมการใช้ชีวิตส่วนตัว นอกจากนี้พฤติกรรมการสนับสนุนด้านสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมการใช้ชีวิตรวมถึงองค์ประกอบ อื่น ๆ ในการสร้างค่านิยมการตระหนักรู้และส่งเสริมพฤติกรรมรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนให้กับพนักงานภายในองค์กร และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทธิศรี มหาวรศิริ (2548) [8] ที่อธิบายถึงทัศนคติต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและด้านประหยัดพลังงานส่งผลต่อปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านขยะมูลฝอย ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการประหยัดพลังงานมีผลกระทบต่อปัจจัยส่วนบุคคลและด้านต่างๆ ของพฤติกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่คอยให้คำนำเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับการทางานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณบริษัทกรุงศรีออโต้และเจ้าที่พนักงานทุกคนที่ให้ความกรุณาในการทำแบบสอบถามและให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ และที่สำคัญขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อีกทั้งทุกคนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนช่วยเหลือ ให้ความรัก กำลังใจ คำแนะนำที่ดีและเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2542. การคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2542–2559. กรุงเทพมหานคร: สำนักนายกรัฐมนตรี.

[2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.2557.แนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ, ข้อมูลจาก http://www.rmuti.ac.th, (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 กันยายน 2564).

[3] กรุงเทพธุรกิจ, ส่องสถานการณ์ขยะพลาสติกช่วงการระบาดโควิด-19. ข้อมูลจาก https://www.bangkokbiznews.com.(วันที่สืบค้นข้อมูล 24 กันยายน 2564)

[4] Dapa Thailand. 2564. “ธรรมชาติที่ยั่งยืนหลังยุคโควิด-19” ข้อมูลจาก https://www.depa.or.th, (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 กันยายน 2564)

[5] Greenpeace Thailand. 2564. ถึงเวลาฟื้นฟูโลก เกิดอะไรขึ้นบ้างกับสิ่งแวดล้อมในช่วงไวรัสโควิดระบาด. ข้อมูลจาก https://www.greenpeace.org, (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 กันยายน 2564)

[6] Thaibev National Georaphic,2564. ผลกระทบของโควิด-19 ต่อสิ่งแวดล้อม. ข้อมูลจาก https://ngthai.com, (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 กันยายน 2564)

[7] สุพีร์ ดาวเรือง,ชวนชื่น อัคคะวณิชชา. 2561. พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรเรื่องการรักษ์สิ่งแวดล้อม: ผลกระทบของการไหลล้นจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตส่วนตัวไปสู่การทำงาน.มหาวิทยาลัยศิลปากร

[8] สุทธิศรี มหาวรศิริ. 2548. ทัศนคติต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการประหยัดพลังงานของวัยรุ่น: กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง. ภาคนิพนธ์ คณะพัฒนาสังคม

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Engineering

ID003

การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปแทนผนังก่ออิฐ สำหรับงานอาคารสูงภายในแรงแผ่นดินไหว

A comparative study between the use of precast concrete walls and masonry walls for high-rise buildings within the seismic load

ปธิตา ธนัฐวรภัทร์[1*] และ รศ.ดร. สุทัศน์ ลีลาทวีวัฒน์[2]
[1]วิศวกรโครงสร้าง แผนกออกแบบโครงสร้าง บริษัท วิสิทธิ์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด
[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[*]E-mail: t.patita@gmail.com

Patita Tanatworapath[1*] and Sutat Leelataviwat[2]
[1]Struatural Engineer, Engineering department at Wisit Engineering Consultants Co., Ltd.
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering at King Mongkut's University of Technology Thonburi
[*]E-mail: t.patita@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาการใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปแทนผนังก่ออิฐมวลเบาสำหรับงานก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งในปัจจุบันวงการก่อสร้างมีความสนใจและคำนึงถึงความรวดเร็วในการก่อสร้างเพื่อช่วยประหยัดเวลาและค่าแรง ขั้นตอนในการวิเคราะห์โครงสร้างได้จัดทำแบบอาคารเป็นอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะของแบบแปลนในแต่ละชั้นคล้ายกัน และมีแนวผนังกั้นห้องที่ตรงกันในทุกๆชั้น โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็นสองแบบ แบบ 1 เป็นอาคารแบบโครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัด แบบ 2 เป็นอาคารระบบรับแรงด้านข้างแบบกำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง และทำการวิเคราะห์โดยอาศัยแรงแผ่นดินไหวในพื้นที่กรุงเทพฯ เมื่อทำการเปรียบเทียบและสรุปผลจะเห็นได้ว่าการใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปช่วยเสริมโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และไม่เป็นการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกของอาคาร นอกจากนี้การศึกษาผลของการตอบสนองของอาคารจะสังเกตุได้ว่าอาคารที่มีคาบการแกว่งตามธรรมชาติต่ำจะให้แรงกระทำทางด้านข้างที่มากกว่าอาคารที่มีคาบการแกว่งตามธรรมชาติสูง ถึงแม้ว่าอาคารนั้นจะมีปริมาณมวลที่ใกล้เคียงกัน

คำหลัก ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป, อาคารสูง, แรงแผ่นดินไหว

Abstract

The main purpose of this study was to study the use of precast concrete walls instead of lightweight masonry walls for the construction of high-rise buildings. The construction sector is currently interested in rapid construction of buildings to save time and labor costs. In the structural analysis process, the building is a residential building with similar floor plans and each floor has a similar partition wall. In the study, two types of models were used Type 1 is Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/

Intermediate RC Moment-Resisting Frame. Type 2 is Intermediate Precast Shear Wall. and analyzed by seismic force in the Bangkok area. When comparing and concluding the results, it can be seen that the use of precast concrete walls strengthens the structure and does not increase the weight of the building. In the study of the building response effect, it was shown that buildings with low periods exerted greater lateral forces than buildings with high periods even though the building has a similar mass.

Keywords: Precast concrete wall, High-rise buildings, Seismic load

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้การก่อสร้างอาคารสูงมักนิยมใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปเพื่อเป็นผนังกั้นห้อง และช่องทางเดินต่างๆ เพื่อช่วยในการประหยัดเวลาในการก่อสร้าง ลดต้นทุนในส่วนของค่าแรงลง ซึ่งง่ายต่อการควบคุมคุณภาพ และมาตรฐานการผลิต สะดวกต่อการนำไปใช้งาน เพียงแค่นำชิ้นส่วนต่างๆไปประกอบที่หน้างาน การศึกษาในครั้งนี้จึงให้ความสำคัญถึงการพิจารณาในส่วนของเสถียรภาพของโครงสร้างในเชิงการวิเคราะห์

โดยคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปในการก่อสร้างอาคารที่มีลักษณะของแบบแปลนในแต่ชั้นที่คล้ายกัน หรือเหมือนกันในทุกชั้นเช่นอาคารพักอาศัยหรือโรงแรม

2. การศึกษางานวิจัย

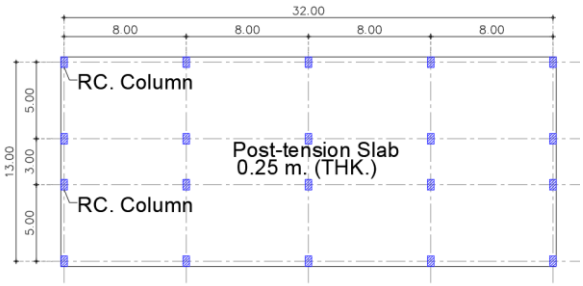
ในประเทศไทย การก่อสร้างอาคารสูงเพิ่งจะเริ่มนำผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปเข้ามาใช้เป็นผนังกั้นระหว่างห้องโดยใช้เทคโนโลยีและวิศวกรจากต่างประเทศเป็นผู้ออกแบบ ส่วนวิศวกรในประเทศไทยเข้าร่วมศึกษาเพื่อเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยี [1] จึงทำให้เกิดแนวทางการนำไปพัฒนา และการวิจัยเพื่อนำไปใช้กับอาคารพักอาศัยที่เป็นอาคารสูง ที่ต้องการให้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวได้ด้วย

อย่างไรก็ตามการใช้คอนกรีตหล่อสำเร็จรูปในการก่อสร้างอาคารควรมีการพิจารณาถึงจุดต่อบริเวณของผนังทุกด้าน [2] ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดเพื่อศึกษาเพิ่มเติมในครั้งต่อไป

3. อาคารตัวอย่าง แบบจำลอง และขั้นตอนการวิเคราะห์

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบอาคารพักอาศัย ขนาดกว้าง 13.00 ม. ยาว 32.00 ม. และมีความสูงในแต่ละชั้น 3.00 ม. จำนวน 8 ชั้น

โดยแบบจำลองที่ 1 ใช้ระบบรับแรงด้านข้างแบบโครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame) โดยประกอบด้วยเสาคอนกรีตขนาด 0.50x1.00 ม. พื้นระบบ Post-tension หนา 0.25 ม. ซึ่งได้แสดงแบบแปลนไว้ตามรูปที่ 1



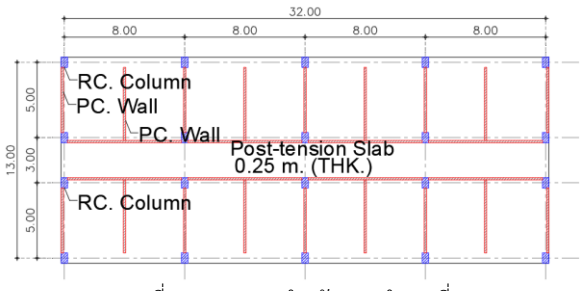
รูปที่ 1 แบบแปลนสำหรับแบบจำลองที่ 1

น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์

Dead Load	=	น้ำหนักตามวัสดุโครงสร้าง	
Super Dead Load	=	250	กก.ต่อ ตร.ม.
Live Load	=	200	กก.ต่อ ตร.ม.

ส่วนแบบจำลองที่ 2 ใช้ระบบรับแรงด้านข้างแบบกำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall) โดยประกอบด้วยเสาคอนกรีตขนาด 0.50x1.00 ม.

พื้นระบบ Post-tension หนา 0.25 ม. และผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปหนา 0.15 ม. ซึ่งแสดงแบบแปลนตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบแปลนสำหรับแบบจำลองที่ 2

น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์

Dead Load = น้ำหนักตามวัสดุโครงสร้าง
Super Dead Load = 200 กก.ต่อ ตร.ม.
Live Load = 200 กก.ต่อ ตร.ม.

การศึกษาวิจัยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวตามวิธีแรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent static Analysis) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้สำหรับอาคารทั้งสองระบบตามที่กล่าวมาแล้ว แตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ที่จะแยกวิธีการวิเคราะห์สำหรับแบบโครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัดเป็นวิธี Modal Response Spectrum Analysis ส่วนอาคารระบบรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลางจะต้องใช้วิธี Modified Response Spectrum Analysis (ตามที่แสดงในบทที่ 4 ของมาตรฐานกรมโยธาธิการ) [3] จึงทำให้ไม่สามารถนำค่าต่างๆ มาเปรียบเทียบกันได้ ดังนั้นการเลือกใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โครงสร้างโดยคำนวณหาแรงเฉือนที่ฐานและกระจายแรงไปยังชั้นต่างๆ ของอาคาร โดยอาศัยสมการในการหาแรงกระทำในละชั้นจากสมการที่ 1

แรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear, V) คำนวณจาก

$$V = C_S W \qquad (1)$$

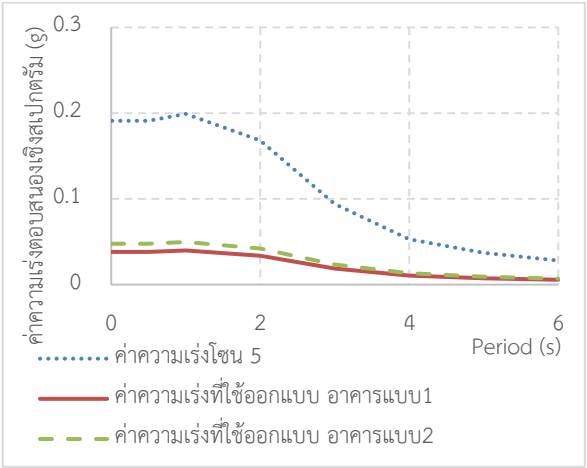
โดยที่ C_S คือ สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว
W คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร

ค่าที่ใช้ในการออกแบบอาคารภายใต้แรงแผ่นดินไหวอ้างอิงตามมาตรฐานกรมโยธาธิการตารางที่ 2.3-1 หน้า 34 [3] ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าที่ใช้ในการออกแบบอาคาร

แบบที่	1	2
ค่า R	5	4
ค่า Ω_0	3	2.5
ค่า C_d	4.5	4
ค่า I	1.0	1.0
Damping	0.05	0.05
Model Combination	CQC	CQC

แรงแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเลือกใช้ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับโซน 5 ซึ่งเป็นที่ตั้งโครงการในกรุงเทพ จะได้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าสำหรับ อัตราส่วนความหน่วง 5.0% ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีพลศาสตร์

การกำหนดค่าสติฟเนสขององค์อาคารคอนกรีตและอิฐก่อเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

เสา; $I_{eff} = 0.70I_g$
ผนัง; $I_{eff} = 0.35I_g$
พื้นไร้คาน; $I_{eff} = 0.25I_g$

โดยที่ I_g คือ ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย

4. ผลการวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์มวลในแต่ละชั้นตามตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ามวลของอาคารทั้งสองแบบ ในแต่ละชั้นมีค่ามวลที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเทียบกับค่าคาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคารตามตารางที่ 3 แล้วนั้นอาคารแบบ 1 มีค่าสูงกว่าแบบ 2 อยู่มาก ทั้งนี้เนื่องจากค่าคาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคารเป็นค่าที่ได้จากความสัมพันธ์ของมวล (m) และค่าสัมปะสิทธิ์ความแข็งแรง (k) ของอาคาร

และเนื่องจากอาคารแบบ 2 มีผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปเข้ามาใช้เป็นผนังกั้นระหว่างห้อง จึงช่วยเสริมโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

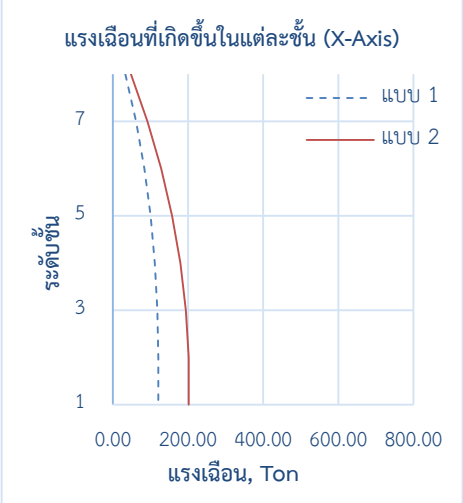
ตารางที่ 2 มวลในแต่ละชั้นของแบบจำลองทั้ง 2 แบบ (Tonf-s^2/m)

Story	แบบ 1	แบบ 2
8	41.14	40.03
7	43.49	43.54
6	43.49	43.54
5	43.49	43.54
4	43.49	43.54
3	43.49	43.54
2	43.49	43.54
1	41.53	40.42

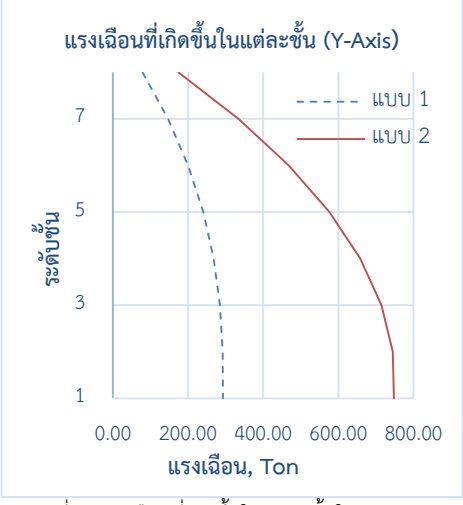
ตารางที่ 3 คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคารทั้ง 2 แบบ

Mode	Period (sec.)	
	แบบ 1	แบบ 2
1	2.639	0.302
2	1.711	0.286
3	1.591	0.148
4	0.775	0.063
5	0.473	0.062
6	0.436	0.05
7	0.381	0.036
8	0.223	0.036
9	0.215	0.036
10	0.197	0.036
11	0.146	0.036
12	0.121	0.036

จากค่าคาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคารตามตารางที่ 3 สำหรับอาคารแบบ 1 จะมีค่าสูงกว่าอาคารแบบ 2 ทำให้ได้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 ของอาคารแบบ 1 ต่ำกว่าอาคารแบบ 2 และด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น (Story Forces) ของอาคารแบบ 1 มีค่าที่น้อยกว่าอาคารแบบ 2 ทั้งในทิศทาง X และ Y ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



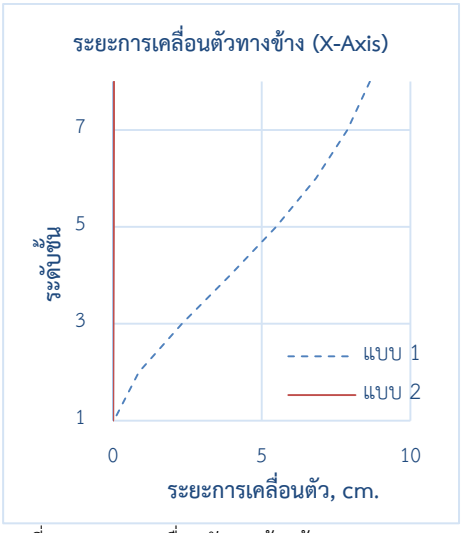
รูปที่ 3 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นในทิศทาง X



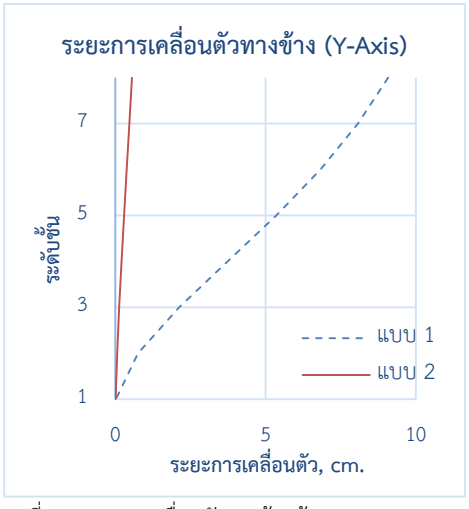
รูปที่ 4 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นในทิศทาง Y

และจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า อาคารที่มีคาบการแกว่งตามธรรมชาติต่ำจะให้แรงกระทำทางด้านข้างที่มากกว่าอาคารที่มีคาบการแกว่งตามธรรมชาติสูง ถึงแม้ว่าอาคารนั้นจะมีปริมาณมวลที่ใกล้เคียงกัน ทำให้เห็นว่าการใช้

ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปเพื่อเป็นผนังกั้นห้องมีความเหมาะสมกับอาคารที่มีรูปแบบแปลนในแต่ละชั้นเหมือนกัน

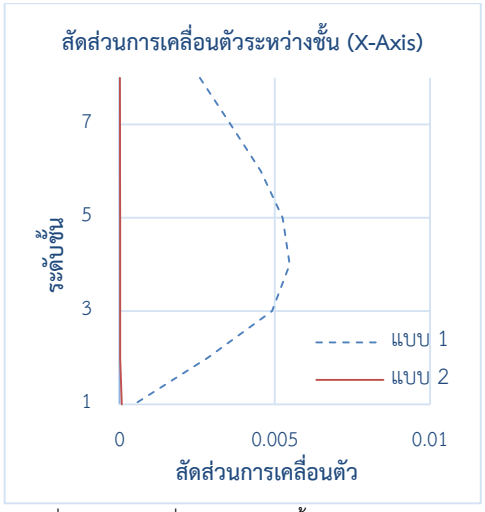


รูปที่ 5 ระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างตามแนวแกน - X

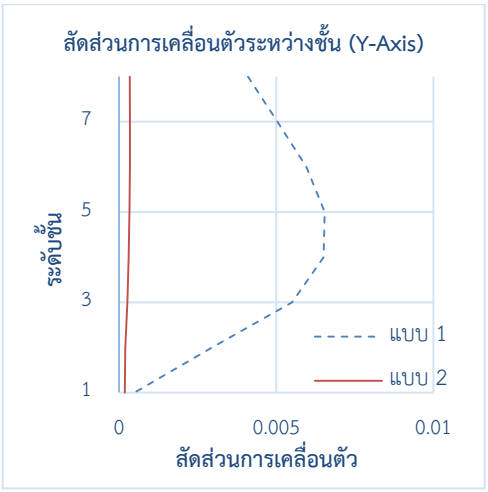


รูปที่ 6 ระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างตามแนวแกน - Y

จากผลการวิเคราะห์จะได้ค่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้างตามแนวแกน X และ Y ในแบบ 1 มากกว่าแบบ 2 ตามที่แสดงในรูปที่ 5 และ 6 ซึ่งสอดคล้องกับแรงเฉือนที่มีค่าสูงดังที่ได้กล่าวมา



รูปที่ 7 สัดส่วนเคลื่อนตัวระหว่างชั้นตามแนวแกน – X



รูปที่ 8 สัดส่วนเคลื่อนตัวระหว่างชั้นตามแนวแกน – Y

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้จากสัดส่วนการเคลื่อนตัวระหว่างชั้นตามแนวแกน X และ Y จะเห็นว่าแบบจำลองแบบ 1 และแบบ 2 มีความไม่เกินที่ข้อกำหนดระบุไว้ตามที่แสดงในรูปที่ 7 และ 8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปแม้จะส่งผลให้แรงเฉือนในแต่ละชั้นสูงขึ้นแต่ก็มีความสามารถในการรับแรงมาขึ้นตามไปด้วย

5. สรุป

จากการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารสูงภายใต้แรงแผ่นดินไหวในครั้งนี้ สามารถสรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบได้

1. การใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปเข้ามาเป็นผนังกั้นระหว่างห้อง ซึ่งช่วยเสริมโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมาก

ขึ้น และไม่เป็นการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกของอาคาร

2. การวิเคราะห์โครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหวโดยอาศัยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า อาคารที่มีคาบการแกว่งตามธรรมชาติต่ำจะให้แรงกระทำทางด้านข้างที่มากกว่าอาคารที่มีคาบการแกว่งตามธรรมชาติสูง ถึงแม้ว่าอาคารนั้นจะมีปริมาณมวลที่ใกล้เคียงกัน

3. การเลือกใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปเข้ามาเป็นส่วนเสริมกำลังให้โครงสร้างอาคารนอกจากทำให้อาคารมีเสถียรที่ดีขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้โครงอาคารสามารถต้านทานแรงเฉือนที่เกิดขึ้นภายใต้แรงแผ่นดินไหวในแต่ละชั้นนั้นดีขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ปรีดา ไชยมหาวัน และ ชยานนท์ หรรษภิญโญ. 2558, พฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตหล่อสำเร็จภายใต้แรงแผ่นดินไหว, วารสารเกษมบัณฑิต, ปีที่ 5 ฉบับที่ 2, หน้า 131-145.

[2] Can Bora, Michael G. Oliva, Suzanne Dow Nakaki and Roger Becker. 2007. Development of a Precast Concrete Shear-Wall System Requiring Special Code Acceptance, PCI Journal.

[3] มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว. 2561. มยผ.1301/1302-61, กรมโยธาธิการและผังเมืองกระทรวงมหาดไทย

ID008

การประยุกต์การศึกษาการทำงานเพื่อเพิ่มผลิตภาพในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

Application of work study to increase productivity in wooden furniture factory

พรทิพย์ หินดี[1*] และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*]E-mail: s6201091810050@email.kmutnb.ac.th

Prontip Hindee[1*] and Vichai Rungreunganun[2]
[1,2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[*]E-mail: s6201091810050@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการทำงานในการจัดทำเวลามาตรฐาน และปรับปรุงกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ตู้เสื้อผ้า รุ่น MAF-622 เพื่อเพิ่มผลิตภาพในการทำงาน โดยการศึกษาจะมุ่งเน้นหาวิธีการลดเวลารวมในกระบวนการผลิตและลดงานวิกฤตให้น้อยลง จากปริมาณยอดการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ย 283 ตัวต่อเดือน ทำให้โรงงานไม่สามารถประเมินระยะเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตได้ เนื่องจากโรงงานยังมีผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นที่มีการสั่งผลิตควบคู่กันไปด้วย โดยผู้ศึกษาได้เก็บข้อมูลกระบวนการผลิตและการปฏิบัติงานของพนักงานตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 พบว่าเวลามาตรฐานรวมในการผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 21 ชิ้น ใช้เวลาเท่ากับ 4,268.79 นาที ต่อการผลิต จำนวน 50 ตัว จากการนำข้อมูลเวลามาตรฐานกิจกรรมงานย่อยของแต่ละแผนกไปวิเคราะห์หาโครงข่ายกระบวนการผลิตพบว่า เวลารวมที่ใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 50 ตัวต่อการผลิต 1 รอบ ใช้เวลาเท่ากับ 778.30 นาที คิดเป็น 12.97 ชั่วโมง หรือ 1.62 วัน ใน 1 เดือน สามารถผลิตได้ประมาณจำนวน 802 ตัว ใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 39,787.20 บาท เมื่อคำนวณตามสัดส่วนอัตราการผลิต 26% ใน 1 เดือน จะสามารถผลิตได้ประมาณจำนวน 208 ตัว ใช้เวลาในการผลิตเท่ากับ 6.74 วัน ใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 165,534.40 บาท และมีงานวิกฤตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจำนวน 40 งาน จากนั้นได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการ ECRS และจัดทำการศึกษาเวลามาตรฐานใหม่ จากผลการทดลองพบว่า สามารถลดเวลามาตรฐานรวมที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ จำนวน 21 ชิ้น ได้เท่ากับ 4,144.24 นาที คิดเป็น 2.92% จากเวลามาตรฐานรวมในการผลิต จำนวน 50 ตัวก่อนการปรับปรุง และสามารถลดเวลารวมที่ใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 50 ตัว ต่อการผลิต 1 รอบ ได้เท่ากับ 598.80 นาที คิดเป็น 10.49 ชั่วโมง หรือ 1.31 วัน ซึ่งคิดเป็น 23.06% จากเวลารวมในการผลิตก่อนการปรับปรุง และใน 1 เดือน สามารถผลิตได้ประมาณจำนวน 992 ตัว ใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 32,173.60 บาท เมื่อคำนวณตามสัดส่วนอัตราการผลิต 26% ใน 1 เดือน จะสามารถผลิตได้ประมาณจำนวน 257 ตัว ใช้เวลาในการผลิตเท่ากับ 6.73 วัน ใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 165,288.80 บาท และมีงานวิกฤตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจำนวน 30 งาน

คำหลัก: เวลามาตรฐาน, กระบวนการผลิต, หลักการ ECRS

Abstract

This study aimed to examine the working processes under standard time scheduling and to improve manufacturing processes of wooden wardrobe model MAF-622 to optimize its work productivity. In this research, to find out the way to reduce the total production run time and possibly lessen the crisis events in the processes was conducted. Because of the production volume of model MAF-622 that tended to approximately increase by 283 units per month, the factory, as a result, was unable to evaluate the duration required for production processes owing to the factory also was placed the orders of manufacturing other models at the same time. Data of production processes and of operators' performance were collected from February to June, 2022. Results revealed that, in the manufacturing of 50 units of furniture model MAF-622, total standard time for production running of 21 units of component parts was 4,268.79 minutes per run. Data of standard time of sub-task activities of each department was analyzed for production process network, it indicated that total production run time of the model MAF-622 for 50 units per run was 778.30 minutes or 12.97 hours or 1.62 days per month, therefore, the 802 units of furniture could be manufactured and labor cost was 39,787.20 baht. Based on production rate of 26% on monthly basis, the model MAF-622 could be produced 208 units approximately, production time was 6.74 days, labor cost was 165,534.40 baht, and possibly crisis events occurred during manufacturing process were 40 events. The production process was consequently improved by using ECRS technique and the standard time was rearranged. The experiment showed that, before improvement, the total standard time for producing the 20 component parts of the model could be reduced by 4,144.24 minutes or 2.92%. On the other hand, before improvement, the total standard time for manufacturing 50 units of wooden furniture model MAF-622 per run was reduced by 598.80 minutes or 10.49 hrs or 13.1 days accounting for 23.06%. Therefore, at once month, the model MAF-622 could be produced 992 units, labor cost was 32,173.60 baht. In addition, based on production rate of 26% on monthly basis, 257 units of the model could be manufactured, the production run time was 6.73 days, labor cost was 165,288.80 baht, and possibly crisis events occurred during manufacturing process were 30 events.

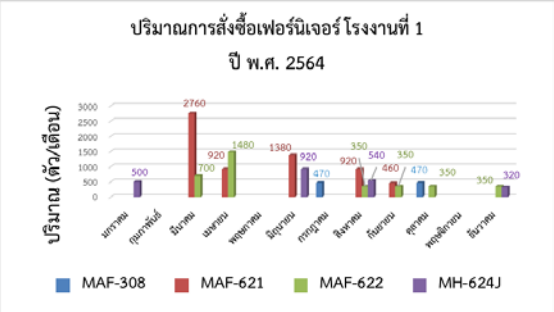
Keywords: Standard Time, Production Process, ECRS

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากภาครัฐและเอกชน เนื่องจากมีอัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมทั้งในด้านการส่งออกและการเจริญเติบโตของตลาดภายในประเทศ แต่ปัจจุบันพบว่าจากขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสถานการณ์แพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ผู้บริโภคได้มีการเลือกซื้อเฉพาะเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่จำเป็นเท่านั้น ทำให้สถานประกอบการต้องเพิ่มความสามารถในการแข่งขันเพื่อรักษาส่วนแบ่งทางการตลาด และลดภาระต้นทุนในด้านต่าง ๆ ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง[1]

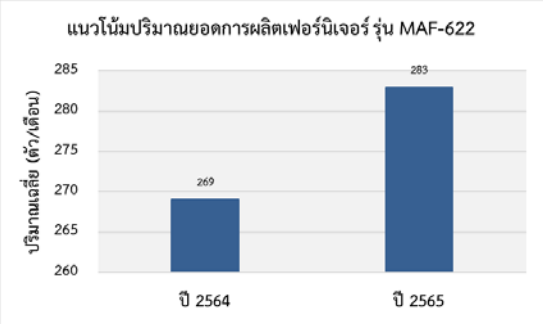
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานรับผลิตและออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ ประกอบธุรกิจหลักออกแบบรับจ้างผลิตพร้อมติดตั้งเฟอร์นิเจอร์บิวท์อินสำหรับโครงการหมู่บ้านจัดสรรและกลุ่มอาคารคอนโดมิเนียมภายในประเทศ โดยใช้วัตถุดิบหลักในการผลิต ได้แก่ พาร์ติเคิลบอร์ดและเมลามีน มีฐานการผลิตที่ใช้ผลิตสินค้าทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 โรงงาน

จากการศึกษาพบว่าโรงงานที่ 1 มียอดการผลิตเฟอร์นิเจอร์ 4 รุ่น ได้แก่ MAF-308 MAF-621 MAF-622 และ MH-624J ในปี พ.ศ. 2564 มียอดคำสั่งซื้อต่อเดือนดังแสดงในรูปที่ 1



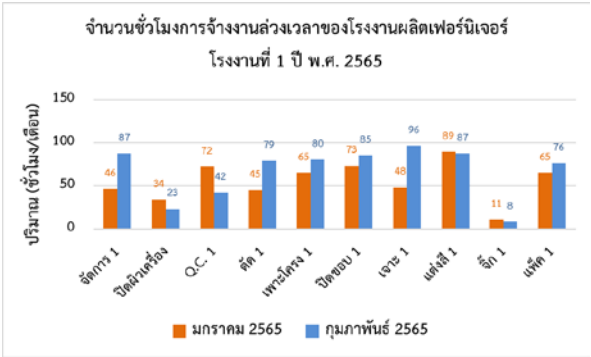
รูปที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อเฟอร์นิเจอร์ไม้แต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่ 1 ปี พ.ศ. 2564

จากข้อมูลปริมาณความต้องการเฟอร์นิเจอร์ในปี พ.ศ. 2564 พบว่าเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่มียอดคำสั่งซื้อมากที่สุด คือ รุ่น MAF-621 แต่เนื่องจากเฟอร์นิเจอร์ไม้รุ่นนี้ทางโรงงานงานได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตไปแล้ว งานวิจัยนี้ จึงเลือกเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ที่มียอดคำสั่งซื้อเป็นลำดับที่สอง มีจำนวนการสั่งซื้อ 3,230 ชิ้นต่อปี หรือเฉลี่ยอยู่ที่ 269 ชิ้นต่อเดือน แต่ในปี พ.ศ. 2565 คาดว่ามีความต้องการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 283 ชิ้นต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แนวโน้มปริมาณยอดการสั่งผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ในปี พ.ศ. 2565

กราฟข้างต้นแสดงแนวโน้มปริมาณยอดการสั่งผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 ประมาณ 5 เปอร์เซนต์ จากแนวโน้มปริมาณยอดการสั่งผลิตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้โรงงานประสบปัญหาในการวางแผนงานการผลิตที่ผิดพลาด ไม่สามารถประเมินระยะเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตให้เหมาะสมกับยอดคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ จึงเกิดการจ้างงานล่วงเวลาของพนักงาน ทำให้โรงงานต้องรับภาระต้นทุนในด้านแรงงานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อกำไรที่คาดว่าจะได้รับลดลง จากการศึกษาการจ้างงานล่วงเวลาของโรงงานที่ 1 ในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2565 สรุปการจ้างงานล่วงเวลาได้ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 จำนวนชั่วโมงการจ้างงานล่วงเวลาของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ โรงงานที่ 1 ในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2565

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาหาแนวทางการเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิตให้เหมาะสมกับปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะใช้วิธีการศึกษางานเพื่อจัดทำเวลามาตรฐานในการผลิต และนำเวลามาตรฐานที่ได้ไปวิเคราะห์โครงข่ายกระบวนการผลิต เพื่อหาวิธีลดเวลารวมในการผลิตและงานวิกฤตให้น้อยลง โดยการศึกษาจะใช้ข้อมูลการปฏิบัติงานจริงของพนักงานโรงงานที่ 1

2. ทษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการทำงาน เวลามาตรฐานในการทำงาน การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิต โดยหลักการ ECRS และศึกษาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โครงข่าย สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.1 การศึกษาการทำงาน (Work Study)

การศึกษาการทำงานเป็นคำที่ใช้แทนวิธีการต่าง ๆ จากการศึกษาวิธีการทำงานและการวัดผลงานที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์สภาวะการทำงานเพื่อปรับปรุงการทำงานนั้น ๆ ให้ดีขึ้น ซึ่งวิธีการหลักของการศึกษาวิธีการทำงาน [2] จะแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอนดังนี้

1) ทำการเลือกงานที่จะทำการศึกษา

2) ทำการบันทึกและสังเกตการณ์โดยตรง

3) ทำการตรวจตราถึงข้อเท็จจริงที่ทำการจดบันทึก

4) ทำการพัฒนาวิธีการทำงานที่ประหยัด

5) ทำการวัดปริมาณที่จะต้องทำในวิธีการทำงานที่จะทำการเลือกใช้

6) ทำการตั้งนิยามวิธีการทำงานที่เสนอขึ้นใหม่

7) ทำการใช้วิธีการทำงานที่เสนอขึ้นใหม่

8) ทำการดำรงไว้ในมาตรฐานของการทำงาน[2][3]

2.2 การศึกษาเวลามาตรฐาน

เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานงานหนึ่ง ๆ ให้เสร็จแล้วด้วยความสามารถในการทำงานมาตรฐาน[4]

1) เวลาพื้นฐาน (Basic time) คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานให้แล้วเสร็จโดยเปรียบเทียบกับอัตรามาตรฐานของผู้ศึกษา เวลาพื้นฐานสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{เวลาพื้นฐาน} = \frac{\text{เวลาที่ได้จากการจับเวลา} \times \text{เลขประเมิน}}{\text{มาตรฐานการประเมิน}} \quad (1)$$

2) เวลาเผื่อ (Allowance) ในการทำงานใด ๆ แม้ว่าได้จัดวิธีการทำงานให้ดีที่สุดแล้วก็ตาม แต่คนงานยังเกิดความเมื่อยล้าและความเครียดได้ นอกจากนี้ยังต้องไปทำธุระส่วนตัวจึงจำเป็นต้องเพิ่มเวลาเผื่อเข้าไปในเวลาทำงานด้วย

3) เวลามาตรฐาน (Standard Time) สำหรับการหาเวลามาตรฐานสามารถหาได้จากสมการดังนี้[5][6]

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาพื้นฐาน} + \text{เวลาเผื่อรวม} \quad (2)$$

4) การคำนวณหาเวลามาตรฐานสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

ก) กำหนดเวลาเผื่อเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาพื้นฐาน

ข) กำหนดเวลาเผื่อเป็นวินาทีต่อวัน[6]

2.3 การศึกษาหลักการ ECRS

หลักการ ECRS ย่อมาจากภาษาตัวอักษรภาษาอังกฤษ 4 ตัว[7] เป็นแนวทางที่นิยมใช้ในการปรับปรุงการทำงาน ลดความสูญเสียจากต้นทุนที่เกิดความเสียหาย หรือต้นทุนที่ไม่ได้สร้างผลตอบแทนใด ๆ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มผลผลิตและกำไรให้มากขึ้น ซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

E (Eliminate) คือ การตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการออกไป

C (Combine) คือ การรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน เพื่อประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน

R (Rearrange) คือ การจัดลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม

S (Simplify) คือ ปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น[8]

2.4 การศึกษาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โครงข่าย

Microsoft project โปรแกรมช่วยในการวางแผนงานส่วนใหญ่จะเลือกใช้ในโครงการเล็กที่มีงบประมาณจำกัด โครงการระดับพันล้าน หรือหมื่นล้านก็นำไปใช้งานได้ เพื่อให้การบริหารโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ[9]

2.5 การสร้างโครงข่ายงาน (Network)

ข่ายงาน (Network) คือ แผนภูมิไดอะแกรมที่ขึ้นแทนกิจกรรมนั้น ๆ จะแสดงรายละเอียดกิจกรรมในโครงการ ลำดับในการทำงานของกิจกรรมหรืองานย่อยตามลำดับก่อน-หลัง เพื่อวิเคราะห์หางานวิกฤติและปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อโครงการนั้น ๆ [10]

3. วิธีการดำเนินการ

3.1 ศึกษาสภาพข้อมูลทั่วไป

จากการศึกษาสภาพข้อมูลทั่วไปของโรงงานพบว่า โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานรับผลิตและออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้สำเร็จรูปพร้อมประกอบ ติดตั้ง ส่งออกภายในประเทศและต่างประเทศ มีฐานการผลิตที่ใช้ผลิตสินค้าทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 โรงงาน มีกระบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 10 แผนก และมีกิจกรรมงานย่อยแบ่งออกเป็น 40 งาน

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะแบ่งงานออกเป็นงานย่อยและจับเวลาในแต่ละงานย่อยของแต่ละแผนกที่ผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622

การศึกษาเวลาจะใช้นาฬิกาจับเวลาและกล้องวีดีโอในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นจะให้หัวหน้าแผนกอธิบายวัตถุประสงค์ในการศึกษาการทำงานให้กับพนักงานพร้อมกับให้พนักงานทำการปฏิบัติงานจริง ผู้ศึกษาจะทำการจับเวลาในแต่ละกระบวนการผลิตและบันทึกค่าเวลาที่ได้ลงในแบบฟอร์มการบันทึกเวลา

การเก็บบันทึกข้อมูลจะเก็บจำนวนตัวอย่างในการผลิตของแต่ละกิจกรรมย่อยจำนวน 30 รอบ และนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมต่อการศึกษาเวลาในครั้งนี้

ขั้นตอนถัดไปจะนำข้อมูลที่ได้ไปศึกษาหาค่าเวลาตัวแทน (Selected Time) ซึ่งเป็นค่าสถิติที่แสดงถึงแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง หรือ ค่าเฉลี่ย (Average)

การประเมินอัตราเร็วในการปฏิบัติงาน จะประเมินอัตราเร็วตามวิธี Westinghouse System Rating และให้หัวหน้าแผนกของแต่ละแผนก ทำการประเมินอัตราเร็วในการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละกิจกรรมงานย่อยของพนักงานแต่ละแผนก

การปรับค่าเวลาตัวแทนให้เป็นเวลาปกติ (Normal Time) จะนำผลอัตราเร็วรวม (Rating) คะแนนการประเมินอัตราเร็วทั้ง 4 ด้าน ของพนักงานแต่ละกิจกรรมงานย่อยในแต่ละแผนกมาคูณกับค่าเวลาตัวแทน (Selected Time) ของชิ้นส่วนประกอบแต่ละกิจกรรมย่อยของพนักงาน เพื่อให้ได้ค่าเวลาปกติที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาเวลามาตรฐาน

การประเมินค่าความเผื่อในปฏิบัติงานของพนักงานจะใช้หลักการประเมินตามมาตรฐานค่าความเผื่อของ ILO โดยกำหนดให้เวลาเผื่อความเมื่อยล้าพื้นฐาน 4% การยืนปฏิบัติงานเท่ากับ 2% น้ำหนักของชิ้นงานเท่ากับ 3% และความละเอียดในการปฏิบัติงาน 2% ดังนั้นจึงได้ผลรวมความเผื่อในการปฏิบัติงานของพนักงานเท่ากับ 11% ค่าความเผื่อที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาเวลามาตรฐาน

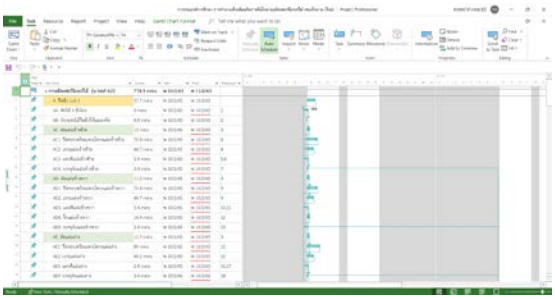
เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนถัดไปผู้ศึกษาจะนำข้อมูลที่ได้จากทุกส่วนที่กล่าวมาข้างต้นไปทำการคำนวณหาเวลามาตรฐานในการผลิตแต่ละชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 21 ชิ้น ต่อการผลิต จำนวนชิ้นละ 50 แผ่น



รูปที่ 4 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 21 ชิ้น ต่อการผลิต 50 แผ่น (ก่อนปรับปรุง)

3.3 การิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษาจะนำข้อมูลเวลามาตรฐานในการผลิตชิ้นส่วนประกอบ จำนวน 21 ชิ้น ของแต่ละกิจกรรมการผลิตไปวิเคราะห์หาโครงข่ายกระบวนการผลิต เพื่อหาเวลารวมในการผลิต (Cycle Time) และงานวิกฤต (Critical activity) ต่อการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 50 ตัว ผ่านทางโปรแกรม Microsoft Project ซึ่งจะทำการใส่ข้อมูลเวลาเป็นนาที และแสดงผลข้อมูลออกในรูปแบบนาทีและวันตั้งแต่วันเริ่มต้นการผลิตจนถึงวันสิ้นสุดการผลิต โดยกำหนดวันเริ่มต้นการทำงาน วันพฤหัสบดีที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ตั้งแต่เวลา 8.00 – 17.00 น. ซึ่งมีเวลาพักกลางวัน 1 ชั่วโมง ณ ช่วงเวลา 12.00 น. ทำงานสัปดาห์ละ 6 วัน หยุดทุกวันอาทิตย์



รูปที่ 5 การใส่ข้อมูลรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมในโปรแกรม Microsoft Project

3.4 ศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 และวิเคราะห์หาเวลารวมที่ใช้ในการผลิต ผู้ศึกษาจะนำเทคนิค ECRS มาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต โดยเน้นการกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่า และการรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน เพื่อประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน จากนั้นจะทำการศึกษาเวลาใหม่อีกครั้ง เพื่อกำหนดให้เป็นเวลามาตรฐานแต่ละกิจกรรมย่อยของพนักงานในแต่ละแผนกกระบวนการผลิตใหม่

จากการศึกษาสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบในขั้นตอนการผลิตด้วยหลักการ ECRS ได้ดังนี้

3.4.1 แผนกจิ๊ก

ลำดับ AH (E) = ขจัดการไปรับไม้ที่ต้องทำการจิ๊กจากแผนกแต่งสี เนื่องจากแผนกจิ๊กใช้พื้นที่บริเวณเดียวกันกับแผนกแต่งสี จึงไม่จำเป็นต้องทำการเคลื่อนย้าย

ลำดับ AI (C) = ย้ายกระบวนการจิ๊กไปรวมกับแผนกแต่งสี ลำดับ AF เนื่องจากการจิ๊กจะทำแค่ 2 ชิ้นส่วนประกอบเท่านั้น ซึ่งวิธีการทำจะใช้แม่แบบวางลงบนชิ้นส่วนประกอบและใช้ค้อนตอกลงไป วิธีการนี้ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนสามารถทำในขั้นตอนตรวจสอบแผ่นไม้และแต่งสีได้

ลำดับ AJ (E) = ขจัดการหยิบไม้จิ๊กที่เสร็จเรียงไว้ที่สายพาน เนื่องจากได้ทำการรวมขั้นตอนการจิ๊กให้ทำพร้อมกับขั้นตอนตรวจสอบแผ่นไม้และแต่งสี ลำดับ AF ของแผนกแต่งสีแล้ว

3.4.2 แผนกบรรจุ

ลำดับ AK (E) = ขจัดการไปรับไม้ของแผนกบรรจุมาเรียงไว้ที่สายพานรอแพ็ค แต่ให้เปลี่ยนเป็นพนักงานหยิบไม้ที่แต่งสีเสร็จไปเรียงไว้ที่สายพานรอแพ็ค

ลำดับ AI, AL, AN (C) = ย้ายกระบวนการบรรจุไปรวมกับแผนกแต่งสี เนื่องจากแผนกบรรจุจะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วนประกอบอื่น ๆ ผลิตเสร็จแล้วทุกชิ้น ทำให้เกิดการว่างงานของพนักงานในช่วงเวลานี้ จึงสามารถรวมพนักงานของแผนกบรรจุกับแผนกแต่งสีเข้าด้วยกันได้

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลจากการปรับสมดุลสายการผลิต

จากการปรับสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ ECRS ทำให้สามารถจัดสรรการปฏิบัติงานและเขียนลำดับของกิจกรรมแบ่งออกเป็นงานย่อยในแต่ละแผนกขึ้นมาใหม่ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลำดับกิจกรรมงานย่อยของแต่ละแผนก หลังปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS

ลำดับ	กิจกรรมงานย่อย	งานที่ต้องทำก่อน
แผนกปิดผิว		
A	พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ขนไม้ส่งให้แผนกปิดผิว	
B	พนักงานแผนกปิดผิวตั้งค่าเครื่องปิดผิวและเปิดเครื่อง	A
C	ไม้ไหลสู่เครื่องปิดผิว และทำการปิดผิวไม้ด้านที่ 1	B
D	นำไม้ที่ปิดผิวแล้ว 1 ด้านไปกลับไม้โดยเครื่องกลับไม้	C
E	ไม้ไหลสู่เครื่องปิดผิว และทำการปิดผิวไม้ด้านที่ 2	D
F	พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ขนไม้ปิดผิวเสร็จจัดเก็บในคลัง	E
G	พักไม้ปิดผิวเสร็จ 3 ชั่วโมง	F
แผนกตัด		
H	พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ขนไม้ ปิดผิวเสร็จส่งให้แผนกตัด	G
I	พนักงานแผนกตัดตั้งค่าเครื่องตัดและเปิดเครื่อง	H
J	เครื่องทำการตัดไม้	I
K	พนักงานหยิบไม้ตัดเสร็จออกเรียงไว้ที่สายพาน 1 ตั้ง	J
แผนกสไลน์		
L	พนักงานแผนสไลน์เดินไปรับไม้แผนกตัด	K
M	พนักงานแผนกสไลน์ตั้งค่าเครื่องสไลน์และเปิดเครื่อง	L
N	เครื่องทำการสไลน์ไม้	M
O	พนักงานหยิบไม้สไลน์เสร็จออกเรียงไว้ที่สายพาน 1 ตั้ง	N

ตารางที่ 1 ลำดับกิจกรรมงานย่อยของแต่ละแผนก หลังปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรมงานย่อย	งานที่ต้องทำก่อน
แผนกเพาะโครง		
P	พนักงานแผนกเพาะโครงเข็นรถไปรับไม้แผนกสไลน์	O
Q	พนักงานแผนกเพาะโครงตั้งค่าเครื่องเพาะโครงและเปิดเครื่อง	P
R	พนักงานหยิบไม้เข้าเครื่องเพาะโครงในขณะที่เครื่องทำงาน	Q
S	พนักงานหยิบไม้เพาะโครงเสร็จออกเรียงไว้ที่สายพาน 1 ตั้ง	R
แผนกประกอบ		
T	พนักงานแผนกประกอบเดินไปรับไม้แผนกเพาะโครง	S
U	พนักงานหยิบไม้แผ่นบนและไม้กรอบหน้า-หลัง อย่างละแผ่นประกอบเข้าด้วยกัน	T
V	พนักงานหยิบไม้ประกอบเสร็จออกเรียงไว้ที่สายพาน 1 ตั้ง	U
แผนกปิดขอบ		
W	พนักงานแผนกปิดขอบเข็นรถไปรับไม้แผนกประกอบ	V
X	พนักงานแผนกปิดขอบตั้งค่าเครื่องปิดขอบและเปิดเครื่อง	W
Y	พนักงานหยิบไม้เข้าเครื่องปิดขอบในขณะที่เครื่องทำงาน	X
Z	พนักงานหยิบไม้ปิดขอบเสร็จออกเรียงไว้ที่สายพาน 1 ตั้ง	Y
แผนกเจาะ		
AA	พนักงานแผนกเจาะเข็นรถไปรับไม้แผนกปิดขอบ	Z
AB	พนักงานแผนกเจาะตั้งค่าเครื่องเจาะและเปิดเครื่อง	AA
AC	พนักงานหยิบไม้เข้าเครื่องเจาะในขณะที่เครื่องทำงาน	AB
AD	พนักงานหยิบไม้เจาะเสร็จออกเรียงไว้ที่สายพาน 1 ตั้ง	AC

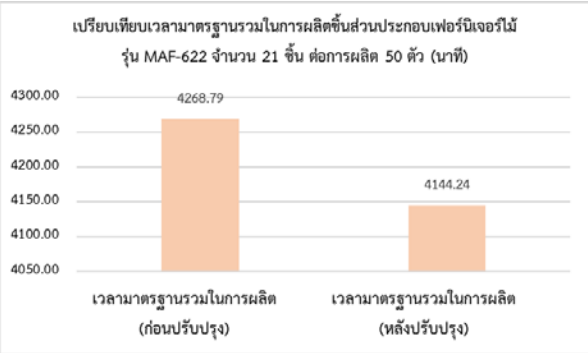
ตารางที่ 1 ลำดับกิจกรรมงานย่อยของแต่ละแผนก หลังปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรมงานย่อย	งานที่ต้องทำก่อน
แผนกแต่งสี จิ๊ก และบรรจุ		
AE	พนักงานแผนกแต่งสีเข็นรถไปรับไม้แผนกเจาะ	AD
AF+ AI	พนักงานตรวจสอบแผ่นไม้ แต่งสีและจิ๊ก ทีละแผ่น	AE
AG	พนักงานหยิบไม้แต่งสีและจิ๊ก เสร็จออกเรียงไว้ที่สายพานรอแพ็ค 1 ตั้ง	AF+ AI
AL	พนักงานนำแผ่นไม้ทุกชิ้นส่วนมาบรรจุใส่กล่อง	AG
AM	พนักงานหยิบกล่องที่บรรจุเสร็จออกเรียงไว้ที่ 1 ตั้ง	AL
AN	พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ขนสินค้าเสร็จจัดเก็บในคลัง	AM

4.2 ผลจากการศึกษาปัญหาของกระบวนการผลิต

จากการศึกษาพบว่าสภาพปัญหาของกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 มีปริมาณแนวโน้มของยอดการสั่งผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 269 ตัวต่อเดือน มาเป็น 283 ตัวต่อเดือน คิดเป็น 5% ภายหลังจากที่ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้การศึกษาเวลามาตรฐาน พบว่ากระบวนการผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 21 ชิ้น ใช้เวลามาตรฐานรวมในการผลิต เท่ากับ 4,268.79 นาที ต่อการผลิต จำนวน 50 ตัว

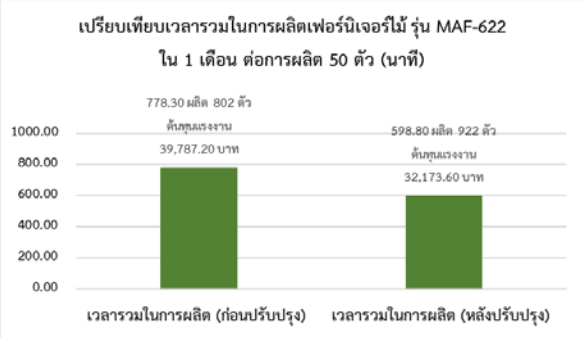
จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้ศึกษาจึงได้นำเสนอแนวทางในการเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิต โดยหลักการ ECRS ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า สามารถลดเวลามาตรฐานรวมในการผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 21 ชิ้น ได้เท่ากับ 4,144.24 นาที คิดเป็น 2.92% จากเวลามาตรฐานรวมในการผลิตชิ้นส่วนประกอบ 21 ชิ้น จำนวน 50 ตัว



รูปที่ 6 เปรียบเทียบเวลามาตรฐานรวมในการผลิตแต่ละชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 21 ชิ้น ต่อการผลิต 50 ตัว

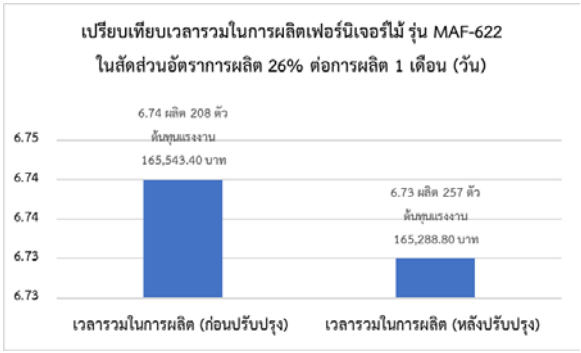
4.3 ผลจากการศึกษาเวลารวมในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622

จากการวิเคราะห์โครงข่ายกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ด้วยโปรแกรม Microsoft Project พบว่า เวลารวมในการผลิต จำนวน 50 ตัว จะใช้เวลาเท่ากับ 778.30 นาที คิดเป็น 12.97 ชั่วโมง หรือ 1.62 วัน ภายใน 1 เดือน สามารถผลิตได้ประมาณจำนวน 802 ตัว และใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 39,787.20 บาท หลังจากการทดลองปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS พบว่าสามารถลดเวลารวมในการผลิตได้เท่ากับ 598.80 นาที คิดเป็น 10.49 ชั่วโมง หรือ 1.31 วัน ภายใน 1 เดือน สามารถผลิตได้ประมาณจำนวน 992 ตัว และใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 32,173.60 บาท คิดเป็น 23.06% จากเวลารวมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 50 ตัว



รูปที่ 7 เปรียบเทียบเวลารวมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ต่อการผลิต 50 ตัว

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณยอดการสั่งซื้อเฟอร์นิเจอร์ไม้ของโรงงานที่ 1 ในปี พ.ศ. 2564 ตามสัดส่วนอัตราการผลิตเท่ากับ 26% (อ้างอิงจากข้อมูลโรงงานกรณีศึกษาโรงงานที่ 1) พบว่า ภายใน 1 เดือน โรงงานจะสามารถผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้รุ่น MAF-622 ได้ประมาณจำนวน 208 ตัว ซึ่งจะใช้เวลาในการผลิต 6.74 วัน และใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 165,534.40 บาท และหลังจากการทดลองปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS พบว่า ภายใน 1 เดือน โรงงานจะสามารถผลิตได้ประมาณจำนวน 257 ตัว ใช้เวลาในการผลิต 6.73 วัน และใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 165,288.80 บาท คิดเป็น 19% จากผลิตภัณฑ์ที่ได้ก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 8 เปรียบเทียบเวลารวมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ในสัดส่วนอัตราการผลิต 26% ต่อการผลิต 1 เดือน

จากการวิเคราะห์โครงข่ายกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 ด้วยโปรแกรม Microsoft Project เพื่อหางานวิกฤต (Critical activity) ที่อาจส่งผลให้งานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด ถ้าหากเกิดการหยุดการทำงานของพนักงาน หรือเกิดการหยุดการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า งานวิกฤตที่เกิดขึ้นเดิมมีจำนวน 40 งาน ภายหลังจากการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS สามารถลดจำนวนงานวิกฤตได้เท่ากับ 30 งาน คิดเป็น 33.33% จากกระบวนการผลิตที่พบงานวิกฤตก่อนปรับปรุง

5. อภิปรายผล

การศึกษาการทำงานเพื่อจัดทำเวลามาตรฐานนั้น ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

รุ่น MAF-622 เพื่อเก็บข้อมูลในการจัดทำเวลามาตรฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vichai Rungreunganun [5] และ กิตติชัย อธิกุลรัตน์[6] พบว่าพนักงานทุกคนให้ความร่วมมือในด้านการสอบถามข้อมูลและการปฏิบัติงานจริงเป็นอย่างดี

จากการนำเสนอวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการ ECRS เพื่อเพิ่มผลิตภาพการทำงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของชนเนษฎ์ ศรีละออ[7] หลังการติดตามผล พบว่าสามารถลดเวลามาตรฐานรวมที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ จำนวน 21 ชิ้น ได้ในอัตรา 2.92% และสามารถลดเวลารวมที่ใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จำนวน 50 ตัว ต่อการผลิต 1 รอบ ได้ในอัตรา 23.06% และสามารถลดงานวิกฤตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจากเดิมได้ในอัตรา 33.33%

จากการศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม Microsoft Project[9] ผู้ศึกษาจึงนำมาประยุกต์ใช้ในการเขียนโครงข่ายกระบวนการผลิต ซึ่งการศึกษาโครงข่ายจะสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรพงศ์ บางพาน[10] ที่จัดทำการศึกษาการบริหารกระบวนการผลิต โดยการสร้างข่ายงานเพื่อแสดงถึงรายละเอียดกิจกรรมในกระบวนการผลิต ลำดับในการทำงานก่อน-หลัง ของกิจกรรมงานย่อยนั้น ๆ

6. สรุป

การศึกษาการทำงานเพื่อจัดทำเวลามาตรฐานและการศึกษากระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 เพื่อเพิ่มผลิตภาพการผลิต จะเก็บข้อมูลจับเวลาทั้งสิ้น 30 รอบ สามารถจำแนกแผนกการผลิตออกเป็น 10 แผนก และแบ่งกิจกรรมงานย่อยของแต่ละแผนกได้ 40 งาน ผู้ศึกษาได้วิเคราะห์เวลามาตรฐานรวมในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ จำนวน 21 ชิ้น และนำเสนอวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการ ECRS พบว่าสามารถลดเวลามาตรฐานรวมในการผลิตชิ้นส่วนประกอบจากเดิมใช้เวลา 4,268.79 นาที มาเป็นเวลา 4,144.24 นาที คิดป็น 2.92% สามารถลดเวลารวมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 จากเดิมใช้เวลา 778.30 นาที นาที คิดเป็น 12.97 ชั่วโมง หรือ 1.62 วัน มาเป็นเวลา 778.30 นาที คิดเป็น 12.97 ชั่วโมง หรือ 1.62 วัน ซึ่งคิดเป็น 23.06% ต่อการผลิต 1 รอบ จำนวน 50 ตัว เมื่อคำนวณตามสัดส่วนอัตราการผลิต 26% ใน 1 เดือน จะสามารถผลิตได้จากเดิมประมาณจำนวน 802 ตัว ใช้ต้นทุนแรงงาน 39,787.20 บาท มาเป็น ประมาณจำนวน 992 ตัว ใช้ต้นทุนแรงงานเท่ากับ 32,173.60 บาท คิดเป็น 19% จากผลิตภัณฑ์ที่ได้ก่อนการปรับปรุง และสามารถลดงานวิกฤตที่เกิดขึ้นจากเดิม 40 งาน มาเป็น 30 คิดเป็น 33.33% จากกระบวนการผลิตที่พบงานวิกฤตก่อนปรับปรุง ซึ่งในการจัดทำเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ รุ่น MAF-622 โรงงานกรณีศึกษาโรงงานที่ 1 สามารถจัดเก็บเป็นข้อมูลในการทำงานและใช้เป็นตัวกำหนดวางแผนในการผลิตครั้งถัดไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับการสนับสนุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนาคารออมสิน. 2563. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ปรับตัวรับ New Normal. ข้อมูลจาก https://www.gsbresearch.or.th/wpcontent/uploads/2020/10/IN_furniture_9_63_inter_detail.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 6 กุมภาพันธ์ 2565).

[2] Pornsiri Khamla and Committee. 2021. Standard time in production process of ready mixed concrete using direct time study. Academic Journal Industrial Technology, 6(2), 41-51.

[3] พิเชฐ พุ่มเกษร และ สุกานดา ศรีอร่าม. 2555. การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ กรณีศึกษา: บริษัท อินเด็กซ์อินเตอร์เฟิร์น จำกัด สาขามหาชัย. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, ปีที่ 21, ฉบับที่ 1, 563-571.

[4] Cengiz Durana, Aysel Cetindereb and Yunus Emre Aksuc. 2015. Productivity improvement by work and time study technique for earth energy-glass manufacturing company. 4th World Conference on

Business, Economics and Management, WCBEM, 109-113.

[5] Vichai Rungreunganun and Teansin Sriwasut. 2018. Productivity improvement for heating ventilation and air conditioning unit assembly. Songklanakarin J. Sci. Technol, 40(1), 219-230.

[6] กิตติชัย อธิกุลรัตน์. 2562. การศึกษาเวลามาตรฐานการติดตั้งแม่พิมพ์ กรณีศึกษา บริษัทผลิตถุงพลาสติก. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 17, ฉบับที่ 2, 77-90.

[7] ชนเนษฎ์ ศรีละออ และ คณะทำงาน. 2563. การศึกษาเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยในกระบวนการผลิตด้วยการฝึกอบรม โดยใช้หลักการ Why – Why Analysis และหลักการ ECRS กรณีศึกษา บริษัท ยาคูลท์ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารการบริหารและจัดการ, ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, 14-22.

[8] พัชรี พัทธรัฐ เกียรติ และ ดาริชา สุธีวงศ์. 2555. การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเข้มข้น. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 23, ฉบับที่ 1, 62-74.

[9] วราพร กรีเทพ. 2556. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการวางแผนและจัดการโครงการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป. ข้อมูลจาก http://portal5.udru.ac.th/ebook/pdf/upload/17i90n6iEz695990mE8w.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 กุมภาพันธ์ 2565).

[10] สุรพงศ์ บางพาน, พีรพันธ์ บางพาน และวิบูลลักษณ์ บางพาน. 2557. การบริหารโครงการด้วยการสร้างข่ายงานกิจกรรมในกระบวนการผลิตชุดกระพ้อลำเลียงข้าว. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, 1-11.

ID011

การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์กรณีศึกษาโรงงานผลิตแผ่นยิปซั่มแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี

SIMULATION OF FIRE EVACUATION USING COMPUTER MODELLING CASE STUDY GYPSUM BOARD PRODUCT OF CHONBURI

อภิรัตน์ ทิพย์กระโทก[*1] สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[*2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1*]E-mail: apirat.th@ku.th
[2*]E-mail: supat.p@ku.th

Apirat Thipkatok[*1] Supat Patvichaichod[*2]
[1]Department of Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[1*]E-mail: apirat.th@ku.th
[2*]E-mail: supat.p@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการจำลองอพยพหนีไฟและพลศาสตร์อัคคีภัยโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Pathfinder ของโรงงานผลิตแผ่นยิปซั่มแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรีซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีพื้นที่ทั้งหมด 21,926 ตารางเมตร ลักษณะการใช้งานแบ่งออกเป็น3ประเภท คืออาคารสำนักงาน พื้นที่การผลิตและคลังสินค้า อาคารเก็บวัตถุดิบ ซึ่งมีผู้ใช้อาคารกรณีศึกษาทั้งหมด 1,980คนแบ่งออกเป็น 6กรณี กรณีที่ 1 ห้องรับประทานอาหารฝ่ายผลิตชั้น 1 กรณีที่ 2 อาคารเก็บวัตถุดิบ (กระดาษ/สารเคมีชนิดเหลว) กรณีที่ 3 ห้องควบคุมไฟฟ้าพื้นที่การผลิต กรณีที่ 4 ห้องทดสอบคุณภาพแผ่นยิปซั่ม กรณีที่ 5 พื้นที่ทิ้งเศษกระดาษจากการผลิต กรณีที่ 6 อาคารผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยก๊าซธรรมชาติ การจำลองการอพยพแบ่งออกเป็น 3 กรณีที่ 1เส้นทางหนีไฟสามารถใช้งานได้ทั้งหมด กรณีที่ 2 เส้นทางหนีไฟอาคารเก็บวัตถุดิบถูกปิดกั้น กรณีที่ 3 เส้นทางหนีไฟอาคารสำนักงานฝ่ายผลิตถูกปิดกั้น การกำหนดพื้นที่เกิดเพลิงไหม้และเงื่อนไขในการจำลองอ้างอิงมาตราฐาน NFPA 101 จากการศึกษาผู้ใช้อาคารสามารถอพยพไปยังเส้นทางหนีไฟในตำแหน่งที่ปลอดภัย และใช้เวลาอพยพหนีไฟอยู่ในช่วงที่กฎหมายกำหนดทุกกรณีงานวิจัยนี้สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเส้นทางหนีไฟสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมได้

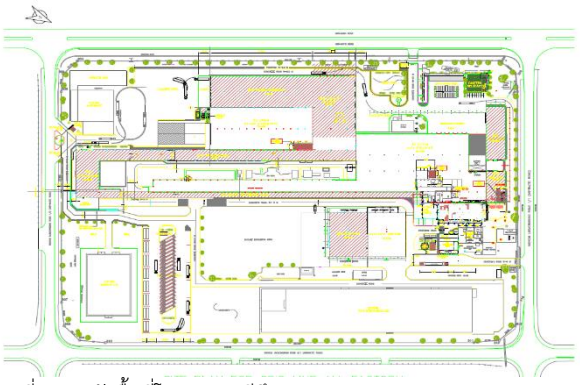
Abstract

This research presents the study investigates fire evacuation and fire dynamics simulation of Means of Egress with the Pathfinder Program

Case Study: The Gypsum board Products of Chonburi This is large industrial site a total of 21,926 squaremeter,with a total of 1,980 occupants. The calculation of occupants load referent NFPA 101,Life Safety code to simulation the dynamics of fire were 6 case by source of origin of the fire ,case 1:canteen of production 1 floor,case 2:Raw material storage(paper and wet chemical),case 3:main substation of production,case 4:laboratory industrial standard test ,case 5:paper waste storage,case 6::electrical generator plant. The evacuation simulation into 3 cases,case1:All the exit access available normal,case2:The exit access of raw material was close,case3:The exit access production office was close by specifying the simulation conditions in accordance with NFPA 101,life safety code, This study found that when a fire occurred, the evacuation scenario it is all occupant will be able to leave the industrial plant within that time. This research can be used to plan the evacuation of large industrial plant.

1. บทนำ

ผู้วิจัยได้เลือกโรงงานผลิตแผ่นยิปซั่มแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรีมีพื้นที่ทั้งหมด21,926 ตารางเมตรมีพนักงานทั้งหมด1,980 คน ภายในโรงงานเป็นอาคารโล่งมีเครื่องจักรขนาดใหญ่ ,อาคารสำนักงาน2ชั้น ,อาคารเก็บม้วนกระดาษและสารเคมี จัดเก็บกระดาษเป็นแถวโดยวางซ้อนกันแถวละ4ม้วนทั้งหมดจำนวน1,300ตัน จัดเก็บสารเคมีประเภทสบู่และซิลิโคลนที่บรรจุในถังพลาสติกขนาด1,000ลิตรเก็บบนชั้นวาง2ชั้นแต่ละชั้นวางได้16 ถัง ทั้งหมดจำนวน 32,000 ลิตร โรงเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่บรรจุในถังเหล็กขนาด15 กิโลกรัมจัดเก็บเป็นแถวแถวละ4ถัง ทั้งหมดจำนวน 2,100 กิโลกรัม โรงเก็บน้ำมันดีเซลจัดเก็บน้ำมันดีเซลในถังเหล็กขนาด5,000ลิตร จำนวน 2 ถัง ทั้งหมดจำนวน9,000 ลิตร คลังสินค้าสำหรับเก็บแผ่นผนังยิปซั่มจัดเก็บเป็นแถวตามรายชื่อสินค้าโดยการวางซ้อนทับกันไม่เกิน5 ตั้งแต่ละตั้งจะมี100แผ่น ทั้งหมดจำนวน 280,000แผ่น กรณีที่พนักงานไม่สามารถอพยพหนีไฟออกมาได้หรือเส้นทางหนีไฟถูกปิดกั้นพนักงานอาจหมดสติหรือเสียชีวิตจากการความร้อนและควันไฟได้ การวิจัยครั้งนี้ได้จำลองการอพยพหนีไฟด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเกิดเพลิงไหม้ และการอพยพหนีไฟจากสถานการณ์ต่างๆ พร้อมทั้งคำนวนเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟเพื่อเป็นข้อมูลให้โรงงานปรับปรุงแก้ไขให้งานด้านความปลอดภัยมีประสิทธิภาพต่อไป



รูปที่1 แผนผังพื้นที่โรงงานกรณีศึกษา

2.วิธีการสร้างแบบจำลอง

2.1 โปรแกรม Pathfinder

เป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์ของ Thunderhead Engineering เพื่อใช้ในการจำลองเหตุการณ์การอพยพหนีไฟในอาคารที่นำเอาเทคนิคจากการค้นคว้าวิทยาการคอมพิวเตอร์มาใช้จำลองการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานอาคารอย่างอิสระที่อพยพหนีไฟ โดยแสดงผลต่อเนื่องทั้งในรูปแบบ2มิติและ3มิติ และยังสามารถแสดงผลในรูปของกราฟแผนภูมิ ซึ่งโปรแกรมมีเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้เส้นทางอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคาร2รูปแบบคือ SFPE ,Steering

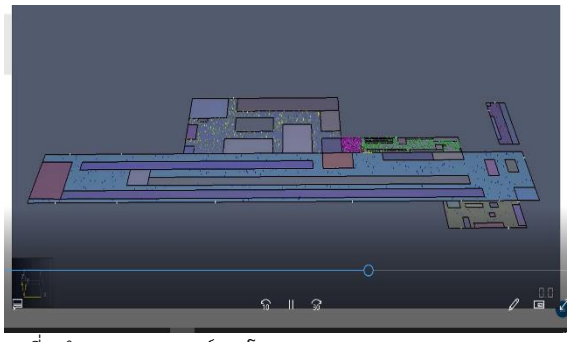
2.2 การสร้างแบบจำลองพื้นที่

แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีพื้นที่ทั้งหมด21,926ตารางเมตรอ้างอิงขนาดตามแผนผังโรงงานรูปที่1ในพื้นโรงงานเป็นอาคารโล่งมีเครื่องจักรขนาดใหญ่ มีคลังสินค้า และอาคารเก็บวัตถุดิบ มีเส้นทางหนีไฟทั้งหมด6เส้นทาง และภายในอาคารโรงงานมีอาคารสำนักงาน2ชั้นของฝ่ายผลิต มีเส้นทางหนีไฟจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่างทั้งหมด 2 เส้นทาง มีระบบป้องกันอัคคีภัย คือระบบตรวจจับควันไฟ ระบบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ สัญญานแจ้งเหตุฉุกเฉิน และถังดับเพลิงแบบเคลื่อนที่ชนิดผงเคมีแห้งและชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ติดตั้งเต็มพื้นที่ของอาคารโรงงาน อาคารสำนักงานของฝ่ายผลิต คลังสินค้า อาคารเก็บวัตถุดิบ รวมถึงอาคารผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ และโรงเก็บก๊าซธรรมชาติ และโรงเก็บน้ำมันดีเซล สอดคล้องตามข้อกำหนดขั้นต่ำตามกฎหมาย

รูปที่2 แบบจำลองจากโปรแกรมPathfinder

2.3 การกำหนดจำนวนผู้ใช้งานอาคาร

กำหนดจำนวนผู้ใช้งานในพื้นที่ทั้งหมด1,980 คน ตามมาตราฐาน โดยNFPA101,Life Safety codeโดยแบ่งประเภทใช้อาคารออกเป็น 3ประเภท อาคารสำนักงาน พื้นที่การผลิต อาคารเก็บวัตถุดิบ และ คลังสินค้า



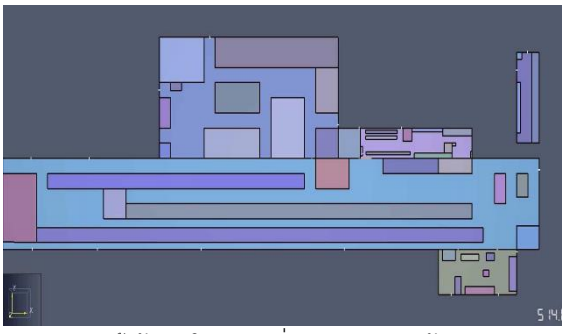
รูปที่3 จำลองสถานการณ์จากโปรแกรมPathfinder

3. องค์ประกอบของเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ

สำหรับเวลาล่าช้าในอาคารมีค่าประมาณ0.60 ถึง 1.05นาที ซึ่งเป็นเวลาที่น้อยเนื่องจากโครงสร้างอาคารเป็นผนังคอนกรีตที่ใช้อิฐทนไฟในการก่อสร้างรวมถึงโครงสร้างหลังคาที่ใช้เหล็กรูปพรรณที่สามารถทนไฟได้ไม่ต่ำกว่า1ชั่วโมง พร้อมติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุฉุกเฉิน ระบบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ระบบตรวจจับควันไฟ และถังดับเพลิงชนิดเคลื่อนที่ได้ติดตั้งเต็มพื้นที่ของอาคารโรงงาน อาคารสำนักงานของฝ่ายผลิต คลังสินค้า อาคารเก็บวัตถุดิบ รวมถึงอาคารผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ และโรงเก็บก๊าซธรรมชาติ และโรงเก็บน้ำมันดีเซล สอดคล้องตามข้อกำหนดขั้นต่ำตามกฎหมาย มีการฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพและมีเจ้าหน้าที่ควบคุมเพลิงเป็นผู้ช่วยในการอพยพ และคนที่อยู่ในอาคารเป็นคนที่อยู่ในวัยผู้ใหญ่ซึ่งสามารถช่วยเหลือตัวเองได้อย่างดีและอยู่ในสภาวะตื่นตัวมีสติจึงทำให้ใช้เวลาในระยะก่อนการอพยพน้อย

4. การจำลองสถานการณ์

กำหนดสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ 6 กรณีศึกษาคือเมื่อระบบตรวจจับควันไฟตรวจจับความผิดปกติได้ระบบจะทำการหน่วงเวลา5นาทีเพื่อให้ทีมดับเพลิงในโรงงานเข้าไปตรวจสอบในพื้นที่และตอบโต้สถานการณ์หากควบคุม



สถานการณ์ได้ภายในเวลาที่ทำการหน่วงผู้ควบคุมระบบดับเพลิงจะทำการรีเซตระบบเพื่อไม่ให้ระบบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติทำงาน ถ้าทีมดับเพลิงภายในโรงงานไม่สามารถดับเพลิงได้ในระยะเวลาที่หน่วง ระบบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติจะทำงานทันทีระบบดับเพลิงอัตโนมัติสามารถดับเพลิงได้ไม่ต่ำกว่า2ชั่วโมง กรณีที่ 1กำหนดให้เส้นทางหนีไฟใช้งานได้ทั้งหมด โดยใช้เวลาอพยพ 4.10นาที

กรณีที่ 2เส้นทางหนีไฟอาคารเก็บวัตถุดิบถูกปิดกั้น ใช้เวลาอพยพ 4.16นาที

กรณีที่ 3 เส้นทางหนีไฟอาคารสำนักงานฝ่ายผลิตถูกปิดกั้น ใช้เวลาอพยพ 4.35นาที

5. สรุป

ต้องการศึกษาวิจัยว่าการอพยพหนีไฟโดยใช้เส้นทางทางหนีไฟเดิมของอาคารโรงงานจากการจำลองสถานการณ์ในหลายๆกรณี พบว่ายังสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยตาม

ข้อกำหนดของกฎหมายขั้นต่ำเส้นทางหนีไฟของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้ถูกออกแบบมาเพียงพอในการรองรับผู้ใช้งานอาคารสำนักงานและพื้นที่การผลิตทั้งหมด ทั้งในกรณีที่เส้นทางหนีไฟอาคารเก็บวตัถุดิบถูกปิดกั้นและกรณีที่เส้นทางหนีไฟอาคารสำนักงานฝ่ายผลิตถูกปิดกั้นซึ่งใช้เวลาในการอพยพหนีออกจากพื้นที่เป็น246.60วินาทีและ261 วินาทีอยู่ในช่วงระยะเวลาตามข้อกำหนดของกฎหมายขั้นต่ำกำหนดไว้ จึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมและสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเส้นทางหนีไฟสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้โดยกำหนดให้ขนาดเส้นทางหนีไฟมีขนาดไม่ต่ำกว่า 90 เซนติเมตร ขนาดประตูหนีไฟไม่ต่ำกว่า150 เซนติเมตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักได้ให้คำปรึกษาและแนะนำในการค้นคว้างานวิจัยจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Hai-rong, W., et al. (2011). "Performance-based Design of Smoke Control and Evacuation in a BuildingAtrium."Procedia Engineering 11: 431-436.

[2] Xing, Z. and Y. Tang (2012). "Simulation of Fire and Evacuation in High-Rise Building." Procedia Engineering 45: 705-709.

[3] Cao, S.-c., et al. (2014)."Simulation of Pedestrian Evacuation in a Room under Fire Emergency." Procedia Engineering 71: 403-409.

[4] Thompson, P., et al. (2015). "Evacuation models are running out of time."
Fire Safety Journal 78:251-261.

[5] Zhang, G., et al. (2016). "Quantitative risk assessment methods of evacuation safety for collapse of large steel structure gymnasium caused by localized fire."
Safety Science 87: 234-242.

[6] Ahn,C.,etal.(2016)."An Analysis of Evacuation under Fire Situation in Complex Shopping Center Using Evacuation Simulation Modeling." Procedia-Social and Behavioral Sciences 218: 24-34.

ID016

นโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับผลิตโคมไฟที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล

Optimal Order Quantity policies of raw material procurement for Lamp manufacturing Using Monte Carlo Simulation Technique

อสิธร เน้ยโอชา[1*] และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์[2]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*]E-mail: Asithorn_N@outlook.com

Asithorn Noei-ocha[1*] and Vichai Rungreunganun[2]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[*]E-mail: Asithorn_N@outlook.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับโรงงานผลิตโคมไฟ ที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโคมไฟมีความต้องการไม่แน่นอน ทำให้วัตถุดิบบางชนิดมีความต้องการน้อย บางชนิดมีความต้องการมาก จึงทำให้วัตถุดิบบางชนิดขาดแคลน บางชนิดมีปริมาณการเก็บมาก ดังนั้นทางผู้วิจัยได้เสนอวิธีการกำหนดนโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสมภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอน โดยมีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการ 1. การวิเคราะห์สินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบโดยระบบ ABC เป็นกรณีศึกษา 2. กำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อ 3 หานโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล ซึ่งนโยบายที่การสั่งซื้อที่เหมาะสมสามารถลดต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังได้ เป็นมูลค่า 1.3 ล้านบาทต่อปี หรือคิดเป็น 4.83%

คำหลัก เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล, การจัดการสินค้าคงคลัง, การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

Abstract

This research aims to find a policy for ordering raw materials manufactured from lamp mills using Monte Carlo simulation techniques. The raw materials used in the manufacture of lamps have uncertain demand. As a result, some raw materials are less demanding, and some are very demanding, which is why some raw materials are scarce, and some species have large collection volumes. Therefore, the researchers have proposed a way to set the right Optimum ordering policy under uncertain needs with the study process starting from 1. Inventory Analysis the type of raw materials by ABC system is a case study. 2. Set order policies and order points 3 . Find the right order policy and point of order using Monte Carlo simulation techniques, which policy that the order is reasonable can reduce inventory management costs by 1.3 million baht per year or 4.83%

Keywords: Monte Carlo Simulation Technique, Inventory Management, Economic Order Quantity

1. บทนำ

จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษามีการดำเนินธุรกิจเป็นผู้ผลิตที่ทำการผลิตโคมไฟเพื่อจัดจำหน่ายให้กับลูกค้าภายนอกประเทศมีรูปแบบการผลิตแบบตามสั่ง (Make to order) โดยวัตถุดิบมีความหลากหลายในส่วนที่จะนำมาผลิต ส่งผลทำให้เกิดปัญหาในด้านการจัดการวัตถุดิบตามมาด้วยเช่นกัน[1]

จากการศึกษาปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบ ความไม่เหมาะสมของการบริหารคลังวัตถุดิบทำให้วัตถุดิบบางชนิดมีปริมาณที่เก็บเป็นจำนวนมาก วัตถุดิบบางชนิดขาดแคลนต่อการใช้งานส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความเสี่ยงหยุดการผลิต และในส่วนของการสั่งซื้อในปริมาณที่ไม่แน่นอนจะทำให้เกิดการลงทุนที่สูญเปล่า วัตถุดิบแต่ละรายการจะมีระยะเวลาในการจัดส่งแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้การศึกษาโรงงานผลิตโคมไฟยังไม่มีหลักการสำหรับกำหนดปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง และยังไม่มีวิธีการวิเคราะห์หรือนำทฤษฎีใด ๆ ในการบริหารคลังวัตถุดิบมาประยุกต์ใช้อย่างชัดเจนจะมีเพียงแค่การกำหนดโดยหัวหน้างานที่อาศัยประสบการณ์ทำงานที่ผ่านมาเท่านั้น ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคแบบจำลองมอนติคาร์โล (Monte carlo Simulation) ซึ่งเป็นเทคนิคการจำลองสถานการณ์ในกรณีที่มีความต้องการไม่แน่นอน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนรวมของการจัดการวัสดุคงคลังต่ำที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้นำเสนอทฤษฎีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลเพื่อหานโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการวิเคราะห์หาระดับความสำคัญของวัตถุดิบด้วยการจัดกลุ่มสินค้าแบบ ABC โดยเริ่มจากกำหนดนโยบายการสั่งซื้อแบบต่าง ๆ และใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

สินค้าคงคลัง (Inventory) สินค้าหรือวัสดุที่เก็บไว้เพื่อการใช้งานหรือจำหน่ายในอนาคตนั้น จะต้องจัดหาสินค้ามาให้เพียงพอกับความต้องการในช่วงเวลาที่เหมาะสมไม่เช่นนั้นแล้วอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อองค์กรได้ไม่ว่าจะเป็นองค์กรเพื่อการผลิตหรือการให้บริการอาจมีสินค้าคงคลังจำนวนนับร้อยชนิด[2] โดยทั่วไปสินค้าคงคลังที่องค์กรแต่ละแห่งเก็บไว้ขึ้นอยู่กับลักษณะขององค์กรนั้นทำอยู่ ในองค์กรที่ผลิตภัณฑ์จะเก็บสินค้าคงคลังในรูปของวัตถุดิบเพื่อในในการผลิต ซึ่งบางครั้งไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าต้องการใช้เมื่อใดและเป็นจำนวนเท่าไหร่ เป็นต้น

การแบ่งประเภทของคงคลังด้วยระบบ (ABC analysis) โดยทั่วไปแล้วกิจการมักจะมีสินค้าคงเหลือหลายร้อยหรือหลายพันหลายการ ทำให้มักจะเกิดปัญหาสำหรับการให้ความสำคัญกับสินค้าที่มีในแต่ละรายการ สินค้าจำนวนน้อยรายการ อาจจะมีมูลค่าขายสูงหรือสินค้ามากรายการอาจจะมีมูลค่าขายต่ำก็ได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นไปตามกฎที่เรียกว่า “กฎ20/80” หมายถึง สินค้าคงเหลือจำนวน 20% ของรายการสินค้าคงเหลือทั้งหมด มียอดขายรวมกันถึง 80% ของยอดขายรวม และสินค้าคงเหลือจำนวน 80% ของรายการสินค้าคงเหลือทั้งหมด มียอดขายรวมกันเพียง 20% ของยอดขายรวม

การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Economic Order Quantity – EOQ) การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้ง ซึ่งประยุกต์ใช้ในกรณีที่สินค้ามีความต้องการที่คงที่และแน่นอน ให้มีการเหมาะสมเพื่อให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลังรวมต่อปีมีมูลค่าต่ำสุด ต้องคำนึกถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อจะแปรผกผันกับขนาดที่สั่งซื้อทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและการจัดเก็บที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดคือจุดที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บเท่ากับค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อซึ่งนั้นก็คือปริมาณของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte carlo Simulation) การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลเป็นวิธีเชิงประมาณ (Quantitive Technique) ซึ่งสอดคล้องกับสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่างที่มีปัญหาความต้องการวัตถุดิบไม่คงที่ และมีช่วงเวลานำคงที่ในการจัดส่งวัตถุดิบสู่โรงงานหลังจากมีการออกคำสั่งซื้อ และ

สามารถประยุกต์ใช้กับระบบงานที่มีความไม่แน่นอนที่มีลักษณะของปัญหาความต้องการแบบเฟ้นสุ่ม (Stochastic)

ธันว์ระวี (2560) การศึกษาปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตเลนส์แว่นตาแห่งหนึ่ง ซึ่งประสบปัญหาในเรื่องของการจัดเก็บสต็อกสินค้าไว้จำนวนมาก เพื่อรองรับทุกค่าสายตาของลูกค้า ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ต้นทุนรวมในการสั่งซื้อสินค้า นำมาคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด จุดสั่งซื้อใหม่ และปริมาณสินค้าคงคลังที่ปลอดภัย พบว่าจำนวนรอบการสั่งซื้อสินค้าลดน้อยลง และไม่เกิดการสั่งซื้อสินค้าและจัดส่งกรณีเร่งด่วน เมื่อเทียบกับเดือนมกราคม 2559 ลดลง 71% และในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 เทียบกับเดือนกุมภาพันธ์ 2559 ลดลง 62% ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายในระหว่างการทดลองนั้นลดลงเป็นจำนวนเงิน 343,900.77 บาท

กนกศักดิ์ (2561) การศึกษาปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตเครื่องดื่ม เนื่องจากปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่แน่นอนซึ่งบริษัทไม่มีการวางแผนในการสั่งซื้อขวดบรรจุที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงเสนอเทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลและวิธีการพยากรณ์ปริมาณการใช้ขวดบรรจุภัณฑ์โดยวิธีวินเทอร์ เพื่อหาจำนวนการสั่งซื้อที่เหมาะสมและทำให้ต้นทุนรวมของการจัดการให้ลดลง ผลการศึกษาพบว่าวิธีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลและวิธีการพยากรณ์แบบ winter’s method มีต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง 13,494,584 บาท และ 16,094,570.11 บาทตามลำดับ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าวิธีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลมีต้นทุนที่ต่ำกว่า จึงเลือกวิธีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลมาใช้ในการวางแผนการสั่งซื้อที่เหมาะสม ซึ่งสามารถลดต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังได้ถึง 78,745,582 บาทต่อปี คิดเป็นสัดส่วน 85.37% ต่อปี

กรรณิกา (2562) การศึกษาปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตเหล็กเส้นที่ใช้ในการผลิตวงแหวนความเฉื่อย (Inertia Rings) เนื่องจากปัจจุบันไม่มีแนวทางการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมซึ่งส่งผลให้มีสินค้าคงคลังเกินความจำเป็นจำนวนมากทำให้ต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังสูง โดยเริ่มจากการใช้ทฤษฎี ABC Classification System จากนั้นใช้รูปแบบการหาปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัดเข้ามาช่วยและทำการเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นระหว่างวิธีที่ใช้ในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ผลการเปรียบเทียบต้นทุนของการบริหารจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้ออย่างประหยัดจะมีต้นทุนรวมของการบริหารจัดการคงคลังเท่ากับ 373,970.85 บาท และต้นทุนรวมของการบริหารจัดการสินค้าคงคลังแบบปัจจุบันของกรณีศึกษาเท่ากับ 632,787.75 บาท ดังนั้นถ้านำรูปแบบการสั่งซื้ออย่างประหยัดมาใช้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งปีจะลดลงได้ถึง 258,816.91 บาท

Chiewahan (2019) ศึกษาเพื่อหากำไรสูงสุดของการผลิตโดยใช้แบบจำลองปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) และสินค้าไม่ขาดมือ นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มกรณีของสต็อกเพื่อความปลอดภัยในคงคลังกรณีที่ความต้องการผันผวน เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนสินค้า โดยเริ่มจากการคำนวณปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด ระดับคงคลังเพื่อความปลอดภัย และจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม (ROP) จากนั้นจึงทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์หลายค่าประกอบด้วยระดับการให้บริการระยะเวลาการหาวัตถุดิบทดแทนและเวลาแปรผันการหาวัตถุดิบ ผลการประยุกต์ใช้พบว่าสามารถลดปริมาณวัสดุคงคลังได้กว่าร้อยละ 50

Valentin (2019) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการสั่งซื้อวัตถุดิบหลักก่อนและหลังทำการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบหลักที่เหมาะสม เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อ เพิ่มผลกำไรรวมสูงสุด เพื่อหลีกเลี่ยงสินค้าหมดสต็อกและสินค้าเกินสต็อก ได้นำแนวคิดการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic order quantity) และการหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point) มาประยุกต์ใช้ จากผลการวิจัยผลว่าสามารถลดต้นทุน คิดเป็นร้อยละ 29.15 และมีความถี่ในการสั่งซื้อลดลง 10 ครั้งต่อปี คิดเป็นร้อยละ 39.40

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปในการดำเนินการผลิตและวิเคราะห์ปัญหา

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มุ่งเน้นที่จะหานโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อวัตถุดิบคงคลังหลักที่เหมาะสมและทำให้ต้นทุนการจัดการวัตถุดิบคงคลังต่ำที่สุด ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลในรอบปี พ.ศ. 2563 ทำการจำแนกวัตถุดิบคงคลังโดยใช้ทฤษฎี ABC analysis และเลือกเฉพาะวัตถุดิบคงคลังที่อยู่ในกลุ่ม A เท่านั้น เนื่องจากวัตถุดิบกลุ่ม A มีมูลค่าของการเบิกใช้สูงสุด สามารถแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 1
ระดับ A ที่มีมูลค่า 80.07% ของมูลค่าการเบิกใช้ทั้งหมด
ระดับ B ที่มีมูลค่า 15.69% ของมูลค่าการเบิกใช้ทั้งหมด
ระดับ C ที่มีมูลค่า 4.24% ของมูลค่าการเบิกใช้ทั้งหมด

ตารางที่ 1 ข้อมูลการจำแนกระดับความสำคัญของมูลค่าคงคลังด้วยหลักการ ABC

ลำดับ	รายการ	ปริมาณการเบิกใช้ต่อปี	ราคา/หน่วย	มูลค่าการเบิกใช้ต่อปี	% ของสินค้าทั้งหมด	% สะสม	class
1	P570	88,296	50	4,414,800	15.06	15.06	A
2	P158	42,304	83.21	3,520,115.8	12.01	27.08	A
3	P560	22,058	150.5	3,320,611.3	11.33	38.41	A
4	P640	30,552	107.18	3,274,563.3	11.17	49.58	A
5	P138	13,026	250.99	3,269,395.7	11.16	60.74	A
6	P433	10,648	200.12	2,130,877.7	7.27	68.01	A
7	P405	2306	550	1,268,300	4.33	72.34	A
8	P006	17332	70	1,213,240	4.14	76.48	A
9	P406	876	760	665,760.00	2.27	78.75	A
10	P004	585	660	386,100.00	1.32	80.07	A

3.2 ศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนการจัดการวัตถุดิบ

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการวัตถุดิบนั้นขั้นตอนแรกในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมเพื่อจัดเก็บวัตถุดิบที่เหมาะสมนั้นคือการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นค่าใช้จ่ายดังนี้

3.2.1 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Holding Costs) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาวัตถุดิบเป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในส่วนคลังวัตถุดิบที่มีรายละเอียดแยกย่อยหลายรายการที่เป็นต้นทุนการจัดเก็บ แสดงตามตารางที่ 2 แสดงชนิดของค่าใช้จ่ายที่จัดว่าเป็นต้นทุนของการเก็บรักษา

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายของต้นทุนในการจัดเก็บรักษาวัตถุดิบ

รายการ	ต้นทุน (% ของมูลค่าวัตถุดิบคงคลัง)
ค่าสถานที่ (ค่าบำรุงรักษา ค่าเสื่อมราคา ค่าประกันภัย)	5.91
ค่าการจัดการ (ค่าพลังงาน ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ)	8.41
ค่าแรงงาน	7.43
เงินลงทุนหมุนเวียน (ทุนยืม ภาษีและค่าประกันสินค้า)	7.17
รวมต้นทุนในการเก็บรักษาวัตถุดิบคงคลังทั้งหมด	28.91

จากต้นทุนในการเก็บรักษาวัตถุดิบคงคลังที่คำนวณจากมูลค่าวัตถุดิบคงคลังแบบรวมนั้น ไม่เหมาะสมกับชนิดวัตถุดิบที่มีหลายรายการ เพราะในความเป็นจริงต้นทุนการจัดเก็บควรแปรผันไปตามราคาของวัตถุดิบที่แตกต่างกันด้วย เนื่องจากค่าใช้จ่ายนั้นรวมถึงค่าดอกเบี้ยของเงินลงทุนซื้อวัตถุดิบ ค่าภาษี ค่าพื้นที่ในการจัดเก็บ และค่าประกันภัย จึงสามารถคิดต้นทุนในการเก็บรักษาแบบแยกชนิดรายการวัตถุดิบได้ โดยจะได้เป็นต้นทุนในการจัดเก็บบาทต่อหน่วยปี ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาวัตถุดิบ = ราคาวัตถุดิบ x 28.91

ตารางที่ 3 สรุปค่าใช้จ่ายการจัดเก็บรักษาวัตถุดิบต่อวัน

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อหน่วย)	ต้นทุนการจัดเก็บ (%)	ต้นทุนการเก็บรักษา (บาทต่อวัน)
1	P570	50	28.91	0.04
2	P158	83.21	28.91	0.05
3	P560	150.5	28.91	0.22
4	P640	107.18	28.91	0.16
5	P138	250.99	28.91	0.23
6	P433	200.12	28.91	0.15
7	P405	550	28.91	0.44
8	P006	70	28.91	0.45
9	P406	760	28.91	0.60
10	P004	660	28.91	0.52

3.2.2 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (Order Cost) เป็นค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการงานในส่วนของการจัดซื้อวัตถุดิบ เช่น ค่าเอกสารใบสั่งซื้อ ค่าจ้างพนักงานจัดซื้อ ค่าโทรศัพท์ เป็นต้น ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อรายการ = 518.31 บาทต่อรายการสั่งซื้อ

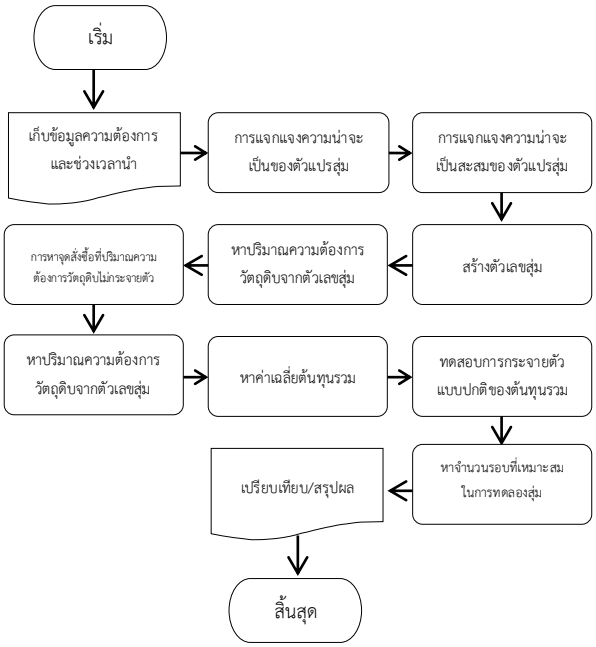
3.2.3 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขาดแคลนวัตถุดิบ (Shortage Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการไม่มีวัตถุดิบมาใช้ในการผลิต เป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องยอมให้เกิดขึ้นในกรณีที่วัตถุดิบไม่เพียงพอ และไม่มีการส่งวัตถุย้อนหลัง ค่าใช้จ่ายนี้จะแปรผันตามราคาของวัตถุดิบ รายละเอียดราคาวัตถุดิบแต่ละรายการแสดงไว้ตามตารางที่ 3

3.2.4 ต้นทุนด้านราคาวัตถุดิบ (Unit Cost) ราคาวัตถุดิบที่ใช้เป็นต่อหน่วย รายละเอียดราคาวัตถุดิบแต่ละรายการแสดงไว้ตามตารางที่ 3

3.3 หานโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล

การใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Method) เป็นวิธีเชิงปริมาณ (Quantitative Technique) ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบงานที่มีปัญหาความต้องการวัตถุดิบไม่คงที่ และมีช่วงเวลานำคงที่ในการจัดส่งวัตถุดิบหลังจากมีการออกคำสั่งซื้อ และสามารถประยุกต์ใช้กับระบบงานที่มีความไม่แน่นอนที่มีลักษณะของปัญหาแบบ Stochastic[4]

จากปัญหาด้านการมีวัตถุดิบคงคลังสูงหรือบางครั้งในรอบการผลิตที่ประสบปัญหาวัตถุดิบขาดแคลนอันเนื่องมาจากความต้องการของลูกค้า (demand) ไม่แน่นอน มีการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการในแต่ละช่วงเวลา และมีช่วงเวลานำคงที่ในการจัดส่งวัตถุดิบ (lead time) จากข้อมูลดังกล่าวจึงได้นำมาวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขได้โดยอาศัยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม และวิธีที่นิยมใช้กันมากก็คือ วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ซึ่งการจำลองที่จะกล่าวถึงในต่อไปนี้คือวิธีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte carlo Simulation Method) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล

สรุปได้ว่าจากปัญหาความต้องการวัตถุดิบที่ไม่แน่นอนอาจวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาได้โดยอาศัยตัวแบบทางคณิตศาสตร์(Mathematical Model) เพื่อกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (EOQ) แต่การวิเคราะห์ในลักษณะนี้มีความยุ่งยาก และบางตัวแบบที่มีความซับซ้อนก็จะไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้ จึงใช้วิธีอื่นแทนการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์และวิธีที่ใช้คือ วิธีการจำลอง (Simulation) ซึ่งการจำลองที่จะกล่าวถึงในต่อไปนี้คือวิธีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte carlo Simulation Method) ซึ่งผู้ศึกษาจะใช้เทคนิคแบบการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โลนี้มาวิเคราะห์ เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อที่มีช่วงเวลานำและความต้องการที่ไม่แน่นอน แล้วหาผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับนโยบายด้านต้นทุนเพื่อเปรียบเทียบผลซึ่งจะกล่าวในต่อไป

4. ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมนี้ ได้นำข้อมูลความต้องการวัตถุดิบ

ทั้งหมดมาจำแนกวัตถุดิบคงคลังโดยใช้หลักการ ABC Analysis มีวัตถุประสงค์เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยเทียบจากนโยบายการสั่งซื้อปัจจุบันและวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) ของวัตถุดิบทั้ง 10 รายการ

4.1 การกำหนดช่วงตัวแปรสุ่มสำหรับแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล

เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม จำเป็นต้องมีการกำหนดช่วงตัวเลขสุ่มเพื่อให้เกิดปริมาณความต้องการวัตถุดิบที่อยู่บนเงื่อนไขของความไม่แน่นอน

4.1.1 การกำหนดช่วงตัวเลขสุ่มของความต้องการวัตถุดิบ

การสร้างตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่ต้องการสำหรับใช้ในการทดลอง โดยพิจารณาจากข้อมูลความต้องการในอดีต ซึ่งสามารถนำไปสร้างแบบจำลองในลักษณะของตารางการกำหนดตัวเลขสุ่มของปริมาณความต้องการวัตถุดิบ ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณความต้องการและความถี่ของ P570 ในรอบปี พ.ศ. 2563

ความต้องการ (ชิ้น)	ความถี่ (วัน)	ค่าความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงความน่าจะเป็น
0	147	0.490	0.490
4	4	0.013	0.503
8	8	0.027	0.530
24	4	0.013	0.543
28	4	0.013	0.557
32	5	0.017	0.573
35	4	0.013	0.587
36	4	0.013	0.600
48	4	0.013	0.613
68	8	0.027	0.640
76	4	0.013	0.653

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณความต้องการและความถี่ของ P570 ในรอบปี พ.ศ. 2563 (ต่อ)

ความต้องการ (ชิ้น)	ความถี่ (วัน)	ค่าความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงความน่าจะเป็น
86	4	0.013	0.667
112	4	0.013	0.680
120	5	0.017	0.697
124	4	0.013	0.710
130	4	0.013	0.723
153	4	0.013	0.737
268	4	0.013	0.750
315	4	0.013	0.763
344	5	0.017	0.780
366	4	0.013	0.793
412	4	0.013	0.807
434	4	0.013	0.820
454	4	0.013	0.833
456	4	0.013	0.847
495	4	0.013	0.860
524	5	0.017	0.877
610	4	0.013	0.890
852	4	0.013	0.903
912	4	0.013	0.917
1200	8	0.027	0.943
1716	4	0.013	0.957
2029	4	0.013	0.970
2924	4	0.013	0.983
3264	5	0.017	1.000

4.1.2 สร้างตัวเลขสุ่มสำหรับค่าความต้องการจากโปรแกรม Microsoft Excel

ในการสร้างตัวเลขสุ่มเพื่อกำหนดปริมาณความต้องการวัตถุดิบ ถ้าตัวเลขสุ่มอยู่ในช่วงใดของช่วงตัวเลขที่สร้างขึ้นมา

จะได้ค่าความต้องการวัตถุดิบในช่วงนั้นๆ โดยในการสร้างตัวเลขสุ่มนั้นจะทำการสร้างในโปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการสร้างจะใช้คำสั่ง =Rand() เป็นตัวกำหนดค่าของตัวเลขสุ่มให้อยู่ในช่วง 0 - 1 เพื่อความสอดคล้องกับช่วงของตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้น และในการสร้างตัวเลขสุ่มนั้น สร้างเป็นจำนวน 300 วัน โดยสร้างทั้งหมดจำนวน 10 รอบ และช่วงเวลานำของทั้ง 10 รายการถือว่าคงที่เพราะเป็นข้อตกลงเวลาจัดส่งกับทางผู้ผลิต

4.2 การหานโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อ

จากการศึกษางานวิจัยของปรมินทร์[3] พบว่าได้มีการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ 3 นโยบาย คือปริมาณความต้องการในอดีตต่ำสุด ปริมาณความต้องการในอดีตเฉลี่ยและปริมาณความต้องการในอดีตสูงสุด แต่เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษานั้นปริมาณความต้องการในอดีตต่ำสุดนั้นมีค่าเป็นศูนย์ และมีการแจกแจงแบบไม่ปกติดังนั้น จึงใช้ปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ย(Q_{avg}) กับจุดสั่งซื้อ(ROP) ของ Lordahl and Bookbinder (1984) มาใช้ในการหาจุดสั่งซื้อใหม่ โดยวิธีการคำนวณดังนี้

ถ้า $(n+1)P \geq n$ แล้ว $ROP = X_y$ (ข้อมูลความต้องการลำดับที่ y) (1)

ถ้า $(n+1)P \leq n$ แล้ว $ROP = (1 - \omega)X_y + \omega X_{y+1}$

เมื่อ n แทน จำนวนข้อมูล

P แทน ค่าความเชื่อมั่น

ω แทน ค่าจุดทศนิยมที่ได้จากการคำนวณสูตร $(n+1)P$

และปริมาณการสั่งซื้อสูงสุด(Q_{max})

$$= d_{max} \quad (2)$$

เมื่อ d_{max} คือ ความต้องการสินค้าสูงสุด (ชิ้น)

โดยนโยบายที่จัดทำขึ้นมาจากปริมาณความต้องการวัตถุดิบแต่ละรายการใช้หลักความน่าจะเป็นที่มีโอกาสเกิดขึ้นดังนี้

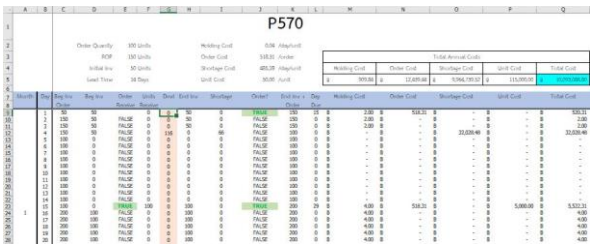
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดสั่งซื้อและปริมาณความต้องการตามนโยบาย

ตารางที่ 5 กำหนดนโยบายการสั่งซื้อ (หน่วย : จุดสั่งซื้อ)

รายการวัตถุดิบ	นโยบายการสั่งซื้อ					
	นโยบายที่ 1		นโยบายที่ 2		นโยบายที่ 3	
	ปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ย (Q_{avg})	จุดสั่งซื้อ	ปริมาณการสั่งซื้อสูงสุด (Q_{max})	จุดสั่งซื้อ	ปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ย (Q_{old})	จุดสั่งซื้อ
P570	1,475	30	3,264	30	100	150
P158	1,420	46	2,940	46	100	120
P560	518	480	715	480	150	250
P640	714	171	1,710	171	250	350
P138	308	37	722	37	300	400
P433	180	51	260	51	250	300
P405	24	15	38	15	90	160
P006	812	190	1710	190	720	1040
P406	21	0	44	0	50	80
P004	10	0	15	0	100	180

จากตารางที่ 5 การกำหนดนโยบายการสั่งซื้อวัตุดิบแต่ละรายการโดยนโยบายสั่งซื้อที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ยได้มาจากนำค่าความต้องการวัตถุดิบเฉลี่ยมาคูณกับช่วงเวลานำ และจุดสั่งซื้อคำนวณได้จากสมการที่ 1 นโยบายการสั่งซื้อที่ 2 ปริมาณการสั่งซื้อสูงสุด ได้มาจากความต้องการวัตถุดิบสูงสุด และจุดสั่งซื้อคำนวณได้จากสมการที่ 1 ส่วนนโยบายที่ 3 ปริมาณการสั่งซื้อสูงสุดกับจุดสั่งซื้อเป็นของบริษัทกรณีศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 สร้างตารางการคำนวณหาค่าความต้องการและปริมาณการสั่งซื้อตามแต่ละนโยบาย ดังแสดงตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณค่าความต้องการและปริมาณการสั่งซื้อ

จากภาพที่ 2 แสดงตารางแต่ละช่องโดยแต่ละช่องมีความหมายและความสัมพันธ์ดังนี้[5]

1. Day (วัน) หมายถึง วันที่มีการต้องการวัตถุดิบ ซึ่งในแต่ละวันจะมีความต้องการวัตถุดิบในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยเริ่มจากวันที่ 1-360 วัน

2. Beg Inv Order (ปริมาณวัตถุดิบคงคลังเริ่มต้น) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบคงคลังต้นงวดในแต่ละวัน (รวมกับวัตถุดิบที่สั่งแล้วยังไม่ได้รับ) โดยในวันที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ Initial Inv (E6) และในวันที่ 2 เป็นต้นไปจะเป็นปริมาณวัตถุดิบเหลือคงคลังของสิ้นวันก่อนหน้านั้น (J9)

3. Beg Inv (ปริมาณวัตถุดิบคงคลังเริ่มต้น) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบคงคลังต้นงวดที่มีอยู่ในคลัง (ไม่รวมกับสินค้าที่สั่งแล้วยังไม่ได้รับ) ในวันที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ Initial Inv (E6) และในวันที่ 2 เป็นต้นไปจะเป็นปริมาณวัตถุดิบคงเหลือคงคลังของสิ้นวันก่อนหน้านั้น (G9)

4. Order Receive (มีการรับวัตถุดิบหรือไม่?) หมายถึง ตรวจสอบว่าในแต่ละวันที่การรับวัตถุดิบที่ถูกแจ้งการส่งวัตถุดิบในช่อง K หรือไม่ ถ้ามีการรับวัตถุดิบจะระบุว่า TRUE

5. Unit Receive (ปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับ) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบที่สั่งเข้ามาจากการตัดสินใจสั่งซื้อตามจุดสั่งซื้อที่กำหนด (D3) ซึ่งจะมาถึงและรับเข้าคลังจัดเก็บก่อนและนำไปใช้ตามปริมาณความต้องการในแต่ละวัน ซึ่งปริมาณการรับจะสอดคล้องกับปริมาณการสั่งซื้อ (D2) แต่ละครั้งตามนโยบายการสั่งซื้อ

6. Dmd (ปริมาณความต้องการ) หมายถึง ปริมาณความต้องการวัตถุดิบหรือการเบิกวัตถุดิบออกจากคลังที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากสถานการณ์จำลองที่สร้างขึ้นเป็นเงื่อนไขด้วยตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นโดยใช้คำสั่ง =Rand() ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel โดยตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นนี้จะเป็นสถานการณ์ที่ใช้กำหนดปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน นำมาสร้างเป็นตารางตามรูปที่ 3 ซึ่งตัวเลขสุ่มที่แสดงเป็นตัวอย่างข้อมูลวันที่ 1-10 ใน 360 วัน จากตารางตัวเลขสุ่ม โดยค่าที่นำมาใช้นั้นมาจาก ตารางที่ 3 ที่ได้กำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มไว้แล้ว ยกตัวอย่างเช่น วัตถุดิบ P570 จากรูปที่ 2 ถ้าค่าในช่อง B3 ในตารางจะได้เลขสุ่มเท่ากับ 0.897 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงตัวเลขสุ่ม 0.000 - 0.899 จากตารางที่ 3 ข้อมูลปริมาณความต้องการและความถี่ ดังนั้นจะได้ค่า B3 ในตารางปริมาณความต้องการวัตถุดิบที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 0 โดยสามารถใช้สูตรเงื่อนไขใน excel ดังตัวอย่าง=INDEX($A$3:$A$40,MATCH(J3,$F$3:$F$39,0),0) แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4 และนำข้อมูลที่ได้มาเลือกระบุตามช่วงความถี่ที่ได้มาระบุตามจำนวนความต้องการแต่ละวัน มีจำนวน 10 รอบ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	วัน	รอบ									
2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	1	0.897	0.007	0.851	0.065	0.272	0.013	0.091	0.913	0.210	0.545
4	2	0.402	0.007	0.392	0.831	0.812	0.285	0.595	0.968	0.527	0.472
5	3	0.928	0.174	0.422	0.437	0.759	0.514	0.441	0.601	0.754	0.523
6	4	0.059	0.558	0.467	0.130	0.609	0.451	0.860	0.147	0.860	0.575
7	5	0.787	0.549	0.831	0.266	0.597	0.702	0.209	0.685	0.953	0.005
8	6	0.067	0.133	0.000	0.872	0.172	0.007	0.331	0.424	0.934	0.301
9	7	0.521	0.936	0.575	0.536	0.992	0.738	0.635	0.976	0.749	0.148
10	8	0.786	0.023	0.419	0.572	0.828	0.611	0.768	0.344	0.453	0.363
11	9	0.848	0.720	0.623	0.984	0.110	0.352	0.919	0.251	0.203	0.006
12	10	0.097	0.020	0.166	0.173	0.578	0.272	0.482	0.376	0.190	0.008

รูปที่ 3 ตัวอย่างตารางคำนวณหาค่าตัวเลขสุ่มวันที่ 1-10 ใน 360 วัน

					รอบ					
day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1716	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	432	0	0	0	0	116
5	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	36	0	0	0	0	0	0	0	28	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	2000	0	0	0	0	0	28	0	0
10	0	0	0	0	48	36	0	0	0	0

รูปที่ 4 ตัวอย่างการหาค่าความต้องการจากช่วงค่าตัวเลขสุ่มความน่าจะเป็น

7. End Inv (ปริมาณวัตถุดิบคงคลังคงเหลือสิ้นวัน) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบที่เหลือในคลัง จากภาพที่ 1 ในการหาค่าปริมาณวัตถุดิบคงคลังคงเหลือสิ้นวัน (G9) ได้จากการช่องปริมาณวัตถุดิบคงคลังเริ่มต้น (C9) บวกด้วยปริมาณวัตถุดิบที่สั่งเข้ามาเพิ่ม (E9) และลบด้วยปริมาณความต้องการวัตถุดิบในแต่ละวัน (F9) และแสดงเป็นสูตรได้คือ =(C9-F9+E9)

8. Shortage (ปริมาณวัตถุดิบที่เสียโอกาสจากการขาดวัตถุดิบ) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบในคลังไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการวัตถุดิบในแต่ละวัน โดยคำนวณจากปริมาณความต้องการวัตถุดิบ (F11) หักลบด้วยปริมาณที่สั่ง

วัตถุดิบเข้ามาเพิ่ม (E11) และหักลบด้วยปริมาณวัตถุดิบคงคลังเริ่มต้นในแต่ละวัน (C11)

9. Order? (มีการสั่งซื้อวัตถุดิบหรือไม่?) หมายถึง ในวันนั้นๆ มีการสั่งซื้อวัตถุดิบหรือไม่ โดยกำหนดเงื่อนไขจากค่าในช่องปริมาณวัตถุดิบคงคลังหลังเติมเต็มว่าน้อยกว่าจุดสั่งซื้อที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าปริมาณวัตถุดิบในคลังเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับจุดสั่งซื้อที่กำหนดก็จะทำการสั่งซื้อทันทีในปริมาณ Q หน่วย (D2) จะแสดงเป็น TRUE แต่ถ้าปริมาณวัตถุดิบเหลือมากกว่าปริมาณจุดสั่งซื้อ จะแสดงผลเป็น FLASE ซึ่งหมายถึงไม่มีการสั่งซื้อในแต่ละวัน จะสร้างความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (G9<=D3) เมื่อ G9 คือปริมาณวัตถุดิบคงคลังสิ้นวัน และ D3 คือจุดสั่งซื้อ แต่ถ้าวัตถุดิบที่สั่งซื้อไปแล้วยังไม่ถึงกำหนดส่ง ถ้าเงื่อนไขวัตถุดิบคงคลังต่ำกว่าจุดสั่งซื้อก็จะยังไม่สามารถสั่งซื้อวัตถุดิบซ้ำได้อีก ต้องรอจนกระทั่งถึงกำหนดตามช่วงเวลานำ (D5)

10. End Inv+Order (ปริมาณวัตถุดิบคงเหลือสิ้นวัน) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบคงเหลือสิ้นวันรวมวัตถุดิบที่สั่งไปแล้วแต่ยังไม่ได้รับ โดยเมื่อมีคำสั่งซื้อ (I9) ปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับจะมีค่าเท่ากับปริมาณ Q หน่วย (D2) บวกกับปริมาณวัตถุดิบสิ้นวัน

11. Day Due (วันที่วัตถุดิบใหม่จะเข้า) หมายถึง ในวันที่วัตถุดิบจะเข้ามาจัดเก็บในคลังนับจากวันที่มีการสั่งซื้อ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ว่า =IF(I9,A9+D5,0) ซึ่งอธิบายได้ว่า เมื่อช่องของการตัดสินใจสั่งซื้อวัตถุดิบหรือไม่ (I9) เป็น TRUE ช่วงเวลาที่วัตถุดิบมาถึงจะแสดงตัวเลขเป็นช่วงของวันที่จะมาถึงซึ่งคำนวณมาจากวันที่มีการสั่งซื้อ (A9) และช่วงเวลานำที่เกิดขึ้น (D5) ค่าที่ได้ออกมานั้นจะเป็นวันที่วัตถุดิบจะมาถึง

ขั้นตอนที่ 4 การทำซ้ำ

ให้ทำซ้ำตามวิธีการแบบเดิมจากขั้นตอนที่ 2 และ 3 ด้วยชุดตัวเลขสุ่มที่กำหนดขึ้นมา แล้วหาค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมทั้ง 10 รอบ เพื่อวิเคราะห์ความเพียงพอของจำนวนรอบในการสุ่มในขั้นตอนถัดไป ถ้าจำนวนรอบเพียงพอจะถือว่าข้อมูลที่ได้มานั้นมีความถูกต้องสามารถเชื่อถือได้ แต่ถ้าไม่เพียงพอจะต้องทำการสร้างชุดตัวเลขสุ่มขึ้นมาตามจำนวนรอบที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งจะทดลองด้วยวัตถุดิบ P570 ใช้นโยบายการสั่งซื้อที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อจากสูตร จะได้ต้นทุนของทั้ง 10 รอบตัวเลขสุ่ม ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ต้นทุนรวม 10 รอบวัตถุดิบ P570 นโยบายการสั่งซื้อที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อจากสูตร

รอบที่	เฉลี่ยต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ (บาท)	เฉลี่ยต้นทุนการสั่งซื้อวัตถุดิบ (บาท)	เฉลี่ยต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนวัตถุดิบ (บาท)	เฉลี่ยต้นทุนราคาวัตถุดิบ (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท)
1	6,354.24	15,030.99	3,109,900.00	2,065,000	5,196,285.23
2	6,393.16	12,439.44	1,877,750.00	1,770,000	3,666,582.60
3	6,083.16	12,439.44	1,944,200.00	1,696,250	3,658,972.60
4	6,693.44	12,439.44	2,742,700.00	1,696,250	4,458,082.88
5	6,650.96	12,957.75	2,926,650.00	1,843,750	4,790,008.71
6	7,121.52	13,476.06	2,540,900.00	1,917,500	4,478,997.58
7	6,275.08	12,957.75	2,080,950.00	1,843,750	3,943,932.83
8	5,875.32	12,957.75	2,857,850.00	1,843,750	4,720,433.07
9	6,472.20	13,476.06	3,175,300.00	1,917,500	5,112,748.26
10	6,738.68	12,439.44	1,985,250.00	1,696,250	3,700,678.12
				เฉลี่ย	4,372,672.19

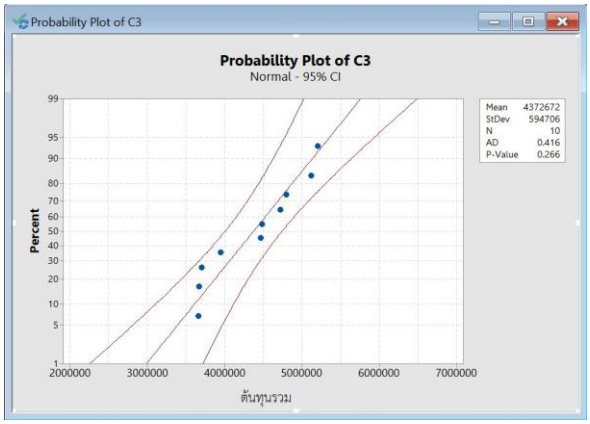
ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบการกระจายตัวของต้นทุนรวม

ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลที่มีในระบบ ให้ใช้ทั้ง 10 รอบ และกำหนดให้ค่าความเชื่อมั่น 95% โดยที่ใช้ในการตรวจสอบ ภายใต้สมมุติฐานการทดสอบดังนี้

กำหนดให้ H_0 : ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution)

H_1 : ข้อมูลไม่กระจายตัวแบบไม่ปกติ (Non-Normal Distribution)

จากรูปที่ 4 พบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูล พบว่าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับสมมุติฐาน H_0 คือการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลตามนโยบายสั่งซื้อที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ย

ขั้นตอนที่ 6 การหาจำนวนรอบที่เหมาะสม

ในการหาค่าเฉลี่ยต้นทุนวัตถุดิบ ด้วยความต้องการแบบสุ่มในการหาค่าเฉลี่ยต้นทุนรวมโดยนโยบายการสั่งซื้อที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดนั้นสามารถหาจำนวนรอบที่เหมาะสมจากข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบปกติได้ดังนี้

$$N = \frac{Z^2 S^2}{d^2} \qquad (3)$$

Z = 1.645 (จากตารางความเชื่อมั่นที่ 95%)

S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (594,706.42 บาท)

d = 0.05 x ค่าเฉลี่ยต้นทุนรวม (4,372,672.19 บาท)

จากสมการที่ 3 หาจำนวนรอบที่เหมาะสม พบว่าจำนวนรอบที่เหมาะสมคือ 4 รอบการสุ่ม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าจำนวนรอบของตัวเลขสุ่มที่ได้ทำการทดลอง นั้นคือต้นทุนรวมในการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นตัวแทนที่ถูกต้องและยอมรับได้

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลการจำลองสถานการณ์ทุกนโยบายของวัตถุดิบแต่ละรายการ

การดำเนินการวิจัยโดยตามลำดับขั้นตอนวิธีการจำลองสถานการณ์แบบเดียวกัน แต่จะแตกต่างกันที่ปริมาณการสั่งซื้อแต่ละนโยบาย ปริมาณจุดสั่งซื้อ ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ และต้นทุนราคาวัตถุดิบ ดังแสดงตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปค่าเฉลี่ยต้นทุนรวมในการสั่งซื้อวัตถุดิบ P570

นโยบาย	เฉลี่ยต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ (บาท)	เฉลี่ยต้นทุนการสั่งซื้อวัตถุดิบ (บาท)	เฉลี่ยต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนวัตถุดิบ (บาท)	เฉลี่ยต้นทุนราคาวัตถุดิบ (บาท)	เฉลี่ยต้นทุนรวม (บาท)
Q_{avg}	6,465.78	13,061.41	2,524,145.00	1,829,000.00	4,372,672.19
Q_{max}	17,201.21	8,759.44	987,745.00	2,741,760.00	4,421,740.65
Q_{old}	343.54	30,839.45	4,214,320.00	293,000.00	4,538,502.99

จากตารางที่ 7 สรุปค่าเฉลี่ยต้นทุนรวมจากการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โลในการสั่งซื้อวัตถุดิบ P570 ทั้ง 2 นโยบาย และทำการเปรียบเทียบกับการสั่งซื้อแบบเดิม พบว่า นโยบายการสั่งซื้อแบบ Q_{avg} เป็นนโยบายที่ทำให้ต้นรวมเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับนโยบายการสั่งซื้อสูงสุด มีค่าเฉลี่ยต้นทุนรวมเท่ากับ 4,372,672.19 บาท เมื่อเทียบกับนโยบายการสั่งซื้อแบบเดิมจะถูกกว่า 165,830.80 บาท

ตารางที่ 8 สรุปนโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบโดยแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล

รายการวัตถุดิบ	นโยบายการสั่งซื้อ	ปริมาณการสั่งซื้อ (ชิ้น)	จุดสั่งซื้อใหม่ (ชิ้น)	เฉลี่ยต้นทุนรวม (บาท)	ผลต่างเทียบกับนโยบายเดิม (บาท)
P570	Q_{avg}	1,475	30	4,372,672.19	165,830.80
P158	Q_{avg}	1,420	46	4,286,748.30	96,664.79
P560	Q_{avg}	518	480	3,901,933.62	156,569.37
P640	Q_{avg}	714	171	3,574,939.56	149,197.78
P138	Q_{avg}	308	37	3,401,123.77	250,978.00
P433	Q_{avg}	180	51	2,407,464.65	114,202.49
P405	Q_{avg}	24	15	1,409,027.04	118,204.04
P006	Q_{avg}	812	190	1,296,395.28	103,418.50
P406	Q_{avg}	21	0	714,556.00	90,410.37
P004	Q_{avg}	10	0	390,349.22	63,614.81
รวม					1,309,090.95

จากตารางที่ 8 สรุปนโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละรายการ สามารถสรุปนโยบายการสั่งซื้อตามแบบจำลองสถานการณ์ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยต้นทุนรวมต่ำที่สุดจากการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โลรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,309,090.95 บาท เมื่อเทียบกับนโยบายการสั่งซื้อแบบเดิม

5. สรุป

ผลการวิจัยการจัดการวัตถุดิบคงคลังของบริษัทกรณีศึกษาที่ผลิตโคมไฟ โดยที่มีปริมาณความต้องการวัตถุดิบที่ไม่แน่นอนและบนช่วงเวลานำที่คงที่ของวัตถุดิบแต่ละรายการที่แตกต่างกัน จากข้อมูลย้อนหลังปีพ.ศ. 2563 พบว่าวัตถุดิบคงคลังที่ได้จากการแยกโดย ABC Analysis พบว่าวัตถุดิบคงคลังใน Class A มีจำนวนทั้งหมด 10 รายการ มีต้นทุนรวมของแผนการสั่งซื้อเดิมที่มีมูลค่าต้นทุนรวมเฉลี่ยที่ 27,064,300.58 บาท โดยลักษณะการสั่งซื้อวัตถุดิบคงคลังสำหรับการผลิตนั้นจะใช้ประสบการณ์ของฝ่ายจัดซื้อในการสั่งซื้อวัตถุดิบ ก่อให้เกิดปัญหาคือมีการสั่งซื้อวัตถุดิบมากเกินความต้องการ และทำให้มีต้นทุนในการจัดเก็บวัตถุดิบสูง ดังนั้นจึงเลือกประยุกต์การใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Method) ในการหานโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม และทำให้ต้นทุนการจัดการวัตถุดิบคงคลังต่ำที่สุด โดยการนำข้อมูลปริมาณความต้องการวัตถุดิบและช่วงเวลานำของวัตถุดิบทั้ง 10 รายการ มาแจกแจงความถี่และกำหนดช่วงของข้อมูลที่เกิดขึ้นมาเป็นทางเลือกเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมด 10 รอบ ตามนโยบายการสั่งซื้อที่กำหนด ได้แก่ นโยบายการสั่งซื้อจากสูตร นโยบายการสั่งซื้อเฉลี่ย นโยบายการสั่งซื้อสูงสุด และนำมาเปรียบเทียบกับนโยบายการสั่งซื้อแบบเดิม โดยที่ผลของรูปแบบคำสั่งซื้อแบบใหม่นโยบายที่ 1 ให้ผลต้นทุนรวมน้อยที่สุดจากทุกนโยบายการสั่งซื้อ ที่มีมูลค่าต้นทุนรวมเฉลี่ยที่ 25,755,209.63 บาท หรือคิดเป็น 4.83%

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความกรุณาสละเวลาให้ความช่วยเหลือ แนะนำ อบรม สั่งสอนให้ความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมถึงการช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องและให้ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วัลลภ ภูผา. 2557. การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษาการจัดซื้อวัตถุดิบในโรงงานผลิตอาหารแปรรูป, วิศวกรรมสาร มก, ปีที่ 27 ฉบับที่ 88, หน้า 41-56.

[2] ณัฐวุฒิ ทองมี และ มานะ ชวรัตน์. 2563. การประยุกต์ใช้แบบจำลองมอนติคาร์โลเพื่อการจัดการสินค้าคงคลังที่เหมาะสมกรณีศึกษา บริษัทผลิตรถจักรยานยนต์, น. 1080-1089. ในรายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

[3] ปรมินทร์ พงษ์กระสินธุ์. (2556). นโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับผลิตพลาสติกแผ่นแข็งที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] Sorat, T. (2009). Warehouse and Distribution Management. Bangkok: V-serve logistics.

[5] Sapsing J., & Saengpetch S. (2019). Inventory Management of Small Stainless Steel Products. Journal of Energy and Environment Technology, 6(2), 30-38.

[6] Jittham, S.,& Chaovalitwongse, P.(2017) . Inventory Management for Import Frozen Food of Food Services Industry. WMS Journal of Management Walailak University, 6(1), 54-72.

ID017

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตพอลิไฮดรอกซีแอลคาโนเอตจาก *Thauera mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

The optimum C/N ratio for polyhydroxyalkanoate production by *Thauera mechernichensis* strain TL1

รสิตา รื่นหาญ[1*] กฤตยพงษ์ จันทรเดช[1] สุชาดา จันทร์ประทีป นภาธร[2] และ เบญจพร สุวรรณศิลป์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[*]E-mail: rasita.89@gmail.com

Rasita Raunhan[1*], Krittayapong Jantharadej[1], Suchada Chanpreteep Napathorn[2] and Benjaporn Suwannasilp [1]
[1]Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
[2]Department of Microbiology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
[*]E-mail: rasita.89@gmail.com

บทคัดย่อ

ขยะพลาสติกเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยาก ส่งผลให้เกิดปัญหาในวงกว้างต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นมาทดแทนพลาสติกจากปิโตรเลียม หนึ่งในนั้น คือ พอลิไฮดรอกซีแอลคาโนเอต หรือพีเอชเอซึ่งเป็นพลาสติกชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ พีเอชเอถูกผลิตโดยจุลินทรีย์บางชนิดที่จะสะสมสารนี้ไว้ภายในเซลล์เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการผลิตพีเอชเอของ *Thauera mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 และหาอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์พีเอชเอ ผลการศึกษาพบว่า *T. mechernichensis* สามารถผลิตพีเอชเอชนิดพอลิไฮดรอกซีบิวไทเรตหรือพีเอชบีได้ เมื่อใช้อะซิเตทเป็นแหล่งคาร์บอน และเมื่อทำการแปรผันอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในช่วง 4 20 40 80 200 และไม่เติมไนโตรเจน พบว่าความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอน และไนโตรเจนจะลดลงตามเวลา โดยในชั่วโมงที่ 24 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่จะเริ่มคงที่ และแหล่งไนโตรเจนจะถูกใช้หมด ทั้งนี้ที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสามารถผลิตพีเอชบีได้ร้อยละ 62.81 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง และสะสมพีเอชบีได้ 2.0 กรัมต่อลิตร โดยให้ค่าประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุดเท่ากับ 0.083 กรัมพีเอชบีต่อลิตรต่อชั่วโมง สำหรับอัตราส่วนอื่น ๆ สามารถผลิตพีเอชบีได้สูงสุดตั้งแต่ร้อยละ 13.00 – 40.30 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตพีเอชเอของแบคทีเรียนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการผลิตพีเอชเอในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำหลัก *Thauera mechernichensis* พอลิไฮดรอกซีแอลคาโนเอต พีเอชเอ พลาสติกชีวภาพ

Abstract

Currently, plastics from petroleum, which are the cause of plastic waste, can be replaced by biodegradable plastics. One of them is polyhydroxyalkanoates or PHAs, a bioplastic that is completely biodegradable in the environment. PHAs are synthesized by microbes as an intracellular carbon store. The objective of this study is to investigate the potential of PHA production by *Thauera mechernichensis* strain TL1 and to optimize the carbon-to-nitrogen (C/N) ratio for PHA production. The results showed that *T. mechernichensis* synthesized PHAs as polyhydroxybutyrate (PHB) from acetate as the sole carbon source. The ratio of C/N was varied with 4, 20, 40, 80, 200 and no nitrogen source. The results showed that the concentrations of carbon source and nitrogen decreased with increasing time. After 24 hours, the organic compound concentrations remained constant with nitrogen completely consumed. The optimal C/N ratio is 20, corresponding to a maximum PHB content of 62.81 wt% and a maximum PHB production of 2.0 g/L. Moreover, the highest PHB productivity was 0.083 g-PHB/L/h. In addition, the other C/N ratio resulted in PHB contents of 13.00 - 40.30 wt%. The optimal condition for PHB production can be further applied for industrial PHB production in the future.

Keywords: *Thauera mechernichensis*, polyhydroxyalkanoates, PHAs, bioplastic

1. บทนำ

ปัจจุบันพลาสติก กลายเป็นปัญหาระดับโลก ที่หลายประเทศให้ความสนใจ เนื่องจากมนุษย์มีการใช้พลาสติกปริมาณมาก ซึ่งของเสียประเภทพลาสติกนั้นยากต่อการจัดการ เพราะโดยทั่วไปพลาสติกไม่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้ การนำไปเผาทำลายอาจก่อให้เกิดมลพิษ และการฝังกลบก็เป็นการแก้ปัญหาที่ไม่ยั่งยืน เนื่องจากพลาสติกนั้นยังคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมยาวนาน นอกจากนั้นยังพบว่าในแต่ละปีขยะพลาสติกจากแผ่นดินถูกปล่อยลงสู่มหาสมุทรมากถึง 4.8 – 12.7 ล้านตัน [1] เห็นได้ว่าพลาสติกนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อทั้งระบบนิเวศน์ทั้งบนบก และในทะเล หนึ่งในทางเลือกของการแก้ปัญหาดังกล่าว คือการใช้วัสดุทดแทน เช่น พลาสติกชีวภาพ ซึ่งผลิตมาจากธรรมชาติ และ/หรือสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ได้แก่ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (polybutylene succinate, PBS) พอลิแลคติคแอซิด (polylactic acid, PLA) และพอลิไฮดรอกซีแอลคาโนเอต หรือพีเอชเอ (polyhydroxyalkanoates, PHAs) เป็นต้น [2]

พีเอชเอ เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาใช้ทดแทนพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม เนื่องจากมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับพอลิโพรไพลีน (polypropylene, PP) และพอลิเอทิลีน (polyethylene, PE) และสามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ [3] พีเอชเอถูกผลิตโดยจุลินทรีย์บางชนิด โดยจุลินทรีย์จะเก็บสะสมไว้ในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และพลังงานสำรอง เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การจำกัดธาตุอาหารบางชนิด (เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส) การจำกัดปริมาณออกซิเจน และการได้รับอาหารไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น ทั้งนี้มีหลายงานวิจัยที่ใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ผสมในการบำบัดน้ำเสียร่วมกับการผลิตพีเอชเอแล้วตรวจพบว่า *Thauera* spp. เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดเด่นที่มีศักยภาพในการผลิตพีเอชเอได้ดี [4, 5] แบคทีเรียสกุล *Thauera* จัดอยู่ในอยู่ใน subclass beta-*Proteobacteria* เป็นแบคทีเรียแกลมลบ เซลล์รูปร่างแบบท่อน (rod) และมีแฟลกเจลลัม 1 เส้น [6] ในงานวิจัยของ Jiang และคณะ [4] พบว่า *Thauera selenatis* เป็นชนิดพันธุ์เด่น (dominant species) ในจุลินทรีย์สายพันธุ์ผสม และสามารถสะสม P3HB ได้มากถึง 80% ของน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อใช้อะซิเตท และแลคเตทเป็นแหล่งคาร์บอน นอกจากนี้ Sruamsiri และคณะ [5] พบ

กลุ่มประชากร *Thauera* spp. ถึงร้อยละ 48.88 ของประชากรทั้งหมด ในถังปฏิกรณ์แบบกึ่งเทของรอบการผลิตที่ให้พีเอชเอสูงสุด นอกจากนี้ยังพบ *Thauera* spp. จากตะกอนจุลินทรีย์ในโรงงานนำร่อง (pilot plant) ที่ผลิตพีเอชเอ โดย Colpa และคณะ [7] ได้นำตะกอนดังกล่าวมาศึกษาต่อในถังปฏิกรณ์แบบกึ่งเทที่ใช้คัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถผลิตพีเอชเอ โดยพบ *T. aminoaromatica* มากถึงร้อยละ 40 หลังดำเนินการไป 2 เดือน Scholten และคณะ [8] พบว่า *T. mechernichensis* ซึ่งแยกได้จากโรงบำบัดน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบสามารถสะสมพีเอชบีได้ สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะแบบมีอากาศ และไร้อากาศ และใช้แหล่งคาร์บอนได้หลายชนิด อย่างไรก็ตามจนถึงปัจจุบันยังขาดงานวิจัยเชิงลึกที่ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตพีเอชเอ และความสามารถในการผลิตพีเอชเอของจุลินทรีย์กลุ่ม *Thauera* spp โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 ที่ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตพีเอชเอมากนัก ทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์นี้เป็นชนิดที่น่าสนใจ

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความสามารถในการผลิตพีเอชเอของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 และหาอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตพีเอชเอ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับ *Thauera* spp ในการผลิตพีเอชเอ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาการผลิตพีเอชเอในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษารูปแบบการเจริญ และสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

2.1.1 การเพาะเลี้ยงเชื้อ *T mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย คือ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 (ATCC 700857™) จากบริษัท ATCC (Virginia, USA) โดยนำเชื้อจากสภาวะแห้งแบบสุญญากาศ (Lyophilization) มากระตุ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ R2A (Himedia Laboratories, India) ที่พีเอช 7.2 เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเขย่าที่อัตราเร็ว 200 รอบต่อนาที ระยะเวลาประมาณ 1 วัน จากนั้นทำเพิ่มจำนวนเชื้อและเก็บสต๊อกเชื้อในกลีเซอรอล 25 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2.1.2 รูปแบบการเจริญเติบโตของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

การศึกษารูปแบบการเจริญของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 เริ่มจากลงเชื้อเริ่มต้นจำนวน 2 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว R2A ซึ่ง pH เริ่มต้นเท่ากับ 7.2 เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เขย่าที่อัตราเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างเชื้อ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 ที่ชั่วโมงต่างๆ มาวิเคราะห์การเจริญของเซลล์โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง (optical density, OD) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Thermo Fisher Scientific, USA) เพื่อพล็อตกราฟระหว่างเวลาและค่าการดูดกลืนแสง เพื่อดูการเจริญเติบโตของเชื้อ

2.1.3 สัณฐานวิทยาของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

นำเชื้อ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว R2A ระยะเวลา 1 วัน มาทำการวิเคราะห์หาสัณฐานวิทยาของด้วยการย้อมแกรม และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) (JEOL, Japan)

2.2 ศึกษาหาอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตพีเอชเอ

เลี้ยง *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว R2A อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเขย่าที่อัตราเร็ว 200 รอบต่อนาที ให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง และล้างตะกอนเซลล์ด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.85 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำหัวเชื้อจุลินทรีย์อัตราส่วน 1:1 ถ่ายลงในอาหารเพื่อการผลิตพีเอชเอที่มีอะซิเตท เป็นแหล่งคาร์บอน โดยแหล่งคาร์บอนเริ่มต้นที่ 3 กรัมต่อลิตร ดัดแปลงจาก Sruamsiri และคณะ [6] ใน 1 ลิตรประกอบด้วย $CH_3COONa•H_3O$ 17 กรัม KH_2PO_4 0.9 กรัม $MgSO_4•7H_3O$ 0.5 กรัม และ Trace element

1 มิลลิลิตร และเติม NH_4Cl เป็นแหล่งไนโตรเจนซึ่งแปรผันอัตราส่วนโดยโมลของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็น 4 20 40 80 200 และไม่เติมแหล่งไนโตรเจน ทำการเลี้ยงจุลินทรีย์ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร อาหารเลี้ยงเชื้อ 50 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเขย่าที่อัตราเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการทดลองตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
ตัวแปรอิสระ	
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	4 20 40 80 200 และไม่เติมไนโตรเจน
ตัวแปรควบคุม	
แหล่งคาร์บอน	อะซิเตท
ความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอน	3 กรัมคาร์บอนต่อลิตร
ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง	96 ชั่วโมง
อุณหภูมิ	37 องศาเซลเซียส
อัตราเร็วการเขย่า	200 รอบต่อนาที
ตัวแปรที่ไม่ได้ควบคุม	
ค่า pH	เริ่มต้น pH 7.2
ตัวแปรตาม	วิธีวิเคราะห์
เก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง	
น้ำหนักเซลล์แห้ง	การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก
ปริมาณไนโตรเจน	หาปริมาณแอมโมเนียด้วยวิธี salicylate–hypochlorite method
ปริมาณคาร์บอน	วิธี TOC analysis
ชนิด และปริมาณพีเอชเอ	เทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟี

2.3 วิธีการวิเคราะห์

2.3.1 การวิเคราะห์น้ำหนักเซลล์แห้ง

ทำการอบกระดาษกรองไนโตรเซลลูโลสขนาด 0.45 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วใส่ในเดซิกเคเตอร์ เมื่อได้น้ำหนักคงที่แล้วจึงนำมากรองตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปอบที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วจึงคำนวณหาน้ำหนักเซลล์แห้งในหน่วยกรัมต่อลิตร

2.3.2 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารอินทรีย์

ทำการวิเคราะห์ปริมาณแหล่งคาร์บอนโดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในตัวอย่างโดยนำสารละลายใสที่ได้จากการปั่นแยกตะกอนจุลินทรีย์ และผ่านการกรองด้วย syringe filter ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร มาวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในสารอินทรีย์ด้วยเครื่อง total organic carbon analyzer รุ่น TOC-VCPH (Shimadzu, Japan)

2.3.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนีย

วิเคราะห์ปริมาณแหล่งไนโตรเจนโดยใช้การหาความเข้มข้นของแอมโมเนียตามวิธี salicylate–hypochlorite method [9] ทำการวิเคราะห์โดยนำสารละลายใสที่ได้จากการปั่นแยกตะกอนจุลินทรีย์ และผ่านการกรองด้วย syringe filter ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย salicylate-catalyst 0.6 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย alkaline hypochlorite 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาในที่มืดและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) โดยเปรียบเทียบกราฟมาตรฐาน

2.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณพีเอชเอ

เตรียมตัวอย่างตามวิธีของ Comeau และคณะ [10] โดยทำการปั่นแยกตะกอนจุลินทรีย์แล้วนำตะกอนไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเซลล์แห้งประมาณ 20 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียว แล้วเติมคลอโรฟอร์ม 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 3 เปอร์เซ็นต์ กรดซัลฟูริกในเมทานอลที่มีกรดเบนโซอิก 2 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่น นำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยนำมาเขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer เป็นเวลา 1 นาที ทุก 30 นาที เมื่อครบ 3 ชั่วโมง นำหลอดทดลองมาตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่าด้วยเครื่อง vortex

mixer เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้น เก็บสารละลายคลอโรฟอร์มซึ่งอยู่ชั้นล่างลงในขวด autosampler vial ขนาด 2 มิลลิลิตร และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตรกราฟี (Gas Chromatography, GC) รุ่น Nexis GC-2030 (Shimadzu, Japan) โดยเปรียบเทียบกราฟมาตรฐาน

2.4 การศึกษาลักษณะการสะสมพีเอชเอภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

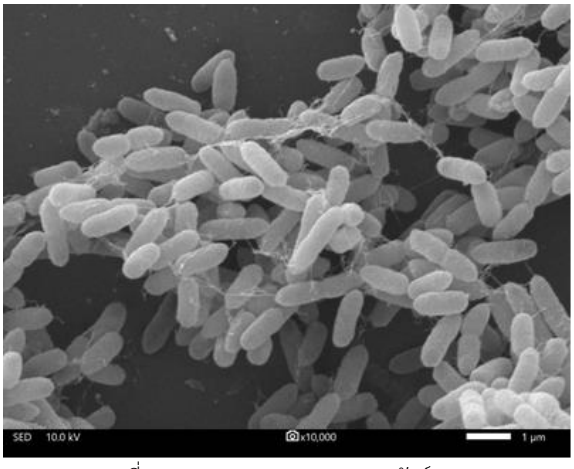
นำเชื้อ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 ที่เลี้ยงในอาหารเพื่อการผลิตพีเอชเอที่มีอะซิเตทเป็นแหล่งคาร์บอน ระยะเวลา 1 วัน มาทำการวิเคราะห์ลักษณะการสะสมพีเอชเอภายในเซลล์ด้วยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope, TEM) รุ่น JEM-1400 (JEOL, Japan)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตพีเอชเอแตกต่างกัน เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการสังเคราะห์พีเอชเอจึงต้องควบคุมสภาวะการผลิตให้เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ pH อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ชนิดของแหล่งคาร์บอน เป็นต้น จากงานวิจัยของ Scholten และคณะ [8] พบว่า *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 สามารถใช้แหล่งคาร์บอนได้หลายชนิดรวมถึงอะซิเตท และอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญ คือ 37 – 40 องศาเซลเซียส การทดลองนี้จึงใช้อะซิเตท เป็นแหล่งคาร์บอน และควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นศึกษาหาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมในการผลิตพีเอชที่สูงสุดของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

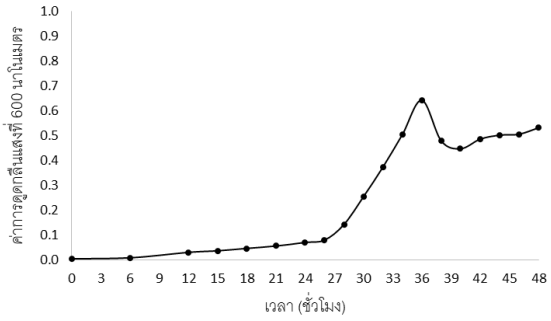
3.1 สัณฐานวิทยาและรูปแบบการเจริญของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

T. mechernichensis สายพันธุ์ TL1 เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์มีรูปทรงรี (rod-shape cell) ขนาดความกว้างและยาวประมาณ 0.5 และ 1.5 ไมโครเมตร ตามลำดับซึ่งมีลักษณะตรงกับงานวิจัยของ Scholten และคณะ [8] *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 สามารถสร้างสารคล้ายเมือก ทำให้จุลินทรีย์เกาะติดกันเป็นกลุ่มๆ ในลักษณะของฟล็อค ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

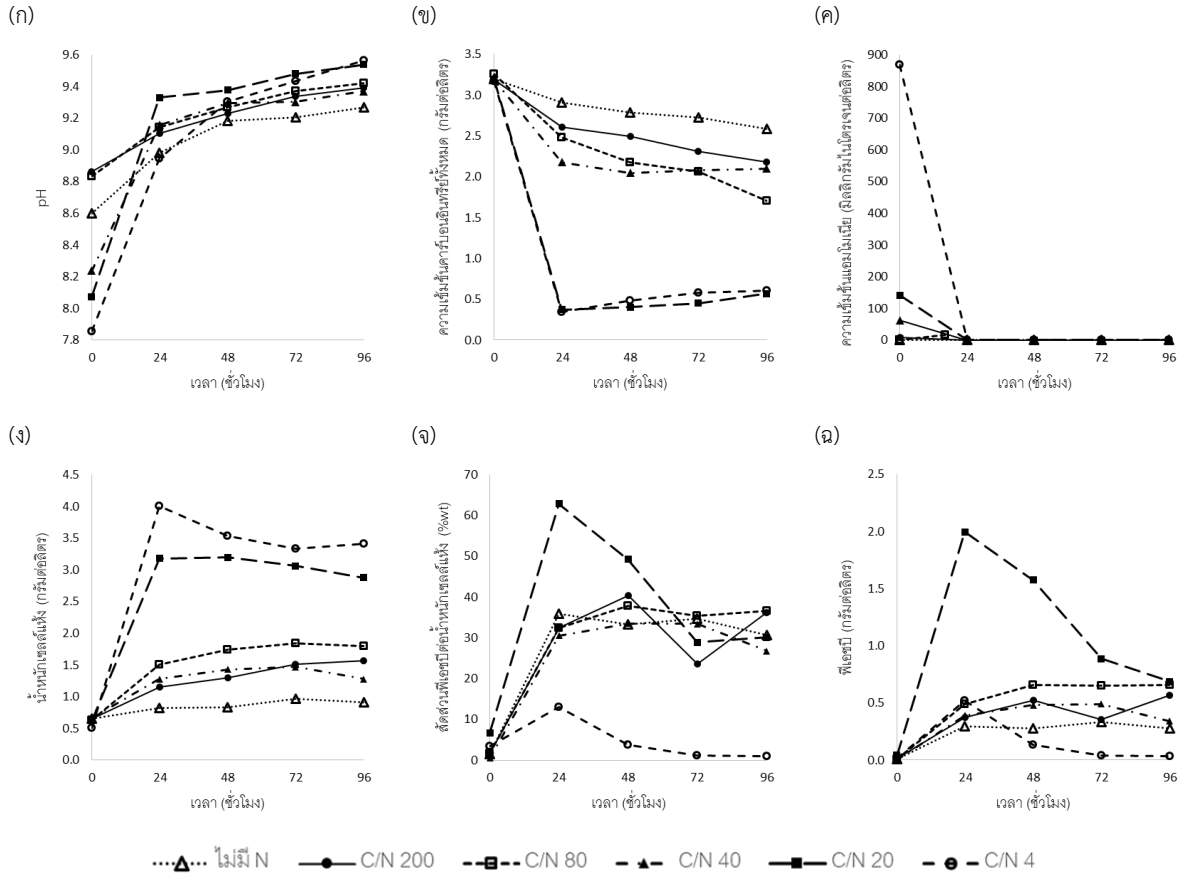
รูปแบบการเจริญเติบโตของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 แสดงรูปที่ 2 พบว่าแบคทีเรียเข้าสู่ระยะ log phase เมื่อชั่วโมงที่ 26 ซึ่งมีการเจริญแบบทวีคูณ และมีค่าการดูดกลืนอยู่ในช่วง 0.3 – 0.7 ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 26 – 36 หลังจากนั้นค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงเนื่องจากเชื้อมีการจับตัวเป็นฟล็อค และเข้าสู่สภาวะคงที่เมื่อทำการเลี้ยงแบคทีเรียเป็นเวลา 38 ชั่วโมง จึงนำจุลินทรีย์ที่มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.4 – 0.6 ซึ่งเป็นระยะ log phase ไปใช้ในการเลี้ยงเพื่อการผลิตพีเอชเอ



รูปที่ 2 รูปแบบการเจริญเติบโตของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

3.2 ศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตพีเอชเอ

จากการเลี้ยงจุลินทรีย์ *T. mechernichensis* จากสายพันธุ์ TL1 โดยใช้แหล่งคาร์บอนเป็นอะซิเตท ที่อัตราส่วน



รูปที่ 3 pH ความเข้มคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด ความเข้มข้นแอมโมเนีย น้ำหนักเซลล์แห้ง สัดส่วนพีเอชบีต่อน้ำหนักเซลล์แห้ง พีเอชบี

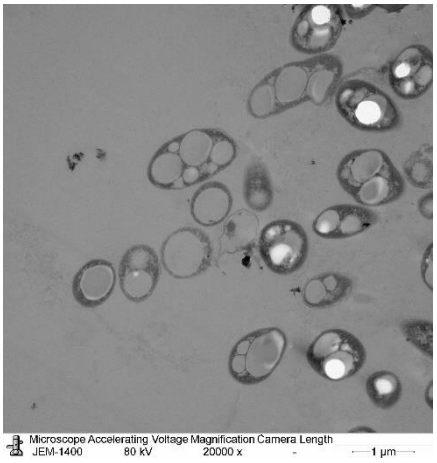
คาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 4 20 40 80 200 และไม่เติมไนโตรเจน พบว่าพอลิเมอร์ที่ผลิตได้เป็นพอลิไฮดรอกซีบิวไทเรตหรือพีเอชบี โดย pH จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุกอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และสูงสุดที่ 96 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.27 – 9.57 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ pH แสดงดังรูปที่ 3(ก) เมื่อวิเคราะห์แหล่งคาร์บอนตามรูปที่ 3(ข) พบว่าจากความเข้มข้นคาร์บอนทั้งหมดเริ่มต้นที่ 3.2 กรัมคาร์บอนต่อลิตร ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดลดลงต่ำสุดที่ 24 ชั่วโมง แล้วเข้าสู่สภาวะคงที่ ซึ่งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ใช้แหล่งคาร์บอนสูงสุดคือ 4 และ20 โดยเหลือปริมาณคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 0.345 และ0.374 กรัมคาร์บอนต่อลิตร

ในส่วนของแอมโมเนีย แสดงดังรูปที่ 3(ค) ที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 4 20 40 80 200 และไม่เติมไนโตรเจนมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 869 141 62 16 7 และ0.13 ตามลำดับ โดยทุกอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจุลินทรีย์จะใช้แอมโมเนียหมดที่ชั่วโมงที่ 24 ทั้งนี้พบว่าจุลินทรีย์สายพันธุ์ TL1 สามารถสะสมพีเอชบีได้สูงสุดเมื่ออัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 จากรูปที่ 3(ง) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 4 สามารถผลิตเซลล์ได้มากสุด 4.01 กรัมต่อลิตร และเมื่อไม่เติมแหล่งไนโตรเจนจุลินทรีย์จะผลิตเซลล์ได้น้อยที่สุด 0.96 กรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการที่ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ จากรูปที่ 3(จ) สัดส่วนพีเอชบีต่อน้ำหนักเซลล์แห้งมากสุดที่ 24 ชั่วโมงจากนั้นจึงลดลงเนื่องจากแหล่งไนโตรเจนหมดจึงอาจมีการนำพีเอชบีที่สะสมไว้ออกมาใช้ และคงที่เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 72 โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 มีสัดส่วนพีเอชบีต่อน้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดเท่ากับร้อยละ 62.81 จากภาพ 3(ฉ) จุลินทรีย์มีการสะสมพีเอชบีสูงสุดที่ 24 หลังจากนั้นพีเอชบีจะน้อยลง และคงที่ในทุกอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 มีการสะสมพีเอชบีสูงสุด เท่ากับ 2 กรัมต่อลิตร

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตพีเอชบีที่ต่างกัน เช่น อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสะสมพีเอชเอของ *Cupriavidus necator* โดยใช้ชานอ้อย และน้ำมันพืชผสมเป็นแหล่งคาร์บอน [11, 12] Salma และคณะ [13] พบว่า *Pseudomonas putida* สายพันธุ์ mt-2 สามารถสะสมพีเอชบีได้ร้อยละ 30 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อใช้แหล่งคาร์บอนเป็นอะซิเตท Yung-Hun และคณะ [14] พบว่า *Ralstonia eutropha* สามารถผลิตเซลล์ได้สูงสุดที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 แต่สะสมพีเอชเอได้สูงสุดที่ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 80 สำหรับงานวิจัยนี้พบว่า จุลินทรีย์ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมกับสภาวะการผลิตพีเอชบีเท่ากับ 20 เมื่อใช้อะซิเตทเป็นแหล่งคาร์บอน

3.3 ลักษณะการสะสมพีเอชเอภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

T. mechernichensis สายพันธุ์ TL1 มีการสะสมพีเอชบีภายในเซลล์ เมื่อเลี้ยงในอาหารเพื่อการผลิตพีเอชเอเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีพีเอชบีร้อยละ 62.81 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง โดยแสดงดังรูปที่ 3 พีเอชบีมีลักษณะเป็นแกรนูลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 – 0.5 ไมโครเมตรกระจายอยู่ทั่วเซลล์แบคทีเรีย ในหนึ่งเซลล์สามารถมีได้หลายแกรนูล



รูปที่ 3 ภาพตัดขวางของ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1

4. สรุป

จากผลการศึกษาทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานรูปแบบการเจริญของจุลินทรีย์ *T. mechernichensis* สายพันธุ์ TL1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว R2A มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ที่ 0.4 - 0.6 และสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตพีเอชบีเมื่อใช้อะซิเตทเป็นแหล่งคาร์บอน คือ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 ซึ่งสังเคราะห์พีเอชบีสูงสุดชั่วโมงที่ 24 ได้พีเอชบีเท่ากับ 2.0 กรัมต่อลิตร โดยสะสมพีเอชบีได้ร้อยละ 62.81 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง และให้ค่าประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุดเท่ากับ 0.083 กรัมพีเอชบีต่อลิตรต่อชั่วโมง จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป ซึ่งจุลินทรีย์สายพันธุ์ TL1 สามารถใช้แหล่งคาร์บอนได้หลายชนิด อาจทำให้ได้มอนอเมอร์ได้แตกต่างกันเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Sabapathy, P. C., Devaraj, S., Meixner, K., Anburajan, P., Kathirvel, P., Ravikumar, Y., Zabed, H. M. and Qi, X. 2020. Recent developments in Polyhydroxyalkanoates (PHAs) production – A review. Bioresource Technology, 306, 123132.

[2] Chen, X. and Yan, N. 2020. A brief overview of renewable plastics. Materials Today Sustainability, 7-8, 100031.

[3] Anjum, A., Zuber, M., Zia, K. M., Noreen, A., Anjum, M. N. and Tabasum, S. 2016. Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements. International Journal of

Biological Macromolecules, 89, 161-174.

[4] Jiang, Y., Marang, L., Kleerebezem, R., Muyzer, G. and van Loosdrecht, M. C. M. 2011. Polyhydroxybutyrate production from lactate using a mixed microbial culture. Biotechnology and Bioengineering, 108(9), 2022-2035.

[5] Sruamsiri, D., Thayanukul, P. and Suwannasilp, B. 2020. In situ identification of polyhydroxyalkanoate (PHA)-accumulating microorganisms in mixed microbial cultures under feast/famine conditions. Scientific Reports, 10, 3752.

[6] Macy, J. M., Rech, S., Auling, G., Dorsch, M., Stackebrandt, E. and Sly, L. I. 1993. *Thauera selenatis* gen. nov., sp. nov., a Member of the Beta Subclass of *Proteobacteria* with a Novel Type of Anaerobic Respiration. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 43(1), 135-142.

[7] Colpa, D. I., Zhou, W., Wempe, J. P., Tamis, J., Stuart, M. C. A., Krooneman, J. and Euverink, G.-J. W. 2020. *Thauera aminoaromatica* MZ1T Identified as a Polyhydroxyalkanoate-Producing Bacterium within a Mixed Microbial Consortium. Bioengineering (Basel, Switzerland), 7(1), 19.

[8] Scholten, E., Lukow, T., Auling, G., Kroppenstedt, R. M., Rainey, F. A. and Diekmann, H. 1999. *Thauera mechernichensis* sp. nov., an aerobic denitrifier from a leachate treatment plant. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 49(3), 1045-1051.

[9] Bower, C. E. and Holm-Hansen, T. 1980. A Salicylate–Hypochlorite Method for Determining Ammonia in Seawater. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37(5), 794-798

[10] Comeau, Y., Hall, K. J. and Oldham, W. K. 1988. Determination of Poly-β-Hydroxybutyrate and Poly-β-Hydroxyvalerate in Activated Sludge by Gas-Liquid Chromatography. Applied and Environmental Microbiology, 54(9), 2325.

[11] Lee, W. h., Loo, C. Y., Nomura, C. and Sudesh, K. 2008. Biosynthesis of polyhydroxyalkanoate copolymers from mixtures of plant oils and 3-hydroxyvalerate precursors. Bioresource Technology, 99, 6844-6851.

[12] Yu, J. and Stahl, H. 2008. Microbial utilization and biopolyester synthesis of bagasse hydrolysates. Bioresource Technology, 99(17), 8042-8048.

[13] Shahid, S., Mosrati, R., Ledauphin, J., Amiel, C., Fontaine, P., Gaillard, J.-L. and Corroler, D. 2013. Impact of carbon source and variable nitrogen conditions on bacterial biosynthesis of polyhydroxyalkanoates: Evidence of an atypical metabolism in Bacillus megaterium DSM 509. Journal of Bioscience and Bioengineering, 116.

[14] Yang, Y.-H., Brigham, C., Budde, C., Boccazzi, P., Simdon, L., Hassan, M., Yusof, Z., Rha, C. and Sinskey, A. 2010. Optimization of growth media components for polyhydroxyalkanoate (PHA) production from organic acids by Ralstonia eutropha. Applied Microbiology and Biotechnology, 87, 2037-2045.

ID018

ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจทำงานที่บ้านภายหลังการระบาดของโรคโควิด-19

Factors influencing Work-from-Home after COVID-19 pandemic

ศรุตา จันทร์ประสงค์[1*] และ วราเมศวร์ วิเชียรแสน[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: saruta.janp@ku.th

Saruta Janprasong[1*] and Varameth Vichiensan[2]
[1,2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: saruta.janp@ku.th

บทคัดย่อ

จากการทำงานที่บ้านในช่วงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลายคนต้องการที่จะทำงานที่บ้านต่อถึงแม้จะหมดช่วงล็อคดาวน์ของโรคโควิด-19 แล้วก็ตาม ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านต่อ อาจนำไปสู่การเลือกซื้อที่พักอาศัยในอนาคตได้ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้ความต้องการที่พักอาศัยเกิดการเปลี่ยนแปลง บ้านจึงไม่ได้เป็นเพียงแค่ที่พักอาศัยเพียงอย่างเดียวอีกต่อไป การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการทำงานที่บ้าน ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ พบว่าปัจจัยแฝงที่สนับสนุนการทำงานที่บ้านอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ (1) ปัจจัยเกี่ยวกับทัศนคติเกี่ยวกับการทำงานที่บ้าน เช่น การทำงานที่บ้านเป็นการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ทำให้มีความสมดุลระหว่างการทำงานกับการใช้ชีวิตมากขึ้น และยังเป็นการใช้เวลาอย่างคุ้มค่า เป็นต้น และ (2) ปัจจัยเกี่ยวกับงานและผู้เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะงานสามารถทำที่บ้านได้ ค่านิยมการทำงานที่บ้านของเพื่อนร่วมงาน เป็นต้น การศึกษาทำการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง พบว่าปัจจัยแฝงด้านทัศนคติต่อการทำงานที่บ้านและปัจจัยเกี่ยวกับงานและผู้เกี่ยวข้องส่งผลต่อความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านในอนาคตโดยมีน้ำหนัก 0.54 และ 0.23 ตามลำดับ นั่นหมายถึงการที่กลุ่มตัวอย่างตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านขึ้นอยู่กับตนเองมากกว่าสิ่งรอบข้าง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการทำงานที่บ้านให้มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพนั้น บ้านที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อมมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง และสามารถนำไปสู่แนวคิดการพัฒนาที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับการทำงานและการใช้ชีวิตวิถีใหม่ที่มีประสิทธิภาพต่อไป

คำหลัก โรคโควิด-19, ทำงานที่บ้าน, การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน, การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ, การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

Abstract

According to working from home during COVID-19 pandemic, many employees wish to continue work-from-home even after the pandemic. The factors which affect intention of work-from-home may influence to residential preference due to house is not only for living anymore. This study aims to examine the factors which affect intention of work-from-home. Among the 157 samples interviewed face-to-face, it is found that many prefer WFH if it is possible to do so. Many of them wish to live in the suburban areas because of the good environment. The exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis extracted two latent variables: (1) Own attitude, e.g., WFH is an efficient way of working, WFH is time

worthy, etc. (2) External factors, e.g., his/her present job can do WFH, co-workers also do WFH, etc. The structural equation modeling (SEM) show that attitude and external factors affect WFH intention, having path coefficients of 0.54 and 0.23 respectively. The results imply that housing and the related factors play important roles to WFH efficiently and satisfactorily. The finding would provide insight house development for the new normal life where WFH has become common.

Keywords: Covid-19 pandemic, Work from home, Exploratory Factor Analysis, Confirmatory Factor Analysis, Structural Equation Modeling

1. บทนำ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้น รัฐบาลได้มีมาตรการขอความร่วมมือให้ประชาชนปรับพฤติกรรมการอยู่ร่วมกัน ให้ความสำคัญกับการเว้นระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) งดกิจกรรมทางสังคม เน้นอยู่บ้านให้มากที่สุดตามนโยบาย "อยู่บ้าน หยุดเชื้อ เพื่อชาติ" [1] อีกทั้งมีการบังคับใช้ข้อกำหนดนายกรัฐมนตรีที่ออกตามความในมาตรา 9 ของ พ.ร.ก. ฉุกเฉิน ฉบับที่ 27 ซึ่งเป็นมาตรการยกระดับในการสกัดกั้นการระบาดของโรคโควิด-19 ให้พนักงานของรัฐและเอกชนปฏิบัติงานนอกสถานที่ตั้ง [2] ทำให้ทั้งภาครัฐและเอกชนหลายแห่งประกาศให้พนักงานทำงานที่บ้านในช่วงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 การใช้ชีวิตของผู้คนจึงเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

จากการทำงานที่บ้านในช่วงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลายคนต้องการที่จะทำงานที่บ้านต่อถึงแม้จะหมดช่วงล็อคดาวน์ของโรคโควิด-19 แล้วก็ตาม [3] ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านต่อ อาจนำไปสู่การเลือกซื้อที่พักอาศัยในอนาคตได้ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้ความต้องการที่พักอาศัยเกิดการเปลี่ยนแปลง [4] บ้านจึงไม่ได้เป็นเพียงแค่ที่พักอาศัยเพียงอย่างเดียวอีกต่อไป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการทำงานที่บ้าน การศึกษาทำการสำรวจโดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างจำนวน 157 ชุด และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) และวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling)

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) เป็นการสร้างตัวแปรใหม่ หรือจัดองค์ประกอบใหม่ขึ้นมาภายใต้ตัวแปรที่กำหนด โดยการศึกษานี้ใช้โปรแกรม IBM SPSS Version 27 เพื่อให้ทราบจำนวนขององค์ประกอบใหม่ที่เกิดขึ้น มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2.1.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด

ทำการตรวจสอบค่าความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยค่า KMO (Kaiser-Mayer-Olkin) เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่เก็บมานั้นเหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์หรือไม่ โดยที่ค่า KMO แต่ละค่ามีความหมายดังนี้ .80 ขึ้นไป หมายความว่า เหมาะสมดีมากที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ .70-.79 หมายความว่า เหมาะสมดีที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ .60-.69 หมายความว่า เหมาะสมปานกลางที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ .50-.59 หมายความว่า เหมาะสมน้อยที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ น้อยกว่า .50 หมายความว่า ไม่เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ [5] และทำการตรวจสอบ Bartlett's Sphericity Test เป็นการทดสอบค่าไค-สแควร์ของเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งใน โปรแกรม SPSS จะแสดงผลค่า p-value เป็นค่า sig ซึ่งหากน้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [5]

2.1.2 การสกัดองค์ประกอบ

การสกัดองค์ประกอบ เป็นการนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมาสกัดเพื่อให้ได้องค์ประกอบแรก สามารถทำได้หลายวิธี ในการศึกษานี้ใช้วิธีตัวประกอบหลักปัจจัย (Principle Components Factoring: PCF) [5]

2.1.3 การหมุนองค์ประกอบ

เนื่องจากบางตัวแปรที่สกัดแล้วมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดความไม่ชัดเจนในการจัดองค์ประกอบ จึงต้องทำการหมุนแกน โดยการหมุนแกนจะทำให้ตัวแปรใดๆ มีค่าน้ำหนักปัจจัยหรือน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loadings) มากขึ้นหรือลดลง ทำให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้นในการจัดองค์ประกอบ การหมุนแกนทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการหมุนแบบฉาก (Orthogonal Rotation) และวิธีการหมุนแบบมุมแหลมหรือไม่ตั้งฉาก (Oblique Rotation) [5] การศึกษานี้ใช้วิธีการหมุนแบบมุมฉาก เนื่องจากต้องการให้แต่ละองค์ประกอบเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีความสัมพันธ์กัน

จากนั้นทำการพิจารณาตัวแปรในองค์ประกอบ โดยพิจารณาที่น้ำหนักองค์ประกอบที่ค่ามากกว่า ± .3 [5]

2.1.4 พิจารณาเกณฑ์การกำหนดองค์ประกอบเพื่อตรวจสอบค่าให้เป็นไปตามที่เกณฑ์กำหนด

ค่าไอเกน (Eigenvalue: λ) คือผลบวกกำลังสองของค่า Factor Loading แต่ละตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบนั้น เป็นค่าที่บอกถึงความแปรปรวนขององค์ประกอบที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรทุกตัวที่อยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.00 [5]

ค่าแปรปรวนสะสมขององค์ประกอบที่สกัดได้ (Total Variance Explained) ควรมีค่ามากกว่า 0.60 [5]

ค่าความร่วมกันของตัวแปร (Communality) คือ ผลบวกกำลังสองของค่า Factor Loading แต่ละองค์ประกอบที่มีตัวแปรนั้น ซึ่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.50 [5]

ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loadings) เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ ควรมีค่าตั้งแต่ 0.50 จึงถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ [5]

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เป็นการวิเคราะห์เพื่อยืนยันองค์ประกอบหรือปัจจัยที่สร้างขึ้นมาจากที่ได้วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจมาก่อนแล้ว โดยทำการสร้างแบบจำลอง และนำเข้าตัวแปรเดิมตัวแปรสังเกตได้มาในโปรแกรม และกำหนดตัวแปรแฝง เพื่อให้ตัวแปรแฝงมีความชัดเจนมากขึ้น ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม AMOS ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยสามารถตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลองได้ดังนี้

2.2.1 ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics: CMIN) หรือ χ^2 เป็นสถิติแสดงความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรและที่ได้จากการประมาณค่า โดยมีสมมติฐานที่ใช้ทดสอบดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2)

$$H_0: \Sigma = \Sigma(\theta) \quad (1)$$

$$H_1: \Sigma \neq \Sigma(\theta) \quad (2)$$

โดยที่ H_0 หมายถึง กรณีที่เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรและที่ได้จากการประมาณค่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูล

ส่วน H_1 หมายถึง กรณีเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรและที่ได้จากการประมาณค่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ แบบจำลองไม่สอดคล้องกับข้อมูล

อย่างไรก็ตามการตรวจสอบค่า χ^2 จะขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ยิ่งมีกลุ่มตัวอย่างมาก ค่า χ^2 ก็มากขึ้นไปด้วย ทำให้มีโอกาสปฏิเสธ H_0 มากขึ้น ซึ่งหากตรวจสอบค่า χ^2 แล้วแบบจำลองปฏิเสธ H_0 ให้พิจารณาค่า χ^2/df โดยค่าที่แสดงความสอดคล้องคือค่าที่น้อยกว่า 2.00 ส่วนค่าที่ยอมรับได้ว่ามีความสอดคล้องคือค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 2.00 แต่ไม่เกิน 5.00 หากค่า χ^2/df มากกว่า 5.00 แสดงว่าแบบจำลองไม่มีความสอดคล้อง [5]

2.2.2 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลอง

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit Index: GFI) เป็นการเปรียบเทียบค่า χ^2 กับ ค่าองศาอิสระ (Degree of Freedom: df) ซึ่งค่าดัชนีความ

สอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit Index: GFI) จะมีค่าระหว่าง 0.00 – 1.00 โดยค่าที่แสดงความสอดคล้องคือค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 ส่วนค่าที่ยอมรับได้ว่ามีความสอดคล้องคือค่าที่มากกว่า 0.90 แต่ไม่เกิน 0.95 หากค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit Index: GFI) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.90 แสดงว่าแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ [5]

2.2.3 ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืน

ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (Comparative fit Index: CFI) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองสมมติฐานกับแบบจำลองที่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด (Null model) ซึ่งควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.90 [5], [6]

2.2.4 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของส่วนเหลือคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า

ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของส่วนเหลือคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root Mean Square Residual Error of Approximation: RMSEA) ที่มีค่าต่ำกว่า 0.05 หมายถึง แบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีมาก หากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.05 – 0.08 หมายถึง แบบจำลองค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ หากมีค่ามากกว่า 0.80 แต่ไม่เกิน 0.10 หมายถึง แบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่มาก และหากค่ามากกว่า 0.10 หมายถึง แบบจำลองไม่มีความสอดคล้องเชิงประจักษ์ [5], [6]

2.3 การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เป็นการวิเคราะห์ในทำนองเดียวกับการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) แต่ทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกัน และระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตไปพร้อมกัน การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน [5] ซึ่งการวิเคราะห์ SEM สามารถตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองได้ด้วยหลักเกณฑ์เดียวกันกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันที่กล่าวข้างต้น

2.4 แบบจำลองความรู้สึกส่วนตัวและบรรทัดฐานทางสังคมที่ส่งผลต่อพฤติกรรม

แบบจำลองความรู้สึกส่วนตัวและบรรทัดฐานทางสังคมที่ส่งผลต่อพฤติกรรม (Modeling Personal and Normative Influences on Behavior) เป็นแบบจำลองที่อธิบายถึงความรู้สึกส่วนตัว (Personal) และบรรทัดฐานทางสังคม (Normative) ส่งผลให้เกิดความตั้งใจจะทำพฤติกรรมนั้นๆ (Behavioral Intention) [7] ในการศึกษานี้ได้นำแบบจำลองนี้มาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวกับตนเอง (Personal) เช่น ทัศนคติ ความคิดเห็นต่อเรื่องนั้นๆ เป็นต้น และปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งรอบข้าง (Normative) เช่น ความคิดเห็นของคนในสังคม กฎเกณฑ์หรือแนวทางปฏิบัติในสังคม เป็นต้น ที่ส่งผลต่อความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านหลังจากสถานการณ์โรคโควิด-19 คลี่คลาย (Intention)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Taru Jain et al. (2022) [8] ได้ทำการศึกษาการส่งผลในระยะยาวของการทำงานที่บ้านเนื่องจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 และปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมที่ส่งผลให้คนอยากทำงานที่บ้านมากขึ้นในช่วงหลังการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยใช้ทฤษฎีตามแผน (The Theory of Planned Behavior: TPB) ทำการเก็บแบบสอบถามทั้งหมด 1,364 ชุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2563

ผลการสำรวจพบว่า มีการทำงานที่บ้านเพิ่มขึ้นในช่วงล็อคดาวน์ 310% ส่วนในระยะยาวที่หลังการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 การทำงานที่บ้านคาดว่าจะมากขึ้นกว่าช่วงก่อนการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ประมาณ 75%

Taru Jain ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control: PBC) และ การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง (Subjective Norm: SN) เป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดเจตนา (Intention) ในการทำงานที่บ้านหลังการระบาดของโรคโควิด-19 ส่วนเจตคติหรือทัศนคติ (Attitude) เป็นตัวแปรที่ส่งผลค่อนข้างน้อย ต่อเจตนาในการทำงานที่บ้านหลังการระบาดของโรคโควิด-19

Pasquale De Toro et al. (2021) [4] ได้ทำการวิเคราะห์แนวโน้มของตลาดอสังหาริมทรัพย์เพื่อการอยู่อาศัยในเมืองเนเปิลส์ ประเทศอิตาลี หลังจากเริ่มมีการระบาดของโรคโควิด-19 เนื่องจากในช่วงระยะเวลาที่มีมาตรการจำกัดพื้นที่ของภาครัฐ ทำให้ที่อยู่อาศัยเป็นทั้งที่พักผ่อน ที่ทำงานหรือเรียน รวมถึงที่ทำกิจกรรมยามว่างด้วย ดังนั้นที่อยู่อาศัยจึงถูกปรับเปลี่ยนให้ตรงกับความต้องการของผู้อาศัยที่จำเป็นต้องอยู่ในที่พักอาศัยมากขึ้น โดยทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้ที่อยู่อาศัยในชุมชนและนายหน้าอสังหาริมทรัพย์ในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม พ.ศ. 2563 ผ่านทาง Google Form และใช้ GIS Software ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ในช่วงปี 2552 ถึงปี 2563

จากผลการวิเคราะห์พบว่าการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามมีคุณลักษณะของบ้านที่ต้องการแตกต่างไปจากเดิม เช่น ต้องการระเบียงมากขึ้น อีกทั้งยังพบว่า 68% ของผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจกับที่พักอาศัยของตนเอง 27.7% ต้องการให้พื้นที่ของที่พักอาศัยกว้างขึ้น และรวมไปถึงคำตอบในด้านความต้องการพื้นที่ใหม่ในที่พักอาศัย 53% ต้องการพื้นที่เปิด 33.1% ต้องการให้มีพื้นที่สำหรับทำกิจกรรมยามว่าง และ 23.4% ต้องการให้มีพื้นที่สำหรับทำงานหรือเรียน

Pagani et al. (2021) [9] ได้ทำการสำรวจผลกระทบต่อการเลือกที่อยู่อาศัยของประชาชนที่เกิดจากการระบาดของโรคโควิด-19 ในระลอกที่ 1 บริเวณพื้นที่ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เนื่องจากเกิดการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้สภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ของประชาชนเปลี่ยนทันที ทำให้ประชาชนต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถดำเนินชีวิตในสังคมได้ต่อไป ผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าผู้พัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ควรพิจารณาความต้องการที่อยู่อาศัยของประชาชนใหม่ เพราะประชาชนอาจมีความต้องการที่เปลี่ยนไปในช่วงที่มีมาตรการจำกัดพื้นที่ของภาครัฐ (Lockdown) การวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-Down Approach) อาจใช้ไม่ได้ผลอีกต่อไป โดยใช้ IBM SPSS Version 26 ในการกรองผลสำรวจ และหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น อายุ เพศ อาชีพ เป็นต้น กิจกรรมยามว่างที่เปลี่ยนไป และสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยเก็บข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกที่อยู่อาศัย แล้วนำมาเปรียบเทียบกันในช่วงก่อนและหลังโควิด-19

ข้อมูลที่ได้พบว่าปัจจัยที่มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังโควิด-19 คือด้านที่อยู่อาศัยที่แสดงถึงตัวตนของผู้อยู่อาศัย (Self-representation) และด้านการอุปโภคบริโภค (Production, Consumption) โดยผู้ทำแบบสอบถามเห็นว่าด้านที่อยู่อาศัยที่แสดงถึงตัวตนของผู้อยู่อาศัย มีความจำเป็นมากขึ้นในการเลือกที่อยู่อาศัย และ ด้านการอุปโภค บริโภค มีความจำเป็นน้อยลงจากเดิม ผลสรุปได้ว่า 40% ของผู้ทำแบบสอบถามเห็นว่าปัจจัยในการเลือกที่อยู่อาศัยยังคงเหมือนช่วงก่อนโควิด-19 และอีก 60% มีอย่างน้อย 1 ปัจจัยที่เปลี่ยนไปจากช่วงก่อนโควิด-19

Jonas De Vos et al. (2020) [10] ได้วิเคราะห์ว่าการย้ายที่อยู่อาศัยส่งผลต่อทัศนคติในการเดินทางและความถี่ในการเดินทางนั้น ๆ อย่างไร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปต่อยอดให้มีโครงสร้างพื้นฐานที่เพียงพอกับความต้องการของประชาชน โดยกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้วิเคราะห์เป็นผู้ที่ย้ายที่อยู่อาศัยมาที่เมือง Ghent ประเทศเบลเยียม ในช่วงปี 2558 – 2559 จำนวน 1650 ตัวอย่าง

Jonas De Vos ใช้ Structural Equation Modeling หรือ SEM ในการวิเคราะห์ 8 แบบจำลอง ซึ่งวิเคราะห์ทั้งการเดินทางไป-กลับที่ทำงาน และการเดินทางส่วนตัว มีตัวแปรในด้านการเปลี่ยนแปลงด้านการย้ายที่อยู่อาศัย การเปลี่ยนแปลงด้านทัศนคติในการเดินทาง การเปลี่ยนแปลงด้านการมีรถยนต์ส่วนบุคคล การเปลี่ยนแปลงในด้านระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง การเปลี่ยนแปลงด้านความถี่ในการเดินทางรูปแบบต่าง ๆ

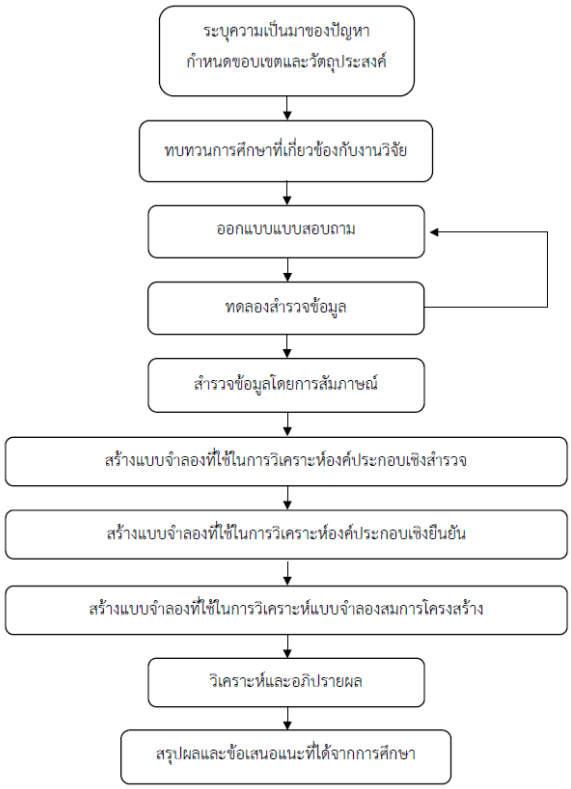
จากผลการวิจัยพบว่า การย้ายที่อยู่อาศัยส่งผลให้ทัศนคติในการเดินทางเปลี่ยนแปลงไปโดยประชาชนส่วนใหญ่ย้ายไปในพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองมากขึ้น ทำให้ทัศนคติต่อการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ การเดินและการปั่นจักรยาน เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น มีการใช้รถน้อยลง ใช้การเดินและการปั่นจักรยานมากขึ้น

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่า ในช่วงก่อนเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ผู้คนย้ายไปในพื้นที่ที่มี

ความเป็นเมืองมากขึ้น [10] หลังจากเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านคือปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งรอบข้างมากกว่าปัจจัยที่เกี่ยวกับตนเอง [7] ผู้คนต้องการพื้นที่ของที่พักอาศัยมากขึ้น เช่น พื้นที่สวน ระเบียง และส่วนหนึ่งต้องการพื้นที่สำหรับออกกำลังกาย พื้นที่สำหรับทำงาน [4] ปัจจัยในการเลือกที่พักอาศัยแตกต่างจากช่วงก่อนโรคโควิด-19 ระบาด โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อที่พักอาศัยมากขึ้นคือการต้องการที่พักอาศัยที่ตรงกับการใช้ชีวิตของผู้อยู่ ในทางตรงกันข้ามปัจจัยด้านสาธารณูปโภคกลับเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อที่พักอาศัยน้อยลง [9]

3. วิธีการดำเนินการ

ขั้นตอนการศึกษาดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษา

3.1 ข้อมูล

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้กำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ที่ทำงานหรืออาศัยอยู่ในกรุงเทพและปริมณฑล โดยทำการเก็บข้อมูลบริเวณที่ใกล้สถานีรถไฟฟ้าหมอชิต อารีย์ ช่องนนทรี พระราม 9 และอโศก ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง อ้างอิงจาก Hair et al. (2019) [6] แนะนำขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำควรมีอย่างน้อย 5 เท่าของจำนวนตัวแปร ซึ่งขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะยอมรับได้มากกว่าหากใช้อัตราส่วน 10:1 (จำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 10 เท่าของแบบสอบถาม) การศึกษานี้มีจำนวน 10 ตัวแปร จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำเท่ากับ 150 คน เพื่อลดอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการคำนวณทางสถิติ

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้แบบสำรวจประกอบด้วยชุดคำถาม 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สอบถามข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนที่ 2 สอบถามลักษณะที่อยู่อาศัย และส่วนที่ 3 สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำงานที่บ้าน ประกอบด้วย 10 ข้อความดังตารางที่ 1 โดยเป็นคำถามเห็นด้วยกับแต่ละข้อความมากน้อยเพียงใด คำตอบเป็นมาตรวัด 7 ระดับ ตั้งแต่ 1 คือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไปจนถึง 7 คือเห็นด้วยอย่างยิ่ง ตามลำดับ [11]

3.1.3 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ทำการตรวจสอบความเชื่อมั่นโดยพิจารณาค่า Cronbach's Alpha (α) เป็นค่าที่แสดงถึงความสอดคล้องภายในคำถาม มีค่าระหว่าง 0-1 ค่า โดยค่าที่ได้ไม่ควรต่ำว่า 0.70 [6] ซึ่งจากผลการทดสอบได้ค่า α เท่ากับ 0.899 แสดงให้เห็นว่าคำถามมีความสอดคล้อง

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปร	ข้อความ
Improve_work	การทำงานที่บ้านทำให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
Lower_cost	การทำงานที่บ้านช่วยลดค่าใช้จ่าย
Worklifebalance	การทำงานที่บ้านช่วยทำให้เกิดสมดุลระหว่างงานและชีวิตส่วนตัว (Work-life Balance)
Useful_time	การทำงานที่บ้านเป็นการใช้เวลาอย่างคุ้มค่า
Fam_support	คนในครอบครัวของท่าน สนับสนุนให้ท่านทำงานที่บ้านในช่วงโควิด-19 ระบาด
Boss_support	เจ้านายของท่าน/หุ้นส่วน/ลูกค้า สนับสนุนให้ท่านทำงานที่บ้านในช่วงโควิด-19 ระบาด

ตัวแปร	ข้อความ
Coworker_WFH	เพื่อนร่วมงานของท่าน ทำงานที่บ้านในช่วงโควิด-19 ระบาด
Workdone_FH	งานของท่านสามารถทำที่บ้านได้
Organize_allow	องค์กร/หน่วยงานของท่าน อนุญาตให้ท่านทำงานที่บ้านได้ ในช่วงโควิด-19 สายพันธุ์เดลต้าระบาด (กรกฎาคม ถึง สิงหาคม 2564)
Intention to WFH	หากต้นปี 2566 สถานการณ์โควิด-19 คลี่คลาย ท่านอยากทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโควิด-19 ระบาด

4. ผลการวิเคราะห์

4.1 การวิเคราะห์เชิงสถิติพรรณนา

4.1.1 ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มตัวอย่าง 157 คน พบว่า เป็นเพศชายร้อยละ 32.48 เพศหญิงร้อยละ 67.52 โดยอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 29.56 ปี ค่าเบี่ยงเบนของช่วยอายุเท่ากับ 3.61 ร้อยละ 84.08 เป็นผู้ที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 9.55 เป็นผู้ที่จบการศึกษาระดับปริญญาโท และร้อยละ 6.37 เป็นผู้ที่จบการศึกษาระดับมัธยม/ปวช./ปวส. ในส่วนของอาชีพ ร้อยละ 88.54 เป็นพนักงานบริษัทเอกชน/หน่วยเอกชน ร้อยละ 5.10 มีด้วยกัน 2 กลุ่ม คือ เป็นข้าราชการ/พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ และธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย ส่วนกลุ่มสุดท้ายคิดเป็นร้อยละ 1.27 รับจ้างทั่วไป/ฟรีแลนซ์ โดยที่กลุ่มตัวอย่างมีรายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 24,952.72 บาทต่อเดือน ค่าเบี่ยงเบนของรายได้เท่ากับ 7,729.90 บาทต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่างเฉลี่ยอยู่ที่ 2.90 คน ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.94 ดังตารางที่ 2

พบว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มที่อยู่วัยกำลังสร้างฐานะความเป็นอยู่ให้ตนเอง สังเกตได้จากช่วงอายุส่วนใหญ่ประมาณ 26-35 ปี และมีรายได้อยู่ในช่วง 20,000-30,000 บาทต่อเดือน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของการศึกษานี้

ตารางที่ 2 ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มตัวอย่าง (N=157)

ลักษณะ		ความถี่ (จำนวน)	ร้อยละ	$\bar{x}$	S.D.
เพศ	ชาย	51	32.48	N/A	N/A
	หญิง	106	67.52		
อายุ	ต่ำกว่า 20	0	0.00	29.56	3.61
	21-25	9	5.73		
	26-30	100	63.69		
	31-35	42	26.75		
	36-40	3	1.91		
	41-45	2	1.27		
	มากกว่า 45	1	0.64		
ระดับการศึกษาสูงสุด	ต่ำกว่ามัธยม	0	0.00	N/A	N/A
	มัธยม/ปวช./ปวส.	10	6.37		
	ปริญญาตรี	132	84.08		
	ปริญญาโท	15	9.55		
	สูงกว่าปริญญาโท	0	0.00		
อาชีพ	ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ	8	5.10	N/A	N/A
	พนักงานบริษัท/หน่วยงานเอกชน	139	88.54		
	ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	8	5.10		
	รับจ้างทั่วไป/ฟรีแลนซ์	2	1.27		
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน/ดูแลบ้าน	0	0.00		
	นิสิต/นักศึกษา/นักเรียน	0	0.00		
รายได้ต่อเดือน (บาท)	น้อยกว่า 15,001	4	2.55	24,952.72	7,729.90
	15,001 - 20,000	28	17.83		
	20,001 - 25,000	64	40.76		
	25,001 - 30,000	36	22.93		
	30,001 - 35,000	11	7.01		
	35,001 – 40,000	6	3.82		
	40,001 - 45,000	2	1.27		
	45,001 - 50,000	3	1.91		
	มากกว่า 50,000	3	19.1		

ลักษณะ		ความถี่ (จำนวน)	ร้อยละ	$\bar{x}$	S.D.
จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (คน)	1	5	3.18	2.90	0.94
	2	54	34.39		
	3	57	36.31		
	4	33	21.02		
	มากกว่า 4	8	5.10		

4.1.2 ลักษณะที่อยู่อาศัย

ลักษณะที่อยู่อาศัยของกลุ่มตัวอย่างพบว่า เป็นบ้านเดี่ยว/บ้านแฝด ร้อยละ 26.75 แฟลต/อพาร์ทเมนต์ ร้อยละ 25.48 ทาวน์เฮ้าส์/ทาวน์โฮม ร้อยละ 21.66 คอนโดมิเนียม/อาคารชุด ร้อยละ 21.02 และเป็นอาคารพาณิชย์/ตึกแถว ร้อยละ 5.10 ซึ่งอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครคิดเป็นร้อยละ 96.82 และปริมณฑลคิดเป็นร้อยละ 3.18 โดยร้อยละ 98.73 ทำงานในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลคิดเป็นร้อยละ 1.27 ดังตารางที่ 3 เห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีประเภทที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน กล่าวคือมีการกระจายตัวของกลุ่มอย่าง

ตารางที่ 3 ลักษณะที่อยู่อาศัย

ลักษณะ	ความถี่ (จำนวน)	ร้อยละ
ประเภทที่อยู่อาศัย		
บ้านเดี่ยว/บ้านแฝด	42	26.75
ทาวน์เฮ้าส์/ทาวน์โฮม	34	21.66
คอนโดมิเนียม/อาคารชุด	33	21.02
แฟลต/อพาร์ทเมนต์	40	25.48
อาคารพาณิชย์/ตึกแถว	8	5.10

4.1.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำงานที่บ้าน

จากการเก็บแบบสอบถามในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 เกี่ยวกับการทำงานที่บ้านในกลุ่มตัวอย่าง 157 คน ด้วยการใช้เกณฑ์การตัดสินใจชนิด 7 ระดับ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เห็นว่าการทำงานที่บ้านทำให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดค่าใช้จ่าย และช่วยทำให้เกิดสมดุลระหว่างงานและชีวิตส่วนตัว (Work-life Balance) สามารถใช้เวลาได้อย่างคุ้มค่า ซึ่งจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: S.D.) ที่มีค่าน้อย แสดงถึงกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คนในครอบครัว เจ้านาย หุ้นส่วน ลูกค้า ของกลุ่มตัวอย่างให้ความสนับสนุนในการทำงานที่บ้าน ในส่วนของเพื่อนร่วมงานของกลุ่มตัวอย่างนั้น ทำงานที่บ้านในช่วงโรคโควิด-19 ระบาด ส่วนลักษณะของงานเป็นงานที่สามารถทำที่บ้านได้ และรวมไปถึงองค์กร/หน่วยงานของกลุ่มตัวอย่าง อนุญาตให้ทำงานที่บ้านในช่วงโรคโควิด-19 ระบาดได้ และหากต้นปี 2566 สถานการณ์โรคโควิด-19 คลี่คลาย กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยว่าอยากทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโรคโควิด-19 ระบาด ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อย บ่งบอกว่าคำตอบของกลุ่มตัวอย่างเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำงานที่บ้าน

ตัวแปร	ข้อความ	$\bar{x}$	S.D.
Work_efficiency	การทำงานที่บ้านทำให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	5.14	1.45
Lower_cost	การทำงานที่บ้านช่วยลดค่าใช้จ่าย	6.26	0.84
Worklifebalance	การทำงานที่บ้านช่วยทำให้เกิดสมดุลระหว่างงานและชีวิตส่วนตัว (Work-life Balance)	5.60	1.30
Valuable_time	การทำงานที่บ้านเป็นการใช้เวลาอย่างคุ้มค่า	5.76	1.05
Family_support	คนในครอบครัวของท่านสนับสนุนให้ท่านทำงานที่บ้านในช่วงโควิด-19 ระบาด	6.45	1.08
Boss_support	เจ้านายของท่าน/หุ้นส่วน/ลูกค้า สนับสนุนให้ท่านทำงานที่บ้านในช่วงโควิด-19 ระบาด	5.35	1.27
Co-worker_WFH	เพื่อนร่วมงานของท่าน ทำงานที่บ้านในช่วงโควิด-19 ระบาด	6.25	1.19
Workable_athome	งานของท่านสามารถทำที่บ้านได้	5.62	1.23
Organization_allow	องค์กร/หน่วยงานของท่านอนุญาตให้ท่านทำงานที่บ้านได้ในช่วงโควิด-19 สายพันธุ์เดลต้าระบาด (กรกฎาคม ถึงสิงหาคม 2564)	5.59	1.21

ตัวแปร	ข้อความ	$\bar{x}$	S.D.
Intention to WFH	หากต้นปี 2566 สถานการณ์โควิด-19 คลี่คลาย ท่านอยากทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโควิด-19 ระบาด	5.01	1.14

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

จากการตรวจสอบค่าความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ได้ค่า KMO เท่ากับ .857 มากกว่า .80 เหมาะสมดีมากที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ [5] ค่า Bartlett's Sphericity Test เท่ากับ 983.405 ค่าองศาอิสระเท่ากับ 36 และ Sig <.001 น้อยกว่า p=.005 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [5]

ค่าแปรปรวนสะสมขององค์ประกอบที่สกัดได้ (Total Variance Explained) เท่ากับ 70.346 มากกว่า 60 ถือว่าผ่านเกณฑ์ [5]

ค่าไอเกนที่มากกว่า 1 มีอยู่ด้วยกัน 2 องค์ประกอบ

องค์ประกอบที่ 1 ตั้งชื่อว่า ปัจจัยที่เกี่ยวกับตนเอง (PERSONAL) ประกอบด้วย 4 ตัวแปรดังนี้ Work_efficiency, Lower_cost, Worklifebalance และ Valuable_time

ส่วนองค์ประกอบที่ 2 ตั้งชื่อว่า ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งรอบข้าง (NORMATIVE) ประกอบด้วย 5 ตัวแปรดังนี้ Family_support, Boss_support, Co-worker_WFH, Workable_athome และ Organization_allow ดังตารางที่ 5

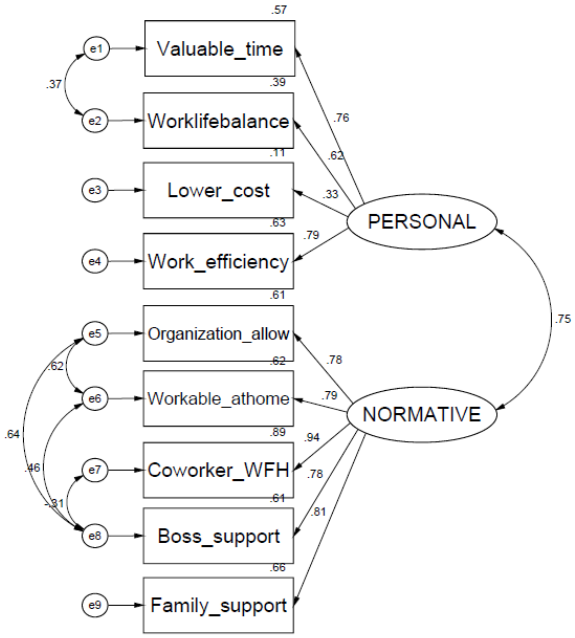
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

ตัวแปร	ค่าน้ำหนักปัจจัย		ค่าความร่วมกัน
	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	
Organization_allow	.915		.596
Boss_support	.893		.399
Workable_athome	.888		.633
Co-worker_WFH	.823		.748
Family_support	.719		.651
Valuable_time		.801	.824
Worklifebalance		.738	.783
Work_efficiency		.638	.838
Lower_cost		.632	.858

4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

จากการตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า ค่าไค-สแควร์เท่ากับ 41.441 ค่าองศาอิสระเท่ากับ 21 χ^2/df เท่ากับ 1.973 น้อยกว่า 3.00 ถือว่าผ่านเกณฑ์ ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit Index: GFI) เท่ากับ 0.945 มากกว่า 0.90 ถือว่าผ่านเกณฑ์ ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (Comparative fit Index: CFI) เท่ากับ 0.979 มากกว่า 0.90 ถือว่าผ่านเกณฑ์ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของส่วนเหลือคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root Mean Square Residual Error of Approximation: RMSEA) เท่ากับ 0.079 น้อยกว่า 0.08 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ [5], [6]

โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง PERSONAL มีตัวแปรสังเกตได้ Work_efficiency ที่มีน้ำหนักปัจจัย 0.79 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ PERSONAL มากที่สุด และมีตัวแปรสังเกตได้ Lower_Cost ที่มีน้ำหนักปัจจัย 0.33 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ PERSONAL น้อยที่สุด ส่วนตัวแปรแฝง NORMATIVE มีตัวแปรสังเกตได้ Co-worker_WFH ที่มีค่าน้ำหนักปัจจัย 0.94 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ NORMATIVE มากที่สุด และมีตัวแปรสังเกตได้ Organization_allow และ Boss_support ที่มีน้ำหนักปัจจัย 0.78 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ NORMATIVE น้อยที่สุด ดังรูปที่ 2



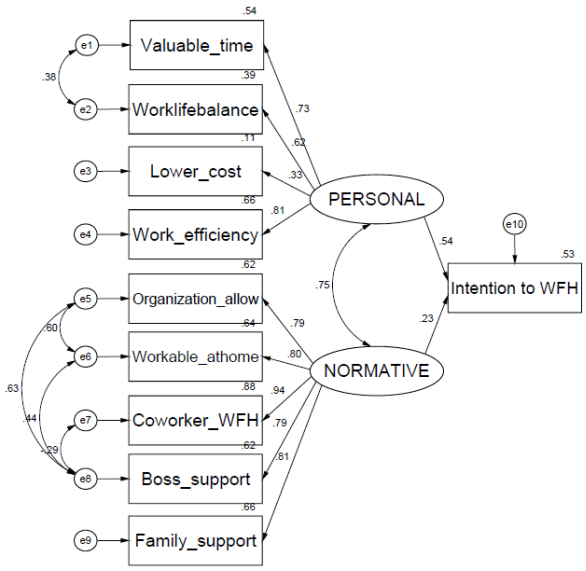
รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

4.4 การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

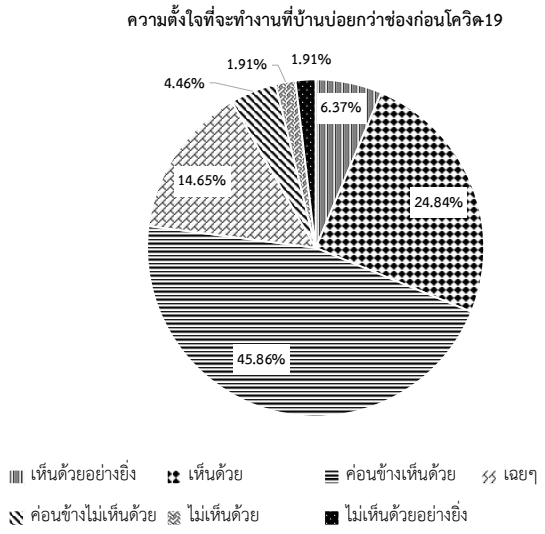
จากการตรวจสอบค่าความสอดคล้องของแบบจำลอง ค่า χ^2/df เท่ากับ 1.859 น้อยกว่า 2.00 แสดงถึงแบบจำลองมีความสอดคล้อง ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit Index: GFI) เท่ากับ 0.937 มากกว่า 0.90 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของส่วนเหลือคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root Mean Square Residual Error of Approximation: RMSEA) เท่ากับ 0.074 น้อยกว่า 0.08 ถือว่าแบบจำลองค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (Comparative fit Index: CFI) เท่ากับ 0.978 มากกว่า 0.97 แสดงถึงแบบจำลองมีความสอดคล้อง [5]

โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ Intention มีตัวแปรแฝง PERSONAL ที่มีน้ำหนักปัจจัย 0.54 และตัวแปรแฝง NORMATIVE มีน้ำหนักปัจจัย 0.23 แสดงให้เห็นว่า PERSONAL มีอิทธิพลกับ Intention มากกว่า NORMATIVE ตัวแปรแฝง NORMATIVE มีตัวแปรสังเกตได้ Work_efficiency ที่มีน้ำหนักปัจจัย 0.81 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ PERSONAL มากที่สุด และมีตัวแปรสังเกตได้ Lower_Cost ที่มีน้ำหนักปัจจัย 0.33 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ PERSONAL น้อยที่สุด ส่วนตัวแปรแฝง NORMATIVE มีตัวแปรสังเกตได้ Co-worker_WFH ที่มีค่าน้ำหนักปัจจัย 0.94 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ NORMATIVE มากที่สุด และมีตัวแปรสังเกตได้ Organization_allow และ Boss_support ที่มีน้ำหนักปัจจัย 0.79 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ NORMATIVE น้อยที่สุด ดังรูปที่ 3

ในส่วนของ Intention หรือความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโควิด-19 พบว่าร้อยละ 77.07 อยากทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโควิด-19 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง



รูปที่ 4 ความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโควิด-19

5. การอภิปราย

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจในการทำงานที่บ้านด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบและแบบจำลองสมการโครงสร้าง พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านหลังจากสถานการณ์โรคโควิด-19 คลี่คลายมากที่สุด คือปัจจัยที่เกี่ยวกับตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานที่บ้านทำให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งรอบข้างที่ส่งผลต่อความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านหลังจากสถานการณ์โรคโควิด-19 คลี่คลาย คือการที่เพื่อนร่วมงาน ทำงานที่บ้านในช่วงโรคโควิด-19 ระบาด ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Taru Jain et al. (2022) ที่พบว่าการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมและ การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิงเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านหลังการระบาดของโรคโควิด-19 ส่วนเจตคติหรือทัศนคติเป็นตัวแปรที่ส่งผลค่อนข้างน้อย ต่อเจตนาในการทำงานที่บ้านหลังการระบาดของโรคโควิด-19 และการศึกษานี้ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (77.07%) ต้องการที่จะทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโควิด-19 ซึ่งสอดคล้องกับ Taru Jain et al. (2022) ที่กล่าวว่าการทำงานที่บ้านคาดว่าจะมากขึ้นกว่าช่วงก่อนการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ประมาณ 75% และสอดคล้องกับ Pasquale De Toro et al. (2021) ที่กล่าวว่าหลังจากเกิดโรคโควิด-19 ระบาด 23.4% ต้องการพื้นที่ใหม่สำหรับทำงานที่บ้าน ซึ่งอาจส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อที่อยู่อาศัยในอนาคต โดย Pagani et al. (2021) พบว่า 60% ของกลุ่มตัวอย่างมีปัจจัยในการเลือกซื้อที่อยู่อาศัยเปลี่ยนไปจากช่วงก่อนโรคโควิด-19 ระบาด ซึ่งมีแนวโน้มจะสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านมากขึ้น อาจส่งผลต่อปัจจัยในการเลือกซื้อที่อยู่อาศัยในอนาคตได้ โดยช่วงก่อนโรคโควิด-19 ระบาด Jonas De Vos et al. (2020) กล่าวว่าผู้คนย้ายที่อยู่อาศัยไปในพื้นที่ที่เป็นเมืองมากขึ้น และเลือกที่จะใช้ระบบขนส่งสาธารณะแทนการใช้รถ แต่การศึกษานี้เห็นว่าจากผลการวิเคราะห์ที่แสดงถึงการที่กลุ่มตัวอย่างต้องการทำงานที่บ้านบ่อยกว่าช่วงก่อนโรคโควิด-19 ระบาด การย้ายที่อยู่อาศัยไปในพื้นที่เมืองอาจไม่จำเป็นอีกต่อไป

6. สรุป

จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความต้องการทำงานที่บ้านหากเป็นไปได้ และจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ พบว่าปัจจัยแฝงที่สนับสนุนการทำงานที่บ้านอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ (1) ปัจจัยเกี่ยวกับทัศนคติเกี่ยวกับการทำงานที่บ้าน เช่น การทำงานที่บ้านเป็นการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ทำให้มีความสมดุลระหว่างการทำงานกับการใช้ชีวิตมากขึ้น และยังเป็นการใช้เวลาอย่างคุ้มค่า เป็นต้น และ (2) ปัจจัยเกี่ยวกับงานและผู้เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะงานสามารถทำที่บ้านได้ ค่านิยมการทำงานที่บ้านของเพื่อนร่วมงาน เป็นต้น ส่วนผลการศึกษาทำการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างพบว่าปัจจัยแฝงด้านทัศนคติต่อการทำงานที่บ้านและปัจจัยเกี่ยวกับงานและผู้เกี่ยวข้องส่งผลต่อความตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านในอนาคตโดยมีน้ำหนัก 0.54 และ 0.23 ตามลำดับ นั่นหมายถึงการที่กลุ่มตัวอย่างตั้งใจที่จะทำงานที่บ้านขึ้นอยู่กับตนเองมากกว่าสิ่งรอบข้าง

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการทำงานที่บ้านให้มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพนั้น บ้านที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อมมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง และสามารถนำไปสู่แนวคิดการพัฒนาที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับการทำงานและการใช้ชีวิตวิถีใหม่ที่มีประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (Asian Transportation Research Society: ATRANS)

เอกสารอ้างอิง

[1] กองสุขศึกษา, คลังความรู้สุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, ข้อมูลจาก http://healthydee.moph.go.th/view_article.php?id=723 (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 กรกฎาคม 2565).

[2] ออกตามความในมาตร ๙ แห่งพระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ. 2559 (ฉบับที่ 27). (2564, 10 กรกฎาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 138 ตอนพิเศษ 154 ง. หน้า 3.

[3] Chung Heejung, Seo Hyojin, Forbes Sarah and Birkett Holly. 2020. WORKING FROM HOME DURING THE COVID-19 LOCKDOWN: Changing preferences and the future of work. University of Kent.

[4] Pasquale De Toro, Francesca Nocca and Francesca Buglione. 2021. Real Estate Market Responses to the COVID-19 Crisis: Which Prospects for the Metropolitan Area of Naples (Italy)?, Urban Sci, Volume 5 No. 23.

[5] ยุทธ ไกยวรรณ์. 2563. การวิเคราะห์สมการโครงสร้างด้วย AMOS, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[6] Joseph F. Hair Jr., William C. Black, Barry J. Babin and Rolph E. Anderson. 2019. Multivariatr Data Analysis 8th Edition, Pearson Education Inc., Hampshire, UK.

[7] Paul W. Miniard and Joel B. Cohen. 1983. Modeling Personal and Normative Influences on Behavior, The Journal of Consumer Research, Volume 10, p. 169-180.

[8] Taru Jain, Graham Currie and Laura Aston. 2022. COVID and working from home: Long-term impacts and psycho-social determinants, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 156, p. 52-68.

[9] Anna Pagani, Livia Fritz, Ralph Hansmann, Vincent Kaufmann and Claudia R. Binder. 2021. How the first wave of COVID-19 in Switzerland affected residential preferences, Cities & Health.

[10] Jonas De Vos, Long Cheng and Frank Witlox. 2020. Do changes in the residential location lead to changes in travel attitudes? A structural equation modeling approach, Transportation, Volume 48, p. 2011-2034.

[11] ละเอียด ศิลาน้อย. 2562. การใช้มาตรประมาณค่าในการศึกษาวิจัยทางสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ การโรงแรม และการท่องเที่ยว, วารสารบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ปีที่ 8 ฉบับที่ 15, หน้า 112-126.

ID021

การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ

Brushless DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic Controller

ชัยกร ชารีแก้ว[1*] และ ไพโรจน์ ทองประศรี[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: chaiyakorn.ch@ku.th

Chaiyakorn Chareekaew[1*] and Pairote Thongprasri[2]
[1,2]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: chaiyakorn.ch@ku.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ แบบจำลองตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือถูกสร้างขึ้นมาจาก MATLAB/Simulink จำนวนกฎที่ใช้ในการอนุมานมีทั้งหมด 49 กฎ ประกอบด้วยตัวอนุมาน IF เป็นกฎข้อตั้งต้นถูกเชื่อมด้วยตัวตรรกะชนิด AND แบบจำลองของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปลงถ่านที่ใช้เป็นชนิด 3 เฟส โดยมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับเป็นแบบสี่เหลี่ยมคางหมูและกำหนดแรงบิดคงที่ ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือที่นำเสนอสามารถควบคุมเร็วมอเตอร์กระแสตรงไร้แปลงถ่านได้ในช่วง -2,500 ถึง +2,500 รอบต่อนาที ผลจำลองการทำงานตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือสามารถควบคุมความเร็วได้ตามค่าที่กำหนดโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.44 ระบบจะมีการตอบสนองที่ดีเมื่อความเร็วไม่เกิน 2,000 รอบต่อนาที

คำหลัก มอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ กฎการอนุมาน

Abstract

This paper presents a method for controlling the speed of a brushless DC motor using a fuzzy logic controller. The fuzzy logic controller model is created from MATLAB/Simulink. The total number of inference rules is 49, including the IF inference as the initial rule joined by the AND logic. A model of the brushless DC motor used is a 3-phase type with the trapezoidal back-emf and constant torque. The proposed fuzzy logic controller can control the speed of the brushless DC motor in the range of -2,500 to +2,500 rpm. Simulation results, fuzzy logic controller can control the speed according to the specified value with a mean error of 0.44 percent**.** The system has a good response when the speed does not exceed 2,000 rpm.
Keywords: Brushless DC motor, Fuzzy logic control, Inference rule.

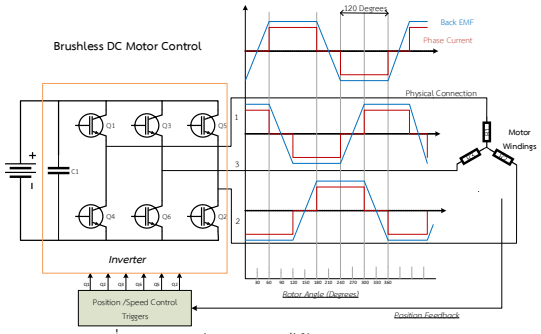
1. บทนำ

ปัจจุบันมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านได้ขยายไปสู่การใช้งานที่หลากหลายในอุตสาหกรรมการผลิต รถยนต์ไฟฟ้า เครื่องมือช่าง เครื่องใช้ไฟฟ้า และอื่นๆ อีกมากมาย การนำเอามอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านมาใช้งานจะมีข้อดี คือ ให้ประสิทธิภาพที่สูง มีอายุการใช้งานที่ยาวนานเนื่องจากไม่สูญเสียไฟฟ้าและแรงเสียดทาน มอเตอร์ไม่มีสัญญาณรบกวน มอเตอร์ไม่มีประกายไฟเนื่องจากไม่มีแปรงถ่านและมีเสียงเงียบขณะทำงาน ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์ และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ มากมาย มีข้อดีในเรื่องการมีเหตุผลเชิงตรรกะ

โครงสร้างสามารถเข้าใจได้เนื่องจากสามารถตีความให้อยู่ในรูป If-Then ซึ่งสอดคล้องกับตรรกะความคิดของมนุษย์ และยังช่วยในการตัดสินใจที่คลุมเครือที่ยอมให้การตัดสินใจเป็นแบบส่วน ไม่ใช่ผิดหรือถูกเพียงสองสถานะ แต่จะเป็นดีกรีของความถูกหรือผิดซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ใน [1] นำเสนอวิธีการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือผ่านโปรแกรม MATLAB/simulink สามารถควบคมความเร็วเมื่อโหลดแตกต่างกัน วิธีการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้เซ็นเซอร์สำหรับประเมินตำแหน่งโรเตอร์โดยใช้ตัวสังเกตการณ์อินพุตที่ไม่รู้จักในช่วงความเร็วพิกัด สามารถประเมินค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (back-emf) แบบทันเวลา ทำให้มีประสิทธิภาพสูง สำหรับช่วงความเร็วต่ำข้อมูลของตำแหน่งโรเตอร์จะถูกคำนวณอย่างอิสระ [2] การวิเคราะห์ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับขับมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านถูกนำเสนอใน [3] โดยผลของการควบคุมด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเทียบกับคอนโทรลเลอร์ประเภทอื่นๆ การทำงานมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้เซ็นเซอร์ได้ถูกออกแบบสำหรับประยุกต์กับเครื่องปรับอากาศ เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับจะได้รับค่ามาจากขั้วมอเตอร์ โดยใช้ตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้าพร้อมกับส่งผ่านตัวกรองความถี่ต่ำ สัญญาณพัลส์ที่ใช้ควบคุมอินเวอร์เตอร์ถูกสร้างขึ้นอ้างอิงจากตำแหน่งตรงข้ามจุดศูนย์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ ผลการจำลองนี้จะช่วยแก้ไขข้อเสียของ hall effect sensor [4] แบบจำลองขั้นสูงสำหรับขับมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน โดยใช้ MATLAB/Simulink สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ลักษณะพลวัตของความเร็วและแรงบิดตลอดจนแรงดันไฟฟ้าและกระแสสัญญาณพัลส์ของอินเวอร์เตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5] เทคนิคในการสร้างสมการแบบจำลองอย่างง่ายของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ภาษาซี ผ่านการวิเคราะห์วงจรอินเวอร์เตอร์ วิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบเงื่อนไขต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว [6] การจำลองการมอดูเลตความกว้างของพัลส์เวกเตอร์ตามแรงบิดโดยตรงเพื่อควบคุมมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน วิธีนี้ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นตัวควบคุมระบบ [7] การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านชนิด 3 เฟส โดยใช้ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ และตัวควบคุมแบบ PIO ประสิทธิภาพของตัวควบคุมทั้งสองถูกเปรียบเทียบบนพื้นฐานของพารามิเตอร์ระบบควบคุมต่างๆ เดียวกัน ผลที่ได้พบว่าแนวคิดการควบคุมที่มีตัวควบคุมตรรกศาสตร์คุมเครือมีประสิทธิภาพและการตอบสนองความเร็วดีกว่าตัวควบคุม PIO โดยตรวจสอบการจำลองผ่าน MATLAB/Simulink [8]

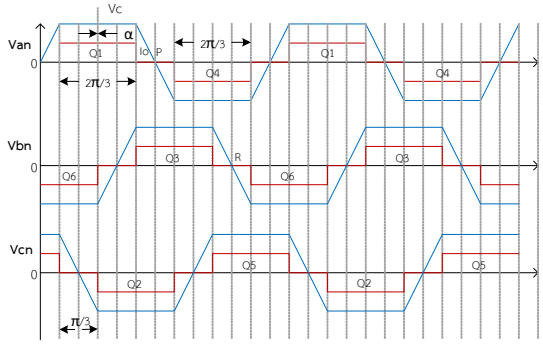
บทความนี้แบบจำลองถูกสร้างมาจาก MATLAB /Simulink สำหรับมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านที่ใช้เป็นชนิด 3 เฟส ที่มีแรงเคลื่อนต้านกลับไฟฟ้าแบบสี่เหลี่ยมคางหมูและกำหนดให้แรงบิดคงที่ ถูกขับเคลื่อนด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส สัญญาณที่ใช้ในการอ้างอิงสำหรับควบคุมสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์ได้มาจาก hall effect sensor ในส่วนของตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือมีจำนวนกฎที่ใช้ในการอนุมานมีทั้งหมด 49 กฎ ประกอบด้วยตัวอนุมาน IF เป็นกฎข้อตั้งต้นถูกเชื่อมด้วยตัวตรรกะชนิด AND ผลจำลองการทำงานมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านสามารถควบคุมความเร็วได้ตามที่กำหนดในช่วง -2,500 ถึง 2,500 รอบต่อนาที การนำเสนอการควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวควบคุมตรรกศาตร์คลุมเครือวิธีการควบคุมเร็วแบบนี้จะนำไปสู่การพัฒนาที่ดีขึ้นแบบพลวัตของระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์และป้องกันสัญญาณรบกวน แบบจำจำลองนี้ได้สร้างชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านร่วมกับ MATLAB/Simulink ไว้ใช้สำหรับศึกษาค้นคว้าวิจัย การนำหลักทำงานของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือสามารถควบคุมอินเวอร์เตอร์ด้วยสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ให้ความแม่นยำสูงแรงบิดคงที่ส่งผลให้การควบคุมนี้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการควบคุมความเร็วมอเตอร์การแสตรงมีแปรงถ่านซึ่งมีอายุการใช้งานสั้นกว่า เสียงดัง ความร้อน และต้องการการบำรุงรักษาที่มากกว่า

2. หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน



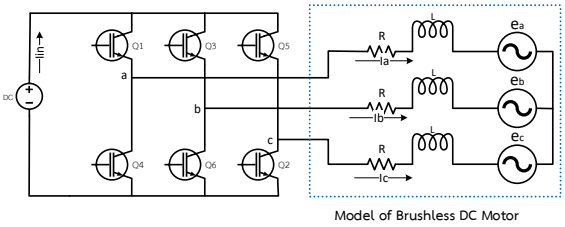
รูปที่ 1 มอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านและชุดขับ

หลักการทำงานวงจรพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน โดยโครงสร้างของมอเตอร์มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนพื้นฐานคือโรเตอร์และสเตเตอร์ โรเตอร์เป็นส่วนที่หมุน ในขณะที่สเตเตอร์เป็นส่วนที่นิ่งและมีขดลวดสเตเตอร์ติดตั้งแม่เหล็กถาวร ขดลวดมอเตอร์จะต่อแบบสตาร์ ติดตั้ง hall effect sensor ทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ การเคลื่อนที่ของมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยอินเวอร์เตอร์ โดยพื้นฐานสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ Q_1- Q_6 จะถูกกระตุ้นจากสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน โดยรูปร่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับของมอเตอร์ (back-emf) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน

แบบจำลองของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านชนิด 3 เฟส ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของไฟฟ้าใช้สำหรับคำนวณแรงบิดและกระแสของมอเตอร์ และส่วนทางกลซึ่งเกิดจากการหมุนของมอเตอร์ เมื่อพิจารณารูปที่ 3 แรงดันขั้วแต่ละเฟสสามารถหาได้ดังสมการที่ (1)-(3)



รูปที่ 3 แบบจำลองคณิตศาสตร์ของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน

$$Va = R * ia + L * \frac{dia}{dt} + M * \frac{dib}{dt} + M * \frac{dic}{dt} + e_a \quad (1)$$

$$Vb = R * ib + L * \frac{dib}{dt} + M * \frac{dib}{dt} + M * \frac{dia}{dt} + e_a \quad (2)$$

$$Vc = R * ic + L * \frac{dic}{dt} + M * \frac{dib}{dt} + M * \frac{dia}{dt} + e_c \quad (3)$$

โดยที่ R คือความต้านทานขดอาร์เมเจอร์ (Ω)
L คือความเหนี่ยวนำ (H)
i คือกระแสเฟส (A)
e คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (V)
M คือความเหนี่ยวนำร่วม (V)

ในกรณีที่เป็น 3 เฟส แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับสามารถเขียนอยู่ในรูปฟังก์ชันของตำแหน่งโรเตอร์ดังสมการที่ (4)-(6) โดยแต่ละเฟสจะห่างกัน 120 องศา

$$e_a = K_w f(\theta_e)\omega \quad (4)$$
$$e_b = K_w f\left(\theta_e - \frac{2\pi}{3}\right)\omega \quad (5)$$
$$e_c = K_w f\left(\theta_e + \frac{2\pi}{3}\right)\omega \quad (6)$$

โดยที่ K_w คือค่าคงที่ของ e แต่ละเฟส $(V/rad \cdot s^{-1})$
θ_e คือมุมทางไฟฟ้า (rad)
ω คือความเร็วโรเตอร์ $(rad \cdot s^{-1})$

ความสัมพันธ์ของมุมทางไฟฟ้า (θ_e) กับมุมทางกล (θ_m) สามารถหาค่าได้จากสมการ (7) เมื่อ (P) คือจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก

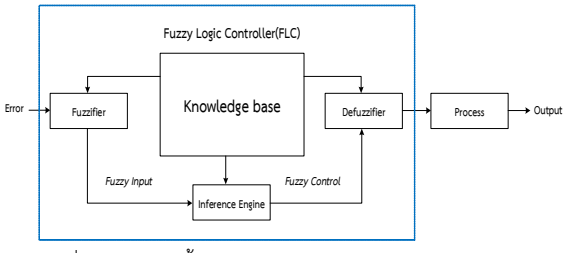
$$\theta_e = \frac{p}{2} * \theta_m \qquad (7)$$

แรงบิด (T_e) ทางด้านออกมีหน่วยเป็น $N \cdot m$ เกิดจากผลรวมของแรงบิดแต่ละเฟส โดยสามารถหาได้จาก

$$T_e = \frac{ea * ia + eb * ib + ec * ic}{\omega} \qquad (8)$$

3. ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ

รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ จะมีส่วนประกอบ 4 ขั้นตอน 1) ส่วนที่แปลงค่าอินพุตให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมตามตรรกศาสตร์คลุมเครือ (fuzzifier) 2) ส่วนจัดการเก็บข้อมูลในการควบคุมฐานข้อมูล (data base) เป็นการจัดเตรียมข้อมูล กำหนดกฎและการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์คลุมเครือ 3) เครื่องอนุมาน (inference engine) เป็นส่านที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ หาเหตุผลสำหรับการแก้ไขปัญหารวมทั้งกำหนดวิธีการตีความเพื่อหาคำตอบ 4) เป็นส่วนที่แปลงเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (defuzzification) เป็นการแปลงข้อมูลให้อยู่ในตรรกศาสตร์คลุมเครือให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าควบคุม



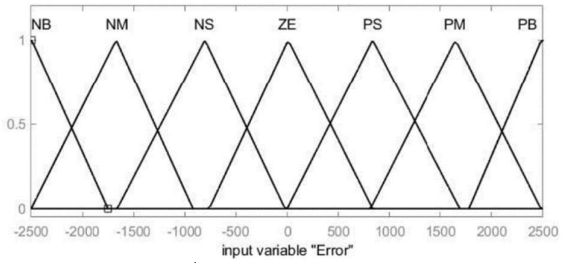
รูปที่ 4 โครงสร้างพื้นฐานตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ

การออกแบบตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ ใช้สมาชิก 2 ตัว คือ Error และ derr ซึ่งเป็นฟังก์ชันทางด้านอินพุต (input) โดยจำนวนกฎที่ใช้ในการอนุมานมีทั้งหมด 49 กฎ ประกอบด้วยตัวอนุมาน IF เป็นกฎข้อตั้งต้นถูกเชื่อมด้วยตัวตรรกะชนิด AND เพียงพอที่จะให้ได้เอาต์พุต (output) ตามที่ออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 1

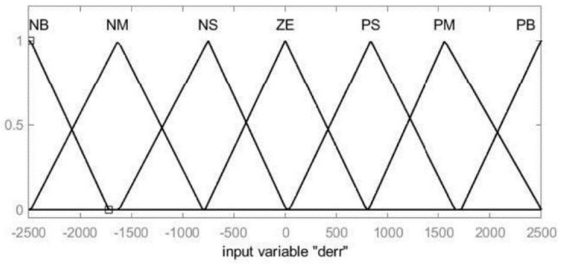
ตารางที่ 1 กฎสำหรับตัวตรรกศาสตร์คลุมเครือ

Error/derr	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	BM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

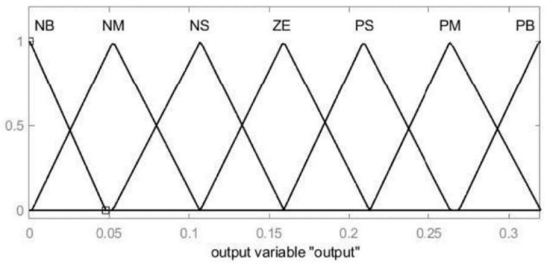
เมื่อกำหนดให้ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือควบคุมความเร็วอยู่ในช่วง -2,500 ถึง +2500 รอบต่อนาที ฟังก์ชันสมาชิกตรรกศาสตร์คลุมเครือทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุตอยู่ในรูปแบบของสามเหลี่ยม (triangle) และสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoid) ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 5-7 โดยความสัมพันธ์ของฟังก์ชันสมาชิกทางด้านอินพุตและเอาต์พุตประกอบด้วย Error, derr และ output ดังแสดงในรูปที่ 8



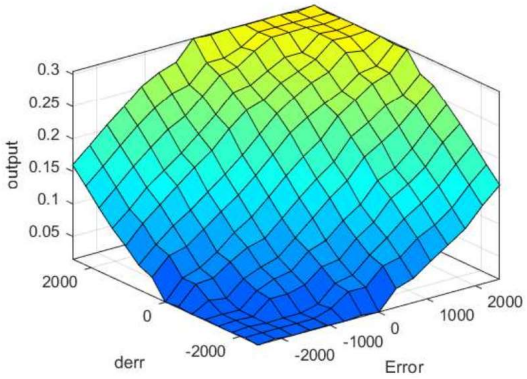
รูปที่ 5 ฟังก์ชันสมาชิก Error



รูปที่ 6 ฟังก์ชันสมาชิก derr



รูปที่ 7 ฟังก์ชันสมาชิก output



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของฟังก์ชันสมาชิกทางด้านอินพุตและเอาต์พุต

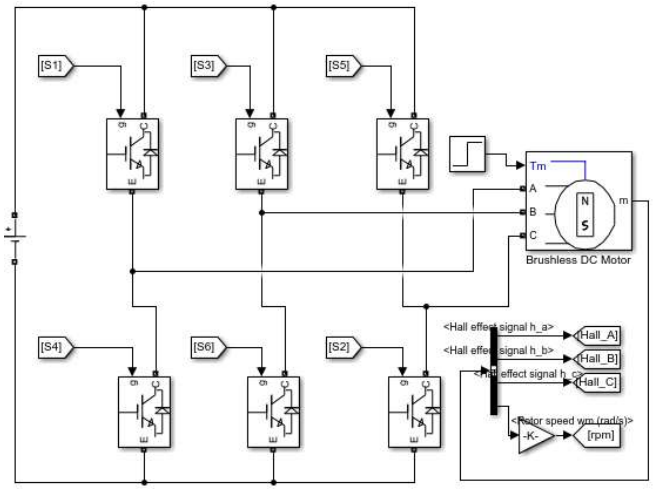
4. ผลจำลองการทำงาน

พารามิเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านที่ใช้สำหรับจำลองการทำงานดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน

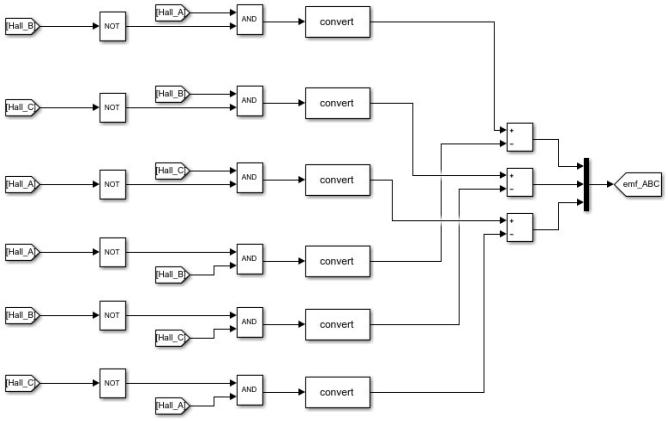
Parameters	Specification
Number of Phase	3
Supply Voltage Vdc	400 V
Armature Resistance, R	0.0485 Ω
Self Inductance, L	8.5 mH
Motor Inertia, J	0.0027 kgm^2
EMF Constant, K_e	0.4776 (V/rad)
Torque Constant, Kt	3.8197 Nm/A

แบบจำลองสำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ ประกอบด้วย แบบจำลองมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านและชุดขับอินเวอร์เตอร์ แบบจำลองสัญญาณ hall effect sensor และแบบจำลองตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือดังแสดงในรูปที่ 9-11 ตามาลำดับ

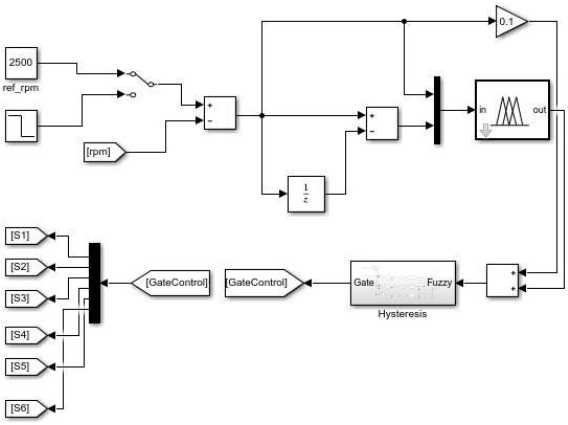


รูปที่ 9 แบบจำลองของมอเตอร์และชุดขับอินเวอร์เตอร์

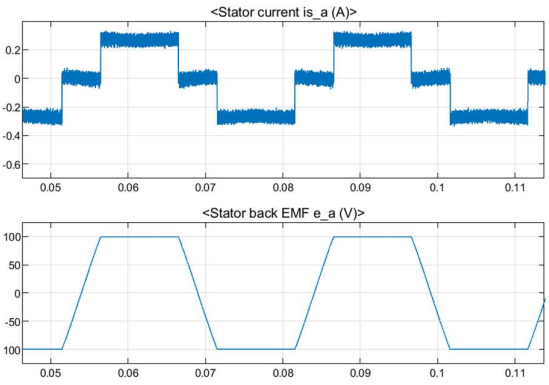
ทดสอบการทำงานแบบจำลองมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านที่สร้างจาก MATLAB/Simulink เมื่อควบคุมความเร็วที่ 500 รอบต่อนาที ผลจำลองการทำงานรูปร่างของกระแสเฟสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับเฟสที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 10 แบบจำลองสัญญาณ hall effect sensor



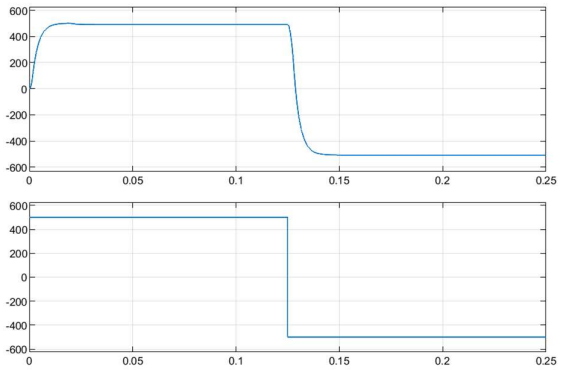
รูปที่ 11 แบบจำลองตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ



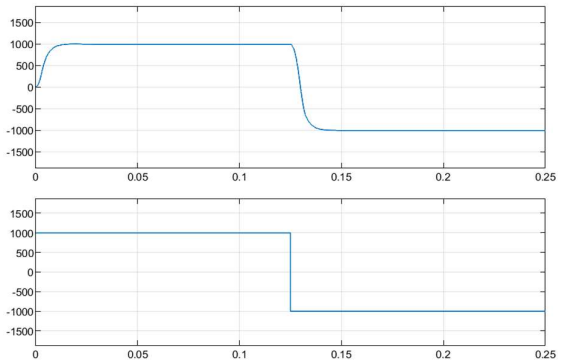
รูปที่ 12 รูปร่างกระแสเฟส (บน) และแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (ล่าง)

จำลองการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน โดยกำหนดความเร็วที่ต้องการ 5 ค่า ได้แก่ +500/-500, +1,000/-1,000, +1,500/-1,500, +2,000/-2,000 และ +2,500/-2,500 รอบต่อนาที โดยค่าเครื่องหมาย + และ – แสดงการกลับทางหมุนของมอเตอร์ ผลจำลองทำงานที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 13-17 ตามลำดับ โดยรูปด้านบนเป็นผลการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านด้วยตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ ส่วนรูปด้านล่างจะเป็นค่าความเร็วที่กำหนด

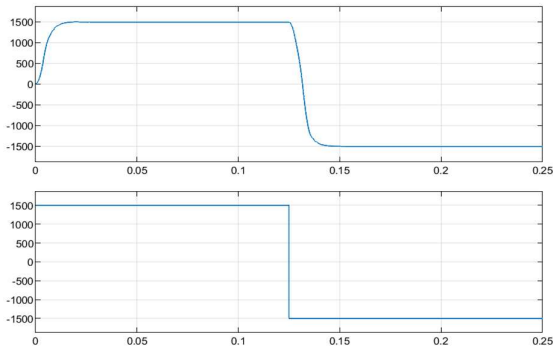
พิจารณาผลจำลองการทำงานในรูปที่ 13-17 การควบคุมความเร็วตามค่าที่กำหนดไว้ 5 ค่า ผลที่ได้มีค่าความเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.44 และเมื่อตั้งค่าควบคุมความเร็วไม่เกิน 2,000 รอบต่อนาที ระบบมีการตอบสนองที่ดี



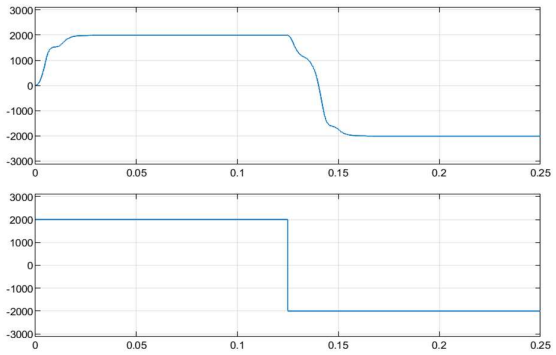
รูปที่ 13 ผลจำลองควบคุมความเร็ว +500/-500 รอบต่อนาที



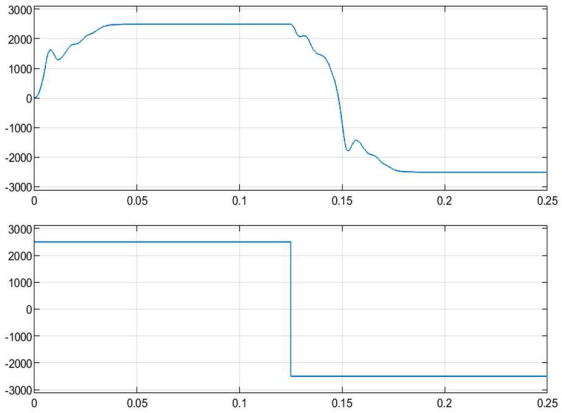
รูปที่ 14 ผลจำลองควบคุมความเร็ว +1,000/-1,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 15 ผลจำลองควบคุมความเร็ว +1,500/-1,500 รอบต่อนาที



รูปที่ 16 ผลจำลองควบคุมความเร็ว +2,000/-2,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 17 ผลจำลองควบคุมความเร็ว +2,500/-2,500 รอบต่อนาที

5. สรุป

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านโดยใช้ตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือที่นำเสนอ มีจำนวนกฎที่ใช้ในการอนุมานทั้งหมด 49 กฎ ประกอบด้วยตัวอนุมาน IF เป็นกฎข้อตั้งต้นถูกเชื่อมด้วยตัวตรรกะชนิด AND ฟังก์ชันสมาชิกตรรกศาสตร์คลุมเครือทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุตอยู่ในรูปแบบของสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมคางหมู การออกแบบตัวควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือ ใช้สมาชิก 2 ตัว คือ Error และ derr ผลจำลองการทำงานมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านสามารถควบคุมความเร็วได้ตามที่กำหนดในช่วง -2,500 ถึง 2,500 รอบต่อนาที มีค่าความเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.44 โดยระบบจะมีการตอบสนองที่ดีเมื่อควบคุมความเร็วไม่เกิน 2,000 รอบต่อนาที ดังนั้นการนำไปแอปพลิเคชันกับโหลดของมอเตอร์จะแตกต่างกันไปตามช่วงของความเร็ว แอปพลิเคชันเหล่านี้ต้องการความแม่นยำมีในการควบคุมความเร็วสูงและลักษณะตอบสนองแบบพลวัตที่ดีในเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้าและคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ ในอุตสาหกรรมยานยนต์ เช่น การควบคุมพวงมาลัยแบบอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง การควบคุมรถยนต์ไฟฟ้าและอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] Tushar Zanje, Aniruddha Kadam, Ganesh Vidhate, Pradip Yadav and Garima Gurjar. 2017. Speed Control of BLDC Motor using Fuzzy Logic, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Department of Electrical Engineering Atharva College of Engineering Mumbai.

[2] Tae-Sung Kim, Byoung-Gun Park, Dong-Myung Lee, Ji-Su Ryu, and Dong-Seok Hyun. 2008. A New Approach to Sensorless Control Method for Brushless DC Motors, International Journal of Control, Automation Systems, vol. 6, no. 4, pp. 477- 487.

[3] Tan Chee Siong, Baharuddin Ismail, Siti Fatimah Siraj, Mohd Fayzul Mohammed and Mohd Faridun Naim Tajuddin. 2010. Implementation of Fuzzy Logic Controller for Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives, IEEE International Conference on Power and Energy (PECon2010). School of Electrical Systems Engineering, University Malaysia Perlis, Malaysia.

[4] Ashwin A.Krishnan, Ajith P.R, Ashwin K, Deepak S and Neethi S.Pillai. 2017. Sensorless operation of brushless DC motor drive designed for air conditioners, IEEE International Conference on Innovations in Electrical, Electronics, Instrumentation and Media Technology (ICIEEIMT 17). Dept of EEE NSS College of Engineering, Palakkad, India.

[5] Byoung-Kuk Lee and Mehrdad Ehsani. 2003. Advanced Simulation Model for Brushless DC Motor Drives, Journal of Power Electronics, Vol. 3, No. 2. Korea Electrotechnology Research Institute (KERI), Korea. Dept. of Electrical Eng., Texas A&M University, College Station, USA.

[6] Yongjin Kang and Ji-Yoon Yoo. 2011. Switching Pattern-Independent Simulation Model for Brushless DC Motors, Journal of Power

Electronics, Vol. 11, No. 2. School of Electrical Engineering, Korea University, Seoul, Korea.

[7] Asmitha A S and Leon Bosco Raj J. 2018. SVPWM based Direct Torque control of Brushless DC Motor using Fuzzy Logic Controller, Proceedings of 4 th International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability– ICEETS'18. Department of EEE, St. Xavier's Catholic College of Engineering, India.

[8] Harith Mohan, Remya K P and Gomathy S. 2015. Speed Control of Brushless DC Motor Using Fuzzy Based Controllers, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 02. *EEE, ASIET Kalady, Kera/a, India.*

ID022

การประยุกต์โปรแกรม ALOHA เพื่อประเมินผลกระทบและความเสี่ยงการรั่วไหลของก๊าซคลอรีน : กรณีศึกษาก๊าซคลอรีนในโรงงานผลิตคลอรีน

Application of ALOHA Program for the Impact Evaluation of Chlorine Gas Leakage: Case Study Chlorine Gas in a Chlorine Manufacturing Plant

ณัฐชยา พละสุข[1*] สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2*] และ สุนทรี ขุนทอง[3*]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3]ภาควิชาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1*]E-mail: nutchaya.pal@ku.th

Nutchaya Palasuk[1*] Supat Patvihaichod[2*] and Soontree Khuntong[3*]
[1]Department of Engineering, Safety Engineering and Environmental Management Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[3]Department of Resources and Environment, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University
[1*]E-mail: nutchaya.pal@ku.th

บทคัดย่อ

บทความนี้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบของการรั่วไหลของก๊าซคลอรีนจากพื้นที่ถังเก็บในกระบวนการผลิตก๊าซคลอรีนในโรงงานผลิตก๊าซคลอรีนแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 10 ปีย้อนหลัง (พ.ศ. 2555 - 2564) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจำนวน 3 สถานี นำไปวิเคราะห์ในโปรแกรม ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) และแปลผลด้วยแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ (Google Earth) โดยมีตัวแปรทิศทางลมที่มีความถี่การพัดสูงสุด 5 ลำดับแรกจากสถิติย้อนหลัง 10 ปี แบ่งเป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ร้อยละ 39.4 ทิศใต้ (S) ร้อยละ 23.7 ทิศเหนือ (N) ร้อยละ 15.1 ทิศตะวันออก (E) ร้อยละ 9 และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ร้อยละ 8.3 และจำลองสถานการณ์ตามความเร็วลมเฉลี่ย (น็อต) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ปริมาณเมฆเฉลี่ย (เดคะ) และอุณหภูมิสูงสุด (เซลเซียส) ผลการศึกษาสามารถแสดงระยะของกลุ่มก๊าซที่รั่วไหล ตามระดับความเข้มข้นของสารเคมี ERPGs (Emergency Response Planning Guidelines) ที่ระดับความเข้มข้น ERPG-3 : 20 มิลลิกรัมต่อลิตร, ERPG-2 : 3 มิลลิกรัมต่อลิตร, ERPG-1 : 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จากแบบการจำลองพบว่าระยะการรั่วไหล ERPG-3 มีระยะการรั่วไหลสูงสุด จากหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ 3,900 เมตร การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซ 2,200 เมตร และการรั่วไหลที่ท่อส่งก๊าซ 578 เมตร ทั้ง 5 ทิศทางลม ระยะการรั่วไหลระยะ ERPG-2 มีระยะการรั่วไหลสูงสุด จากหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซมากกว่า 10,000 เมตร การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซ 6,200 เมตร และการรั่วไหลที่ท่อส่งก๊าซ 1,600 เมตร ทั้ง 5 ทิศทางลม และระยะการรั่วไหล ระยะ ERPG-1 มีระยะการรั่วไหลที่บริเวณหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซเท่ากับระยะการรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซในระยะมากกว่า 10,000 เมตร และการรั่วไหลที่ท่อส่งก๊าซ 2,800 เมตร ทั้ง 5 ทิศทางลม จากผลการประเมิน ในส่วนที่ 2 ทำการวิเคราะห์ระยะสัญจรของเส้นทางอพยพหนี

ไฟที่ส่งผลกระทบจากการแพร่กระจายก๊าซคลอรีน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระยะการรั่วไหลของแบบจำลองกับจุดอพยพของโรงงานทั้ง 4 จุด สามารถระบุจุดอพยพที่ปลอดภัยหรือไม่ได้รับผลกระทบกรณีก๊าซคลอรีนรั่วไหลคือจุดอพยพหมายเลข 1
คำหลัก: คลอรีน, การรั่วไหล, โปรแกรม ALOHA, ระยะการรั่วไหล

Abstract

This research study is divided into 2 sections The first section is to evaluate the Chlorine Gas Leakage from the manufacturing factory that produces the Chlorine gas in Rayong Province by using the past 10 years (2012 – 2021) of meteorological data to analyze in the program ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) and the results were interpreted with an electronic map (Google Earth). The meteorological data came from 3 stations. From the past 10 years statistics, there are 5 wind direction variables divided into South West (SW) 39.4%, South (S) 23.7%, North (N) 15.1(%), West (W) 9.0% and North East (NE) 8.3%. The simulation is based on average wind speed (knots), average relative humidity (percentage), average cloud volume (deka) and maximum temperature (celsius). Research study displays leakage according to ERPGs (Emergency Response Planning Guidelines) at a concentration of ERPG-3 : 20 mg/l, ERPG-2 : 3 mg/l, ERPG-1 : 1 mg/l. From the simulation model, the leakage distance ERPG-3 has the highest leakage distance. From the flange of the gas pipeline 3,900 meters, the leakage from the gas storage tank was 2,200 meters, and the leak at the gas pipeline was 578 meters in all 5 wind directions. The ERPG-2 leak distance has the highest leak distance. From the flange of the gas pipeline was more than 10,000 meters, leakage from gas storage tanks was 6,200 meters and gas pipeline leakage was 1,600 meters in all 5 wind directions. The leakage distance ERPG-1 has a leakage distance in the front area of the flange of the gas pipeline equal to the leakage distance from the gas storage tank in the distance of more than 10,000 meters and the leak at the gas pipeline was 2,800 meters in all 5 wind directions. From the assessment results, in Part 2, the travel distance of the fire evacuation route that affects the spread of chlorine gas was analyzed and it was discovered that when comparing the leak distance of the model with the 4 evacuation points of the factory, a safe or unaffected evacuation point in the event of a chlorine gas leak was identified as evacuation point No. 1.
Keywords: Chlorine, Leakage, ALOHA Program, Leakage Distance

1. บทนำ

การเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการผลิตอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการใช้สารเคมีในการผลิตเพิ่มมากขึ้น รวมถึงก๊าซคลอรีนที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสินค้าอุปโภค บริโภค เช่น น้ำยาฟอกขาว น้ำยาล้างห้องน้ำ สารทำความสะอาดน้ำในสระว่ายน้ำเป็นต้น จึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

ก๊าซคลอรีน (Cl_2) เป็นก๊าซที่มีสีเหลืองอมเขียว มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว ละลายน้ำได้ดีพร้อมกับทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorous acid) และกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) ก๊าซคลอรีนมีคุณสมบัติไม่ติดไฟ มีความเสถียรภายใต้ความดันและอุณหภูมิปกติ ละลายได้เล็กน้อยในน้ำและละลายได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ สารละลายในน้ำเมื่อถูกแสงจะสลายตัวช้า ๆ เกิดออกซิเจนและ

กรดไฮโดรคลอริกซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรง ก๊าซคลอรีนมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride) และเอทิลีนไดคลอไรด์ (Ethylene dichloride) เป็นสารฟอกขาวในอุตสาหกรรมกระดาษ พร้อมกับคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) และเป็นฟอกขาวในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและครัวเรือนรวมทั้ง เป็นสารฆ่าเชื้อในแหล่งผลิตน้ำดื่ม สระว่ายน้ำและน้ำเสีย สารป้องกันการเย็นตัวและนอตของเครื่องยนต์ พลาสติก ยางสังเคราะห์ กาวยา สารเคมี และผงขัดพื้น เมื่อมีการใช้ก๊าซคลอรีนจึงทำให้มีโอกาสสัมผัสกับก๊าซคลอรีนมากขึ้นทั้งจากการใช้งานในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และจากการรั่วไหลในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งรูปแบบการรั่วไหลในงานวิจัยนี้จะพิจารณาประเมินการรั่วไหลของสารเคมีในสถานะก๊าซ (Gas Outflow Model) ผ่านรูรั่วบริเวณท่อส่งก๊าซ โดยเก็บภายใต้ความดันที่มากกว่าความดันไออิ่มตัว ที่อุณหภูมิห้องปกติ กลายเป็นไออย่างรวดเร็วและจะเกิดกับของเหลวที่ถูกบรรจุไว้ภายใต้ความดันเหนือจุดเดือดปกติ ฉะนั้นการระเหยตัวกลายเป็นไอจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเมื่อถังเก็บหรือท่อเกิดการรั่วไหลโดยมีของเหลวออกมาของเหลวบางส่วนก็จะกลายเป็นไอโดยทันที [2] รูปแบบในการประเมินการรั่วไหล (Discharge Model) สามารถแบ่งรูปแบบการรั่วไหลได้ ดังนี้

1) ประเมินการรั่วไหลของสารเคมีในสถานะของเหลว
2) ประเมินการรั่วไหลของสารเคมีในสถานะก๊าซ
3) ประเมินการรั่วไหลของสารเคมีที่มีสองสถานะ
4) ประเมินการรั่วไหลของสารเคมีหนึ่งชนิดหรือหลายชนิด

การแพร่กระจาย (Dispersion) หลังจากรั่วไหลของก๊าซโดยทั่วไปในธรรมชาติ ที่ไม่รวมถึงการระเบิดหรือการเกิดเพลิงไหม้จะสามารถแบ่งได้เป็นสองรูปแบบ คือ การรั่วไหลแบบต่อเนื่องเรียกว่า Continuous Released Plume Model และการรั่วไหลแบบกลุ่มก้อนเรียกว่า Instantaneous Released Puff Model ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป โดยการรั่วไหลทั้งสองแบบ จะมีการกระจายตัวได้สองรูปแบบเช่นเดียวกัน คือ การกระจายตัวขึ้นสู่ที่สูงเรียกว่า Buoyant Gas Dispersion และการกระจายตัวลงสู่ที่ต่ำเรียกว่า Heavy Gas Dispersion ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของก๊าซแต่ละชนิด [4] จากการศึกษานี้ศึกษาการรั่วไหลของก๊าซคลอรีนแบบการรั่วไหลแบบต่อเนื่องเรียกว่า Continuous Released Plume Model การกระจายตัวขึ้นสู่ที่สูงแบบ Buoyant Gas Dispersion

หากใช้สารคลอรีนในการผลิตกรดไฮโดรคลอริกจะมีที่มีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ส่วนใหญ่เกิดจากการหายใจ ทำให้ระคายเคืองจมูก ลำคอ และทางเดินหายใจส่วนต้น มีอาการคัน ไอ หายใจติดขัด อาจเกิดแผลไหม้ ปวดศีรษะ ผิวหนังเป็นสีน้ำเงิน คลอรีนก่อให้เกิดความเป็นพิษเฉียบพลันอย่างรุนแรงต่อมนุษย์ ทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อตา ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจและทำให้เสียชีวิตได้ ความรุนแรงของความเป็นพิษขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคลอรีนและระยะเวลาที่ได้รับสัมผัสสารเคมี การศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าคลอรีนไม่ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติของอวัยวะที่เกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง การศึกษาทางระบาดวิทยาในคนงานโรงงานผลิตสารเคมีที่สูดดมก๊าซคลอรีนพบว่าไม่ก่อให้เกิดมะเร็งของอวัยวะใด ๆ เมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซคลอรีนจะก่อให้เกิดผลกระทบที่รุนแรง การสูดดมก๊าซคลอรีนอาจทำให้ปอดถูกทำลาย ก๊าซคลอรีนทำให้ผู้รับสัมผัสหลอดลมอักเสบ หอบหืด และการบวมของปอด ปวดศีรษะ โรคหัวใจและเยื่อหุ้มสมองอักเสบ หากเป็นการสัมผัสแบบเฉียบพลันจะมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและปอดอย่างรุนแรง และอาจส่งผลให้เสียชีวิตได้[1]

จากข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงานจากกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน (2563) ในรายงานข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงาน พบว่าอุบัติเหตุในปี พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2563 มีอุบัติเหตุสารเคมีรั่วไหลจำนวน 34 ครั้ง อุบัติเหตุที่มีการระเบิดจำนวน 13 ครั้ง [2] รวมไปถึงเหตุการณ์รั่วไหลจากโรงงานผลิตก๊าซคลอรีน ที่พบจากการศึกษาวิจัย ทบทวนวรรณกรรมและข่าวการรั่วไหลในอดีต [1] รวมถึงเหตุการณ์ก๊าซคลอรีนรั่วไหลในอดีต ตามที่สื่อในประเทศได้รายงานอุบัติภัยที่เกิดก๊าซคลอรีนรั่วไหลในโรงงานภายในนิคมอุตสาหกรรมทำให้

ชาวบ้านและนักเรียนมากกว่า 200 คนต้องทำการอพยพและทำให้การจราจรติดขัด ผู้อำนวยการศูนย์ฉุกเฉินสารเคมี ระบุเป็นก๊าซพิษอันตรายต่อระบบการหายใจ หากสูดดมเข้าไปมากอาจสลบได้ในทันที ซึ่งเคยเกิดขึ้นในอดีตและส่งผลกระทบเป็นวงกว้าง [3]

เมื่อเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมีรั่วไหลพบว่ามีผลกระทบเป็นบริเวณกว้างและมีความเป็นอันตรายที่รุนแรงต่อสุขภาพ ดังนั้นการประเมินผลกระทบจากแบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนในทิศทางต่าง ๆ เพื่อการจัดหามาตรการรองรับภาวะฉุกเฉินที่เหมาะสม จะทำให้สามารถนำข้อมูลไปจัดทำแผนฉุกเฉินจุดอพยพกับโรงงานที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของก๊าซคลอรีนได้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยผลกระทบจากการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตก๊าซคลอรีนแห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดระยอง เนื่องจากเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตและมีความรุนแรงดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยศึกษาผลกระทบและประเมินความรุนแรง ได้โดยการประยุกต์โปรแกรม ALOHA version 5.4.7 ร่วมกับ โปรแกรม Google Earth version Pro ในการจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีน

ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถทำนายทิศทาง ขอบเขตการกระจายตัวของก๊าซคลอรีน และทราบระดับความรุนแรงหรือความเข้มข้นของสารเคมี ทำให้สามารถกำหนดบริเวณที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ และกำหนดบริเวณอพยพที่ปลอดภัยสำหรับแผนฉุกเฉินกรณีที่ก๊าซคลอรีนรั่วไหล ทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและใช้เป็นแนวทางในการจัดการด้านความปลอดภัยต่อชีวิตของพนักงานและต่อชุมชนโดยรอบเช่นกัน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม ALOHA ในการประเมินผลการทบจากสารเคมีรั่วไหล และเป็นประโยชน์ในการศึกษาแนวทางการประเมิน

อภิวัฒน์ เขียวอร่าม ได้ศึกษาการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยวิเคราะห์ในโปรแกรม ALOHA และแปลผลด้วย โปรแกรม Google Earth จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้ตัวแปรทิศทางลมและศึกษาประเภทอันตรายจากการรั่วไหลในรูปแบบต่าง ๆ จากผลการประเมินพบว่ากระทบกับระยะสัญจรของเส้นทางอพยพหนีไฟของพนักงานในพื้นที่จึงได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะด้วยโปรแกรม Pathfinder จากเส้นทางอพยพที่ใช้ในปัจจุบันของสถานประกอบการ เพื่อแก้ไขให้เป็นไปตามระยะเวลาที่กฎหมายกำหนด [5]

ทั้งนี้ มุจลินท์ อินทรเหมือน, จำนงค์ ธนะภพ, จันจิรา มหาบุญ, ศิริพร ด่านคชาธาร, มัตติกา ยงประเดิม ได้ประเมินการรั่วไหลของสารคลอรีนในโรงงานผลิตถุงมือยางด้วยโปรแกรม ALOHA และโปรแกรม MARPLOT พบว่าพบว่าในฤดูร้อนมีระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-3 ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงสุดที่ระยะ 852 เมตร ระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-2 ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ฤดูฝนมีระยะการแพร่กระจายสูงสุดที่ระยะ 2 กิโลเมตร ระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-1 ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูฝนมีระยะการแพร่กระจายสูงสุดที่ระยะ 3.1 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ การวางแผนเพื่อรองรับในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในแต่ละฤดูครอบคลุมระยะการแพร่กระจายที่ระดับ ERPG-1, 2 และ 3 สามารถนำข้อมูลไปจัดทำแผนฉุกเฉินกับโรงงานที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของสารเคมีในลักษณะเดียวกันในพื้นที่ได้ [6]

กชษธร หยกสหชาติ ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA เพื่อประเมินผลกระทบและความเสี่ยงการรั่วไหลของก๊าซพิษและวางมาตรการป้องกันในภาวะฉุกเฉิน กรณีศึกษาของก๊าซคลอรีนในกระบวนการผลิตน้ำที่ใช้ในหอระบายความร้อนพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ซึ่งส่งผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพก่อให้เกิดการระคายเคือง และอาจเสียชีวิตได้ มีโอกาสแพร่กระจายของสารเคมี 1.6 กิโลเมตรจากจุดศูนย์กลางที่เกิดเหตุ ที่ระดับความเข้มข้น 2 - 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่งผลกระทบที่ไม่อาจกลับเป็นปกติได้ ความรุนแรงเกิดเป็นระยะเวลานาน และไม่สามารถหนีออกจากที่เกิดเหตุได้ มีโอกาสแพร่กระจายของสารเคมี 3.5 กิโลเมตร และระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5 - 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่งผลกระทบเล็กน้อย หรือไม่แสดงอาการ มีโอกาสการแพร่กระจายของสารเคมีภายในช่วงระหว่าง 3.5 - 5.7 กิโลเมตร โดยที่ระดับ

ความเข้มข้นของก๊าซคลอรีนภายนอกอาคารสูงกว่าระดับความเข้มข้นภายในอาคารกว่า 106.9 เท่า [7]

สุกิต หัทยาสมบูรณ์ ศึกษาการใช้โปรแกรม ALOHA เพื่อประเมินความเสี่ยงสำหรับกรณีเหตุการณ์สารคลอรีนรั่วไหลทั้งการรั่วไหลแบบแหล่งอยู่กับที่ และแหล่งเคลื่อนที่ โดยกำหนดสถานการณ์จำลอง ทำให้ทราบขอบเขตและผลกระทบเท่ากับ 10.179 ตารางกิโลเมตร ผู้คนที่อาจได้รับผลกระทบเท่ากับ 2,036 คน เมื่อติดตั้งระบบ safety scrubber จะสามารถลดขอบเขตผลกระทบลงเหลือเท่ากับ 0.19 ตารางกิโลเมตร โดยอาจมีประชากรที่ได้รับผลกระทบเท่ากับ 38 คนซึ่งสามารถลดความรุนแรงของขนาดผลกระทบลงได้มากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์จากการประเมินโดยใช้โปรแกรมและเสนอแนะวิธีการในการลดขอบเขตผลกระทบ [8]

อีกทั้ง ชลิตตาภรณ์ ต้นสาย ได้ศึกษาผลกระทบและความเข้มข้นจากการรั่วไหลของแอมโมเนียซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาที่สัมผัส ตาม United States Environmental Protective Agency (EPA) ทำการแบ่งประเภทความรุนแรงของวัตถุอันตรายตามความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับสารเคมีออกเป็น 3 ระดับ (Acute Exposure Guideline Level-AEGL-1, 2, 3) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลโดยแบ่งตามระดับความเข้มข้นของสารเคมีเป็น 3 ระดับ คือระดับที่มีความเข้มข้นมากกว่า 1,100 มิลลิกรัมต่อลิตร 160 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยคุณสมบัติที่เบากว่าอากาศของแอมโมเนียทำให้แพร่กระจายตัวอย่างรวดเร็วในอากาศ จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อคนที่อยู่ในระยะ 1.5 กิโลเมตรจากจุดรั่ว โดยเฉพาะพื้นที่ในโรงงานทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่มีอันตรายสูงมากในเวลา 60 นาที เนื่องจากมีความเข้มข้นมากกว่า 1,100 มิลลิกรัมต่อลิตร [9]

ประภาวรินทร์ พุทธจง ศึกษาการประเมินผลกระทบกรณีการระเบิดของสารไนโตรเซลลูโลส ในสถานที่จัดเก็บกรณีศึกษาสถานที่ตั้งจังหวัดสมุทรปราการด้วยโปรแกรม ALOHA โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ พบว่าการฟุ้งกระจายของสารเคมีในแนวระนาบทั้งสามชนิดพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (IDLH) สามารถระบุระยะปลอดภัยจากสารมลพิษได้ [10]

การศึกษาของชรินทร์ เย็นใจ ในเรื่องการจัดการระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์สารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ALOHA และ MARPLOT สถานการณ์การรั่วไหลของสารเบนซีน และสไตรีน จากโรงงานปิโตรเคมีจำนวน 1,728 สถานการณ์ แสดงผลบนแผนที่ดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth ในรูปของพื้นที่การแพร่กระจายของสารเคมี และค่าความเข้มข้นของสารเคมีในแต่ละจุด ได้มีการเตรียมข้อมูลเพื่อตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel ได้อย่างรวดเร็วโดยเลือกสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งสามารถเลือกดัชนีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ชื่อสารเคมีที่รั่วไหล ปริมาณการรั่วไหล ทิศทาง ลม อุณหภูมิ เมฆ และความชื้น ในขณะที่เกิดสารเคมีซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 2.44 นาทีก็สามารถแสดงผลการแพร่กระจายของสารเคมีได้อย่างรวดเร็ว [11]

3. วิธีการศึกษา

รวบรวมข้อมูลทั่วไปของสถานที่ที่ทำการศึกษาจากกรณีศึกษานี้เป็นโรงงานผลิตคลอรีน โดยเป็นอาคารโรงงานชั้นเดียว 2 หลัง และอาคารสำนักงาน 4 ชั้น 1 หลัง โรงงานมีพื้นที่ประมาณ 128,000 ตารางเมตร ซึ่งในกระบวนการผลิต มีการผลิตคลอรีนเหลวและก๊าซคลอรีน ซึ่งสามารถรั่วไหลและส่งผลกระทบต่อโรงงาน ชุมชนและสิ่งแวดล้อมได้ ทั้งนี้ได้แบ่งจุดอพยพทั้งหมด 4 จุด ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 จุดอพยพหมายเลข 1 - 4 ทั้งหมด 4 จุด

3.1 ระบุค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการรั่วไหล นำเข้าสู่โปรแกรม ALOHA

ประกอบไปด้วย ขนาดการรั่วไหล ตำแหน่งที่รั่วไหล ทิศทางการรั่วไหลและตัวแปรอื่น ๆ โดยใช้การป้อนข้อมูลในโปรแกรมดังต่อไปนี้

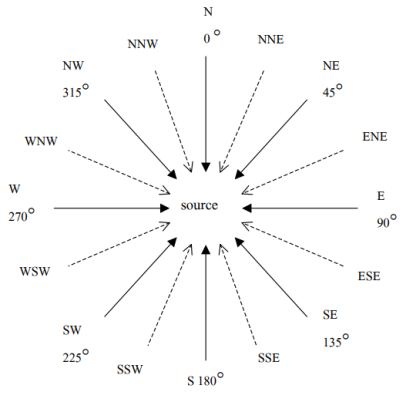
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์การรั่วไหลที่กำหนดในโปรแกรม ALOHA

ตัวแปร	ค่าที่ระบุ
ชนิดของก๊าซ	ก๊าซคลอรีน (Cl_2)
ขนาดบรรจุถังก๊าซ	250 ตัน
ความดันภายในถัง	3.6 บาร์
อุณหภูมิก๊าซภายในถัง	-15 องศาเซลเซียส
จุดที่รั่วไหล 3 จุด	1. บริเวณถังเก็บก๊าซคลอรีนเหลว ที่ระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ (%) ของความสูงถัง (สูงจากก้นถัง 252 มิลลิเมตร) 2. ที่ท่อขนาด 2 นิ้ว 3. ที่หน้าแปลนของท่อขนาด 2 นิ้ว
ขนาดการรั่วไหล	50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)
ทิศทางการรั่วไหล	5 ทิศทางรอบหน้าแปลนท่อ
ปริมาณสารเคมีในถัง	80 เปอร์เซ็นต์ (%)

ขนาดการรั่วไหลกำหนดให้มีขนาดรูรั่ว 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ซึ่งเป็นขนาดเท่ากับขนาดของท่อส่งก๊าซที่มีอยู่ มีปริมาณสารเคมีในถังร้อยละ 80 ของปริมาตรถังเพื่อรองรับในกรณีเกิดการรั่วไหลที่ถังใดถังหนึ่ง ให้สามารถถ่ายเทจากถังที่รั่วไปสู่ถังอื่น ๆ ที่มีพื้นที่ว่าง โดยท่อส่งก๊าซมีการเชื่อมต่อโดยใช้หน้าแปลน ซึ่งมีโอกาสที่ชำรุดและเกิดการรั่วไหลได้ เช่น จากการคลายตัวของโบลต์และนอตที่ยึด หรือการชนกระแทก จึงกำหนดให้มีการรั่วไหลที่จุดดังกล่าว ส่วนทิศทางการรั่วไหล เนื่องจากทุกทิศทางรอบถังเก็บก๊าซนั้นมีอาคารต่าง ๆ ที่อาจจะได้รับผลกระทบอยู่โดยรอบ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้สถานการณ์จำลองมีการรั่วไหล 5 ทิศทาง ตามทิศทางลมจริงที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศรอบหน้าแปลนเป็นตัวแทนทิศทางการรั่วไหลที่อาจเกิดขึ้น

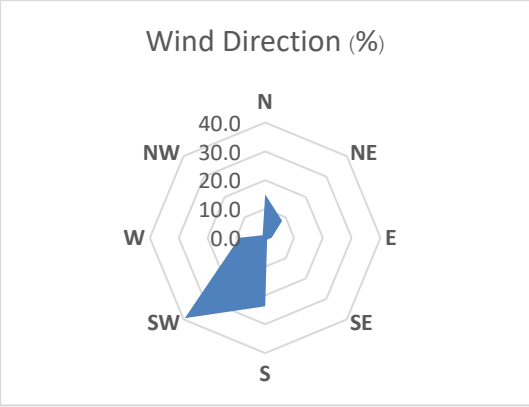
3.2 กำหนดตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ

การกำหนดสภาพภูมิอากาศจะใช้สถิติ 10 ปี ย้อนหลังจากสถานีตรวจวัดอากาศ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจาก 3 สถานี ซึ่งอยู่โดยรอบของโรงงาน เพื่อให้ครอบคลุมทุกทิศทางลมที่มีผลต่อสถานที่ทำการวิจัย ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี รหัสสถานี 459205/48463 ละติจูด 13.4.37 ลองติจูด 100.52.33, สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง จังหวัดระยอง รหัสสถานี 478201/48478 ละติจูด 12.37.56 ลองติจูด 101.20.37,สถานีอุตุนิยมวิทยาห้วยโป่ง จังหวัดระยอง รหัสสถานี 478301/48479 ละติจูด 12.44.0 ลองติจูด 101.8.0 และความหมายของทิศทางลมที่มีค่า 0 องศา จะหมายถึง ลมพัดมาจากทิศเหนือ 180 องศาจะหมายถึงลมพัดมาจากทิศใต้ ดังรูปที่ 2 ที่แสดงทิศทางลมทั้ง 16 ทิศทาง ใช้ข้อมูลทิศทางลมแต่ละวันจัดทำเป็นแผนภาพการกระจายทิศทางลมดังรูปที่ 3 แปลผลและกรอกข้อมูลลงในโปรแกรม ALOHA โดยมีตัวแปรทิศทางลม ซึ่งเป็นทิศทางลมที่มีความถี่การพัดสูงสุด 5 ลำดับแรกจากสถิติย้อนหลัง 10 ปี แบ่งเป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศใต้ (S) ทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออก (E) และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) [10] โดยมีอัตราส่วนของทิศทางลมอยู่ที่ร้อยละ 39.4, 23.7, 15.1, 9 และ 8.3 ตามลำดับ ส่วนความเร็วลมที่ใช้คือความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดรายเดือนของ 10 ปีย้อนหลังคือ 11.5 น็อต เนื่องจากความเร็วลมสูงสุดมีผลให้การแพร่กระจายออกไปได้ในระยะทางไกลที่สุดและเพื่อใช้พิจารณาในกรณีเกิดเหตุการณ์รุนแรงสูงสุดนั่นเอง [10]



รูปที่ 2 คำย่อทิศทางของการกระจายทิศทางลม

ทิศทางลมที่ใช้ในโปรแกรมเป็นข้อมูลทิศทางลมย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2555-2564 และจัดทำเป็นแผนภาพการกระจายทิศทางลม

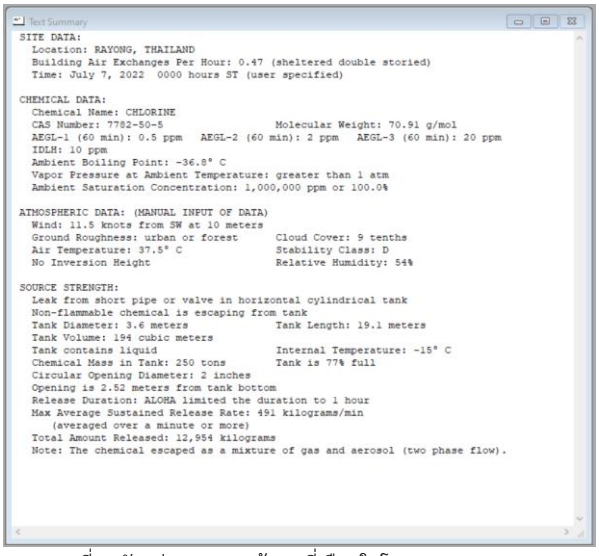


รูปที่ 3 การกระจายทิศทางลม ปี พ.ศ.2555 - 2564 จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 3 สถานี

3.3 สร้างแบบจำลองการรั่วไหลและการแปรผล

จากตัวแปรด้านการรั่วไหลและตัวแปรสภาพอากาศสามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองโดยลงข้อมูลในโปรแกรม ALOHA แสดงผลข้อมูลสรุปก่อนแสดงผลลัพธ์ในโปรแกรม Google Earth ดังรูปที่ 4 จำลองทั้งสิ้นจำนวน 15 แบบจำลอง โดยโปรแกรม ALOHA จะแปลผลออกมาเป็นระยะทางที่รั่วไหลในระดับความเข้มข้นของสารเคมีตาม ERPG ทั้ง 3 ระดับ ให้นำข้อมูลแสดงผลในโปรแกรม Google Earth เพื่อแสดงผลบนภาพถ่ายดาวเทียมต่อไป

นำผลลัพธ์จากโปรแกรม ALOHA และโปรแกรม Google Earth วิเคราะห์ข้อมูลที่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่โรงงาน โดยการพิจารณาเส้นทางอพยพที่เหมาะสมทั้งระยะเวลาและจุดที่เสี่ยงอันตรายต่อไป



รูปที่ 4 ตัวอย่างการสรุปข้อมูลที่เลือกในโปรแกรม ALOHA

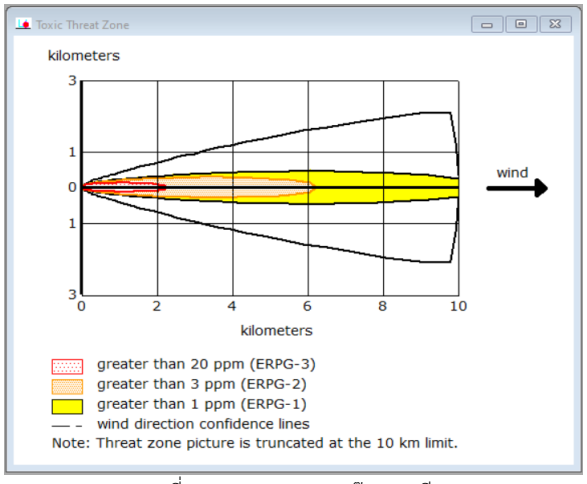
จากนั้นตั้งค่าการแสดงผลลัพธ์ตามระดับความเข้มข้นของก๊าซคลอรีนและประมวลผลในโปรแกรม โดยกำหนดให้แสดงผลลัพธ์เป็นกรณีส่งผลกระทบต่อสุขภาพ จะแบ่งระดับความเข้มข้นการรั่วไหลของก๊าซที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ เป็น 3 ระดับ ดังรูปที่ 5 คือ Emergency response planning guidelines (ERPGs) คือ ค่าความเข้มข้นสารเคมีในบรรยากาศที่เชื่อว่าหากสูงเกินค่าที่กำหนดจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ กำหนดโดย American Industrial Hygiene Association (AIHA) [5] ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ (แสดงเป็นหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร)

1) ระดับ ERPG-1 คือ ค่าความเข้มข้นของสารเคมีสูงสุดในบรรยากาศที่เชื่อว่าประชาชนที่ได้รับสารไม่เกิน 1 ชั่วโมง จะไม่เกิดอาการต่อสุขภาพอย่างรุนแรง/หรือเกิดเพียงชั่วคราว หรือได้กลิ่นฉุนรุนแรง

2) ระดับ ERPG-2 คือ ค่าความเข้มข้นของสารเคมีสูงสุดในบรรยากาศที่เชื่อว่าประชาชนที่ได้รับสารไม่เกิน 1 ชั่วโมง จะไม่เกิดอันตรายร้ายแรงหรืออาการที่ไม่สามารถ

กลับมาดีเหมือนเดิมได้ หรืออาการอื่นใดที่ทำให้ไม่สามารถป้องกันอันตรายต่อตนเองได้

3) ระดับ ERPG-3 คือ ค่าความเข้มข้นของสารเคมีสูงสุดในบรรยากาศที่เชื่อว่าประชาชนที่ได้รับสารไม่เกิน 1 ชั่วโมง จะไม่เกิดอาการร้ายแรงถึงชีวิต



รูปที่ 5 ระยะ ERPG ของก๊าซคลอรีน

4. ผลการวิจัย

จากการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซคลอรีนทั้ง 15 แบบจำลอง มีดังต่อไปนี้

แบบจำลองที่ 1, 2 และ 3 จากตารางที่ 2 และรูปที่ 6 มีโอกาสเกิดลมมาทางทิศ SW ร้อยละ 39.4 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบคือจุดอพยพหมายเลข 2, 3 และ4 มีรัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีแดง ERPG-3 ค่าความเข้มข้นมากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร คือมีอันตรายอย่างรุนแรงอาจทำให้ผู้สัมผัสเสียชีวิตได้ จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ 3,900 เมตร 2,200 เมตรและ 578 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีส้ม ERPG-2 ค่าความเข้มข้นมากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งกระทบต่อสุขภาพของประชาชน จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ มากกว่า 10,000 เมตร 6,200 เมตรและ 1,600 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีเหลือง ERPG-1 ค่าความเข้มข้นมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนหรือผู้ที่สัมผัสทำให้เกิดอาการไม่สบาย ระคายเคืองผิวหนังได้ จากแหล่งกำเนิดที่เป็นถังเก็บก๊าซคลอรีนและหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ในระยะมากกว่า 10,000 เมตร แหล่งกำเนิดที่เป็นท่อส่งก๊าซในระยะ 2,800 เมตร

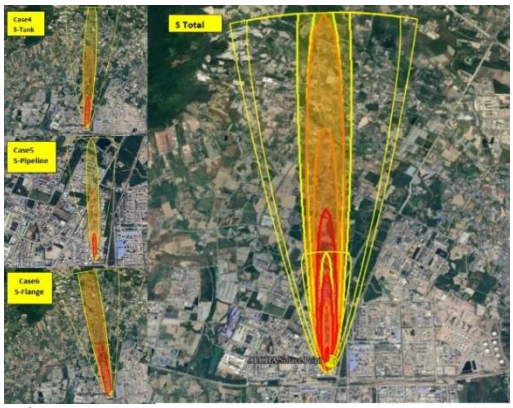


รูปที่ 6 แบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนบนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) แบบแยกและรวมการแพร่กระจายทั้ง 3 แบบจำลอง

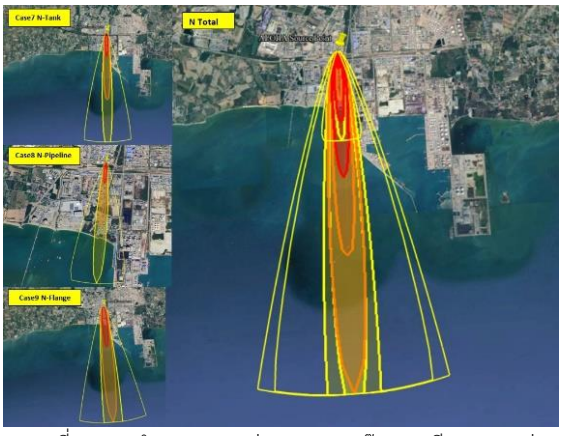
แบบจำลองที่ 4, 5 และ 6 จากตารางที่ 2 และรูปที่ 7 มีโอกาสเกิดลมมาทางทิศ S ร้อยละ 23.7 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบคือจุดอพยพหมายเลข 2 และ 3 มีรัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีแดง ERPG-3 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ 3,900 เมตร 2,200 เมตรและ 578 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีส้ม ERPG-2 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ มากกว่า 10,000 เมตร 6,200 เมตรและ 1,600 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายของพื้นที่สีเหลือง ERPG-1 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นถังเก็บก๊าซคลอรีนและหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ในระยะมากกว่า 10,000 เมตร และแหล่งกำเนิดที่เป็นท่อส่งก๊าซในระยะ 2,800 เมตร



รูปที่ 7 แบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนบนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศใต้ (S) แบบแยกและรวมการแพร่กระจายทั้ง 3 แบบจำลอง



รูปที่ 8 แบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนบนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศเหนือ (N) แบบแยกและรวมการแพร่กระจายทั้ง 3 แบบจำลอง

แบบจำลองที่ 7, 8 และ 9 จากตารางที่ 2 และรูปที่ 8 มีโอกาสเกิดลมมาทางทิศ N ร้อยละ 15.1 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบคือจุดอพยพหมายเลข 4 มีรัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีแดง ERPG-3 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ 3,900 เมตร 2,200 เมตรและ 578 เมตร ตามลำดับ

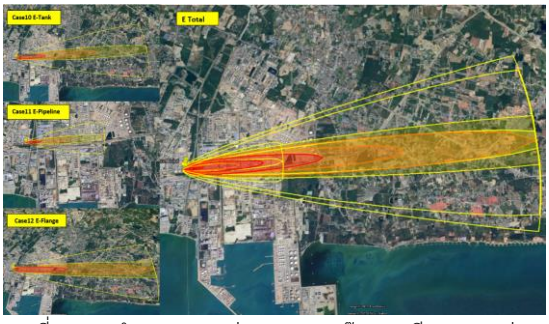
รัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีส้ม ERPG-2 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ มากกว่า 10,000 เมตร 6,200 เมตรและ 1,600 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายของพื้นที่สีเหลือง ERPG-1 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นถังเก็บก๊าซคลอรีนและหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ในระยะมากกว่า 10,000 เมตร และแหล่งกำเนิดที่เป็นท่อส่งก๊าซในระยะ 2,800 เมตร

แบบจำลองที่ 10, 11 และ 12 จากตารางที่ 2 และรูปที่ 9 มีโอกาสเกิดลมมาทางทิศ E ร้อยละ 9 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบคือจุดอพยพหมายเลข 4 มีรัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีแดง ERPG-3 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ 3,900 เมตร 2,200 เมตรและ 578 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีส้ม ERPG-2 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ มากกว่า 10,000 เมตร 6,200 เมตรและ 1,600 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายของพื้นที่สีเหลือง ERPG-1 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นถังเก็บก๊าซคลอรีนและหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ในระยะมากกว่า 10,000 เมตร และแหล่งกำเนิดที่เป็นท่อส่งก๊าซในระยะ 2,800 เมตร



รูปที่ 9 แบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนบนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศตะวันออก (E) แบบแยกและรวมการแพร่กระจายทั้ง 3 แบบจำลอง

แบบจำลองที่ 13, 14 และ 15 จากตารางที่ 2 และรูปที่ 10 มีโอกาสเกิดลมมาทางทิศ NE ร้อยละ 8.3 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบคือจุดอพยพหมายเลข 4 มีรัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีแดง ERPG-3 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ 3,900 เมตร 2,200 เมตรและ 578 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายในพื้นที่สีส้ม ERPG-2 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ถังเก็บก๊าซคลอรีนและท่อส่งก๊าซในระยะ มากกว่า 10,000 เมตร 6,200 เมตรและ 1,600 เมตร ตามลำดับ

รัศมีการแพร่กระจายของพื้นที่สีเหลือง ERPG-1 จากแหล่งกำเนิดที่เป็นถังเก็บก๊าซคลอรีนและหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ ในระยะมากกว่า 10,000 เมตร และแหล่งกำเนิดที่เป็นท่อส่งก๊าซในระยะ 2,800 เมตร

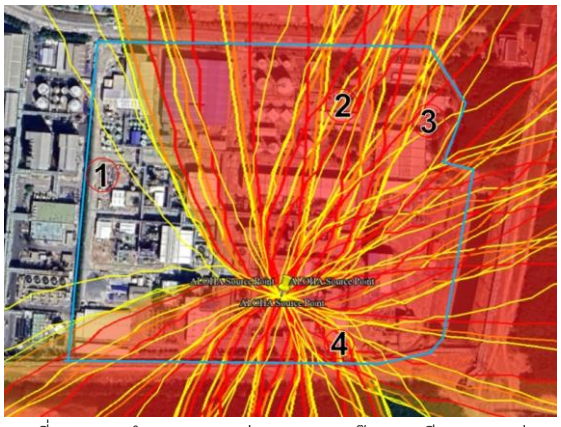


รูปที่ 10 แบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนบนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) แบบแยกและรวมการแพร่กระจายทั้ง 3 แบบจำลอง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบที่เกิดจาก 15 แบบจำลอง จากการทำนายของโปรแกรม ALOHA

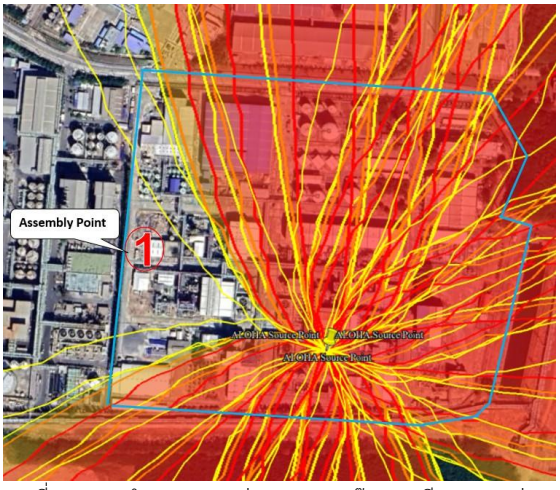
Case	Wind direction	Scenario	Threat Zone (Meters)		
			Red	Orange	Yellow
1	SW 39.4%	Tank	2,200	6,200	>10,000
2		Pipeline	578	1,600	2,800
3		Flange	3,900	>10,000	>10,000
4	S 23.7%	Tank	2,200	6,200	>10,000
5		Pipeline	578	1,600	2,800
6		Flange	3,900	>10,000	>10,000
7	N 15.1%	Tank	2,200	6,200	>10,000
8		Pipeline	578	1,600	2,800
9		Flange	3,900	>10,000	>10,000
10	E 9%	Tank	2,200	6,200	>10,000
11		Pipeline	578	1,600	2,800
12		Flange	3,900	>10,000	>10,000
13	NE 8.3%	Tank	2,200	6,200	>10,000
14		Pipeline	578	1,600	2,800
15		Flange	3,900	>10,000	>10,000

รัศมีการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนทั้ง 15 แบบจำลองส่งผลกระทบต่อจุดอพยพหมายเลข 2, 3 และ 4 ดังรูปที่ 11 และมีจุดที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซคลอรีนคือจุดอพยพหมายเลข 1



รูปที่ 11 แบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนบนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดรวมการแพร่กระจายทั้ง 15 แบบจำลองเปรียบเทียบกับจุดอพยพปัจจุบัน

จากแบบทำลองได้ทำการศึกษาแนวทางแก้ปัญหาจากผลกระทบทั้ง 15 แบบจำลอง ต่อจุดอพยพหมายเลข 1, 2 , 3 และ 4 ดังรูปที่ 11 พบว่าจุดอพยพหมายเลข 2, 3 และ 4 ได้รับผลกระทบจากก๊าซคลอรีนรั่วไหล หากเกิดการรั่วไหลของก๊าซคลอรีน จึงมีความจำเป็นต้องกำหนดจุดอพยพเพื่อให้เกิดความปลอดภัยตามรูปที่ 12 โดยกำหนดให้เหลือจุดอพยพหมายเลข 1 เพียงจุดเดียว



รูปที่ 12 แบบจำลองการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีนบนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดรวมการแพร่กระจายทั้ง 15 แบบจำลองเปรียบเทียบกับจุดอพยพที่แนะนำเพื่อความปลอดภัย

5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์การทำนายด้วยโปรแกรม ALOHA และแปลผลด้วยแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ (Google Earth) ตัวแปรทิศทางลมที่เกิดขึ้นจริงตามข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 5 ทิศทาง แบ่งเป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ร้อยละ 39.4 ทิศใต้ ร้อยละ 23.7 ทิศเหนือ ร้อยละ 15.1 ทิศตะวันออก ร้อยละ 9.0 และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 8.3 และศึกษาจุดรั่วไหล 3 จุด คือ (1) การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซ (2) การรั่วไหลจากท่อส่งก๊าซและ (3) การรั่วไหลจากหน้าแปลนของท่อส่งก๊าซ และได้จำลองสถานการณ์รั่วไหลทั้งสิ้น 15 แบบจำลอง จากผลการประเมินจากแบบจำลองพบว่ากระทบกับจุดอพยพปัจจุบันจำนวน 3 จุดคือ จุดอพยพหมายเลข 2, 3 และ 4 จึงต้องทำการย้ายจุดอพยพให้เป็นจุดอพยพหมายเลข 1 เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ดังรูปที่ 12 ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบงานวิจัยของอภิวัฒน์ เขียวอร่าม มีผลการวิจัยไปในแนวทางเดียวกัน กล่าวคือ ได้ศึกษาการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยวิเคราะห์ในโปรแกรม ALOHA และแปลผลด้วย โปรแกรม Google Earth จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้ตัวแปรทิศทางลมทั้งหมด 5 ทิศทางเช่นกัน และศึกษาประเภทอันตรายจากการรั่วไหลเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีที่ไม่ลุกติดไฟ (Toxic Area of Vapor Cloud) 2) การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud) และ 3) การเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor Cloud Explosion: Overpressure Blast Force) และได้จำลองสถานการณ์ทั้งหมด 15 สถานการณ์เช่นเดียวกัน รวมทั้งจากผลการประเมินการกระทบกับระยะสัญจรของเส้นทางอพยพหนีไฟของพนักงานในพื้นที่ ซึ่งได้มีการพิจารณาย้ายจุดอพยพเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ทั้งนี้มีความแตกต่างในเรื่องการกำหนดรูปแบบของการรั่วไหล งานวิจัยนี้ได้กำหนดการรั่วไหลเป็นแบบการรั่วไหลออกจากแหล่งกำเนิดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกลุ่มควันของสารเคมีจะถูกพัดพาในอากาศแบบพลูม (Continuous released plume model) และกระจายตัวขึ้นสู่ที่สูง (Buoyant gas dispersion) [5]

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของชลิตตาภรณ์ ต้นสาย ได้ศึกษาผลกระทบและความเข้มข้นจากการรั่วไหลของแอมโมเนียซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาที่สัมผัส ตาม United States Environmental Protective Agency (EPA) ทำการแบ่งประเภทความรุนแรงของวัตถุอันตรายตามความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับสารเคมีออกเป็น 3 ระดับ (Acute Exposure Guideline Level-AEGL-1, 2, 3) และได้จำลองแบบการรั่วไหลของแอมโมเนียโดยใช้โปรแกรม ALOHA รวมถึงการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของสารแอมโมเนียออกจากถังบรรจุ และออกจากอุปกรณ์ของโรงงานห้องเย็นภายใต้ทิศทางและความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่านจุดเกิดเหตุของทั้ง 3 ทิศ และระบุการรั่วไหลไว้ 3 กรณี พร้อมทั้งได้ปรับปรุงแผนอพยพฉุกเฉิน โดยการกำหนดเส้นทางในการอพยพและจุดรวมพลใหม่ให้ครอบคลุมผู้ที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบและสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยก๊าซคลอรีนรั่วไหลในงานวิจัยนี้ [9]

6. ข้อเสนอแนะ

1. หากทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมควรจำลองพฤติกรรมการอพยพของผู้ใช้อาคารหรือพนักงานด้วยโปรแกรม Pathfinder จะทำให้ทราบระยะเวลาในการ

อพยพและจัดทำแผนฉุกเฉินได้อย่างครอบคลุมและเกิดความปลอดภัยมากขึ้น

2. การพิจารณาองค์ประกอบของข้อมูลสามารถเพิ่มรายละเอียดสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น สิ่งกีดขวาง กำแพง ตัวอาคาร จะทำให้แบบจำลองการรั่วไหลนั้นใกล้เคียงเหตุการณ์จริงมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัด และกรมอุตุนิยมวิทยา ในการสนับสนุนข้อมูล ขอขอบคุณคณะอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ให้คำปรึกษาทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำสนับสนุนจนทำการศึกษาวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. คลอรีน. โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

[2] กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน. 2563. ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุ. แหล่งที่มา: http://reg3.diw.go.th/safety/อุบัติเหตุ/, 7 พฤศจิกายน 2564.

[3] หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ. 2551. โรงงานอุตสาหกรรมมาบตาพุด ทำก๊าซคลอรีนรั่ว. แหล่งที่มา: http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=7&ID=213, 2 พฤศจิกายน 2564.

[4] Crawl, D.A and J.F Louvar. 2002. Chemical Process Safety Fundamentals with Applications. Prentice Hall, Inc., New Jersey.

[5] อภิวัฒน์ เขียวอร่าม. 2563. การวิเคราะห์เชิงสมรรถนะเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตด้วยโปรแกรม ALOHA และ Pathfinder กรณีศึกษา โรงงานประกอบชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[6] มุจลินท์ อินทรเหมือน, จำนงค์ ธนะภพ, จันจิรา มหาบุญ, ศิริพร ด่านคชาธาร, มัตติกา ยงประเดิม. 2563. การประเมินการรั่วไหลของสารคลอรีนในโรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา ด้วยโปรแกรม ALOHA และ MARPLOT. วารสารวิชาการสาธารณสุข, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

[7] กชษธร หยกสหชาติ. 2559. การประยุกต์โปรแกรม ALOHA เพื่อประเมินผลกระทบและความเสี่ยงการรั่วไหลของก๊าซพิษและวางมาตรการป้องกันในภาวะฉุกเฉิน: กรณีศึกษาของก๊าซคลอรีนในกระบวนการผลิตน้ำที่ใช้ในหอระบายความร้อน.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[8] สุกิต หัทยาสมบูรณ์. 2548. การประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮาทำนายกระจายตัวของสารคลอรีนเหลวเพื่อทำการประเมินผลกระทบของการฟุ้งกระจายและสร้างแผนงานป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอุบัติภัยจากการรั่วไหล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[9] ชลิตตาภรณ์ ต้นสาย. 2559. การจำลองการรั่วไหลของแอมโมเนียในห้องเย็นด้วยโปรแกรม ALOHA, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[10] ประภาวรินทร์ พุทธจง. 2549. การศึกษาและการประเมินผลกระทบกรณีการระเบิดของสารไนโตรเซลลูโลสในสถานที่จัดเก็บ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11] ชรินทร์ ใจเย็น. 2558. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน กรณีสารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรม ALOHA, MARPLOT, Google Earth และ Microsoft Excel., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

[12] กรมอุตุนิยมวิทยา, ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ. 2555 - 2564 ของสถานีอุตุนิยมวิทยาแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี, สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง จังหวัดระยอง, สถานีอุตุนิยมวิทยาห้วยโป่ง จังหวัดระยอง.

ID024

ประสิทธิภาพการลดอุบัติเหตุของผิวทางที่ลดการลื่นไถลด้วยการยิงลูกเหล็ก

Effectiveness of Shotblasting technique on Reducing Pavement surface Slipperiness

ณัฐวุฒิ มณีจันสุข[1*] วันชัย ยอดสุดใจ[2]และ สโรช บุญศิริพันธ์[2]
[1]สาขาวิชาวิศกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: Nattawut.mane@live.ku.ac.th

Nattawut Maneejunsuk[1*], Wanchai Yodsudjai[2] and Saroach Boonsiripant[2]
[1] Major of Infrastructure Engineering and Management, Faculty of Engineering at Bangkhen, Kasetsart University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Science at Bangkhen, Kasetsart University
[*]E-mail: Nattawut.mane@live.ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวงหมายเลข 12 ช่วงพิษณุโลก – หล่มสัก - ชุมแพ ก่อให้เกิดเหตุการณ์สูญเสียชีวิตและทรัพย์สินอย่างต่อเนื่อง โดยยังไม่มีแนวโน้มที่จะลดลง โครงการค้นคว้าอิสระนี้เป็นกรณีศึกษาประสิทธิภาพของการยิงลูกเหล็กลงบนผิวทาง (Shot blasting) ซึ่งเป็นการปรับปรุงผิวทางเพื่อลดการลื่นไถล สถานที่ศึกษาคือทางหลวงหมายเลข 12 ช่วงกม. 338+900 และ 402+000 เป็นช่วงๆ รวมทั้งหมด 4 จุด ทำการเปรียบเทียบอัตราการเกิดอุบัติเหตุในขณะผิวทางเปียกในลักษณะลื่นไถลโดยประเมินแบบก่อนและหลังดำเนินการใน 4 จุด และทำการเปรียบเทียบถนนที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกันเพื่อประเมินแบบมีและไม่มีโครงการใน 4 จุด ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวเปียกในลักษณะลื่นไถลในจุดที่มีการปรับปรุงผิวทางลดลงหลังจากทำการยิงลูกเหล็กบนผิวทาง ดังนั้นจึงแนะนำให้ควรมีการแก้ไขปัญหาถนนลื่นในลักษณะเดียวกันด้วยการเพิ่มความเสียดทานหรือความต้านทานการลื่นไถล เนื่องจากค่าดังกล่าวมีผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก การยิงลูกเหล็กบนผิวทางก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ

คำหลัก การยิงลูกเหล็กลงบนผิวทาง , ความเสียดทาน , ความต้านทานการลื่นไถล

Abstract

At present, accidents on Highway No. 12, Phitsanulok - Lom Sak – Chum Phae section, have continually resulted in the loss of life and property, with no tendency to decrease. This independent study research project investigates the effectiveness of shot blasting steel balls on pavement, which is retexturing the pavement to reduce slippage. The study site is Highway No. 12, km range 338+900 and 402+000, a total of 4 points. Comparison of accident rates on wet pavement in a slippery manner by assessing before and after the operation at 4 points, and comparing roads of similar physical characteristics by assessing with and without Shot Blasting in 4 points. The results of the study found that Wet accident rate in these areas

decreased after steel balls were fired on the pavement. Therefore it is recommend for the problem of slippery roads should be solved in the same way by increasing the friction and skid resistance. This method affects the accident rate when the pavement is wet. Shot Blasting is interesting method.

Keywords: Shot blasting , Friction , Skid resistance

1. บทนำ

ในปัจจุบันยานพาหนะมีความจำเป็นต่อชีวิตประจำวันมากและพื้นที่ ที่จะรองรับต้องมีความสมดุลกับปริมาณยานพาหนะ และการออกแบบถนนก็เป็นส่วนสำคัญ อย่างยิ่งและจะต้องมีความถูกต้องตามหลักวิศวกรรมจราจร ในประเทศไทยหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงคือกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

จากการศึกษาข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวงหมายเลข 12 ช่วงพิษณุโลก-หล่มสัก-ชุมแพ เมื่อปี พ.ศ.2559 - ปัจจุบัน เกิดเหตุการณ์สูญเสียชีวิตและทรัพย์สินอย่างต่อเนื่องตามรูปที่ 1 โดยยังไม่มีแนวโน้มที่จะลดลง โดยเฉพาะช่วงที่มีฝนตก หน่วยงานกรมทางหลวงจึงได้หาแนวทางการลดการเกิดอุบัติเหตุบนถนนหมายเลข 12 โดยการสำรวจเก็บข้อมูลลักษณะอุบัติเหตุในจุดดังกล่าว แล้วจึงทำการแก้ไขโดยการยิงลูกเหล็กบนผิวจราจร เพื่อลดการลื่นไถล (Shot blasting for Anti-Skid)



รูปที่ 1 โครงสร้างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการลดอุบัติเหตุโดยการเปรียบเทียบอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถล ประเมินแบบเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงผิวจราจรโดยวิธี Shot blasting และเปรียบเทียบกับจุดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันและประเมินแบบเทียบเทียบแบบมีและไม่มีการปรับปรุง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่ทำบนทางหลวหมายเลข 12 ช่วง พิษณุโลก - หล่มสัก และ หล่มสัก - ชุมแพ กม. 338+900 – กม. 341+150 และ กม. 396+050 - กม. 402+000 โดยแขวงทางหลวงเพชรบูรณ์ที่ 1 ได้ปรับปรุงผิวทางด้วยวิธี Shot blasting ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นจุดเสี่ยงที่เกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากการลื่นไถลบ่อยครั้ง

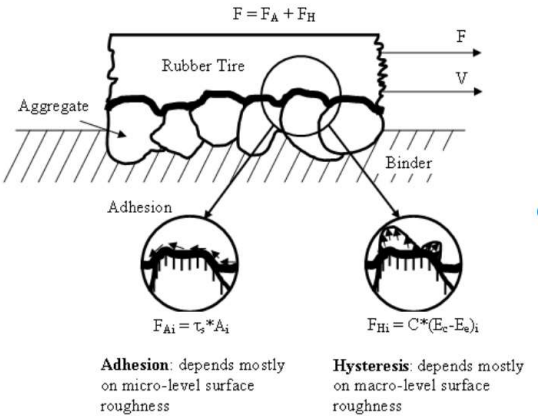
2. ทบทวนวรรณกรรม

สาเหตุและการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุแต่ละรูปแบบมีปัจจัยการเกิดแตกต่างกัน เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการเกิดอุบัติเหตุในลักษณะลื่นไถลที่คล้ายกันรวมถึงปัจจัยต่อไป จึงต้องศึกษาแนวคิดและทฤษฎีมาใช้ประกอบการศึกษางานวิจัยซึ่งมีรายละเอียด 4 หัวข้อ ได้แก่ 1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความเสียดทาน และปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความเสียดทาน 2) การทดสอบหาค่าความเสียดทาน 3) การปรับปรุงผิวทางด้วยยิงลูกเหล็กบนผิวทาง (Shot Blasting) 4) วิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate Method) โดยศึกษาจาก [1-3] มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความเสียดทาน และปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อสภาพความเสียดทาน

2.1.1 ความเสียดทานของผิวทาง (Pavement Friction)

แรงที่ต้านการเคลื่อนไหวระหว่างยางของรถยนต์กับผิวทาง แรงต้านนี้จะเกิดขึ้นเมื่อยางรถยนต์ไถลไปตามพื้นผิวของถนน แรงเสียทานที่เกิดขึ้นประกอบด้วยสององค์ประกอบคือ แรงที่เกิดจากการยึดติด (adhesion) และแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (hysteresis) ดังรูปที่ 2



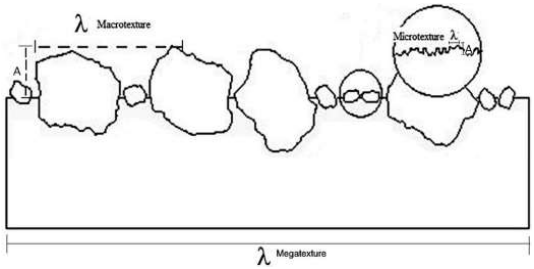
รูปที่ 2 กลไกหลักของการเกิดความเสียดทานของผิวทาง

$$F = F_A + F_H \quad (1)$$

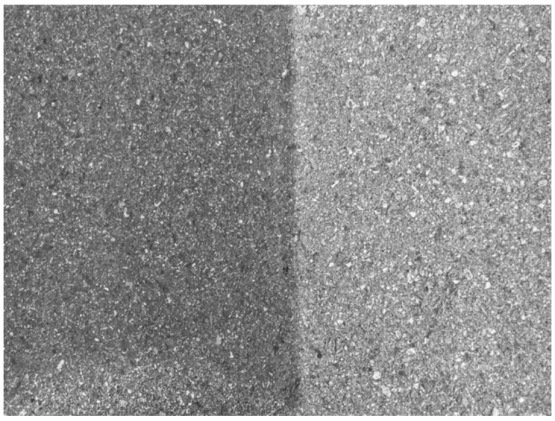
โดยที่ F คือแรงเสียดทานของผิวทาง F_A คือมวลของวัตถุ และ F_H คือแรงต้านทาน โดยศึกษาจาก [4]

แรงที่เกิดจากการยึดติด (adhesion) เป็นผลมาจากเกิดพันธะระหว่างผิวทางและยางรถบริเวณที่มีการกดทับเนื่องจากผิวถนนที่ไม่เรียบ ทำให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ของล้อรถ แรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (hysteresis) เป็นผลมาจากการสูญเสียพลังงานของยางรถเมื่อยางรถเสียรูปขณะขับผ่านผิวทางที่หยาบ เนื่องจากเกิดแรงเสียดทานสู่ยางรถ

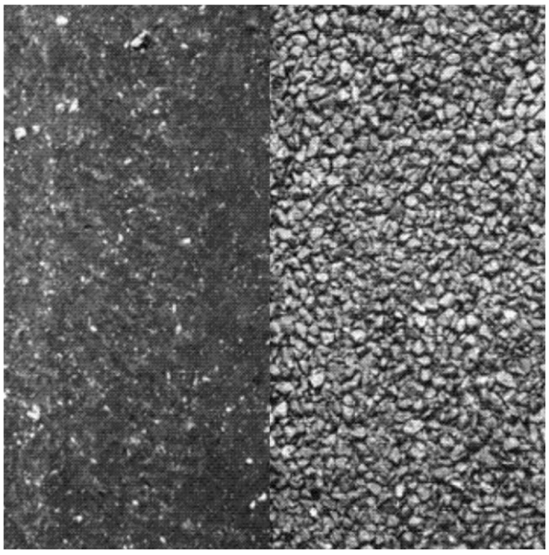
ทั้งสององค์ประกอบของแรงเสียทานเกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อ (Texture) ของผิวทาง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Micro texture และ Macro texture ตามที่แสดงในรูปที่ 3 – 5 โดยศึกษาจาก [5]



รูปที่ 3 ลักษณะของพื้นผิวถนนแสดงความแตกต่างระหว่างMicro texture และ Macro texture



รูปที่ 4 ผิวทางที่มีลักษณะละเอียด (Micro texture)



รูปที่ 5 ผิวทางที่มีลักษณะหยาบ (Macro texture)

2.1.2 ปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อสภาพความความเสียดทานของผิวทาง

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเสียดทานของผิวทางแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ คุณลักษณะของพื้นผิวถนน ตัวแปรเกี่ยวกับการใช้งานยานพาหนะ คุณสมบัติของยาง และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอ้างอิงจาก [6]

- คุณลักษณะของพื้นผิวทาง (Pavement Characteristics) เช่น ความหยาบละเอียด(Texture), ความขรุขระ (Roughness) , ร่องล้อ (Rutting) ,ความหยาบละเอียดของพื้นผิวถนนส่งผลให้ความต้านทานการลื่นไถลดี

ขึ้น ความขรุขระของถนนอาจทำให้ล้อยานพาหนะเกิดอาการกระเด้งเมื่อขับผ่าน ซึ่งส่งผลให้ความเสียดทานระหว่างล้อและผิวถนนลดลง ร่องล้อที่เกิดขึ้นบนผิวถนนโดยเฉพาะเมื่อมีน้ำขังมีส่วนทำให้ค่าความเสียดทานระหว่างล้อและผิวถนนลดลง

- คุณลักษณะของการใช้รถ (Vehicle Operational Characteristics) เช่น ความเร็ว (Speed) , อาการล้อลื่น (Tire Slip) ,น้ำหนักรถ (Axle Load) , ชนิดของรถ (Type of Vehicle) ความเร็วของยานพาหนะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความต้านทานการลื่นไถล ความเร็วที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การรีดน้ำบนถนนที่เปียกลดลงส่งผลให้สภาพเปียกของถนนมีผลต่อการเบรคยานพาหนะ เมื่อทำการเบรค ความเร็วของล้อจะลดลงถ้าความเร็วของล้อรถลดลงด้วยอัตราที่สูงกว่าความเร็วของรถ ล้อยางจะมีอาการลื่น(ไม่หมุน)ไปบนพื้นถนน และเมื่อเกิดภาวะเบรคล็อค ล้อรถที่อยู่ในสภาพลื่นจะลื่นไถลไปบนพื้นถนน ระบบ Anti-lock break system (ABS) ถูกออกแบบเพื่อช่วยสร้างสมดุลความเร็วของล้อและรถในขณะเบรค ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการลื่นไถล ความเสียดทานระหว่างล้อและพื้นถนนจะลดลงเมื่อน้ำหนักรถสูงขึ้น โดยทั่วไปรถบรรทุกจะมีประสิทธิภาพเรื่องความเสียดทานต่ำกว่ารถยนต์โดยสาร
- คุณลักษณะของล้อยาง (Tire Characteristics) เช่น ชนิดของยาง (Tire Type) ,ดอกยาง (Tire Tread) , ลมยาง (Inflation Pressure) การออกแบบล้อยางโดยทั่วไปจะเลือกออกแบบให้ล้อยางคุณลักษณะที่ดีอย่างใดอย่างหนึ่ง ระหว่างในด้านความทนทานต่อการสึกหรอหรือด้านความต้านทานการลื่นไถล ล้อยางที่ถูกออกแบบให้มีเนื้อยางแข็งจะมีความทนทานต่อการสึกหรอมากกว่าล้อยางที่ถูกออกแบบให้มีเนื้อยางอ่อน ในขณะเดียวกัน เนื้อยางที่อ่อนจะช่วยในการต้านทานการลื่นไถลได้ดีว่า ล้อยางที่มีเนื้อยางแข็ง ล้อยางที่มีดอกยางสภาพดีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต้านทานการลื่นไถลได้และช่วยรีดน้ำในขณะแล่นบนถนนเปียกได้ดี ลมยางที่มากหรือน้อยเกินไปมีผลให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลลดลง



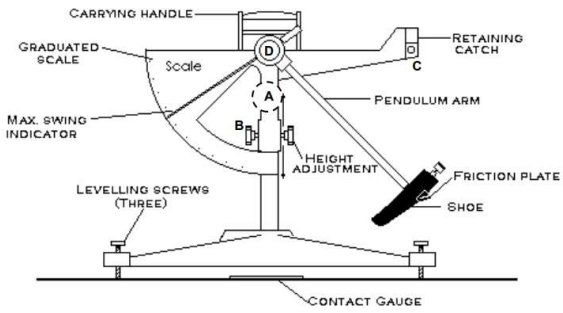
รูปที่ 6 ยางรถยนต์ที่ดอกยางหมดจากการใช้งานมานาน

- สภาพแวดล้อมอื่นๆ (Environmental Factors) เช่น สภาพเปียก (Wetness), สิ่งเปรอะเปื้อน (Contamination), อุณหภูมิ (Temperature) ถนนที่มีสภาพเปียก หรือมีสิ่งเปรอะเปื้อน เช่นโคลน น้ำมันบนผิวถนน จะลดประสิทธิภาพความต้านทานการลื่นไถล อุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิล้อยางที่สูงขึ้นจะลดค่าความต้านทานการลื่นไถลได้

2.2 การทดสอบหาค่าความเสียดทาน

วิธีการทดสอบความฝืดของถนนในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการทดสอบความฝืดโดยเครื่องมือพกพา คือ British Pendulum Tester (BPT)

British Pendulum Tester (BPT) ลักษณะอุปกรณ์จะมีชิ้นยางทดสอบติดอยู่ที่ปลายแขนของลูกตุ้มดังรูปที่ 7 ลูกตุ้ม จากระดับปล่อยเคลื่อนที่ตามส่วนโค้งสัมผัสผิวทดสอบ หลังสัมผัสผิวทดสอบแขนลูกตุ้มจะแกว่งไปยังอีกข้างซึ่งลูกตุ้มมีความสูงลดต่ำกว่าระดับปล่อยพลังงานจลน์สูญเสียไปกับความฝืด จึงสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานได้ BPT มีความสะดวกในการใช้งาน ค่าบำรุงรักษาต่ำ ด้วยน้ำหนักที่น้อยและความเร็วที่ต่ำของการทดสอบ จึงสอดคล้องกับความฝืดในระดับ micro texture เครื่องมือวัดชนิดนี้รองรับมาตรฐาน ASTM E303



รูปที่ 7 เครื่อง British Pendulum Tester

การวัดในเชิงสถิตยศาสตร์เป็นการวัดความต้านทานการลื่นไถลโดยใช้เครื่องมือทดสอบเคลื่อนที่ผ่านจุดของพื้นผิวถนนที่ทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบหาความต้านทานการลื่นไถลคือ เครื่อง Portable Skid Resistance Tester หรือ Portable British Pendulum Tester การวัดในเชิงสถิตยศาสตร์ถูกใช้ในห้องปฏิบัติการ และ บนพื้นผิวถนนในงานสนาม เครื่อง Portable Skid Resistance Tester จะมีชุดแขนเหวี่ยงและหัวเหวี่ยงแท่นยางที่ปลายแขนเหวี่ยง การทดสอบจะวัดค่าแรงเสียดทานระหว่างแท่นยางและจุดสัมผัสของพื้นผิวถนน โดยที่แท่นยางกับผิวทดสอบจะมีระยะผิวสัมผัสประมาณ 125 mm. บริเวณจุดทดสอบจะต้องอยู่ในสภาพที่เปียก เมื่อแขนเหวี่ยงถูกปล่อยแล้วแท่นยางผ่านผิวสัมผัส จะได้ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่อ่านได้จากมาตรโค้งบนเครื่องมือเป็นค่า British Pendulum Number; BPN ซึ่งก็คือค่าSkid Resistance Value; SRV ค่า BPN มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของในการห้ามล้อของล้อรถบนถนนที่เปียกแฉะได้ในขณะที่รถวิ่งในอัตราเร็วประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เครื่อง Portable Skid Resistance Tester นี้ไม่ได้ออกแบบสำหรับที่ความเร็วสูงกว่านี้ โดยอ้างอิงจาก [7]

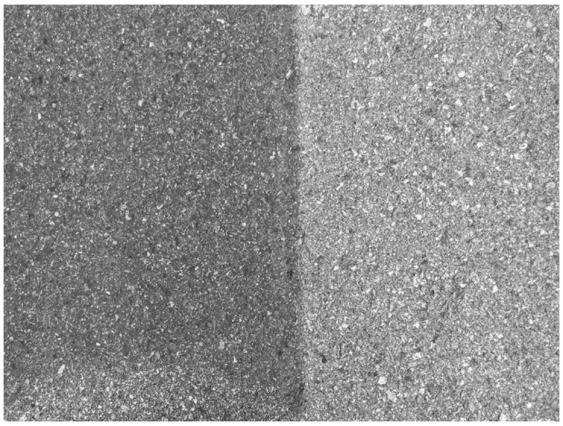
2.3 การปรับปรุงผิวทางด้วยยิงลูกเหล็ก (Shot Blasting)

การยิงลูกเหล็กบนผิวทาง คือการปรับปรุงผิวทาง (Retexturing) วิธีหนึ่ง ซึ่งการ Retexturing ได้มีการอธิบายไว้ในคู่มือการใช้งานออกแบบสำหรับถนนและสะพาน (DMRB : Design Manual for Roads and Bridges) ว่าเป็นวิธีการปรับปรุงใหม่ของพื้นผิวที่มีอยู่แล้ว เพื่อแก้ไขค่าความเสียดทานนอกจากจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยและลดจำนวนอุบัติเหตุแล้ว การนำวัสดุพื้นผิวที่มีอยู่มาใช้ใหม่จะช่วยลดการใช้พลังงาน, การดำเนินการ, การวางพื้นผิวของถนนใหม่ และการกำจัดของเสีย โดยการขยายช่วงเวลาการใช้งานของพื้นผิวที่มีอยู่

การยิงลูกเหล็กบนผิวทาง (Shot Blasting) เป็นการเพิ่มความขรุขระของผิวทางอีกวิธีหนึ่ง โดยการยิงลูกเหล็กเม็ดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยใช้เครื่องจักร 0.50-1.00มม. กระแทกลงบนผิวถนน โดยที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นอีกทั้งยังสร้างผิวขรุขระระดับ Micro texture ลงบนมวลหยาบบนผิวทาง



รูปที่ 8 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็ก



รูปที่ 9 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็ก

จากรูปที่ 9 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบระหว่างผิว

จราจรของถนนที่ยังไม่ปรับปรุงโดยใช้วิธี ยิงลูกเหล็ก(Shot blasting) กับผิวจราจรของถนนที่ปรับปรุงโดยวิธียิงลูกเหล็ก (Shot blasting) แล้ว ซึ่งรูปด้านบนแสดงให้เห็นหลังจากการปรับปรุงโดยการยิงลูกเหล็กทำให้ยางมะตอยส่วนเกินนั้นหลุดออกไปมีผิวขรุขระเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผิวทางมีค่าความเสียดทานที่มากกว่า

2.4 วิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate Method)

เนื่องจากจำนวนอุบัติเหตุมากในช่วงของถนน ไม่อาจถือว่าช่วงนี้มีอันตรายมากกว่าช่วงถนนที่มีจำนวนอุบัติเหตุน้อย เนื่องจากช่วงถนนที่มีจำนวนอุบัติเหตุมานั้นมีปริมาณจราจรมาก ด้วยเหตุผลนี้จึงต้องมีการพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณการจราจรเข้าไปด้วยในการคำนวณหาจุดอันตราย โดยวิธีนี้จะทำการจัดลำดับความอันตรายของถนนตามค่าของอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate Method) อัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ได้จากการนำเอาปริมาณจราจร จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น และความยาวช่วงถนนมาพิจารณา โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Wet\ accident\ rate(Per\ 10^8\ VKT) = \frac{A \times 10^8}{(365 \times T \times V \times L)} \quad (2)$$

โดยที่ A คือจำนวนอุบัติเหตุในช่วงเวลาที่วิเคราะห์ (สภาพผิวจราจรเปียก) T คือช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ปี) V คือ มวลของวัตถุ และ L คือ ความยาวของช่วงถนน (กิโลเมตร)

วิธีนี้จะบอกความสามารถในการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงถนนแต่ละช่วงถนนมีปริมาณจราจรและความยาวแตกต่างกัน แต่มีจำนวนครั้งในการเกิดอุบัติเหตุเท่ากันได้ โดยบ่งชี้ว่าช่วงถนนใดมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าจะมีความอันตรายมากกว่า โดยอ้างอิงจาก [8]

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุและค่าความต้านทานการลื่นไถล

- ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุก่อน - หลังการปรับปรุงผิวจราจรในขณะพื้นผิวเปียกและแห้ง

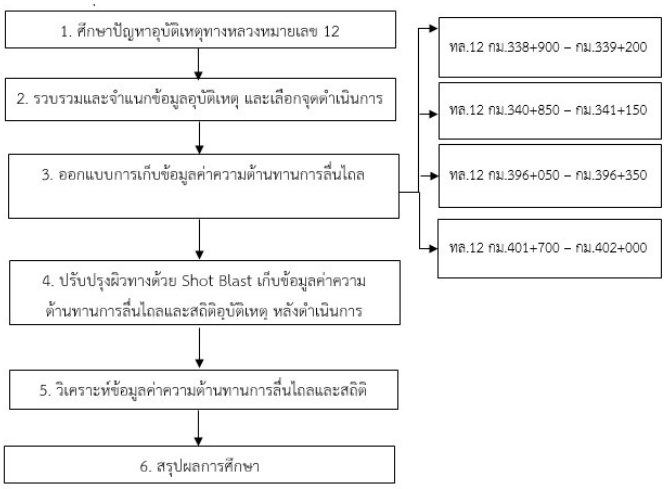
- ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ 4 จุดที่ปรับปรุงผิวทาง และ 4 จุดที่ลักษณะกายภาพคล้ายคลึงกันแต่ไม่ปรับปรุงผิวทาง โดยเก็บข้อมูล3ปีก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุงผิว 1 ปี

- ข้อมูล AADT ของสายทางที่ทำการศึกษา

- เครื่องมือวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลแบบพกพา (BPT)

3.2 วิธีการ

ผู้วิจัยทำการวิจัยด้วยการศึกษาค้นคว้า ทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุทางถนนขณะผิวทางเปียก รวมถึงความต้านทานการลื่นไถลและการเพิ่มแรงเสียดทานบนผิวทางด้วยวิธี Shot blast เก็บข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและค่าความต้านทานการลื่นไถลก่อนและหลังดำเนิน และนำไปวิเคราะห์และสรุปผล ซึ่งสามารถเขียนลำดับขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยเป็นแผนผังได้ดังภาพที่ 10



รูปที่ 10 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- การเลือกพื้นที่ศึกษาทำโดยการรวบรวมสถิติอุบัติเหตุของแขวงทางหลวงเพชรบูรณ์ที่ 1 และเลือกจุดที่เกิดอุบัติเหตุลื่นไถลมากที่สุดบนทางหลวงหมายเลข 12 ซึ่งได้จำนวน 4 จุดมีลักษณะกายภาพดังนี้



รูปที่ 11 ตำแหน่งจุดที่ 1 กม. 338+900 – กม. 339+200 และ จุดที่ 2 กม. 340+850 – กม. 341+150



รูปที่ 12 จุดที่ 1 กม. 338+900 – กม. 339+200



รูปที่ 13 จุดที่ 2 กม. 340+850 – กม. 341+150

จุดที่ 1 และจุดที่ 2 อยู่บนทางหลวงหมายเลข 12 ช่วง พิษณุโลก - หล่มสัก ตั้งอยู่บริเวณ ต.แคมป์สน อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ ติดพื้นเขตอุทยานแห่งชาติเขาค้อสภาพภูมิประเทศเป็นเป็นภูเขา อยู่เหนือระดับน้ำทะเล ประมาณ 1,600 เมตร แบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. พื้นที่ราบ มีประมาณ 38% ของพื้นที่
2. พื้นที่ลาดตามภูเขา มีประมาณ 42% ของพื้นที่
3. พื้นที่สูงชัน มีประมาณ 20% ของพื้นที่

ก่อสร้างเป็นมาตรฐานชั้นพิเศษ 4 ช่องจราจรแยกทิศทางการจราจรไป - กลับคันทางละ 2 ช่องจราจรคันทางกว้าง 20.60 เมตร ผิวจราจร 4 ช่อง กว้างช่องละ 3.50+W เมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้างข้างละ 2.50 แบ่งทิศทางการจราจรด้วยเกาะสี (PAINT MEDIAN) โดยจุดที่ 1 และ 2 อยู่บริเวณกลางโค้งราบ และเป็นทางลาดเขา ดังรูปที่ 11



รูปที่ 14 ตำแหน่งจุดที่ 3 กม. 396+050 – กม. 396+350 และ จุดที่ 4 กม. 401+700 – กม. 402+000



รูปที่ 15 ตำแหน่งจุดที่ 3 กม. 396+050 – กม. 396+350

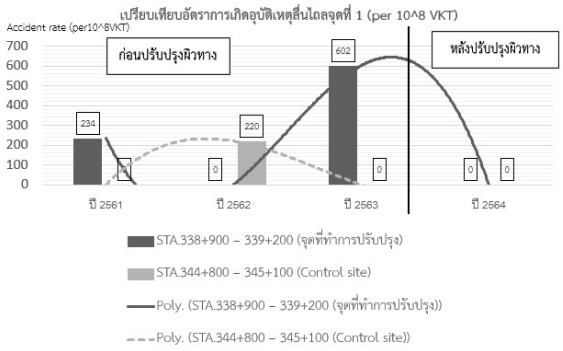


รูปที่ 16 จุดที่ 4 กม. 401+700 – กม. 402+000

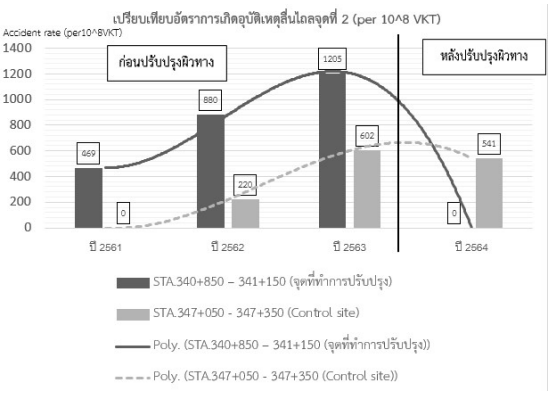
จุดที่ 3 และจุดที่ 4 อยู่บนทางหลวงหมายเลข 12 ช่วงหล่มสัก - ชุมแพ ตั้งอยู่บริเวณ ต.แคมป์สน อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ ผิวทางกว้าง 7.00 เมตร ไหล่ทางกว้างข้างละ 1.50 เมตร มีลักษณะลาดชัน เป็นช่วงๆ และมีทั้งโค้งราบและโค้งในแนวดิ่งจำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นถนนช่วงที่มี Back slope ทั้ง 2 ข้างทาง และเป็นทางลาดชันกว่า 50% โดยจุดที่ 3 จะอยู่บริเวณกลางโค้ง อยู่บนทางลาดชัน และจุดที่ 4 อยู่บริเวณกลางโค้งราบและเริ่มขึ้นทางลาดเขา

4. ผลการศึกษา

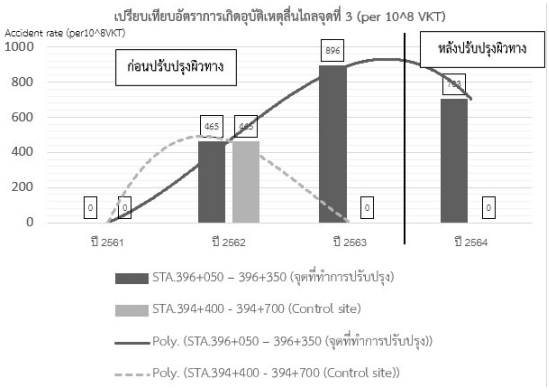
การศึกษาทำโดย เก็บข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจากการลื่นไถล ตั้งแต่ปี 2561-2563 ถือเป็นช่วงเวลาก่อนปรับปรุงผิวทาง และทำการปรับปรุงผิวทาง ช่วงเดือนธันวาคม 2563 แล้วจึงทำการเก็บสถิติอุบัติเหตุปี 2564 ถือเป็นช่วงเวลาหลังปรับปรุงผิวทาง และนำมาวิเคราะห์โดยได้ผลดังรูปที่ 17-21



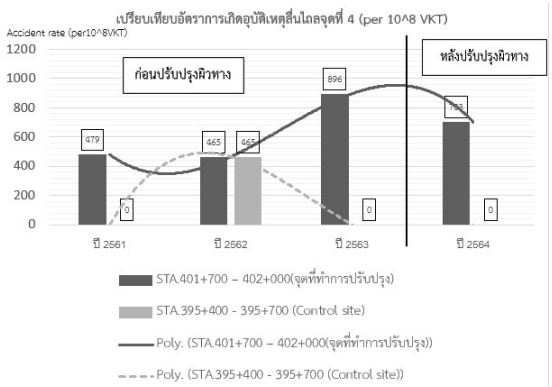
รูปที่ 17 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลจุดที่ 1 กม. 338+900 – กม. 339+200 กับจุดที่ลักษณะคล้ายคลึง กม. 344+800 - กม. 345+100



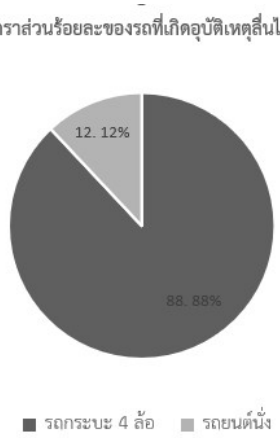
รูปที่ 18 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลจุดที่ 2 กม. 340+850 – กม. 341+150 กับจุดที่ลักษณะคล้ายคลึง กม. 347+050 - กม. 347+350



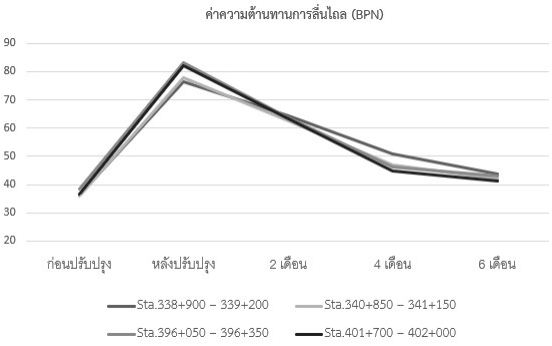
รูปที่ 19 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลจุดที่ 3 กม. 396+050 – กม. 396+350 กับจุดที่ลักษณะคล้ายคลึง กม.394+400 - กม.394+700



รูปที่ 20 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลจุดที่ 3 กม. 401+700 – กม. 402+000 กับจุดที่ลักษณะคล้ายคลึง กม. 395+400 - กม. 395+700



รูปที่ 21 ร้อยละของรถที่เกิดอุบัติเหตุลื่นไถลทั้ง 8 จุด ตั้งแต่ ปี 2561 - 2564



รูปที่ 22 แผนภูมิแสดงค่าความต้านทานการลื่นไถล 4 จุดที่ปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็ก (BPN)

จากรูปที่ 17-22 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

1.) การปรับปรุงผิว ทั้ง 4 จุดที่ทำการปรับปรุง พบว่ามีความสอดคล้องในเรื่องของอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลลดลงหลังการปรับปรุง(ปี2564) ดังนั้นการปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็กเพื่อลดการลื่นไถล ช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุลงได้จากการประเมินแบบก่อน - หลังปรับปรุง

2.) จุดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับจุดทำการศึกษา พบว่าจุดที่คล้ายคลึงทั้ง 4 จุด อัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลไม่มีความสัมพันธ์กันกับจุดที่มีการปรับปรุงและอัตราการเกิดอุบัติเหตุในปี 2564 ไม่ได้มีแนวโน้มจะลดลง เหมือน 4 จุดที่ทำการศึกษา จากการประเมินแบบมี-ไม่มีการปรับปรุง

3.) รถยนต์นั่ง มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลน้อยกว่า รถกระบะ

4.) ทดสอบค่าความต้านทานการลื่นไถลตลอด 6 เดือน พบว่าทันทีที่มีการปรับปรุงผิวทาง ค่าความต้านทานการลื่นไถลเฉลี่ย เพิ่มถึง 200% - 220% และค่อยๆลดลงตามระยะเวลา จนถึงเดือนที่ 6 วัดค่าความต้านทานการลื่นไถลเฉลี่ยอยู่ที่ 110% - 120% ดังนั้นการปรับปรุงผิวด้วยการยิงลูกเหล็กลงผิวทางสามารถเพิ่มความต้านทานการลื่นไถลหรือความเสียดทานของผิวทางได้

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพการลดอุบัติเหตุบนท้องถนนด้วยการยิงลูกเหล็กบนผิวทางเพื่อลดการลื่นไถลนั้น ได้ทำการศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์พร้อมสรุปข้อเสนอแนะดังนี้

การศึกษาข้อมูลเปรียบเทียบการเกิดอุบัติเหตุก่อนและหลังการปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็กลงบนผิวทางนั้น ช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลได้จริงถึงแม้จะลดลงเล็กน้อยก็ตาม แต่ผลของการศึกษาระยะเวลามีจำกัดจึงทำให้ข้อมูลยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร แต่ก็พอจะเป็นต้นแบบในการจะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมให้กับผู้ที่ต้องการศึกษาต่อยอดต่อไป

การปรับปรุงผิวทางด้วยวิธียิงลูกเหล็กบนผิวทางสามารถนำไปใช้กับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ต้องการเพิ่มความต้านทานการลื่นไถลหรือความฝืดได้ โดยที่วิธีดังกล่าวทำลายผิวทางระดับ Micro Texture ซึ่งความรู้สึกในการขับ

ขี่สบายกว่าเมื่อเทียบกับวิธี Retexture เพื่อเพิ่มความต้านทานการลื่นไถลอื่นๆเช่น Milling , High pressure water ซึ่งทำลายผิวทางในระดับ Macro texture และประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าเมื่อเทียบกับการ Resurface เพื่อเพิ่มความต้านทานการลื่นไถลอื่นๆเช่น การฉาบผิวด้วย Slurry Seal,การเสริมผิว Asphaltic Concrete

และการศึกษาทำให้ทราบว่าการปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็กนั้นมีอายุการใช้งานในระดับหนึ่ง เมื่อเวลาผ่านไปค่าความต้านทานความลื่นไถลจะมีค่าลดลงตามลำดับ จากการศึกษาด้วยระยะเวลา 6 เดือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็กสามารถลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลได้ส่วนหนึ่ง การตีเส้น Optical speed bars เพื่อชะลอความเร็วของผู้ขับขี่ และเพิ่มป้ายเตือนเพื่อชะลอความเร็ว ก่อนถึงจุดที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง สามารถป้องกันการเกิดอุบัติเหตุอีกทาง

2. ค่าความต้านทานการลื่นไถลหลังการปรับปรุงผิวทางด้วยการยิงลูกเหล็ก จะมีค่าลดลงแปรผกผันกับเวลา แต่เมื่อมีการขัดทำความสะอาดด้วยแปรงและน้ำเปล่า ทำให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลเพิ่มขึ้นกว่า 150% เมื่อเทียบกับก่อนทำความสะอาดผิว เนื่องจากผิวทางนั้นมีสิ่งสกปรกและคราบน้ำมันเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใช้งานผ่านไปนานๆ ควรเพิ่มงานบำรุงของแขวงทางหลวงในจุดที่มีอุบัติเหตุลื่นไถลโดยให้เป็นการทำความสะอาดผิวทางเพื่อลดการลื่นไถล

3. เนื่องจากการศึกษาทำให้ทราบว่ารถประเภทขับเคลื่อนล้อหน้า (Front Wheel Drive) ที่ใช้ในรถยนต์นั่งมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุลื่นไถลน้อยกว่า รถประเภทขับเคลื่อนล้อหลัง (Rear Wheel Drive) ที่ใช้ในรถกระบะจริง เนื่องจากรถประเภทขับเคลื่อนล้อหลังมักเกิด อาการท้ายปัด (Oversteer) เมื่อเจอพื้นผิวทางที่มีค่าความเสียดทานต่ำหรืออัตราเร่งของล้อสูงเกินปกติ หากต้องมีการเดินทางผ่านทางเนิน ทางเขาโดยใช้รถประเภทขับเคลื่อนล้อหลัง ควรเพิ่มน้ำหนักบรรทุกบริเวณใกล้เพลาหลัง มากกว่าปกติเล็กน้อย เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานและลดการลื่นไถล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนพื้นที่ศึกษาจาก แขวงทางหลวงเพชรบูรณ์ที่ 1 และผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญจากกรมทางหลวงและอาจารย์ทุกท่าน ที่ช่วยอนุเคราะห์ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยชิ้นนี้เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือแนะนำการตรวจสอบและการวางแผนบำรุงรักษาผิวทางให้มีความฝืดที่เหมาะสม. 2555 . สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

[2] โครงการศึกษาสภาพความฝืดผิวทางของถนนประเภทต่าง ๆในประเทศไทย. 2555 .สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

[3] Lorenz, M. and Y. Choi. 2011 . Review of Skid Resistance and Measurement Methods. Austroad.sydnet

[4] Erwin , Tara and Tighe ,Susan. 2008 . Safety Effect of Preventive Maintenance: A Case Study of Microsurfacing. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board

[5] คู่มือแนะนำและวางแผนบำรุงรักษาผิวทางให้มีความเสียดทานที่เหมาะสม. 2557 .สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง, หน้า 2-5.

[6] ประเสริฐ บุญธรักษา และ ชาโณ พยงค์ศรี. 2555. การการทดสอบความต้านทานการลื่นไถล(Skid resistance) ของผิวถนน โดย Portable Skid Resistace Tester, สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง,หน้า 68-69.

[7] ประเสริฐ บุญธรักษา และ ชาโณ พยงค์ศรี. 2555. การการทดสอบความต้านทานการลื่นไถล(Skid resistance) ของผิวถนน โดย Portable Skid Resistace Tester, สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง , หน้า 70.

[8] เชิงชาย ปราณีตพลกรัง. 2556. การศึกษาประสิทธิภาพการลดอุบัติเหตุบนท้องถนนด้วยการฉาบผิวจราจรด้วยวัสดุเคลือบผิวเพื่อลดการลื่นไถล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี , หน้า 22.

ID026

การประยุกต์ FMECA และ FTA เพื่อวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องกลึง CNC
Application of FMECA and FTA for CNC Machine Maintenance Planning

ปฏิพล ศรีแก้ว[1] และ ชัยวัฒน์ นุ่มทอง[2]
[1]สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: psrikaew32@gmail.com

Patiphon Srikaew[1] and Chaiwat Numthong[2]
[1]Engineering and Technology Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: psrikaew32@gmail.com

บทคัดย่อ
การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องกลึง CNC ของโรงงานเครื่องกล โดยการประยุกต์ FMECA และ FTA มาวิเคราะห์หาโหมดความล้มเหลวและผลกระทบที่วิกฤติของเครื่องกลึงดังกล่าว ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FMECA พบว่าชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เกิดความล้มเหลวและมีผลกระทบวิกฤติมากที่สุด คือ แบริ่งบอลสกรูของระบบขับเคลื่อนแกน X และ Z เนื่องจากเกิดเสียงดังในขณะใช้งาน และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA เพื่อหาสาเหตุของการเกิดเสียงดังของแบริ่งดังกล่าวพบว่ามีสาเหตุมาจากการทำงานเกินกำลัง จึงได้ทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องกลึง CNC ใหม่ โดยเพิ่มเติมการตรวจสอบบอลสกรู แบริ่ง และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ไว้ด้วย นอกจากนี้ ยังได้กำหนดคำแนะนำการใช้งานเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องกลึง CNC ต้องรับภาระงานที่มากเกินไป
คำหลัก การวางแผนบำรุงรักษา, การวิเคราะห์โหมดความล้มเหลวและผลกระทบที่วิกฤติ, การวิเคราะห์ความบกพร่องด้วยแผนภูมิต้นไม้, เครื่องกลึง CNC

Abstract
The purpose of this research is to improve the maintenance plan of CNC lathes of mechanical plants by applying FMECA and FTA to analyze failure modes and critical effects of such lathes. According to the FMECA analysis, the most critical component failure and impact was the ball screw bearing of the X and Z axis drive system due to noise during operation. And from the analysis with FTA technique to find the cause of the noise of the bearing found that it is caused by overloading. Therefore, the maintenance plan for CNC lathes has been revised with additional inspections of ball screws, bearings and other related equipment. In addition, instructions for use have also been set. To prevent CNC lathes from having to overload the workload.
Keywords: Maintenance Planning, FMECA Analysis, FTA Analysis, CNC Lathe Machine

1. บทนำ

การบำรุงรักษา (Maintenance) ถือเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อขีดความสามารถในการแข่งขันและเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในการประกอบธุรกิจหรือกิจการต่าง ๆ ขององค์กรทั้งภาครัฐและภาคเอกชน จึงทำให้หลายหน่วยงานพยายามพัฒนาและปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเพื่อลดอัตราการเกิดเหตุการณ์การชำรุดบกพร่องของเครื่องจักร ซึ่งจะส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

โรงงานเครื่องกล กองโรงงานเครื่องกล อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งซึ่งมีหน้าที่สนับสนุนการซ่อมบำรุงเรือของอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช

กรมอู่ทหารเรือ โดยในแต่ละปีต้องซ่อมบำรุงเรือที่เข้ารับการซ่อมทำตามแผนจำนวนหลายลำ ประกอบกับอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อ 21 เมษายน 2541 นับถึงปัจจุบันมีอายุรวม 23 ปี ซึ่งมีอายุค่อนข้างนาน ทำให้เครื่องมือที่ใช้ภายในโรงงานเริ่มเสื่อมสภาพจากการใช้งาน จึงมีความจำเป็นต้องบำรุงรักษาเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการซ่อมบำรุงเรือให้มีความพร้อมใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อไม่ให้กระทบต่อแผนการซ่อมบำรุงเรือดังกล่าว ทั้งนี้ จากการตรวจสอบแนวทางการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลของโรงงานเครื่องกล กองโรงงานเครื่องกล อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือที่ผ่านมาพบว่าเป็นการซ่อมบำรุงตามคู่มือการใช้งาน ซึ่งเป็นแนวทางปฏิบัติที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการซ่อมบำรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ตามคู่มือที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดแล้วก็ตาม แต่ยังตรวจพบว่าเครื่องมือหรืออุปกรณ์ยังมีอาการขัดข้องก่อนเวลาอันควร โดยเฉพาะเครื่องกลึง CNC ซึ่งมีอายุการใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน จะมีอัตราการเกิดการชำรุดค่อนข้างสูง ดังนั้น การวางแผนการบำรุงรักษาที่ดี จึงเป็นอีกเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยลดอัตราการขัดข้องของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงได้

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงเครื่องกลึง CNC ของโรงงานเครื่องกล โดยทำการประเมินความเสี่ยงการชำรุดของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกลึง CNC ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์โหมดความล้มเหลวและผลกระทบที่วิกฤติ (Failure Modes, Effects and Critical Analysis, FMECA) และเทคนิคการวิเคราะห์ความบกพร่องด้วยแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis, FTA) โดยทั้งสองวิธีนี้จะทำให้ทราบถึงรายการวิกฤติและสาเหตุการชำรุดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกลึง CNC และนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไปปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2. หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและทฤษฎี

2.1.1 การวางแผนการบำรุงรักษา

การวางแผนการซ่อมบำรุงเป็นการกำหนดกิจกรรมการซ่อมบำรุงล่วงหน้าเพื่อป้องกันมิให้เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดความชำรุดเสียหายในขณะใช้งาน ซึ่งการกำหนดกิจกรรมหรือการวางแผนการซ่อมบำรุงนี้จะประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ (รูปที่ 1) ได้แก่[1]

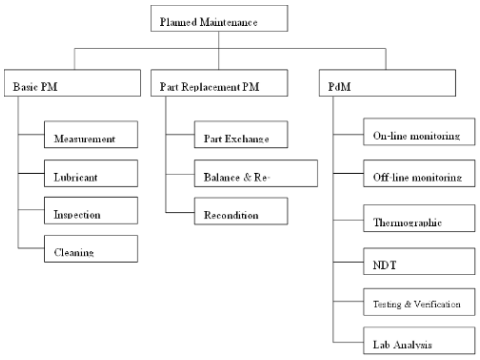
2.1.1.1 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันขั้นพื้นฐาน (Basic PM) เป็นกิจกรรมบำรุงรักษาที่ทำได้ง่าย โดยกำหนดให้ทำงานบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่องตลอดไป เช่น การวัดค่าของเครื่องจักรอุปกรณ์ด้วยเครื่องมือวัด การตรวจวัดระดับของน้ำมันหล่อลื่น และการตรวจสภาพเครื่องจักรอุปกรณ์เป็นประจำ เป็นต้น

2.1.1.2 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนชิ้นส่วนตามคาบเวลา (Fixed Interval Part Replacement) หรือ Part Replacement: PM เป็นงานบำรุงรักษาตามแผนงานที่กำหนดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรอุปกรณ์ไว้แน่นอน เมื่อครบกำหนดอายุการใช้งานแล้วจะทำการบำรุงรักษาโดยใช้อะไหล่ที่จัดเตรียมไว้มาเปลี่ยน การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ใช้งานครบอายุนี้จะไม่สนใจว่าสภาพการใช้งานของชิ้นส่วนที่ถูกเปลี่ยนนั้นจะอยู่ในสภาพใด ส่วนใหญ่แล้วจะทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องจักรอุปกรณ์ ซึ่งบางครั้งอายุการใช้งานจะถูกกำหนดไว้สั้นกว่าที่ควร หากมีการตรวจสอบสภาพของชิ้นส่วนที่ถูกเปลี่ยนอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว อาจจะสามารถปรับยืดกำหนดอายุการใช้งานได้อีกระยะหนึ่ง

2.1.1.3 การทำงานบำรุงรักษาที่คาดการณ์ได้ล่วงหน้า (Predictive Maintenance หรือ PdM) โดยใช้กิจกรรมของ Condition Monitoring เป็นพื้นฐานของงาน PdM นั่นคือความสามารถประเมินความผิดปกติที่เริ่มเกิดขึ้นและติดตามการทวีความรุนแรงจนถึงพิกัดได้ ทำให้สามารถวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์เป็นการล่วงหน้าได้ทันกาลก่อนที่เครื่องจักรอุปกรณ์จะเกิดความเสียหายจนไม่สามารถใช้งานได้ ผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นจากการทำ PdM คือโอกาสที่จะเกิดงานบำรุงรักษานอกแผนงานจะลดน้อยลงไปเป็นอย่างมาก การเปลี่ยนชิ้นส่วนของเครื่องจักรอุปกรณ์จะสมเหตุสมผลมากขึ้น ทำให้โรงงานและระบบผลิตมีความพร้อมและความน่าเชื่อถือในการผลิตสินค้าสูงขึ้น ค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาในภาพรวมจะลดน้อยลง การพิจารณาเพื่อทำงาน PdM กับเครื่องจักรอุปกรณ์โรงงานจะต้องคัดเลือกเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีระดับความสำคัญต่อระบบผลิตสูงเท่านั้น จะไม่ใช้ PdM กับเครื่องจักรอุปกรณ์ทั่วไป ทั้งนี้เพราะงาน PdM จะเป็นงานที่มีค่าใช้จ่ายสูง และผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่คุ้มค่าใช้จ่ายหากเพิ่มกิจกรรม PdM กับเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีระดับความสำคัญต่ำ

2.1.2 การวิเคราะห์งานบำรุงรักษา

งานวิเคราะห์งานบำรุงรักษาเป็นงานที่สำคัญ เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการปรับปรุงงานบำรุงรักษาทั้งหมดซึ่งครอบคลุมเรื่องต่าง ๆ และมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้[2] 1) การวิเคราะห์สาเหตุของการชำรุด (Failure Mode Cause and Effect Analysis, Root Cause Analysis) เป็นการวิเคราะห์หาและแยกแยะสาเหตุ จัดทำเป็นกลุ่มเป็นลักษณะเครือข่าย



รูปที่ 1 กลุ่มงานบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance)

ของต้นไม้ (Failure Tree) 2) วิเคราะห์หาจุดสมดุลของงาน Predictive Maintenance, Condition Monitoring, Preventive Maintenance หาความถี่ที่ดีที่สุดของการเข้าไปวัดค่าต่าง ๆ การเข้าไปทำงานบำรุงรักษาป้องกัน โดยอาศัยหลักวิชาการ Reliability Engineering ในปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้งานทางด้านนี้มากมาย โปรแกรมเหล่านี้ให้คำตอบว่า งาน PM หรือ Condition Base Maintenance ที่เหมาะสมที่สุด (CBM Optimize) ควรเป็นเท่าไหร่ ข้อสำคัญคือ มันต้องอาศัยข้อมูลการซ่อมบำรุงย้อนหลังปริมาณพอสมควร จึงจะให้คำตอบที่ดีได้ 3) รายงานค่าใช้จ่ายตามหน่วยงาน 4) วิเคราะห์ดัชนีพื้นฐาน MTBF (Mean Time Between Failure), MTTR (Mean Time Between Repair), MWT (Mean Wait Time) 5) วิเคราะห์ค่าใช้จ่าย โดยทบทวนค่าใช้จ่ายจาก 10 หรือ 20 อันดับแรก 6) วิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยทบทวนจาก 10 หรือ 20 อันดับแรก 7) วิเคราะห์ค่า OEE (Overall Equipment Effectiveness) ที่มีผลจากงานบำรุงรักษา โดยคิดทั้งโรงงานทั้งอุปกรณ์ วิเคราะห์ความสูญเสียหลัก ได้แก่ การสูญเสียความพร้อมใช้งาน (Availability Losses) การสูญเสียกำลังผลิต (Performance Losses/Speed Losses) และการสูญเสียทางด้านคุณภาพสินค้า 8) วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางด้านอะไหล่ เพื่อปรับปรุงปริมาณสำรองคลัง รายการที่ต้องสำรองและ 9) วิเคราะห์ทางด้านการตั้งและใช้งบประมาณ

2.1.3 การวิเคราะห์ FMECA

FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) เป็นเทคนิคการประเมินหรือออกแบบความน่าเชื่อถือซึ่งจะตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องหรือโหมดความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นภายในระบบและอุปกรณ์ เพื่อกำหนดผลกระทบต่ออุปกรณ์และประสิทธิภาพของระบบ โดยแต่ละโหมดความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นจะถูกจำแนกตามผลกระทบต่อภารกิจและความปลอดภัยของบุคลากรหรืออุปกรณ์ ซึ่งในการประเมินด้วยเทคนิค FMECA จะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ 2 ส่วน[3] คือ การวิเคราะห์โหมดความล้มเหลวและผลกระทบ(Failure Mode and Effects Analysis :FMEA) และการวิเคราะห์ความวิกฤติ (Criticality Analysis: CA)

การประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ FMECA เพื่อประเมินหรือวิเคราะห์หาความบกพร่องและผลกระทบที่วิกฤติของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ จะทำให้ทราบว่าระบบหรือชิ้นส่วนใดของเครื่องจักรที่มีโอกาสเกิดการขัดข้องหรือล้มเหลวมากที่สุด โดยวิเคราะห์จากข้อมูลและประวัติการบำรุงรักษาที่ผ่านมา เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องนั้น ๆ หลังจากนั้นจึงทำการประเมินหาค่าความเสี่ยง (Risk) โดยอาศัยตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) คือ[4]

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

โดย S คือ ความรุนแรง (Severity) ที่พิจารณาจากผลกระทบของโหมดความล้มเหลวที่เกิดขึ้น O คือ โอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence) ของโหมดความล้มเหลวที่พิจารณาจากความเป็นไปได้ (Likelihood) ในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง และ D คือ ความสามารถในการตรวจจับ (Detection) ที่พิจารณาได้จากคุณสมบัติด้านความสามารถของระบบการควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน

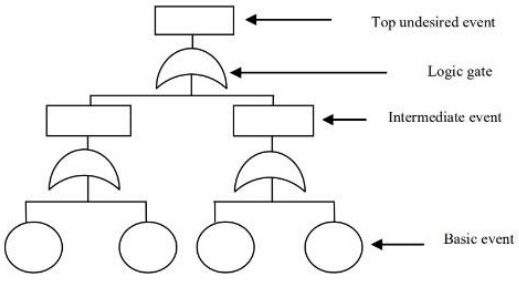
เมื่อทำการวิเคราะห์ความเสี่ยง RPN ของลักษณะข้อบกพร่องแต่ละตัวแล้ว หลังจากนั้นจะพิจารณาเลือกลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่าความเสี่ยงมาก ๆ ซึ่งมีไม่มากนัก (Vital Few Failure Mode) มาวิเคราะห์หาชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบที่วิกฤติ(Critical Analysis : CA) โดยทำการกำหนดตัวแปรเชิงคุณภาพ และจัดลำดับความรุนแรง (S) และโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่อง (O) จากนั้นจึงคำนวณหาค่าความเสี่ยง (Risk) คือ RPN = S x O เมื่อได้ค่า RPN ของแต่ละตัวแล้วให้มาสร้างตารางเมทริกซ์วิกฤติ (Critical Matrix) เพื่อหาชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบที่มีโอกาสเกิดขึ้นบ่อยที่สุดมาทำการแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงหรือกำหนดแผนการซ่อมบำรุงต่อไป

2.1.4 การวิเคราะห์ FTA

การวิเคราะห์ความบกพร่องด้วยแผนภูมิต้นไม้หรือ FTA (Fault Tree Analysis) เป็นวิธีการหนึ่งของการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยหรือสาเหตุของความบกพร่องของ

ระบบ กลไกหรือวิธีการปฏิบัติ ซึ่งคิดค้นหรือพัฒนาโดย H.A Watson พ.ศ.2505 โดยกองทัพอากาศสหรัฐขอให้หาวิธีการแก้ไขปัญหาของการระเบิดของจรวด การชนกันของเครื่องบินบังคับ ต่อมาวิธีนี้ได้ถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมด้านอวกาศและอุตสาหกรรมเคมี เพื่อต้องการความมั่นใจว่าจะไม่เกิดอุบัติเหตุหรือความผิดพลาดในระหว่างการทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือระบบ

หลักการ FTA คือ การใช้หลักการเขียนโครงร่างแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น(Cause and Effect) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกิ่งต้นไม้ โดยกำหนดให้ส่วนบนสุดของโครงร่าง (Top event) เป็นความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุที่สนใจ และทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์นั้นไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุด เมื่อพบว่าเหตุการณ์ที่วิเคราะห์นั้นเป็นผลเนื่องมาจากความบกพร่องของเครื่องจักรและอุปกรณ์ หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานโดยมีหลักการเขียนโครงสร้างแผนภูมิต้นไม้ตามรูปที่ 2 และสัญลักษณ์ในการเขียนตามรูปที่ 3 ประกอบด้วย 1) กำหนดและเลือกเหตุการณ์บนสุด (Top Event) เป็นหัวข้อในการพิจารณาที่อันตรายมากที่สุด โดยเขียนเหตุการณ์ในสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2) ประมวลหาสาเหตุ (Logic gate) เมื่อเริ่มสร้าง FT ให้พิจารณาว่าเหตุการณ์บนสุดเกิดมาจากสาเหตุอะไรบ้าง โดยใช้ความรู้ทางวิชาการ พิจารณาในเชิงตรรกะ (Logic) เท่านั้น จึงจะทำให้ได้โครงสร้างที่ถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ วิเคราะห์จากผลไปหาเหตุคล้ายกับรากของต้นไม้ 3) สาเหตุพื้นฐาน (Basic event) เป็นระดับใต้สุดของแต่ละสายของโครงสร้าง แผนภูมิ สาเหตุหรือเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Fault Event) จะใช้สัญลักษณ์รูปวงกลมหรือรูปเพชรเท่านั้น



รูปที่ 2 ลักษณะแผนภูมิต้นไม้[5]

2.1.5 เครื่องกลึง CNC

เครื่องกลึงเป็นเครื่องมือกลพื้นฐานที่ออกแบบมาสำหรับการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานโลหะ เจาะ คว้านรู ทำเกลียวทั้งภายนอกและภายในในงานผลิต งานซ่อมชิ้นส่วนเครื่องกลและเครื่องมือกลต่าง ๆ ด้วยมีดกลึงและดอกสว่าน เป็นต้น เครื่องกลึงจึงได้ชื่อว่าเป็นราชาของเครื่องมือกล[7]

Gate Symbol		Event Symbol		Transfer Symbol	
Symbol	Meaning	Symbol	Meaning	Symbol	Meaning
	AND Gate		Basic event		Transfer-In
	OR Gate		Incomplete Event		
	Exclusive OR Gate		Conditional Event		
	Priority AND Gate		Normal Event		Transfer-out
	Inhibit Gate		Intermediate Event		

รูปที่ 3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนโครงสร้าง FTA[6]

สำหรับเครื่องกลึง CNC (Computer Numerical Control) คือเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่ทำงานได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการผลิตชิ้นส่วนวัสดุให้ได้ขนาดและรูปทรงตามที่ต้องการด้วยการกลึง เหมาะสำหรับงานกลึงที่ต้องการความละเอียดหรือมีความซับซ้อนสูง ยิ่งไปกว่านั้นเพราะการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ทำให้เครื่องกลึง CNC สามารถก้าวข้ามขีดจำกัดของเครื่องจักรแบบเดิม ๆ ได้ทั้งความละเอียดในการควบคุมที่ละเอียดถึง 0.001 mm. รวมถึงสามารถควบคุมเครื่องกลึงได้หลายเครื่องในคราวเดียว ทำให้นอกจากความละเอียดแล้ว เรายังสามารถได้ชิ้นงานหลายชิ้นด้วยความรวดเร็วอีกด้วย โดยเครื่องกลึง CNC มีส่วนประกอบหลัก ๆ ได้แก่[8] 1) ระบบขับเคลื่อน 2) ระบบจับยึด 3) ระบบตรวจวัด 4) ระบบไฟฟ้า และ 5) ระบบควบคุม

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Patil and Kothavale (2018) ได้ทำการศึกษาลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่องกลึง CNC เพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ลูกค้าที่จะซื้อเครื่องกลึง CNC ไปใช้งาน โดยใช้หลักการวิเคราะห์แบบ FMEA ข้อมูลความล้มเหลวของเครื่องกลึง CNC จากการใช้งานจริงมากกว่า 50 แห่ง และผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมมากกว่า 5 คน ผลการศึกษาพบว่าความล้มเหลวของชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีความน่าจะเป็นมากกว่าส่วนประกอบทางกล และจากการสังเกตพบว่าการกัดกร่อนของวัสดุและความล้าเป็นปัจจัยสำคัญของความล้มเหลว ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FMEA พบว่าระบบย่อยและส่วนประกอบที่วิกฤติมากที่สุดของเครื่องกลึง CNC คือ ระบบควบคุมเครื่อง (CNCS)[9]

ส่วน Isam, Mohamed, Wan, Imran, Naim & Ayyaz (2018) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบ FMECA เพื่อค้นหาลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่วิกฤติบนสายพานลำเลียงของระบบการผลิตโดยใช้ข้อมูลร่วมกัน (Computer Integrated Manufacturing: CIM) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดผลกระทบของความล้มเหลวต่าง ๆ บนสายพานลำเลียง CIM โดยการจัดอันดับและลำดับความสำคัญของความล้มเหลวตามหมายเลขลำดับความสำคัญความเสี่ยง (RPN) โดยผลการวิจัยพบว่าเกิดกระแสไฟขัดข้องที่มอเตอร์มากที่สุด โดยมีค่า RPN เท่ากับ 450 และได้สรุปว่าการดำเนินการ FMECA นั้นมีประสิทธิภาพสูงในการปรับปรุงความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของสายพานลำเลียงในระบบ CIM พร้อมกับได้เสนอแผนการบำรุงรักษาเพื่อลดความเสี่ยงในสายพานลำเลียง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของสายพานอีกด้วย[10]

นอกจากนี้ วราพงษ์ มงคลแท้ การดิส สุดสาคร และธงไชย ศรีนพคุณ (2552) ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์แผนภูมิต้นไม้หรือ Fault Tree Analysis (FTA) มาใช้ประเมินความเสี่ยงของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียม เพื่อสร้างแนวทางในการป้องกันอุบัติเหตุ โดยนำอุบัติเหตุที่ เกิดขึ้นในระยะเวลา 2 ปีมาทำการวิเคราะห์โดย วิธี FTA เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์อุบัติเหตุที่ ใช้ในปัจจุบัน พบว่าทั้งสองวิธีมีการวิเคราะห์หา สาเหตุที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักการวิเคราะห์เหตุและ ผลเหมือนกัน แต่การประเมินความเสี่ยงด้วย FTA สามารถหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุได้ ครอบคลุมกว่า ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงด้วย FTA จึงนำไปใช้สร้างแนวทางการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมขึ้นใหม่ที่มีความสมบูรณ์มากกว่าการวิเคราะห์อุบัติเหตุที่มีใช้ในปัจจุบัน[11]

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้หลักการ FMECA เพื่อวิเคราะห์หารายการวิกฤติของเครื่องกลึง CNC ของโรงงานเครื่องกล โดยใช้แนวทางการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบ FTA เพื่อหาสาเหตุความชำรุดบกพร่องของรายการวิกฤติดังกล่าว โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังรูปที่ 4

3.1 ศึกษาระบบและชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกลึง CNC

จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องกลึง CNC ตราอักษร HAAS รุ่น TL3 ของโรงงานเครื่องกล พบว่ามีระบบย่อยต่าง ๆ จำนวน 12 ระบบ (54 ชิ้นส่วนประกอบ) ประกอบไปด้วย



รูปที่ 4 กระบวนการดำเนินงานวิจัย

1) ระบบส่งกำลัง (Main Transmission) 2) ระบบเพลาขับ (Spindle) 3) ระบบจับยึดชิ้นงาน (Chuck) 4) ระบบจับยึดเครื่องมือตัด (Turret) 5) ระบบยันศูนย์ท้าย (Tail Stock) 6) ระบบหล่อลื่น (Lubrication) 7) ระบบหล่อเย็น (Cooling System) 8) ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic System) 9) ระบบควบคุม (Control System) 10) ระบบนิวเมติก (Pneumatic System) 11) ระบบขับเคลื่อนที่แกน X และ Z (X and Z Axis System) และ 12) ระบบอื่น ๆ (Others System)

3.2 ศึกษาประวัติการชำรุดบกพร่องของเครื่องกลึง CNC

เครื่องกลึง CNC ของโรงงานเครื่องกล กรก.อรม.อร. ได้รับมาใช้ราชการเมื่อปี พ.ศ.2551 ปัจจุบันมีอายุการใช้งานรวม 14 ปี ซึ่งจากการตรวจสอบประวัติการชำรุดบกพร่องในห้วง 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ.2555 - 2564 ที่ผ่านมา พบว่ามีการชำรุดบกพร่องแยกตามระบบย่อยต่าง ๆ ดังแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประวัติการชำรุดบกพร่องของเครื่องกลึง CNC

พ.ศ. / ระบบย่อย	จำนวนครั้งของการชำรุด										รวม
	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	
ระบบส่งกำลัง	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	6
ระบบเพลาขับ	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
ระบบจับยึดชิ้นงาน	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ระบบจับยึดเครื่องมือ	0	1	1	1	1	0	3	0	0	0	7
ระบบหล่อลื่น	2	0	2	1	1	1	1	3	0	0	11
ระบบหล่อเย็น	2	3	0	2	1	1	2	0	0	0	11
ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	2	2	3	1	2	1	0	3	0	0	14
ระบบควบคุม	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
ระบบนิวเมติก	2	3	0	2	0	2	1	1	0	0	11
ระบบเคลื่อนที่ตามแกน X และ Z	4	0	1	1	2	2	1	0	0	0	11
ระบบยันศูนย์ท้าย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ระบบอื่น ๆ	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	5
รวม	14	11	11	11	8	10	11	9	0	0	85

3.3 ศึกษาแผนการบำรุงรักษาเครื่องกลึง CNC

ตามคู่มือการบำรุงรักษาเครื่องกลึง CNC ได้กำหนดประเภทการบำรุงรักษาเป็นการบำรุงรักษาตามระยะเวลาแบ่งเป็น[12]

3.3.1 การบำรุงรักษาประจำวัน (Daily) ได้แก่ การตรวจสอบระดับสารหล่อเย็น การทำความสะอาดเศษโลหะในท่อทางเดินและก้นถังที่พักเศษโลหะ และทำความสะอาดเศษโลหะจากหัวเปลี่ยนเครื่องมือ(Turret) เป็นต้น

3.3.2 การบำรุงรักษาประจำสัปดาห์ (Weekly) ได้แก่ การตรวจสอบเกจวัดความดันของลม การตรวจสอบไส้กรองอากาศที่ส่วนบนแกนมอเตอร์และบนตัวถ่ายเทความร้อน และทำความสะอาดผิวภายนอกของส่วนต่าง ๆ เช่น โต๊ะงาน

3.3.3 การบำรุงรักษาประจำเดือน (Monthly) ได้แก่ การตรวจสภาพการใช้งานของท่อทางเดินของเศษโลหะและชโลมด้วยน้ำมัน ทำความสะอาดแผ่นกรองบนถังสารหล่อเย็นและถอดอุปกรณ์ภายในออกทำความสะอาด ทำความสะอาดแผ่นกรองท่อทางเข้าปั๊ม เป็นต้น

3.3.4 การบำรุงรักษาทุก ๆ 6 เดือน (Six Months) ได้แก่ การเปลี่ยนสารหล่อเย็นและล้างถังสารหล่อเย็น การตรวจสอบระดับน้ำมันในห้องเกียร์และเติมน้ำมัน และตรวจสอบชุดควบคุมและระบบคอมพิวเตอร์

3.3.5 การบำรุงรักษาประจำปี (Annually) ได้แก่ การถอดและทำความสะอาดไส้กรองอากาศ การตรวจสอบแปรงถ่านของเซอร์โวมอเตอร์ เปลี่ยนถ่ายน้ำมันในห้องเกียร์และตรวจสอบฟิวส์(Fuse) สายต่อ(Interface cable) และสายต่อคีย์บอร์ด (Keyboard cable) เป็นต้น

3.4 วิเคราะห์โหมดความล้มเหลวและผลกระทบที่วิกฤติ (FMECA)

การวิเคราะห์ FMECA จะประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ 2 ส่วนคือ ขั้นตอนการดำเนินการ FMEA และ CA โดยในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แนวทางการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ซึ่งในการดำเนินการได้ทำการประเมิน และวิเคราะห์โหมดความล้มเหลว ผลกระทบ สาเหตุ และเกณฑ์การให้คะแนนต่าง ๆ ร่วมกับผู้มีประสบการณ์และความรู้จากสาขาต่าง ๆ อาทิ ผู้บริหารโรงงาน หัวหน้าโรงงาน ฝ่ายวางแผน ฝ่ายจัดหาพัสดุ เจ้าหน้าที่ประจำเครื่อง และฝ่ายซ่อมบำรุง เพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยง(RPN) และหาค่าความวิกฤติด้วยการสร้างตารางเมทริกซ์วิกฤติ(Critical Matrix) ต่อไป โดยมีรายละเอียดการกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 - 7

ตารางที่ 2 โหมดความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องกลึง CNC[13]

ด้านการกล	ด้านไฟฟ้า	ด้านวัสดุ
การผิดรูป	ไฟฟ้าขัดข้อง	เสื่อมสภาพ
แตก หัก	ฉนวนเสื่อมสภาพ	เกิดความล้า
อุณหภูมิสูง	การ์ดควบคุมเสีย	วัสดุที่ใช้ไม่ดี
รั่ว ซึม	เซ็นเซอร์แสดงค่าผิดพลาด	
เสียศูนย์	เกจวัดขัดข้อง	
อุด ตัน		

ตารางที่ 3 สาเหตุความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องกลึง CNC[14]

โครงสร้าง	ระบบไฟฟ้า	วัสดุ
การออกแบบผิดพลาด	การตัดต่อวงจรขัดข้อง	เกิดการกัดกร่อน
การซ่อมบำรุงที่ไม่ถูกต้อง	การตั้งค่าผิดพลาด	สึกหรอ, เป็นรอย
การรับภาระที่มากเกินไป	ไฟตก,ไฟกระชาก	ล้า
การผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน	ไฟฟ้าลัดวงจร	ฉีก, ขาด
มีเศษโลหะในระบบ	รับภาระมากเกินไป	แตก, หัก
ความเสียหายที่เกิดจากภายนอก	ฉนวนเสื่อมสภาพ	ขาดการหล่อลื่น

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรง(Severity: S)

ระดับความรุนแรง	ความหมาย	คะแนน
มากที่สุด	การชำรุดบกพร่องของเครื่องกลึง CNC อาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
	มีคำเตือนว่าการชำรุดบกพร่องของเครื่องกลึง CNC อาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	9
	การชำรุดบกพร่องของเครื่องกลึง CNC อาจเป็นอันตรายต่อเครื่องกลึง CNC โดยไม่มีการเตือน	8
มาก	- มีคำเตือนว่าการชำรุดบกพร่องอาจเป็นอันตรายต่อเครื่องกลึง CNC - จำเป็นต้องได้รับการบำรุงรักษา - เวลาที่ใช้ในกิจกรรมการบำรุงรักษามากกว่า 100 ชั่วโมง - ค่าบำรุงรักษาสูงมาก (มากกว่า 50,000 บาท)	7
	- ระบบย่อย/ส่วนประกอบ สูญเสียการทำหน้าที่หลัก - เวลาที่ใช้ในกิจกรรมการบำรุงรักษาอยู่ระหว่าง 50 ถึง 100 ชั่วโมง - ค่าบำรุงรักษาและการสูญเสียการผลิตสูง (ระหว่าง 10,000 ถึง 50,000 บาท)	6
ปานกลาง	- การทำหน้าที่หรือประสิทธิภาพของระบบย่อย/ส่วนประกอบลดลง - เวลาที่ใช้ในกิจกรรมการบำรุงรักษาอยู่ระหว่าง 20 ถึง 50 ชั่วโมง - ค่าบำรุงรักษาอยู่ในระดับปานกลาง (ระหว่าง 5,000 ถึง 10,000 บาท)	5
	- ส่วนประกอบต้องมีการซ่อมบำรุง	4

	- เวลาที่ใช้ในกิจกรรมการบำรุงรักษาอยู่ระหว่าง 5 ถึง 20 ชั่วโมง - ค่าบำรุงรักษาอยู่ในระดับปานกลาง (ระหว่าง 1,000 ถึง 5,000 บาท)	
น้อย	- ส่วนประกอบต้องมีการซ่อมบำรุงเล็กน้อย - เวลาที่ใช้ในกิจกรรมการบำรุงรักษาอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 ชั่วโมง - ค่าบำรุงรักษาเล็กน้อย (ระหว่าง 100 ถึง 1,000 บาท)	3
	- เกิดการชำรุดบกพร่องเล็กน้อย - การชำรุดบกพร่องมีผลต่อระบบเพียงเล็กน้อย - ค่าบำรุงรักษาน้อยกว่า 100 บาท	2
น้อยมาก	- เกิดการชำรุดบกพร่องเล็กน้อย - การชำรุดบกพร่องมีผลกระทบต่อระบบเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีเลย - ไม่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	1

ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการตรวจจับความล้มเหลว (Detection: D)

การตรวจพบ	ความหมาย	คะแนน
ค่อนข้างแน่นอน	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวค่อนข้างแน่นอน (91 – 100%)	1
สูงมาก	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวสูงมาก (81 – 90%)	2
สูง	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวสูง (71 – 80%)	3
สูงปานกลาง	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวสูงปานกลาง (61 – 70%)	4
ปานกลาง	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวปานกลาง (51 – 60%)	5
ต่ำ	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวต่ำ (41 – 50%)	6
ต่ำมาก	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวต่ำมาก (31 – 40%)	7
ยาก	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวค่อนข้างยาก (21 – 30%)	8
ยากมาก	มีโอกาสตรวจพบความล้มเหลวยากมาก (11 – 20%)	9
ไม่มีความแน่นอน	ตรวจไม่พบอุปกรณ์/ส่วนประกอบที่เกิดความล้มเหลว (0 – 10%)	10

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสที่จะเกิดความล้มเหลว (Occurrence: O)

ระดับการเกิด	ความหมาย	อัตราการเกิดความล้มเหลว	คะแนน
บ่อยมาก	ความล้มเหลวแทบจะหลีกเลี่ยงไม่ได้	มากกว่า 15 ครั้ง/10 ปี	10
		ระหว่าง 14-15 ครั้ง/10 ปี	9
บ่อย	ความล้มเหลวเกิดขึ้นซ้ำ ๆ	ระหว่าง 12-13 ครั้ง/10 ปี	8
		ระหว่าง 10-11 ครั้ง/10 ปี	7
บางครั้ง	ความล้มเหลวเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว	ระหว่าง 8-9 ครั้ง/10 ปี	6
		ระหว่าง 6-7 ครั้ง/10 ปี	5
		ระหว่าง 4-5 ครั้ง/10 ปี	4
น้อย	ความล้มเหลวเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย	ระหว่าง 2-3 ครั้ง/10 ปี	3
		น้อยกว่า 2 ครั้ง/10 ปี	2
น้อยมาก	ความล้มเหลวเกิดขึ้นน้อยมาก	ไม่เกิดความล้มเหลว	1

ตารางที่ 7 เกณฑ์ระดับความล้มเหลววิกฤติ (Failure Criticality Level)

สี	ลำดับ	ระดับความวิกฤติ	ระดับความรุนแรง	ความหมาย
เขียว	1	ต่ำมาก	1≤RPN≤4	ไม่มีความจำเป็นต้องการดำเนินการปรับปรุง
ส้ม	2	ต่ำ	5≤RPN≤9	จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพียงเล็กน้อย
เหลือง	3	ปานกลาง	10≤RPN≤20	จำเป็นต้องมีการปรับปรุงปานกลาง
น้ำตาล	4	สูง	21≤RPN≤50	จำเป็นต้องมีการปรับปรุงอย่างมาก
แดง	5	สูงมาก	51≤RPN≤100	จำเป็นต้องมีการปรับปรุงอย่างยิ่ง

3.5 วิเคราะห์สาเหตุความชำรุดบกพร่องด้วยเทคนิค FTA

หลังจากดำเนินการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FMECA จนได้รายการที่วิกฤติแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการดำเนินการวิเคราะห์ FTA รายการวิกฤติดังกล่าว เพื่อหารากของสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้มเหลววิกฤติ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ คือ 1) กำหนดรายการวิกฤติที่ต้องการทำ FTA 2) สร้าง Fault Tree ของรายการวิกฤติ 3) กำหนดอัตราการเกิดเหตุขัดข้องหรือความล้มเหลวของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องกลึง CNC ซึ่งจากประวัติการเสียในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาสามารถกำหนดอัตราการเกิดเหตุขัดข้องได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อัตราความล้มเหลวของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องกลึง CNC

ลำดับ	เหตุการณ์	อัตราการเกิดเหตุการณ์	ค่าเชิงปริมาณ
1	ความล้มเหลวของเจ้าหน้าที่	1 ครั้งต่อ 10 ปี	0.1
2	ความล้มเหลวของแบริ่ง	14 ครั้งต่อ 10 ปี	1.4
3	ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้า	14 ครั้งต่อ 10 ปี	1.4
4	ความล้มเหลวของถังเก็บสารหล่อลื่น	1 ครั้งต่อ 10 ปี	0.1
5	ความล้มเหลวของสายและท่อทาง	3 ครั้งต่อ 10 ปี	0.3
6	ความล้มเหลวของปั๊ม	3 ครั้งต่อ 10 ปี	0.3
7	ความล้มเหลวของไส้กรอง	8 ครั้งต่อ 10 ปี	0.8

3.6 ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา

เมื่อหารายการวิกฤติด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ FMECA และหาสาเหตุของการเกิดความชำรุดบกพร่องของรายการ

วิกฤติดังกล่าวด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ FTA เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาให้มีความเหมาะสม และจัดทำคำแนะนำในการใช้งาน เพื่อลดโอกาสการเกิดความล้มเหลว และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FMECA

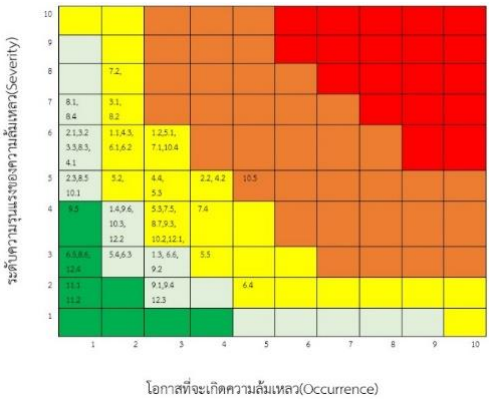
จากการประยุกต์ใช้เทคนิค FMECA วิเคราะห์หารายการวิกฤติของเครื่องกลึงของโรงงานเครื่องกล โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการทำ FMEA ซึ่งผลการดำเนินการพบว่ารายการที่มีที่มีโอกาสเกิดความล้มเหลวและมีผลกระทบมากที่สุดคือ รายการที่ 10.5 แบริ่งของระบบขับเคลื่อนแกน X และ Z (X and Z Axis System) โดยมีค่า RPN เท่ากับ 150 และรองลงมาคือ รายการที่ 4.1 มอเตอร์ของระบบจับยึดเครื่องมือตัด (Turret System) ซึ่งมีค่า RPN เท่ากับ 144 ส่วนขั้นตอนวิเคราะห์ความล้มเหลววิกฤติหรือ CA เป็นการหาค่า RPN ที่พิจารณาเฉพาะระดับความรุนแรงของโหมดความล้มเหลว (S) กับโอกาสการเกิดความล้มเหลว (O) เท่านั้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรง (S) ตามตารางที่ 4 และโอกาสที่จะเกิดความล้มเหลว (O) ตามตารางที่ 6 ในการประเมิน เนื่องจากพิจารณาแล้วเห็นว่ามีความเหมาะสม สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินหาค่า RPN เพื่อกำหนดรายการที่วิกฤติได้ ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$RPN = S \times O \qquad (2)$$

และเมื่อคำนวณค่า RPN เรียบร้อยแล้ว ให้นำค่า RPN ดังกล่าวมาพล็อตในตารางเมทริกซ์ (Criticality Matrix) โดยใช้เกณฑ์ความล้มเหลววิกฤติที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 7 ซึ่งผลการดำเนินการปรากฏว่าไม่มีรายการชิ้นส่วนประกอบของเครื่องกลึง CNC ที่มีค่าความล้มเหลววิกฤติอยู่ในระดับสูงมาก แต่มีรายการที่มีค่าความล้มเหลววิกฤติที่อยู่ในระดับสูง คือ รายการที่ 10.5 แบริ่งบอลสกรูของระบบขับเคลื่อนแกน X และ Z ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือบำรุงรักษาอย่างมาก ส่วนรายการอื่น ๆ มีค่าความล้มเหลววิกฤติอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำมาก ซึ่งมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของเครื่องกลึง CNC ไม่มาก จึงมีความจำเป็นในการปรับปรุงและบำรุงรักษาในระดับรอง ๆ ลงมา ดังแสดงตามรูปที่ 5

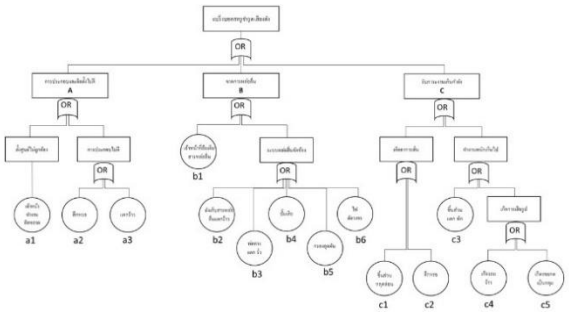
4.2 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุความชำรุดบกพร่องด้วยเทคนิค FTA

จากการประเมินและวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดความล้มเหลวของแบริ่งบอลสกรูของระบบขับเคลื่อนแกน X และ



รูปที่ 5 การวิเคราะห์หารายการวิกฤติด้วยตารางเมทริกซ์

Z ในตาราง FMECA พบว่ามีโอกาสเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้ 1) เกิดจากการประกอบและติดตั้ง 2) เกิดจากขาดการหล่อลื่น และ 3) เกิดจากการรับภาระเกินกำลัง ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA (รูปที่ 6) โดยใช้เกณฑ์อัตราความล้มเหลวของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องกลึง CNC ตามตารางที่ 8 ในการพิจารณาพบว่า โอกาสเกิดความล้มเหลวของแบริ่งบอลสกรูของระบบขับเคลื่อนแกน X และ Z เท่ากับ 12.9 ครั้ง/ปี โดยเกิดจากสาเหตุการรับภาระงานเกินกำลัง (Overload) มากที่สุด คือ จำนวน 7 ครั้ง/ปี ส่วนโอกาสที่เกิดจากสาเหตุการขาดการหล่อลื่น และสาเหตุจากการประกอบและติดตั้งมีจำนวน 3.0 ครั้ง/ปี และ 2.9 ครั้ง/ปี ตามลำดับ



รูปที่ 6 แผนภูมิต้นไม้แสดงสาเหตุการเสียของแบริ่งบอลสกรู

4.3 ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา

ขั้นตอนนี้เป็นการนำผลการวิเคราะห์หารายการวิกฤติและสาเหตุการเกิดความล้มเหลวมาปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายรุนแรง และกระทบต่อการปฏิบัติภารกิจของหน่วยงาน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าแบริ่งบอลสกรูของระบบขับเคลื่อนแกน X และ Z เป็นรายการที่มีความวิกฤติสูง จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอย่างมาก โดยมีสาเหตุหลักเกิดจากการทำงานเกินกำลัง(Overload) ฉะนั้น ในการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา จึงได้นำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาพิจารณาในการวางแผนการบำรุงรักษา ดังนี้ 1) การบำรุงรักษาประจำวัน ได้กำหนดให้ทำการตรวจสอบระดับสารหล่อลื่นเพิ่มเติม 2) การบำรุงรักษาประจำสัปดาห์ ได้กำหนดให้ทำการตรวจสอบเกจวัดระบบหล่อลื่น ตรวจสอบไส้กรองน้ำมันหล่อลื่น อัดจาระบีตามจุดต่าง ๆ และตรวจสอบแบริ่งบอลสกรูและชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม 3) การบำรุงรักษาประจำเดือน ได้กำหนดให้ทำการตรวจสอบระดับจาระบีในถังเก็บเพิ่มเติม 4) การบำรุงรักษาทุก 6 เดือน ได้กำหนดให้ทำการตรวจสอบท่อทางระบบลมเพิ่มเติม และ 5) การบำรุงรักษาประจำปี ได้กำหนดให้ทำการตรวจสอบความตึงและรอยแตกของสายพานเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเติมคำแนะนำในการใช้งาน เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องกลึงและแบริ่งต้องรับภาระงานที่มากเกินไป โดยกำหนดให้เมื่อเดินเครื่องกลึงครบ 1 ชั่วโมง ให้พักเครื่อง 15 นาที เพื่อไม่ให้เครื่องเกิดความล้าจากภาระงานที่มากเกินไป รวมถึงให้สังเกตเสียงผิดปกติในขณะใช้งานด้วย

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องกลึง CNC ของโรงงานเครื่องกล กองโรงงานเครื่องกล อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการประยุกต์ FMECA และ FTA มาวิเคราะห์หาโหมดความล้มเหลวและผลกระทบที่วิกฤติของเครื่องกลึงดังกล่าว ซึ่งมีระบบย่อยต่าง ๆ จำนวน 12 ระบบ (54 ชิ้นส่วนอุปกรณ์) จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FMECA พบว่าชิ้นส่วนอุปกรณ์(Component) ที่เกิดความล้มเหลวและมีผลกระทบมากที่สุด คือ แบริ่งบอลสกรูของระบบขับเคลื่อนแกน X และ Z เกิดอาการเสียงดังในขณะใช้งาน โดยมีค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยง หรือ RPN เท่ากับ 25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความล้มเหลววิกฤติในระดับสูง จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการบำรุงรักษาอย่างมาก และจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิต้นไม้ หรือ FTA เพื่อหาสาเหตุของการเกิดอาการเสียงดังของแบริ่งดังกล่าวพบว่ามีสาเหตุมาจากการทำงานเกินกำลัง(Overload) โดยมีค่าโอกาสเกิดความล้มเหลวเท่ากับ 7 ครั้ง/ปี มากกว่าสาเหตุที่เกิดจากการขาดการหล่อลื่น และการประกอบและติดตั้งผิดพลาด ซึ่งมีค่าโอกาสเกิดความล้มเหลว เท่ากับ 3.0 ครั้ง/ปี และ 2.9 ครั้ง/ปี ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น ได้นำมาปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องกลึง CNC ใหม่ เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายกับเครื่องกลึงโดยเฉพาะความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับแบริ่งบอลสกรู โดยในแผนการบำรุงรักษาใหม่นี้ได้เพิ่มเติมการตรวจสอบบอลสกรู แบริ่ง และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องไว้ด้วย นอกจากนี้ ยังได้กำหนดคำแนะนำการใช้งานไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องกลึงและแบริ่งต้องรับภาระงานที่มากเกินไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเครื่องกลึง CNC ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ โรงงานเครื่องกลได้รับไว้ใช้ราชการมานาน การจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการบำรุงรักษาต่าง ๆ จึงยังไม่เป็นระบบ ทำให้มีข้อมูลสำหรับใช้ในการศึกษามีจำนวนน้อย ดังนั้น หากต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องจักรอื่น ๆ ในลักษณะเช่นเดียวกันนี้ ควรต้องมีผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีความรู้และประสบการณ์หลากหลายสาขามาร่วมในการพิจารณาประเมินและวิเคราะห์ระบบ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณกองโรงงานเครื่องกล อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุพัฒน์ เชียศิริวัฒนา, วัฒนา เชียงกูล และ เกรียงไกร ดำรงรัตน์. 2549. สัมฤทธิผลของงานบารุงรักษา (EFFICACY OF MAINTENANCE), สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพ.

[2] วัฒนา เชียงกูล และ เกรียงไกร ดำรงรัตน์. 2546. บารุงรักษา:งานเพิ่มกาไรบริษัท(MAINTENANCE THE PROFIT MAKER), สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพ.

[3] Robert, Stephen and Michael(1993). Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA), Reliability Analysis Center, New York.

[4] กิติศักดิ์ พลอยพาณิชย์เจริญ. 2550. FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ, สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพ.

[5],[6] Patil, Mhamane, and Kothavale (2018). Fault Tree Analysis: A Case Study from Machine Tool Industry, An International Conference on Tribology (TRIBOINDIA).

[7] บุญธรรม ภัทราจารุกุล. 2562. ทฤษฎีเครื่องมือกล, สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพ.

[8] บริษัท สุมิพล คอร์ปอเรชั่น จำกัด, บทความเครื่องกลึง CNC คืออะไร เหมาะกับการใช้งานแบบไหน?, ข้อมูลจาก https://www.sumipol.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 14 มกราคม 2565).

[9],[13],[14] Patil and Kothavale (2018). Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) of Computerized Numerical Control (CNC) Turning Center, International Review of Mechanical Engineering (IREME)

[10] Isam, Mohamed, Wan, Imran, Naim and Ayyaz (2018). Application of Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) to a Computer Integrated Manufacturing (CIM) Conveyor Belt.

[11] วราพงษ์ มงคลแท้, กานดิส สุดสาคร และ ธงไชย ศรีนพคุณ. 2552. การประเมินความเสี่ยงด้วยการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้สำหรับกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียม, วิศวกรรมสาร มก., ปีที่ 22 ฉบับที่ 69, หน้า 47 - 55

[12] Haas Automation, Inc. (2007). Lathe Operation's Manual, p.187

ID027

การศึกษาผลของความยาวคลื่นของยูวีไดโอดเปล่งแสงต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ในน้ำ

Effect of UV-LED Wavelengths on Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in Water

ภาวัต ธนะจิระเดช*[1] บงกชรัตน์ สุยะหมุด[1] และ เจนยุกต์ โล่ห์วัชรินทร์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
*E-mail: pawatt.tha@gmail.com

Pawatt Thanajiradech*[1], Bongkotrat Suyamud[1], and Jenyuk Lohwacharin[1]
[1]Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
*E-mail: pawatt.tha@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* จากการฉายแสงยูวีแบบไดโอดเปล่งแสง (UV-LED) ที่ความยาวคลื่น 265 และ 280 nm โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง การทดลองช่วงแรกเป็นการศึกษาหาค่าปรับแก้ความเข้มแสงยูวีจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อคำนวณเป็นความเข้มแสงยูวีเฉลี่ยแล้วคำนวณเป็นปริมาณแสงยูวีที่สารละลายเชื้อตัวอย่างได้รับ ผลการทดพบว่า ค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ มีค่าเข้าใกล้ 1 ยกเว้น ค่า WF ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงถึงการที่ความเข้มแสงยูวีจากแหล่งกำเนิดสูญเสียไปจากการถูกดูดซับด้วยสารละลายเชื้อที่ใช้ในการทดลอง การทดลองช่วงที่สองเป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* จากการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่นทั้งสองพบว่า ระดับการยับยั้งเชื้อสูงถึง 3.89 log ในช่วงปริมาณแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 nm เท่ากับ 0-9.62 mJ/cm^2 และ 4.10 log ในช่วงปริมาณแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 280 nm เท่ากับ 0-11.29 mJ/cm^2 ผลการศึกษาจากการวิจัยนี้สามารถนำไปประกอบการพิจารณาในการนำเทคโนโลยีการฉายแสงยูวีแบบไดโอดเปล่งแสงไปใช้ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในฟาร์มกุ้งได้ต่อไป

คำหลัก การยับยั้งเชื้อด้วยรังสียูวี, ไดโอดเปล่งแสง, *Vibrio parahaemolyticus*

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of inactivating *Vibrio parahaemolyticus* through irradiation using UV light emitting diodes (UV-LED) at the wavelengths of 265 and 280 nm. The study consisted of two experiments. The first experiment was to calculate the correction coefficient due to influencing to determine the average UV intensity which allows the estimation of the fluence (Dose) of UV light received by the sample solution. The results showed that the correction coefficient was close to 1, except for the water factor (WF) value, which was much lower. This indicated the loss of UV light intensity from the source as it was absorbed by the culture solution. In the second experiment, UV irradiation was performed to investigate the effectiveness of inactivation against *Vibrio parahaemolyticus*. It was found that inactivation levels were up to 3.89 log in the range of 0-9.62 mJ/cm^2 for 265 nm and 4.10 log in the range of 0-11.29 mJ/cm^2 for 280 nm. This study provides basic information on the further development of UV light-emitting diode technology to

inactivate pathogens in shrimp farms.

Keywords: UV disinfection, light-emitting diode, *Vibrio parahaemolyticus*

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูงที่สุดในโลก โดยกุ้งเป็นสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงและเกิดผลผลิตมากที่สุด อย่างไรก็ตามยังคงมีอุปสรรคเรื้อรังที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งยังต้องเผชิญนั่นคือ ปัญหา โรคตายด่วนในกุ้ง (Early mortality syndrome) หรือ กลุ่มอาการเสื่อมสภาพอย่างฉับพลันของตับและตับอ่อน (Acute hepatopancreatic necrosis syndrome) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กุ้งตายเฉียบพลันเป็นจำนวนมากตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยสาเหตุของโรคเกิดจากการที่กุ้งติดเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ *Vibrio parahaemolyticus* ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้มีความพยายามในการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อควบคุมเชื้อ แต่เนื่องด้วยปัจจุบันเริ่มมีการตรวจพบแบคทีเรียดื้อยาในฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ซึ่งสามารถถ่ายทอดยีนดื้อยาสู่เชื้อตัวอื่น และปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ [1] จึงมีการออกมาตรการเพื่อควบคุมการใช้ยาปฏิชีวนะให้น้อยลง เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจึงต้องหันไปใช้ทางเลือกอื่นในการจัดการปัญหาโรคติดเชื้อ การฉายแสงยูวีเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถยับยั้งเชื้อในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นจากการที่หลอดยูวีมีการพัฒนาจากหลอดแบบเก่าที่มีสารปรอท มาเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสง (Light-emitting diode: LED) ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลอดยูวีแบบเก่า โดยสามารถเลือกความยาวคลื่นของแสงยูวีที่ฉายได้ โดยแสงยูวีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อคือ แสงยูวีซีซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 200-280 nm และ แสงยูวีบีซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 280-315 nm โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะถูกยับยั้งด้วยแสงยูวีที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่ระดับแตกต่างกัน โดยไซโตซีนและไทมีนซึ่งเป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอสามารถดูดซับแสงยูวีได้ดีที่ความยาวคลื่น 265 nm ในขณะที่โปรตีนในเซลล์จุลินทรีย์สามารถดูดซับแสงยูวีได้ดีที่ความยาวคลื่น 280 nm [2] ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* จากการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 และ 280 nm ด้วยการฉายแสงยูวีจากหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ปริมาณแสงต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการนำหลอดยูวีไดโอดเปล่งแสงมาใช้ยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ในน้ำฟาร์มกุ้ง

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุ และ อุปกรณ์

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองเป็นแบคทีเรียสายพันธุ์สายพันธุ์บริสุทธิ์ *Vibrio parahaemolyticus* (TISTR 1596) ที่ได้รับมาจากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยนำเชื้อที่ได้มาบ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อ อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 20 h ด้วยเครื่องเขย่าที่มีการหมุนเหวี่ยง 150 rpm หลังจากนั้นทำการเติม 50% กลีเซอรอล เพื่อเก็บเป็นเชื้อใช้งาน (Stock cultures) ที่อุณหภูมิ -20°C สำหรับการทดลองฉายแสงต่อไป

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ Blood Heart Infusion (BHI) ที่มีการเติม NaCl 2.5% (w/v) ปรับ pH เป็น 8 ด้วย NaOH โดยใช้ในรูปอาหารเหลว (Broth) สำหรับการบ่มเชื้อ และใช้ในรูปอาหารแข็ง (Agar) สำหรับการนับจำนวนเชื้อ (Plate count)

การทดลองฉายแสงยูวีในงานวิจัยนี้ทำด้วยชุดอุปกรณ์ทดสอบลำแสงยูวีในระดับห้องปฏิบัติการ (Bench-scale UV collimated beam) ด้วย PearlLab Beam™ UV research tools (AquiSense Technologies, USA) ดังแสดงใน**รูปที่ 1** โดยมีแหล่งกำเนิดแสงยูวีแบบไดโอดเปล่งแสงซึ่งปล่อยแสงที่ความยาวคลื่น 265 และ 280 nm



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์ทดสอบลำแสงยูวีในระดับห้องปฏิบัติการ (AquiSense Technologies, USA)

สารละลายที่ใช้ในการทดลองฉายแสง คือ Phosphate-buffered saline (PBS) โดยใน 1 L ประกอบด้วย NaCl 8 g, KCl 0.2 g, $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ 1.8 g, และ KH_2PO_4 0.245 g ที่ pH 7.4

2.2 การทดลองยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยแสงยูวี

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาความเข้มแสงยูวีจากชุดอุปกรณ์ทดสอบลำแสงยูวีในแต่ละความยาวคลื่นที่ใช้ และหาค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ ศึกษาความเข้มของแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 และ 280 nm ที่ใช้ และศึกษาหาค่าปรับแก้ของแต่ละความยาวคลื่นเพื่อคำนวณความเข้มแสงยูวีเฉลี่ยที่ผิวตัวอย่างได้รับ โดยนำค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ ที่คำนวณได้มาปรับแก้ค่าความเข้มของแสงยูวีที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดปริมาณความเข้มของแสงยูวี (Radiometer) ได้เป็นความเข้มแสงยูวีเฉลี่ยตามวิธีของ Bolton and Linden (2003) [3] ดังสมการที่ (1)

$$E_{avg} = E_0 \times RF \times PF \times WF \times DF \quad (1)$$

โดยที่ E_{avg} คือ ความเข้มแสงยูวีเฉลี่ย หน่วย mW/cm^2, E_0 คือ ความเข้มแสงยูวีที่อ่านได้จากเครื่องตรวจวัดปริมาณความเข้มของแสงยูวี หน่วย mW/cm^2, RF คือ Reflection factor, PF คือ Petri factor, WF คือ Water factor, DF คือ Divergence factor ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวคำนวณได้ดังนี้

Reflection factor เป็นปัจจัยที่คำนึงถึงการสะท้อนของแสงยูวีบางส่วนเมื่อแสงยูวีมีการเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ในที่นี้คือแสงยูวีเคลื่อนที่ผ่านอากาศกระทบกับผิวของตัวอย่างในจานรับแสงซึ่งเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีเชื้อแบคทีเรียอยู่ทำให้เกิดการสะท้อนของแสง โดยค่าปรับแก้จากปัจจัยนี้คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$RF = 1 - R \quad (2)$$

โดยที่ R คือ สัดส่วนที่แสงสะท้อนภายใต้ Frensel Law

Petri factor เป็นปัจจัยที่คำนึงถึงการที่ทุก ๆ จุดของผิวตัวอย่างจะได้รับความเข้มแสงยูวีที่ไม่เท่ากันโดยขึ้นกับรูปแบบของชุดอุปกรณ์ที่ใช้ฉายแสง จึงต้องมีการปรับแก้ค่าความเข้มแสงยูวีที่อ่านได้จากเครื่องวัดซึ่งวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของพื้นที่ผิวตัวอย่างให้ใกล้เคียงกับค่าความเข้มแสงยูวีเฉลี่ยทั่วพื้นที่ผิวตัวอย่าง โดยค่าปรับแก้นี้คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$PF = \frac{E_A}{E_C} \quad (3)$$

โดยที่ E_A คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงยูวีที่อ่านได้จากจุดทั่วพื้นผิวตัวอย่าง (mW/cm^2) และ E_C คือความเข้มแสงยูวีที่อ่านได้จากจุดกึ่งกลางผิวตัวอย่าง (mW/cm^2)

Water factor เป็นปัจจัยที่คำนึงถึงการที่น้ำหรือในที่นี้คือสารละลายบัฟเฟอร์สามารถดูดซับแสงยูวีได้บางส่วน จึงต้องมีการปรับแก้ค่าแสงยูวีที่ตัวเชื้อจุลินทรีย์จะได้รับให้น้อยลง โดยคำนวณค่าปรับแก้ได้ดังสมการที่ (4)

$$WF = \frac{(1 - 10^{-\mathrm{al}})}{(\mathrm{al} \times \ln(10))} \quad (4)$$

โดยที่ a คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืน (Absorption coefficient) หน่วย cm^{-1}, l คือ ความลึกของตัวอย่างในจานรับแสง หน่วย cm

Divergence factor เป็นปัจจัยที่คำนึงถึงการเบี่ยงเบนของแสงยูวีเมื่อเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดลงไปในตัวอย่างสารละลายเซลล์จุลินทรีย์ โดยคำนวณค่าปรับแก้ได้ดังสมการที่ (5)

$$DF = \frac{\mathrm{L}}{(\mathrm{L} + \mathrm{l})} \quad (5)$$

โดยที่ L คือ ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงผิวของตัวอย่างในจานรับแสง หน่วย cm

การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* จากการฉายแสงยูวีที่ปริมาณต่าง ๆ ศึกษาผลของปริมาณแสงยูวีจากการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 และ 280 nm ตามวิธีของ Bolton and Linden (2003) [3] โดยนำเชื้อใช้งานที่เก็บรักษาไว้มาทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI Broth 20 h ด้วยวิธีการที่กล่าวไป จะได้ความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 10^7 (CFU/mL) จากนั้นนำมาปั่นแยกอาหารเลี้ยงเชื้อออกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) แล้วนำเซลล์แบคทีเรียที่เหลือไปปั่นในสารละลาย PBS ด้วยเครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer) เพื่อล้างอาหารเลี้ยงเชื้อออก เป็นจำนวน 3 รอบ จากนั้นนำสารละลายที่มีเชื้อที่ได้ไปทำการทดลองฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 nm และ ที่ความ

ยาวคลื่น 280 nm ในจานรับแสงปริมาณ 20 mL โดยทำการฉายแสงที่ระยะเวลาตั้งแต่ 0 ถึง 360 s โดยนำความเข้มของแสงยูวีที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 และระยะเวลาฉายแสงยูวีมาคำนวณปริมาณแสงยูวี (Fluence) ที่ตัวอย่างได้รับตามสมการที่ (6)

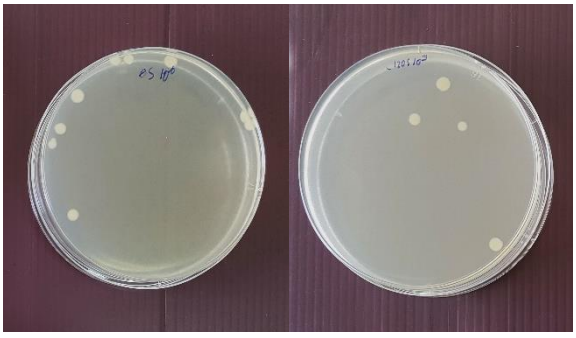
$$F_{avg} = E_{avg} \times t \quad (6)$$

โดยที่ F_{avg} คือปริมาณแสงยูวีเฉลี่ย หน่วย mJ/cm^2 และ t คือระยะเวลาที่ฉายแสง หน่วย s

หลังจากนั้นทำการตรวจนับจำนวนเชื้อที่เหลือหลังการฉายแสงยูวีที่ปริมาณแสงยูวีต่าง ๆ ด้วยการทำเจือจางเป็นลำดับส่วน (Serial dilution) แล้วทำให้เชื้อกระจายในจานเพาะเชื้อ (Spread plate) โดยรูปร่างโคโลนีของเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* บน BHI agar แสดงใน**รูปที่ 2** จากนั้นนำจำนวนเชื้อที่นับได้ไปคำนวณเป็นความเข้มข้นเชื้อ (CFU/mL) และสุดท้ายทำการหาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจากสมการที่ (7) แล้วนำไปพลอตกราฟเทียบกับปริมาณแสงยูวีที่ใช้

$$\log inactivation = \log\left(\frac{N_0}{N_t}\right) \quad (7)$$

โดยที่ N_0 คือความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้น หน่วย CFU/mL และ N_t คือความเข้มข้นเชื้อหลังการฉายแสงยูวีที่เวลาต่าง ๆ หน่วย CFU/mL



a) b)

รูปที่ 2 ลักษณะโคโลนีของ *Vibrio parahaemolyticus* บน BHI agar ในการนับจำนวนเชื้อ
a) ชุดที่ไม่มีการฉายแสงยูวี ที่ระดับความเจือจางเชื้อที่ 10^{-6},
b) ชุดที่มีการฉายแสงยูวี 265 nm 120 s ที่ระดับความเจือจางเชื้อที่ 10^{-3}

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาหาความเข้มแสงยูวีจากชุดอุปกรณ์ทดสอบลำแสงยูวีในแต่ละความยาวคลื่นที่ใช้ และหาค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ

ค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ ที่คำนวณได้แสดงใน**ตารางที่ 1** โดยค่า PF และ WF ของการทดลองแต่ละความยาวคลื่นมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจาก PF เป็นค่าที่ขึ้นกับความเข้มแสงยูวี ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงยูวีของแต่ละความยาวคลื่นที่ใช้ปล่อยแสงยูวีที่มีค่าความเข้มไม่เท่ากัน ส่วน WF เป็นค่าที่ขึ้นกับการดูดกลืนแสง ซึ่งสารละลายมีเชื้อดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากัน ขณะที่ค่า RF และ DF ไม่ขึ้นกับปัจจัยดังกล่าว จึงมีค่าเท่ากันในการทดลองทั้งสองความยาวคลื่น โดยหากค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่า ปริมาณแสงยูวีที่เซลล์แบคทีเรียได้รับมีการสูญเสียจากปัจจัยนั้น ๆ น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณแสงยูวีที่ฉายออกมาจากแหล่งกำเนิด

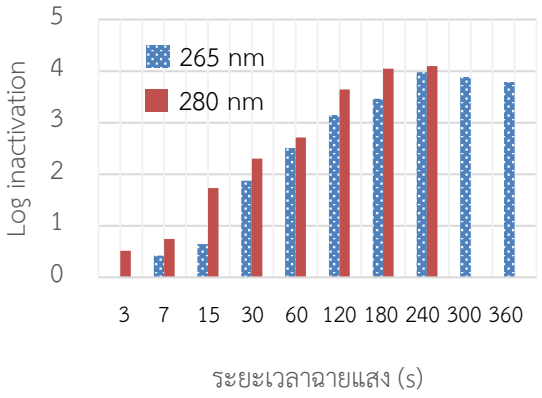
ตารางที่ 1 ค่าความเข้มแสงยูวีและค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ

พารามิเตอร์	**ที่ความยาวคลื่น** 265 nm	**ที่ความยาวคลื่น** 280 nm
RF	0.9750	0.9750
PF	0.9118	0.9149
WF	0.0719	0.0880
DF	0.8627	0.8627
ความเข้มแสงที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัด (mW/cm^2)	0.4853	0.7312
ความเข้มแสงยูวีเฉลี่ย (mW/cm^2)	0.0268	0.0495

เมื่อนำค่าปรับแก้จากปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้ไปคูณกับค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดได้เป็นค่าความเข้มแสงยูวีเฉลี่ยพบว่าค่าลดลงค่อนข้างมาก ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ค่า RF PF และ DF ที่ได้มีค่าใกล้ 1 และใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานวิจัยอื่น ๆ [4], [5], [6] อย่างไรก็ตามพบว่าค่า WF ที่ได้มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับค่าที่ใช้ใน

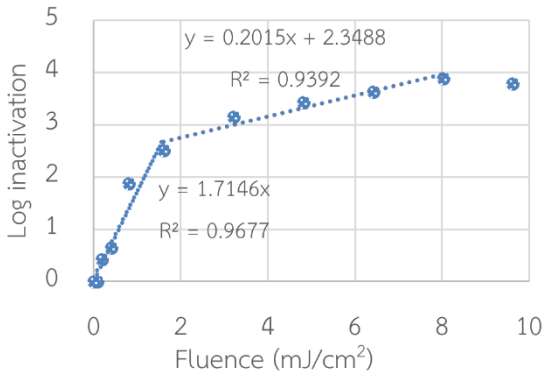
งานวิจัยอื่น ๆ ทำให้ค่าความเข้มแสงยูวีเฉลี่ยที่ได้มีค่าลดลงมาก โดยสาเหตุมาจากสารละลายที่มีเชื้อที่ได้มีลักษณะค่อนข้างขุ่นทำให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่มาก โดยเป็นเพราะความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นที่ใช้มีค่าสูงเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นที่ใช้เชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* เหมือนกัน แต่ใช้ความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นที่ 10^6 CFU/mL [7] ซึ่งความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นที่ค่อนข้างสูงทำให้จำนวนเซลล์ของเชื้อที่มากกลายเป็นอนุภาคที่บดบังและดูดกลืนแสง โดยสาเหตุที่งานวิจัยนี้เลือกใช้ความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นที่ 10^7 CFU/mL เนื่องจากเป็นความเข้มข้นเชื้อที่ได้จากวิธีการเลี้ยงเชื้อที่ใช้ และยังสามารถที่จะเห็นถึงผลการยับยั้งเชื้อได้หลายระดับ log inactivation กว่า นอกจากนี้ เมื่อลองเทียบกับงานวิจัยที่ใช้ความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นที่ 10^8 CFU/mL แต่เป็นเชื้อคนละสายพันธุ์ [8] พบว่าก็ได้สารละลายที่มีเชื้อที่มีค่าการดูดกลืนแสงมาก แต่ยังน้อยกว่างานวิจัยนี้ อาจจะเป็นเพราะลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ (Cell morphology) ของเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ที่สามารถเคลื่อนไหวด้วย polar flagellum ทำให้สารละลายที่มีเชื้อที่ได้จากการปั่นค่อนข้างมีความขุ่นข้นและมีการฟุ้งกระจายของเซลล์ในสารละลายแบบไร้ทิศทางตลอดเวลา เพิ่มโอกาสให้ตัวเซลล์บดบังแสงได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ไม่มีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนไหว ด้วยเหตุผลดังกล่าว อาจทำให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่มากเมื่อเทียบกับการศึกษาก่อนหน้า

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* จากการฉายแสงยูวีที่ปริมาณต่าง ๆ ผลจากการนับจำนวนเชื้อของชุดทดลองที่ไม่มีการฉายแสงยูวี และ ชุดที่มีการฉายแสงยูวีที่ระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาคำนวณเป็นค่า log inactivation แสดงดัง **รูปที่ 3** โดยพบว่าชุดทดลองที่การฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 280 nm สามารถยับยั้งเชื้อได้ใกล้เคียง 4 log ได้ตั้งแต่ระยะเวลาฉาย 180 s ในขณะที่ชุดทดลองที่มีการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 nm สามารถยับยั้งเชื้อได้ใกล้เคียง 4 log เมื่อมีการฉายแสงไป 300 sซึ่งการที่ชุดทดลอง 280 nm ใช้ระยะเวลาฉายแสงน้อยกว่ามีสาเหตุมาจากการที่แหล่งกำเนิดแสงยูวีทั้งสองความยาวคลื่นปล่อยแสงยูวีที่มีความเข้มไม่เท่ากัน โดยความเข้มของแสงความยาวคลื่น 280 nm มีค่า

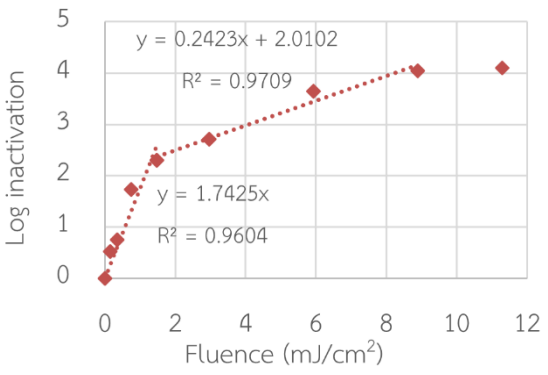


รูปที่ 3 Log inactivation ที่ระยะเวลาฉายแสงต่าง ๆ

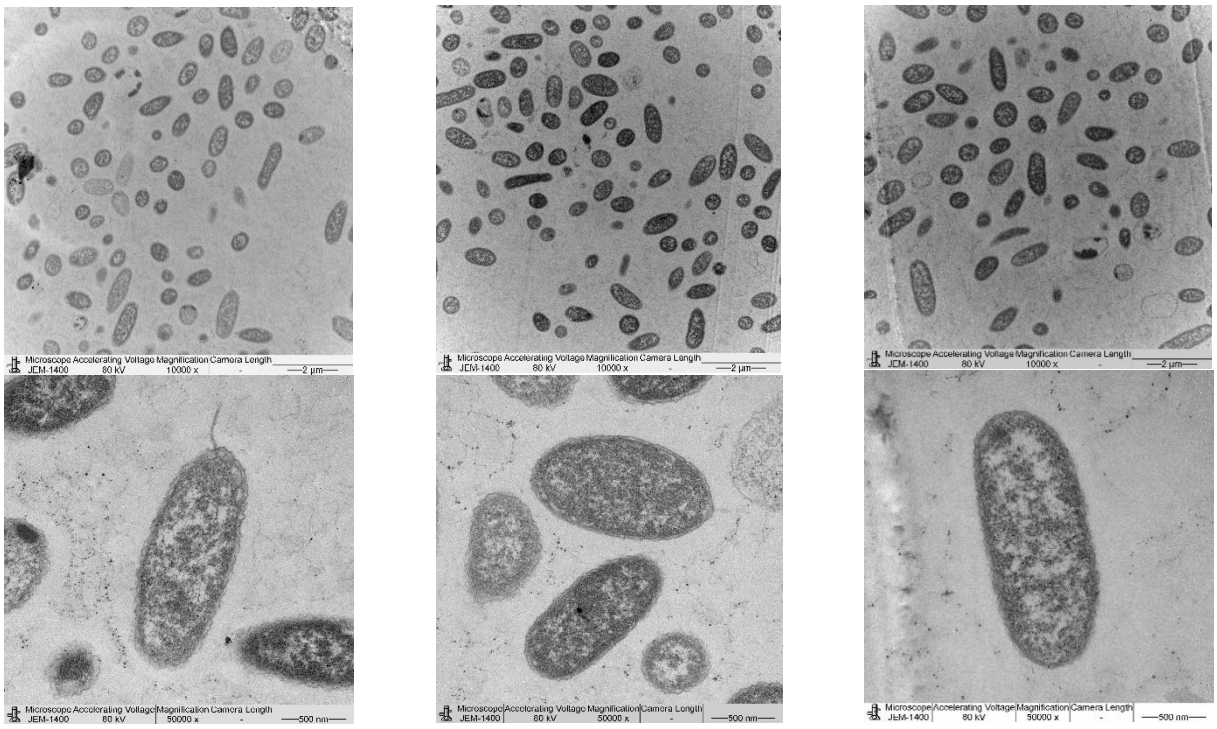
มากกว่าดังที่แสดงใน**ตารางที่ 1** โดยเมื่อนำความเข้มแสงยูวีคูณกับระยะเวลาการฉายแสงยูวีได้เป็นปริมาณแสงยูวี นำไปสร้างเป็นกราฟแสดงความ สัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อและปริมาณแสงยูวีที่ใช้ (Fluence-response curve) จากการทดลองฉายแสงแต่ละความยาวคลื่น ดัง**รูปที่ 4** และ **รูปที่ 5**



รูปที่ 4 Fluence-response curve ที่ความยาวคลื่น 265 nm



รูปที่ 5 Fluence-response curve ที่ความยาวคลื่น 280 nm



รูปที่ 6 เซลล์ *Vibrio parahaemolyticus* จากการส่องด้วย TEM: a) ชุดที่ไม่มีการฉายแสงยูวี, ,b) ชุดที่มีการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 nm เป็นเวลา 60 s, c) ชุดที่มีการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 280 nm เป็นเวลา 60 s

จากผลการทดลองพบว่ากราฟที่ได้จากการฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่นทั้งสองมีลักษณะคล้ายกัน โดยปริมาณแสงยูวีความยาวคลื่น 265 nm ที่ใช้ในช่วง 0-9.62 mJ/cm^2 สามารถยับยั้งเชื้อได้ สูงถึง 3.89 log และปริมาณแสงยูวีความยาวคลื่น 280 nm ที่ใช้ในช่วง 0-11.29 mJ/cm^2 สามารถยับยั้งเชื้อได้ สูงถึง 4.10 log โดยช่วงของปริมาณแสงยูวีที่ใช้มีค่าใกล้เคียงกับช่วงที่ใช้ในงานวิจัยที่มีการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ที่ความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้น 10^7 CFU/mL [4] โดยใช้ปริมาณแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 265 nm เท่ากับ 7.27 และ 10.91 mJ/cm^2 สำหรับระดับการยับยั้งเชื้อ 3 log และ 4.5 log ตามลำดับ และใช้ปริมาณแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 280 nm เท่ากับ 10.24 และ 15.35 mJ/cm^2 สำหรับระดับการยับยั้งเชื้อ 3 log และ 4.5 log ตามลำดับ ส่วนงานวิจัยที่มีการศึกษาการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้น 10^6 CFU/mL [7] พบว่าต้องใช้ปริมาณแสงยูวีมากกว่างานวิจัยนี้เล็กน้อยเพื่อให้ยับยั้งเชื้อได้ใกล้เคียง 4 log โดยต้องใช้ปริมาณแสงยูวี 11.3 และ 15.3 mJ/cm^2 สำหรับแสงยูวีความยาวคลื่น 265 และ 280 nm ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงปริมาณแสงยูวีที่สูญเสียไปจากการปรับแก้ด้วยค่า WF ทำให้ระยะเวลาการฉายแสงยูวีที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงที่สูงกว่างานวิจัยดังกล่าวเพื่อให้ได้ปริมาณแสงยูวีที่ใกล้เคียงกัน อีกทั้งลักษณะของกราฟที่ได้มีความแตกต่างกันโดยกราฟที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันเดียว ในขณะที่กราฟที่ได้ในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นเส้นตรงสองเส้นที่มีความชันต่างกัน โดยกราฟมีการเปลี่ยนความชันเป็นเส้นตรงที่สองที่มีความชันลดลงเมื่อผ่านระดับการยับยั้งเชื้อที่ 2 log แสดงถึงการที่ปริมาณแสงยูวีต่ำในช่วงต้นของกราฟสามารถยับยั้งเชื้อส่วนใหญ่ (มากกว่า 99%) ได้ ในขณะที่เชื้อส่วนน้อยที่ยังเหลือรอดอยู่ จะมีความทนทานต่อแสงยูวีมากกว่าทำให้ได้กราฟที่มีความชันลดลง [9] จนกราฟเข้าสู่ช่วงที่ค่า log inactivation คงที่ในช่วงท้ายของปริมาณแสงยูวี ซึ่งเป็นลักษณะที่เรียกว่า tailing คือการที่ค่าระดับการยับยั้งเชื้อไม่เพิ่มสูงขึ้นแม้จะมีการเพิ่มระยะเวลาการฉาย หรือปริมาณแสงยูวีที่ใช้ ซึ่งกรณีดังกล่าวมักจะเกิดขึ้น เมื่อมีการฉายแสงยู

วีลงไปในสารละลายที่มีเซลล์จุลินทรีย์ที่มีการรวมกลุ่มกันหรือมีความเป็นอนุภาคเข้ามาเกี่ยวข้อง รวมถึงเซลล์ที่ถูกยับยั้งแล้วอาจกลายเป็นตัวบดบังเซลล์ตัวอื่นจากการรับสัมผัสแสงยูวีด้วย [10], [11] ซึ่งในงานวิจัยนี้ จำนวนเชื้อเริ่มต้นที่มากอาจเป็นตัวบดบังแสงยูวีซึ่งกันและกันหรือก่อให้เกิดการรวมกลุ่มกันเป็นอนุภาคได้

เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่ลักษณะของกราฟที่ได้จากชุดทดลองทั้งสองความยาวคลื่นมีลักษณะคล้ายกันพบว่า เกิดจากการที่ความยาวคลื่นแสงยูวีที่เลือกใช้อยู่ในช่วงของแสงยูวีซี (100-280 nm) และ ยูวีบี (280-315 nm) ซึ่งกลไกการยับยั้งเชื้อด้วยแสงยูวีในช่วงความยาวคลื่นทั้งสองเป็นกลไกเดียวกัน โดยแสงยูวีจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมี (Photochemical reaction) ในเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งโฟตอนที่อยู่ในแสงยูวีจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อสารพันธุกรรม เช่น ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอทำให้เซลล์จุลินทรีย์ไม่สามารถแบ่งตัวได้ [12] ซึ่งแตกต่างจากกลไกการยับยั้งเชื้อด้วยสารเคมี เช่น คลอรีน หรือ โอโซนที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างเซลล์ รบกวนกระบวนการเมแทบอลิซึม หรือ ขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล (Biosynthesis) และการเติบโตของจุลินทรีย์ [10] ซึ่ง **รูปที่ 6** แสดงภาพของเซลล์ *Vibrio parahaemolyticus* ในชุดทดลองต่าง ๆ ที่ได้จากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope: TEM) โดยแสดงให้เห็นรูปร่างของเซลล์โดยเป็นเซลล์แบบแท่งสั้น ๆ เป็นส่วนใหญ่ มีบางเซลล์ที่เป็นแท่งโค้งงอ ซึ่งจากรูปที่ 6a) จะเห็น polar flagellum ของเซลล์ ซึ่งช่วยในการเคลื่อนที่ของเซลล์ในของเหลว โดยไม่พบความเปลี่ยนแปลงต่อโครงสร้างเซลล์ในชุดทดลองที่มีการฉายแสงยูวีทั้งสองความยาวคลื่น ซึ่งสอดคล้องกับกลไกการยับยั้งเชื้อด้วยแสงยูวีทั้งสองความยาวคลื่นดังที่กล่าวไป

4. สรุป

แสงยูวีแบบไดโอดเปล่งแสงที่ความยาวคลื่น 265 และ 280 nm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ใกล้เคียงกัน โดยสามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้ถึงระดับใกล้เคียง 4 log (99.99%) อย่างไรก็ตาม พบว่าความสามารถในการดูดซับแสงยูวีของสารละลายที่ถูกฉายแสง มีผลต่อการคำนวณปริมาณแสงยูวีที่สารละลายได้รับ และส่งผลต่อแนวโน้มของเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อและปริมาณแสงยูวีที่ใช้ได้ ผลจากการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปพิจารณาในการนำเทคโนโลยีการฉายแสงยูวีแบบไดโอดเปล่งแสงไปใช้ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในฟาร์มกุ้งได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ส่งเสริม ววน.)

เอกสารอ้างอิง

[1] Elmahdi, S., DaSilva, L. V., and Parveen, S. (2016). Antibiotic resistance of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in various countries: A review. *Food Microbiol, 57*, 128-134.

[2] Kowalski, W. (2009). *Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[3] Bolton, J. R. and Linden, K. G. (2003). Standardization of Methods for Fluence (UV Dose) Determination in Bench-Scale UV Experiments. *Journal of Environmental Engineering, 129*(3), 209-215.

[4] Li, G. Q., Wang, W. L., Huo, Z. Y., Lu, Y., and Hu, H. Y. (2017). Comparison of UV-LED and low pressure UV for water disinfection: Photoreactivation and dark repair *of Escherichia coli*. *Water Res, 126*, 134-143.

[5] Beck, S. E., Wright, H. B., Hargy, T. M., Larason, T. C., and Linden, K. G. (2015). Action spectra for validation of pathogen disinfection in medium-pressure ultraviolet (UV) systems. *Water Res, 70*, 27-37.

[6] Friedler, E., F. Chavez, D., Alfiya, Y., Gilboa, Y., and Gross, A. (2021). Impact of Suspended Solids and Organic Matter on Chlorine and UV Disinfection Efficiency of Greywater. *Water, 13*(2).

[7] Masaike, M., Rattanakul, S., and Oguma, K. (2019). Inactivation of health-related microorganisms in water using UV light-emitting diodes. *Water Supply, 19*(5), 1507-1514.

[8] Vitzilaiou, E., Kuria, A. M., Siegumfeldt, H., Rasmussen, M. A., and Knochel, S. (2021). The impact of bacterial cell aggregation on UV inactivation kinetics. *Water Res, 204*, 117593.

[9] Kowalski, W. J., Bahnfleth, W. P., Witham, D. L., Severin, B. F., and Whittam, T. S. (2000). Mathematical Modeling of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection. *Quantitative Microbiology, 2*(3), 249-270.

[10] EPA, U. (2003). *Ultraviolet disinfection guidance manual {electronic resource}*: United States Environmental Protection Agency, Office of Water.

[11] Prokopovich, P. (2013). *Inhaler Devices* (Vol. Microbial control and safety in inhalation devices): Woodhead Publishing.

[12] Song, K., Taghipour, F., and Mohseni, M. (2019). Microorganisms inactivation by wavelength combinations of ultraviolet light-emitting

ID028

การศึกษาการกัดกร่อนแบบสูญเสียสังกะสีในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนทองเหลือง

A Study of Dezincification Corrosion in a Brass Part Manufacturing Process

อรอนงค์ สาขา[1] และ ฐิติกร พัตนพิบูล[2*]
[1]หลักสูตรการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี 20230
[2]หน่วยวิจัยการออกแบบแบบบูรณาการและระบบการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี 20230
*E-mail: thittikorn@eng.src.ku.ac.th

Onanong Sakha[1] and Thittikorn Phattanaphibul[2*]
[1]Engineering and Technology Management Curriculum,
Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus, Chonburi, 20230
[2]Integrated Design and Manufacturing Systems Research Unit,
Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus, Chonburi 20230
*E-mail: thittikorn@eng.src.ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการกัดกร่อนแบบสูญเสียสังกะสีที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนทองเหลือง การกัดกร่อนลักษณะนี้ทำให้ชิ้นงานเกิดคราบแดง และส่งผลให้เกิดการแตกรั่วระหว่างกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของลูกค้า ชิ้นงานต้องถูกส่งเข้ากระบวนการทำซ้ำเพื่อแก้ไข ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองระดับจึงถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีอิทธิพลต่อปัญหาดังกล่าว ได้แก่ ชนิดของทองเหลือง การกลึงผิว การลบครีบ ชนิดน้ำมันหล่อเย็น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ผลการทดลองพบว่าการกลึงผิวและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพล สภาวะที่เหมาะสมถูกพิจารณาร่วมกับคุณลักษณะเฉพาะของชิ้นงาน โดยชิ้นงานจะถูกผลิตจากทองเหลืองชนิด U24H ผ่านกระบวนการกลึงและการลบครีบ โดยใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิด B และอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อนำไปใช้ในการผลิตชิ้นงานพบว่า งานทำซ้ำจากปัญหาคราบแดงลดลงถึง 44.42%

คำหลัก ทองเหลือง,คราบแดง,การกัดกร่อน,การสูญเสียสังกะสี,การออกแบบการทดลอง

Abstract

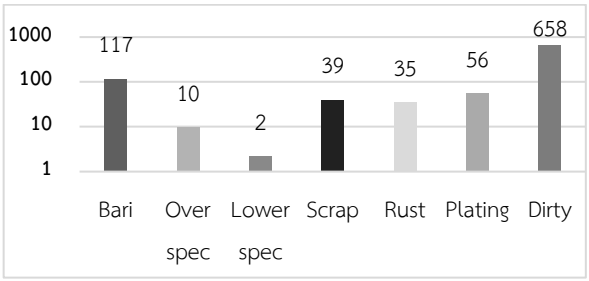
This paper aims to study a dezincification corrosion in a brass part manufacturing process. This corrosion causes the red stain on the surface of the part and results to leakage problem in an automotive part manufacturing process of the customer. The detected part must be reworked leading to higher manufacturing cost. A 2^k factorial design was conducted to investigate six tentative manufacturing factors including type of the brass, turning operation, deburring operation, type of the cooling oil, temperature and time of the drying operation. Results illustrated that turning operation and temperature of the drying

operation were two significant factors. A suitable condition considered under the constraint of the part specification, was to use U24H brass to be turned and deburred with the B-type cooling oil, then drying with the temperature of 100°C for 10 minutes. This condition resulted to 44.42% deduction of the red stain problem.

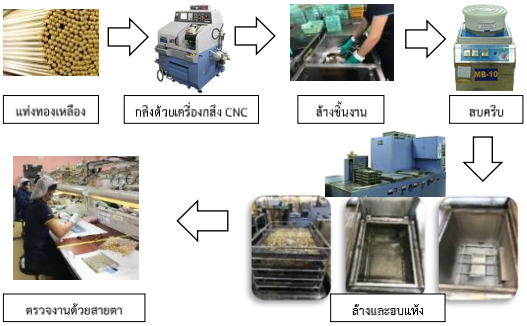
Keywords: Brass, Red stain, Corrosion, Dezincification, Design of experiment

1. บทนำ

ทองเหลือง (Brass) เป็นโลหะผสมชนิดหนึ่ง มีส่วนผสมของทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในอัตราส่วนต่างๆ ตั้งแต่ 7% จนถึง 50% ทำให้คุณสมบัติของทองเหลืองนั้นหลากหลายต่อการใช้งาน และถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมแปรรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ [1] โดยปัญหาหนึ่งซึ่งมักพบในกระบวนการผลิตชิ้นงานทองเหลือง คือ การกัดกร่อนแบบสูญเสียสังกะสี (Dezincification Corrosion) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการสูญเสียธาตุผสม (De-alloying) ของทองเหลือง หรือ อาจเรียกว่าการหลุดออกแบบคัดสรร (Selective Leaching) ของธาตุผสมออกจากทองเหลือง มักพบในทองเหลืองที่มีส่วนประกอบของสังกะสีมากกว่า 15% ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดรูพรุนของทองแดงบนผิวของทองเหลือง และคุณสมบัติเชิงกลของทองเหลืองนั้นก็จะด้อยลง [2-3] งานวิจัยหลายชิ้นได้พยายามอธิบายกลไกการเกิดการกัดกร่อนแบบสูญเสียสังกะสีนี้ งานวิจัยชิ้นหนึ่งพบว่า จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเฟสของวัสดุบริเวณพื้นผิวของทองเหลืองที่มีรอยขีดข่วนมีโอกาสเกิดปัญหาดังกล่าวมากกว่าพื้นที่อื่นๆ [4] ซึ่งอาจพิจารณาไปถึงผิวงานที่เกิดจากกระบวนการตัดปาด เช่น การกัด การตัด การกลึง การลบครีบ เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะทางธรรมชาติของโลหะผสมตามส่วนประกอบของธาตุและสารตัวกลางที่สัมผัสกับทองเหลือง เช่น สารที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง ไปจนถึง เป็นกลาง ก็อาจเป็นปัจจัยผลักดันให้เกิดปัญหาดังกล่าวนี้เช่นกัน [5]



รูปที่ 1 แผนภูมิจำนวนชิ้นงานที่เข้ากระบวนการทำซ้ำ (หน่วย : kpcs) (ข้อมูล 1 ม.ค. 2563 – 31 ก.ค. 2563)



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตชิ้นงานทองเหลือง

ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นอีกกรณีศึกษาหนึ่งของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งประสบปัญหาคุณภาพกับชิ้นงานหลากหลายประเภท ดังรูปที่ 1 โดยปัญหาของการเกิดคราบแดงบนผิวของชิ้นงานทองเหลือง (Dirty) ซึ่งเกิดจากการกัดกร่อนแบบสูญเสียสังกะสี เป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2563 พบว่ามีจำนวนชิ้นงานที่เข้ากระบวนการทำซ้ำ (Rework) จากปัญหาคราบแดงนี้ถึง 658,000 ชิ้นทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จากการศึกษาในเบื้องต้น พบว่า น่าจะมีสาเหตุมาจากปัจจัยในกระบวนการผลิต รูปที่ 2 แสดงกระบวนการผลิตชิ้นงานทองเหลือง โดยเริ่มจาก (1) กลึงแท่งทองเหลืองให้ได้ตามคุณลักษณะเฉพาะ (2) ล้างชิ้นงานด้วยสารละลาย (3) ลบครีบบริเวณขอบชิ้นงานด้วยคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic Barrel) (4) ล้างชิ้นงาน

อีกครั้งและอบแห้งด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Cleaner) และ (5) ตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่น่าจะมีอิทธิพลทำให้เกิดปัญหาคราบแดง ได้แก่ ชนิดของทองเหลือง การกลึงผิว การลบครีบ ชนิดน้ำมันหล่อเย็น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

จากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่ใกล้เคียง พบว่าการออกแบบการทดลอง เป็นแนวทางที่ถูกนำมาใช้เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของชิ้นงาน และหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต อาทิ การประยุกต์การออกแบบการทดลองแบบทากูชิ ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองในลักษณะออโธกอนอลอาเรย์ (Orthogonal Array) วิธีการนี้เหมาะกับการทดลองที่มีข้อจำกัดเรื่องจำนวนสภาวะในการทดลอง [6-8] หรือ การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองระดับ (2^k Factorial Design) ซึ่งมักถูกใช้ในการคัดกรอง หรือระบุหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง [9-11] จากการพิจารณาร่วมกับฝ่ายผลิตของบริษัทกรณีศึกษา แนวทางการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองระดับมีความเหมาะสม เนื่องจากปัจจัยต่างๆ น่าจะมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น และไม่มีข้อจำกัดในแง่การเก็บข้อมูลในสภาวะต่างๆ

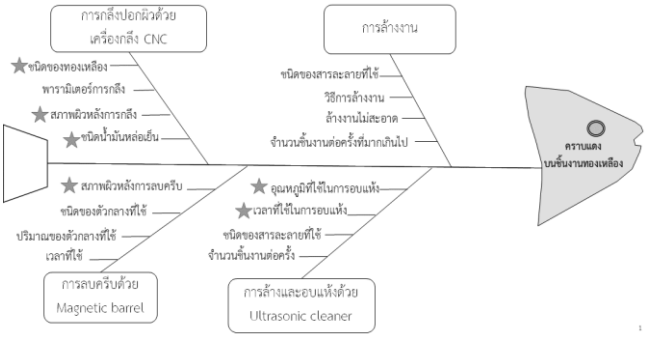
งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุปัจจัยที่สำคัญของกระบวนการผลิตชิ้นงานทองเหลือง ซึ่งส่งผลต่อการเกิดปัญหาคราบแดง และพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตเพื่อลดจำนวนชิ้นงานที่เข้ากระบวนการทำซ้ำจากปัญหาดังกล่าวนี้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดคราบแดง

2.1.1 การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองระดับ

จากการระดมสมองภายในฝ่ายผลิตของบริษัทกรณีศึกษา โดยใช้แผนภูมิก้างปลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคราบแดง พบว่าปัจจัยที่น่าจะเกี่ยวข้องมี 6 ปัจจัย ดังรูปที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย ชนิดของทองเหลือง การกลึงผิว การลบครีบ ชนิดน้ำมันหล่อเย็น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยทำการทดลองปัจจัยละ 2 ระดับ ดังตารางที่ 1 รวมทั้งสิ้น 64 สภาวะ สภาวะละ 3 ครั้ง นอกจากนี้ตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 แสดงคุณลักษณะเฉพาะของทองเหลืองและน้ำมันหล่อเย็น ตามลำดับ



รูปที่ 3 แผนภูมิก้างปลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคราบแดง

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการศึกษา

สัญลักษณ์	ปัจจัย	หน่วย	ระดับ 1	ระดับ 2
A	ชนิดของทองเหลือง	-	A44H[1]	U24H[2]
B	การกลึงผิว	-	ไม่กลึง	กลึง
C	ชนิดน้ำมันหล่อเย็น	-	ชนิด B[3]	ชนิด C[4]
D	การลบครีบ	-	ไม่ลบ	ลบ
E	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	องศาเซลเซียส	80	100
F	เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	นาที	5	10

หมายเหตุ:ข้อมูลเพิ่มเติม (1),(2) จากตารางที่ 2 ,(3),(4) จากตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของทองเหลือง

ชนิดของทองเหลือง	Cu	Zn	Pb	Fe	Fe+Sn
A44H[1]	60.26	Remainder	3.05	0.17	0.43
U24H[2]	58.63	Remainder	3.37	0.18	0.45

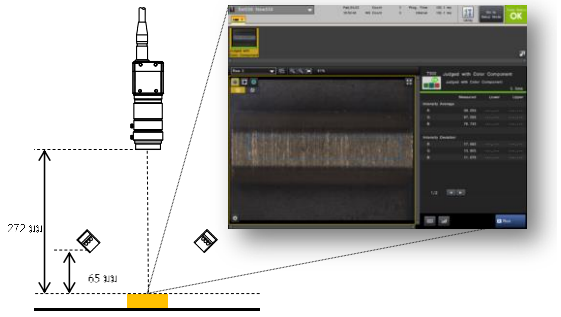
ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของน้ำมันหล่อเย็น

น้ำมันหล่อเย็นชนิด B[3]	
Highly refined mineral oil	Balance
Lubricity agent	30.0-40.0wt%
EP additive	20.0-30.0wt%
Yellow Metal Passivator	0.30-1.0wt%

น้ำมันหล่อเย็นชนิด C^4	
Petroleum lubricating oil	90-99wt%
Extrace pressure additive (Chloro-type)	1-10wt%

2.1.2 การเตรียมชิ้นงานทดสอบและการวัดค่าสี

ชิ้นงานทดสอบยาว 10 เซนติเมตร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก่อนกลึง 6.0 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางหลังกลึง 5.4 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Lathe / type SB-16C) และชุดพารามิเตอร์การกลึง ดังนี้ อัตราป้อน 0.055 มิลลิเมตร/นาที ความเร็วรอบ 5,500 รอบ/นาที และ ระยะกินลึก 1.265 มิลลิเมตร จากนั้นชิ้นงานจะถูกนำไปแช่ในน้ำมันหล่อเย็นเป็นเวลา 15 นาที และนำไปเข้ากระบวนการลบครีบบริเวณขอบชิ้นงานด้วยคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic Barrel / MBF-330NS) โดยใช้มีเดียชนิดลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร เป็นเวลา 15 นาที ขั้นตอนสุดท้าย คือ นำไปล้างอีกครั้งและอบให้แห้งด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Cleaner / MVH2-3040V) ภายใต้สภาวะที่กำหนด



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์และตำแหน่งชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 4 ตัวอย่างชิ้นงานดีและชิ้นงานที่ต้องส่งเข้ากระบวนการทำซ้ำ

ประเภทชิ้นงาน	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานไม่ดี #1	ชิ้นงานไม่ดี #2	ชิ้นงานไม่ดี #3
ค่าสีแดง	89.055 ⭕	91.756 ⭕	154.893 ✖	178.237 ✖
ความสม่ำเสมอของสีผิว	 สม่ำเสมอ ⭕	ไม่สม่ำเสมอ ✖	 สม่ำเสมอ ⭕	 ไม่สม่ำเสมอ ✖

ชิ้นงานทดสอบจะถูกนำมาวัดค่าสีแดง (R Value) ด้วยกล้องวีจีเอ (VGA Camera / CA-H048MX) โดยวางชิ้นงานตัวอย่างที่พื้นระนาบ ตั้งระบบไฟแอลอีดี 2 ชุดสูงจากชิ้นงาน 65 มิลลิเมตร และ ตั้งกล้องสูงจากชิ้นงานระยะ 272 มิลลิเมตร เมื่อถ่ายรูปแล้วระบบจะอ่านค่าสีแดงของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 4

2.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab (Version 17) เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลกับค่าสีแดง ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ปัญหาคราบแดงบนชิ้นงาน ด้วยระดับความเชื่อมั่น 95% โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียวของอิทธิพลหลักเพื่อคัดกรองปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าสีแดง และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางเพื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักเฉพาะที่มีอิทธิพลต่อค่าสีแดง

สภาวะที่เหมาะสมจะถูกพิจารณาจาก (1) ผลการวิเคราะห์ข้างต้น (2) คุณลักษณะเฉพาะของชิ้นงาน และ (3) คุณภาพของชิ้นงานทดสอบ ซึ่งประกอบไปด้วย (1) ค่าสีแดง ซึ่งต้องไม่เกิน 120 ตามมาตรฐานของฝ่ายควบคุมคุณภาพ และ (2) ความสม่ำเสมอของสีผิวชิ้นงาน ซึ่งใช้การประเมินจากสายตา ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างชิ้นงานดี และชิ้นงานไม่ดีที่ต้องส่งเข้ากระบวนการทำซ้ำ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

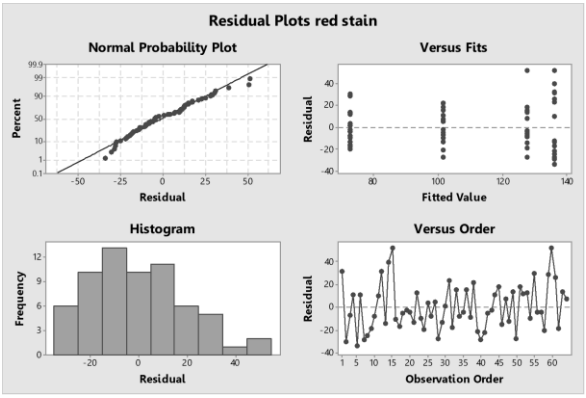
ผลการทดลองซ้ำของแต่ละสภาวะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยและแสดงดังตารางที่ 5 โดยสภาวะที่ 22 ชิ้นงานทดสอบผลิตจากทองเหลืองชนิด U24H ไม่ได้กลึงชิ้นงาน ใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิด B ไม่ลบครีบ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที ให้ค่าสีแดงเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 54.321 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่ผิวชิ้นงานไม่ได้ถูกเปลี่ยนแปลงจากการตัดปาดใดๆ เมื่อพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของค่าตกค้างของข้อมูลดิบ (Residual) ตามรูปที่ 5 จะพบว่ามีการกระจายแบบปกติ ลักษณะจุดของส่วนตกค้างบนกราฟเรียงตัวกันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง มีความเป็นอิสระต่อกัน และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง ไม่พบว่ามีลักษณะเป็นแนวโน้ม

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการทดลองนี้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ จากตารางที่ 6 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของปัจจัยหลัก แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลหลักที่ส่งผลต่อค่าสีแดงบนผิวของชิ้นงานทองเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ คือ การกลึงและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากมีค่า p-value ต่ำกว่าค่าอัลฟ่า (α) 0.05 ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของปัจจัยหลักทั้งสอง พบว่ามีค่า p-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการกลึงและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม่มีอิทธิพลต่อค่าสีแดงบนผิวของชิ้นงานทองเหลือง

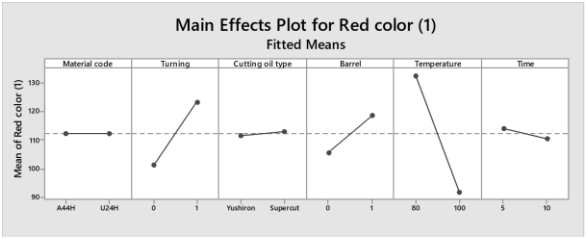
ตารางที่ 5 ผลการทดลอง (*สภาวะที่ใช้ในการผลิตปัจจุบัน)

สภาวะ	ปัจจัย						ค่าเฉลี่ย
	A	B	C	D	E	F	ค่าสีแดง
1	A44H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	80	5	144.344
2	U24H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	80	5	128.265
3	A44H	กลึง	C	ไม่ลบ	80	5	112.613
4	U24H	กลึง	C	ไม่ลบ	80	5	107.840
5	A44H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	80	5	130.910
6	U24H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	80	5	147.030
7	A44H	กลึง	B	ไม่ลบ	80	5	158.114
8	U24H	กลึง	B	ไม่ลบ	80	5	111.091
9	A44H	ไม่กลึง	C	ลบ	80	5	136.341
10	U24H	ไม่กลึง	C	ลบ	80	5	135.511
11*	A44H	กลึง	C	ลบ	80	5	178.237
12*	U24H	กลึง	C	ลบ	80	5	170.905
13	A44H	ไม่กลึง	B	ลบ	80	5	112.701
14	U24H	ไม่กลึง	B	ลบ	80	5	121.431
15*	A44H	กลึง	B	ลบ	80	5	175.233
16*	U24H	กลึง	B	ลบ	80	5	148.342
17	A44H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	100	5	104.671
18	U24H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	100	5	75.015
19	A44H	กลึง	C	ไม่ลบ	100	5	86.098
20	U24H	กลึง	C	ไม่ลบ	100	5	115.508
21	A44H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	100	5	56.152
22	U24H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	100	5	54.321
23	A44H	กลึง	B	ไม่ลบ	100	5	134.870
24	U24H	กลึง	B	ไม่ลบ	100	5	110.763
25	A44H	ไม่กลึง	C	ลบ	100	5	85.727
26	U24H	ไม่กลึง	C	ลบ	100	5	91.603
27*	A44H	กลึง	C	ลบ	100	5	98.099
28*	U24H	กลึง	C	ลบ	100	5	115.625
29	A44H	ไม่กลึง	B	ลบ	100	5	69.458
30	U24H	ไม่กลึง	B	ลบ	100	5	94.050
31*	A44H	กลึง	B	ลบ	100	5	132.590
32*	U24H	กลึง	B	ลบ	100	5	124.044
33	A44H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	80	10	154.367
34	U24H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	80	10	131.149
35	A44H	กลึง	C	ไม่ลบ	80	10	121.980
36	U24H	กลึง	C	ไม่ลบ	80	10	124.015
37	A44H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	80	10	143.521
38	U24H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	80	10	144.455
39	A44H	กลึง	B	ไม่ลบ	80	10	142.695
40	U24H	กลึง	B	ไม่ลบ	80	10	114.898
41	A44H	ไม่กลึง	C	ลบ	80	10	115.257
42	U24H	ไม่กลึง	C	ลบ	80	10	118.626
43*	A44H	กลึง	C	ลบ	80	10	146.988
44*	U24H	กลึง	C	ลบ	80	10	164.619
45	A44H	ไม่กลึง	B	ลบ	80	10	111.520
46	U24H	ไม่กลึง	B	ลบ	80	10	116.533
47*	A44H	กลึง	B	ลบ	80	10	191.638
48*	U24H	กลึง	B	ลบ	80	10	146.273
49	A44H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	100	10	74.051
50	U24H	ไม่กลึง	C	ไม่ลบ	100	10	79.387
51	A44H	กลึง	C	ไม่ลบ	100	10	92.263
52	U24H	กลึง	C	ไม่ลบ	100	10	106.407
53	A44H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	100	10	57.764
54	U24H	ไม่กลึง	B	ไม่ลบ	100	10	147.030
55	A44H	กลึง	B	ไม่ลบ	100	10	136.589
56	U24H	กลึง	B	ไม่ลบ	100	10	107.775
57	A44H	ไม่กลึง	C	ลบ	100	10	70.734
58	U24H	ไม่กลึง	C	ลบ	100	10	72.548
59*	A44H	กลึง	C	ลบ	100	10	100.951
60*	U24H	กลึง	C	ลบ	100	10	89.368
61	A44H	ไม่กลึง	B	ลบ	100	10	77.424
62	U24H	ไม่กลึง	B	ลบ	100	10	69.087
63*	A44H	กลึง	B	ลบ	100	10	115.267
64*	U24H	กลึง	B	ลบ	100	10	94.752

หมายเหตุ : (*) หมายถึง สภาวะการทดลองที่ใกล้เคียงกับสภาวะจริง



รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าตกค้างของข้อมูลดิบ



รูปที่ 6 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยหลัก

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของปัจจัยหลัก

ปัจจัย	DF	Adj SS	Adj MS	F	P-Value
A	1	6.2	6.180	0.010	0.939
B	1	5584	5583.8	5.910	0.018
C	1	313.5	313.5	0.300	0.583
D	1	2236	2236.1	2.240	0.140
E	1	31845	31844.9	61.02	0.000
F	1	134.6	134.60	0.130	0.719

ตารางที่ 7 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของปัจจัยร่วม

ปัจจัย	DF	Adj SS	Adj MS	F	P-Value
B	1	5584	5583.8	13.34	0.001
E	1	31845	31844.9	76.07	0.000
B*E	1	1655	1654.6	3.95	0.051
ความผิดพลาด	60	25117	418.6	-	
รวม	63	64201	-		
บทสรุปของแบบจำลอง	S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)	
	20.4602	60.88%	58.92%	55.49%	

จากหลักเกณฑ์การพิจารณาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต พบว่า การกลึงและการลบครีบมีความจำเป็น เนื่องจากต้องเป็นไปตามคุณลักษณะเฉพาะของชิ้นงานของลูกค้า ในส่วนของอุณหภูมิ เมื่อพิจารณากราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ค่าสีแดงที่ต่ำ ดังนั้นจึงเหมาะสมในการนำไปใช้ ในส่วนของปัจจัยที่เหลือ เมื่อพิจารณาจากคุณภาพชิ้นงานทดสอบ พบว่า การผลิตชิ้นงานจากวัสดุชนิด U24H การใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิด B และ การอบแห้งเป็นเวลา 10 นาที จะทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ ตารางที่ 8 แสดงตัวอย่างชิ้นงานซึ่งผลิตจากสภาวะที่ใช้ในการผลิตปัจจุบัน (ชิ้นงานผ่านกระบวนการกลึง และลบครีบ) โดยรูปชิ้นงานในกรอบเส้นประบาง ถูกพิจารณาว่าเป็นชิ้นงานดี (ค่าสีแดง <120 และผิวสม่ำเสมอ) รูปชิ้นงานในกรอบเส้นประหนา ถูกพิจารณาว่าเป็นชิ้นงานไม่ดี #1 (ค่าสีแดง <120 แต่ผิวไม่สม่ำเสมอ) ส่วนรูปที่เหลือถูกพิจารณาว่าเป็นชิ้นงานไม่ดี #2 และ #3 (ค่าสีแดง >120 และ/หรือผิวไม่สม่ำเสมอ)

สภาวะที่ 64 ซึ่งชิ้นงานผลิตจากทองเหลืองชนิด U24H ผ่านกระบวนการกลึงและการลบครีบ โดยใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิด B และอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ถูกนำไปใช้ผลิตชิ้นงานเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลการทดลอง ได้ผลการทดสอบค่าสีแดง คือ 97.273, 100.618 และ 90.488 ข้อมูลชุดนี้ถูกนำไปวิเคราะห์ด้วย 1 sample t-test ภายใต้ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลชุดนี้ไม่มีความแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองข้างต้น มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากมีค่า p-value 0.874 มากกว่า 0.05 เมื่อนำสภาวะดังกล่าวนี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง พบว่า จำนวนชิ้นงานไม่ดีที่เกิดปัญหาคราบแดงลดลงอย่างชัดเจน จาก 80.47% (รุ่นผลิต เดือนมีนาคม 2565) เป็น 36.05% (รุ่นผลิต เดือนเมษายน 2565) กล่าวคือลดลงมากถึง 44.42%

ตารางที่ 8 ลักษณะผิวของชิ้นงานทดสอบผลิตจากสภาวะที่ใช้ในการผลิตปัจจุบัน

	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (°C)	80	80	100	100
	เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (นาที)	5	10	5	10
ชิ้นงานผ่านการกลึง* การลบครีบ	A44H * น้ำมันหล่อเย็นชนิด B				
	U24H * น้ำมันหล่อเย็นชนิด B				
	A44H * น้ำมันหล่อเย็นชนิด C				
	U24H * น้ำมันหล่อเย็นชนิด C				

4.สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาคราบแดงในกระบวนการผลิตชิ้นงานทองเหลืองด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ 2^6 พบว่าการกลึงผิวและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพล โดยสภาวะที่เหมาะสมถูกพิจารณาร่วมกับคุณลักษณะเฉพาะของชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ ชิ้นงานจะถูกผลิตจากทองเหลืองชนิด U24H ผ่านกระบวนการกลึงและการลบครีบโดยใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิด B และอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้จัดการแผนกและพนักงานทุกท่านในบริษัทกรณีศึกษาที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนช่วยเหลือในการทำงานทุกด้านเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Yaofu Z. (2010). Review of Brass Dezincification Corrosion in Potable Water System, Corrosion Review, 28 (3-4), 155-196.

[2] Karpagavalli R , Balasubramaniam R. (2007). Development of novel brasses to resist dezincification, Corrosion Science, 49(3), 963-979.

[3] Assoulia B., Srhirib A, Idrissi H., (2003). Characterization and control of selective corrosion of α,β′-brass by acoustic emission, NDT & E International 36(2), 117-126.

[4] Troiani H.E., Baruj A. (2007). In situ optical microscopy study of a phase transformation induced by the dezincification of beta Cu–Zn, Materials Science and Engineering, A, 454-455.

[5] Zhou P. (2018).The Corrosion of Copper and Copper Alloys., Encyclopedia of Interfacial Chemistry: Surface Science and Electrochemistry, 6(), 478-489.

[6] Ilhan A., Harun A., (2011). Determining the effect of cutting parameters on surface roughness in hard turning using the Taguchi method, Measurement, 44 (9), 1697-1704.

[7] Shyam K., (2012). An Overview on Taguchi Method, International Journal of Engineering and Mathematical Sciences, 1(), 11-18.

[8] ปฐมพงษ์ หอมศรี และ จักรพรรณ คงธนะ. 2556. การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 12 ฉบับที่ 2, หน้า 73-95.

[9] Beauchamp Y., Thomas M. (1996). Investigation of cutting parameter effects on surface roughness in lathe boring operation by use of a full factorial design, Computers & Industrial

Engineering, 31(3–4), 645-651.

[10] Rafidah, A., Nurulhuda A, Azrina A, (2014.) Comparison Design of Experiment (DOE): Taguchi Method and Full Factorial Design in Surface Roughness, Applied Mechanics and Materials, 660(), 275–279.

[11] องค์การ ศิริสวัสดิ์. 2551. การศึกษาวิธีการผลิตเทฟลอนที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิคการออกแบบที่เหมาะสม, ม.ป.ท.: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 7-24.

ID029

การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

Defect Reduction in Electronics Part Forming Process by Six Sigma Technique

นายเจษฎา กังเซ่ง[1*] และ ระพี กาญจนะ[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110
E-mail: jassada_k@mail.rmutt.ac.th

Jassada Kungseng[1*] and Rapee Kanchana[1]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Moo 1, Klong 6, Khlong Luang Pathum Thani 12110
[*]E-mail: jassada_k@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประยุกต์เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่าโมเดลอินเตอร์คอนเนกซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่างที่เกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก (Polyimide) หลังจากการขึ้นรูปคิดเป็นร้อยละ 73.00 ของปัญหาที่เกิดทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 3,012 DPPM (Defect Parts Per Million) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ร้อยละ 96.92 ของงานที่ผลิตทั้งหมด วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการระบุปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกในขั้นตอนของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการรวมทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้วจึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ จากนั้นทำการควบคุมกระบวนการให้สามารถดำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังจากการขึ้นรูปจาก 3,012 DPPM ลงเหลือ 75 DPPM คิดเป็นร้อยละการปรับปรุงเท่ากับ 97.51 ทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึงร้อยละ 99.38 ของงานทั้งหมด ส่งผลให้สามารถลดงานเสียในกระบวนการผลิตและเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากขึ้น

คำหลัก ลดของเสีย กระบวนการขึ้นรูป ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า

Abstract

This research aims to reduce waste in the forming process of electronic components by applying the six sigma technique. According to historical data, interconnect model which is a sample model showed that the polyimide crack defective problem occurred up to 73.00% which equaled to 3,012 DPPM (Defect Parts Per Million) with acceptable part output (yield) at 96.92% of all manufactured work. The research methodology consisted of 5 steps, starting with method and finding out the cause of the cracking problem on the plastic part in the process of forming the electronic components. Then the measurement system analysis and the process capability analysis, as well as the root cause analysis were used. When the root causes were identified, the design of experiment (DOE) and redesign technique were later used in the

improvement phase. Then, process control was assigned for maintaining the result of improvement. The results showed that it could reduce the cracking problem of plastic part after forming from 3,012 DPPM down to 75 DPPM, the improvement percentage is 97.51% DPPM. This resulted in acceptable productivity of 99.38% of all manufactured work. As a result, it can reduce waste in the production process and increase the customer satisfaction.

Keywords: Defect reduction, forming process, electronics part, six sigma technique

1. บทนำ

ในปี 2559 มูลค่าการส่งออกของประเทศไทยเท่ากับ 7.6 ล้านล้านบาท หรือประมาณ 50% ของ GDP โดยอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีมูลค่าประมาณ 1.2 ล้านล้านบาท หรือประมาณ 16% ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด ประเทศไทยมีจำนวนบริษัทในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 573 ราย และมีการจ้างงานจำนวนเกือบ 400,000 คน อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อประเทศเราพอสมควร โดยตลาดสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ในการส่งออกไปยังประเทศต่างๆ อย่างที่หลายคนรู้ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ของโลก อย่าง Hard Disk Drives รวมทั้งแผงวงจร Integrated Circuit, Microchip ซึ่งถูกนำไปเป็นส่วนประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายอย่าง เช่น คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก โทรทัศน์ โดยเฉพาะ Hard Disk Drives และแผงวงจร Integrated Circuit เป็นสินค้าที่มีสัดส่วนกว่า 70% ของมูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของไทยก็คือ สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของไทยนั้นแพงขึ้นประมาณ 7% จึงทำให้ความต้องการจากลูกค้านั้นลดลง [1]

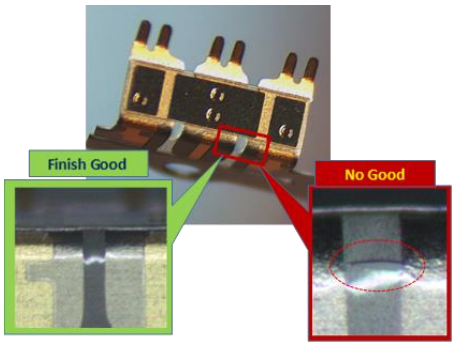
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2545 ได้รับการยอมรับในฐานะผู้นำด้านการผลิตชิ้นส่วนสำคัญในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก มีฐานการผลิตอยู่ทั่วโลก ส่วนผลิตภัณฑ์สินค้าและบริการได้แก่ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กต่างๆ ที่ใช้ประกอบเป็น ฮาร์ดดิสก์ และสมาร์ทโฟน สินค้าที่ผลิตได้จะส่งไปให้บริษัทคู่ค้าในต่างประเทศและบริษัทในกลุ่มฐานการผลิตในประเทศต่างๆ โดยบริษัทมีความมุ่งเน้นในด้านความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานและการจัดส่งตามเวลาที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาโมเดลอินเตอร์คอนเนก (Interconnect) ซึ่งมียอดการสั่งซื้อสูงสุดในปี 2564 โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการขึ้นรูปตัวงาน (Forming) เป็นสำคัญ จากข้อมูลย้อนหลังในเดือน เดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือนพฤษภาคม 2564 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโมเดล Interconnect จะพบปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกหลังจากการขึ้นรูป 1,735 ชิ้น/เดือน คิดเป็นร้อยละ 73.00 ของปัญหาที่เกิดทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 3,012 DPPM ส่งผลให้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ร้อยละ 96.92 ของงานที่ผลิตได้ทั้งหมด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นลดปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่าโดยสามารถลดปริมาณของเสียลงอย่างน้อยร้อยละ 73.00

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างวงจร (Interconnect)

ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างวงจร (Interconnect) ดังรูปที่ 1 ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นองค์ประกอบอิเล็กทรอนิกส์ขั้นพื้นฐานหรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มักจะบรรจุในรูปแบบไม่ต่อเนื่องโดยมีสายต่อหรือแผ่นโลหะที่เชื่อมต่อกันสองแผ่นหรือมากกว่า ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ วัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยปกติแล้วจะเชื่อมต่อกับ แผงวงจรพิมพ์ (PCB) เพื่อสร้าง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ มีฟังก์ชั่นเฉพาะ (เช่นเครื่องขยายเสียง เครื่องรับวิทยุ เครื่องกำเนิดสัญญาณไร้สาย) ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์หลักบางส่วน ได้แก่ ตัวต้านทานตัว เก็บประจุ ทรานซิสเตอร์ ไดโอด



รูปที่ 1 โมเดลอินเตอร์คอนเนก

2.2 เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

Park [2] กล่าวถึงจุดกำเนิดของวิธีการเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่าเริ่มขึ้นเมื่อบริษัทโมโตโรล่าได้พัฒนาและสร้างโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพสินค้าโดย ไมเคิล แฮรี่ (Mikel Harry) และบ็อบ แกลวิน (Bob Galvin) ในช่วงปี ค.ศ. 1980 บริษัทโมโตโรล่า ซึ่งอาศัยแนวคิดของการอธิบายกระบวนการด้วยการศึกษาความแปรปรวนของศาสตราจารย์ W. Edwards Deming บิดาแห่งการพัฒนาคุณภาพ

ความหมายของซิกซ์ ซิกม่า

Dose [3] ได้กล่าวถึงความหมายของเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ไว้ 3 ความหมาย ดังนี้ คือ

1. กลยุทธ์ทางธุรกิจซึ่งทำให้เกิดการได้เปรียบทางการแข่งขัน

2. ปรัชญาที่ทำให้สามารถทำงานได้ด้วยความฉลาดมากขึ้น ซึ่งจะหมายความว่าสามารถลดข้อผิดพลาดให้น้อยลงในทุกๆ ด้านจากการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองยอดการสั่งซื้อ เราจะสามารถค้นพบ และลดแหล่งที่มาของความแปรปรวนในกระบวนการซึ่งทำให้ระดับ ซิกซ์ ซิกม่า สูงขึ้นอันหมายถึงการปรับปรุงของความสามารถของกระบวบการ (Process Capability) โดยมีผลให้ข้อผิดพลาดหรือของเสียไม่เกิดขึ้น

3. เครื่องมือวัดทางสถิติซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ การบริการ หรือกระบวนการมีคุณภาพเป็นอย่างไร วิธีการของซิกซ์ ซิกม่าจะทำให้เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์การบริการ (Service Product)

ขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า

1. กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) ขั้นตอนการศึกษาความต้องการของลูกค้า และนำความต้องการของลูกค้าที่เป็นปัญหามาจัดระดับความสำคัญและเลือกปัญหามาดำเนินการแก้ไข

2. การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ในขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการที่ทำการศึกษากระบวนการโดยละเอียด กำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการหรือตัวแปรตอบสนองกระบวนการ

3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยที่มีความสำคัญของกระบวนการมาทำการวิเคราะห์ผ่านวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน เพื่อดูว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีนัยสำคัญกับปัญหาเพื่อจะนำปัญหาไปดำเนินการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

4. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) ขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างปัจจัยนำเข้าและปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปัจจัยนำเข้านั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยเพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับกระบวนการ

5. การควบคุมปัจจัยต่างๆ (Control Phase) ขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ และทำการปรับปรุงต่อเนื่อง [4]

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการบริหารคุณภาพด้วยวิธีการเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่นำแนวทางเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่ามาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต และถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาในหลากหลายอุตสาหกรรมอย่างเช่น การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยเทคนิก ซิกซ์ ซิกม่า [4] การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรกรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC [6]

3. ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดำเนินการตามเทคนิคของซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา

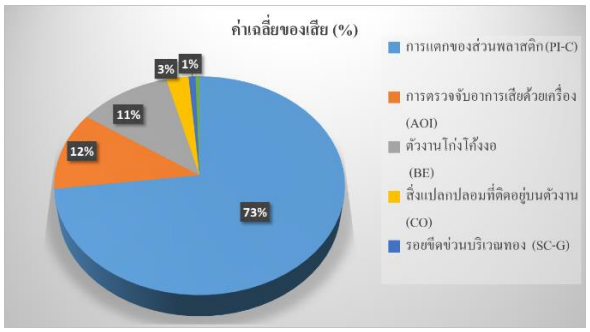
3.2 การจัดตั้งทีมในการแก้ปัญหา

3.3 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา
3.4 ขั้นตอนการวัด
3.4.1 ศึกษาแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการ
3.4.2 แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัญหา
3.4.3 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อที่จะกำหนดปัจจัยพิจารณา
3.4.4 วิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ
3.4.5 วิเคราะห์ระบบการวัด
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์
3.5.1 หาขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง
3.5.2 ทดลอง
3.5.3 ทดสอบสมมติฐาน
3.6 ขั้นตอนการปรับปรุง
3.7 ขั้นตอนการควบคุม

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลขั้นตอนการกำหนดปัญหา

จากข้อมูลของฝ่ายผลิตย้อนหลังตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน มิถุนายน 2564 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก ดังรูปที่ 2

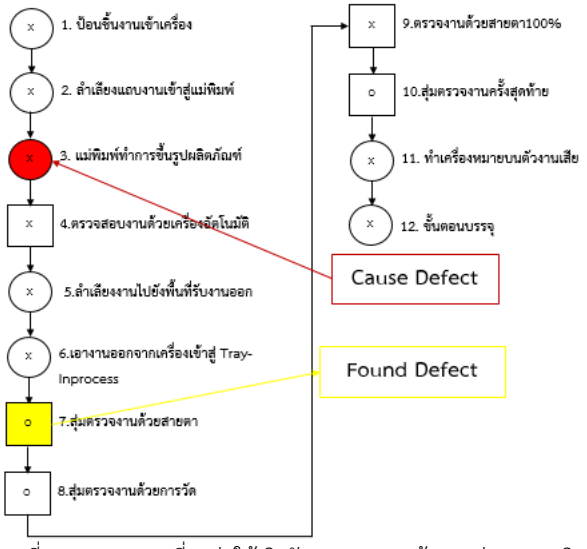


รูปที่ 2 ปัญหาที่พบในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก

จากรูปที่ 2 พบว่าปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกมีสัดส่วนปัญหามากที่สุดในปัญหาหลัก 5 อันดับแรกที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก โดยพบปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปชิ้นส่วนถึง 73.00% จากปัญหาทั้งหมด

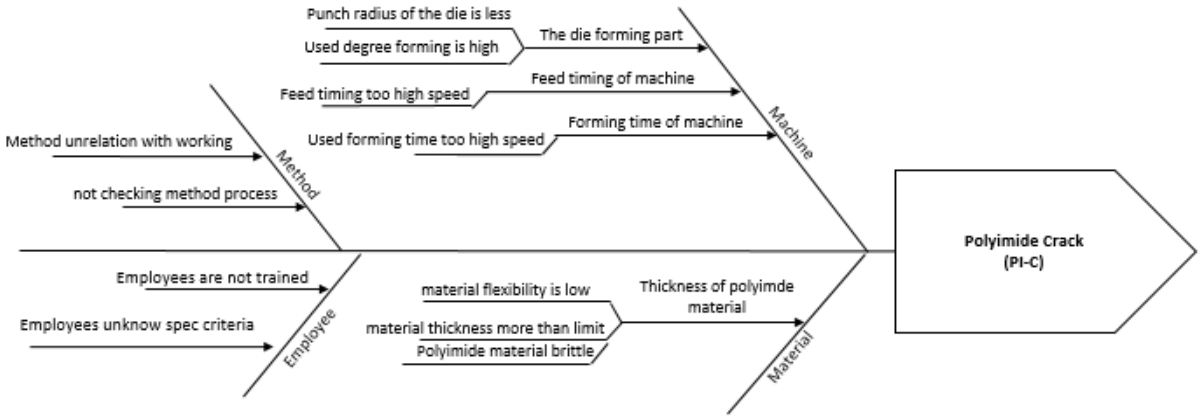
4.2 ผลขั้นตอนการวัด

จากการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการสามารถแสดงขั้นตอนการไหลของกระบวนการการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนตั้งแต่วัตถุดิบรับเข้าผ่านกระบวนการผลิตจนเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากรูปที่ 2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการพบว่าขั้นตอนที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาการเกิดการแตกของส่วนพลาสติกเกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนของแม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Forming part) เป็นขั้นตอนที่สามารถตรวจเจอปัญหาการเกิดรอยแต่ร้าวบนส่วนพลาสติก และขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการสุ่มตรวจงานด้วยสายตา ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการที่จะก่อให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติก

เมื่อทำการศึกษากระบวนการโดยครบถ้วนทั้งกระบวนการแล้วจึงพอจะทำให้ทราบได้ว่าตัวแปรเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อทำการหาสาเหตุของปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดตามรูปที่ 4



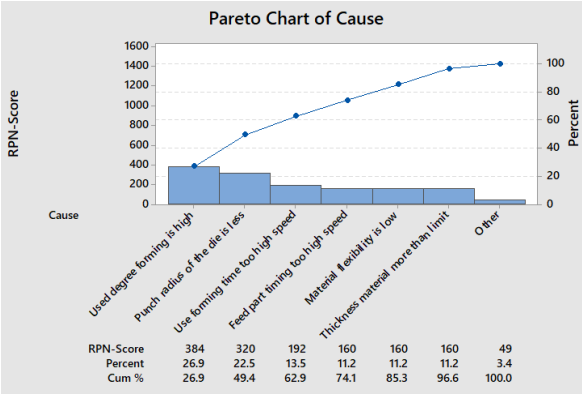
รูปที่ 4 การหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล

เมื่อทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและจากการระดมสมองแล้ว จะทำการวิเคราะห์ต่อในการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการด้วยการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) [5] เพื่อสามารถค้นหาสาเหตุที่จะมีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

Process	Potential failure mode	Potential failure effect	Severity (Score)	Potential causes	Occurrence (score)	Current control	Detection (score)	RPN
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	8	thickness matarial more than limit	5	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	4	160
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	8	Material flexibility is low	5	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	4	160
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	9	Polyimide material brittle	6	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	5	270
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Use forming time too high speed	6	WI (Working Instruction), Maintain speed limit control	4	192
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Feed part timing too high speed	5	WI (Working Instruction), Maintain speed limit control	4	160
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Used degree forming is high	8	Drawing	6	384
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Punch radius of the die is less	8	Drawing	5	320
Method	Method process	Polyimide Crack defect	7	Method unrelation with working	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	3	21
Method	Method process	Polyimide Crack defect	7	Not checking method process	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	1	7
Employee	Operator machine	Polyimide Crack defect	7	Employee are not trained	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	2	14
Employee	Operator visual	Polyimide Crack defect	7	Employee unknow defect criteria	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	2	14

จากผลการวิเคราะห์ FMEA นำค่า RPN ทั้งหมดมาจัดเรียงลำดับจากมากไปน้อยแล้วทำการคัดเลือกข้อบกพร่องที่สำคัญทั้งหมด 11 ปัจจัย และพิจารณาว่าข้อบกพร่องที่เป็นสาเหตุที่ควรนำมาทำการแก้ไขปัญหาด้วยหลักการพาเรโตประกอบไปด้วย 6 ปัจจัยข้อบกพร่องที่มีค่า RPN-Score มากกว่า 100 คะแนน ดังรูปที่ 5 เนื่องจากมีค่า RPN ที่สูงที่สุดหลังทำการวิเคราะห์



รูปที่ 5 ค่า RPN เรียงตามลำดับตามหลักการพาเรโต

4.3 ผลขั้นตอนการวิเคราะห์ผล (Analyze Phase)

จากขั้นตอนการวัดผล (Measurement Phase) พบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา 6 สาเหตุซึ่งประกอบไปด้วย

1. องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง
2. รัศมีพันช์ของแม่พิมพ์น้อย
3. เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป
4. วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด
5. ความยืดหยุ่นของวัสดุ
6. เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ทีละสาเหตุ โดยใช้วิธีการแบบ 2 Proportion เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหารอยแตกราวบนส่วนพลาสติก ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จะแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมมติฐาน

ลำดับ	สาเหตุ	RPN-Score	Hypothesis Test
1	Used degree forming is high (องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง)	384	Significant
2	Punch radius of the die is less (รัศมีพันช์ของแม่พิมพ์น้อย)	320	Significant
3	Use forming time too high speed (เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป)	192	Insignificant
4	thickness material more than limit (วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด)	160	Insignificant
5	Material flexibility is low (ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ)	160	Insignificant
6	Feed part timing too high speed (เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป)	160	Insignificant

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองวิเคราะห์ความแตกต่างเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ (Screen Factor) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและต้องทำการควบคุมคือ 1. องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ใช้อยู่ในระดับสูง 2. รัศมีพันช์ของแม่พิมพ์น้อย ขั้นตอนต่อไปจะนำทั้ง 2 ปัจจัยไปทำการปรับปรุง (Improve)

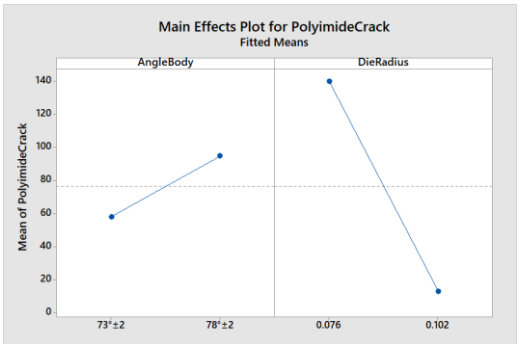
4.4 ผลขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากการวิเคราะห์จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factor) มีปัจจัยที่ต้องปรับปรุงคือ 1. องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน 2. รัศมีพันช์ของแม่พิมพ์ โดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสมดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^K Full Factorial โดยกำหนดปัจจัยดังตารางที่ 3 โดยขั้นตอนการทดสอบ จะประกอบด้วย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และทดสองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่างๆ เป็นจำนวน 2 Replicate จำนวนที่ใช้ทดลองทั้งหมดรวม 8 ครั้ง จำนวนงานที่ใช้ 12,432 ตัว/ครั้ง

ตารางที่ 3 แสดงปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

Factor	KPIV		Unit
	Current	New	
Angle_Body	78°	73°	(°) Degree
Die_Radius	0.076	0.102	mm.

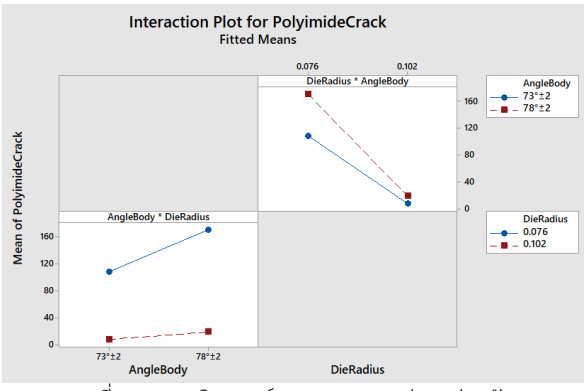
ผลการทดลองแบบ 2^K Full Factorial เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลักสามารถแสดงได้ในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลักโดยกำหนดให้ n = 12,432 Pcs.

จากรูปที่ 6 เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสาเหตุหลักแต่ละตัวจากการปรับตั้งค่าที่ต่ำสุดไปสู่ค่าสูง

ที่สุด ซึ่งจะมีแนวโน้มการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก โดยองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน เปลี่ยนแปลงจาก 78° เป็น 73° จะทำให้เกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก ลดน้อยลง และในส่วนรัศมีพันธ์ของแม่พิมพ์ เปลี่ยนแปลงจากขนาด 0.076 mm. เพิ่มขึ้นเป็น 0.102 mm. ทำให้เกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกลดลง ทั้งนี้สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนและรัศมีพันธ์ของแม่พิมพ์ ไม่มี Interaction ต่อกัน ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

4.5 ผลขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

ตัวแปรที่ทำการควบคุมทั้งหมด มี 2 ตัวได้แก่ 1. องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน 2. รัศมีพันธ์ของแม่พิมพ์

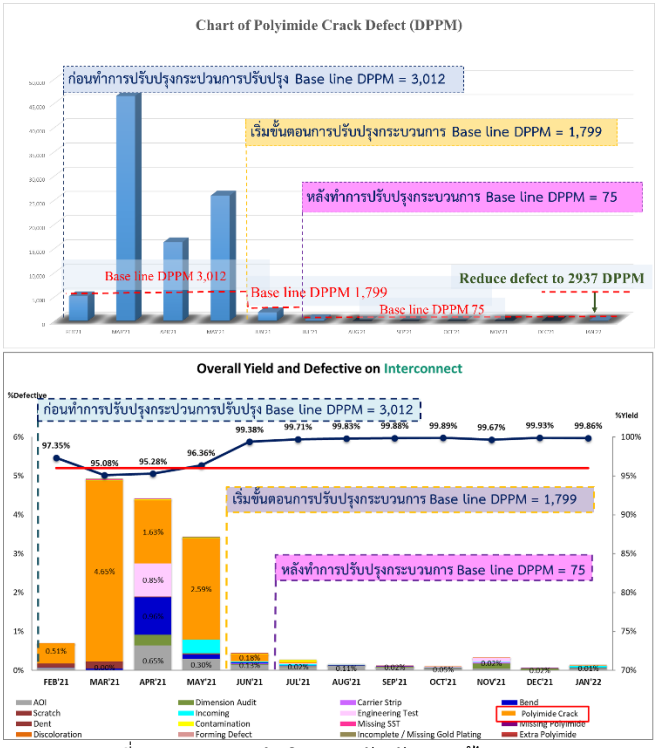
1. องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนไม่เป็นไปตามการควบคุม

ในการควบคุมนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายเครื่องมือและแม่พิมพ์ เป็นผู้ปรับพารามิเตอร์ของเครื่องทุกครั้งที่เริ่มต้นกระบวนการผลิตโมเดลอินเตอร์คอนเนกเพื่อให้องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนใช้องศาที่กำหนด (73°) และทำการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างเพื่อส่งวัดองศาการขึ้นรูปหลังปรับพารามิเตอร์ โดยผู้ที่ทำหน้าที่วัดองศาของชิ้นงานที่ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว คือพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ โดยใช้เครื่องวัดองศาการขึ้นรูป เมื่อพนักงานวัดองศาการขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะบันทึกผลและส่งขึ้นไปบนระบบหลักเพื่อให้ช่างเทคนิคสามารถตรวจสอบผลการวัดได้ การเฝ้าระวังคือพนักงานจะต้องทำการสุ่มงานจำนวน 2 แถบ (Strips) ในช่วงการเริ่มต้นดำเนินงานหลังจากขึ้น Lot งานใหม่ในทุกๆ Lot งานที่ดำเนินการผลิต

2. รัศมีพันธ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วน

รัศมีพันธ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะต้องอยู่ในสเปคที่การออกแบบไว้ และจะต้องผ่านการตรวจสอบ โดยการวัดขนาดของพันธ์เทียบกับฟิล์มเกจ (Film Gage) จะต้องได้ขนาดที่กำหนดไว้ คือ 0.004” หรือ 0.102 mm. โดยการตรวจสอบนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายเครื่องมือและแม่พิมพ์ จะทำการถอดแม่พิมพ์ไปตรวจสอบในทุกๆ การดำเนินงาน 4 Lot / 1 ครั้ง ก่อนจะนำแม่พิมพ์มาดำเนินการผลิตต่อ หากพบว่าผลการตรวจสอบนั้นไม่ผ่านจะทำการเปลี่ยนหรือส่งคืนผู้ขายเพื่อทำการซ่อมแซม

หลังการปรับปรุงและการควบคุมตัวแปรต่างๆ แล้วพบว่า ปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก มีแนวโน้มลดลงดังแสดงในรูปที่ 8

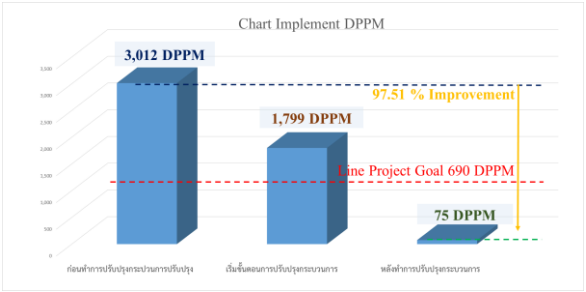


รูปที่ 8 ผลจากการดำเนินการหลังปรับปรุงแก้ไข

5. สรุป

จากการประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า มาช่วยแก้ไขปัญหาการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วน ในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก พบว่าก่อนการปรับปรุงเกิดปัญหาการแตก

บนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนโดยเฉลี่ย 3,012 DPPM ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพก้างปลา การระดมสมอง และการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนคือ ค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน (Angle Body) และค่ารัศมีพันช์ของแม่พิมพ์ (Die Radius) จากการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญที่ 5% จะพบว่า คือ ค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน และค่ารัศมีพันช์ของแม่พิมพ์ ส่งผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วน อย่างมีนัยสำคัญ และจากการปรับจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบการทดลอง 2^k Full Factorial เพื่อทำการหาค่าปัจจัยที่เหมาะ เมื่อทำการทดลอง 2^k Full Factorial พบว่าการปรับตั้งค่าที่เหมาะสมของ องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน และรัศมีพันช์ของแม่พิมพ์ ที่เหมาะสมอยู่ที่ องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนควบคุมที่ 73° และ ค่ารัศมีพันช์ของแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.102 mm. ทำให้เกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนลดน้อยลงถึง 97.51% คือ 75 DPPM และทำให้เพิ่มผลผลิตที่สามารถยอมรับได้ถึง 99.83% ของกระบวนการผลิตทั้งหมดแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 สรุปผลการทดลองในช่วงก่อน-หลังการปรับปรุง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและบริษัทกรณีศึกษาที่เอื้อเฟื้อในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] เศรษฐกิจไทยไตรมาสที่สี่ของปี 2559 ทั้งปี 2559 และแนวโน้มปี 2560, สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=6433&filename=index (20 กุมภาพันธ์ 2560).

[2] S. H. Park, Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, 32thed, Japan: The Asian Productivity Organization, 2003.

[3] R. Does, et al., "Comparing Nonmanufacturing with Traditional Application of Six Sigma," Journal of Quality Engineer, vol., pp. 177-182, 20

[4] ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และสมจิตร ลาภโนนเขวา การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า,การ ประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 24-26 ตุลาคม 2550.

[5] ธนากร เกียรติบรรลือ, FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในกระบวนการผลิต, วารสาร Industrial Technology Review. ฉบับ 73 กรกฎาคม 2543. หน้า 101-105.

[6] วลัยพร เหมโส และระพี กาญจนะ. 2556. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรกรถยนต์โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 11 ฉบับที่ 2, หน้า 33 – 46.

ID030

การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ด้วยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

Increasing Productivity in the Insulation Pipes Production Process by Six Sigma Technique

ศตวรรษ รื่นเริง[1*] และ ระพี กาญจนะ[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110
[*]E-mail: Satavat_r@mail.rmutt.ac.th

Satavat Reunreng[1*] and Rapee Kanchana[1]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Moo 1, Klong 6, Khlong Luang Pathum Thani 12110
[*]E-mail: Satavat_r@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนโดยประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่าในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิต (%Yield) เท่ากับ 56.78 ของจำนวนสั่งผลิต (Manufacturing Order) ของเดือนมกราคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 พบว่าจากปัญหาของเสีย Delaminate (Delaminate คือ ช่องว่างระหว่างชั้นโฟม) ในกระบวนการผลิต ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัยด้วยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (DMAIC) โดยเริ่มจากการระบุปัญหาและหาสาเหตุของเสีย Delaminate จากนั้นวิเคราะห์ระบบการวัดและความสามารถของกระบวนการรวมทั้งวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้วจึงทำการปรับปรุงโดยใช้การระดมความสมองจากผู้มีประสบการณ์ปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่ จากนั้นทำการควบคุมกระบวนการให้สามารถดำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง จากข้อมูลก่อนการปรับปรุงปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตคิดค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 43.22 หลังจากการปรับปรุงลดปัญหาของเสีย Delaminate ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตคิดค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 18.00 ผลการปรับปรุงเพิ่มผลผลิตในกระบวนคิดค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 82.00 ของจำนวนสั่งผลิต (Manufacturing Order) ของเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนมิถุนายน 2565 ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวคิดในปรับปรุงแก้ไขปัญหากับรุ่นอื่น ๆ ได้

คำหลัก : ผลผลิต ฉนวนกันความร้อน เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

Abstract

This research aims for increasing productivity in the insulation pipes production process by applying six sigma technique. According to historical data, product model 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m, calculate for average percent yield at 56.78 of manufacturing order on January and February 2022. Found out had delaminate defected problem. This research methodology consisted of 5 steps, starting with

identifying cause of delaminate defected problem in process. And then measurement system analysis and the process capability analysis, as well as root cause analysis were used. Since, the root cause was identified the improvement phase began with brainstorming from specialists so as to modify the manufacturing process. After that, process controlling was assigned to maintaining the result of improvement. From record before improvement calculate for average percent defected at 43.22. After improvement we did reduce delaminate defected problem in product model 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m, defected on process calculate for average percent defected at 18.00. The result showed that it. After increasing productivity in the insulation pipes process, the average percentage of yield was at 82.00 of manufacturing order on May and June 2022. The results of this study can be used as a concept to improve problems with other models.

Keywords: Productivity, Insulation pipe, six sigma technique.

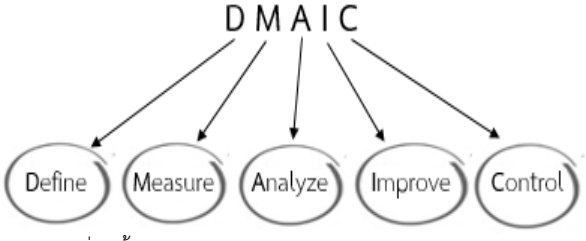
1. บทนำ

บริษัทกรณีศึกษาทำการผลิตผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศนำไปใช้หุ้มท่อทองแดงและท่อเหล็ก ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องปรับอากาศมีคุณสมบัติป้องกันการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำบนผิวของท่อ ท่อฉนวนกันความร้อนที่มีการนำความร้อนต่ำและกันไอน้ำซึมผ่าน จะทำให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานทั้งยังให้ความสวยงามเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ดั้งนั้นผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนจึงมีความสำคัญมาก จากการเก็บข้อมูลร้อยละผลผลิต (%Yield) ผลิตงานจาก 3 สายการผลิต ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2564 พบว่า สายการผลิตที่ 2 และ3 มีร้อยละผลผลิต ของการผลิต ต่ำกว่าร้อยละ 80 จากการศึกษาข้อมูลในสายการผลิตที่ 2 และ3 มีการผลิตงานที่เหมือนกัน แต่สายการผลิตที่ 3 จะมีความถี่ในการผลิตงานที่บ่อยครั้งกว่า ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงได้เลือกทำการปรับปรุงความสามารถกระบวนการผลิตที่ 3 จากการรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม 2564 พบความถี่มากของการเกิดปัญหา Delaminate จึงเริ่มเก็บข้อมูลปริมาณของเสีย ในงานรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ในเดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2565 และดำเนินงานวิจัยในเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน 2565 ซึ่งงานรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m มีการผลิตในทุก ๆ เดือน ด้วยเหตุนี้จึงต้องการปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนโดยการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เพื่อลดปริมาณการทิ้งของเสียในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนของผลิตภัณฑ์ราคาขายผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m โดยการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า ตามขั้นตอน DMAIC เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เป็นการบริหารที่มุ่งเน้นในการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่า และลดการแก้ไขตัวชิ้นงาน [1] และสอนให้พนักงานรู้แนวทางในการดำเนินงานอย่างมีหลักการ และจะไม่พยายามจัดการกับปัญหาแต่จะพยายามกำจัดปัญหาทิ้ง ซึ่งนิยมใช้กันในทุกวงการอุตสาหกรรมโดยขั้นตอนบริหารจัดการ การแก้ปัญหาประกอบด้วย ตัวอักษรย่อแทน 5 ขั้นตอนการปรับปรุง [2] คือ DMAIC ขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนบริหารจัดการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

2.1 ขั้นตอนการศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)

การกำหนดปัญหา (Define: D) ที่มีความสนใจในการปรับปรุง ขอบเขตของโครงการที่ต้องการปรับปรุง กำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา ระยะเวลาของโครงการ เป้าหมายความสำเร็จ อย่างชัดเจน ในรูปแบบของ Process map เช่น อุตสาหกรรมผลิตแก้วไวน์ ได้ประยุกต์ใช้ลีน ซิกซ์ซิกม่า สำหรับปรับปรุงโดยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการเป็นเครื่องมือในการกำหนดปัญหาและทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการ หลังจากการปรับปรุงของเสียภัณฑ์ทั้งหมดลดลงจาก 3.20% เหลือเพียง 1.73% ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง 87,850 บาทต่อครั้ง [3]

2.2 ขั้นตอนการวัด (Measurement Phase)

การวัด (Measurement: M) เป็นการวัดและการประเมินสภาพปัจจุบันของกระบวนการ ทำความเข้าใจกับกระบวนการเริ่มต้นด้วยการวัดความสามารถของกระบวนการ เพื่อทราบถึงโอกาสการเกิดของเสียของกระบวนการผู้ประเมินจะต้องเข้าใจ และคำนวณออกมา ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นเท่าไรที่ชัดเจน เพื่อนำข้อมูลจริงมาวิเคราะห์ ความสามารถของกระบวนการ เช่น อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แห่งหนึ่งได้ประยุกต์ใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกม่าเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ทำการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบคุณภาพและข้อบกพร่องของกระบวนการโดยใช้โดยหลักทางสถิติ Gage R&R ทำให้มั่นใจได้ว่าการตรวจวัดไม่ส่งผลกับการเกิดปัญหาในกระบวนการหน่วย [4]

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

การวิเคราะห์ (Analysis : A) เป็นการวิเคราะห์ซึ่งได้นำข้อมูลจากการวัดมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในกระบวนการและทดสอบสมมุติฐานที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เช่น อุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ บริษัทผลิตเบียร์แห่งหนึ่ง ประยุกต์ใช้ Why-Why Analysis นำมาใช้วิเคราะห์เพื่อจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต ผลจากการปรับปรุงพบการหยุดเครื่องบรรจุหีบห่อของสินค้าลดลง จาก 9 ครั้ง เหลือ 4 ครั้ง [5]

2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข (Improve Phase)

การปรับปรุงแก้ไข (Improve : I) เป็นการพัฒนาหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น ในการนำไปปฏิบัติกับสถานที่จริงจะต้องบริหารงานอย่างรอบคอบและได้รับการตรวจสอบ โดยจะต้องมีการทำโครงการนำร่อง ทีมจะดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาอย่างระมัดระวังเพื่อพิจารณาว่าสิ่งใดอาจเกิดความผิดพลาด และเตรียมที่จะป้องกันหรือจัดการกับความยุ่งยากที่อาจเกิดขึ้น เช่น อุตสาหกรรมผลิตสุขภัณฑ์ แห่งหนึ่งประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์ เพื่อปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการบดวัตถุดิบในกระบวนเพื่อประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ผลจากการปรับปรุงการทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ถึง 30-40% คิดเป็นค่าใช้จ่ายในรอบหนึ่งปี สามารถประหยัดเงินได้ถึง 1.75 ล้านบาท เป็นต้น [6]

2.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

การควบคุมกระบวนการ (Control : C) เป็นการควบคุม ติดตาม และรักษาสิ่งที่ได้ดำเนินการไว้ให้คงอยู่ ประเมินความเสี่ยงอย่างเป็นระยะๆโดยใช้เครื่องมือการควบคุมกระบวนการ เช่น อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งผลิตผ้าเบรครถยนต์ต้องการลดของเสียจากกระบวนการโดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC หลังการปรับปรุงได้ทำการควบคุมโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ปรับตั้งในเอกสารสั่งผลิตและจดบันทึกค่าในเอกสารสั่งผลิตเพื่อยืนยันการตรวจสอบ และใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) มาใช้ควบคุมและติดตามผลหลังจากการปรับปรุง [7]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยปรับปรุงความสามารถกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน เพื่อลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต จึงมีการระดมสมองจากทีมงานเพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงในการเกิดข้อบกพร่อง ของกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน โดยดำเนินงานวิจัยตามขั้นตอน DMAIC ของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นตอน DMAIC แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า	เครื่องมือที่ใช้
1. ขั้นตอนการศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)	- Process Map - Pareto diagram
2. ขั้นตอนการวัด (Measurement Phase)	- Gage R&R
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)	- 5 Why Analysis
4. ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข (Improve Phase)	- Brain storming
5. ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)	- Work instruction

3.2 ลักษณะปัญหา Delaminate

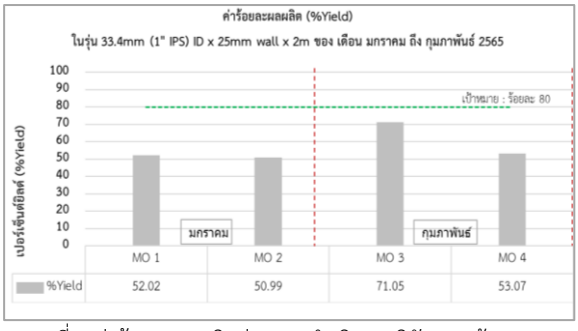
ปัญหา Delaminate คือ การเกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมของท่อฉนวนกันความร้อน ซึ่งช่องว่างระหว่างชั้นโฟมนี้จะเกิดตลอดท่อฉนวนกันความร้อน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะปัญหา Delaminate ของท่อฉนวนกันความร้อน

3.3 ข้อมูลค่าร้อยละผลผลิตเมื่อเริ่มต้นการดำเนินงานวิจัย

วิเคราะห์ค่าร้อยละผลผลิต (%Yield) ในช่วงเวลาการดำเนินงานวิจัยก่อนการปรับปรุง ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ของ เดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ 2565 โดยมีปริมาณการผลิตรวมจำนวน 4 คำสั่งผลิต (Manufacturing Order). ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 52.02 ของคำสั่งผลิตที่ 1, ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 50.99 ของคำสั่งผลิตที่ 2, ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 71.05 ของคำสั่งผลิตที่ 3 และ ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 53.07 ของคำสั่งผลิตที่ 4 ตามลำดับ ดังรูปที่ 3

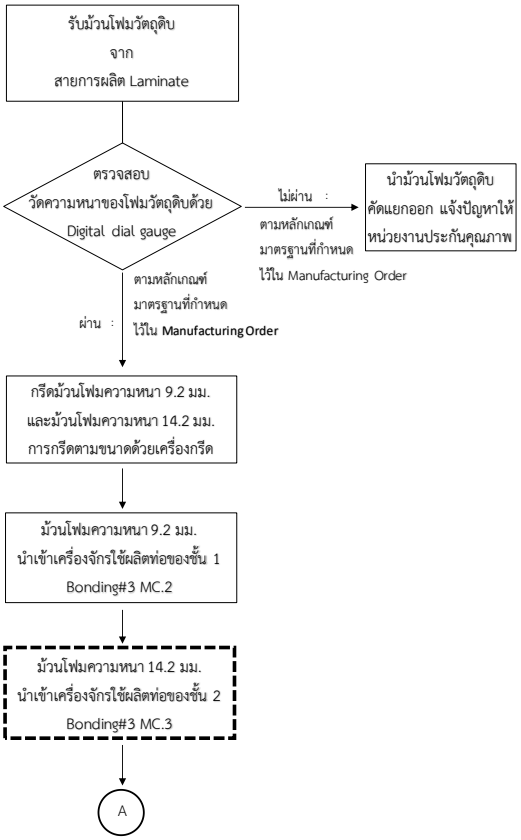


รูปที่ 3 ค่าร้อยละผลผลิตก่อนการดำเนินงานวิจัยและเป้าหมาย

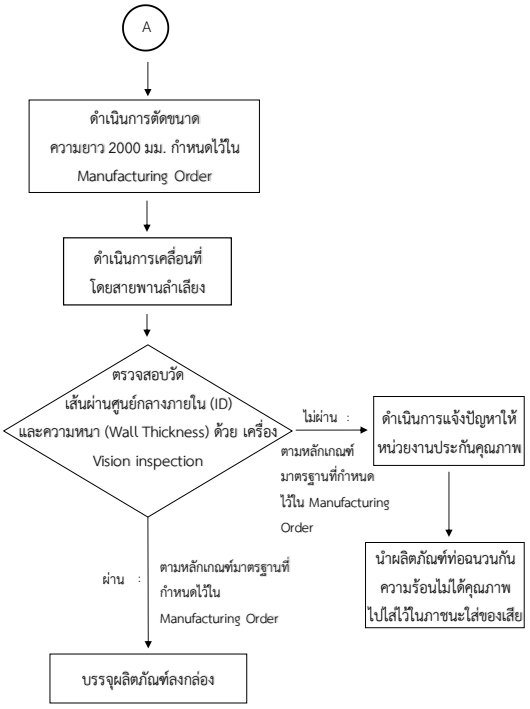
4. ผลการดำเนินงาน

4.1. กำหนดขอบเขตของปัญหา

กระบวนการผลิตจะใช้วัตถุดิบม้วนแผ่นโฟม จำนวน 2 ชั้น นำมาม้วนขึ้นรูปท่อโฟมโดยให้ความร้อนกับโฟมเพื่อผสานเข้าด้วยกัน วัตถุดิบม้วนโฟมชั้นที่ 1 ใช้ความหนาของโฟม 9.2 มิลลิเมตร ที่เครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อน เครื่องจักร MC.2 และวัตถุดิบม้วนโฟมชั้นที่ 2 ใช้ความหนาของโฟม 14.2 มิลลิเมตร จะพบปัญหา Delaminate ได้ที่เครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อน เครื่องจักร MC.3 ตามแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต



รูปที่ 4 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต (ต่อ)

4.1.1 รายละเอียดความหนาของวัตถุดิบที่นำมาผลิตดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดวัตถุดิบ

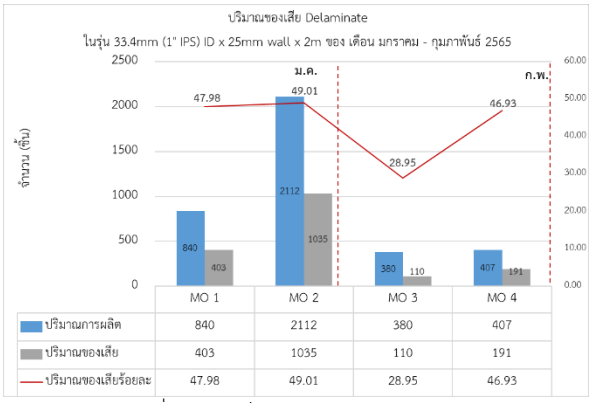
รายละเอียดวัตถุดิบที่นำมาผลิต (Feed Material)			
ลำดับชั้นของโฟม (Layer)	ชื่อเกรด (Grade)	ความหนา (Thickness) mm.	ความกว้างที่ใช้ (Width) mm.
1	โฟม (F9.2)	9.2	140
2	โฟมมีฟอยด์ (FF14.2)	14.2	282

4.1.2 เปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดี และลักษณะของเสีย Delaminate ดังรูปที่ 5

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดี ; (OK)	ลักษณะของเสีย Delaminate ; (NG)
	

รูปที่ 5 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดี และลักษณะของเสีย Delaminate

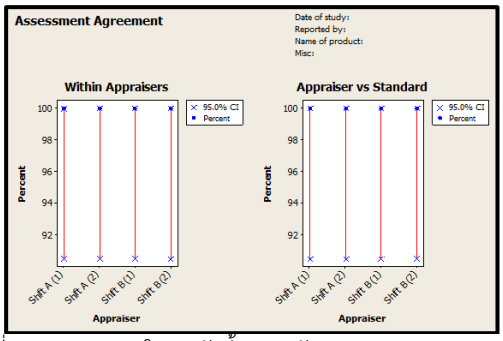
4.1.3 ข้อมูลปริมาณของเสีย Delaminate เดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ 2565 จำนวน 4 MO. ที่มีการผลิตและเกิดของเสีย Delaminate ซึ่งส่งผลต่อความสามารถของกระบวนการดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เปอร์เซ็นต์ของเสีย Delaminate

4.2 ขั้นตอนการวัด (M: Measurement Phase)

4.2.1 ศึกษาระบบการวัดศึกษาระบบการวัด Attribute Agreement ของการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ของเสีย Delaminate การตรวจสอบจะเป็นลักษณะผ่าน หรือไม่ผ่าน (Go / No Go) โดยพนักงานที่ปฏิบัติงาน 4 คน แบ่งเป็นกะเช้า 2 คน และกะบ่าย 2 คน โดยการตรวจสอบชิ้นงาน 30 ชิ้น คนละ 2 ครั้งโดยที่ชิ้นงานตัวอย่างจะมีตัวเลขติดไว้ ที่ชิ้นงานที่ลักษณะงานตัวอย่างแบบสุ่ม คือ ไม่เรียงลำดับโดยพนักงานผู้ปฏิบัติงานจะไม่ทราบมาก่อนว่าชิ้นงานชิ้นใดเป็นงานผ่าน หรือไม่ผ่าน (Go / No Go) โดยแบ่งตัวอย่างของเสียตามผลการตรวจสอบข้อมูลแสดงความสามารถในการวัดของพนักงานด้วยโปรแกรมมินิแทบ (Minitab) สามารถอธิบายความหมายจากการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำ (Within Appraisers) ของพนักงานคนที่ 1, 2, 3, และ 4 มีค่าเท่ากับ 100.00%, 100.00%, 100.00%, 100.00% ตามลำดับ ค่าความไม่เอนเอียง (Each Appraiser vs Standard) ของพนักงานคนที่ 1, 2, 3, และ 4 มีค่าเท่ากับ 100.00%, 100.00%, 100.00%, 100.00% ตามลำดับ ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers) มีค่าเท่ากับ 100.00% และประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers vs Standard) มีค่าเท่ากับ 100.00% ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับดังรูปที่ 7 และตารางที่ 3



รูปที่ 7 ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (Within Appraisers) และประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (Appraiser vs Standard) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

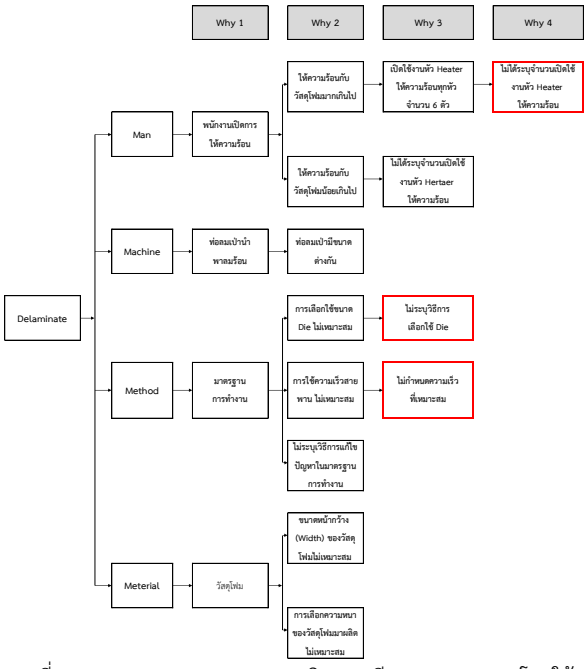
ตารางที่ 3 เกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement การตรวจสอบของเสีย Delaminate

ตัวชี้วัด	เกณฑ์การยอมรับ	พนักงาน คนที่ 1	พนักงาน คนที่ 2	พนักงาน คนที่ 3	พนักงาน คนที่ 4
1. ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน (Within Appraisers)	90%	100%	100%	100%	100%
2. ความไม่เอนเอียงของพนักงานแต่ละคน (Each Appraiser vs Standard)	90%	100%	100%	100%	100%
3. ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers)	90%		100%		
4. ประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers vs Standard)	90%		100%		

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์การตรวจสอบของพนักงาน 4 คน ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าในขั้นตอนการวัด จะไม่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (A: Analysis Phase)

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสีย Delaminate โดยการระดมสมองในการวิเคราะห์หาสาเหตุและผล โดยใช้ Why-Why Analysis เพื่อสืบค้นปัญหาดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนภาพสาเหตุและผลการเกิดของเสีย Delaminate โดยใช้หลักการ Why-Why Analysis

หลังจากได้ทำการระดมสมองในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสีย Delaminate โดยใช้หลักการ Why-Why Analysis ทำให้ทราบว่าสาเหตุที่อาจจะทำให้เกิดปัญหา เกิดจาก 3 สาเหตุ คือ 1. ไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อน 2. ไม่ระบุวิธีการเลือกใช้ Die 3. ไม่กำหนดความเร็วที่เหมาะสม

4.3.1 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อน ซึ่งการเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อนมาก เกินความจำเป็นทำให้วัสดุโฟมอ่อนตัวมากทำให้เมื่อผ่าน Die ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นท่อฉนวนกันความร้อน จะไม่เย็นตัวลงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมเป็นระยะ ๆ

4.3.2 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากไม่ระบุวิธีการเลือกใช้ Die ซึ่งการเลือกใช้ Die ที่มีลักษณะใหญ่เกินในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) เมื่อผ่าน Die ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นท่อฉนวนกันความร้อนจะเกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมตั้งแต่เริ่มกระบวนการผลิต

4.3.3 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากไม่กำหนดความเร็วที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้วัสดุโฟม ฉนวนกันความร้อนเมื่อเคลื่อนที่เร็วกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่

2 (Layer 2) ได้รับความร้อนที่ไม่เพียงพอที่จะหลอมละลายพื้นผิวของโฟม ชั้นที่ 2 (Layer 2) ให้ติดกับชั้นที่ 1 (Layer 1) เมื่อผ่าน Die ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นท่อฉนวนกันความร้อน จะเกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมตั้งแต่เริ่มกระบวนการผลิต

4.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข (I: Improve Phase)

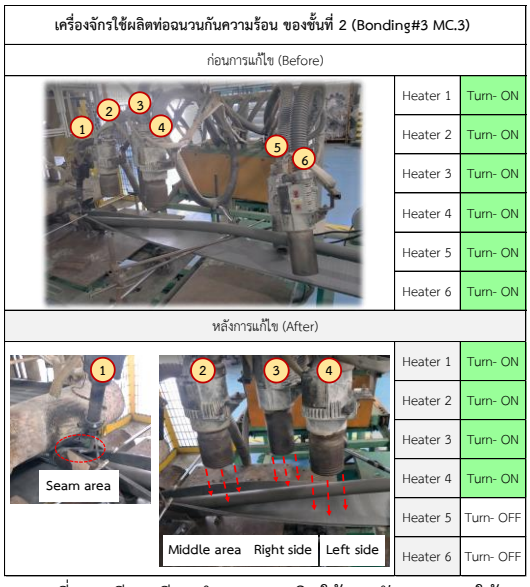
จากการวิเคราะห์พบสาเหตุการเกิดของเสีย Delaminate เกิดจาก 3 สาเหตุดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางสาเหตุและการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของเสีย Delaminate

สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา	แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา
ไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อน	ทดลองจำนวนการเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อนทีละ 1 ตัวจากทั้งหมด 6 ตัวเป็นลำดับ เพื่อกำหนดจำนวนที่เหมาะสมกับการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน
ไม่ระบุวิธีการเลือกใช้ Die	ทดลองการเลือกใช้ Die ที่เหมาะสมก่อนการเริ่มผลิตและสังเกตุผล หลังจากนั้นทำการกำหนดเป็นมาตฐานการปฏิบัติ (Working instruction)
ไม่กำหนดความเร็วที่เหมาะสม	ทดลองการลดหรือเพิ่มความเร็วของสายพานลำเลียง (Conveyor) ของกระบวนการผลิต ซึ่งปัจจุบันใช้ที่ 20 เมตรต่อนาที

4.4.1 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อน

จากจำนวนการเปิดใช้งานหัว Heater ซึ่งส่งผลวัสดุโฟม ทำให้อ่อนตัวโดยทั่วถึงและเหมาะสม เมื่อผ่าน Die ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นท่อฉนวนกันความร้อน จะเย็นตัวลงทำให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 เปรียบเทียบจำนวนการเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อนกับวัสดุโฟม ก่อน – หลัง

จากรูปที่ 9 ได้ดำเนินกำหนดการปรับตั้งหัว Heater ให้ความร้อนกับวัสดุโฟมให้ทั่วพื้นผิวสัมผัสของโฟม หัว Heater ที่ 1 ให้ความร้อนในตำแหน่งตะเข็บของท่อฉนวนกันความร้อน หัว Heater ที่ 2 ให้ความร้อนในตำแหน่งตรงกลาง หัว Heater ที่ 3 ให้ความร้อนในตำแหน่งด้านขวา หัว Heater ที่ 4 ให้ความร้อนในตำแหน่งด้านซ้าย ซึ่งเพียงพอและเหมาะสมกับกระบวนการผลิต

4.4.2 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาไม่ระบุวิธีการเลือกใช้ Die

การเลือกใช้ Die ที่มีลักษณะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปาก Die ที่เหมาะสมไม่ใหญ่เกิน เมื่อวัสดุโฟมผ่าน Die แนวตะเข็บของวัสดุโฟมด้านซ้ายและด้านขวาต้องแนบชิดกันพอดีในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) เมื่อผ่าน Die ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นท่อฉนวนกันความร้อนทำให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ดังรูปที่ 10



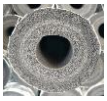
รูปที่ 10 เปรียบเทียบวิธีการเลือกใช้ Die กับวัสดุโฟมที่เหมาะสม ก่อน – หลัง

จากรูปที่ 10 หลังจากเลือกใช้ Die ที่เหมาะสมไม่ใหญ่เกินไปทำให้แนวตะเข็บของโฟมแนบติดชิดกันพอดี ซึ่งมีความเหมาะสมที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2

4.4.3 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาไม่กำหนดความเร็วที่เหมาะสม

การเลือกใช้ความเร็วที่เหมาะสมจากการทำงาน ณ ปัจจุบันผู้ปฏิบัติงาน จะใช้ความเร็วของสายพานลำเลียง (Conveyor) ที่ 21 เมตรต่อนาที ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 1 และสายพานลำเลียง ที่ 20 เมตรต่อนาที ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 เมื่อเป็นท่อฉนวนกันความร้อนทำให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม จึงได้ปรับลดความเร็วลงและติดตามผลจาก

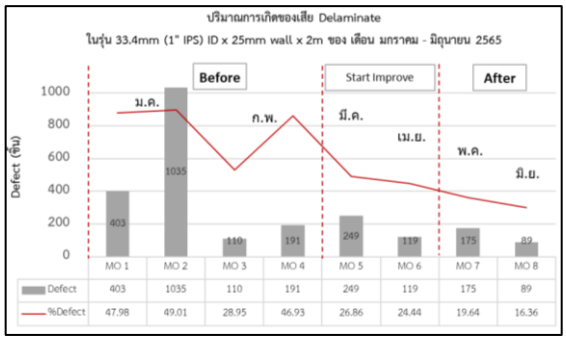
การปรับลดความเร็วของสายพานลำเลียง ดังรูปที่ 11

ความเร็วของสายพานลำเลียง (Conveyor) ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน (เมตรต่อนาที)			OK / NG
ชั้นที่ 1 (Layer 1)	ชั้นที่ 2 (Layer 2)	ผลที่รับจากการปรับลดความเร็ว	
21	20		NG
20	19		NG
19	18		NG
18	17		NG
17	16		NG
16	15		NG
15	14		OK
14	13		OK

รูปที่ 11 เปรียบเทียบความเร็วของสายพานลำเลียงในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

การรูปที่ 11 หลังจากการปรับตั้งความเร็วของสายพานลำเลียง (Conveyor) ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 1 (Layer 1) จาก 21 เมตรต่อนาที เป็น 15 เมตรต่อนาที และในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) จาก 20 เมตรต่อนาที เป็น 14 เมตรต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมที่ใช้ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการส่งมอบสินค้า เพราะบริษัทกรณีศึกษามีพนักงานผลิตงาน 2 กะต่อวัน

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสีย Delaminate จาก 3 ปัจจัยข้างต้นทำให้ปริมาณของเสียมีแนวโน้มลดลง ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบปริมาณของเสีย Delaminate ก่อนและหลังการปรับปรุง

4.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (C: Control Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหา Delaminate ซึ่งได้ปรับปรุงเพื่อลดปัญหาดังกล่าว เพื่อเป็นการรักษาระดับคุณภาพและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีกจึงต้องปรับปรุงในส่วนของเอกสาร ให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน โดยจะมีการปรับปรุงเอกสาร Working standard เกี่ยวกับการระบุจำนวนเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อน การเลือกใช้ Die และกำหนดความเร็วที่เหมาะสม

4.5.1 ควบคุมจำนวนเปิดใช้งานหัว Heater ให้ความร้อน

จากจำนวนการเปิดใช้งานหัว Heater หัวที่ 1 ให้ความร้อนในตำแหน่งตะเข็บของท่อฉนวนกันความร้อนหัว Heater ที่ 2 ให้ความร้อนในตำแหน่งตรงกลาง หัว Heater ที่ 3 ให้ความร้อนในตำแหน่งด้านขวา หัว Heater ที่ 4 ให้ความร้อนในตำแหน่งด้านซ้ายซึ่งส่งผลวัสดุโฟม ทำให้อ่อนตัวโดยทั่วถึงและเหมาะสม เมื่อผ่าน Die ไปสู่สายพาน ทำการกำหนดลงในเอกสาร ความรู้เฉพาะเรื่อง (One-Point Lesson)

4.5.2 ควบคุมวิธีการเลือกใช้ Die

จากหลังจากเลือกใช้ Die ที่เหมาะสมไม่ใหญ่เกินไปทำให้แนวตะเข็บของโฟมแนบติดชิดกันพอดีซึ่งมีความเหมาะสมที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 จึงทำการกำหนดลงในเอกสารวิธีการทำงาน (Working Instruction)

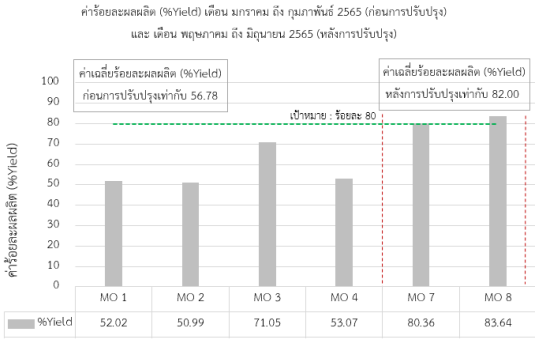
4.5.3 ควบคุมการกำหนดความเร็วที่เหมาะสม

จากการปรับตั้งความเร็วของสายพานลำเลียงในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 1 จาก 21 เมตรต่อนาที เป็น 15 เมตรต่อนาที และในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 จาก 20 เมตรต่อนาที เป็น

14 เมตรต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตจึงกำหนดลงในเอกสาร ความรู้เฉพาะเรื่อง(One-Point Lesson)

5. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาช่วยในการแก้ไขปัญหา Delaminate เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนพบว่าก่อนการปรับปรุงค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิต (%Yield) เท่ากับ 56.78 ของการผลิต ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis การระดมสมอง จึงได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการโดยปรับตั้งระบุการใช้จำนวนหัว Heater ที่เหมาะสมกับการใช้งาน ปรับปรุงระบุวิธีการเลือกใช้ Die ที่เหมาะสม และปรับตั้งความเร็วของสายพานลำเลียง ที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน หลังจากการปรับปรุงคิดค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิต (%Yield) เท่ากับ 82.00 ของการผลิต เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนมิถุนายน 2565 ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้เพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 สรุปผลการปรับปรุงก่อนและหลัง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และบริษัทกรณีศึกษาที่สนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดีจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] บีบีอิลฮาม. (ม.ป.ป.). ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. เข้าถึงได้จาก http://www.mim.psu.ac.th/index.php/2-uncategorised/87-six-sigma (10 พฤษภาคม 2564).

[2] RODNEY A. STEWART AND CLINTON A. SPENCER. (2006). Six-Sigma as a strategy for process improvement on construction projects: a case study. Construction Management and Economics, 24 (April 2006). 339-348.

[3] ภานุวัฒน์ ธนสานสกุลวงศ์ และ อุษณีษ์ ปุรินทราภิบาล. (2562). การประยุกต์ใช้ลีน ซิกซ์ ซิกม่า ในอุตสาหกรรมผลิตแก้วไวน์. วารสารวิชาการบัณฑิตสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 7 (มกราคม-มิถุนายน 2562). 22-31.

[4] กันตา สุวรรณฤทธิ์ และ ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย. (2554). การลดของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, เล่ม 13 (ฉบับที่ 1). 47-60.

[5] วรัญญา วรัญญวงศ์. (2550). การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตเบียร์ด้วยวิธี Why Why Analysis. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

[6] ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง, อัมพวรรณ จิรอาภาวงศ์ และ ทศพล เกียรติเจริญผล. (2551). การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปีที่ 19 (ฉบับที่ 4). 36-44.

[7] วลัยพร เหมโส และ ระพี กาญจนะ. (2556). การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 11 (ฉบับที่ 2). 33-46.

ID031

การพัฒนามอร์ตาร์แสงส่องผ่านจากของเสียกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์

Development of Light Transmitting Mortar from Photovoltaic Waste Glass

ชินวัตร ชะนะปาโมกโข[1], รองศาสตราจารย์ ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์ [2]
[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
*Corresponding Author E-mail: Pichaya.R@chula.ac.th

Chinnawat Chanapamokko[1], Associate Professor Dr. Pichaya Rachdawong [2]
[1,2] Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
* Corresponding Author E-mail: Pichaya.R@chula.ac.th

บทคัดย่อ

จากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2545 - พ.ศ.2558 สามารถคาดการณ์ปริมาณของเสียแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอีก 20-30 ปีข้างหน้าได้อาจจะมีปริมาณมากถึง 235,954 ตัน โดยส่วนมากจะเป็นแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิกอน ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือกระจกมากถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก โดยในปัจจุบันการจัดการของเสียแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้วิธีการนำไปฝังกลบ ซึ่งเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและยังเป็นการสูญเสียทรัพยากรอย่างไร้ประโยชน์ นอกจากนั้นกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์มีความใสมากและยอมให้แสงส่องผ่านได้ดี ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาการใช้ของเสียกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดการนำของเสียไปฝังกลบ และใช้ผลิตเป็นมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน โดยทั่วไปนิยมผลิตจากใยแก้วนำแสงแต่มีราคาสูง งานวิจัยนี้จึงนำกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานร่วมกับเรซิน หล่อเป็นแท่งเรซินแล้วนำไปหล่อเป็นมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน เพื่อลดต้นทุนในการใช้ใยแก้วนำแสง และเพิ่มมูลค่าของกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะใช้แท่งเรซินตั้งแต่ 1 ถึง 6 แท่ง และศึกษาคุณสมบัติของมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน ได้แก่ กำลังรับแรงอัดและปริมาณแสงส่องผ่าน จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนแท่งเรซิน กำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลง แต่ปริมาณแสงส่องผ่านจะมีค่าเพิ่มขึ้น มอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใส่แท่งเรซิน 1 แท่ง จะมีกำลังรับแรงอัดประมาณ 24.72 MPa ที่อายุการบ่ม 7 วัน และผลของปริมาณแสงส่องผ่านของมอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใส่แท่งเรซินผสมกระจก 1 แท่ง แสงผ่านได้ 13 Lux และมอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใส่แท่งเรซินไม่ผสมกระจก แสงผ่านได้ 25 Lux ซึ่งปริมาณแสงผ่านได้คิดเป็นร้อยละ 52 และสามารถลดปริมาณการใช้งานเรซินไปได้ถึงร้อยละ 50

คำหลัก ของเสียกระจก, มอร์ตาร์แสงส่องผ่าน, ความโปร่งแสง, พลาสติกใยแก้วนำแสง

Abstract

From installation during years 2002-2015, the amount of solar panel waste can be as high as 235,954 tons in the next 20-30 years. Majority of them are crystalline silicon solar panel type, whose principal element is glass (approximately 70 percent by weight). At present, a common waste management of expired solar panels is landfilling. This results in both a burden to the environment and a waste of potential resource. In addition, solar panel glass must be highly transparent. In this research, we focused on the reuse of solar panel glass waste for production of a light transmitting mortar. Normally, such mortars were made using

fiber optics, which were expensive. Here, solar panel glass was used to partly substitute resin consumption in the production of a resin rod, and finally casted into a light transmitting mortar. If possible, this practice could reduce the cost of optical fiber and increase the value of waste solar panel glass. We created mortars consisting of 1- to 6-resin rod per sample to study for light transmitting and compressive strength. According to the results of the study, increasing the number of resin rod per sample resulted in the reduction of compressive strength, but the increasing in the amount of light transmitted. The sample with 1-resin rod had compressive strength of approximately 24.72 MPa at 7-day curing. Light transmittance of a sample with 1-resin rod with solar glass was 13 Lux whereas light-transmittance 1-resin rod without solar glass was 25 Lux. The amount of light that could pass through was, therefore, 52 percent and could reduce the amount of resin used by up to 50 percent.

Keywords: Waste Glass, Light transmitting Mortar, translucent, Plastic optic fiber

1. บทนำ

จากข้อมูลการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 - พ.ศ.2558 สามารถคาดการณ์ปริมาณขยะแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอีก 20-30 ปีข้างหน้าได้ พบว่ามีปริมาณของเสียแผงพลังงานแสงอาทิตย์สะสมถึง 2,621.71 เมกะวัตต์ (ไม่รวมแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งหลังปีพ.ศ.2558) หรือคิดเป็นน้ำหนัก 235,954 ตัน [1-4]

แผงพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cell) ที่นิยมใช้ในประเทศไทยมี 2 แบบหลักๆ ได้แก่กลุ่มผลึกซิลิกอน (Crystalline Silicon-C-Si) และกลุ่มฟิล์มบาง (Thin film) โดยมีอายุการใช้งานประมาณ 20 - 30 ปี ขึ้นกับสภาพแวดล้อม [5] จากนั้นจะกลายเป็นของเสียอันตรายหรือว่าเกิดอุบัติเหตุทำให้แผงพลังงานแสงอาทิตย์เสียหาย มีการประมาณว่าแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 1 เมกะวัตต์ จะเกิดของเสียแผงพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 174 ตัน [6] จึงต้องมีการรับมือกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุ โดยส่วนมากแล้วของเสียประเภทแผงพลังงานแสงอาทิตย์ จะถูกนำไปฝั่งกลบ [7] ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม สารพิษจะสามารถแพร่กระจายไปตามแหล่งที่อยู่อาศัยของมนุษย์ลงสู่พื้นดิน และแหล่งน้ำธรรมชาติได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะนำแผงพลังงานแสงอาทิตย์มารีไซเคิลเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม [13]

องค์ประกอบหลักของแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิกอน ประกอบด้วย กระจก (Glass), อลูมิเนียม (Aluminium), EVA, ทองแดง (Copper : Cu), เงิน (Silver : Ag), ดีบุก (Tin : Sn), สังกะสี (Zinc : Zn), ซิลิกอน (Silicon : Si), ตะกั่ว (Lead : Pb) และอื่นๆ จากส่วนประกอบหลักที่กล่าวมาจะมีปริมาณของกระจกมากที่สุดถึง ร้อยละ 70-74 โดยน้ำหนัก [6,28] การจัดการแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยปัจจุบันจะใช้วิธีคัดแยกอย่างง่าย และนำไปฝังกลบซึ่งเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมดังนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะนำส่วนของกระจกมาทำการรีไซเคิล

กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระจกที่มีลวดลายหนึ่งด้านอีกด้านเป็นด้านเรียบเพื่อกักเก็บแสงให้อยู่ภายในแผงพลังงานแสงอาทิตย์ มีธาตุเหล็กต่ำ และยังมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับแก้วโซดาไลม์ แต่มีความแข็งแรงมากกว่า และเมื่อแตกจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ไม่แหลมคม [8] โดยกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะยอมให้แสงส่องผ่านประมาณร้อยละ 94 ซึ่งมีค่ามากกว่ากระจกธรรมดาที่ยอมให้แสงส่องผ่านร้อยละ 90 [29]

มอร์ตาร์แสงส่องผ่าน (Light transmitting Mortar) เป็นวัสดุที่ทันสมัย ที่ให้แสงส่องผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านได้ด้วยใยแก้วนำแสง แนวคิดนี้ถูกคิดค้น และพัฒนาครั้งแรกในปี พ.ศ. 2544 โดยสถาปนิกชาวฮังการีที่มีชื่อว่า Aron Losonczi [10,11] และได้มีการพัฒนาคอนกรีตแสงส่องผ่านตัวแรกมีชื่อว่า LiTraCon มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น [12]

ในการเตรียมมอร์ตาร์แสงส่องผ่านทั่วไปใช้ ปอร์ต

แลนด์ซีเมนต์ (Portland cement), ทราย (Fine aggregate), สารเติมแต่ง (Additive), โพลีเมอร์ใยแก้วนำแสง (Polymeric Optical Fiber-POF) และน้ำ (Water) โดยส่วนมากนั้นจะใช้ใยแก้วนำแสง หรือ เรซิ่น [14-24] ที่มีราคาสูง ซึ่งใยแก้วนำแสงมีราคา 546 บาท (50 เมตร) เรซินมีราคา 300 บาท (650 กรัม)

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงนำของเสียกระจกจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วมาใช้แทนใยแก้วนำแสง และลดการใช้งานเรซิน เพื่อลดค่าใช้จ่าย และลดการนำขยะแผงพลังงานแสงอาทิตย์ไปฝังกลบ แก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม โดยจะมีการทดลองหล่อมอร์ตาร์ขึ้นมา แล้วนำกระจกไปใช้งานร่วมกันกับเรซิ่นหล่อเป็นแท่งเรซินขึ้นมาแล้วนำไปวางในมอร์ตาร์ จากนั้นจะวัดการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ (Compressive strength test) และปริมาณที่แสงสามารถผ่านได้ (Light Transmitting)

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (Ordinary Portland cement) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2.2 ทราย

ทรายมาตราฐาน ที่ผ่านการร่อนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 และค้างตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ทรายละเอียด

2.3 กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์

เศษกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผ่านการอบแยกที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุการใช้งาน

2.4 อีพ็อกซี่เรซิน

อีพ็อกซี่หล่อใส 350 (CLEAR CAST EPOXY RESIN 350) เป็นอีพ็อกซี่เรซิ่น 2 ส่วน (A และ B) ดังรูปที่ 4 มีลักษณะเป็นของเหลวใสคล้ายน้ำ มีกลิ่นอ่อน เมื่อผสมเข้าด้วยกันแล้วจะทำปฏิกิริยาเกิดความร้อนขึ้นจนเริ่มเซ็ตตัวเป็นของแข็ง มีความแข็งทนทาน เหนียว ไม่เปราะ มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีตามตารางที่ 1



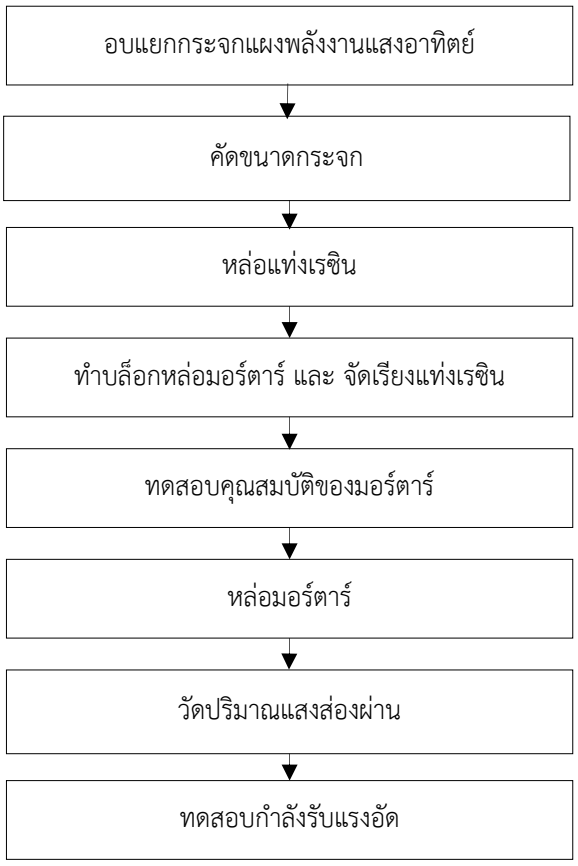
รูปที่ 4 อีพ็อกซี่หล่อใส 350

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของออกซี่หล่อใส 350

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี		
	EPOXY 350A	EPOXY 350B
สถานะทางกายภาพ	ของเหลว	ของเหลว
สี	สีใส	สีใส
จุดเดือด	216 องศาเซลเซียส	260 องศาเซลเซียส
จุดวาบไฟ	185 องศาเซลเซียส (ปิดถ้วย)	121 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่น	(20 องศาเซลเซียส) 1.10g/cm^3	0.948 g/cm^3
ความสามารถในการละลาย	(20 องศาเซลเซียส) ไม่ละลายในน้ำ	ไม่ละลายน้ำ
ความหนืด	(25 องศาเซลเซียส) 600~900 cps	10.3 cps

2.5 วิธีการวิจัย

ในการทดลองจะทำการหล่อมอร์ตาร์โดยไม่มีแท่งเรซิน เพื่อไว้ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใส่แท่งเรซิน และทำการหล่อมอร์ตาร์ที่ใส่แท่งเรซิน 1 แท่ง 2 รูปแบบ (ไม่มีกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ผสม, มีกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ผสม) เปรียบเทียบคุณสมบัติ ได้แก่ กำลังรับแรงอัด และปริมาณแสงส่องผ่าน การทดลองทั้งหมดทำการบ่มมอร์ตาร์ที่อายุ 7 วัน อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ทราย และน้ำคงที่ทุกการทดลอง โดยมีวิธีการวิจัย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผงผังวิธีการวิจัย

2.5.1 อบแยกกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์

อบแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วด้วยอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการแยกส่วนของกระจกออกมา ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุการใช้งาน กับ กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์

2.5.2 คัดขนาดกระจก

คัดขนาดกระจกโดยการร่อนผ่านตะแกรง 3/8” แต่ค้างอยู่ในตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านตะแกรง 3/8” แต่ค้างอยู่ในตะแกรงเบอร์ 4

2.5.3 หล่อแท่งเรซิน

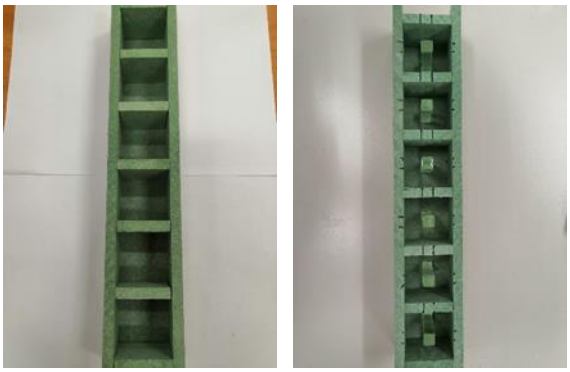
นำกระจกที่ได้จากการคัดขนาดมาวางเรียงลงในแม่พิมพ์ซิลิโคน จากนั้นเทอีพ็อกซี่เรซินลงไป ทิ้งให้เซ็ตตัว 1 วัน จากนั้นแกะออกจากแม่พิมพ์ซิลิโคน ได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แท่งเรซินผสมกระจก

2.5.4 ทำบล็อกหล่อมอร์ตาร์ และจัดเรียงแท่งเรซิน

บล็อกหล่อมอร์ตาร์ทำจากไม้ทรงลูกบาศก์ ขนาด 4.5 เซนติเมตร จำนวน 6 ช่องดังรูปที่ 9



(ก) (ข)

รูปที่ 9 (ก) บล็อกหล่อมอร์ตาร์, (ข) บล็อกหล่อมอร์ตาร์ที่จัดเรียงแท่งเรซิน

2.5.5 ทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์

ในงานวิจัยนี้ต้องการหาค่าการไหลแผ่ (Percent flow) เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม ในการหล่อมอร์ตาร์แสงส่องผ่านเพื่อนำมาเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดกับมอร์ตาร์มาตราฐาน การทดสอบหาค่าการไหลแผ่ ผสมปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อทราย 2.75 ส่วน อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.54 เมื่อผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด ตักมอร์ตาร์ใส่แบบทดสอบที่วางอยู่บนโต๊ะการไหล จากนั้นยกแบบทดสอบขึ้น ทำการหมุนโต๊ะการไหล ปล่อยให้ตกลงอย่างอิสระจำนวน 25 รอบ ภายในเวลา 15 วินาทีจะได้ดังรูปที่ 10 โดยมอร์ตาร์มาตราฐานจะมีค่าการไหล่เท่ากับ 110±5 ตามมาตรฐาน ASTM C1437 [25]



รูปที่ 10 การทดสอบหาค่าการไหลแผ่

2.5.6 หล่อมอร์ตาร์

การหล่อมอร์ตาร์ใส่น้ำกับปูนซีเมนต์ลงในหม้อผสม กวนผสมโดยใช้ความเร็วช้า 30 วินาที จากนั้นเติมทราย ภายในระยะเวลา 30 วินาที จากนั้นเปลี่ยนความเร็วเป็น

ความเร็วปานกลาง ผสมต่ออีก 30 วินาที หยุดเครื่องผสม ปาดมอร์ตาร์ที่ติดด้านข้างลงมา จากนั้นเดินเครื่องผสม ด้วยอัตราเร็วปานกลางอีก 60 วินาที เรียบร้อยแล้วนำไปใส่แบบหล่อ แบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นที่ 1 ใส่มอร์ตาร์ลงในแบบหล่อครึ่งหนึ่ง กระทุ้งทั้งหมด 32 ครั้ง หลังจากนั้น ชั้นที่ 2 ใส่ให้เต็มแบบหล่อ กระทุ้งอีก 32 ครั้ง ใช้เกรียงเหล็กปาดส่วนเกินออกให้เรียบ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 มอร์ตาร์ในแบบหล่อ

จากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงแกะแบบหล่อ หลังจากนั้นนำไปบ่มในน้ำเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นยกขึ้นจากน้ำทิ้งไว้ให้แห้ง ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 มอร์ตาร์หลังจากบ่มน้ำเป็นเวลา 7 วัน

2.5.7 วัดปริมาณแสงส่องผ่าน

การวัดปริมาณแสงส่องผ่านจะใช้อุปกรณ์ ดังรูปที่ 13 สร้างขึ้นเพื่อวัดปริมาณแสงส่องผ่าน จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีมาตราฐานที่แน่ชัดในการวัดปริมาณแสงส่องผ่าน จากรูปที่ 13 จะใช้หลอดไฟ LED 15 วัตต์ Daylight ยี่ห้อ EVE LIGHTING (เทียบเท่ากับหลอดไส้ขนาด 95 วัตต์) ตรงกลางเป็นช่องสำหรับวางตัวอย่างทดสอบ (วัตถุทดสอบขนาด 4.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร) และส่วนล่างสุด ใช้วางเครื่องวัดแสง (Lux Meter) ยี่ห้อ DIGICON รุ่น LX-76SD ดังรูปที่ 14 โดยจะทำการวัดแสง 5 ตัวอย่างทุกการทดลอง



รูปที่ 13 อุปกรณ์วัดปริมาณแสงส่องผ่าน

จากนั้นจะทำการคำนวณปริมาณแสงส่องผ่านออกมาเป็นร้อยละดังสมการที่ (1)

$$T = \frac{E_t}{E_0} \times 100 \qquad (1)$$

โดยที่ T คือ ร้อยละการส่องผ่านของแสง

E_t คือ ปริมาณแสงส่องผ่านของมอร์ตาร์ที่ใส่แท่งเรซิ่นผสมกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ หน่วยเป็น Lux

E_0 คือ ปริมาณแสงส่องผ่านของมอร์ตาร์ที่ใส่แท่งเรซิ่นไม่ผสมกระจก หน่วยเป็น Lux



รูปที่ 14 เครื่องวัดแสง ยี่ห้อ DIGICON รุ่น LX-76SD

2.5.8 ทดสอบกำลังรับแรงอัด

การทดสอบกำลังรับแรงอัดเมื่อตัวอย่างมอร์ตาร์บ่มน้ำครบ 7 วัน นำขึ้นมาตากทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดที่ได้จดบันทึก จากนั้นนำมอร์ตาร์ไปทดสอบกำลังรับแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C109 [26] ดังรูปที่ 15 จากนั้นคำนวนกำลังรับแรงอัดที่อ่านค่าได้จากเครื่องทดสอบมาตรฐานนำมาคำนวณดังสมการที่ (2)

$$fm = \frac{P}{A} \qquad (2)$$

โดยที่ fm คือ ค่ากำลังรับแรงอัด มีหน่วยเป็นเมกะปาสคัล หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

P คือ ค่าแรงอัดสูงสุด มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือ ปอนด์-แรง

A คือ พื้นที่ผิวรับแรงอัด มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร หรือ ตารางนิ้ว

โดยจะทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด 5 ตัวอย่างทุกการทดลอง



รูปที่ 15 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

3. ผลการทดลอง

3.1 สมบัติของมอร์ตาร์

การทดสอบหาค่าการไหลแผ่ ผสมปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อทราย 2.75 ส่วน อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.54 ผลการทดสอบค่าการไหลแผ่ของเท่ากับร้อยละ 105.5 โดยมอร์ตาร์มีค่าการไหล่มาตรฐานเท่ากับ 110±5 ตามมาตรฐาน ASTM C1437 [25]

3.2 ปริมาณแสงส่องผ่าน

ผลการทดสอบปริมาณแสงส่องผ่านเฉลี่ยจากวัตถุ 5 ตัวอย่าง ขนาดวัตถุ 4.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยจะมีมอร์ตาร์ที่ใช้แท่งเรซินไม่ผสมกระจก 1 ถึง 6 แท่ง และมอร์ตาร์ที่ใช้แท่งเรซินผสมกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 1 ถึง 6 แท่ง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบร้อยละแสงส่องผ่านของมอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใช้เรซินไม่ผสมกระจก กับ มอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใช้เรซินผสมกระจก

ชนิดของมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน (แท่ง)	ไม่ผสมกระจก (Lux)	SD	ผสมกระจก (Lux)	SD	ร้อยละแสงส่องผ่าน
เรซิ่น 1	25	3.808	13	3.464	52.00
เรซิ่น 2	34	1	10.4	1.673	30.59
เรซิ่น 3	41.6	1.673	13	1.581	31.25
เรซิ่น 4	46	1.225	20.2	4.438	43.91
เรซิ่น 5	48.4	1.517	25.4	8.325	52.48
เรซิ่น 6	53.8	2.775	26.2	6.87	48.70

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มจำนวนแท่งเรซิน จะทำให้ปริมาณแสงส่องผ่านเพิ่มมากขึ้น

เปรียบเทียบมอร์ตาร์ที่ใส่แท่งเรซินไม่ผสมกระจก 1 ถึง 6 แท่ง กับ มอร์ตาร์ที่ใส่แท่งเรซินผสมกระจก 1 ถึง 6 แท่ง มีปริมาณแสงส่องผ่านร้อยละ 52, 30.59, 31.25, 43.91, 52.48 และ 48.70 ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อใส่กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ลงไปผสมกับเรซิน จะทำให้แสงที่ผ่านได้ลดลงเหลือประมาณร้อยละ 30.59 – 52.48

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มอร์ตาร์แสงส่องผ่านส่วนมากจะใช้ใยแก้วนำแสงเป็นตัวที่ทำให้แสงผ่านได้ โดยจะใช้อัตราส่วนที่ร้อยละ 5 ของปริมาตรมอร์ตาร์ โดยมีปริมาณแสงส่องผ่านเท่ากับ 25 Lux [14,21] ซึ่งเทียบเท่ากับมอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ไม่ผสมกระจก 1 แท่ง (เรซิน 1 แท่ง เทียบเท่ากับร้อยละ 5 ของปริมาตรก้อนมอร์ตาร์) ของงานวิจัยนี้

3.3 กำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่บ่มเป็นเวลา 7 วัน แสดงในตารางที่ 3 และ รูปที่ 16 และเนื่องจากมอร์ตาร์แสงส่องผ่านนั้นยังไม่มีมาตราฐานที่แน่ชัดในเรื่องของกำลังรับแรงอัด ผู้วิจัยจึงทำการหล่อมอร์ตาร์มาตราฐานขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน มอร์ตาร์เปล่าที่อายุการบ่ม 7 วัน ขนาด 4.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยอยู่ที่ 30.81 MPa

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด 5 ตัวอย่าง

ชนิดของมอร์ตาร์	กำลังอัดประลัยเฉลี่ย Kg/cm^2	กำลังอัดประลัยเฉลี่ย MPa
มอร์ตาร์มาตรฐาน	314.42	30.81
มอร์ตาร์เรซินไม่ผสมกระจก 1 แท่ง	246.22	24.13
มอร์ตาร์เรซินผสมกระจก 1 แท่ง	252.28	24.72
มอร์ตาร์เรซินผสมกระจก 2 แท่ง	244.15	23.93
มอร์ตาร์เรซินผสมกระจก 3 แท่ง	238.66	23.39
มอร์ตาร์เรซินผสมกระจก 4 แท่ง	222.26	21.78
มอร์ตาร์เรซินผสมกระจก 5 แท่ง	205.62	20.15
มอร์ตาร์เรซินผสมกระจก 6 แท่ง	191.39	18.76



รูปที่ 16 แนวโน้มแสดงกำลังรับแรงอัด เมื่อเพิ่มแท่งเรซินในมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน

จากรูปที่ 16 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มแท่งเรซินจะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง และเมื่อเปรียบเทียบมอร์ตาร์มาตรฐาน กับมอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใส่แท่งเรซิน 1 ถึง 6 แท่งจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณร้อยละ 20.00, 22.33, 24.08, 29.31, 34.60 และ 39.11 ตามลำดับ

3.4 การอภิปรายผลการศึกษา

จากงานวิจัยของ Henriques และคณะ (2018) [14] กล่าวว่าผลการวิจัยโดยใช้ใยแก้วนำแสงมาผลิตมอร์ตาร์แสงส่องผ่านโดยใช้ปริมาณใยแก้วนำแสงร้อยละ 5 มีปริมาณแสงส่องผ่านเท่ากับ 25 Lux และสรุปได้ว่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณใยแก้วนำแสง ส่วนการส่องผ่านของแสงจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของใยแก้วนำแสง ซึ่งสอดคล้องกับผลของงานวิจัยนี้

จากงานวิจัยของ Li และคณะ (2021) [23] ปริมาณแสงส่องผ่านของตัวอย่าง G-4.75 (ใช้เศษกระจกขนาด 4.75 ถึง 9.5 มิลลิเมตร) อยู่ประมาณร้อยละ 54.15 ซึ่งเป็นขนาดกระจกที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ปริมาณแสงส่องผ่านที่ร้อยละ 52.48 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Li และคณะ

จากงานวิจัยของ Navabi และคณะ (2021) [30] ใช้งานใยแก้วนำแสงที่ร้อยละ 3, 5, 7, 10 และ 15 โดยปริมาตร สรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณใยแก้วนำแสงจะทำให้กำลังรับ

แรงอัดลดลง แต่จะทำให้แสงส่องผ่านเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามผลของงานวิจัยนี้

4. สรุป

จากการศึกษาการนำกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานเพื่อทดแทนการใช้งานใยแก้วนำแสง และลดปริมาณการใช้งานเรซิน ลดการนำของเสียไปฝังกลบ และเพิ่มมูลค่าให้กับกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว นำมาผลิตเป็นมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน โดยการใช้กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วมาหล่อผสมกับเรซิน เพื่อทำเป็นวัตถุให้แสงส่องผ่าน โดยได้ศึกษาสมบัติพื้นฐานของวัสดุ ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ และองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ส่วนคละของทราย คุณสมบัติของกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ คุณสมบัติของอีพ็อกซี่เรซิน สมบัติของซีเมนต์เพสต์ ได้แก่ ปริมาณน้ำที่เหมาะสม และระยะก่อตัว และสมบัติของมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน ได้แก่ ค่าการไหลแผ่ กำลังรับแรงอัด และปริมาณแสงส่องผ่าน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. กระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์มีลวดลายด้านหลังเพื่อเพิ่มการส่งผ่านของแสงไม่ให้สะท้อนกลับไป และเมื่อเกิดการแตกจะมีลักษณะแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไม่คม มีความใสและยอมให้แสงส่องผ่านได้ดี เป็นกระจกที่มีธาตุเหล็กต่ำ

2. จำนวนแท่งเรซินมีผลต่อกำลังรับแรงอัด เมื่อเพิ่มจำนวนแท่งเรซินจะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง โดยเมื่อเทียบกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ตาร์มาตรฐาน เท่ากับ 30.81 MPa กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของเรซินผสมกระจก 1 แท่ง เท่ากับ 24.72 MPa กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของเรซินผสมกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 1 แท่ง จะลดลง ประมาณร้อยละ 20 จากกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ตาร์มาตรฐาน ซึ่งสามารถยอมรับได้ และเมื่อเทียบ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ตาร์มาตรฐาน กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของเรซินผสมกระจก 6 แท่ง กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของเรซินผสมกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 6 แท่ง จะลดลง ประมาณร้อยละ 40 จากกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ตาร์มาตรฐาน

3. จำนวนแท่งเรซินมีผลต่อปริมาณแสงส่องผ่าน เมื่อเพิ่มจำนวนแท่งเรซินจะทำให้ปริมาณแสงส่องผ่านเพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้งานเรซินไม่ผสมกระจก 1 ถึง 6 แท่ง มีปริมาณแสงส่องผ่าน เท่ากับ 25, 34, 46.1, 46, 48.4 และ 53.8 Lux ตามลำดับ และใช้งานเรซินผสมกระจก 1 ถึง 6 แท่ง มีปริมาณแสงส่องผ่าน เท่ากับ 13, 10.4, 13, 20.2, 25.4 และ 26.2 Lux ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบร้อยละปริมาณแสงส่องผ่านของมอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใส่เรซินไม่ผสมกระจกกับมอร์ตาร์แสงส่องผ่านที่ใส่เรซินผสมกระจก พบว่า มอร์ตาร์ที่ใส่แท่งเรซิน 5 แท่ง มีร้อยละการส่องผ่านของแสงสูงที่สุดถึง ร้อยละ 52.48

4. เมื่อใช้ของเสียกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์มาทดแทนเรซิน สามารถลดการใช้งานเรซินไปได้ถึง ร้อยละ 50 และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกระจกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมดอายุการใช้งาน

5. การใช้งานมอร์ตาร์แสงส่องผ่านสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตกแต่งผนัง อาคาร ทางเดินเท้า ตกแต่งเป็นโคมระย้า หรือใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์เพื่อความสวยงาม ข้อดีของมอร์ตาร์แสงส่องผ่าน มีประโยชน์ในเวลากลางวันเนื่องจากมีแสงส่องผ่านเข้ามาได้ทำให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า และยังทำให้ที่อยู่อาศัยมีความโปร่ง ไม่ทึบ ส่วนข้อเสียของมอร์ตาร์แสงส่องผ่านนั้น คือมีค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงเมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไป และการผลิตมอร์ตาร์แสงส่องผ่านนั้นใช้ขั้นตอนซับซ้อนทำให้ผลิตได้ยาก จึงผลิตได้จำนวนน้อย

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์เครื่องและสถานที่ในการทำการวิจัย โครงการสนับสนุนวัตถุดิบ กกพ สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2562). รายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย. Retrieved from http://webkc.dede.go.th/testmax/node/5233

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2561). รายงานสถานภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ปี 2561. Retrieved from http://webkc.dede.go.th/testmax/node/4537

[3] Venkatachary, S. K., Samikannu, R., Murugesan, S., Dasari, N. R., & Subramaniyam, R. U. (2020). Economics and impact of recycling solar waste materials on the environment and health care. *Environmental Technology & Innovation, 20*. doi:10.1016/j.eti.2020.101130

[4] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (3 ธันวาคม 2564). พพ. จับมือ แจงเป้าหมาย AEDP2018. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.eppo.go.th/index.php/en/component/k2/item/14928-news-03072562

[5] Deng, R., Chang, N. L., Ouyang, Z., & Chong, C. M. (2019). A techno-economic review of silicon photovoltaic module recycling. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 109, 532-550. doi:10.1016/j.rser.2019.04.020

[6] Paiano, A. (2015). Photovoltaic waste assessment in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41*, 99-112. doi:10.1016/j.rser.2014.07.208

[7] ณิชชา บูรณสิงห์. “แผงโซลาร์เซลล์:ขยะพิษที่ไม่ควรมองข้าม,” สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, สำนักวิชาการ, กรุงเทพมหานคร, 2561.

[8] M. H. Shubbak, “Advances in solar photovoltaics: Technology review and patent trends,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 115, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.109383.

[9] Juan, S., & Zhi, Z. (2019). Preparation and Study of Resin Translucent Concrete Products. *Advances in Civil Engineering, 2019*, 1-12. doi:10.1155/2019/8196967

[10] Losonczi, A. (2012a). BUILDING BLOCK COMPRISING LIGHT TRANSMITTING FIBRES AND AMETHOD FOR PRODUCING THE SAME. United States Patent.

[11] Losonczi, A. (2012b). TRANSLUCENT BUILDING BLOCK ANDA METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME. United States Patent

[12] Ahuja, A., & Mosalam, K. M. (2017). Evaluating energy consumption saving from translucent concrete building envelope. Energy and Buildings, 153, 448-460. doi:10.1016/j.enbuild.2017.06.062

[13] Ismail, Z. Z., & Al-Hashmi, E. A. (2008). Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete. Waste Manag, 29(2), 655-659. doi:10.1016/j.wasman.2008.08.012

[14] Henriques, T. d. S., Dal Molin, D. C., & Masuero, Â. B. (2018). Study of the influence of sorted polymeric optical fibers (POFs) in samples of a light-transmitting cement-based material (LTCM). Construction and Building Materials, 161, 305-315. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.11.137

[15] Bashbash, B. F., , R. M. H., , D. F. W., & , M. A. A. (2013). Basics of Light Transmitting Concrete. Global Advanced Research Journal of Engineering, Technology and Innovation, 2, 076-083.

[16] Juan Shen, Z. Z. (2013). Some Progress on Smart Transparent Concrete Pacific Science Review, 15, 51-55.

[17] A. B. Sawant, R. V. J., S. G. Sawant. (2014). Light Transmitting Concrete by using Optical Fiber. International Journal of Inventive Engineering and Sciences (IJIES), 3(1).

[18] E. Jiménez-Muñoz, F. F.-M. (2014). Translucent Concrete. Research with Glass, Optical Fiber and Glass Fiber. Construction and Building Research,

111–114. doi:10.1007/978-94-007-7790-3_15

[19] A.A. Momin, R. B. K., Vakeel.S. Jagirdar, Arshad Ahemed Inamdar. (2014). Study on Light Transmittance of Concrete Using Optical Fibers and Glass Rods. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 67–72.

[20] Ashish B. Ugale, R. R. B. a. P. P. N. (2019). Light Transmitting Concrete Litracon. *Smart Technologies for Energy, Environment and Sustainable Development*, 241–251.

[21] Henriques, T. d. S., Dal Molin, D. C., & Masuero, Â. B. (2020). Optical fibers in cementitious composites (LTCM): Analysis and discussion of their influence when randomly arranged. Construction and Building Materials, 244. doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.118406

[22] Li, Y., Li, J., Wan, Y., & Xu, Z. (2015). Experimental study of light transmitting cement-based material (LTCM). Construction and Building Materials, 96, 319-325. doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.08.055

[23] Li, Y., Zhang, J., Cao, Y., Hu, Q., & Guo, X. (2021). Design and evaluation of light-transmitting concrete (LTC) using waste tempered glass: A novel concrete for future photovoltaic road. Construction and Building Materials, 280. doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.122551

[24] Luhar, I., Luhar, S., Savva, P., Theodosiou, A., Petrou, M., & Nicolaides, D. (2021). Light Transmitting Concrete: A Review. Buildings, 11(10). doi:10.3390/buildings11100480

[25] American society for Testing and Materials. “ASTM C1437 : Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar,” Book of ASTM Standards, vol 04.01, pp. 2, 2020, doi: 10.1520/C1437-20.

[26] American society for Testing and Materials. “ASTM C109 : Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens),” Book of ASTM Standards, vol 04.01, pp. 12, 2021, doi: 10.1520/C0109_C0109M-21.

[27] Numan, B. S. A., Ahmed, F. R., & Rashied, Z. N. (2015). Experimental Time-Dependent Deflection of High Strength Concrete Panels. American Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol. 3 No. 5, 153-157. doi:10.12691/ajcea-3-5-1

[28] Choi, J.-K., & Fthenakis, V. (2014). Crystalline silicon photovoltaic recycling planning: macro and micro perspectives. Journal of Cleaner Production, 66, 443-449. doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.022

[29] Ganjoo, A., McCamy, J., Polcyn, A., Ma, Z., & Medwick, P. A. (2019). Glass and Coatings on Glass for Solar Applications. In Springer Handbook of Glass (pp. 1635-1676).

[30] Navabi, D., Javidruzi, M., Hafezi, M.R., & Mosavi, A. (2021). The high-performance light transmitting concrete and experimental analysis of using polymethylmethacrylate optical fibers in it. Journal of Building Engineering, 38. doi:10.1016/j.jobe.2020.102076

ID034

การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ จากสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ ด้วยโปรแกรม ALOHA

Impact Assessment of Natural Gas Leakage from Pressurize Control and Capacity Meter Station Using ALOHA Model

ธนันศักดิ์ บุญไทย[1] และ สุนทรี ขุนทอง[2*]
[1]สาขาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: soontree.k@ku.th

Thanansak Boonthai[1] and Soontree Khuntong[2*]
[1]Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: soontree.k@ku.th

บทคัดย่อ

ผลกระทบจากการรั่วไหลและการระเบิดจากการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ ณ จุดเชื่อมต่อในสถานีควบคุมและวัดปริมาตรก๊าซ โดยใช้โปรแกรม ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) ในการประเมินผลกระทบที่เกิดจากอุบัติเหตุรั่วไหล โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ระหว่าง พ.ศ. 2550 – 2564 โดยจำลอง 2 สถานการณ์ กำหนดขนาดรูรั่วตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง แบ่งเป็น 4 ขนาด ได้แก่ 0.25, 1, 4 และ 8 นิ้ว (ท่อแตกหัก) ผลการศึกษาพบว่า รูรั่วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุดตาม (API Publication 581, 2000) เมื่อนำผลจากกราฟที่ได้มาเปรียบเทียบจากศึกษาโอกาสของการเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor Cloud Explosion) พบว่ารูรั่วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ทำให้เกิดผลกระทบพื้นที่โดยรอบมากที่สุด ที่แรงดัน 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีพื้นที่ที่ได้รับ ผลกระทบในรัศมี 45.9, 60.3, และ 62.1 เมตร ตามลำดับ ส่วนกรณีเกิดเพลิงไหม้แบบลำเปลวไฟ (Jet Fire) ของรูรั่วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว พบว่าที่ระดับพลังงานความร้อน 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบและอันตรายจากการระเบิดของท่อส่งก๊าซภายในรัศมี 16.2, 27, 34.2 และ 29.7 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีผลทำให้ผู้ถูกสัมผัสได้รับบาดเจ็บถูกเผาไหม้และอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ภายในเวลา 60 วินาที โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอยู่ในพื้นที่สถานีควบคุมและวัดปริมาตรก๊าซธรรมชาติ จึงนำผลที่ได้จากการประเมินผลกระทบมาใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนรองรับเหตุฉุกเฉินในการรับมือกับสถานการณ์หรืออุบัติภัยร้ายแรงดังกล่าว เพื่อความปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์สินของผู้ปฏิบัติงานและพื้นที่ใกล้เคียง

Abstract

Leakage and explosion effects from natural gas leaks at the connection point in the Pressurize Control and Capacity Meter Station. The ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) program was used to assess the impact of the spill accident. Using climate data between 2007 and 2021, 2 scenarios were simulated and the hole size was determined according to the diameter, divided into 4 sizes, namely 0.25, 1, 4 and 8 inches (broken pipe). A hole with a diameter of 1 inch is the most likely to occur according to (API Publication 581, 2000). When comparing the results from the graph obtained from the study of the probability of explosion of the Vapor Cloud Explosion, it was found that A 4-inch diameter hole has the greatest impact on the surrounding area at a pressure of 1 pound per square inch. have received area The impact in a radius of 45.9, 60.3, and 62.1 meters, respectively. In the case of a jet fire of a 4-inch diameter hole, it was found that at a thermal power level of 2 kilowatts per square meter. There are affected areas

and gas pipeline explosion hazards within a radius of 16.2, 27, 34.2 and 29.7 meters respectively, resulting in burns to the exposed person and potentially fatal within time. 60 seconds, with the affected area in the natural gas control and measurement station area Therefore, the results of the impact assessment are used as information in the preparation of an emergency plan to deal with such serious situations or accidents. For the safety of life and property of operators and nearby areas.

Keywords: Natural Gas Leakage, Explosion, Using ALOHA Model, VCE, Jet Fire

1. บทนำ

การใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง ไม่มีภาระเรื่องการเก็บสำรองหรือขนส่ง มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และเป็นเชื้อเพลิงสะอาด จึงได้รับความนิยมและมีปริมาณความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นตามลำดับ รวมทั้งการขนส่งก๊าซธรรมชาติผ่านระบบท่อจัดเป็นระบบที่มีความปลอดภัยสูง ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการขนส่งหรือการจราจร ทำให้ในหลายประเทศทั่วโลกวางระบบโครงข่ายท่อส่งก๊าซธรรมชาติเข้าสู่สังคมเมืองและภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น [2]

บริษัทเห็นความสำคัญในด้านการพัฒนาเศรษฐกิจ จึงได้จัดตั้งสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ ประกอบด้วย (1) ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ได้รับการออกแบบตามมาตรฐาน ASME B31.8 เลือกใช้วัสดุท่อขั้นต่ำเป็นไปตามมาตรฐาน API 5L ความดันออกแบบ (Design Pressure: DP) เท่ากับ 942.50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ (2) ในส่วนของท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ที่เป็นจุดเชื่อมต่อเข้ากับ สถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่อยู่ใต้ดิน เนื่องจากอยู่ในบริเวณพื้นที่เปิด อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ชุมชน หรือทรัพย์สิน หากเกิดการรั่วไหลหรือเกิดการระเบิดขึ้น [1] จึงจำเป็นต้องทำการประเมินผลกระทบจากอุบัติเหตุและอุบัติภัยร้ายแรง โดยทำการศึกษาแนวทางและวิธีการประเมินจากบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการประเมินทิศทาง ผลกระทบจากการแพร่กระจาย ความสามารถในการลุกติดไฟ และการระเบิดจากการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ และนำผลจากการประเมินมาจัดทำแผนการป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉิน โดยการใช้โปรแกรม ALOHA ซึ่งจะทำให้ทราบเกี่ยวกับเส้นทางของการแพร่กระจายของสารเคมีก๊าซธรรมชาติ ที่กระจายออกไปในระยะต่างๆ และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารเคมีที่เกิดการรั่วไหลในการวางแผนป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น

งานวิจัยในครั้งนี้ เลือกศึกษาสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ เป็นสถานีย่อยที่จุดต่อระหว่าง Hand Valve (HV 01 และ HV 02) ไปยังชุดวัสดุอุปกรณ์เพื่อทำการควบคุมความดันนั้นประกอบไปด้วย Fitter, Safety Shut-off Valve, Pressure Safety Valve และ Pressure Control Valve ทำหน้าที่ปรับลดแรงดันให้ได้ค่าที่ต้องการ และผ่านวัดปริมาณก๊าซจุดซื้อขาย (Gas Turbine) พร้อมทั้งส่งจ่ายด้านขาออก (Outlet 8 นิ้ว) มีอัตราการไหล 18,000 ตันต่อชั่วโมง ฉะนั้นแล้วทางผู้วิจัยจึงเร่งเห็นความสำคัญของวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรการหรือแนวทางในการรับมือกับสถานการณ์ฉุกเฉิน และใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนรองรับเหตุฉุกเฉินตามมาตรการด้านความปลอดภัยมาประเมินด้วยโปรแกรม ALOHA ซึ่งจะทำให้ทราบทิศทางการแพร่กระจายของสารเคมีก๊าซธรรมชาติ พร้อมทั้งปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่กระจายออกไปในระยะต่างๆ และประเมินพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารเคมีที่เกิดการรั่วไหล

2. วิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ในการศึกษา

รวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์การรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ ที่เกิดการรั่วไหลบริเวณจุดต่อและแนวเชื่อมของท่อส่งก๊าซธรรมชาติในสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ ได้แก่ ข้อมูลแสดงสถานที่ตั้งบริเวณสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ ข้อมูลสถานที่ตั้งของชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง ข้อมูลสภาพอากาศโดยรอบ ข้อมูลอัตราการไหลของก๊าซภายในท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ข้อมูลการประเมินการเกิดเหตุรั่วไหลการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดของก๊าซธรรมชาติ

สถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ ตำแหน่งพื้นที่ตั้งอยู่ภายในนิคมฯ อมตะซิตี้ อ.ปลวกแดง จ.ระยอง ละติจูด 12 องศา 58.90 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 101 องศา 05.20 ลิปดาตะวันออก



ภาพที่ 1 ที่ตั้งของสถานีควบคุมและวัดปริมาตรก๊าซ

2.2 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

1) รวบรวมข้อมูลแผนที่ที่ทำการศึกษา ใช้ข้อมูลที่มีอยู่และทำการสำรวจข้อมูลต้องการ เพิ่มเติมกับการงานวิจัย

2) ทำการเก็บข้อมูลโดยการสอบถามและสำรวจพื้นที่ เช่น พิกัดที่ตั้ง สภาพอากาศ และสถานที่พร้อมด้วยพื้นที่โดยรอบๆ เพื่อทำการศึกษา

3) รวบรวมข้อมูลสารเคมี ข้อมูลสภาพพื้นที่โดยรอบโรงงาน เช่น ชุมชน อาคารที่อาจจะได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายและการระเบิดของสารเคมี ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของบริเวณที่ตั้ง ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม สภาพพื้นที่ของโรงงาน ปริมาณเมฆ เป็นต้น

4) จำลองสถานการณ์การรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของสารเคมี รวมทั้งตัวแปรทางด้านภูมิอากาศ ภายใต้สภาวะที่เลวร้ายที่สุด ดังนี้

4.1) คุณสมบัติทางเคมีของก๊าซธรรมชาติ [1] กำหนดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ

พารามิเตอร์	คุณสมบัติทางเคมี
มีเทน	66.4-68.9%
ค่าความถ่วงจำ เพาะ	0.7-0.9 (อากาศ =1)
ขีดจำกัดการติดไฟ	3.8-17%
อุณหภูมิที่สามารถติดไฟ	482-632 °C
จุดวาบไฟ	< -50°C

4.2) การตั้งค่าตัวแปรทางด้านบรรยากาศ ได้กำหนดเงื่อนไขสภาพอากาศโดยใช้ข้อมูล ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์ จากสภาพอากาศระหว่าง พ.ศ. 2550– 2564 จากสถานีอุตุนิยมวิทยา สถานีพัทยา จ.ชลบุรี โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลจากแบบตรวจสภาพอากาศในพื้นที่ระหว่างช่วง ปี พ.ศ. 2564

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
ความเร็วลม (Knot)	27.8	22.4	24.0
ทิศทางลม (Km)	SW	SW	NE
อุณหภูมิสูงสุด (C°)	33.4	33.4	32.7
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	78	81	70

4.3) จำลองการรั่วไหล ผลกระทบจากการรั่วไหลอยู่กับอัตราการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ ขนาดเส้นผ่าศูนย์ของรูรั่วและระยะเวลาของการรั่วไหล ว่าสามารถตรวจพบและแก้ไขรูรั่วได้เร็วแค่ไหน ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างสถานการณ์จำลองการรั่วไหล ผ่านการกำหนดเงื่อนไขภายใต้ข้อมูลพื้นฐานและได้จำลองเหตุการณ์ทั้งหมดคือ 24 เหตุการณ์ 3 ช่วงฤดู และใช้ข้อมูลวิเคราะห์โอกาสการเกิดความเสี่ยงอ้างอิงจาก API Publication 581 แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขนาดความกว้างของรูรั่ว (นิ้ว)

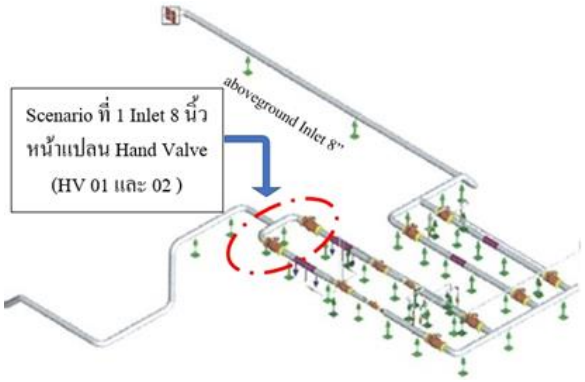
ขนาดรูรั่ว	ช่วงพิจารณา	ค่าที่นำมาใช้
ขนาดเล็ก	0 – 0.25	0.25
ขนาดกลาง	0.25 – 2.00	1
ขนาดใหญ่	2.00 – 6.00	4
แตกหัก	> 6.00	เส้นผ่านศูนย์สูงสุดไม่เกิน 8

5) ศึกษาผลกระทบจากสถานการณ์จำลอง โดยทำการทดสอบ 2 สถานการณ์จำลอง ได้แก่

- การระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor cloud explosion)
- การเกิดเพลิงไหม้แบบลำเปลวไฟ (Jet fire)

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 สร้างแบบจำลองการรั่วไหล ในการสร้างแบบจำลองการแพร่กระจายกำหนดจุดที่เกิดการรั่วไหล นำข้อมูลสถิติที่ผ่านมารวมถึงอุบัติการณ์ที่เคยเกิดขึ้น ในพื้นที่สถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ สร้าง Scenario โดยเลือกอุปกรณ์ที่จำลองเป็นชนิดภาชนะบรรจุภายใต้แรงดัน จึงกำหนดจุดที่จะสร้างแบบจำลองคือ บริเวณจุดต่อหน้าแปลนบอลวาล์วด้านขาเข้า HV 01 และ 02 ดังรูปภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แนวท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการ Scenario

กำหนด Scenario จำลอง และสร้างสถานการณ์บริเวณจุดขาเข้า (Pipe line Underground Inlet 8 นิ้ว) ด้วยแรงดัน 942.50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยที่แนวท่ออยู่ใต้ดินมีความยาว 100 เมตร ถึงจุดต่อระหว่างหน้าแปลน Hand Valve (HV 01 และ 02) และส่งจ่ายไปยังชุดวัสดุอุปกรณ์เพื่อทำการควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ

เมื่อจำลองเหตุการณ์แล้ว จะส่งผลกระทบต่อการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติในรัศมีที่เท่าใด กำหนดเงื่อนไขสถานที่และสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงความเป็นจริง มีขั้นตอนและรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

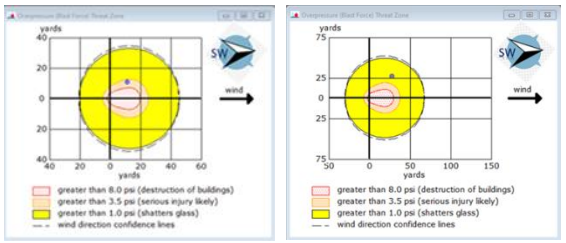
ขอบเขตผลกระทบจากเหตุการณ์รั่วไหลด้วยโปรแกรม ALOHA		
ด้านสภาพแวดล้อมบริเวณที่เกิดเหตุ	ด้านภูมิศาสตร์ สถานที่ตั้งละติจูด ลองติจูด	ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา
ข้อมูลด้านสารเคมี	ฐานข้อมูลที่กำหนด	ประเภทของการรั่วไหล
ข้อมูลสภาพการรั่วไหล	ชนิดของการรั่วไหล	ปริมาณของการรั่วไหล
ขอบเขตรัศมีที่ได้รับผลกระทบจากการคำนวณ		
ดำเนินการติดตามการทำงานและประเมินผล	วางบนแผนที่ Marplot และ Google Earth	กำหนดแผนงานแก้ไขเพื่อลดผลกระทบ

ตารางที่ 4 แนวทางการวิเคราะห์หาผลกระทบจากเหตุการณ์สารเคมีรั่วไหล

4. ผลและวิจารณ์

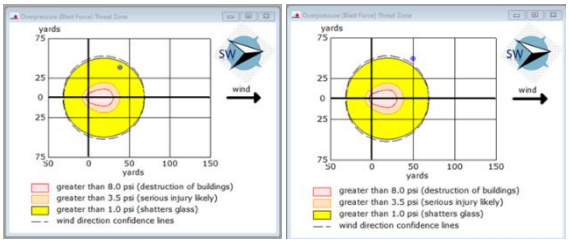
4.1 ผลการประเมินการแพร่กระจายและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลและการระเบิด ผลการวิเคราะห์อันตรายที่เกิดขึ้น ขณะเกิดการรั่วไหลจากสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ โดยที่โปรแกรม ALOHA คำนวณระยะที่ได้รับผลกระทบ กรณีเกิดการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ ทั้งสามฤดูปรากฏว่า ช่วงฤดูฝนมีอิทธิพลต่อการเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ VCE และกรณีเกิดเพลิงไหม้และระเบิดแบบลำเปลวไฟ Jet Fire มากที่ จึงนำมาสรุปผลได้ดังกรณีที่ 1 และ 2 อธิบายเพิ่มเติมได้ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 การระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ Vapor Cloud Explosion จากการจำลองเหตุการณ์เมื่อเกิดการรั่วไหลออกจากสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ ที่มีการแพร่กระจายครอบคลุมไปทั่ว จากการประเมินสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบของแรงดัน [4] แสดงดังรูปที่ 4



รูรั่วขนาดเล็ก
- สีเหลือง รัศมีที่ 45.9 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 25.2 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 19.8 เมตร

รูรั่วขนาดกลาง
- สีเหลือง รัศมีที่ 60.3 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 34.2 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 27.0 เมตร



รูรั่วขนาดใหญ่
- สีเหลือง รัศมีที่ 62.1 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 35.1 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 27.0 เมตร

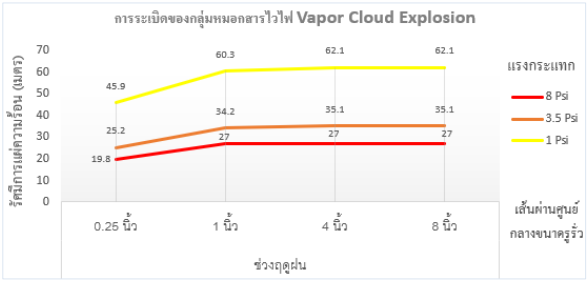
แตกหัก
- สีเหลือง รัศมีที่ 62.1 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 35.1 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 27.0 เมตร

ภาพที่ 4 การระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ VCE

การศึกษาได้แบ่งพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบออกเป็น 3 ระดับความรุนแรงได้แก่พื้นที่สีเหลืองแรงดันต่ำสุด 1.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีผลทำให้ได้รับบาดเจ็บ และแก้วกระจกแตก ละเอียด พื้นที่สีส้มได้รับแรงดันมากกว่า 3.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีผลทำให้ได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรง ในขณะที่พื้นที่สีแดง แรงดันมากกว่า 8.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งแรงดันในระดับดังกล่าวจะส่งผลให้ประชาชนหรือ

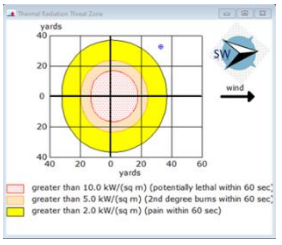
ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นเสียชีวิต และทำลายสิ่งปลูกสร้างอาคารหรือตึกได้ [4]

รูปภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VCE

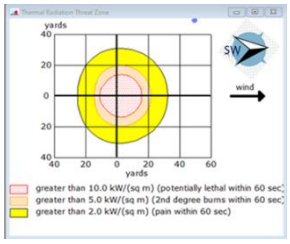


กราฟ VCE แสดงถึงความสัมพันธ์การรั่วไหลในเชิงปริมาณแรงดัน เมื่อเปรียบเทียบขนาดรูรั่วจึงส่งผลกระทบต่อรัศมีพื้นที่โดยรอบขณะเกิดการรั่วไหล ผลกระทบดังกล่าวไม่สามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบแรงดันที่เกิดจากการระเบิดได้ แทบจะไม่มีโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ เนื่องจากเบากว่าอากาศ จึงลอยขึ้นเมื่อเกิดการรั่วไหล [5] อย่างไรก็ตามไม่ใช่ทุกอุบัติเหตุจากการรั่วไหลของไอระเหยของสารเคมีไวไฟจะเกิดการระเบิด หากไม่มีแหล่งกำเนิดประกายไฟ หรือเกิดประกายไฟ แต่ส่วนใหญ่ก่อให้เกิดแรงดันที่มีค่ามากกว่าแรงดันบรรยากาศ (overpressure) ในระดับต่ำหรือปานกลางเท่านั้น

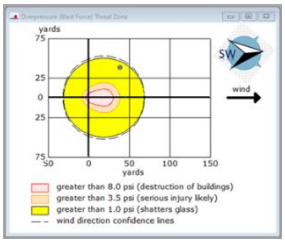
กรณีที่ 2 กรณีเกิดเพลิงไหม้และระเบิดแบบลำเปลวไฟ Jet Fire กรณีนี้เป็นไฟที่เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมี ที่ขนาดรูรั่วแต่ละขนาด ออกจากสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ การแพร่กระจายครอบคลุมไปทั่วบริเวณ และผสมกับอากาศในสัดส่วนที่พอเพียง ประกอบกับมีแหล่งประกายไฟ ทำให้เกิดการลุกติดไฟอย่างรวดเร็ว และระเบิดในที่สุด จากการประเมินสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบพลังงานความร้อน [4] แสดงดังรูปที่ 6



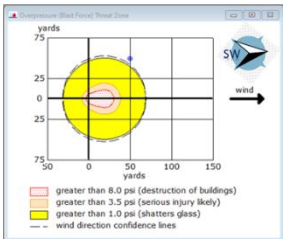
รูรั่วขนาดเล็ก
- สีเหลือง รัศมีที่ 16.2 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 10.8 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 9.0 เมตร



รูรั่วขนาดกลาง
- สีเหลือง รัศมีที่ 27.0 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 18.0 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 12.6 เมตร



รูรั่วขนาดใหญ่
- สีเหลือง รัศมีที่ 34.2 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 22.5 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 16.2 เมตร



แตกหัก
- สีเหลือง รัศมีที่ 29.7 เมตร
- สีส้ม รัศมีที่ 19.8 เมตร
- สีแดง รัศมีที่ 14.4 เมตร

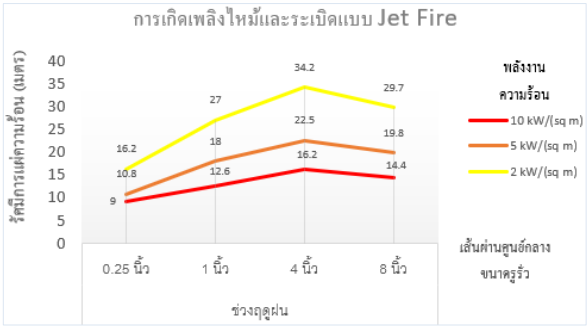
ภาพที่ 6 กรณีเกิดเพลิงไหม้และระเบิดแบบลำเปลวไฟ Jet Fire

พื้นที่สีแดง หมายถึง ภายในรัศมีดังกล่าวจากแหล่งกำเนิด มีค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีความรุนแรงมากอาจถึงขั้นเสียชีวิตภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีส้ม หมายถึง ภายในรัศมีดังกล่าว จากแหล่งกำเนิด มีค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดอาการพองใสขึ้น และถ้าแตกจะมีน้ำใสๆ ออกมาเป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีเหลือง หมายถึง ภายในรัศมีดังกล่าว จากแหล่งกำเนิด จากแหล่งกำเนิด มีค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนภายใน 60 วินาที

รูปภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jet Fire



กราฟ Jet Fire แสดงถึงความสัมพันธ์การรั่วไหลในเชิงพลังงานความร้อน เมื่อนำมาเปรียบเทียบ ปรากฏว่ารูรั่วที่ขนาด 4 นิ้ว มีรัศมีการแผ่กระจ่ายมากที่สุด จึงส่งผลกระทบ

ต่อพื้นที่ในสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ พบว่า บริเวณรัศมี 16.2 เมตร จากจุดเกิดเหตุมีโอกาสได้รับรังสีความร้อนเนื่องมาจากการเกิดเพลิงไหม้แบบลำเปลวไฟ โดยมีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดที่ได้รับ เท่ากับ 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีความรุนแรงมากอาจถึงขั้นเสียชีวิตภายใน 60 วินาที ในขณะที่บริเวณรัศมี 22.5 เมตร จากจุดเกิดเหตุมีโอกาสได้รับรังสีความร้อนเนื่องมาจากการเกิดเพลิงไหม้แบบลำเปลวไฟ โดยมีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดที่ได้รับเท่ากับ 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร และในบริเวณที่ห่างออกไปไกลสุด 34.2 เมตรจากจุดเกิดเหตุมีโอกาสได้รับรังสีความร้อนเนื่องมาจากการเกิดเพลิงไหม้แบบลำเปลวไฟ โดยมีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดที่ได้รับ เท่ากับ 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

4.2 วิจารณ์

จากการเปรียบเทียบกรณีเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ VCE และกรณีเกิดเพลิงไหม้และระเบิดแบบ Jet Fire ปรากฏว่าการรั่วไหลของสารเคมี ที่แพร่กระจายได้ไกลและครอบคลุมพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบของก๊าซธรรมชาติ จากสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ เมื่อพิจารณาชนิดการรั่วไหลตาม (API Publication 581, 2000) กรณีประเมินที่รูรั่วขนาด 0.25, 1, 4 และ 8 นิ้ว โอกาสของการเกิดรูรั่วขนาดต่างๆ พบว่า รูรั่วขนาด 1 นิ้ว มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลจากรูปภาพที่ 5 และ 6 มาเปรียบเทียบจากศึกษาโอกาสของการเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ VCE และเกิดเพลิงไหม้และระเบิดแบบ Jet Fire เมื่อมีการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติ พบว่ารูรั่วขนาด 4 นิ้ว ทำให้เกิดผลกระทบพื้นที่โดยรอบมากที่สุด

5. สรุป

จากการรั่วไหลของสารเคมีก๊าซธรรมชาติทั้ง 2 เหตุการณ์ พบว่าการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติในรูปแบบ 1) กลุ่มหมอกสารไวไฟ Vapor Cloud Explosion ที่ขนาดรูรั่วของเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ทิศทางลมตะวันตกเฉียงใต้ ของช่วงฤดูฝน ทำให้เกิดรัศมีระยะไกลที่สุดประมาณ 62.1 เมตร ซึ่งส่งผลกระทบพื้นที่ใกล้เคียงได้แก่ สถานีศูนย์ดับเพลิง นิคม ฯ อมตะซิตี้ และ 2) เกิดเพลิงไหม้ระเบิดแบบลำเปลวไฟ Jet Fire ที่ขนาดรูรั่วของเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ทิศทางลมตะวันตกเฉียงใต้ ช่วงฤดูฝน ทำให้เกิดรัศมีระยะไกลที่สุดประมาณ 34.2 เมตร ผลกระทบที่เกิดขึ้นในพื้นที่สถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซ ส่งผลให้อุปกรณ์เกิดเสียหายแก่วัสดุอุปกรณ์ควบคุมของสถานีและหากมีผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่อาจได้รับอันตราย อย่างไรก็ตามหากเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวโดยเฉพาะในบริเวณที่มีความเสียงต่อการเกิดระเบิด ควรมีมาตราการการป้องกันและแผนรองรับไว้รอและควรทำการซ่อมแผนฉุกเฉินอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท ปตท. จำหน่ายก๊าซธรรมชาติ จำกัด. โครงการก่อสร้างระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ งานปรับปรุงสถานีควบคุมแรงดันและวัดปริมาตรก๊าซธรรมชาติ (OTS) บริเวณนิคมฯ อมตะซิตี้, ข้อมูลจาก www.pttngd.co.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มกราคม 2564).

[2] บริษัท อมตะ จัดจำหน่ายก๊าซธรรมชาติ จำกัด. รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการท่อจ่ายก๊าซธรรมชาติจากสถานีควบคุมความดันและวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ แห่งที่ 2, ข้อมูลจาก www.amatangd.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มกราคม 2564).

[3] สุนิสา วอนเผื่อน. 2561. การประยุกต์ใช้โปรแกรม HAST เพื่อประเมินผลกระทบกรณีเกิดการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้อมูลจาก http://eng.src.ku.ac.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 14 มกราคม 2564).

[4] ปภามญชุ์ ชีประเสริฐ. 2563. การประเมินความปลอดภัยเบื้องต้นและผลกระทบที่เกิดจากอุบัติเหตุรั่วไหลของบิวเทน, วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 14 ฉบับที่ 3, หน้าที่ 98-109

[5] กรมโยธาธิการและผังเมือง. คู่มือการคำนวณแรงระเบิดและผลกระทบจากแรงระเบิดที่มีต่อโครงสร้างอาคาร. กระทรวงมหาดไทย.2559 (วันที่สืบค้นข้อมูล 14 มกราคม 2564).

ID036

การตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูล สำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน

Strategic Decision of Innovative information Model Adoption in Underground Construction of Electricity System

สรรเพชร คงถาวร[1] ฆนิศา รุ่งแจ้ง[2*] และ พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

[1]Sunphet Kongtaworn[1] Kanisa Rungjang[2]* and Pongsak Suriyawanagul[2]
[1]Infrastructure Engineering and Management Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินในเขตเมืองเป็นการส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่สีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและความน่าอยู่ตามแนวคิดการพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ปี พ.ศ. 2516 – 2580 และยุทธศาสตร์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อย่างไรก็ตามงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินมีความเสี่ยงต่อการเกิดความสูญเสียจากอุบัติเหตุเป็นอย่างมาก ดังนั้นหน่วยงานต่างๆ จึงมีนโยบายการนำนวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลด้านการก่อสร้าง เช่น เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) และเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) เพื่อบรรเทาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นโดยพิจารณาตามวัตถุประสงค์และหลักเกณฑ์ของหน่วยงาน การจัดลำดับความสำคัญของแบบจำลองงานก่อสร้างใต้ดินที่นำมาใช้เป็นรูปแบบการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ที่มีความซับซ้อน Multi-Criteria Decision Making (MCDM) เนื่องด้วยมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่ายและมีปัจจัยที่มีอิทธิพลหลายประการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process, AHP) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่นิยมใช้โดยทำการเปรียบเทียบคู่ (Pairwise Comparisons) การตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญในการการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ผลงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่สำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลได้แก่ โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ องค์กร การนำไปใช้ และความสามารถของบุคลากรตามลำดับ แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินที่เหมาะสม ได้แก่ การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 3 มิติและแบบความจริงเสริม (3D และ AR) รองลงมาเป็นแบบจำลอง 2 มิติ (2D) การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ (2D และ 3D) และแบบจำลองความจริงเสริม (AR) ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มเห็นว่าแบบจำลอง 3 มิติ และ AR (3D และ AR) มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับทางเลือกลำดับรองของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันไปตามงานที่รับผิดชอบ ผลการวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองข้อมูลโดยจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ พบว่าผู้รับผิดชอบงานก่อสร้างงานระบบไฟฟ้าใต้ดินและผู้รับผิดชอบงานทางพิจารณาปัจจัยด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์เป็นสำคัญ รองลงมาเป็นปัจจัยด้านการประยุกต์ใช้ องค์กร และความสามารถของบุคลากร ในขณะที่กลุ่มผู้รับผิดชอบสาธารณูปโภคอื่นพิจารณาการประยุกต์ใช้เป็นสำคัญ รองลงมาเป็นปัจจัยด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ องค์กร และความสามารถของบุคลากร

คำหลัก: แบบจำลองฐานข้อมูลงานก่อสร้าง งานก่อสร้างเคเบิลใต้ดิน ระบบไฟฟ้าใต้ดิน กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

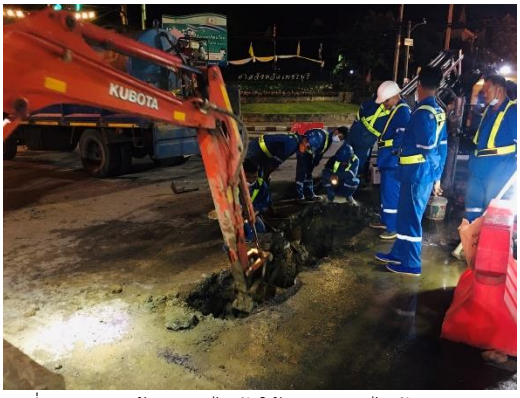
Abstract

According to the National Strategy (2018–2037) and Provincial Electricity Authority (PEA) strategics plan, the construction of underground electricity system in urban areas can support the eco-friendly development and livability in compliance with smart city concept. However, the accidents from underground construction can result in high economic consequences. Hence, many agencies are taking initiative policy to adopt innovative information model in construction such as Building Information Modeling (BIM) and Augmented Reality (AR) to alleviate such devastating consequences. With many stakeholders and diverse influencing factors, alternatives prioritization of information model in underground construction is a complex Multi-Criteria Decision Making (MCDM). This research aims to apply Analytic Hierarchy Process (AHP), which has been the widely used analysis through pairwise comparisons relies on the expert judgments to derive the priority scales, to prioritize information model in underground construction of electricity system. Data are strategic decision from 30 experts including PEA, Department of Highway, Department of Rural Highway, Provincial Administrative Organization, Provincial Waterworks Authority and National Telecom Public Company Limited. As a result, the significant factors for adopting the innovation model are hardware and software limitations, organizational factors, Implementation, and caliber or worker performances, respectively. Ranking by weight, the priority of the information model for underground construction are the alternatives of a combination of integrating three-dimensional model and AR (3D and AR), two-dimensional model (2D), a combination of 2D and 3D model (2D and 3D), and technology of Augment Reality (AR), respectively. The result of disaggregated analysis also shows that a combination of integrating three-dimensional model and AR (3D and AR) is the best information model for each group, however, the rank of other alternatives of prioritized by weight are different in accordance with their responsibility. Analyzed by group, the construction agency and highway agency are more focus on hardware and software limitations than model application, organization, and worker performance. While other agencies responsible for public services is primary focus on application than hardware and software limitation, organization, and worker performance. It is challenging to analyze the feasibility and update the database in compliance with the organization at agency's discretion. Sharing and Integrating the model of country's existing utility network can increase the efficiency of adopted innovation.

Keywords: Information model in construction Underground construction Underground electrical system Analytical Hierarchy Process

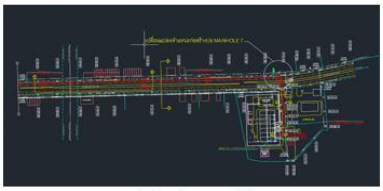
1. บทนำ

งานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินเป็นงานด้านวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาความมั่นคงของระบบไฟฟ้าภายในประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาความมั่นคงพลังงานของประเทศ [1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดให้งานก่อสร้างระบบไฟฟ้าเป็นภารกิจสำคัญตามยุทธศาสตร์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ.2565-2569 ในวัตถุประสงค์เชิงยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านระบบจำหน่ายที่มีประสิทธิภาพและสร้างความน่าเชื่อถือต่อผู้ใช้ไฟและทุกกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย [2] ทั้งนี้งานก่อสร้างใต้ดินเป็นงานที่มีความซับซ้อนด้วยเหตุหลายประการ [3] เช่น การทำงานใต้ดินในสภาพที่คาดการณ์ได้ยาก (ดังรูปที่ 1)

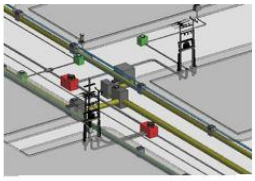


รูปที่ 1 งานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ระยะเวลาในการปฏิบัติงานจำกัด ผลกระทบจากการปฏิบัติงานที่มีต่อผู้ใช้ทางและประชาชนโดยรอบ ความหลากหลายของสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ผลกระทบที่ตามมาจากความผิดพลาดในการปฏิบัติงานอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุที่ร้ายแรงต่อประชาชนอันเป็นมูลค่าความสูญเสียได้ดังที่เหตุการณ์สำคัญในหลายประเทศ [4]-[6] เนื่องด้วยประเทศไทยมีการส่งเสริมการพัฒนาเมืองให้น่าอยู่ด้วยแนวคิดเมืองอัจฉริยะตามประกาศคณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ปี พ.ศ. 2562 [7] หน่วยงานหลายหน่วยงานจึงได้นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยและชาญฉลาดมาช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการเมือง ลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรของเมืองและประชากรเป้าหมาย โดยเน้นการออกแบบที่ดี และการมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจและภาคประชาชนในการพัฒนาเมือง ภายใต้แนวคิดการพัฒนา เมืองน่าอยู่ เมืองทันสมัย ให้ประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุข อย่างยั่งยืน หน่วยงานที่ดูแลด้านโครงสร้างพื้นฐานต่างๆจึงนำเทคโนโลยีที่หลากหลายมาช่วยใช้ในการจัดการข้อมูลและกระบวนการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น โปรแกรมการออกแบบทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ เทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) เป็นต้น การนำเทคโนโลยีมาใช้ในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินก็จะสามารถช่วยให้การบริหารโครงการงานก่อสร้างได้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ ลดระยะเวลาในการก่อสร้างและส่งผลให้งานก่อสร้างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [8] เทคโนโลยีมีหลากหลายรูปแบบ (ดังรูปที่ 2) ยกตัวอย่าง เช่น 1.เทคโนโลยีแบบ 2 มิติ 2.เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling , BIM) โดยการใช้กระบวนการที่ชาญฉลาดสร้างแบบจำลองสามมิติที่รายละเอียดครบถ้วน เป็นเครื่องมือในการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพ เข้าใจง่าย และเห็นภาพชัดเจน [9] [10] 3.เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) ซึ่งเป็นการรวมวัตถุในโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) ทำให้สามารถมองเห็นภาพที่มีลักษณะเป็นวัตถุ (Object) แสดงผลในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติ บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง [11] [12]



(A) รูปแบบ 2 มิติ



(B) รูปแบบ 3 มิติ



(C) รูปแบบเทคโนโลยีความจริงเสริม

รูปที่ 2 แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน

การตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลมีความซับซ้อนเนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างในการพิจารณาเลือกใช้ เช่น โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ องค์กร การนำไปใช้และความสามารถของบุคลากร [8] ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีทั้งรูปธรรม และนามธรรม ประกอบกับหน่วยงานที่จำเป็นต้องตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมฐานข้อมูลมีหลายหน่วยงานซึ่งเป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน โดยผู้ว่าราชการจังหวัดได้มีคำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานขับเคลื่อนแผนการดำเนินงานก่อสร้างตามแผนปรับปรุงระบบไฟฟ้าเป็นเคเบิลใต้ดิน 1 จังหวัด 1 ถนน เพื่อเฉลิมพระเกียรติ ประกอบด้วยกลุ่มหน่วยงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ได้แก่

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กลุ่มหน่วยงานทางและเจ้าของพื้นที่ ได้แก่ กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กลุ่มหน่วยงานสาธารณูปโภคและส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงาน ได้แก่ การประปาส่วนภูมิภาค และบริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) ซึ่งประสานงานกันตามแนวทางของกระทรวงมหาดไทย [16] ดังเช่นคณะทำงานขับเคลื่อนแผนการดำเนินงานก่อสร้างตามแผนปรับปรุงระบบไฟฟ้าเป็นเคเบิลใต้ดิน 1 จังหวัด 1 ถนน เพื่อเฉลิมพระเกียรติของจังหวัดเพชรบุรี เป็นต้น [17] หน่วยงานเหล่านี้มีภารกิจและเป้าหมายที่ต่างกันทำให้การตัดสินใจมีปัจจัยซับซ้อนหลายประการ

งานวิจัยนี้จึงนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) มาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งงานวิจัยมากมายชี้ให้เห็นว่า AHP เป็นวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) ที่มีความเหมาะสมกับการตัดสินใจที่ซับซ้อนแบบหลายปัจจัยที่มีทั้งรูปธรรมและนามธรรมที่ไม่สามารถเปรียบเทียบกันในหน่วยวัดเดียวกัน (Incommensurate Criteria) ได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ดังนั้น AHP จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจในหลายศาสตร์ [13] [14] [15]

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP

3. วิธีการวิจัย

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision-making, MCDM) [18] ถูกพัฒนาขึ้นโดย Thomas L. Saaty [15] สามารถประเมินทางเลือกหรือการตัดสินใจในกรณีที่ปัจจัยหรือทางเลือกมีความซับซ้อนได้ ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการที่แพร่หลายที่สุดในการจัดลำดับความสำคัญที่มีความสมเหตุสมผล ลดอคติส่วนบุคคล และช่วยให้เปรียบเทียบทางเลือกที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีความยืดหยุ่น [14] ขั้นตอนวิเคราะห์ในกระบวนการ AHP มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดปัญหา 2) กำหนดวัตถุประสงค์ของปัญหา 3) กำหนดเกณฑ์ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม 4) กำหนดโครงสร้างการตัดสินใจ 5) เปรียบเทียบแต่ละปัจจัย โดยเปรียบเทียบทีละคู่ เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญระหว่างปัจจัย 6) คำนวณค่า Eigen สูงสุด ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง

การวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) กำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ 2) กำหนดโครงสร้างการตัดสินใจตามทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ 3) สำรวจข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญด้วยแบบสอบถาม 4) วิเคราะห์อัตราความสอดคล้อง (Consistency Ratio, C.R.) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I.) และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Index, R.I.) 5) วิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยและจัดลำดับความสำคัญการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน และปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ ตามทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP

3.1 การกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์

ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ และรวบรวมปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ผ่านทางจากบทความทางวิชาการและรายงานการศึกษา

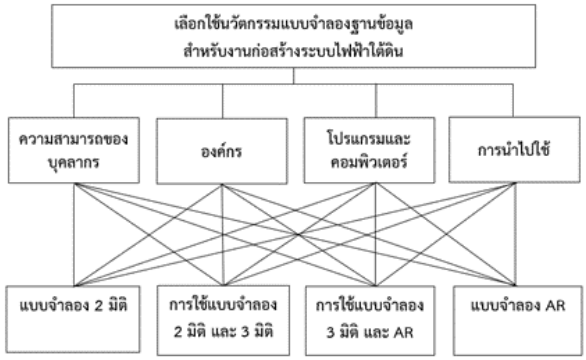
3.2 การกำหนดโครงสร้างการตัดสินใจตามทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP

โดยการจัดแบ่งโครงสร้างการตัดสินใจเป็นแบบลำดับชั้น (Hierarchy) (ดังรูปที่ 3) ประกอบด้วย

3.2.1 โครงสร้างระดับที่ 1 ได้แก่ เป้าหมาย (Goal) ซึ่งอยู่ระดับบนสุดของลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

3.2.2 โครงสร้างระดับที่ 2 ได้แก่ หลักเกณฑ์หลัก (Criteria) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ใช้ในการจัดลำดับรูปแบบเทคโนโลยีสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านความสามารถของบุคลากร (Caliber or Worker Perform) หมายถึง บุคคล ผู้บริหาร วิศวกร ผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้ที่มีความรู้ความสามารถในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน 2) ปัจจัยด้านองค์กร (Organization) หมายถึงการกำหนดนโยบายขององค์กรและเป้าหมายในอนาคตขององค์กร และการพัฒนาองค์กรในด้านเทคโนโลยี 3) ปัจจัยด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ (Hardware and Software limitations) หมายถึงอุปกรณ์ เครื่องมือ โปรแกรม และเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพในการการทำงาน 4) ปัจจัยด้านการนำไปใช้ (Implementation) หมายถึงการเข้ากันได้ระหว่างบุคลากรกับเทคโนโลยี และองค์กรกับเทคโนโลยี ในการก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

3.2.3 โครงสร้างระดับที่ 3 ได้แก่ ทางเลือกของแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ประกอบด้วย 1) แบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 2 มิติ 2) การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ 3) การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 3 มิติ และเทคโนโลยีความจริงเสริม 4) แบบจำลองฐานข้อมูลแบบความจริงเสริม [16]



รูปที่ 3 โครงสร้างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

3.3 การเก็บข้อมูลการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ

งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินจำนวน 30 ท่าน ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จำนวน 15 ท่าน กรมทางหลวง (ทล.) จำนวน 3 ท่าน กรมทางหลวงชนบท (ทช.) จำนวน 3 ท่าน บริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) จำนวน 3 ท่าน การประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) จำนวน 3 ท่าน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) จำนวน 3 ท่าน โดยผู้ตอบแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามหน้าที่ความรับผิดชอบในการดำเนินการก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ได้แก่ กลุ่มหน่วยงานก่อสร้างเคเบิลใต้ดิน (กลุ่ม 1) กลุ่มหน่วยงานทางและเจ้าของพื้นที่ (กลุ่ม 2) และกลุ่มหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (กลุ่ม 3) โดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมีประสบการณ์หน้าที่ความรับชอบที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน เช่น วิศวกร และช่างเทคนิค โดยมีประสบการณ์ทำงานเฉลี่ย 16 ปี การตัดสินใจเป็นการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญ (wi/wj) ระหว่างปัจจัยหรือทางเลือกเป็นรายคู่ i และ j ใดๆ จำนวนทั้งสิ้น n ปัจจัย หรือทางเลือก โดยใช้ตัวเลขแทนค่าความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของส่วนย่อยในแต่ละระดับชั้น เมื่อพิจารณาภายใต้ปัจจัยหรือทางเลือก หรือส่วนประกอบในระดับที่เหนือกว่าขึ้นไป ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบระดับความสำคัญเป็นตัวเลข 1 ถึง 9 แสดงระดับความสำคัญที่เท่ากันจนถึงระดับความสำคัญที่สูงกว่าอย่างมาก (ดังตารางที่ 1) [13]

ตารางที่ 1 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ

ระดับความความสำคัญ	ความหมาย
1	สำคัญเท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด
2,4,6,8	ค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น

ที่มา: ดัดแปลงจาก Saaty, T.L. [13]

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบความสอดคล้องของการตัดสินใจ

การทดสอบความสอดคล้องของการตัดสินใจเป็นการวิเคราะห์เมทริกซ์ค่าน้ำหนักที่ได้จากการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparison) โดยวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของเหตุผล (Consistency Ratio, C.R.) จากสัดส่วนระหว่างดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I.) และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Index, R.I.) หากมีค่าน้อยกว่า 0.1 แสดงว่าความไม่สอดคล้อง ของการตัดสินใจมีค่าไม่เกินร้อยละ 10 หรือขึ้นอยู่กับขนาดของเมตริกซ์ ตามการพิสูจน์ของ Saaty [15] ทั้งนี้ค่า **C.I.** มีค่าเท่ากับ $(\lambda max-n)/(n-1)$ โดยที่ λmax เป็นค่าสูงสุดของ Eigenvalue ของเมตริกซ์ และค่า **R.I.** สำหรับจำนวนปัจจัยหรือทางเลือก **n** ปัจจัยหรือทางเลือก งานวิจัยนี้พิจารณา 4 ปัจจัย ซึ่งต้องมีค่า **C.I.** น้อยกว่า 0.90 [15] (ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 เมทริกซ์การเปรียบเทียบปัจจัยภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

เกณฑ์หรือปัจจัย	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ n	น้ำหนักของปัจจัย
ปัจจัยที่ 1	$1*W_1$	$A_{12}*W_2$	$A_{1n}*W_n$	S_1
ปัจจัยที่ 2	$A_{21}*W_1$	$1*W_2$	$A_{2n}*W_n$	S_2
ปัจจัยที่ n	$A_{n1}*W_1$	$A_{n2}*W_2$	$1*W_n$	S_3

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (R.I.)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

ที่มา: ดัดแปลงจาก Saaty, T.L. [13]

3.5 การคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัย

การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ในแต่ละชั้นสามารถหาได้จากการสังเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ 1 และสมการที่ 2

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1.0 \quad (2)$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์
V_i คือ ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต
n คือ จำนวนตัวเลขที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

4. ผลและวิจารณ์ผล

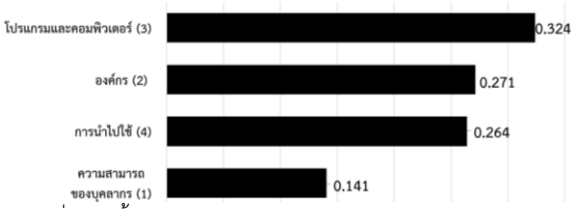
ผลการสำรวจการตัดสินใจและวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินขจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 30 ท่านประสบการณ์เฉลี่ย 16 ปี ซึ่งแบ่งตามหน้าที่รับผิดชอบแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มหน่วยงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ได้แก่ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (จำนวน 15 ท่าน) กลุ่มหน่วยงานทางและเจ้าของพื้นที่ ได้แก่ กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (จำนวน 9 ท่าน) และกลุ่มหน่วยงานสาธารณูปโภคและส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงาน ได้แก่ การประปาส่วนภูมิภาค และบริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) (จำนวน 6 ท่าน)

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องการตัดสินใจ

ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องการตัดสินใจ (C.R.) พบว่าค่า C.R. อยู่ระหว่าง 0.005 ถึง 0.095 ซึ่งหมายความว่าข้อมูลการตัดสินใจที่รวบรวมได้มีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (มีค่า C.R. น้อยกว่า 0.10) [15] โดยค่าความสอดคล้องการตัดสินใจ (C.R.) เป็นค่าสัดส่วนของค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I) ต่อค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Index, R.I.) C.R. = C.I./R.I. ซึ่งเมื่อค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, C.R.) มีค่าไม่เกิน 0.10 ซึ่งเป็นค่าความสอดคล้องที่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับกรณีที่พิจารณา 4 ปัจจัย

4.2 ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน

ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับปัจจัยสำคัญ จากวิธี AHP ปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ได้แก่ โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ (0.324) องค์กร (0.271) การนำไปใช้ (0.264) และความสามารถของบุคลากร (0.141) ตามลำดับ (ดังรูป 4)



รูปที่ 4 ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง

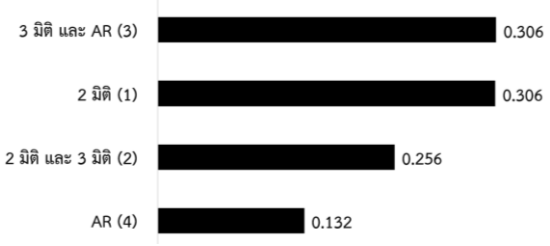
ตัวอย่างการคำนวนค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน

ผู้เชี่ยวชาญ ลำดับที่	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3	ปัจจัยที่ 4	C.R.
1	0.134	0.508	0.049	0.309	0.077
2	0.263	0.054	0.298	0.385	0.065
3	0.121	0.045	0.389	0.445	0.069
.	.	.	.	.	.
30	0.041	0.113	0.351	0.494	0.059
Geometric Mean	0.141	0.271	0.324	0.264	0.072

4.3 การเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน

ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับรูปแบบ จากวิธี AHP ค่าน้ำหนักของการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ได้แก่การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 3มิติ และ AR (0.306) แบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 2 มิติ (0.306) การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ (0.256) และแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ AR (0.132) ตามลำดับ (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 5 ค่าน้ำหนักการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน

เมื่อพิจารณาทางเลือก 3 มิติ และ AR ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกสูงที่สุด พบว่า สำหรับทางเลือกนี้ค่าน้ำหนักปัจจัยด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ มีค่าสูงที่สุด (0.467) รองลงมาเป็นปัจจัยด้านองค์กร (0.397) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ทางเลือก 3 มิติ และ AR มีความเหมาะสมที่สุด

ตัวอย่างการคำนวนค่าการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน (ดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ทางเลือกที่สำคัญในการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน

ผู้เชี่ยวชาญลำดับที่	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3	ทางเลือกที่ 4	C.R.
1	0.360	0.235	0.361	0.044	0.078
2	0.308	0.286	0.319	0.087	0.067
3	0.326	0.187	0.309	0.178	0.087
.	.	.	.	.	.
30	0.339	0.326	0.335	0.000	0.089
Geometric Mean	0.306	0.256	0.306	0.132	0.075

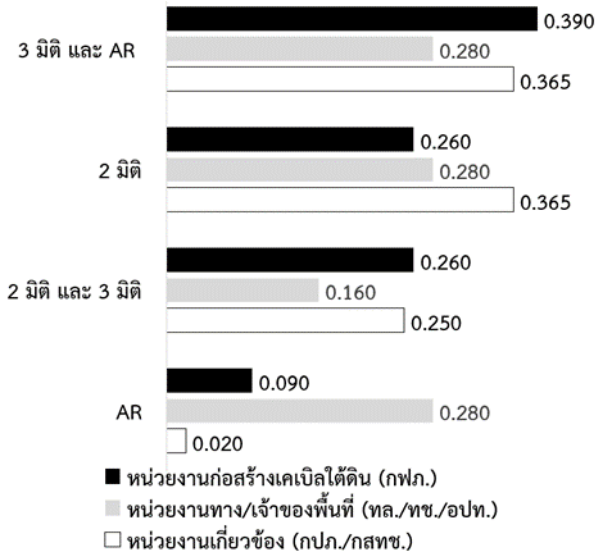
4.4 การเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินโดยจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ

ผลการวิเคราะห์ทางเลือกในการใช้แบบจำลองฐานข้อมูลงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินโดยพิจารณาจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ มีดังนี้

กลุ่มผู้ก่อสร้างระบบไฟฟ้าตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง 3 มิติ และ AR (3D และ AR) (0.390) รองลงมาเป็นแบบจำลอง 2 มิติ (2D) และการผสมผสานแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ ด้วยค่าน้ำหนักใกล้เคียงกัน (2D และ 3D) (ประมาณ 0.260 สำหรับแต่ละทางเลือก) และความจริงเสริม (AR) (0.090)

กลุ่มผู้รับผิดชอบงานทางตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง 3 มิติ และ AR (3D และ AR) ความจริงเสริม (AR) และแบบจำลอง 2 มิติ (2D) ด้วยค่าน้ำหนักใกล้เคียงกัน (ประมาณ 0.280 สำหรับแต่ละทางเลือก) และการผสมผสานแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ (2D และ 3D) (0.160)

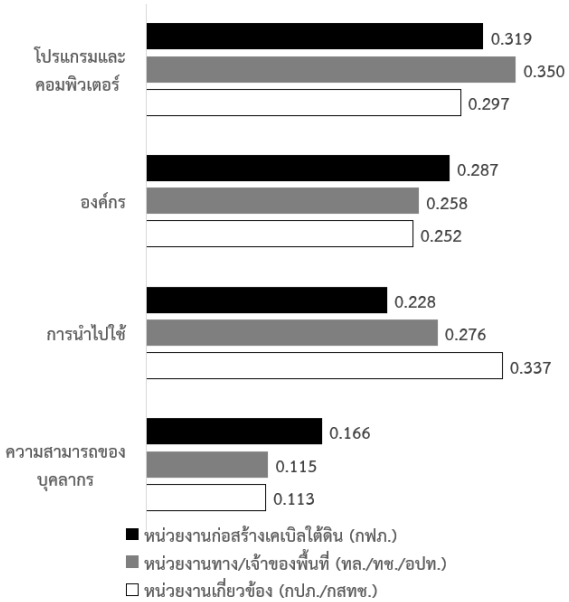
กลุ่มหน่วยงานสาธารณูปโภคอื่นตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง 3 มิติ และ AR (3D และ AR) และแบบจำลอง 2 มิติ (2D) ด้วยค่าน้ำหนักใกล้เคียงกัน (ประมาณ 0.365 สำหรับแต่ละทางเลือก) และการผสมผสานแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ (2D และ 3D) (0.250) และความจริงเสริม (AR) (0.020) (ดังรูปที่ 6)



รูปที่ 6 ค่าน้ำหนักการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินโดยจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ

4.5 ปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน จำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ

4.4.1 ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดในการจัดลำดับรูปแบบเทคโนโลยีสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน (ดังรูปที่ 7) และข้อมูล (ดังตารางที่ 3)



รูปที่ 7 ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ

ตารางที่ 6 ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ

หน่วยงาน	ปัจจัย			
	โปรแกรมและคอมพิวเตอร์	องค์กร	การนำไปใช้	ความสามารถของบุคลากร
หน่วยงานก่อสร้างเคเบิลใต้ดิน (กฟภ.)	0.319	0.287	0.228	0.166
หน่วยงานทาง/เจ้าของพื้นที่ (ทล./ทช./อปท.)	0.350	0.258	0.276	0.115
หน่วยงานเกี่ยวข้อง (กปภ./กสทช.)	0.297	0.252	0.337	0.113

4.4.2 ปัจจัยที่สำคัญลำดับรองลงมาเพื่อพิจารณาจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ

- กลุ่มหน่วยงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน เห็นว่า ให้ความสำคัญปัจจัยองค์กร (0.287) การนำไปใช้ (0.228) และความสามารถของบุคลากร (0.166) ตามลำดับ
- กลุ่มหน่วยงานทางและเจ้าของพื้นที่ พบว่า ให้ความสำคัญปัจจัยการนำไปใช้ (0.276) องค์กร (0.258) และความสามารถของบุคลากร (0.115) ตามลำดับ
- กลุ่มหน่วยงานสาธารณูปโภคและส่วนเกี่ยวข้อง พบว่า ให้ความสำคัญปัจจัยการนำไปใช้ (0.337) องค์กร (0.252) และความสารถของบุลากร (0.113) ตามลำดับ (ดังตารางที่ 6)

ผลการวิเคราะปัจจัยพบว่า กลุ่มหน่วยงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินให้ความสำคัญกับปัจจัยองค์กรมากกว่ากลุ่มหน่วยงานทางและเจ้าของพื้นที่ เช่นเดียวกับกลุ่มหน่วยงานสาธารณูปโภคและส่วนเกี่ยวข้อง เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีภารกิจหลักในการก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งมีแผนและมีดัชนีชี้วัดผลงานหรือความสำเร็จของงาน (Key Performance Indicator, KPI) ให้เป็นไปตามเป้าหมายขององค์กร

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน วิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินจำนวน 30 ท่าน มีประสบการณ์เฉลี่ย 16 ปี (ระหว่าง 5 ถึง 40 ปี) ผู้ตอบแบบสอบถามประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท บริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) การประปาส่วนภูมิภาค และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ผลงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ได้แก่ โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ องค์กร การนำไปใช้ และความสามารถของบุคลากร ตามลำดับ แบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินที่เหมาะสม ได้แก่ การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 3 มิติ และแบบความจริงเสริม (3D และ AR) แบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 2 มิติ (2D) การผสมผสานแบบจำลองฐานข้อมูลแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ (2D และ 3D) และแบบจำลองฐานข้อมูลแบบความจริงเสริม (AR) ตามลำดับ ทางเลือก 3 มิติ และ AR ที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกสูงที่สุดนั้น มีค่าน้ำหนักปัจจัยด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ มีค่าสูงที่สุด(0.467) รองลงมาเป็นปัจจัยด้านองค์กร (0.397) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ทางเลือก 3 มิติ และ AR มีความเหมาะสมที่สุด

เมื่อวิเคราะห์จำแนกกลุ่มผู้ตัดสินใจพบว่าทุกกลุ่มเห็นว่าแบบจำลอง 3 มิติ และ AR (3D และ AR) มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับทางเลือกลำดับรองลงมานั้น กลุ่มผู้รับผิดชอบก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน เห็นว่า ทางเลือกลำดับรองคือแบบจำลอง 2 มิติ (2D) และการผสมผสานแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ ด้วยค่าน้ำหนักใกล้เคียงกัน (2D และ 3D) และความจริงเสริม เพียงอย่างเดียว (AR) เป็นลำดับสุดท้าย สำหรับกลุ่มผู้รับผิดชอบงานทางตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง 3 มิติ และ AR (3D และ AR) ความจริงเสริม (AR) และแบบจำลอง 2 มิติ (2D) ด้วยค่าน้ำหนักใกล้เคียงกัน และการผสมผสานแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ (2D และ 3D) เป็นลำดับสุดท้าย สำหรับกลุ่มหน่วยงานสาธารณูปโภคอื่นตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง 3 มิติ และ AR (3D และ AR) และแบบจำลอง 2 มิติ (2D) ด้วยค่าน้ำหนักใกล้เคียงกัน รองลงมาเป็นการผสมผสานแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ (2D และ 3D) และความจริงเสริม (AR) ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกใช้นวัตกรรมแบบจำลองข้อมูลโดยจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจ พบว่าผู้ก่อสร้างงานระบบไฟฟ้าใต้ดินและผู้รับผิดชอบงานทางพิจารณาปัจจัยด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์เป็นสำคัญรองลงมาเป็นปัจจัยด้านการประยุกต์ใช้ องค์กร และความสามารถของบุคลากร ในขณะที่กลุ่มผู้รับผิดชอบสาธารณูปโภคอื่นพิจารณาการประยุกต์ใช้เป็นสำคัญ รองลงเป็นปัจจัยด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ องค์กร และความสามารถของบุคลากร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท บริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) การประปาส่วนภูมิภาค และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และนายชัยพร แก้วโต ในการรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] ราชกิจจานุเบกษา. 2561. ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580. เล่มที่ 135 ตอนที่ 82 ก, หน้า 1-61.
[2] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2565. แผนยุทธศาสตร์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2565-2569. 28 เมษายน 2565.

[3] Qian, Q. and P. Lin. 2016. Safety Risk Management of Underground Engineering in China: Progress, Challenges and Strategies, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, vol. 8 no.4, p. 423-442.

[4] Common Ground Alliance. 2016. Damage Information Reporting Tool (DIRT): Analysis and Recommendations. Common Ground Alliance, Volume 13, 30.

[5] The Associated Press. 2011. Ohio House Explodes; 6 Injured, 1 Still Missing, Available Source https://www.cbsnews.com/news/ohio-house-explodes-6-injured-1-still-missing/ (Accessed on July. 1, 2022).

[6] Hall, J.E., J.A Hammerschmidt., J.J. Goglia, G.W. Black, Jr. and C.J. Carmody. 1998. National Transportation Safety Board, Pipeline Accident Report, Natural Gas Pipeline Rupture and Subsequent Explosion, 40.

[7] สำนักนายกรัฐมนตรี. 2562. ประกาศคณะกรรมการขับเคลื่อนเมืองอัจฉริยะ. เลขที่ 1/2562.

[8] Li, X., W. Yi, H. Chi, X. Wang and A.P.C. Chan. 2018. A Critical Review of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) Applications in Construction safety, Automation in Construction, vol. 84, p. 150-162.

[9] Chen, H., L. Hou, G.(K.) Zhang and S. Moon. 2021. Development of BIM, IoT and AR/VR Technologies for Fire Safety and Upskilling, Automation in Construction, vol.125, p.1-13.

[10] Tulenheimo, R. 2015. Challenges of Implementing New Technologies in the world of BIM-case study. from Construction Engineering Industry in Finland, Procedia Economics and Finance, vol.21, p.469-477.

[11] Chen, H., L. Hou, G.(K.) Zhang and S. Moon. 2021. Development of BIM, IoT and AR/VR Technologies for Fire safety and Upskilling, Automation in Construction, vol.125, p.1-13.

[12] Jay, V. 2014. 4D Building Information Modelling with Augmented Reality on Mobile Devices to Support Construction Management: Applications and Key performance criteria from A stakeholder perspective. MBSc Thesis, Victoria University of Wellington.

[13] Saaty, T.L. and L.G. Vargas. 2012. Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process, Springer New York, New York.

[14] Kubler, S., J. Robert, W. Derigent, A. Voisin and Y.L. Traon. 2016. A State-of the-art survey & Testbed of fuzzy AHP Applications, Expert Systems with Applications, vol. 65, p.398-422.

[15] Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy.

[16] กระทรวงมหาดไทย สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย (สนผ.). การขับเคลื่อนแผนการดำเนินงานก่อสร้างตามแผนปรับปรุงระบบไฟฟ้าเป็นเคเบิลใต้ดิน 1 จังหวัด 1 ถนน เพื่อเฉลิมพระเกียรติ. เลขที่ มท.0211.9/9848. 2563.

[17] สำนักงานจังหวัดเพชรบุรี. คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานขับเคลื่อนแผนการดำเนินงานก่อสร้างตามแผนปรับปรุงระบบไฟฟ้าเป็นเคเบิลใต้ดิน 1 จังหวัด 1 ถนน เพื่อเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดเพชรบุรี. เลขที่ 1446/2563.

[18] E. Løken. 2007. “Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 11, no. 7, pp. 1584-1595.

ID037

พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็ว และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนบนทางพิเศษ

Driving Behavior Regarding Seat Belt Use, Speeding, and Distracted Driving on Expressway

ปฏิภาณ ไทรงาม[1] ฆนิศา รุ่งแจ้ง[2*] และ พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล[2]
[1]สาขาวิชาวิศกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

Patipan Saingam[1] Kanisa Rungjang[2*] and Pongsak Suriyawanagul[3]
[1]Infrastructure Engineering and Management Department of Civil Engineering, Kasetsart University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

อุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นปัญหาที่ท้าทายของหลายหน่วยงานจึงมีการกำหนดนโยบายและการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมการขับขี่อย่างปลอดภัย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พฤติรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็ว การขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนของผู้ขับขี่บนทางพิเศษ ข้อมูลที่สำรวจได้จากแบบสอบถามจำนวน 400 ตัวอย่าง จากผู้ขับขี่บริเวณจุดพักรถบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ หมายเลข 9 ถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยวิธีความแปรปรวนทางเดียว และการทดสอบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อให้เข้าใจและเปรียบเทียบพฤติกรรมระหว่างกลุ่มผู้ขับขี่ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ผู้ขับขี่ที่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาที่ขับขี่มีเพียง (ร้อยละ 25.5) และมีแนวโน้มที่จะคาดเข็มขัดนิรภัยบ่อยครั้งเมื่อขับขี่ในระยะทางที่มากกว่า 3 กิโลเมตรและเมื่อขับขี่ด้วยความเร็วสูงบนทางพิเศษ เทคโนโลยีที่เตือนให้คาดเข็มขัดนิรภัยและการบังคับใช้กฎหมายมีส่วนช่วยสร้างพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย ผู้ขับขี่ส่วนมาก (ร้อยละ 43.8) มีแนวโน้มที่จะใช้ความเร็วสูงกว่าความเร็วจำกัดในบางครั้ง และเมื่อขับขี่บนถนนที่ความเร็วจำกัดสูงขึ้นผู้ขับขี่มีแนวโน้มที่จะขับขี่เร็วขึ้น ผู้ขับขี่ส่วนมากมีพฤติกรรมการทานอาหารและดื่มเครื่องดื่มขณะขับขี่ รองลงมาเป็นการอ่านข้อความและการใช้อุปกรณ์เพื่อความบันเทิงบนโทรศัพท์ (ร้อยละ 27.8 21.0 และ 19.8 ตามลำดับ) ผู้ขับขี่ที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี มักใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่ (ร้อยละ 71.2 ของกลุ่มนี้) ผลการวิเคราะห์ ANOVA แสดงว่าพฤติกรรมของผู้ขับขี่แต่ละกลุ่มอายุมีความแตกต่างกัน โดยผู้ขับขี่ที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี จะคาดเข็มขัดนิรภัยน้อยกว่า และขับขี่ด้วยความเร็วต่ำกว่ากลุ่มอายุ 40 ปีขึ้นไป ซึ่งถึงแม้ว่าจะขับขี่ด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าแต่จะมีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุที่บาดเจ็บรุนแรงเนื่องจากมักไม่คาดเข็มขัดนิรภัยขณะขับขี่ ผู้ขับขี่ที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี มักขับขี่ขณะใช้อุปกรณ์มือถือ ในขณะที่ผู้ขับขี่ที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป มักทานอาหารและดื่มขณะขับขี่ สำหรับพฤติกรรมการขับขี่หลังจากการดื่มแอลกอฮอล์และกัญชาของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมการตระหนักถึงความปลอดภัยโดยการอบรมและบังคับใช้กฎหมายควบคู่ไปกับการใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะจะช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการขับขี่เพื่อการลดอุบัติเหตุบนท้องถนนของประเทศไทย

คำสำคัญ: พฤติกรรมการขับขี่ ความปลอดภัย การคาดเข็มขัดนิรภัยและการใช้ความเร็ว สิ่งรบกวนขณะขับขี่ ทางพิเศษ

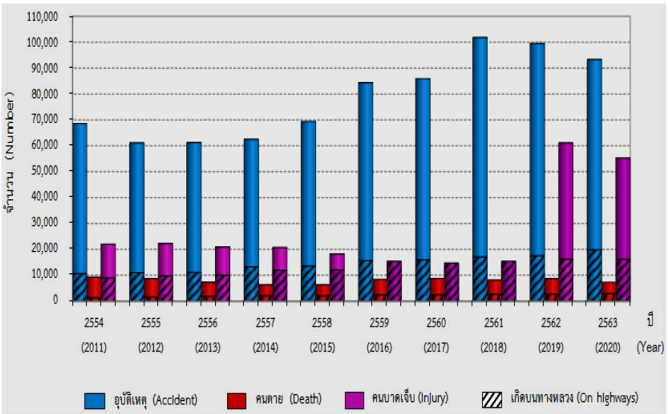
Abstract

Accident is major challenge facing many agencies. Many policies and technologies are conducted to encourage safe driving behavior. This research aims to analyze the driving behavior regarding seat belt use, speeding, and distracted driving on expressway. The survey data of 400 respondents parked at rest area along the Motorway number 7 (M7) and number 9 (M9) are statistically analyzed including the analysis of one-way variance (ANOVA) and t-test to understand and compare driving behavior of separated groups at 95 percent confidence level. As a result, most people were more likely to wear seat belt (25.5 percent), especially when driving more than 3 kilometers and driving along the expressway. Technology of reminding and enforcement can increase seat belt usage. Most people (43.8 percent) tend to drive over speed limit for some of the time. The higher the speed limit, the more people tends to increase the speed. Distracted driving often involved eating and drinking, reading message on phone, using entertainment devices (27.8, 21.0, and 19.8 percent, respectively). Most drivers at the age of 18-40 (71.2 percent of this group) are distracted by phone and devices while driving. According to ANOVA, the different age of drivers tends to have different behavior. Drivers between 18 and 40 are less likely to use seal belt and drive at lower speed than the drivers over the age of 40. Although the people drive at lower speed, the accidents may cause more injuries since they are not using seat belt. Distracted driving behavior are different Drivers between 18 and 40 are more likely to be distracted by phone and entertainment devices while the drivers over the age of 40 are more likely to eat and drink. The behavior of drove after drinking alcohol and using cannabis are not significantly different among group. Therefore, the challenges of Thailand to improve safety are not only to improve the safety awareness and concerns by education and enforcement, but also to develop and to promote technology and Intelligent Transport System to alleviate highway accidents.

Keywords: Driving Behavior, Safety, Seat Belt and Speeding, Distracted Driving, Expressway

1. บทนำ

สถิติอุบัติเหตุบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองจากรายงานอุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดินปี 2563 ของกรมทางหลวงระบุว่าอุบัติเหตุในปี 2563 มีจำนวน 2,045 ครั้ง ผู้เสียชีวิต 29 คน และผู้บาดเจ็บ 722 คน [1] มูลค่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมีความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์มีค่ามากในประเทศไทย รายงานดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่าสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุส่วนมากเกิดจากความบกพร่องของผู้ขับขี่โดยตรง (ร้อยละ 89.25 ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด) อันเนื่องจากการขับรถเร็วเกินอัตรากำหนด (ร้อยละ 77.27 ของอุบัติเหตุทั้งหมด) [1] งานวิจัยในอดีตระบุว่าการคาดเข็มขัดนิรภัยสามารถช่วยลดการบาดเจ็บและการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุได้ [2], [3] ผู้ขับขี่บางส่วนยังมีพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยในการคาดเข็มขัดนิรภัย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในอดีตมากมายแสดงให้เห็นว่าผู้ขับขี่มีพฤติกรรมการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนอันเป็นความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ อาทิ เช่น การใช้โทรศัพท์ขณะขับ การกินอาหารและการดื่มเครื่องดื่มขณะขับขี่ เป็นต้น [4], [5], [6] และพฤติกรรมอื่นที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนได้แก่ การดื่มแอลกอฮอล์และการใช้สารเสพติด [7], [8], [9], [10], [11]



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงแนวโน้มอุบัติเหตุของประเทศไทย
ที่มา : อุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดิน ปี 2563, เมษายน 2564

หน่วยงานที่รับผิดชอบในการขนส่งได้กำหนดให้มีกฎหมาย มาตรการ รวมทั้งการพัฒนามาตรฐานและข้อกำหนด ด้านงานทาง ทั้งในด้านออกแบบก่อสร้าง ควบคุม บำรุงรักษา ความปลอดภัย การให้บริการ ตามประเด็น

ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวงที่เชื่อมต่อ (Connectivity) เข้าถึง (Accessibility) และคล่องตัว (Mobility) อย่างมีคุณภาพและตรงความต้องการ [12] และมีการส่งเสริมความปลอดภัยระบบทางหลวงที่ยั่งยืน ด้วยการส่งเสริมค่านิยมและความเข้าใจด้านความปลอดภัยกับประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างบูรณาการ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในประเด็นยุทธศาสตร์การยกรับความปลอดภัย (Safety) ของระบบทางหลวงอย่างบูรณาการตามแผนปฏิบัติราชการ 5 ปี กรมทางหลวง พ.ศ.2563-2565 [13]

ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็ว การขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย พฤติกรรมการใช้ความเร็ว และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน ซึ่งรวบรวมได้จากการสำรวจด้วยแบบสอบถามจากผู้ใช้ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง จำนวน 400 ตัวอย่าง การวิเคราะห์อาศัยหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมคาดเข็มขัด การใช้ความเร็ว การขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนและนำไปทดสอบความสัมพันธ์ของพฤติกรรมจำแนกตามกลุ่มตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยวิธีความแปรปรวนทางเดียว และ การทดสอบ t-test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95) [14]

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการคาดเข็มขัด การใช้ความเร็ว และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนของผู้ขับขี่บนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองด้วยหลักการทางสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยวิธีความแปรปรวนทางเดียว และ การทดสอบ t-test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

3. วิธีการวิจัย

3.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นกลุ่มตัวอย่างของประชากรผู้ใช้ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และหมายเลข 9 ใช้ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (Average Annual Daily Traffic, AADT) จากรายงานจัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การจราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และหมายเลข 9 เท่ากับ 148,636 คันต่อวัน [15] ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยอ้างถึงทฤษฎีของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) [16] เมื่อกำหนดให้ค่า n คือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง N คือประชากรทั้งหมด และ d คือระดับความมีนัยสำคัญหรือระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ตามสมการ (1) ผลการคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 399 หรือประมาณ 400 ตัวอย่าง

$$n = \frac{N}{1+Nd^2} \quad (1)$$

3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

การศึกษานี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็ว และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม (Socio-economy) ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ สถานภาพการสมรส ระดับรายได้ ระดับการศึกษา และพาหนะ ส่วนที่ 2 ข้อมูลการตระหนักถึงความปลอดภัยในการขับขี่และข้อมูลด้านพฤติกรรมการขับขี่ ได้แก่ พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็ว การขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน การดื่มแอลกอฮอล์และการเสพกัญชา

โดยจุดที่เก็บและสำรวจข้อมูลนั้นจะเป็นจุดพักรถบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 เพื่อให้ได้กลุ่มผู้ใช้บริการที่หลากหลายและครอบคลุมจำนวนตัวอย่างที่คำนวณเป็นกลุ่มตัวแทนประชากรผู้ใช้ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจำเป็นต้องตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของข้อมูลในแบบสอบถาม โดยดำเนินการตัดและตรวจสอบข้อมูลที่สูญหายและข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ เพื่อให้สามารถนำมาวิเคราะห์ตามหลักการสถิติได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ข้อมูลที่ผ่านการสังเคราะห์แล้วต้องนำข้อมูลที่ได้มาแปลเป็นรหัสและแยกประเภทของตัวแปรแต่ละคำถามพร้อมบันทึกข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนร้อยละและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆตามหลักการทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS และ Microsoft Office Excel ทั้งนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลได้กระทำในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเมษายน พ.ศ.2565

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรม

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย พฤติกรรมการใช้ความเร็ว และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน โดยอาศัยหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมคาดเข็มขัด การใช้ความเร็ว การขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน และนำไปทดสอบความสัมพันธ์

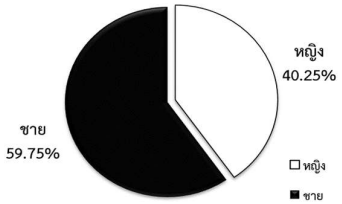
ของพฤติกรรมจำแนกตามกลุ่มตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยวิธีความแปรปรวนทางเดียว และ การทดสอบ t-test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

4. ผลการวิจัย

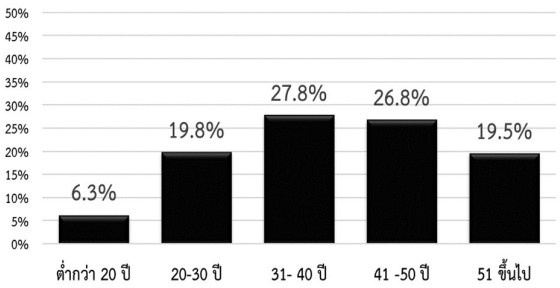
4.1 ผลการวิเคราะห์สถิติของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม (Socio-economy) ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ตัวอย่างโดยจำแนกตามเพศ อายุ ระดับรายได้ ระดับการศึกษา อาชีพ ประเภทยานพาหนะ สถานะสมรส มีดังนี้

กลุ่มตัวอย่างมีการกระจายตัวด้านเพศใกล้เคียงกัน (ประมาณร้อยละ 50) เทียบเคียงได้กับสัดส่วนของประชากรของประเทศไทย [17] กลุ่มตัวอย่างเพศชายต่อเพศหญิงเท่ากับร้อยละ 59.75 ต่อ 40.25 ตามลำดับ ดังรูปที่ 2 **การกระจายตัวด้านอายุของกลุ่มตัวอย่าง** สัดส่วนของกลุ่มผู้ใหญ่ในช่วงอายุ 31-40 ปี และช่วงอายุ 41-50 ปี มีสัดส่วนใกล้เคียงกันเท่ากับร้อยละ 27.8 และ 26.8 ตามลำดับ กลุ่มวัยรุ่นในช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปีและ20-30 ปีมีสัดส่วนร้อยละ 6.3 และ 19.8 ตามลำดับ และกลุ่มผู้สูงวัยในช่วงอายุ 51 ขึ้นไป มีสัดส่วนร้อยละ 19.5 ซึ่งเทียบเคียงได้กับกลุ่มประชากรของประเทศไทย [17] ดังรูปที่ 3 **การกระจายตัวด้านระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง** ระดับการศึกษาที่พบมากที่สุดคือระดับปริญญาตรี ร้อยละ 46.8 รองลงมาเป็นระดับอนุปริญญาหรือปวส. ร้อยละ 23.0 ระดับมัธยมปลายหรือปวช.ร้อยละ 12.5 และระดับมัธยมต้นหรือต่ำกว่าร้อยละ 3.3 **การกระจายตัวด้านอาชีพของกลุ่มตัวอย่าง** อาชีพข้าราชการหรือรัฐวิสาหกิจพบมากที่สุดร้อยละ 30.8 รองลงมาเป็นพนักงานบริษัทเอกชนร้อยละ 22.0 นักเรียนหรือนักศึกษาร้อยละ 10.3 อาชีพค้าขายหรือธุรกิจส่วนตัวร้อยละ 6.8 ว่างงานร้อนละ 4.8 และอื่นๆร้อยละ 12.5 **การกระจายตัวด้านพาหนะของกลุ่มตัวอย่าง** รถเก๋งเป็นพาหนะที่พบมากที่สุดร้อยละ 51.8 รองลงมาเป็นรถกระบะร้อยละ 32.3 รถตู้ร้อยละ 8.0 รถบรรทุกร้อยละ 6.8 และรถโดยสารร้อยละ 1.3 **การกระจายตัวด้านระดับรายได้ของกลุ่มตัวอย่าง** ช่วง 20,001 ถึง 30,000 บาท พบมากที่สุดร้อยละ 24.8 รองลงมาเป็นช่วง 10,001 ถึง 20,000 บาท ร้อยละ 20.0 ช่วง 40,001 ถึง 50,000 บาท มีสัดส่วนใกล้เคียงกับช่วง 30,001 ถึง 40,000 บาท ร้อยละ 18.0 และ 18.3 ตามลำดับ ช่วง 50,001 บาทขึ้นไป ร้อยละ 13.3 และช่วงต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 5.8



รูปที่ 2 สัดส่วนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ

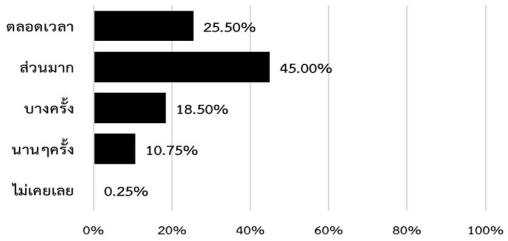


รูปที่ 3 สัดส่วนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามช่วงอายุ

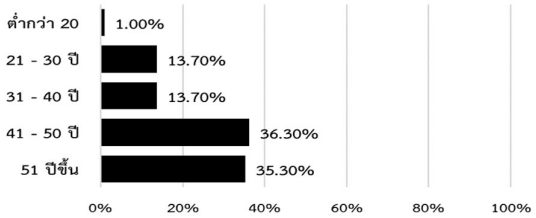
4.2 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย

4.2.1 พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย

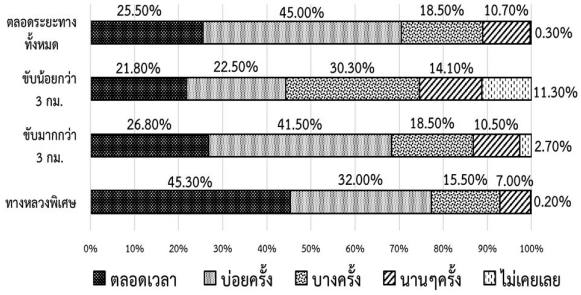
- กลุ่มตัวอย่างที่คาดเข็มขัดนิรภัยทุกครั้งตลอดเวลาที่ขับขี่คิดเป็นร้อยละ 25.5 และกลุ่มที่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาที่ขับขี่บ่อยครั้ง คิดเป็นร้อยละ 45.0 ดังรูปที่ 4
- ผู้ชายและผู้หญิงที่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาที่ขับขี่มีสัดส่วนที่เท่ากัน (ร้อยละ 50.0)
- กลุ่มตัวอย่างที่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาส่วนมากเป็นผู้ขับขี่ในช่วงอายุ 41-50 ปี (ร้อยละ 36.3) รองลงมาเป็นผู้ขับขี่ช่วงอายุ 51 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 35.3) สำหรับกลุ่มช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี ที่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาในการขับขี่มีเพียงส่วนน้อย (ร้อยละ 1.0) เห็นได้ว่าพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยในขณะขับขี่มีแนวโน้มที่จะขึ้นกับปัจจัยด้านอายุ หรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่ออายุมากขึ้นผู้ขับขี่มีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยขณะขับขี่มากขึ้น ดังรูปที่ 5
- เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยในการขับขี่ด้วยระยะทางที่น้อยกว่า 3 กิโลเมตร พบว่ากลุ่มตัวอย่างมักจะคาดเข็มขัดนิรภัยเพียงบางครั้ง (ร้อยละ 30.3) ผู้ขับขี่ที่คาดเข็มขัดนิรภัยทุกครั้ง (ร้อยละ 21.8) และกลุ่มตัวอย่างจำนวนไม่น้อยที่ไม่คาดเข็มขัดนิรภัยเลย (ร้อยละ 11.30)
- เมื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยในการขับขี่บนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาที่ขับขี่ (ร้อยละ 45.3) กลุ่มรองลงมา (ร้อยละ 32.0) มีพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยบ่อยครั้ง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 พฤติกรรมการคาดเข็มนิรภัยตลอดเวลาที่ขับขี่



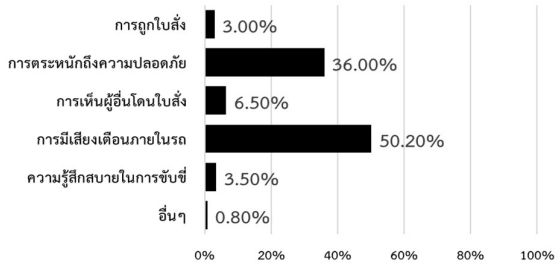
รูปที่ 5 พฤติกรรมการคาดเข็มนิรภัยตลอดเวลาที่ขับขี่จำแนกตามช่วงอายุ



รูปที่ 6 พฤติกรรมการคาดเข็มนิรภัยจำแนกตามระยะทางการขับขี่

4.2.2 สิ่งที่ทำให้ตระหนักถึงการคาดเข็มขัดนิรภัย

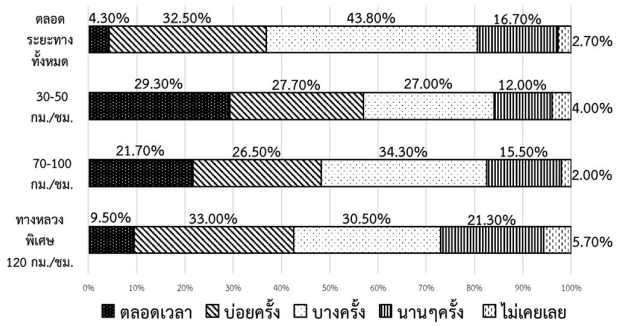
- สิ่งที่ทำให้ตระหนักถึงการคาดเข็มขัดนิรภัยของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การมีเสียงเตือนภายในรถ (ร้อยละ 50.2) รองลงเป็นการตระหนักถึงความปลอดภัย (ร้อยละ 36.0) ส่วนที่เหลือเป็น การเห็นผู้อื่นถูกใบสั่ง ความรู้สึกสบายในการขับขี่ และอื่นๆ ดังรูปที่ 7
- สิ่งที่ทำให้ตระหนักถึงการคาดเข็มขัดนิรภัยมากที่สุดของของกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ได้แก่ การมีเสียงเตือนภายในรถ (ร้อยละ 54.8) ส่วนในของกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่คาดเข็มขัดนิรภัยมากที่สุด ได้แก่ การมีเสียงเตือนภายในรถและตระหนักถึงความปลอดภัยมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 43.5 และ ร้อยละ 42.9 ตามลำดับ)
- กลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 41-50 ปี และ 51 ขึ้นไป สิ่งที่ทำให้ตระหนักถึงการคาดเข็มขัดนิรภัย ได้แก่ การมีเสียงเตือนภายในรถและตระหนักถึงความปลอดภัยมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 27.1 และร้อยละ 27.8 ตามลำดับ) ในช่วง 18-40 ปี สิ่งที่ทำให้ตระหนักถึงการคาดเข็มขัดนิรภัย ได้แก่ การมีเสียงเตือนภายในรถ (ร้อยละ 58.7) รองลงมาเป็นการตระหนักถึงความปลอดภัย (ร้อยละ 26.0)



รูปที่ 7 สิ่งที่ทำให้ตระหนักถึงการคาดเข็มนิรภัย

4.3 พฤติกรรมการใช้ความเร็ว

- กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีพฤติกรรมการใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 115.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อแยกพิจารณากลุ่มช่วงอายุ 18-40 ปีใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 111.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และกลุ่มช่วงอายุ 40 ขึ้นไปใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 119.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- พฤติกรรมการขับขี่เร็วเกินที่กำหนดตลอดเส้นทางเป็นบางครั้ง มีสัดส่วนมากที่สุด (ร้อยละ 43.8) รองลงมาเป็นขับขี่เร็วเกินที่กำหนดเป็นส่วนมาก (ร้อยละ 32.5)
- สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัด 30-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างที่ขับขี่เร็วเกินกำหนดเป็นส่วนมากและตลอดเวลามีสัดส่วนใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 27.7 และร้อยละ 29.93 ตามลำดับ)
- สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัด 70-100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างที่ขับขี่เร็วเกินกำหนดบางครั้งเป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 34.3) รองลงมาขับขี่เร็วเกินที่กำหนดบ่อยครั้ง (ร้อยละ 26.5)
- สำหรับทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองมีความเร็วจำกัด 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างที่ขับขี่เร็วเกินกำหนดเป็นบางครั้งและส่วนมากมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 30.5 และร้อยละ 33.0 ตามลำดับ) ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 พฤติกรรมการฝ่าฝืนความเร็วจำแนกตามความเร็วจำกัดของถนน

4.4 พฤติกรรมการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน

4.4.1 พฤติกรรมการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนต่างๆ

- สิ่งรบกวนขณะขับขี่ที่พบมากที่สุดได้แก่ การรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่ม (ร้อยละ 27.8) รองลงมาเป็นการอ่านข้อความบนโทรศัพท์ (ร้อยละ 21.0) และความบันเทิงบนโทรศัพท์ (ร้อยละ 19.8) ดังรูปที่ 9

- กลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีที่มีพฤติกรรมการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนที่พบมากที่สุดคือ ความบันเทิงบนโทรศัพท์ (ร้อยละ 71.2) รองลงเป็นการอ่านข้อความในโทรศัพท์ (ร้อยละ 69.2) และการรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่ม (ร้อยละ 60.58)

- กลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ขึ้นไป มีพฤติกรรมการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนแตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี ดังนี้ การรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่มพบมากสุด (ร้อยละ 56.1) รองลงมาเป็นการอ่านข้อความในโทรศัพท์ (ร้อยละ 48.3) และการคุยโทรศัพท์แบบแฮนด์ฟรี (Bluetooth) (ร้อยละ 45.6)

- กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่าสิ่งที่สามารถช่วยเตือนไม่ให้ใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่ที่ได้ผลมากที่สุด คือ ตระหนักว่าการใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่ไม่ปลอดภัยและการที่โทรศัพท์บล็อคการโทรและข้อความขณะขับขี่มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 38.7 และร้อยละ 37.8 ตามลำดับ) มีเพียงส่วนน้อยที่ตระหนักถึงการโดนใบสั่ง (ร้อยละ 3.5)

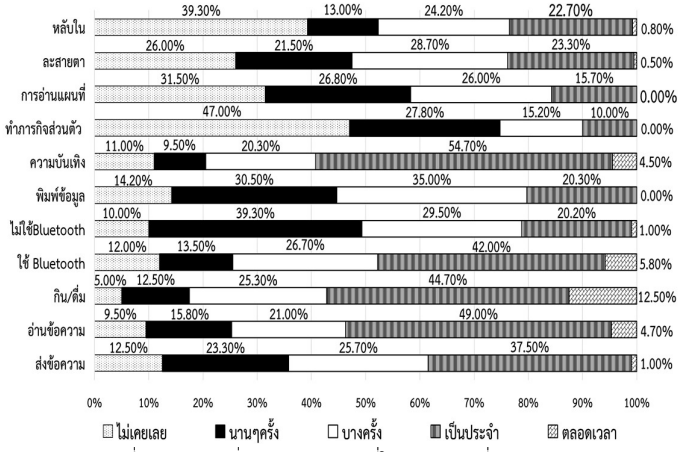
4.4.2 สิ่งที่สามารถบังคับไม่ให้ใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่

- กลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีเห็นว่าสิ่งที่ช่วยเตือนไม่ให้ใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่ในสัดส่วนที่มากที่สุด ได้แก่ การที่โทรศัพท์มีฟังก์ชันบล็อคการโทรและข้อความขณะขับขี่ (ร้อยละ 42.3) รองลงมาเป็นตระหนักว่าการใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่ไม่ปลอดภัย (ร้อยละ 35.6) ในส่วนกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไปเห็นว่าสิ่งที่ช่วยเตือนไม่ให้ใช้โทรศัพท์ขณะขับในสัดส่วนที่มากที่สุด ได้แก่ ตระหนักว่าการใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่ไม่ปลอดภัย (ร้อยละ 39.9) รองลงมาเป็นการที่โทรศัพท์มีฟังก์ชันบล็อคการโทรและข้อความขณะขับขี่ (ร้อยละ 36.1)

- ผลของข้อมูลพบว่า โทรศัพท์ของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีฟังก์ชันการห้ามรบกวนขณะขับขี่ (ร้อยละ 76.8) สำหรับผู้ที่มีฟังก์ชันห้ามรบกวนขณะขับขี่ (ร้อยละ 18.5) โดยไม่มีกลุ่มตัวอย่างที่เคยใช้ฟังก์ชันห้ามรบกวนขณะขับขี่ (ร้อยละ 0.0) และสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่แน่ใจว่าโทรศัพท์มีฟังก์ชันห้ามรบกวนขณะขับขี่ (ร้อยละ 4.7)



รูปที่ 9 สัดส่วนสิ่งรบกวนขณะขับขี่



รูปที่ 10 สัดส่วนสิ่งรบกวนขณะขับขี่ในช่วง 7 วันที่ผ่านมา

4.5 พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์และการเสพกัญชา

4.5.1 การดื่มแอลกอฮอล์

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ (ร้อยละ 59.0) และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีพฤติกรรมการดื่มแล้วขับขี่ (ร้อยละ 41.0) ดังรูปที่ 11

- ผลของข้อมูลพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่สำหรับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี และกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไป พบว่า ทั้งสองช่วงอายุมีพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่เป็นส่วนใหญ่เกินร้อยละ 50 (ร้อยละ 64.4 และ ร้อยละ 57.5 ตามลำดับ)

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ที่มากกว่า 15 วัน (ร้อยละ 58.9) และกลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ที่น้อยกว่า 15 วัน (ร้อยละ 41.1)

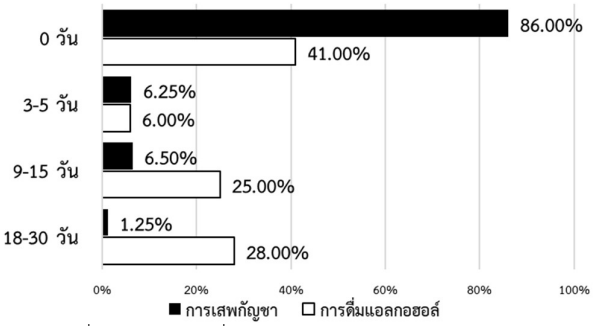
4.5.2 การเสพกัญชา

- ผลของข้อมูลพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ (ร้อยละ 86.0) ทั้งนี้กลุ่ม

ตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ (ร้อยละ 14.0) ดังรูปที่ 11

- เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ของกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า 15 วัน มีเพียงส่วนน้อย (ร้อยละ 26.8) และพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ของกลุ่มตัวอย่างที่น้อยกว่า 15 วัน (ร้อยละ 73.2)

- พฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ สำหรับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18 – 40 ปี กับช่วงอายุ 40 ปีขึ้น มีเพียงส่วนน้อย (ร้อยละ 25.0 และร้อยละ 10.1 ตามลำดับ)



รูปที่ 11 สัดส่วนการดื่มแอลกอฮอล์และการเสพกัญชาใน 30 วัน

4.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมโดยจำแนกตามกลุ่มอายุ

4.6.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี กับช่วงอายุ 40 ขึ้นไป โดยจะกำหนดสมมุติฐานดังนี้ H_0 ; พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี = 40 ขึ้นไป และ H_1 ; พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี ≠ 40 ขึ้นไป ได้ค่า P-Value 0.000 < (α = 0.05) ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 นั้นคือพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีแตกต่างกับกลุ่ม 40 ปีขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.6.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีกับช่วงอายุ 40 ขึ้นไป โดยจะกำหนดสมมุติฐานดังนี้ H_0 ; ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี = 40 ขึ้นไป และ H_1 ; ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี ≠ 40 ขึ้นไป ได้ค่า P-Value 0.000 < (α = 0.05) ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 นั้นคือพฤติกรรมการใช้ความเร็วของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีแตกต่างกับกลุ่ม 40 ปีขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.6.3 ผลการวิเคราะห์การใช้ความเร็วเฉลี่ยที่ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมงของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยจะกำหนดสมมุติฐานดังนี้ H_0 ; ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ≥ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ H_1 ; ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด < 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ค่า P-Value 0.000 < (α = 0.05) ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 นั้นคือพฤติกรรมการใช้ความเร็วของกลุ่มตัวอย่างใช้ความเร็วเฉลี่ยน้อยกว่า 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.6.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนมากมีสิ่งรบกวนเป็นการรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่มมากที่สุด โดยจะกำหนดสมมุติฐานดังนี้ H_0 ; พฤติกรรมรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่มขณะขับขี่ของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี = 40 ขึ้นไป และ H_1 ; พฤติกรรมรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่มขณะขับขี่ของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี ≠ 40 ขึ้นไป ได้ค่า P-Value 0.001 < (α = 0.05) ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 นั้นคือพฤติกรรมรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่มของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีแตกต่างกับกลุ่ม 40 ปีขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.6.5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่าง โดยจะกำหนดสมมุติฐานดังนี้ H_0 ; พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี = 40 ขึ้นไป และ H_1 ; พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี ≠ 40 ขึ้นไป ได้ค่า P-Value 0.924 > (α = 0.05) ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั้นคือพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีไม่แตกต่างกับกลุ่ม 40 ปีขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.6.6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่าง โดยจะกำหนดสมมุติฐานดังนี้ H_0 ; พฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี = 40 ขึ้นไป และ H_1 ; พฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปี ≠ 40 ขึ้นไป ได้ค่า P-Value 0.217 > (α = 0.05) ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั้นคือพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีไม่แตกต่างกับกลุ่ม 40 ปีขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการสำรวจพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็ว และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน บน

ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองด้วย เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแบบสอบถาม จำนวน 400 ตัวอย่าง ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุตามรายงานข้อมูลสถิติอุบัติเหตุบนทางพิเศษของประเทศไทยซึ่งผู้ขับขี่บางส่วนยังมีพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย ไม่คาดเข็มขัด ใช้ความเร็วเกินกำหนด และขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน การวิเคราะห์ใช้หลักการทางสถิติ การแจกแจงความถี่ สัดส่วนร้อยละ และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยวิธีความแปรปรวนทางเดียว และ การทดสอบ t-test พบว่า ผู้ขับขี่บางส่วนของกลุ่มตัวอย่างยังมีพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยในการขับขี่ ทั้งการไม่คาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็วเกินกำหนด และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน ถึงแม้ว่าจะมีมาตรการ กฎระเบียบและอุปกรณ์เตือนภัยภายในรถ สรุปพฤติกรรมต่างๆดังนี้

พฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยทุกครั้งตลอดเวลาที่ขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 25.5 และกลุ่มที่คาดเข็มขัดนิรภัยตลอดเวลาที่ขับขี่บ่อยครั้ง คิดเป็นร้อยละ 45.0 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และสิ่งที่ทำให้ตระหนักถึงการคาดเข็มขัดนิรภัยมากที่สุด ได้แก่การมีเสียงเตือนภายในรถ คิดเป็นร้อยละ 50.2 รองลงมาเป็นการตระหนักถึงความปลอดภัย คิดเป็นร้อยละ 36.0 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ทั้งนี้ผลทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบกลุ่มพบว่าพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีกับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ขึ้นไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05)

พฤติกรรมการใช้ความเร็วเกินที่กำหนดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 115.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาช่วงกลุ่มตัวอย่างอายุ 18–40 ปีใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 111.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไป ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 119.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ผลทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบกลุ่มพบว่าพฤติกรรมการใช้ความเร็วเกินที่กำหนดของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีกับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ขึ้นไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) และ ผลการทดสอบทางสถิติด้านพฤติกรรมการใช้ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมากกว่า 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดใช้ความเร็วเฉลี่ยน้อยกว่า 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05)

พฤติกรรมการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวนที่มากที่สุดได้แก่ การรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่ม คิดเป็นร้อยละ 27.8 รองลงมาเป็นการอ่านข้อความบนโทรศัพท์ คิดเป็นร้อยละ 21.0 ทั้งนี้ในกลุ่มช่วงอายุ 18-40 ปี มีสิ่งรบกวนขณะขับขี่มากสุดที่ คือความบันเทิงบนโทรศัพท์ คิดเป็นร้อยละ 71.2 แต่สำหรับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไปมีสิ่งรบกวนขณะขับขี่มากสุดที่ คือ การรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่ม คิดเป็นร้อยละ 56.1 ทั้งผลทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบกลุ่มพบว่าพฤติกรรมรับประทานอาหารและการดื่มเครื่องดื่มของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีกับกลุ่มช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05)

พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์และการเสพกัญชา พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 59.0 และกลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่คิดเป็นร้อยละ 14.0 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ทั้งนี้ได้นำพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ภายใน 30 วันและพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ภายใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีกับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไป ผลทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบกลุ่มพบว่าพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับขี่ภายใน 30 วันและพฤติกรรมการเสพกัญชาแล้วขับขี่ภายใน 30 วันของกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-40 ปีกับกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไป ไม่แตกต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05)

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างบางส่วนยังมีพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย การไม่คาดเข็มขัดนิรภัย การใช้ความเร็วเกินกำหนด และการขับขี่ขณะมีสิ่งรบกวน ดังนั้นการกำหนดกฎระเบียบ การบังคับใช้กฎหมายควบคู่ไปกับการใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะและอุปกรณ์ความปลอดภัยในรถจะช่วยส่งเสริมพฤติกรรมความปลอดภัยในการขับขี่เพื่อช่วยลดอุบัติเหตุบนท้องถนนของประเทศไทยได้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักอำนวยความปลอดภัย. 2564. อุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดิน ปี 2563, กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม

[2] Parviz Koushki. 2003. Impact of Safety Belt Use on Road Accident Injury and Injury Type in Kuwait, Department of Civil Engineering, Kuwait University.

[3] Juan Diego Febres, et al. 2020. Influence of Seat-Belt Use on The Severity of Injury in Traffic Accidents, European Transport Research Review

[4] Schroeder, P.Wilbur. 2018. National Survey on Distracted Attitudes and Behaviors - 2015, National Highway Traffic Safety Administration.

[5] Despina Stavrinos, et al. 2013. Impact of Distracted Driving on Safety and Traffic Flow, University of Alabama at Birmingham, USA.

[6] Uned Gazder. 2022. Determining Driver Perceptions about Distractions and Modeling Their Effects on Driving Behavior at Different Age Groups, University of Bahrain, Bahrain.

[7] Colorado Department of Transportation. September 2020. Driving Behavior Survey, USA

[8] Kochar Amit. 2002. Road Traffic Accidents and Alcohol: A Prospective Study, Lady Hardinge Medical College, New Delhi, India

[9] Robert E.Mann, et al. 2010. Alcohol and Driving Factors in Collision Risk, Centre for Addiction and Mental Health, Social and Epidemiological Research, Canada.

[10] Isbelle Richer, Jacques Bergeron. 2009. Driving under The Influence of Cannabis: Links with Dangerous Driving, Psychological Predictors, and Accident Involvement, University of Montreal, Canada.

[11] Tara Marie Watson, Robert E. Mann, Christine M. Wickens, Bruna Brands. 2019. “Just a Habit”: Driving Under the Influence of Cannabis as Ordinary, Convenient, and Controllable Experiences According to Drivers in a Remedial Program, Centre for Addiction and Mental Health, Canada.

[12] สำนักแผนงาน. กรมทางหลวง. แผนปฏิบัติราชการ 5 ปี กรมทางหลวง (พ.ศ. 2563-2565), น.24-29. กรุงเทพ

[13] สำนักแผนงาน. กรมทางหลวง. แผนปฏิบัติราชการ 5 ปี กรมทางหลวง (พ.ศ. 2563-2565), น.33-37. กรุงเทพ

[14] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2549. หลักสถิติ, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[15] สำนักงานศูนย์วิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาธรรมศาสตร์. งานจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดเก็บข้อมูล และวิเคราะห์จราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และหมายเลข 9. รายงานประจำเดือน มกราคม พ.ศ.2565, น.119

[16] Michael Ejime Ikenhi. 2019. Survey on Sample Sizes of Postgraduate Theses in Agricultural Education and Extension in Universities of Nigeria, Department of Agricultural Education. University of Nigeria

[17] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2564. สถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ, ข้อมูลจาก http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/01.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 พฤษภาคม 2565).

ID038

ปัจจัยในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ

INFLUENCING FACTORS FOR DEVELOPING BUS STOPS FOR SMART CITY

พชรกร เอ้งฉ้วน[1] ฆนิศา รุ่งแจ้ง[2*] และ พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล[2]
[1]สาขาวิชาวิศกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

Pacharakon Angchuan[1], Kanisa Rungjang[2*] and Pongsak Suriyawanakul[2]
[1] Major of Infrastructure Engineering and Management, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะโดยการพัฒนาเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานและการส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนตามยุทธศาสตร์ชาติ ปี พ.ศ. 2561 – 2580 ทั้งนี้การส่งเสริมการพัฒนาระบบรถโดยสารอัจฉริยะจะมีความสำเร็จได้โดยอาศัยความร่วมมือและการตัดสินใจร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยนี้ได้นำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (Fuzzy Analytical Hierarchy Analysis, FAHP) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยอิทธิพลและจัดลำดับทางเลือกของรูปแบบป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ โดยใช้ข้อมูลการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญจากกรมทางหลวง สำนักงานกรุงเทพมหานคร องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ ได้แก่ ความปลอดภัย การเข้าถึง การให้ข้อมูลแก่ผู้เดินทาง สิ่งอำนวยความสะดวก โครงสร้างและภูมิทัศน์ และความยั่งยืน ตามลำดับ การปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารให้เป็นป้ายหยุดรถโดยสารอัจฉริยะเป็นทางเลือกที่เหมาะสม รองลงมาเป็นรูปแบบป้ายหยุดรถโดยสารตามแบบมาตรฐานกรมทางหลวง และป้ายหยุดรถโดยสารตามสภาพแวดล้อมชุมชน ตามลำดับ การวิเคราะห์ปัจจัยโดยจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจพบว่า ความปลอดภัยเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับทุกพื้นที่ รองลงมาเป็นปัจจัยด้านการเข้าถึงและการให้ข้อมูลสำหรับพื้นที่เขตเมือง สำหรับพื้นที่นอกเขตเมืองปัจจัยที่สำคัญรองลงมาคือสิ่งอำนวยความสะดวกและการเข้าถึง และปัจจัยด้านความยั่งยืน ตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้แสดงผลการวิเคราะห์โดยจำแนกตามกลุ่มผู้ตัดสินใจได้แก่ กลุ่มผู้บริหารและผู้ปฏิบัติการ และจำแนกตามกลุ่มพื้นที่กรุงเทพ ปริมณฑล และนอกเขตกรุงเทพและปริมณฑล งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาหลักเกณฑ์การออกแบบเพื่อยกระดับการขนส่งสาธารณะควรสอดคล้องกับความเป็นอยู่ของเมืองโดยขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ที่เกี่ยวข้อง

คำหลัก กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี ป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะ เมืองอัจฉริยะ

Abstract

Enhancing transit system by developing technological infrastructure and promoting sustainable development according to the country vision in the National Strategy (2018–2037). To ensure that the city can achieves the goal of smart city by initiating smart bus design, collaboration and integration of multi-criteria decision makers of stakeholders have to be pursued. This research applies Fuzzy Analytical Hierarchy Analysis (FAHP) to determine the criteria and feasible options for developing bus stop for smart city. The influencing factors and rank of design alternatives are analyzed by FAHP using survey data derived from many experts including the Department of Highways, Bangkok Metropolitan Area (BMA), Department of land Transport, Bangkok Mass Transit Authority, Office of Transport and Traffic Policy and Planning. As a result, the Influencing factor for developing bus stop for smart city are safety information, accessibility, facilities, geometry and landscape, and the other sustainability factors, respectively. The priority of feasible options are smart bus stop design, standard design of Department of Highway, and environmental and cultural design, respectively. By disaggregate analysis, Safety factor is the main influencing factor for all decision makers for both urban and rural area. Accessibility and information are the next influencing factors for bus stop in urban and municipal area. For rural area, facilities and accessibility are the next influencing factors. Last, the other sustainability factor is least influences. The analysis of separated group of decision maker including group of administrators and operators, group of urban, municipal, and rural area, also reported in this research. By this research, the design criteria for enhancing public transit should be incompliance with the city living at discretion of stakeholders.

Keywords: Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Bus Stop, Smart City

1. บทนำ

การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะให้ทันสมัยและมีสิ่งอำนวยความสะดวกภายในเมืองให้มีความเชื่อมโยงกัน การส่งเสริมระบบขนส่งสมัยใหม่ การพัฒนาพื้นที่โดยรอบให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเชื่อมโยงโครงข่ายคมนาคมเป็นสิ่งสำคัญในประเด็นยุทธศาสตร์การเชื่อมโยงโครงข่ายคมนาคมไร้รอยต่อตามยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 [1] ทั้งนี้ คณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะได้กำหนดนิยามที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะประเทศไทยตามประกาศคณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ปี พ.ศ. 2561 [2], [3] ให้เมืองอัจฉริยะหมายความว่า เมืองที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยและชาญฉลาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการเมือง ลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรของเมืองและประชากรเป้าหมาย โดยเน้นการออกแบบที่ดีและการมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจและภาคประชาชนในการพัฒนาเมือง ภายใต้แนวคิดการพัฒนา เมืองน่าอยู่ เมืองทันสมัย ให้ประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขอย่างยั่งยืน ดังนั้น ภาครัฐและเอกชนหลายหน่วยงานจึงได้ร่วมมือกันพัฒนาระบบการขนส่งสาธารณะในเขตเมืองหลายแห่งของประเทศให้มีความสอดรับกับแนวคิดการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ แผนงานหนึ่งที่สำคัญได้แก่การปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารประจำทางให้สอดรับกับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ซึ่งเป็นแผนงานตามยุทธศาสตร์ของหลายหน่วยงาน อาทิเช่น ยุทธศาสตร์กระทรวงคมนาคม [4] ยุทธศาสตร์ของกรมทางหลวง 4 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวง ยุทธศาสตร์ระดับการให้บริการ ยุทธศาสตร์ความ

ปลอดภัย ยุทธศาสตร์ระบบบริหารจัดการ [5] ยุทธศาสตร์ของกรุงเทพมหานครในการสนับสนุนความยั่งยืนเพื่อเป็นมหานครสีเขียว [6] เป็นต้น การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะนี้ยังสอดคล้องกับทิศทางของประเทศออสเตเลีย ตามคู่มือ Public Transport Infrastructure Manual ปี ค.ศ. 2020 [7]



รูปที่ 1 ป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะ

งานวิจัยมากมายที่ทำการวิเคราะห์การตัดสินใจโดยการประยุกต์ใช้การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Making, MCDM) [8] กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process, AHP) เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อจัดการกับข้อมูลด้วยวิธีที่มีความคล้ายคลึงกับความคิดของมนุษย์ โดยนำมาใช้ในการตัดสินใจที่หลักเกณฑ์หรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจที่เป็นทั้งรูปธรรมและนามธรรมเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้โดยอาศัยการเปรียบเทียบคู่ (Pairwise Comparison) นอกจากนี้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ยังสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับทฤษฎีฟัซซี (Fuzzy) เพื่อจัดการกับการตัดสินใจในปัญหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างดีซึ่งสามารถลดความคลุมเครือและความไม่แน่นอนในการตัดสินใจได้ [9], [10], [11]

2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับปัจจัยสำคัญในการคัดเลือกรูปแบบการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Fuzzy Analytical Hierarchy Process, FAHP)

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดโครงสร้างการตัดสินใจ การกำหนดปัจจัยการตัดสินใจ การรวบรวมข้อมูลการตัดสินใจ การวิเคราะห์ความสอดคล้องการตัดสินใจ การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ สาระสำคัญในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

3.1 การกำหนดโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

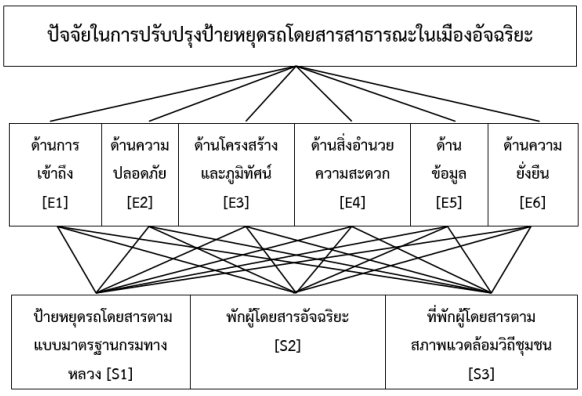
โครงสร้างการตัดสินใจ (Hierarchy Structure) เป็นโครงสร้าง 3 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 2 ได้แก่

โครงสร้างระดับที่ 1 คือ เป็นเป้าหมาย หลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบที่พักผู้โดยสาร อยู่ในระดับบนสุดของลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

โครงสร้างระดับที่ 2 คือ ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจ จำนวน 6 ปัจจัย

โครงสร้างระดับที่ 3 คือ ทางเลือกของรูปแบบการคัดเลือกป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะ จำนวน 3 ทางเลือกได้แก่

1) ป้ายหยุดรถโดยสารตามแบบมาตรฐานกรมทางหลวง
2) ป้ายหยุดรถโดยสารอัจฉริยะ
3) ป้ายหยุดรถโดยสารตามสภาพแวดล้อมวิถีชุมชน



รูปที่ 2 โครงสร้างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

3.2 การกำหนดปัจจัยการตัดสินใจ

3.2.1 ด้านการเข้าถึง (E1)

การออกแบบป้ายหยุดรถสาธารณะต้องเข้าถึงได้ง่ายสำหรับทุกคน สามารถเชื่อมต่อกับพื้นที่โดยรอบได้อย่างเหมาะสมรวมถึงการเชื่อมต่อกับระบบขนส่งสาธารณะประเภทอื่น สามารถใช้งานได้ทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนรวมถึงช่วงเวลาที่สภาพอากาศไม่อำนวยและรวมถึงสามารถช่วยให้ผู้โดยสารขึ้นลงรถได้ง่ายและสะดวก รองรับความหนาแน่นของผู้โดยสารได้ แม้ในพื้นที่จำกัด การคำนึงถึงปัจจัยด้านการเข้าถึงเป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวง (ยุทธศาสตร์ที่ 1) ของกรมทางหลวง ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวงที่เชื่อมต่อ (Connectivity) เข้าถึง (Accessibility) และคล่องตัว (Mobility) อย่างมีคุณภาพ [5] และปัจจัยด้านการเข้าถึง (Accessibility) ตามคู่มือ Public Transport Infrastructure Manual (PTIM) ปี ค.ศ. 2020 [7]

3.2.2 ด้านการความปลอดภัย (E2)

การออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการด้านความปลอดภัย ประกอบด้วย โครงสร้างศาลาที่แข็งแรง ทนทานต่อสภาพอากาศ ไม่เป็นพื้นที่เสี่ยงหรือจุดอับสายตา เพื่อป้องกันความเป็นไปได้ของการเกิดอาชญากรรมเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ติดกล้องวงจรปิดที่สามารถมองเห็นพื้นที่โดยรอบได้และรองรับระบบเตือนภัยเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน การคำนึงถึงปัจจัยด้านความปลอดภัยเป็นไปตามยุทธศาสตร์ความปลอดภัย (ยุทธศาสตร์ที่ 3) ของกรมทางหลวง ประเด็นยุทธศาสตร์การยกระดับความปลอดภัยของระบบทางหลวงอย่างบูรณาการ [5] และปัจจัยด้านความปลอดภัย (Security and safety) ตามคู่มือ Public Transport Infrastructure Manual (PTIM) ปี ค.ศ. 2020 [7]

3.2.3 ด้านปัจจัยด้านโครงสร้างและภูมิทัศน์ (E3)

กระบวนการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับ ด้านโครงสร้างและภูมิทัศน์ ที่ให้ศาลามีขนาดเหมาะสมกับพื้นที่ทางเท้าสามารถปรับใช้ได้กับทางเท้า ได้อย่างเหมาะสม คำนึงถึงบริบทตำแหน่งที่ต่างกันของเมือง เช่น พื้นที่ย่านการค้า ที่อยู่อาศัย สถานศึกษา สถานที่ราชการ เป็นต้น การคำนึงถึงปัจจัยด้านโครงสร้างและภูมิทัศน์เป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวง (ยุทธศาสตร์ที่ 1) ของกรมทางหลวง ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวงที่เชื่อมต่อ (Connectivity) เข้าถึง (Accessibility) และคล่องตัว (Mobility) อย่างมีคุณภาพ วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 1.4.2 ในวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบโครงสร้างและภูมิทัศน์ของระบบทางหลวงที่สอดรับกับความต้องการ สภาพแวดล้อม และวัฒนธรรมท้องถิ่น [5] และปัจจัยด้านโครงสร้างและภูมิทัศน์ (Bus infrastructure) ตามคู่มือ Public Transport Infrastructure Manual (PTIM) ปี ค.ศ. 2020 [7]

3.2.4 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (E4)

การมีอุปกรณ์ที่ช่วยให้ผู้โดยสารสามารถรอรถประจำทางได้อย่างสะดวกสบาย จำนวนที่นั่งให้เหมาะสมกับจำนวนผู้โดยสารในแต่ละที่พักผู้โดยสาร การคำนึงถึงปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวกเป็นไปตามยุทธศาสตร์ระดับการให้บริการ (ยุทธศาสตร์ที่ 2) ของกรมทางหลวง ประเด็นยุทธศาสตร์การรักษาระดับการให้บริการ (Serviceability) ของระบบทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 2.4.1 ในวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ทางและประชาชนในด้านการจราจรและระหว่างการเดินทาง [5] และปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (Bus Stop Furniture) ตามคู่มือ Public Transport Infrastructure Manual (PTIM) ปี ค.ศ. 2020 [6]

3.2.5 ด้านข้อมูล (E5)

มีพื้นที่ให้ข้อมูลที่ช่วยให้ผู้โดยสารทุกคนสามารถใช้งานได้ง่าย รู้ชื่อและตำแหน่งที่ตั้งของป้ายหยุดรถสาธารณะ รู้ข้อมูลเส้นทางและเวลาของรถประจำทาง การคำนึงถึงปัจจัยด้านข้อมูลเป็นไปตามยุทธศาสตร์ระดับการให้บริการ (ยุทธศาสตร์ที่ 2) ของกรมทางหลวง ประเด็นยุทธศาสตร์การรักษาระดับการให้บริการ (Serviceability) ของระบบทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 2.4.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการบนระบบทางหลวง [5] และปัจจัยด้านข้อมูล (Information Signage) ตามคู่มือ Public Transport Infrastructure Manual (PTIM) ปี ค.ศ. 2020 [7]

3.2.6 ด้านความยั่งยืน (E6)

ความยั่งยืนอื่น ที่เกี่ยวกับปัจจัยการออกแบบ คือความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม ความสร้างสรรค์ มีเอกลักษณ์ โดดเด่น ไม่ขัดแย้งกับสภาพแวดล้อมของเมือง สะท้อนอัตลักษณ์ชุมชน สามารถอยู่ร่วมกันได้กับพาณิชยกรรมและเศรษฐกิจชุมชน การคำนึงถึงปัจจัยด้านความยั่งยืนป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวง (ยุทธศาสตร์ที่ 1) ของกรมทางหลวง ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบทางหลวงที่เชื่อมต่อ (Connectivity) เข้าถึง (Accessibility) และคล่องตัว (Mobility) อย่างมีคุณภาพ เป้าประสงค์ยุทธศาสตร์ 1.3 การมีการส่งเสริมการพัฒนาระบบทางหลวงที่ยั่งยืนด้วยการสร้างความเข้าใจและผสานความร่วมมือกับท้องถิ่น ภาคประชาชน และภาคเอกชนในขั้นตอนการพัฒนาโครงการ [5] และปัจจัยอื่นในการปรับปรุง (Optional Enhancements) ตามคู่มือ Public Transport Infrastructure Manual (PTIM) ปี ค.ศ. 2020 [7]

3.3 การรวบรวมข้อมูลการตัดสินใจ

งานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลการตัดสินใจจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 76 ท่าน โดยจำแนกผู้เชี่ยวชาญดังนี้ กรมทางหลวง (จำนวน 46 ท่าน) สำนักงานต่างๆในกรุงเทพมหานคร (จำนวน 16 ท่าน) กรมการขนส่งทางบก องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร การทางพิเศษแห่งประเทศไทย การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย รวมทั้ง สถาปนิก วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญในงานโครงสร้างพื้นฐาน (จำนวน 9 ท่าน)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยในการคัดเลือกทางเลือกโดยเปรียบเทียบทีละคู่ เป็นการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญ (wi/wj) ระหว่างปัจจัยหรือทางเลือกเป็นรายคู่ i และ j ใดๆ จำนวนทั้งสิ้น n ปัจจัย หรือทางเลือก โดยใช้ตัวเลขแทนค่าความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของส่วนย่อยในแต่ละระดับชั้น เมื่อพิจารณาภายใต้ปัจจัยหรือทางเลือก หรือส่วนประกอบในระดับที่เหนือกว่าขึ้นไป ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบระดับความสำคัญเป็นตัวเลข 1 ถึง 9 แสดงระดับความสำคัญที่เท่ากันจนถึงระดับความสำคัญที่สูงกว่าอย่างมากโดยแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตราส่วนในการพิจารณาเปรียบเทียบ

ระดับความความสำคัญ	ความหมาย
1	สำคัญเท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด
2,4,6,8	ค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น

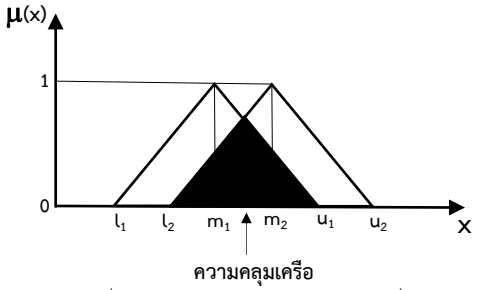
ที่มา: ดัดแปลงจาก Saaty, T.L. [12]

3.4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องการตัดสินใจ

การทดสอบความสอดคล้องของการตัดสินใจเป็นการวิเคราะห์เมทริกซ์ค่าน้ำหนักที่ได้จากการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparison) โดยวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของเหตุผล (Consistency Ratio, C.R.) จากสัดส่วนระหว่างดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I.) และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Index, R.I.) หากมีค่าน้อยกว่า 0.1 แสดงว่าความไม่สอดคล้องของการตัดสินใจมีค่าไม่เกินร้อยละ 10 หรือขึ้นอยู่กับขนาดของเมตริกซ์ ตามการพิสูจน์ของ Saaty [9] ทั้งนี้ค่า C.I. มีค่าเท่ากับ $(\lambda max-n)/(n-1)$ โดยที่λmax เป็นค่าสูงสุดของ Eigenvalue ของเมตริกซ์ และค่า R.I. สำหรับจำนวนปัจจัยหรือทางเลือก n ปัจจัยหรือทางเลือก งานวิจัยนี้พิจารณา 6 ปัจจัย ซึ่งต้องมีค่า C.I. น้อยกว่า 1.24 [9]

3.5 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ ด้วยวิธี FAHP

Fuzzy Analytical Hierarchy Process เป็นการนำเอาทฤษฎี Fuzzy Set มาใช้ร่วมกับ AHP ช่วยจัดการกับข้อมูลการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนและคลุมเครือด้วยวิธีที่มีความคล้ายคลึงกับความคิดของมนุษย์ FAHP แสดงข้อมูลด้วยเซตความคลุมเครือแบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Member) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เซตความคลุมเครือแบบสามเหลี่ยม

โดยการแสดงตรรกะให้เป็นตัวเลขในรูปแบบสามเหลี่ยมเพราะง่ายต่อความเข้าใจ การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลในวิธีการ FAHP ทำได้หลายวิธีแต่วิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมคือวิธีของ Chang [12] โดยคงรูปแบบการเปรียบเทียบระดับความสำคัญเชิงคู่ของปัจจัย แต่ในการแปลงภาษาระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบซึ่งเป็นตัวเลข Fuzzy แบบสามเหลี่ยมมาแทนการใช้ตัวเลขเดี่ยว 1–9 โดยรูปแบบตัวเลข Fuzzy เป็นรูปแบบ (l, m, u) โดย x เป็นค่าคะแนน, m เป็นค่ากลางของตัวเลขสามเหลี่ยมฟัซซี และ l, u เป็นค่าขอบเขตล่างและบนตามลำดับ ดังสมการที่ (1) และสามารถแสดงเป็นตัวเลข Fuzzy สามเหลี่ยม (l, m, u) ได้ โดยแสดงดังตารางที่ 2

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0 & x < 1 \\ (x-1)/(m-1) & l \le x \le m \\ (u-x)/(u-m) & m \le x \le u \\ 0 & x > u \end{cases} \quad (1)$$

ตารางที่ 2 การแทนตัวเลขแสดงความสำคัญของการเปรียบเทียบรายคู่

ระดับ	ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม	ส่วนกลับตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม
1	(0.25, 1, 1.75)	(0.57, 1, 4)
2	(1.25, 2, 2.75)	(0.36, 0.50, 0.80)
3	(2.25, 3, 3.75)	(0.27, 0.33, 0.44)
4	(3.25, 4, 4.75)	(0.21, 0.25, 0.31)
5	(4.25, 5, 5.75)	(0.17, 0.20, 0.24)
6	(5.25, 6, 6.75)	(0.15, 0.17, 0.19)
7	(6.25, 7, 7.75)	(0.13, 0.14, 0.16)
8	(7.25, 8, 8.75)	(0.11, 0.13, 0.14)
9	(8.25, 9, 9.75)	(0.10, 0.11, 0.12)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Zhu et al. (1999) [12]

ขอบเขตสังเคราะห์ฟัซซี (Si) คือขอบเขตสังเคราะห์ของปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจซึ่งเป็นผลคูณของผลรวมตัวเลขฟัซซี่และผลต่างตอบแทนรวมของ l, m, u ทุกเกณฑ์การตัดสินใจ ดังสมการที่ (2)

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \quad (2)$$

เมื่อค่าระดับความเป็นไปได้ (V) ของ Si ≥ Sj เมื่อ Si = (l, m, u), Sj = (l, m, u); i ≠ j ดังสมการที่ (3)

$$V(S_i \ge S_j) = \begin{cases} 1, & m_i \ge m_j \\ 0, & l_j \ge u_i \\ \dfrac{(l_j - u_i)}{(m_i - u_i) - (m_j - l_j)}, & Other \end{cases} \quad (3)$$

สามารถคำนวณค่าความสำคัญของปัจจัยที่ i (Wi) ตั้งแต่ 1 ถึง n ดังสมการที่ (3)

$$W_i = \frac{w_i'}{\sum_{i=1}^{n} w_i'} \quad (4)$$

เมื่อเวกเตอร์ความสำคัญ (Wi‘) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4)

$$W_i' = \min V(S_i \ge S_j | j = 1,2,\ldots,m;\ i \ne j) \quad (5)$$

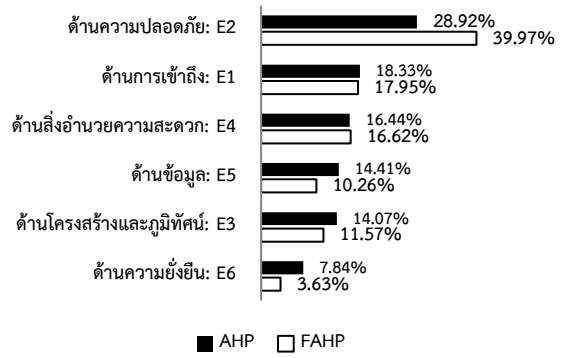
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ค่าความสอดคล้องการตัดสินใจ (C.R.) พบว่าค่า C.R. อยู่ระหว่าง 0.041 ถึง 0.100 ซึ่งหมายความว่าข้อมูลการตัดสินใจที่รวบรวมได้มีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ค่า C.R. มีค่าไม่เกิน 0.100) [9] ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ และค่าน้ำหนักในการคัดเลือกรูปแบบป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะ รายละเอียดแสดงต่อไปนี้

4.1 ค่าน้ำหนักปัจจัยที่มีผลในการตัดสินใจการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ

การเปรียบเทียบค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญ ระหว่างวิธี AHP และวิธี FAHP ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญที่ได้จาก AHP และ FAHP มีทั้งค่าใกล้เคียงกัน และต่างกัน (ดังรูปที่ 4) แสดงให้เห็นว่ายังมีความคลุมเคลือและความไม่แน่นอนในการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญอยู่

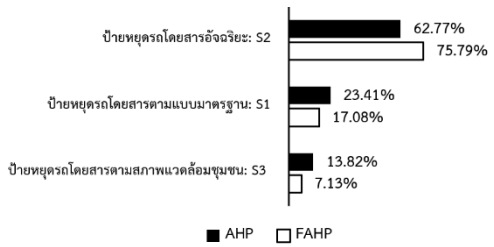
ปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกมากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยด้านความปลอดภัย คิดเป็น 34.45% ปัจจัยด้านการเข้าถึง คิดเป็น 17.18% ด้านข้อมูล คิดเป็น 16.18% ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก คิดเป็น 14.01% ด้านโครงสร้างพื้นฐานและภูมิทัศน์ คิดเป็น 12.17% ด้านความยั่งยืนอื่น คิดเป็น 5.74%



รูปที่ 4 ค่าน้ำหนักปัจจัยที่มีผลในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสาร

4.2 ค่าน้ำหนักของทางเลือกรูปแบบการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ

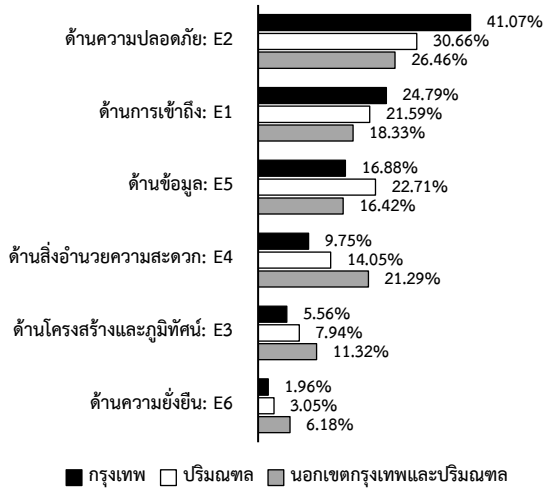
ค่าน้ำหนักของทางเลือกระหว่างวิธี AHP และ FAHP มีค่าใกล้เคียงกันทั้งนี้รูปแบบที่พักผู้โดยสารที่เหมาะสม คือที่พักผู้โดยสารอัจฉริยะ ร้อยละ 70.24 รองลงมาคือ ที่พักผู้โดยสารตามแบบมาตรฐาน ร้อยละ 19.57 และที่พักผู้โดยสารตามสภาพแวดล้อมชุมชน ร้อยละ 10.19 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าน้ำหนักของทางเลือกรูปแบบการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะ

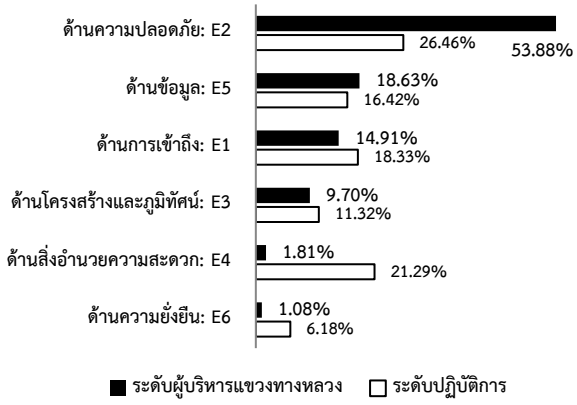
4.3 ผลจากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักโดยจำแนกกลุ่มผู้ตัดสินใจ

4.3.1 ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดคือปัจจัยด้านความปลอดภัย และน้อยที่สุดคือปัจจัยด้านความยั่งยืน โดยพิจารณาตามพื้นที่ในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะสำหรับทุกกลุ่มผู้ตัดสินใจ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญโดยพิจารณาตามพื้นที่

4.3.2 ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดและน้อยที่สุดโดยพิจารณาตามตำแหน่ง ปัจจัยด้านความปลอดภัยเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดและปัจจัยด้านความยั่งยืนเป็นปัจจัยที่สำคัญน้อยที่สุดใน ในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะสำหรับทุกกลุ่มผู้ตัดสินใจ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ค่าน้ำหนักปัจจัยสำคัญโดยพิจารณาตามตำแหน่ง

4.3.3 สำหรับปัจจัยรองแต่ละกลุ่มให้ความสำคัญที่ต่างกัน ได้แก่ ด้านการเข้าถึง ด้านข้อมูล ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านโครงสร้างและภูมิทัศน์

เนื่องจากความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญในการให้บริการด้านคมนาคมและขนส่งสาธารณะ ส่วนปัจจัยด้านอื่น เป็นองค์ประกอบในการพัฒนาเมืองให้เป็นเมืองอัจฉริยะ

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Fuzzy Analytical Hierarchy Process, FAHP) มาใช้ในการจัดลำดับปัจจัยอิทธิพลที่สำคัญและจัดลำดับรูปแบบในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะที่เหมาะสม ทั้งนี้การวิเคราะห์การตัดสินใจจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 76 ท่าน ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยในการปรับปรุงป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะในเมืองอัจฉริยะ ได้แก่ ความปลอดภัย การให้ข้อมูลแก่ผู้เดินทาง การเข้าถึง โครงสร้างและภูมิทัศน์ สิ่งอำนวยความสะดวก และความยั่งยืนอื่นตามลำดับ โดยปัจจัยด้านความปลอดภัยเป็นปัจจัยสำคัญที่ทุกกลุ่มผู้ตัดสินใจให้ความสำคัญในการออกแบบป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะ เนื่องจากความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญในการให้บริการด้านคมนาคมและขนส่ง ทางเลือกในการออกแบบป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะ ได้แก่การออกแบบป้ายหยุดรถโดยสารสาธารณะให้เป็นป้ายหยุดรถโดยสารอัจฉริยะ ป้ายหยุดรถโดยสารตามแบบมาตรฐานและป้ายหยุดรถโดยสารตามสภาพแวดล้อมวิถีชุมชน ตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักโดยจำแนกกลุ่มผู้ตัดสินใจ โดยจำแนกกลุ่มผู้ตัดสินใจเป็น 2 กลุ่มดังนี้ 1) จำแนกตามพื้นที่ ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกพื้นที่ให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยมากที่สุด ความยั่งยืนอื่นสำคัญน้อยที่สุด นอกจากนั้นในพื้นที่ปริมณฑลให้ความสำคัญในด้านข้อมูลรองลงมาจากความปลอดภัย และนอกเขตกรุงเทพและปริมณฑลให้ความสำคัญในสิ่งอำนวยความสะดวก 2) จำแนกตามตำแหน่ง ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกกลุ่ม ให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยมากที่สุด และความยั่งยืนอื่นสำคัญน้อยที่สุด

งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาหลักเกณฑ์การออกแบบเพื่อยกระดับการขนส่งสาธารณะควรสอดคล้องกับความเป็นอยู่ของเมืองเมืองโดยขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ที่เกี่ยวข้อง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามจากกรมทางหลวง กรุงเทพมหานคร กรมการขนส่งทางบก องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร การทางพิเศษแห่งประเทศไทย การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย รวมทั้ง สถาปนิก วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญในงานโครงสร้างพื้นฐาน

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2561. ยุทศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561 – 2580 (ฉบับย่อ), กรุงเทพ.

[2] สำนักนายกรัฐมนตรี. 2562. ประกาศคณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ที่ 1/2562. เรื่อง หลักเกณฑ์การประเมิน และคุณสมบัติ วิธีการ และกระบวนการในการพิจารณาการเป็นเมืองอังฉริยะ, กรุงเทพ.

[3] สถาบันอาคารเขียวไทย. 2561. เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับ เมืองอัจฉริยะ, กรุงเทพ

[4] กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. 2559. แผนยุทธศาตร์กระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2560-2564, หน้า [3-2] – [3-17], กรุงเทพ.

[5] สำนักงานแผน กรมทางหลวง. แผนปฏิบัติราชการ 5 ปี กรมทางหลวง (พ.ศ. 2563 - 2565), หน้า 24-37, กรุงเทพ.

[6] กรุงเทพมหานคร. 2556. แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2556-2575), กรุงเทพ.

[7] Department of Transport and Main Roads. 2020. Public Transport Infrastructure Manual (PTIM)

2015, The State of Queensland (Department of Transport and Main Roads), Queensland, Australia.

[8] E. Løken, 2007. “Use of Multicriteria Decision Analysis Methods for Energy Planning Problems,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 11, no. 7, p. 1584-1595.

[9] T. L. Saaty. 1980. The Analytic Hierarchy Process, Pittsburgh, PA: RWS Publications

[10] T. L. Saaty. 2012. Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process, New York, NY: Springer.

[11] S. Kubler, J. Robert, W. Derigent, A. Voisin, Y. Traon. 2016. A State-of the-Art Survey & Testbed of Fuzzy AHP Applications, Expert Systems with Applications, vol. 65, p. 398-422.

[12] K.J. Zhu, Y. Jing and D.Y. Chang. 1999. A Discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP. European Journal of Operational Research, 116(2): 450-456.

[13] D. Y. Chang. 1996. “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP,” European Journal of Operational Research, vol. 95, no. 3, p. 649-655.

ID042

แบบจำลองโลจิตพหุสำหรับการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะของผู้สูงวัย

Paratransit Modal Choice for the Elderly Based on Multinomial Logit Model

ภาณุพงศ์ มะโนเย็น[1*] ฆนิศา รุ่งแจ้ง[2] และ พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

Panupong Manoyen[1*] Kanisa Rungjang[2] and Pongsak Suriyavanagul[2]
[1]Infrastructure Engineering and Management Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะสำหรับผู้สูงวัยเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับประเทศไทยที่เข้าสู่สังคมสูงวัย การออกแบบรถโดยสารกึ่งสาธารณะ (Paratransit) ที่เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่สะดวกในการเดินทางที่สามารถเรียกใช้ได้ตามต้องการควรมีความเข้าใจในพฤติกรรมการเลือกใช้ซึ่งจะช่วยสร้างความคุ้มค่าของระบบ งานวิจัยนี้ทำการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะสำหรับการเดินทางของผู้สูงวัยเพื่อไปโรงพยาบาล โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่สำรวจจำนวน 500 ตัวอย่าง ผลงานวิจัยนำเสนอแบบจำลองโลจิตของพฤติกรรมการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะ ปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคมและลักษณะของรูปแบบการขนส่งที่มีอิทธิพลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ อายุ รายได้ครัวเรือน จำนวนสมาชิก จำนวนรถในครอบครอง ค่าใช้จ่าย และจำนวนผู้โดยสาร เมื่ออัตราค่าบริการและจำนวนที่นั่งโดยสารมากขึ้นจะทำให้ผู้สูงวัยเลือกใช้น้อยลง ผู้สูงวัยที่มีอายุมากและรายได้สูงจะเลือกใช้รถมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่มากขึ้น การเพิ่มอัตราค่าบริการจะมีผลต่อของกลุ่มผู้มีรายได้น้อยและปานกลางใกล้เคียงกันแต่จะมีผลกระทบน้อยสำหรับผู้มีรายได้สูง การเพิ่มจำนวนที่นั่งโดยสารมากขึ้นกลุ่มผู้มีรายได้สูงและกลุ่มผู้มีอายุมากกว่า 90 ปีจะใช้บริการน้อยลงแต่ไม่กระทบต่อกลุ่มผู้มีรายได้น้อย รถโดยสารกึ่งสาธารณะที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกมากขึ้นจะดึงดูดการเลือกใช้ของกลุ่มผู้มีอายุ 70 ปีขึ้นไปและกลุ่มผู้มีรายได้สูง ผลการสร้างแบบจำลองการเลือกรถโดยสารประเภทอื่นแสดงว่าผู้สูงวัยเลือกใช้รถโดยสารปรับอากาศมากกว่ารถโดยสารแบบธรรมดา รถโดยสารกึ่งสาธารณะและรถแท็กซี่ เมื่อพิจารณาของค่าคงที่เฉพาะรูปแบบทางเลือก รถแท็กซี่เป็นรูปแบบที่สนใจเลือกใช้สำหรับผู้เดินทางที่มีรายได้ จำนวนสมาชิก รถในครอบครัว และอายุมากขึ้น สิ่งอำนวยความสะดวกมีผลต่อการเลือกรถโดยสารกึ่งสาธารณะและรถแท็กซี่ ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปออกแบบการบริการรถโดยสารกึ่งสาธารณะให้มีจำนวนที่นั่งและอัตราค่าโดยสารที่ไม่มากเกินไปจนมีผลต่อกระทบต่อผู้มีรายได้น้อยโดยการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์การขนส่ง การจัดบริการรถโดยสารกึ่งสาธารณะที่เหมาะสมควรแบ่งเป็นรถโดยสารกึ่งสาธารณะที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเบื้องต้นและมีอัตราค่าโดยสารไม่สูงสำหรับกลุ่มสูงวัยที่มีอายุ 60 ถึง 70 ปี ที่มีรายได้น้อยหรือปานกลาง และรูปแบบพิเศษที่มีสิ่งอำนวยสะดวกมากสำหรับผู้สูงวัยที่มีอายุ 70 ปีขึ้นไปและกลุ่มผู้มีรายได้สูง

คำหลัก: พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทาง ผู้สูงวัย รถโดยสารกึ่งสาธารณะ ระบบขนส่งสาธารณะ แบบจำลองโลจิต

Abstract

Enhancing transit system for the elder is crucial needs for Thailand in aged society. Paratransit is an innovative mode which is flexible demand-responsive service intended for transporting mobility impaired person. In order to promote the service and system feasibility, understanding modal choice behavior is necessary. The interest in choice modeling of this research is to model the behavior of the elder that they correspond to the choices of paratransit and others public transit including regular bus, air-conditioned bus, and taxi. Preference survey data of 500 respondents are analyzed. The proposed model and applications can determine. The paratransit estimated model includes are age, household income, vehicle ownership, transit fare, number of passengers, and in-vehicle facilities as explanatory variables at significant level of 95 percent. Paratransit ridership will increase with fare and number of passengers, and facilities but decrease with age, income, number of vehicles. The elderly riders are less likely to choose costlier and over-crowded paratransit. Analyzed by group of elderly, the older and high-income riders prefer more facilities. Increasing fare approximately important for groups of low- and medium-income elderly but it is less important for high-income group. Increasing seat can reduce the preference of choosing paratransit for groups of age over 90 and high-income people but it's not statistically significant for low-income group. Paratransit equipped more facilities are more likely to choose by the age of 70 or over and high-income group. As a result of estimated other public modes, the elderly prefers to choose air-conditioned bus than regular bus, taxi, and paratransit according to the alternative specific constant. The elderly who is higher income, vehicle ownerships, family member, and older prefers taxi than other modes. Taxi and paratransit riders prefer more equipped facilities. According to this research, the expected paratransit for elderly could be a mode equipped the necessary facilities and appropriated number of seats at affordable price by performing transportation economic evaluation. The proposed services of paratransit can be classified into two types. The ordinary type equipped with basic facilities at low fare for the elderly of the age of 60 to 70 and low- and medium- income group and the extra service with more facilities and extra service for the age of 70 or over and high-income group.

Keywords: Modal Choice Behavior, Elderly, Paratransit, Public Transit, Logit Model

1. บทนำ

ประชากรผู้สูงวัยของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2564 มีสัดส่วนร้อยละ 18.24 ของประชากรทั้งหมด และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20 ในปีพ.ศ. 2565 ตามสถิติของสำนักงานสถิติแห่งชาติ [1] ประเทศไทยจึงเป็นสังคมสูงวัย (Aged Society) ตามนิยามขององค์การสหประชาชาติ (United Nation, UN) ซึ่งกำหนดให้ประเทศที่มีสัดส่วนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมากเกินกว่าร้อยละ 10 เป็นประเทศที่เข้าสู่สังคมสูงวัย และหากสัดส่วนผู้สูงอายุดังกล่าวมีมากเกินกว่าร้อยละ 20 จะเป็นประเทศสังคมสูงวัยโดยสมบูรณ์ [2] ดังนั้นการพัฒนาระบบการขนส่งเพื่อรองรับการเดินทางของผู้สูงวัยให้มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็น งานวิจัยทางการแพทย์แสดงให้เห็นว่าระบบการขนส่งและการเข้าถึงมีผลต่อสุขภาพ เนื่องจากคนไข้บางส่วนเลื่อนนัดแพทย์หรือไม่ไปรักษาตามแผนการรักษาซึ่งทำให้กระทบต่อสุขภาพรุนแรงขึ้น [3]

การให้บริการรถโดยสารกึ่งสาธารณะสำหรับผู้สูงวัย (Paratransit) ช่วยให้การเดินทางสะดวกขึ้นจึงมีผู้ใช้บริการมากขึ้น [4] การใช้ Paratransit ในนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 2000 ถึง ค.ศ. 2005 มีจำนวนเพิ่มขึ้นเท่าตัวจาก 2.3 ล้านเที่ยวเป็น 4.7 ล้านเที่ยว [5] การใช้ Paratransit ของสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 1984 ถึง ค.ศ. 1995 มีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก 6 ล้านเที่ยวเป็น 16.9 ล้านเที่ยว [6]

สำหรับประเทศไทยรัฐได้กำหนดให้การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งสาธารณะเป็นการสร้างความสามารถในการแข่งขัน และด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคมตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ ปี พ.ศ.2561-2580 [7] และกฎหมายที่เกี่ยวกับการให้บริการผู้พิการและผู้สูงอายุ เช่น กฎกระทรวงกำหนดลักษณะหรือการจัดให้มีอุปกรณ์ สิ่งอำนวยความสะดวกหรือบริการในอาคาร สถานที่ ยานพาหนะ และบริการขนส่งเพื่อให้คนพิการสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ พ.ศ.2556 กระทรวงคมนาคม [8] และกฎกระทรวงกำหนดลักษณะหรือการจัดให้มีอุปกรณ์ สิ่งอำนวยความสะดวก หรือบริการในอาคาร สถานที่ หรือบริการสาธารณะอื่นเพื่อให้คนพิการสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ พ.ศ. 2555 กระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ เป็นต้น [9] โดยมีมาตรฐานการออกแบบอื่นที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย เช่น การออกแบบตามหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design) ตามคู่มือปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรม การออกแบบสภาพแวดล้อมและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับทุกคน (Universal Design Code of Practice) ฉบับ พ.ศ.2552 [10]

งานวิจัยมากมายแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยใช้ Discrete Choice Model สำหรับการวิเคราะห์การเดินทางจำแนกตามวัตถุประสงค์ (เช่น การเดินทางเพื่อธุรกิจ การเดินทางท่องเที่ยว) จำแนกตามกลุ่มผู้เดินทาง ที่ประยุกต์ใช้กับรูปแบบการขนส่งโดยทั่วไป เช่น รถยนต์ รถโดยสาร รวมไปถึงรูปแบบการขนส่งที่พัฒนาปรับปรุงใหม่ด้วย [11]

งานวิจัยนี้ทำการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะ และการเลือกรถโดยสารประเภทอื่น ได้แก่ รถโดยสารปรับอากาศ รถโดยสารแบบธรรมดา และรถแท็กซี่สำหรับการเดินทางของผู้สูงวัยเพื่อไปโรงพยาบาลในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้แบบจำลองพหุโลจิต (Multinomial Logit Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยพฤติกรรมขึ้นอยู่กับปัจจัยของผู้เดินทางทั้งปัจจัยส่วนบุคคล เช่น อายุ เพศ รายได้ครัวเรือน จำนวนยานพาหนะและจำนวนสมาชิกในครอบครัว และปัจจัยที่เป็นคุณลักษณะของรถ เช่น จำนวนที่นั่ง ความถี่ ค่าโดยสาร เป็นต้น [11][12]

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองโลจิตสำหรับการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะของผู้สูงวัยในการเดินทางไปโรงพยาบาล

3. วิธีการวิจัย

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Mode Choice Model) คือแบบจำลองคาดการณ์สัดส่วนที่เป็นความน่าจะเป็นของการเลือกใช้รูปแบบการเดินทางประเภทต่าง ๆ กำหนดเป็นค่า $P(i)$ เท่ากับความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบ (i)

จากการเดินทางทั้งหมด n รูปแบบ [11] ดังสมการที่ 1 โดย U_i เป็นอรรถประโยชน์ของทางเลือก (i) และ e เป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) เท่ากับ มีค่าประมาณ 2.71828

$$P(i) = \frac{e^{U_i}}{\sum_{i=1}^{n} e^{U_i}} \quad (1)$$

3.1 แบบจำลองพฤติกรรมตามทฤษฎีอรรถประโยชน์

พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทางนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีแบบจำลองทางเลือกแบบแยกย่อย (Discrete Choice Model) [12] ผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางซึ่งมีค่าอรรถประโยชน์สูงสุด (Maximum Utility) โดยอรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทางที่เลือก (i) จะมีค่ามากกว่าอรรถประโยชน์ของรูปแบบที่ไม่เลือก (j) สมการอรรถประโยชน์ในการเลือกรูปแบบการเดินทาง i, บุคคลคนที่ n มีค่าเท่ากับ U_{in} ดังสมการที่ 2

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2)$$

โดยที่ V_{in} คือ ส่วนประกอบของปัจจัยที่วัดได้ของบุคคลที่ n ที่เลือกทางเลือก i (Systematic Components, V_{in}) ดังสมการที่ 3 และค่า $\boldsymbol{\varepsilon}_{in}$ คือ ส่วนของความพอใจแบบสุ่มของการเลือกรูปแบบการเดินทาง i, บุคคลคนที่ n ในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ตามสมมติฐานของแบบจำลองโลจิต (Logit Model)

ปัจจัยที่วัดค่าได้ ประกอบด้วย ปัจจัยที่เป็นคุณลักษณะของผู้เดินทาง เช่น เพศ อายุ อาชีพ รายได้ครัวเรือน ขนาดครัวเรือน ยานพาหนะในครอบครอง และปัจจัยที่เป็นคุณลักษณะของรูปแบบการเดินทาง เช่น ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความถี่ให้บริการ จำนวนที่นั่ง สิ่งอำนวยความสะดวก เป็นต้น

$$V_{in} = \beta_0 + \beta_1 X_{in1} + \beta_2 X_{in2} + .. + \beta_n X_{ink} \quad (3)$$

โดยที่ β คือพารามิเตอร์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง และ X_1, X_2..., X_n คือตัวแปรหรือปัจจัยในการเลือกรูปแบบการเดินทางที่ i ของบุคคล n

3.2 การสำรวจรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลได้จากการสอบถามข้อมูลผู้สูงวัย แบบ Revealed Preference (RP) คือ การสำรวจข้อมูลและตัดสินใจเลือกในสถานการณ์ที่มีอยู่แล้ว และแบบ Stated Preference (SP) คือ การสำรวจข้อมูลและตัดสินใจเลือกภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งการใช้ SP ควบคู่กับ RP จะทำให้ข้อมูลการตัดสินใจเลือกนั้นมีความชัดเจนมากขึ้นกว่าการเลือกเฉพาะทางเลือกที่มีอยู่แล้วตามรูปแบบ RP โดยจะสามารถระดับความแตกต่างของคุณลักษณะได้มากขึ้น [13]

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกำหนดโดยอ้างอิงการคำนวณกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมของ Yamane [14] โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n) เป็นสัดส่วนของประชากร (N) ต่อผลรวมของ $(1 + Ne^2)$ โดยความคลาดเคลื่อน (e) ดังสมการที่ 4

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (4)$$

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของผู้สูงวัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลซึ่งสถิติอ้างอิงจากจำนวนประชากรแยกรายอายุ กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย [15] แสดงจำนวนผู้สูงวัย 2,145,943 คน ซึ่งคำนวณขนาดตัวอย่างได้ 399 ตัวอย่าง จึงจะน่าเชื่อถือและยอมรับได้ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 งานวิจัยนี้ได้สำรวจตัวอย่างจำนวน 500 ตัวอย่าง และกำหนดให้สัดส่วนของตัวอย่างที่การกระจายตามช่วงอายุมีสัดส่วนตามสถิติของกรมการปกครอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกระจายเก็บข้อมูลแบ่งตามช่วงอายุ

ช่วงอายุ	จำนวนประชากร (คน)
60-69 ปี	1,220,238
70-79 ปี	614,883
80-89 ปี	253,840
มากกว่า 90 ปี	56,982

ที่มา: กระทรวงมหาดไทย [15]

ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างผู้สูงวัยที่สำรวจได้ อายุอยู่ระหว่าง 60 ถึงมากกว่า 90 ปี สัดส่วนเพศชายต่อเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 114 จำนวนสมาชิกในครอบครัวระหว่าง 1 คน ถึง กลุ่มที่สมาชิกมากกว่า 5 คนขึ้นไป รายได้ครัวเรือนกระจายตั้งแต่กลุ่มรายได้น้อยกว่า 20,000 บาท (ร้อยละ 21.2) รายได้ 20,000 ถึง 50,000 บาท (ร้อยละ 62.6) และรายได้ 50,000 ถึง 80,000 บาท (ร้อยละ 16.2) ส่วนมากเป็นครอบครัวที่มีรถในครองครอง 1 คัน (ร้อยละ 48.4) ไม่มีรถ (ร้อยละ 25.8) รองลงมาเป็นครัวเรือนที่มีรถ 2 คัน (ร้อยละ 17.4) รถมากกว่า 2 คัน (ร้อยละ 8.4)

3.3 การกำหนดตัวแปรของแบบจำลองพฤติกรรม

งานวิจัยนี้กำหนดให้แบบจำลองพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางขึ้นกับ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมของผู้เดินทาง และปัจจัยด้านคุณลักษณะของรูปแบบการเดินทาง

ตารางที่ 2 ลักษณะทางเศรษฐกิจสังคมของผู้สูงวัยที่ตอบแบบสอบถาม

ตัวแปร	คำอธิบาย
เพศ	ชาย = 0, หญิง = 1
อายุ	ไม่เกิน 60 ปี = 1, 61-70 ปี = 2, 71-80 ปี = 3, 81-90 ปี = 4,มากกว่า 90 ปี = 5
จำนวนสมาชิกในครอบครัว	อยู่คนเดียว = 1, 2 คน = 2, 3-4 คน = 3, 5 คนขึ้นไป = 4
รายได้ครัวเรือน	ไม่เกิน 20,000 บาท 20,000-50,000 บาท 50,000-80,000 บาท
จำนวนรถในครอบครอง	ไม่มี = 1, 1 คัน = 2, 2 คัน = 3, มากกว่า 2 คัน = 4

การสำรวจพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้สูงวัย ใช้การสอบถามที่ประกอบด้วยข้อมูล 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคม ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเดินทาง ส่วนที่ 3 ข้อมูลรูปแบบการเดินทางจะมีสถานการณ์ทางเลือก4 สถานการณ์ที่มีคุณลักษณะยานพาหนะแตกต่างกัน ของรถโดยสารปรับอากาศ รถโดยสารไม่ปรับอากาศ รถแท็กซี่ และรถโดยสารกึ่งสาธารณะสำหรับผู้สูงวัย

รูปแบบยานพาหนะในการสอบถาม ประกอบด้วย รถโดยสารปรับอากาศ (A) และรถโดยสารไม่ปรับอากาศ (B) จำนวน 35 ที่นั่ง มีลักษณะตามรถโดยสารประจำทางหมวด 1 ของกรมการขนส่งทางบก รถแท็กซี่ (C) ซึ่งเป็นรถรับจ้างบรรทุกโดยสารไม่เกินเจ็ดคน และรถโดยสารกึ่งสาธารณะสำหรับผู้สูงวัย (Paratransit) (D) ขนาด7ที่นั่ง ที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้สูงวัยตามกฎกระทรวงกำหนดลักษณะ หรือการจัดให้มีอุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวก หรือบริการในอาคาร สถานที่ ยานพาหนะ และบริการขนส่ง เพื่อให้คนพิการสามารถ เข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ พ.ศ. 2556 กระทรวงคมนาคม [8] เช่น ประตู ที่นั่ง ทางลาด บันไดและราวจับ พื้นผิวต่างสัมผัส ช่องเก็บตั๋ว อุปกรณ์นำพาคนพิการหรือรถเข็นขึ้นและลงจากยานพาหนะ ราวกันตก โทรศัพท์ รวมถึงสิ่งต่างๆตามมาตรฐานการออกแบบตามหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design) ตามคู่มือปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรม การออกแบบสภาพแวดล้อมและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับทุกคน (Universal Design Code of Practice) ฉบับ พ.ศ.2552 [10]

ตารางที่ 3 ตัวแปรในการวิจัย

ลำดับ	ตัวแปร	สัญลักษณ์	คำอธิบาย
1	เพศ	GEND	ตัวแปรนามบัญญัติ;เพศชาย = 0,เพศหญิง = 1
2	อายุ	AGE	ตัวแปรอันดับ;ช่วงอายุ (ปี)
3	รายได้ครัวเรือน	INC	ตัวแปรอันตรภาค; รายได้ครัวเรือน (บาทต่อเดือน)
4	จำนวนสมาชิกในครอบครัว	HH	ตัวแปรอันดับ; จำนวนสมาชิกในครอบครัว (คน)
5	ยานพาหนะ	OCV	ตัวแปรอันดับ;จำนวนยานพาหนะในครอบครอง (คัน)
6	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง	FARE	ตัวแปรอัตราส่วน; ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อเที่ยว (บาท)
7	จำนวนผู้โดยสาร	PSSG	ตัวแปรอันดับ; จำนวนผู้โดยสาร (คน)
8	สิ่งอำนวยความสะดวก	FAC	ตัวแปรนามบัญญัติ; อุปกรณ์อำนวยความสะดวกสบาย

4. ผลและวิจารณ์ผล

ผลการวิจัยได้แบบจำลองพฤติกรรม ดังนี้

4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมและแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะเพื่อไปโรงพยาบาลของผู้สูงวัย

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยของผู้สูงวัยอย่างมีนัยสำคัญด้วยความเชื่อมั่น 90 ถึง 99 ได้แก่ อายุ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง จำนวนที่นั่งโดยสาร รายได้ของครัวเรือน จำนวนรถในครอบครอง จำนวนสมาชิกในครอบครัว และสิ่งอำนวยความสะดวกในรถ (ตารางที่ 4 และสมการอรรถประโยชน์แสดงสมการที่ 5)

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

ตัวแปร	β	t-test	p-value
ASC_B	8.9762***	3.60	0.000
ASC_C	-25.0558***	-5.16	0.000
ASC_D	-22.4860***	-4.03	0.000
FARE_A	0.2933***	3.87	0.000
FARE_C	0.2933***	3.87	0.000
FARE_D	-0.0015***	-3.89	0.000
PSSG	-0.6725***	-4.03	0.000
FAC_A	0.4483***	5.95	0.000
FAC_B	-5.0912***	-3.50	0.000
FAC_C	0.0010	-1.57	0.058
FAC_D	2.2237***	2.65	0.004
AGE_B	-0.6012***	-3.61	0.000
AGE_C	0.5756***	7.88	0.000
AGE_D	0.9959***	9.34	0.000
HH_B	0.4034**	2.12	0.017
HH_C	0.2724***	2.86	0.002
INC_B	-1.4423***	-5.31	0.000
INC_C	1.4366***	11.71	0.000
INC_D	0.7629***	4.21	0.000
OCV_C	0.3097***	3.44	0.000
OCV_D	1.0070***	7.31	0.000
LL(0)	-2772.59		
LL(β)	-1708.15		
Rho-square	0.3839		

หมายเหตุ A รถโดยสารปรับอากาศ B รถโดยสารไม่ปรับอากาศ C รถแท็กซี่ D รถโดยสารกึ่งสาธารณะ

สมการอรรถประโยชน์ของการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะเพื่อไปโรงพยาบาลของผู้สูงวัย

$$U_i = asc_i + \beta_1 AGE_i + \beta_2 FARE_i + \beta_3 HH_i + \beta_4 INC_i + \beta_5 OCV_i + \beta_6 PSSG_i + \beta_7 FAC_i \quad (5)$$

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมและแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารกึ่งสาธารณะ (Paratransit) เพื่อไปโรงพยาบาลของผู้สูงวัย

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารกึ่งสาธารณะ (Paratransit) ได้แก่ เพื่อไปโรงพยาบาลของผู้สูงวัย ได้แก่ อายุ รายได้ของครัวเรือน จำนวนรถในครอบครอง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง จำนวนที่นั่งโดยสาร และสิ่งอำนวยความสะดวกในรถ สมการอรรถประโยชน์ของการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารกึ่งสาธารณะ เพื่อไปโรงพยาบาลของผู้สูงวัย แสดงดังสมการที่ 6

$$U_D = -22.4860 + 0.9959\,AGE_D + 0.7629\,INC_D + 1.0070\,OCV_D - 0.0015\,FARE_D - 0.6725\,PSSG + 2.2237\,FAC_D \quad (6)$$

4.3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะ (Paratransit)

อายุ มีผลต่อการเลือกใช้ Paratransit โดยผู้เดินทางที่เป็นผู้สูงวัยที่มีอายุมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้ Paratransit มากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.9959 (t-value= 9.3416) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01) ตัวแปรอายุสามารถนำไปพิจารณาออกแบบระบบบริการ Paratransit ให้เหมาะสมกับกับกลุ่มผู้สูงวัยที่มีอายุมาก ผู้สูงวัยที่เพิ่งเกษียณหรืออายุประมาณ 60 ปี มีแนวโน้มที่จะเลือกใช้น้อยกว่าผู้สูงวัยที่มีอายุมาก

รายได้ครัวเรือน มีผลต่อการเลือกใช้ Paratransit โดยผู้เดินทางที่มีรายได้ต่อครัวเรือนสูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้ Paratransit มากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.7629 (t-value= 4.2120) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01) รายได้เป็นตัวแปรที่สามารถนำไปพิจารณากลุ่มผู้ใช้บริการ Paratransit ได้ กลุ่มผู้สูงวัยที่มีรายได้ของครัวเรือนมากมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้มากขึ้น

จำนวนรถในครอบครอง มีผลต่อการเลือกใช้ Paratransit โดยครอบครัวที่มีรถในครองครองจำนวนมากมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้ Paratransit มากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1.0070 (t-value= 7.3137) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01) กลุ่มผู้ใช้บริการ Paratransit จึงมีแนวโน้มเป็นกลุ่มที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (Shift Mode) จากการใช้รถส่วนตัวเป็นการใช้ Paratransit เพื่อไปใช้บริการที่โรงพยาบาล

ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง มีผลต่อการเลือกใช้ Paratransit ในเชิงลบ ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.0015 (t-value= 3.887) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 เมื่อค่าใช้จ่ายสูงขึ้นจะมีผลให้ผู้เดินมีความพึงพอใจที่จะเลือกใช้ Paratransit ลดลง การพิจารณากำหนดอัตราค่าโดยสารของ Paratransit หากกำหนดราคาสูงจะมีผลให้แนวโน้มการเลือกใช้ลดลง

จำนวนผู้โดยสาร มีผลต่อการเลือกใช้ Paratransit ในเชิงลบ ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.6725 (t-value= 4.032) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 เมื่อจำนวนผู้โดยสารมากขึ้นจะมีผลให้ผู้เดินมีความพึงพอใจที่จะเลือกใช้ Paratransit ลดลง การพิจารณากำหนดพิกัดบรรทุกผู้โดยสารของ Paratransit ให้มีจำนวนน้อยจะมีผลให้แนวโน้มการเลือกใช้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับอัตราค่าบริการที่ทำให้เหมาะสมต่อผลประโยชน์และความคุ้มค่าของการให้บริการรถโดยสารกึ่งสาธารณะ

สิ่งอำนวยความสะดวกในรถ มีผลต่อการเลือกใช้ Paratransit ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 2.2237 (t-value= 2.654) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 เมื่อรถ Paratransit ที่ให้บริการมีสิ่งอำนวยความสะดวกมากขึ้น ผู้เดินมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้ Paratransit มากขึ้น การพิจารณากำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกซึ่งรวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือช่วยชีวิตจะมีผลให้แนวโน้มการเลือกใช้เพิ่มขึ้นซึ่งควรพิจารณาให้เหมาะสมกับอัตราค่าบริการ และความสามารถของพนักงานขับรถด้วยจึงจะเป็นประโยชน์ต่อการบริการ

ทั้งนี้เนื่องจากค่าคงที่เฉพาะของรูปแบบรถโดยสารกึ่งสาธารณะ (Alternative Specific Constant, ASC) มีค่าเป็นลบ เท่ากับ -22.4860 (t-value= 4.03) ด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ซึ่งหมายความได้ว่า หากไม่พิจารณาปัจจัยอื่นใดผู้เดินทางมีแนวโน้มจะเลือกใช้ Paratransit น้อยกว่าการเลือกใช้รูปแบบรถโดยสารปรับอากาศที่เป็นทางเลือกฐานในการตัดสินใจ (Base Case) ดังนั้น การให้ส่งเสริมการให้บริการควรพิจารณาปัจจัยผู้เดินทางและรูปแบบการบริการให้เหมาะสมเพื่อให้ผู้เดินทางพึงพอใจที่จะเลือกใช้ Paratransit มากขึ้น

4.4 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับการเลือกใช้รถโดยสารสาธารณะรูปแบบอื่น

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะเพื่อไปโรงพยาบาลของผู้สูงวัยอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ อายุ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง จำนวนที่นั่งโดยสาร รายได้ของครัวเรือน จำนวนรถในครอบครอง จำนวนสมาชิกในครอบครัว และสิ่งอำนวยความสะดวกในรถ

อายุ มีผลต่อการเลือกใช้รถแทกซี่ผู้เดินทางที่เป็นผู้สูงวัยที่มีอายุมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้แทกซี่มากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.5756 (t-value= 7.8813) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01) ผู้สูงวัยที่มีอายุมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศลดลงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นลบ (- 0.6012) (t-value= 3.683) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01) ตัวแปรอายุสามารถนำไปพิจารณาออกแบบระบบบริการแทกซี่ให้เหมาะสมกับกับกลุ่มผู้สูงวัยที่มีอายุมาก

รายได้ครัวเรือน มีผลต่อการเลือกใช้รถแท็กซี่โดยผู้เดินทางที่มีรายได้ต่อครัวเรือนสูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้แท็กซี่มากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1.4365 (t-value= 11.7064) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01) รายได้เป็นตัวแปรที่สามารถนำไปพิจารณากลุ่มผู้ใช้บริการแทกซี่ได้ กลุ่มผู้สูงวัยที่มีรายได้ของครัวเรือนมากมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้แทกซี่มากขึ้น ในขณะที่ผู้โดยสารที่มีรายได้ต่อครัวเรือนสูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้รถโดยสารไม่ปรับอากาศลดลงด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบ (- 1.4423) (t-value= 5.308) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01)

จำนวนรถในครอบครอง มีผลต่อการเลือกใช้รถแทกซี่โดยครอบครัวที่มีรถในครองครองจำนวนมากมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้แทกซี่มาก ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.3097 (t-value= 3.4442) ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01)

จำนวนสมาชิกในครอบครัว มีผลต่อการเลือกใช้รถแท็กซี่และรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศโดยผู้ครอบครัวที่มีจำนวนสมาชิกมากจะมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้

แท็กซี่และรถโดยสารรถประจำทางไม่ปรับอากาศมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.272 และ 0.403 ตามลำดับ (t-value= 2.8649 และ 2.1185 ตามลำดับ) ซึ่งมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ (นัยสำคัญทางสถิติ 0.01)

จำนวนผู้โดยสาร มีผลต่อการเลือกใช้รถโดยสารทุกประเภทในเชิงลบ ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.6725 (t-value= 4.032) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 เมื่อจำนวนผู้โดยสารมากขึ้นจะมีผลให้ผู้เดินทางมีความพึงพอใจที่จะเลือกใช้รถสาธารณะลดลง นอกเหนือจากผลการวิเคราะห์ที่ได้แล้ว เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสอบถามในช่วงสถานการณ์โควิด-19 (ระหว่างปี พ.ศ. 2564 และ ปี พ.ศ. 2565) ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวมีนโยบายด้านสาธารณะสุขในการเว้นระยะห่างของประชาชนซึ่งอาจมีส่วนส่งเสริมให้การเลือกใช้รถที่มีผู้โดยสารน้อยที่อาจมีพฤติกรรมแตกต่างจากช่วงสถานการณ์ปกติ

ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง มีผลต่อการเลือกใช้รถแท็กซี่ในเชิงลบ ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.0010 (t-value= 1.573) นัยสำคัญ 0.10 ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 สำหรับรถโดยสารสาธารณะปรับอากาศรค่าใช้จ่ายในการเดินทางมีผลต่อการเดินทางด้วยค่าสัมประสิทธิ์ 0.2933 (t-value= 3.868) การพิจารณากำหนดอัตราค่าโดยสารของ Paratransit หากกำหนดราคาสูงจะมีผลให้แนวโน้มการเลือกใช้ลดลง

4.5 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะ (Paratransit) โดยจำแนกกลุ่ม

ทั้งนี้เพื่อให้งานวิจัยนี้มีประโยชน์ในการจัดการบริการรถโดยสารกึ่งสาธารณะให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนการให้บริการสำหรับเฉพาะกลุ่มรายได้และกลุ่มอายุ

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารกึ่งสาธารณะของผู้สูงวัยตามกลุ่มรายได้และกลุ่มอายุอย่างมีนัยสำคัญด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ ค่าโดยสาร จำนวนที่นั่ง และสิ่งอำนวยความสะดวกในรถ สมการอรรถประโยชน์ในการเลือกรถโดยสารกึ่งสาธารณะจำแนกตามรายได้แสดงสมการที่ 7 ถึง 9 สมการอรรถประโยชน์ในการเลือกรถโดยสารกึ่งสาธารณะจำแนกตามอายุแสดงสมการที่ 10 ถึง 13

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราค่าบริการและจำนวนที่นั่งโดยสารมากขึ้นจะทำให้ผู้สูงวัยเลือกใช้น้อยลง ผู้สูงวัยที่มีอายุมากและรายได้สูงจะเลือกใช้รถมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่มากขึ้น การเพิ่มอัตราค่าบริการจะมีผลต่อของกลุ่มผู้มีรายได้น้อยและปานกลางใกล้เคียงกันแต่จะมีผลกระทบน้อยสำหรับผู้มีรายได้สูง การเพิ่มจำนวนที่นั่งโดยสารมากขึ้นกลุ่มผู้มีรายได้สูงและกลุ่มผู้มีอายุมากกว่า 90 ปีจะใช้บริการน้อยลงแต่ไม่กระทบต่อกลุ่มผู้มีรายได้น้อย รถโดยสารกึ่งสาธารณะที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกมากขึ้นจะดึงดูดการเลือกใช้ของกลุ่มผู้มีอายุ 70 ปีขึ้นไปและกลุ่มผู้มีรายได้สูง

การเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะจำแนกตามกลุ่มรายได้

กลุ่มรายได้ มากกว่า 50,000 บาท

$U_H = -0.0012FARE_D - 0.1979\ PSSG_D + 1.2986FAC_D$ (7)

(ค่า t-value เท่ากับ 3.608 8.715 และ 4.002 ตามลำดับ)

กลุ่มรายได้ 20,000 ถึง 50,000 บาท

$U_M = -0.00224FARE_D - 0.0145PSSG_D + 0.7602FAC_D$ (8)

(ค่า t-value เท่ากับ14.754 5.811 และ 21.701 ตามลำดับ)

กลุ่มรายได้ ไม่เกิน 20,000 บาท

$U_L = -0.00219\ FARE_D + 0.420\ FAC_D$ (9)

(ค่า t-value เท่ากับ 7.907 และ 11.164 ตามลำดับ)

การเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะจำแนกตามกลุ่มอายุ

กลุ่มอายุ 61 ถึง 70 ปี

$U_D = -0.0031FARE_D - 0.0299\ PSSG_D + 0.4064FAC_D$ (10)

(ค่า t-value เท่ากับ 7.770 5.479 และ 7.742 ตามลำดับ)

กลุ่มอายุ 71 ถึง 80 ปี

$U_D = -0.002FARE_D - 0.0128\ PSSG_D + 0.6759\ FAC_D$ (11)

(ค่า t-value เท่ากับ 12.516 4.663 และ 18.557ตามลำดับ)

กลุ่มอายุ 81 ถึง 90 ปี

$U_D = -0.0022\ FARE_D - 0.016PSSG_D + 0.6591FAC_D$ (12)

(ค่า t-value เท่ากับ 10.041 4.563 และ 14.312ตามลำดับ)

กลุ่มอายุ มากกว่า 90 ปี

$U_D = -0.0013FARE_D - 0.0549\ PSSG_D + 0.6140FAC_D$ (13)

(ค่า t-value เท่ากับ 5.062 8.980 และ 5.796 ตามลำดับ)

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแบบจำลองโลจิตพหุ (Multinomial Logit Model, MNL) สำหรับพฤติกรรมการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะเพื่อไปโรงพยาบาล พฤติกรรมการเลือกใช้รถโดยสารกึ่งสาธารณะ โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ อายุ รายได้ครัวเรือน จำนวนสมาชิก จำนวนรถในครอบครอง ค่าใช้จ่ายและจำนวนผู้โดยสาร เมื่ออัตราค่าบริการและจำนวนที่นั่งโดยสารมากขึ้นจะทำให้ผู้สูงวัยเลือกใช้น้อยลง ผู้สูงวัยที่มีอายุมากและรายได้สูงจะเลือกใช้รถมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่มากขึ้น การเพิ่มอัตราค่าบริการจะมีผลต่อของกลุ่มผู้มีรายได้น้อยและปานกลางใกล้เคียงกันแต่จะมีผลกระทบน้อยสำหรับผู้มีรายได้สูง การเพิ่มจำนวนที่นั่งโดยสารมากขึ้นกลุ่มผู้มีรายได้สูงและกลุ่มผู้มีอายุมากกว่า 90 ปีจะใช้บริการน้อยลงแต่ไม่กระทบต่อกลุ่มผู้มีรายได้น้อย รถโดยสารกึ่งสาธารณะที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกมากขึ้นจะเป็นที่พึงพอใจของกลุ่มผู้มีอายุ 70 ปีขึ้นไปและกลุ่มผู้มีรายได้สูง ผลการวิเคราะห์รถโดยสารประเภทอื่นพบว่าผู้สูงวัยเลือกใช้รถโดยสารปรับอากาศมากกว่ารถโดยสารแบบธรรมดา รถโดยสารกึ่งสาธารณะ และรถแท็กซี่ ตามค่าคงที่เฉพาะรูปแบบทางเลือก โดยรถแทกซี่เป็นรูปแบบที่สนใจเลือกใช้สำหรับผู้เดินทางที่มีรายได้ จำนวนสมาชิก รถในครอบครัวและอายุมากขึ้น สิ่งอำนวยความสะดวกมีผลต่อการเลือกรถโดยสารกึ่งสาธารณะและรถแทกซี่ ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปออกแบบการบริการรถโดยสารกึ่งสาธารณะให้มีจำนวนที่นั่งและอัตราค่าโดยสารที่ไม่มากเกินไปจนมีผลต่อกระทบต่อผู้มีรายได้น้อย การจัดบริการอาจจะแบ่งเป็นรถโดยสารกึ่งสาธารณะที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเบื้องต้นและมีอัตราค่าโดยสารไม่สูงสำหรับกลุ่มสูงวัยที่มีอายุ 60 ถึง 70 ปี ที่มีรายได้น้อยหรือปานกลาง และรถโดยสารพิเศษที่มีสิ่งอำนวยสะดวกมากสำหรับผู้สูงวัยที่มีอายุ 70 ปีขึ้นไปและกลุ่มผู้มีรายได้สูง

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2564) จำนวนและสัดส่วนประชาการจากการลงทะเบียน จำแนกตามกลุ่มวัย (วัยเด็ก วัยแรงงาน วัยสูงอายุ) เพศ ภาค และ จังหวัด พ.ศ.2554-2564 กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

[2] United Nation (2010). World Population Prospects. The 2010 Revision, Vol.1: Comprehensive Tables. Economic and Social Affairs.

[3] Syaed, S.T., Gerber, B.S., and Sharp, L.K. (2013) Traveling Towards Disease: Transportation Barriers to Health Care Access. Journal of Community Health. Vol 38. pp. 976-993.

[4] Nguyen-Hoang, P. and Yeung, R. (2010) What is Paratransit Worth. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol 44. pp. 841-853.

[5] Small, K.A., Verhoef, E.T. (2007). The Economics of Urban Transportation. Routledge, New York.

[6] Fitzgerald, J., Shaunesey, D., and, Stern, S., (2000). The Effect of Education Programs on Paratransit Demand of People with Disabilities. Transportation Research Part A 34 (4), 261–285.

[7] ราชกิจจานุเบกษา (2561) ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580.

[8] ราชกิจจานุเบกษา (2556) กฎกระทรวงกำหนดลักษณะหรือการจัดให้มีอุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวก หรือบริการในอาคาร สถานที่ ยานพาหนะ และบริการขนส่ง เพื่อให้คนพิการสามารถ เข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ พ.ศ. 2556 กระทรวงคมนาคม

[9] ราชกิจจานุเบกษา (2555) กฎกระทรวงกำหนดลักษณะหรือการจัดให้มีอุปกรณ์ สิ่งอำนวยความสะดวก หรือบริการในอาคาร สถานที่ หรือบริการสาธารณะอื่นเพื่อให้คนพิการสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ พ.ศ. 2555 กระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์

[10] สมาคมสถาปนิคสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2552). คู่มือปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรม การออกแบบสภาพแวดล้อมและสิ่งอำนวยความส ะดวกสำหรับทุกคน

(Universal Design Code of Practice) ฉบับ พ.ศ.2552, สมาคมสถาปนิคสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพ.

[11] Koppelman, F.S. and C-H Wen (2000) The Paired Combinatorial Logit Model: Properties, Estimation and Application. Transport Research 34B, pp. 75-89.

[12] McFadden, D. and Train K. (2000) Mixed MNL Models for Discrete Response. Journal of Applied Econometrics. Vol 15. pp. 447-470.

[13] Hensher, A.D. (2008) Empirical Approaches to Combining Revealed and Stated Preference Data: Some Recent Developments with Reference to Urban Mode Choice. Research in Transportation Economics. Vol 23. pp. 23-29.

[14] Yamane, T., Statistics: An introductory analysis, New York: Harper and Row, 1973.

[15] กรมการปกครอง (2564) จำนวนประชากรแยกรายอายุ Source https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByAge.php(เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน, 2565).

ID044

การพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) สำหรับงานขุดใต้ดินระดับลึก
Developing Augmented Reality (AR) for Deep Excavation

ชัยพร แก้วโต[1] ฆนิศา รุ่งแจ้ง[2*] และ พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fangksr@ku.ac.th

Chaiyaporn Kaewto[1] Kanisa Rungjang[2*] and Pongsak Suriyavanagul[2]
[1]Infrastructure Engineering and Management Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: fengksr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานขุดใต้ดินระดับลึกเป็นงานวิศวกรรมขั้นสูงที่มีความซับซ้อนและเสี่ยงต่ออุบัติเหตุระหว่างการก่อสร้างและอาจส่งผลกระทบให้เกิดความล่าช้าต่อผู้ใช้ทางเป็นอย่างมาก การนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) มาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินระดับลึกจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลสำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินระดับลึกโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม งานวิจัยนี้ได้ออกแบบกระบวนการทำงานของแบบจำลองฐานข้อมูลโดยรวบรวมกระบวนการขุดใต้ดินระดับลึก และนำกระบวนการดังกล่าวไปประยุกต์ในการสร้างแบบจำลอง AR สำหรับงานขุดใต้ดินระดับลึกในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินระบบ 115 kV ข้อมูล โดยนำเข้าข้อมูลสำคัญต่างๆตั้งแต่กระบวนการสำรวจ การออกแบบ การวิเคราะห์ การขออนุญาตก่อสร้าง การวางแผนงาน การปิดการจราจร และไปจนถึงเสร็จสิ้นการก่อสร้างเพื่อนำไปพัฒนาเป็นแบบจำลอง AR ทั้งในรูปแบบข้อมูลงานก่อสร้าง 2 มิติ ข้อมูล 3 มิติ ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ข้อมูลงานทางและสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง แบบจำลองฐานข้อมูล AR ที่สร้างขึ้นพัฒนาจากโปรแกรม AUGIN ร่วมกับโปรแกรม BIM โปรแกรม GPSร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ ผลงานวิจัยนี้ได้แบบจำลองฐานข้อมูล AR ที่สามารถนำเข้า สืบค้น แก้ไขข้อมูล แสดงผล วิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูลได้ ทั้งนี้การพัฒนาแบบจำลองฐานข้อมูลให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพควรคำนึงถึงความพร้อมของหน่วยงาน การนำไปใช้งาน ความพร้อมของอุปกรณ์และโปรแกรมซึ่งอาจพิจารณาใช้โปรแกรมที่เป็น ฟรีแวร์ หรือโปรแกรมที่สามารถใช้งานร่วมกันระหว่างหน่วยงานก่อสร้างและหน่วยงานสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องเพื่อลดค่าใช้และสามารถเชื่อมโยงฐานข้อมูลที่สะดวกต่อการนำเข้าและปรับปรุงให้ทันสมัย

คำหลัก แบบจำลองสารสนเทศอาคาร: ระบบเคเบิลไฟฟ้าใต้ดิน, เทคโนโลยีความจริงเสริม, งานขุดใต้ดินระดับลึก

Abstract

Deep excavation is an advanced engineering task. It is a complex and high risk for accidents during construction and can cause delays to road users for a while. Applied Augmented Reality (AR) technology in construction work of deep excavation for underground electrical systems can improve work efficiency. This research aims to propose an information model using AR technology for deep excavation construction. As a results, this research creates an Augmented Reality (AR) model for database management of deep excavation. The proposed framework using AR for underground construction site are designated by

integrating deep excavation process of stakeholders of the case study. The AR model application of this research is executed for underground electrical system 115 kV of Provincial Electricity Authority (PEA). Data acquisitions from many sources are imported into AR such as two-dimensional (2D), three-dimensional (3D) data, Building Information Modeling (BIM), and data of road works and related utilities from the state of survey, design, analysis, construction permit, planning, traffic closure and construction procedures until finished. The AR model of deep excavation are developed from AUGIN software integrating with BIM program, GPS Mobile, and other tools. As a result, AR model can manage database and graphic such as import, query, edit, display, analyze. In order to develop the effective database model, the consideration of organizational management, a required implementation, equipment including hardware and software is crucial needed. Integrating and updating software and national database network of infrastructure can improve the effectiveness of database model.

Keywords: Building Information Modeling (BIM): Underground Electrical Systems, Augmented Reality (AR), Deep Excavation

1. บทนำ

งานขุดใต้ดินระดับลึกเป็นงานวิศวกรรมขั้นสูงที่มีความซับซ้อนและเสี่ยงต่ออุบัติเหตุจากการก่อสร้างและกระทบต่อผู้ใช้ทาง งานวิจัยมากมายแสดงให้เห็นว่าการขาดข้อมูลเกี่ยวกับสาธารณูปโภคและงานใต้ดินมีส่วนให้เกิดความสูญเสียอย่างมาก [1] การพัฒนาแบบจำลองฐานข้อมูลจึงเป็นประโยชน์อย่างมากในงานก่อสร้าง ทั้งเทคโนโลยีแบบ 2 มิติ 3 มิติ เทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ไปจนกระทั่งเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augment Reality, AR) เทคโนโลยี AR เป็นเทคนิคการแสดงภาพเสมือนที่มีศักยภาพในการมองเห็นด้วยแบบจำลอง 3 มิติของวัตถุจริงที่ระบุตำแหน่งบนระบบพิกัดบนพื้นโลก [2] เทคโนโลยี AR ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างและงานอื่นอีกมายมาย เช่น งานการแพทย์ งานการผลิต อุตสาหกรรม เป็นต้น [3] สำหรับประเทศไทยงานขุดดินระดับลึกเป็นงานวิศวกรรมที่ต้องอาศัยวิศวกรควบคุมงานให้เป็นไปตามกระบวนการและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมภายใต้ความปลอดภัย เช่น มาตรฐานประกอบการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการขุดดินและถมดิน ปี พ.ศ. 2552 ของกระทรวงมหาดไทย [4] งานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสำคัญหลายอย่างเป็นงานขุดใต้ดินระดับลึกที่ต้องรับผิดชอบและเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงาน เช่น งานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ระบบ 115 kV เป็นงานที่มีการขุดใต้ดินระดับลึกซึ่งมีกระบวนงานที่ซับซ้อนและต้องปฏิบัติงานในเขตทางจำกัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองซึ่งมีอาคารบ้านเรือนหนาแน่น มีการจราจรคับคั่ง ผู้ใช้ทางและสัญจรมากมายที่ต้องเสี่ยงต่ออันตรายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างก่อสร้างในกระบวนการต่างๆ ข้อมูลสถิติแสดงให้เห็นว่าอุบัติเหตุร้ายแรงจากดินถล่มอันเนื่องจากงานขุดดินสามารถพบได้บ่อยครั้งโดยเฉพาะในการทำงานก่อสร้างซึ่งการทำงานขุดดินนั้น จัดได้ว่าเป็นหนึ่งในงานที่มีความเสี่ยงจากดินถล่มหรือการพังทลายของดินสูงมาก ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานขุดดิน ในช่วง 10 ปี ระหว่าง ปี ค.ศ. 1990 ถึง 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เสียชีวิตเกือบครึ่ง (ร้อยละ 48) มีสาเหตุจากดินถล่มหรือการพังทลายของดิน (Cave-in) [5]

ทั้งนี้งานก่อสร้างใต้ดินเป็นงานที่มีความซับซ้อนด้วยเหตุหลายประการ [6] เช่น การทำงานใต้ดินในสภาพที่คาดการณ์ได้ยากระยะเวลาในการปฏิบัติงานจำกัด ผลกระทบจากการปฏิบัติงานที่มีต่อผู้ใช้ทางและประชาชนโดยรอบ ความหลากหลายของสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ผลกระทบที่ตามมาจากความผิดพลาดในการปฏิบัติงานอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุที่ร้ายแรงต่อประชาชนอันเป็นมูลค่าความสูญเสียได้ดังที่เหตุการณ์สำคัญในหลายประเทศ [7] - [9] ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร BIM ทำงานร่วมกับเทคโนโลยี AR ในการวางแผนงานก่อเริ่มทำงานจริง การนำนวัตกรรมมาใช้ พัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันอุบัติเหตุเพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัยและลดอุบัติเหตุบนระบบทางหลวง พัฒนาและปรับปรุงการลดอุบัติเหตุเพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัยและลดอุบัติเหตุในการใช้ถนนและงานขุดดินระดับลึก พัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมดูแลการใช้และการดำเนินการใดๆในเขตทาง ไหล่ทาง และทางเท้า รวมถึงการใช้ประโยชน์ทรัพย์สินทางหลวงอื่นๆ พัฒนาและส่งเสริมการประชาสัมพันธ์และการศึกษาด้านกฎระเบียบ ค่านิยม

วินัย ด้านความปลอดภัยบนระบบทางหลวง พัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพระบบจราจรและระบบควบคุมติดตามที่เกี่ยวข้อง พัฒนาและส่งเสริมการวิจัยพัฒนา การสร้างนวัตกรรม การสร้างระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีดิจิทัลด้านการอำนวยความปลอดภัยบนระบบทางหลวง

AR เป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่ผสมผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงเข้ากับโลกเสมือน โดยผ่านทางอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์รวมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่างๆ ทำให้สามารถมองเห็นภาพที่มีลักษณะเป็นวัตถุ แสดงผลในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติ ลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง มีการเคลื่อนไหว สามารถเดินเข้าไปในสถานที่จริงได้ AR ทราบแนวทางและรูปแบบการก่อสร้างงานขุดใต้ดินระดับลึก การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร BIM เป็นแบบจำลอง 3 มิติ ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ เพื่อจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอาคาร ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ของชิ้นส่วนอาคาร ข้อมูลคุณลักษณะของชิ้นส่วนอาคาร ข้อมูลสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ทำงานร่วมกับเทคโนโลยี AR ฐานข้อมูล AR ช่วยในการตัดสินใจในการทำงาน ลดการเปลี่ยนแปลงคำสั่ง ลดข้อผิดพลาดในงานขุดใต้ดินระดับลึก ลดการใช้ทรัพยากรบุคคล ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง ลดค่าใช้จ่ายในการทำงานให้น้อยลง และเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร

2. วัตถุประสงค์

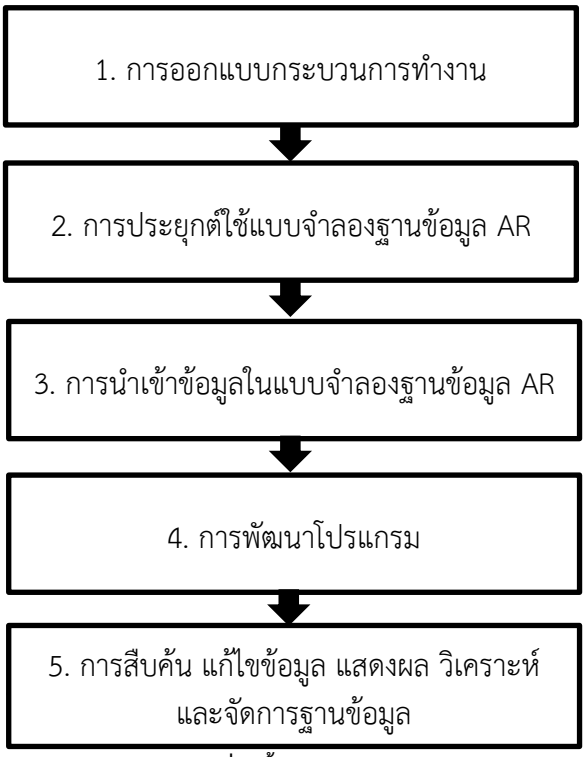
งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองฐานข้อมูลเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลสำหรับงานขุดใต้ดินระดับลึก

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งวิธีการวิจัยเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การออกแบบกระบวนการทำงาน โดยรวบรวมกระบวนการขุดใต้ดินระดับลึก ตั้งแต่สำรวจ การออกแบบการวิเคราะห์ การขออนุญาตก่อสร้าง วางแผนงานการปิดการจราจรและขั้นตอนในการก่อสร้าง
2. การประยุกต์ใช้แบบจำลองในงานสร้างแบบจำลองในงานขุดใต้ดินระดับลึกในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ระบบ 115 kV
3. การนำเข้าข้อมูล โดยข้อมูลนำเข้าที่สำคัญประกอบด้วยแบบงานก่อสร้าง 2 มิติ ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ข้อมูลงานทางและสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง
4. การสร้างแบบจำลองฐานข้อมูล AR โดยพัฒนาจากโปรแกรม AUGIN ร่วมกับโปรแกรม BIM โปรแกรม GPS Mobile Internet
5. การพัฒนาเพื่อการวิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูล โดยสร้าง User Interface เพื่อการสืบค้น แก้ไขข้อมูล แสดงผลวิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูลได้

ขั้นตอนในการวิจัยแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนงานวิจัย

4. ผลและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการออกแบบกระบวนการทำงาน

การออกแบบกระบวนการทำงานได้จากข้อมูลกระบวนการขุดใต้ดินระดับลึกที่รวบรวมได้จากการปฏิบัติของหน่วยงานต่างๆ ตั้งแต่สำรวจ การออกแบบ การวิเคราะห์ การขออนุญาตก่อสร้างให้เป็นไปตามหนังสือข้อตกลงระหว่างการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกับกรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และกรุงเทพฯ วางแผนงานการปิดการจราจร ร่วมกับเจ้าหน้าที่ตำรวจและกรมทางหลวง และวางขั้นตอนในการก่อสร้างเพื่อป้องกันอัตรายที่อาจจะเกิดขึ้น ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการขุดใต้ดินระดับลึกตามกฎหมาย วสท.และกฟภ. [4] เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบขั้นตอนการขุดใต้ดินระดับลึกของหน่วยงานที่สำคัญพบว่า การกำหนดขอบเขตงาน และขั้นตอนการระบุตำแหน่งพื้นที่งานขุดดินเป็นขั้นตอนที่กำหนดไว้โดยทุก

หน่วยงาน ขั้นตอนการจัดเตรียมพื้นที่กำหนดไว้โดย กฟภ. [10] สำหรับขั้นตอนที่เกี่ยวเนื่องกับ AR ไม่ได้ถูกกำหนดไว้โดยหน่วยงาน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีความเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการจัดการฐานข้อมูล AR

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการขุดใต้ดินระดับลึกตามกฎกระทรวง

	กฎหมาย	วสท.	กฟภ.
กำหนดขอบเขตงานก่อสร้าง	√	√	√
ลงทะเบียนใช้ระบบ AR	X	X	X
อัพโหลดฐานข้อมูลไปยัง ระบบ AR	X	X	X
จัดเตรียมพื้นที่	X	X	√
ระบุตำแหน่งพื้นที่งานขุดดิน	√	√	√
ระบุตำแหน่งพื้นที่งานขุดดินโดยใช้ระบบ AR	X	X	X
การแชร์ตำแหน่งสาธรณูปโภคสามารถทำได้ด้วยระบบ AR	X	X	X
อัพเดทข้อมูลและระดับความลึก	X	X	X

หมายเหตุ √ คือมีระบุไว้ในหน่วยงาน
X คือไม่มีระบุไว้ในหน่วยงาน

ตามที่วิเคราะห์กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานต่างๆ แล้ว งานวิจัยนี้จึงได้กำหนดให้แบบจำลองฐานข้อมูล AR สามารถทำงานได้ตามขั้นตอน 10 ขั้นตอน ดังนี้ กระบวนการทำงานขุดใต้ดินระดับลึกที่นำมาสร้างแบบจำลองฐานข้อมูล ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1) ผู้รับเหมาก่อสร้างกำหนดพื้นที่ทำงานในงานขุดดิน
2) ผู้รับเหมาก่อสร้างลงทะเบียนและเสนอให้ใช้การก่อสร้างโดยใช้ระบบ AR
3) อัพโหลดฐานข้อมูลไปยัง ระบบ AR
4) ผู้รับเหมาขอตั๋วขุดดินจากการโทรแจ้งครั้งเดียว
5) แจ้งผู้รับผิดชอบสาธารณูปโภคเพื่อเข้าพื้นที่
6) จัดเตรียมพื้นที่สาธารณูปโภคและส่งมอบพื้นที่งานขุดดิน
7) ระบุตำแหน่งพื้นที่งานขุดดินโดยใช้ระบบ AR
8) กำหนดตำแหน่งสาธารณูปโภคด้วยวิธีการดั้งเดิมและระบบ AR
9) การแชร์ตำแหน่งสาธารณูปโภคสามารถทำได้ด้วยระบบ AR
10) ผู้รับเหมาใช้ระบบ AR ในการอัพเดทข้อมูลและระดับความลึก

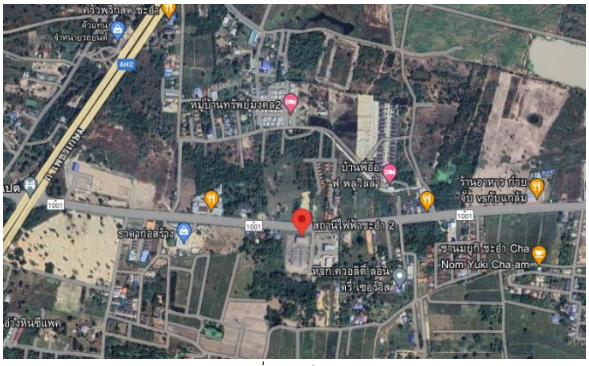
4.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองฐานข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดการประยุกต์ใช้แบบจำลองในงานขุดใต้ดินระดับลึกในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ระบบ 115 kV

งานก่อสร้างนี้เป็นกรณีศึกษาที่รวบรวมได้จาก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 1) กดฟังก์ชัน Augin ในโปรแกรม Revit 2) ทำการ Log in เข้าสู่บัญชี Augin เพื่อทำการอัพโหลดแบบจำลองฝากไว้ในแอพพลิเคชั่น 3) แบบจำลองจะอัพโหลดมาอยู่ในแอพพลิเคชั่น Augin โดย Augin เป็นแอพลิเคชั่นที่ดาวน์โหลดใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถค้นหาและดาวน์โหลดได้จากเวปไซต์

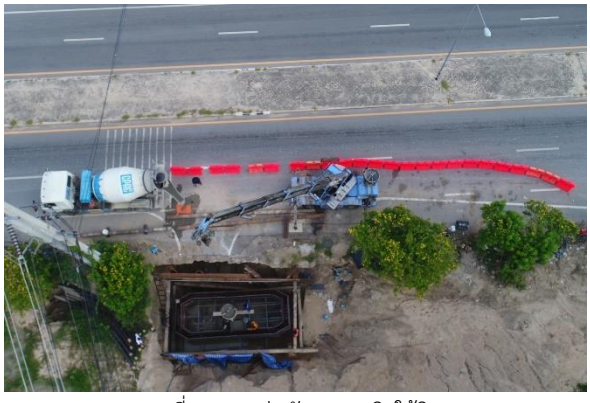
ลักษณะงาน การก่อสร้างสายส่งจ่ายหรือระบบจำหน่ายที่ใช้ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟาระบบ 115 kV แบบเคเบิลใต้ดิน เป็นระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟา ที่ใชสายตัวนำหุ้มด้วยฉนวนแข็ง หรือฉนวนเหลว หรือฉนวนก๊าซอัดความดัน เพื่อให้ทนต่อแรงดันได้สูงโดยความหนาของฉนวนไม่ตองมากนัก เพราะเคเบิลมีขนาดเล็ก ทนแรงดันได้สูง สามารถติดตั้งใต้พื้นดินได้ และจะต้องมีบ่อพักสายเคเบิลใต้ดิน (Manhole หรือ Handhole) เป็นระยะๆ สำหรับใช้ในการชักลากสาย ต่อสาย ต่อแยกสาย หรือใช้ในกรณีที่แนวเคเบิลหักมุม

พื้นที่ สถานีไฟฟ้าชะอำ 2 – สถานีไฟฟ้าหัวหิน 3 จังหวัดเพชรบุรี



รูป 2 แผนที่สถานีไฟฟ้าชะอำ 2

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท การประปาส่วนภูมิภาค การประปานครหลวง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น บริษัท เอส ที เอส คอร์ปอเรชั่น จำกัด



รูปที่ 3 แสดงบ่อพักสายเคเบิลใต้ดิน



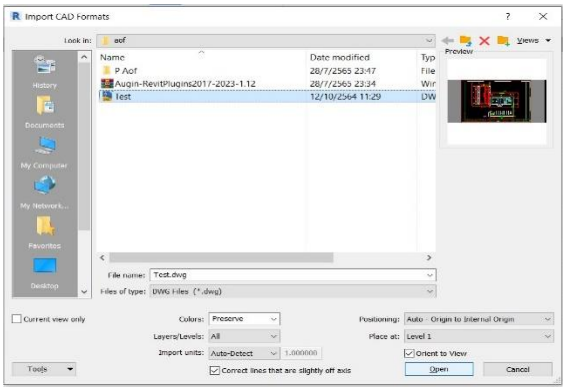
รูปที่ 4 แสดงภาพมุมสูงงานก่อสร้างบ่อพักสายเคเบิลใต้ดิน

4.3 การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองฐานข้อมูล AR

ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญประกอบด้วย แบบงานก่อสร้าง 2 มิติ ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ข้อมูลงานทางและสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง

4.3.1 การนำเข้าข้อมูลแบบก่อสร้าง 2 มิติ

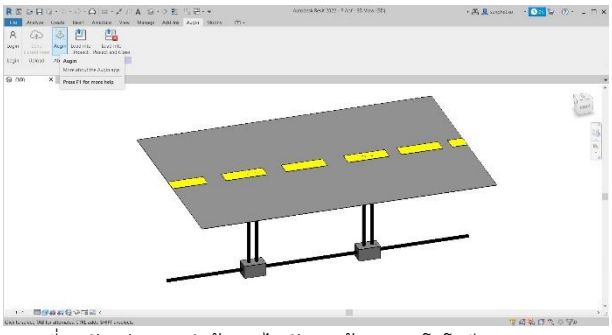
เนื่องจากข้อมูลแบบก่อสร้างของหน่วยงานต่างๆ ถูกเก็บไว้ในรูปแบบของ AutoCAD (.dwg) ถูกนำเข้าสู่โปรแกรมฐานข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร BIM (.rvt) บันทึกเป็นไฟล์ฐานข้อมูล



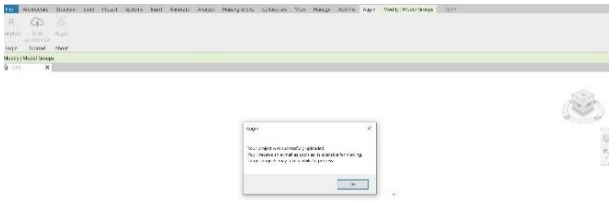
รูปที่ 5 ตัวอย่างการนำข้อมูล ไปยังฐานข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร BIM

4.3.2 การนำเข้าข้อมูลรายละเอียดองค์ประกอบของงานขุดใต้ดินระลึกเข้าสู่ฐานข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (BIM)

1) เข้าสู่โปรแกรมฐานข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร BIM (.rvt) 2) นำเข้าข้อมูลแบบก่อสร้าง AutoCAD (.dwg) 3) เลือกประเภทไฟล์ (.dwg) กำหนดจุดอ้างอิงของข้อมูลแบบก่อสร้าง 2 มิติ เพื่อวางในโปรแกรม BIM 4) สร้างผังของอาคารจากโครงร่างแบบ 2 มิติที่กำหนดไว้ โดยใช้คำสั่งในแถบ Ribbon Panel, Option bar 5) สร้างโมเดล 3 มิติร่วมกับใช้ข้อมูล family ในโปรแกรม ในการสร้างแบบจำลองโดยให้มีระดับรายละเอียดของแบบจำลองอาคาร Level of Development : LOD ที่เหมาะกับการทำงาน 6) บันทึกเป็นไฟล์ฐานข้อมูล 7) ติดตั้งปลั๊กอิน Augin ในโปรแกรม BIM เพื่อส่งข้อมูลไปยังโปรแกรม Augin ในการสร้างแบบจำลองฐานข้อมูล AR ต่อไป



รูปที่ 6 ตัวอย่างการนำข้อมูล ไปยังฐานข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร BIM



รูปที่ 7 ตัวอย่างการนำข้อมูล ไปยังฐานข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร BIM

4.3.3 การนำเข้าข้อมูลงานทางและสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง

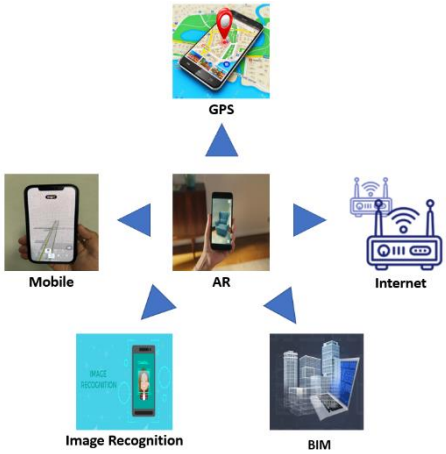
ข้อมูลระบบสายไฟฟ้าใต้ดินการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และ การไฟฟ้านครหลวง ข้อมูลงานทางจากกรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท ข้อมูลสาธารณูปโภคจากการประปาส่วนภูมิภาค และ การประปานครหลวง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลงานทางและสาธารณูปโภคต่างๆมักอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกัน และมีความซับซ้อนในการนำเข้าเป็นฐานข้อมูลเดียวกัน และเนื่องจากงานขุดระดับลึกมีความจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งพิกัดที่ถูกต้องทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง ซึ่งพบว่า ฐานข้อมูลของสาธารณูปโภคที่รับผิดชอบโดยหน่วยงานต่างกันมีการจัดเก็บที่มีความสมบูรณ์และถูกต้องแตกต่างกัน ดังนั้นการสร้างแบบจำลองฐานข้อมูล AR ที่มีความถูกต้องและสามารถนำไปวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและการแสดงผลการใช้งานที่ดีจำเป็นต้องมีความชำนาญในการปรับเทียบฐานข้อมูลและข้อมูลตำแหน่งภูมิศาสตร์ได้ ทั้งนี้กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งดังเห็นได้จากงานวิจัยมากมายที่เกี่ยวข้อง

4.4 การสร้างแบบจำลองฐานข้อมูล AR

การสร้างแบบจำลองฐานข้อมูล AR พัฒนาจากโปรแกรม AUGIN ร่วมกับโปรแกรม BIM โปรแกรม GPS Mobile Image Recognition Internet

1) AR Code หรือตัว Marker ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของวัตถุ 2) ตา หรือ กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือ หรือ ตัวจับ Sensor อื่นๆ ใช้มองตำแหน่งของ AR Code แล้วส่งข้อมูลเข้า AR Engine 3) AR Engine เป็นตัวส่งข้อมูลที่อ่านได้ผ่านเข้าซอฟต์แวร์หรือส่วนประมวลผล เพื่อแสดงเป็นภาพต่อไป หรืออีกวิธีหนึ่งจะใช้การรวมกล้อง AR Engine และจอภาพเข้าด้วยกันในอุปกรณ์เดียวเช่นโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตเพื่อแสดงเป็นภาพ หรือจอแสดงผลเพื่อให้เห็นผลข้อมูลที่ AR Engine ส่งมาให้ในรูปแบบของภาพหรือวิดีโอ 4) จอแสดงผล เพื่อให้เห็นผลข้อมูลหรือแสดงไฟล์งานที่ AR Engine ส่งมาให้ในรูปแบบของภาพ หรือ วิดีโอ

อุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วย 5 อุปกรณ์ ได้แก่ 1) อุปกรณ์ในการระบุตำแหน่งพิกัด เช่น การหาตำแหน่ง (Global Positioning System, GPS) 2) เทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (BIM) 3) Mobile 4) Image Recognition 5) Internet



รูปที่ 8 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างแบบจำลองฐานข้อมูล AR

4.5 การพัฒนาเพื่อการวิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูล

การพัฒนา AR เพื่อการวิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูล โดยการสร้างส่วนตัวกราฟิกประสานกับผู้ใช้ (Graphical User Interface, GUI) เพื่อใช้ในการสืบค้น แก้ไขข้อมูล แสดงผลรูปภาพ วิดีโอ วิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูลได้ รูปที่ 9 -13

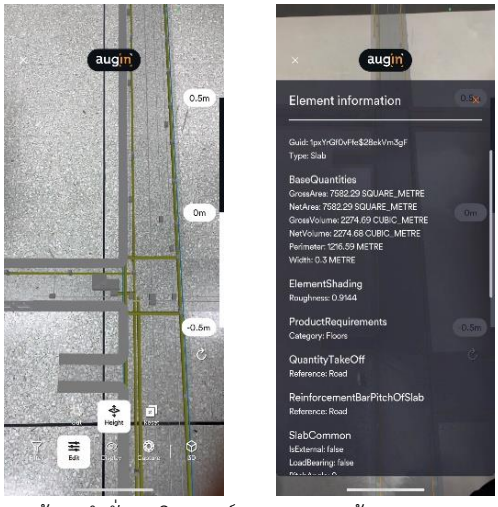


(a) หน้าจอเริ่มต้นใช้งาน (b) หน้าจอแสดงผล AR

รูปที่ 9 ตัวอย่างการสร้าง AR ด้วยโปรแกรม Augin



รูปที่ 10 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงข้อมูลงานขุดใต้ดินระดับลึกในแบบจำลอง AR ทางหน้าโทรศัพท์มือถือ



(a) หน้าจอคำสั่งการวิเคราะห์ (b) หน้าจอแสดงผล

รูปที่.13 ตัวอย่างการวิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูล



(a) หน้าจอแสดงพื้นที่จริง (b) หน้าจอแสดงผล AR

รูปที่ 11 ตัวอย่างการแสดงผลของแบบจำลองฐานข้อมูล AR



(a) หน้าจอคำสั่งรูปภาพและวิดีโอ (b) หน้าจอคำสั่งบันทึกฐานข้อมูล

รูปที่ 12 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลเป็นรูปภาพและวิดีโอ

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองฐานข้อมูลเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลสำหรับงานขุดใต้ดินระดับลึก งานวิจัยนี้ได้ออกแบบกระบวนการทำงานของแบบจำลองฐานข้อมูลโดยรวบรวมกระบวนการขุดใต้ดินระดับลึก ตั้งแต่การสำรวจ การออกแบบ การวิเคราะห์ การขออนุญาตก่อสร้าง การวางแผนงาน การปิดการจราจรและขั้นตอนในการก่อสร้างและนำกระบวนการนี้ไปประยุกต์ในการสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลในงานขุดใต้ดินระดับลึก ในงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน ระบบ 115 kV ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญประกอบด้วย แบบงานก่อสร้าง 2 มิติ ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ข้อมูลงานทางและสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง แบบจำลองฐานข้อมูล AR ที่สร้างขึ้นพัฒนาจากโปรแกรม AUGIN ร่วมกับโปรแกรม BIM โปรแกรม GPS Mobile Internet ผลงานวิจัยนี้ได้แบบจำลองฐานข้อมูล AR ที่สามารถนำเข้าสืบค้น แก้ไขข้อมูล แสดงผล วิเคราะห์และจัดการฐานข้อมูลได้ ซึ่งแบบจำลองนี้ได้นำไปใช้งานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้วพบว่าแบบจำลองสามารถใช้งานได้อย่างดี ทั้งนี้การพัฒนาแบบจำลองฐานข้อมูลให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพควรคำนึงถึงความพร้อมของกระบวนการทำงาน การนำไปใช้งานความพร้อมของอุปกรณ์และโปรแกรมซึ่งอาจพิจารณาใช้โปรแกรมที่เป็น ฟรีแวร์ หรือการใช้งานร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่ก่อสร้างและหน่วยงานสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องเพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูลที่สะดวกต่อการนำเข้าและปรับปรุงให้ทันสมัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาค องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานจากภาคเอกชน และนายสรรเพชร คงถาวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยชิ้นนี้เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] Stering, R.L. Anspach, J.H., Allouche, E.N., Simicevic, J., Rogers, C.D., Weston, K.E., and Hayes, K. (2009). Encouraging Innovation in Locating and Characterizing Underground Utilities. SHRP2 Report.

[2] Fenais, A., Smilovsky, N., and Ariaratnam, S.T. (2018) Using Augmented Reality in Horizontal Directional Drilling to Reduce the Risk of Utility Damages. In Pipelines 2018 Conference: Utility Engineering, Surveying, and Multidisciplinary Topics, American Society of Civil Engineers, pp. 290-298

[3] Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, Sl, Julier, S. and MacIntyre, B. (2001) Recent Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 21. (6), pp. 34-47.

[4] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการขุดดินและถมดิน ปี พ.ศ.2552 กระทรวงมหาดไทย

[5] United States Department of Labor Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (1990-2000). Distribution of Fatalities by Cause of Death.

[6] Qian, Q. and P. Lin. 2016. Safety Risk Management of Underground Engineering in China: Progress, Challenges and Strategies, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, vol. 8 no.4, p. 423-442.

[7] Common Ground Alliance. 2016. Damage Information Reporting Tool (DIRT): Analysis and Recommendations. Common Ground Alliance, Volume 13, 30.

[8] The Associated Press. 2011. Ohio House Explodes; 6 Injured, 1 Still Missing, Available Source https://www.cbsnews.com/news/ohio-house-explodes-6-injured-1-still-missing/ (Accessed on July. 1, 2022).

[9] Hall, J.E., J.A Hammerschmidt., J.J. Goglia, G.W. Black, Jr. and C.J. Carmody. 1998. National Transportation Safety Board, Pipeline Accident Report, Natural Gas Pipeline Rupture and Subsequent Explosion, 40.

[10] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2548). ระบบเคเบิลใต้ดิน. กองมาตรฐานระบบไฟฟ้า.

ID045

การจำลองอพยพหนีไฟด้วย โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า

Fire Evacuation Simulation using Pathfinder Program: A Case Study of Electrical Appliance Production Factory Building

โชติกา แซ่อึ่ง[1*] อนุวัฒน์ อรรถไชยวุฒิ[2] พอจันทร์ ตุฏฐิพงษ์สวัสดิ์[2] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[3]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: shotika.sa@ku.th

Shotika Saeueng[1*] Anuwat Attachaiyawuth[2] Porjan Tuttipongsawat[2] and Supat Patvichaichod[3]
[1]Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[3]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: shotika.sa@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการจำลองกลยุทธ์อพยพหนีไฟด้วย โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ลักษณะพื้นที่กรณีศึกษาเป็นอาคาร 2 ชั้น พื้นที่ทั้งหมดของอาคาร 131,200 ตร.ม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟไปยังจุดที่ปลอดภัยโดยเร็วที่สุด เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร โดยเวลาอพยพหนีไฟที่ไปยังจุดรวมพลตามกฎหมายกำหนดไม่เกิน 300 วินาที โดยจำลองสถานการณ์ตาม NFPA 101,Life safety code จำนวน 8 สถานการณ์ จำนวนผู้ใช้อาคารตามการเก็บข้อมูลจริงทั้งหมด 820 คน ผลการจำลองอพยพยหนีไฟ พบว่า ไม่สามารถอพยพออกจากอาคารไปยังจุดรวมพลภายใน 300 วินาที ตามกฎหมายกำหนด สาเหตุมาจากพื้นที่โรงงานมีขนาดใหญ่ และมีจำนวนจุดรวมพลที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ ทำให้เมื่อมีการอพยพเกิดขึ้นผู้ใช้อาคารต้องเดินอ้อมไปยังประตูทางออกที่นำไปสู่จุดรวมพล ระยะทางค่อนข้างไกล จึงใช้เวลาในการอพยพไปยังจุดรวมพลค่อนข้างมาก ดังนั้นเพื่อลดระยะทาง และระยะเวลาในการอพยพของผู้ใช้อาคารไปยังจุดรวมพลได้เร็วที่สุด จึงเสนอแนวทางการปรับปรุงสำคัญเพื่อแก้ปัญหา คือ เพิ่มจุดรวมพลอีกจำนวน 3 จุด บริเวณด้านข้างอาคารโรงงานทั้งสองด้าน และด้านหน้าโรงงาน เพื่อครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง และเหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้อาคารที่ต้องอพยพมายังจุดปลอดภัยได้เร็วที่สุด

คำหลัก: การจำลองอพยพหนีไฟ,โปรแกรม Pathfinder,อาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า

Abstract

This research presents the simulation of fire evacuation strategy simulation using Path finder program: A case study of electrical appliance production factory building. The simulation area is 2 floors, the total area of building is 131,200 sq.m.The purpose of this research is to study the time required for fire evacuation by analyzing strategies for evacuating to a safe place as quickly as possible to create safety for building occupants. According to the law fire evacuation time to the assembly point is set no more than 300 seconds, with 8 scenarios in accordance with NFPA 101, Life safety code. The simulating used the number of building occupants according to the actual data collection, totaling 820 people. The simulation results of the fire evacuation could not evacuate outside the building to the assembly points as quickly as possible within 300 seconds as required by law because the factory area is large. Because the number of assembly points that are not suitable when an evacuation occurs the occupants had to walk around it effect to distance away. Therefore, it took a lot of time to evacuate to the assembly points. So, this researcher recommends importance improved for reduce the distance and the fastest time to evacuate building users to the assembly point by added 3 more assembly points on the both sides of the factory building and in front of the factory to cover a wide area for suit the number of building occupants who need to evacuate to the safety point as quickly as possible.

Keywords: Fire evacuation, Pathfinder Program, Electrical Appliance Production Factory Building

1. บทนำ

ปัจจุบันการเกิดอัคคีภัยเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเป็นภัยพิบัติที่ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อมไม่ว่าจะเป็นทั้งชีวิต หรือทรัพย์สิน ล้วนเกิดผลกระทบได้ทั้งสิ้นหากเกิดภัยพิบัตินี้ขึ้น ซึ่งในประเทศไทยมีสถิติการเกิดภัยพิบัติทางอัคคีภัยมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลสถิติการเกิดอัคคีภัยภายในประเทศไทยในปี 2563 มีมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากอัคคีภัยสูงถึง 847 ล้านบาท ซึ่งมีมูลค่ามากกว่าความเสียหายในปี 2562 มากถึง 2 เท่า เป็นมูลค่า 483 ล้านบาท (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, 2563)

ภาคโรงงานอุตสาหกรรมกระบวนการผลิตเป็นสถานที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดอุบัติเหตุขึ้นจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุภายในโรงงานอุตสาหกรรมในปีล่าสุดปี 2564 (มกราคม-ธันวาคม) เกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้นตลอดปี จำนวน 112 ครั้ง ซึ่งเป็นการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับอัคคีภัย จำนวน 92 ครั้ง สารเคมีหกรั่วไหล จำนวน 5 ครั้ง การระเบิด จำนวน 5 ครั้ง อุบัติเหตุเกี่ยวกับเครื่องจักร จำนวน 4 ครั้ง และอื่นๆ จำนวน 8 ครั้ง (กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน,2564) จากสถิติพบว่าการเกิดอุบัติเหตุภายในโรงงานอุตสาหกรรมสาเหตุหลัก คือ การเกิดอัคคีภัย เป็นอันดับหนึ่ง ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสถานที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับอัคคีภัย โรงงานประเภทอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้เชื้อเพลิง การใช้วัตถุดิบ กิจกรรมกระบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งกิจกรรม หรือวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการผลิต มีความเสี่ยงก่อให้เกิดเหตุอัคคีภัยขึ้นได้อย่างง่าย ดังนั้นการเตรียมแผนป้องกันการเกิดอัคคีภัยจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง หากเกิดเหตุฉุกเฉินอัคคีภัยเกิดขึ้นที่ไม่สามารถควบคุมได้ต้องมีการอพยพไปยังจุดปลอดภัยเพื่อรักษาชีวิต โดยการพิจารณาเตรียมแผนรับมือในการอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัยในเวลาที่รวดเร็ว เป็นสิ่งจำเป็นในการปกป้องชีวิตอย่างมาก ดังนั้น องค์ประกอบในการศึกษาเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร คือ ระยะเวลาการอพยพที่เหมาะสม ไปยังจุดที่ปลอดภัยโดยเร็วที่สุด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาระยะเวลาการ

อพยพหนีไฟในแต่ละกรณีที่เหมาะสมด้วยโปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟ Pathfinder เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟแต่ละกรณี ตามเหตุการณ์จำลองมาตรฐาน NFPA101 และเปรียบเทียบเวลาการอพยพ วิเคราะห์กลยุทธ์ในการอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัยได้เร็วที่สุด เพื่อก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร

2. มาตรฐาน กฎหมาย โปรแกรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code เป็นมาตรฐานของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ (National Fire Protection) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในเรื่องความความปลอดภัยด้านอัคคีภัย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นแนวทางในการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้อาคาร

2.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน พ.ศ. 2552 หมวด 8 อื่นๆ ข้อ 22 โรงงานต้องจัดเส้นทางหนีไฟที่อพยพคนงานทั้งหมดออกจากบริเวณที่ทำงานสู่บริเวณที่ปลอดภัย เช่น ถนนหรือสนามนอกอาคารโรงงานได้ภายในห้านาที

2.2.2 กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 หมวด 2 ความปลอดภัยเกี่ยวกับอาคารและทางหนีไฟ ข้อ 8 ให้นายจ้างจัดให้มีเส้นทางหนีไฟทุกชั้นของอาคารอย่างน้อยชั้นละสองเส้นทางซึ่งสามารถอพยพลูกจ้างที่ทำงานในเวลาเดียวกันทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยภายในเวลาไม่เกินห้านาที เส้นทางหนีไฟจากจุดที่ลูกจ้างทำงานไปสู่จุดที่ปลอดภัยต้องปราศจากสิ่งกีดขวาง ประตูที่ใช้บนเส้นทางหนีไฟต้องทำด้วยวัสดุทนไฟ ไม่มีธรณีประตูหรือขอบกั้น และเป็นชนิดที่บานประตูเปิดออกไปตามทิศทางของการหนีไฟกับต้องติดอุปกรณ์ที่บังคับให้บานประตูปิดได้เอง ห้ามใช้ประตูเลื่อน ประตูม้วน หรือประตูหมุน และห้ามปิดตาย ใส่กลอน กุญแจ ผูก ล่ามโซ่ หรือทำให้เปิดออกไม่ได้ในขณะที่มีลูกจ้างทำงาน

2.3 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

โปรแกรม Pathfinder เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการอพยพหนีไฟ โดยการจำลองดูการเคลื่อนที่ของผู้ใช้อาคารในการอพยพ แนวคิดของโปรแกรมถูกริเริ่มมาจากการจำลองสร้างทางเดิน ตัวส่วนประกอบอาคารต่างๆ โดยโปรแกรมสามารถจำลองแนวการเคลื่อนที่อพยพหนีไฟได้ทั้งรูปแบบสองมิติ และสามมิติ ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสามารถบอกได้ถึงลักษณะการออกแบบพฤติกรรม และระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพเสมือนจริงตามสถานการณ์จำลองที่สร้างขึ้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) อภิชัย ทานะเวช (2562) ได้ศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองการอพยพ เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถในการอพยพ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นการศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder เพื่อเสนอแนวทางสำหรับการออกแบบเส้นทางการอพยพหนีไฟ ให้สอดคล้องกับกฎหมาย และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร โดยจำลองอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 2 ชั้น มีผู้ใช้อาคาร 1,208 คน พบว่าปัญหาจากการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟจริง และจากการใช้โปรแกรม Pathfinder พบประเด็นปัญหาที่ตรงกันคือ บันไดและประตูหนีไฟที่ 1 มีความหนาแน่นของผู้อพยพทำให้ขีดความสามารถในการอพยพไปยังจุดรวมพลได้ล้าช้า เมื่อกำหนดประตูสำหรับทางออกอย่างชัดเจนในพื้นที่ พบว่าพนักงานคนสุดท้ายของชั้น 2 สามารถอพยพออกจากอาคารเข้าสู่บันไดหนีไฟ เพื่ออพยพไปยังจุดรวมพล ใช้เวลา 231.1 วินาที ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เวลาที่กฎหมายกำหนด

2) อนุรักษ์ นิธิจารุเมธี (2553) ได้ศึกษาเรื่อง การจำลองการอพยพจากอาคารสำนักงานศูนย์วิจัยและพัฒนารถยนต์ เป็นการศึกษาการจำลองการอพยพออกจากอาคารสำนักงานของศูนย์วิจัยและพัฒนารถยนต์ ด้วยโปรแกรม Pathfinder จำนวนผู้ใช้อาคารมากที่สุดจำนวน 1,500 คน โดยการจำลองเริ่มให้คนอพยพหลังจากที่มีประกาศแล้ว โดยอพยพไปยังประตูทางออก จำนวน 4 ประตู ผลการจำลอง พบว่าใช้เวลา 7 นาที 20 วินาที (440 วินาที) ในการอพยพคนออกจากอาคาร ซึ่งใช้เวลามากเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด จึงได้

พิจารณามาตรการในการปรับปรุงระบบบริหารจัดการความปลอดภัย โดยการเพิ่มจุดรวมพลด้านหลังอาคารสำนักงาน โดยกำหนดให้ประตูทางออกด้านหลังอาคารเป็นทางออกสำหรับเส้นทางอพยพเพิ่มอีก 2 ประตู เงื่อนไขใหม่มาจำลองการอพยพ โดยเพิ่มทางออกจาก 4 ประตู เป็น 6 ประตู จากผลการจำลองการอพยพ พบว่า เมื่อเพิ่มทางออกอีก 2 ประตู จะใช้เวลาในการอพยพเพียง 4 นาที 29 วินาที (269 วินาที) ซึ่งสอดคล้องกับกฎหมายที่กำหนดไว้ ผลการจำลองสถานการณ์พบว่าสามารถนำผลการทดลองมาพัฒนาด้านความปลอดภัยได้มากยิ่งขึ้น โดยการกำหนดให้ผู้ที่อยู่ใกล้ออกทางเส้นทางที่ใกล้ที่สุด ทำให้ใช้เวลาในการอพยพเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

3) เจษฎา เมืองซ้าย (2564) ได้ศึกษาเรื่อง กลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟกรณีต่างๆ ของผู้ใช้อาคารผู้ป่วยในไปยังจุดที่ปลอดภัย จำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตฐาน NFPA 101 ได้ 433 คน กำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ 5 สถานการณ์ ผลการจำลองพบว่าการอพยพพร้อมกันใช้เวลาในการอพยพน้อยกว่าการทยอยอพยพ และต้องอพยพโดยใช้บันไดหนีไฟร่วมกับบันไดสัญจร เสนอปรับปรุงบันไดสัญจรให้ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟและจำกัดจำนวนผู้ใช้อาคารให้เหมาะสมกับขีดความสามารถเส้นทางหนีไฟของอาคารคือ 244 คน เพื่อให้สามารถอพยพผู้ใช้อาคารได้ตามระยะเวลา 300 วินาที

4) ทัตพิชา เทพวิไล (2564) ได้ศึกษาเรื่อง การจำลองอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนโลหะปั๊มขึ้นรูป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ และระยะเวลาการอพยพหนีไฟ เพื่อเตรียมความพร้อมต่อสถานการณ์ฉุกเฉิน และเสนอแนะปรับปรุงเส้นทางหนีไฟให้ถูกต้องตามกฎหมาย อาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนโลหะปั๊มขึ้นรูปเป็นพื้นที่ครอบครองประเภทกิจการโรงงาน มีผู้ใช้อาคาร คือ 1,095 คน โดยกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ให้ครอบคลุมทั้ง 8 สถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่าขีดความสามารถของประตูและบันไดที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ ไม่สามารถรองรับจานวนผู้ใช้อาคาร ทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดการรอคิวที่ประตูและแออัดบริเวณบันได จึงเสนอทำการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ ได้แก่ การขยายประตูหนีไฟ รื้อและสร้างบันไดหนีไฟใหม่ เพิ่มเส้นทางหนีไฟ รวมถึงจำกัดจำนวนผู้ใช้อาคารที่เหมาะสมกับขีดความสามารถของอาคารไม่เกิน 766 คน เพื่อให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้อาคารได้ ส่งผลให้ผู้ใช้อาคารใช้เวลาอพยพไม่เกิน 5 นาที

5) อลิศรา สนภู่ (2564) ได้ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ขีดความสามารถเส้นทางหนีไฟของอาคารเรียนมัธยมศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์การอพยพหนีไฟของคนที่อยู่ในอาคารเรียน แล้วนำผลการจำลองมาวิเคราะห์ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของอาคารเรียน มีการกำหนดผู้ใช้อาคารจำนวน 2,082 คน และกำหนดสถานการณ์จำลอง 5 สถานการณ์ ที่เกี่ยวข้องและครอบคลุมความเสี่ยงของอาคารเรียน ผลการศึกษาพบว่าทุกสถานการณ์ใช้เวลาในการอพยพมากกว่า 300 วินาที และมีผู้ติดค้าง โดยสาเหตุเกิดจากจุดรวมพลตั้งอยู่ห่างจากอาคารเรียนเป็นระยะทาง 75 เมตร ทำให้ผู้ใช้อาคารต้องใช้เวลาอพยพเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งเส้นทางหนีไฟมีไม่เพียงพอต่อผู้ใช้อาคาร ทำให้เกิดความหนาแน่นขณะอพยพที่บริเวณบันได และเส้นทางหนีไฟฝั่งอาคาร B มีลักษณะเป็นเส้นทาง ดังนั้นผู้วิจัยเสนอแนวทางปรับปรุง 2 แนวทาง คือ กำหนดจุดรวมพลใหม่ และสร้างบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร ภายหลังการปรับปรุงพบว่า เวลาที่ใช้การอพยพทั้ง 5 สถานการณ์ น้อยกว่า 300 วินาที ซึ่งเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

3. วิธีการศึกษา

3.1 การศึกษาแบบแปลนวิเคราะห์ของการใช้งานอาคาร

ลักษณะอาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา จำนวน 2 ชั้น พื้นที่ทั้งหมดของอาคาร 131,200 ตร.ม. บันไดหนีไฟ จำนวน 17 บันได จุดรวมพล 2 จุด บริเวณด้านข้างโรงงาน โดยภายในอาคารประกอบด้วยพื้นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต การจัดเก็บสินค้า และสำนักงาน โดยภายในอาคารมีระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ดับเพลิง และป้ายสัญลักษณ์เส้นทางหนีไฟ

3.2 การเก็บข้อมูลผู้ใช้อาคาร

มีการบันทึกเก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้อาคารระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม 2564 จนถึง 25 ธันวาคม 2564 เพื่อศึกษาข้อมูลเพศ อายุ โดยแบ่งรายละเอียด ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ใช้อาคาร

เพศผู้ใช้อาคาร	อายุ (ปี)	จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)
เพศชาย	น้อยกว่า 30	299
	30-50	135
	มากกว่า 50	46
เพศหญิง	น้อยกว่า 30	223
	30-50	80
	มากกว่า 50	37

3.3 ข้อมูลความกว้างไหล่ของผู้ใช้อาคาร

ศึกษาข้อมูลความกว้างไหล่ของผู้ใช้อาคาร จากบันทึกขนาดไซต์เสื้อพนักงานที่บริษัทจัดทำ พบว่า ความกว้างไหล่ของผู้ใช้อาคารพนักงานชายอยู่ที่ 36-44 ซม. และความกว้างไหล่ผู้ใช้อาคารพนักงานหญิงอยู่ที่ 34-42 ซม.

3.4 ข้อมูลความเร็วในการเดินทาง

ศึกษาข้อมูลพฤติกรรมความเร็วในการเดิน โดยแบ่งตามลักษณะทางในการเดิน เพศ และอายุ ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ความเร็วในการเดินของผู้ใช้อาคาร

เพศผู้ใช้อาคาร	อายุ (ปี)	ความเร็วในการเดิน (m/s)	
		ทางราบ	ลงบันได
เพศชาย	น้อยกว่า 30	1.11-1.85	0.76-1.26
	30-50	0.97-1.62	0.64-1.07
	มากกว่า 50	0.84-1.40	0.50-0.84
เพศหญิง	น้อยกว่า 30	0.93-1.55	0.56-0.94
	30-50	0.71-1.19	0.49-0.81
	มากกว่า 50	0.56-0.94	0.45-0.75

ที่มา Murali Ramaiyan,2014

3.5 การกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

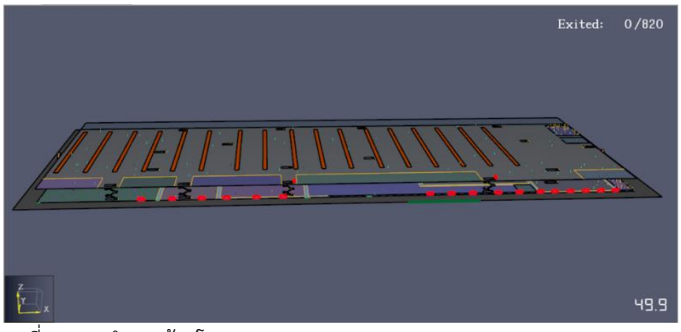
การจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้อพยพหนีไฟ อ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 101,Life Safety Code มีการกำหนดทั้งหมด 8 สถานการณ์ ที่ครอบคลุม โอกาสและความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นภายในพื้นที่ ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 สถานการณ์เพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA 101

สถานการณ์	สถานการณ์จำลอง
1	เกิดเพลิงไหม้บริเวณพื้นที่จัดเก็บสินค้าชั้นสอง โดยต้นเพลิงเกิดจากไฟฟ้าช็อต จากปลั๊กไฟของพัดลมระบายอากาศชำรุด เกิดประกายไฟ สะเก็ดไฟไปโดนกล่องกระดาษบรรจุกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์ เกิดเพลิงไหม้ลุกลาม เป็นพื้นที่บริเวณกว้าง ส่งผลให้บันไดหนีไฟถูกปิด 2 บันได
2	ไฟไหม้พื้นที่แผนกไลน์เชื่อมบริเวณจุดงานเชื่อม และใช้สารไวไฟ ก๊าซไวไฟในการเชื่อมท่อ โดยต้นเพลิงเกิดจาก การรั่วไหลของก๊าซ CNG ในท่อ และสะเก็ดไฟจากงานเชื่อมเกิด spark และไปโดนจุดรั่วไหลของก๊าซ เกิดไฟไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เส้นทางหลักในการอพยพหนีไฟถูกปิด 1 เส้นทางที่จะออกไปยังจุดรวมพลนอกอาคาร
3	เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ห้อง High pressure ซึ่งไม่มีพนักงานปฏิบัติงานเป็นประจำ เกิดความร้อนสะสม เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าผิดปกติ และเกิดไฟลุกไหม้ มีควันไฟแพร่ไปยังพื้นที่รอบข้าง เช่น พื้นที่การผลิต
4	เกิดไฟไหม้บริเวณพื้นที่เตาอบ ห้องอบสี โดยต้นเพลิงเกิดจากสายไฟที่พาดผ่านหลังคาของห้องอบสี เกิดความร้อนสะสม ทำให้เกิดไฟช็อต และไฟค่อยๆไหม้ลุกลามไปทั่วห้อง และมีควันไฟแพร่ไปยังบริเวณพื้นที่ทำงานโดยรอบพื้นที่การผลิต ส่งผลให้ประตูหนีไฟถูกปิด 1 ประตู
5	เกิดเพลิงไหม้บริเวณพื้นที่สำนักงาน โดยต้นเพลิงเกิดจากเครื่องถ่ายเอกสาร เกิดไฟฟ้าลัดวงจร มีพนักงานพบเห็นเหตุได้ใช้ถังดับเพลิงเข้าระงับเหตุ แต่ไม่สามารถควบคุมเหตุการณ์ได้ จึงกดสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยปุ่มกดแจ้งเหตุเพลิงไหม้ชำรุด ไม่สามารถทำงานได้ ส่งผลให้ประตูหนีไฟถูกปิด 1 ประตู
6	เกิดเพลิงไหม้บริเวณพื้นที่จุดชาร์จน้ำยาไวไฟ โดยต้นเพลิงเกิดจาก จุดท่อชาร์จน้ำยาเกิดการรั่วไหล ขณะเชื่อมปิดปลายท่อน้ำยา ทำให้สะเก็ดไฟสปาร์คไปโดยจุดท่อน้ำยาที่รั่วไหล ทำให้เกิดเพลิงลุกไหม้อย่างรวดเร็ว และรุนแรง
7	ต้นเพลิงเกิดจากสถานีก๊าซ CNG ระเบิด ทำให้เกิดไฟไหม้ ส่งผลให้ประตูหนีไฟถูกปิด 1 ประตู และจุดรวมพลถูกปิด 1จุด
8	เกิดเพลิงไหม้บริเวณพื้นที่ห้องสำนักงานชั้นสอง โดยต้นเพลิงเกิดจาก การไฟฟ้าลัดวงจรที่ไขปลั๊กไฟพ่วง over load จนเกิดการช็อต และเกิดเพลิงไหม้ ส่งผลให้ประตูหนีไฟถูกปิด 1 ประตู และบันไดหนีไฟถูกปิด 1 บันได

3.6 สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Pathfinder

สร้างแบบจำลองอาคารตามแบบแปลนอาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยกำหนดพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร จำนวนผู้ใช้อาคาร ลักษณะความกว้างไหล่ของผู้ใช้อาคาร ความเร็วในการอพยพของผู้ใช้อาคารตามข้อมูลที่ศึกษามาจากข้างต้น และจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ครบทั้ง 8 สถานการณ์ที่กำหนด ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองด้วยโปรแกรม Pathfinder

4. ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษา

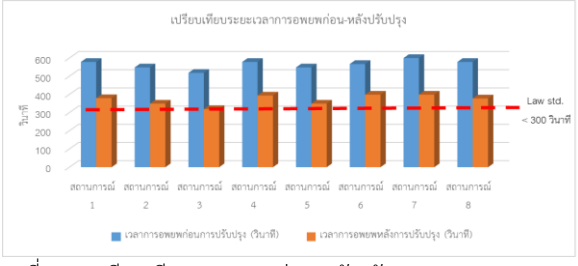
ผลการจำลองกลยุทธ์อพยพหนีไฟด้วย โปรแกรม

Pathfinder กรณีศึกษาอาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า อ้างอิงการกำหนดสถานการณ์จาก NFPA 101 , Life Safety Code จำนวน 8 สถานการณ์ โดยมีจำนวนผู้ใช้อาคารตามจริง จำนวน 820 คน พบว่า ผลลัพธ์ในการใช้ระยะเวลาในการอพยพไปยังจุดรวมพลเกิน 300 วินาที ทั้ง 8 สถานการณ์ที่กำหนด อ้างอิงตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ.2555 ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ผลการจำลองระยะยเวลาอพยพหนีไฟ

สถานการณ์	เวลาการอพยพ (วินาที) ก่อนการปรับปรุง	เวลาการอพยพ (วินาที) หลังการปรับปรุง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง (%)
1	578.3	379.3	-34.41
2	548.3	349.3	-36.29
3	518.3	319.3	-38.39
4	578.3	393.8	-31.90
5	548.3	349.3	-36.29
6	567	398.5	-29.72
7	610	398.5	-34.67
8	578.3	378	-34.64

จากการปรับปรุง สรุปได้ว่า การเพิ่มจุดรวมพล จำนวน 3 จุด บริเวณด้านข้างอาคารโรงงานทั้งสองด้าน และด้านหน้าโรงงาน เพื่อครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง และเหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้อาคารที่ต้องอพยพมายังจุดปลอดภัยได้เร็วที่สุด พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพออกจากตัวอาคารไปยังจุดที่ปลอดภัยนั้น สามารถลดระยะเวลาในการอพยพได้จริงทุกสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงเกิดขึ้นได้ โดยระยะเวลาในการอพยพลดลงเฉลี่ย 34.54% โดยจากผลการจำลองเวลาการอพยพจะใช้เวลาน้อยที่สุดในสถานการณ์ที่ 3 และทุกกรณียังคงใช้เวลาการอพยพเกิน 300 วินาที ตามกฎหมายกำหนด ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลเปรียบเทียบระยะเวลาก่อน-หลังปรับปรุง

4.2 วิจารณ์

จากการจำลองการอพยพหนีไฟอาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ด้วยโปรแกรม Pathfinder พบว่าผู้ใช้อาคารยังคงใช้เวลาในการอพยพเกินกว่า 300 วินาที ตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งสาเหตุมาจากการที่ผู้ใช้อาคารด้านท้ายโรงงานใช้ระยะเวลาในการออกไปสู่จุดที่ปลอดภัยด้วยระยะทางไกล เนื่องจากจุดรวมพลมีเพียง 2 จุด บริเวณด้านหน้าโรงงาน เป็นระยะทางกว่า 240 เมตร ในการเดิน ซึ่งทั้งนี้ได้นำโปรแกรม Pathfinder มาจำลองการอพยพหนีไฟ และยังสามารถจำลองการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟ โดยการเพิ่มจุดรวมพล เป็นการบริหารจัดการพื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น และยังเป็นการแก้ไขที่สามารถปฏิบัติได้ทันที งบประมาณน้อยที่ใช้ในการปรับปรุงจึงเป็นวิธีที่สามารถตอบสนองเพิ่มความปลอดภัย และลดระยะเวลาในการอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัยให้กับผู้ใช้อาคารได้ทันที ทั้งนี้ผู้ดูแลอาคาร ควรมีการควบคุมจัดการบริหารความเสี่ยงที่สามารถจะเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นได้ เพื่อลดโอกาสการเกิดเหตุเพลิงไหม้ เช่น การบริหารจัดการความเสี่ยงโดยใช้หลักการ Hierarchy of controls โดยแบ่งได้ 5 ลำดับ ได้แก่ การกำจัดแหล่งอันตราย การแทนที่แหล่งอันตราย การจัดการทางวิศวกรรม การจัดการทางบริหารจัดการ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล นอกจากนี้ปัจจัยที่ทำให้ระยะเวลาในการอพยพหนีไฟ จากการจำลองโปรแกรม Pathfinder มีการใช้ระยะเวลาเกินที่กฎหมายกำหนด เนื่องจากผู้ใช้อาคารเลือกทางออกที่ใกล้จุดรวมพลมากที่สุด ทำให้มีการอพยพหนีไฟพร้อมกัน มีการเกิดความแออัดในประตูทางออกบางจุด รวมทั้งการตั้งค่า Initial delay time ของการอพยพแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสั่งอพยพของผู้ดูแลอาคาร จึงเป็นสาเหตุให้มีผลต่อระยะเวลาในการอพยพของผู้ใช้อาคารอีกด้วย

5. สรุป

จากการจำลองการอพยพหนีไฟอาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ด้วยโปรแกรม Pathfinder สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) งานวิจัยใช้แบบจำลองการอพยพหนีไฟอาคารโรงงานผลิต

เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยมีผู้ใช้อาคารจำนวน 820 คน แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 480 คน เพศหญิง จำนวน 340 คน และกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code จำนวน 8 สถานการณ์ เพื่อให้ครอบคลุมความเสี่ยงที่มีโอกาสเกิดขึ้นภายในพื้นที่อาคาร โดยให้ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพหนีไฟไปยังจุดที่ปลอดภัยที่สุดในระยะเวลาน้อยที่สุด อ้างอิงตามกฎหมายภายใน 300 วินาที พบว่า ก่อนการปรับปรุงใช้ระยะเวลาอพยพมากที่สุด 610 วินาที และระยะเวลาอพยพที่ใช้น้อยที่สุด 518.3 วินาที ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดแบบจำลองอาคารตามแบบแปลนอาคารโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยกำหนดพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร จำนวนผู้ใช้อาคาร ลักษณะความกว้างไหล่ของผู้ใช้อาคาร ความเร็วในการอพยพของผู้ใช้อาคารตามข้อมูล

2) จากการวิเคราะห์ผลการจำลองอพยพหนีไฟ พบว่าผู้ใช้อาคารยังคงใช้เวลาในการอพยพเกินกว่า 300 วินาที ตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งสาเหตุมาจากการที่ผู้ใช้อาคารด้านท้ายโรงงานใช้ระยะเวลาในการออกไปสู่จุดที่ปลอดภัยด้วยระยะทางไกล เนื่องจากจุดรวมพลมีเพียง 2 จุด บริเวณด้านหน้าโรงงาน เป็นระยะทางกว่า 240 เมตร ในการเดิน จึงทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มจำนวนจุดรวมพลจำนวน 3 จุด บริเวณด้านหลังอาคาร และด้านหน้าอาคารโรงงาน เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ของอาคาร ลดความแออัดของผู้ใช้อาคารในการอพยพ และลดระยะทางในการเดินไปยังจุดรวมพลของผู้ใช้อาคาร หลังการปรับปรุงใช้ระยะเวลาในการอพยพมากที่สุด 319.3 วินาที คิดเป็นค่าเฉลี่ยละระยะเวลาในการอพยพลดลงถึง 34.54%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท Thunderhead Engineering ที่ให้การสนับสนุนให้สามารถเข้าถึงการใช้โปรแกรม Pathfinder ในการใช้ศึกษาทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงมหาดไทย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, สรุปสถิติสอัคคีภัยประเทศไทย พ.ศ 2563 แหล่งที่มา: https://www.interriskthai.co.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 มกราคม 2565).

[2] กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน, สรุปข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุภายในโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2564 (มกราคม-ธันวาคม) แหล่งที่มา: http://reg3.diw.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 มกราคม 2565).

[3] NFPA101. (2018). Life Safety Code Handbook

[4] Murali Ramaiyan. 2014. Utilization of Evacuation Model for Airports Using Risk Based Fire Safety Scenario. International Master of Science in Fire Safety Engineering, Lund University.

[5] ราชกิจจานุเบกษา, พระราชบัญญัติโรงงาน 2535. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน พ.ศ. 2552

[6] ราชกิจจานุเบกษา, พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกัน และระงับอัคคีภัย 2555

[7] ราชกิจจานุเบกษา, พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน. กฎกระทรวง ราชกิจจานุเบกษา, พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกัน และระงับอัคคีภัย 2555

[8] อภิชัย ทานะเวช. การประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองการอพยพ เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถในการอพยพ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 20; วันที่ 25 มีนาคม 2562

[9] อนุรักษ์ นิธิจารุเมธี. (2553). การจำลองการอพยพจากอาคารสานักงานศูนย์วิจัยและพัฒนารถยนต์.การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[10] เจษฎา เมืองซ้าย. (2564). กลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

[11] ทัตพิชา เทพวิไล. (2564). การจำลองอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนโลหะปั๊มขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.
[12] อลิศรา สนภู่. (2564). การวิเคราะห์ขีดความสามารถเส้นทางหนีไฟของอาคารเรียนมัธยมศึกษา ด้วยโปรแกรม Pathfinder. วิทยานิพนธ์ปริญญา. มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

ID049

การวิเคราะห์การอพยพหนีไฟของโรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์ด้วยโปรแกรม Pathfinder

Fire Evacuation Analysis of Auto Part Factory Using Pathfinder Program

ปิตาศิกานต์ วิไลประสงค์[1*] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: piyawan.wi@ku.th

Pitasikarn wilaiprasong[1*] and Supat Patvihaichod [2]
[1]Fire Protection Engineering Program, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: piyawan.wi@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาเส้นทางอพยพหนีไฟและเวลาที่ใช้ในการอพยพ โดยอาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี จำนวน 2 ชั้น พื้นที่ใช้งาน 15,770 ตารางเมตร โดยใช้โปรแกรม Pathfinder 2018 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์การอพยพหนีไฟ เปรียบเทียบกับที่กฎหมายกำหนด คือ ให้นายจ้างจัดให้มีเส้นทางหนีไฟทุกชั้นของอาคารอย่างน้อยชั้นละสองเส้นทางซึ่งสามารถอพยพลูกจ้างที่ทำงานในเวลาเดียวกันทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยภายในเวลาไม่เกิน 5 นาที เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงและเพิ่มขีดความสามารถในการอพยพโดยใช้เวลาในการอพยพให้น้อยที่สุด โดยในการกำหนดสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ และคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคาร ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code 2018 จากการวิเคราะห์แบบอาคารสามารถกำหนดสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ได้ 4 สถานการณ์ และสามารถคำนวณผู้ใช้อาคารได้ทั้งหมด 2,319 คน โดยมีวิธีการวิจัยจะเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองอาคารในโปรแกรมและคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคาร ในการอพยพหนีไฟเวลาก่อนการอพยพเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่มีผล และคุณลักษณะของผู้อพยพมีผลต่อเวลาในการอพยพ โดยข้อมูลจากกรมการปกครองสามารถระบุสัดส่วนของวัยแรงงานในจังหวัดชลบุรีได้เป็น เพศชายร้อยละ 49 และเพศหญิงร้อยละ 51 และจากข้อมูลตั้งต้นในโปรแกรมสามารถระบุช่วงความเร็วในการเคลื่อนตัวของเพศชายได้ 0.97-1.62 m/s และเพศหญิง 0.71-1.19 m/s เมื่อนำค่าตัวแปรต่างๆ ไปตั้งค่าในโปรแกรมและจำลองสถานการณ์ สามารถสรุปได้ว่า สถานการณ์ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีเวลาก่อนปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ 9.24, 16.15, 10.51 และ 10.53 นาที ตามลำดับ โดยสถานการณ์ที่ 2 ใช้เวลาในการอพยพสูงที่สุดเนื่องจากเพลิงไหม้ปิดกั้นเส้นทางหนีไฟ 1 เส้นทาง และคนส่วนใหญ่ที่ติดค้างจะมาจากโรงอาหาร ดังนั้นจึงเป็นสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุดที่ควรปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ จึงอาจกล่าวได้ว่า เส้นทางหนีไฟที่ชั้น 2 มี 2 เส้นทาง คือ ST-1 และ ST-2 ซึ่งเพียงพอตามที่กฎหมายกำหนด แต่ในความเป็นจริงแล้วกลับไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคารตามการคำนวณ โดยภายหลังการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟโดยการเพิ่มบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร ST-3 ซึ่งเป็นบริเวณที่สามารถรองรับคนที่อพยพจากโรงอาหารได้โดยตรง พบว่าในสถานการณ์ที่ 1, 2, 3 และ4 เวลาในการอพยพเหลือเพียง 4.48, 5.45, 5.27 และ 5.27 นาที ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

คำหลัก โปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟ, เวลาอพยพหนีไฟ, การจัดการสมรรถนะเส้นทางหนีไฟ, เส้นทางหนีไฟ

Abstract

This research study the mean of egress and evacuation time. The case study is auto parts factory building 2-storey area 15,770 square meters in Chon Buri, using Pathfinder program. Objective to simulate fire scenarios compared with required by law is "required to provide at least two fire escape routes on each floor and all employees go to a safe point no more than 5 minutes" and improve increase performance of evacuation for reduce of evacuation time. by determining the fire situation and calculate the occupant load according to the standard NFPA 101. From the analysis of the building can be design 6 fire scenarios and calculate occupant load of building total of 2,319 persons. The research method starts building modeling in the program and calculate occupant load of building. In find evacuation time, the pre-evacuation time and the characteristics of immigrants affect the evacuation time. According to the data from the Department of Administrative Affairs, the proportion of labor age in Chonburi province is 49% male and 51% female, and from the default in the program, the range of movement speed of males can be 0.97-1.62 m/. s and female 0.71-1.19 m/s. Go to settings in the program and simulate. Concluded that scenario 1, 2, 3 and 4 had evacuation time before adjust fire escape route is 9.24, 16.15, 10.51, and 10.53 minutes, respectively, for scenario 2 taking the highest evacuation time, due to fire blocking 1 escape route, the people most of the obstruct at exit stair will come from the canteen. So, it is the worst-case that fire escape routes should be improved. Therefore, it can be said that There are 2 fire escape routes which are sufficient as required by law but in reality, it is not enough for the calculated for occupant load. After improving the mean of egress by adding fire escape stairs outside building is ST-3, which is an area that can directly accommodate people evacuated from the canteen. It was found that in scenarios 1, 2, 3 and 4, the evacuation time was 4.48, 5.45, 5.27 and 5.27 minutes, respectively, according to the law.

Keywords: Pathfinder Program, Evacuation Time, Performance base, Mean of Egress

1. บทนำ

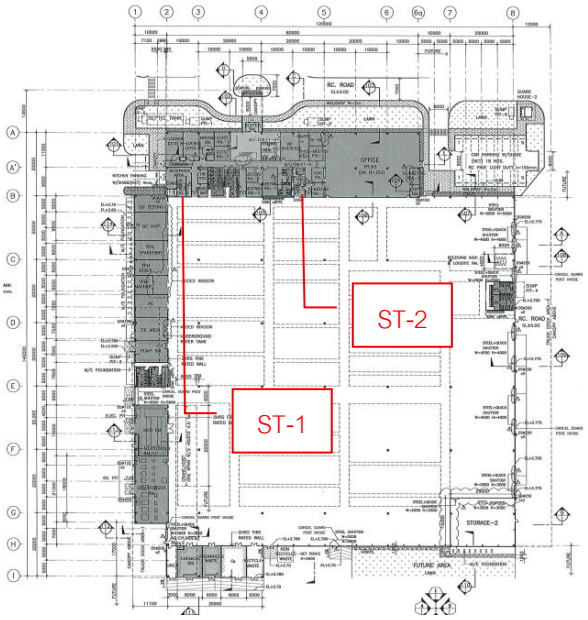
จากเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ในอดีตในอาคารประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่คุ้นเคยกับสถานที่ แต่มักมีจำนวนมาก และมีเครื่องจักรจำนวนมากเป็นสิ่งกีดขวางในการอพยพหนีไฟ ดังนั้นมักมีผู้เสียชีวิตเนื่องจากออกจากอาคารไม่ได้เพราะประตูหนีไฟถูกล็อค ทางหนีไฟถูกกีดขวาง จำนวนเส้นทางหนีไฟไม่เพียงพอ สับสนในทิศทางการอพยพ ทำให้หนีไฟไม่ทัน จนกระทั่งเกิดการลำลักควันไฟ ขาดอากาศหายใจเป็นเหตุให้เสียชีวิตในที่สุด ดังนั้นการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ (Mean of Egress) ให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง การจัดเตรียมเส้นทางอพยพหนีไฟ คือ ระบบความปลอดภัยด้านอัคคีภัย (Fire Life Safety) ซึ่งส่วนสำคัญที่นำมาวิเคราะห์ในการออกแบบอาคารและการอพยพผู้ใช้อาคารคือ การประมาณจำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุด โดยคำนวณตามมาตรฐานสากล (NFPA 101, Life Safety Code) และการออกแบบเส้นทางหนีไฟให้เพียงพอต่อจำนวณผู้ใช้อาคารสูงสุด รวมถึงการสมมุติสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ ทั้งในกรณีที่มีความเป็นไปได้สูงที่สามารถเกิดขึ้นได้ไปจนถึงกรณีที่เลวร้ายที่สุด เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะเส้นทางหนีไฟและหาเวลาในการอพยพ โดยปัจจุบันในหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสิงคโปร์ เป็นต้น ได้มีการ

พัฒนาการใช้โปรแกรมในการจำลองสถานการณ์การอพยพหนีไฟแทนการคำนวณหาเวลาการอพยพด้วยมือ เพื่อช่วยให้การคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้นและมีความสมจริงมากขึ้นอีกด้วย

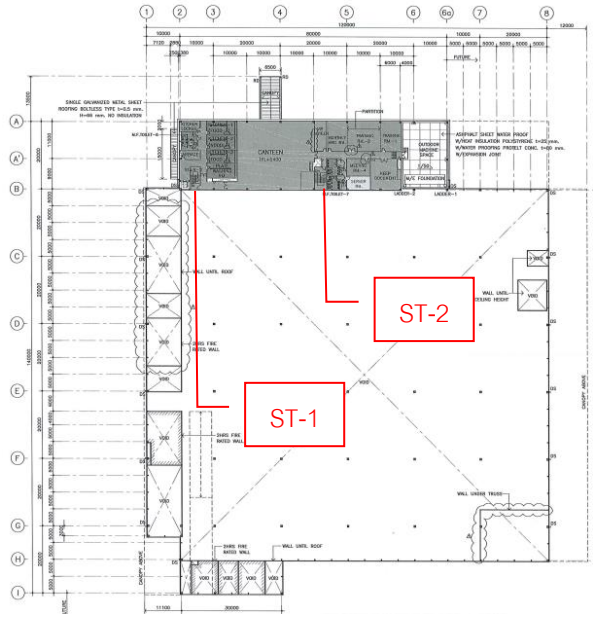
ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงทำการศึกษาเส้นทางอพยพหนีไฟและเวลาที่ใช้ในการอพยพ เปรียบเทียบกับที่กฎหมายกำหนด คือ ให้นายจ้างจัดให้มีเส้นทางหนีไฟทุกชั้นของอาคารอย่างน้อยชั้นละสองเส้นทางซึ่งสามารถอพยพลูกจ้างที่ทำงานในเวลาเดียวกันทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยภายในเวลาไม่เกิน 5 นาที โดยอาคารกรณีศึกษา คือ อาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีผู้ใช้อาคารทั้งหมด 2,319 คน โดยใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการอพยพของผู้ใช้อาคาร และหาเวลาในการอพยพ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงและเพิ่มขีดความสามารถในการอพยพโดยใช้เวลาในการอพยพให้น้อยที่สุด เพื่อลดการสูญเสีย

2. การสร้างแบบจำลอง

ลักษณะแบบจำลองอาคารที่ศึกษาเป็นอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ 2 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 เป็นส่วนของพื้นที่เครื่องจักร ห้องเก็บสินค้า และสำนักงาน ขนาด 15,769.4 ตรม. และมีพื้นที่ความเสี่ยงสูง เช่น ห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องเก็บสารเคมี ห้องเก็บเอกสารเป็น เป็นต้น โดยมีเส้นทางหนีไฟรอบอาคารมากกว่า 10 เส้นทาง และในพื้นที่เครื่องจักร มีส่วนที่เป็นพื้นที่เปิดโล่งที่สามารถอพยพหนีไฟออกจากอาคารได้ทุกทิศทาง และชั้นที่ 2 เป็นส่วนของห้องครัว โรงอาหาร และห้องประชุม ขนาด 1,221.1 ตรม. โดยมีพื้นที่ความเสี่ยงสูง เช่น ห้องครัว และโรงอาหารซึ่งมีผู้ใช้อาคารจำนวนมาก เป็นต้น โดยมีช่องผ่านทางเดินกว้าง 2.2 เมตร และประตูกว้าง 1.7 เมตร ที่นำไปสู่เส้นทางหนีไฟ ST-1 ซึ่งมีขนาดความกว้างประตู 0.9 เมตร และความกว้างบันได 1.3 โดยส่วนใหญ่จะรองรับคนอพยพจากส่วนของห้องครัว และคนในพื้นที่โรงอาหารประมาณครึ่งหนึ่ง และอีกด้านหนึ่งของโรงอาหารมีช่องผ่านทางเดินกว้าง 2.0 เมตร และประตูกว้าง 1.7 เมตร ที่นำไปสู่เส้นทางหนีไฟ ST-2 ซึ่งมีขนาดความกว้างประตู 0.9 เมตร และ 1.6 เมตร โดยส่วนใหญ่รองรับคนอพยพจากส่วนของห้องประชุม ห้องอบรม ห้องเก็บเอกสาร และคนจากโรงอาหารประมาณครึ่งหนึ่ง โดยทั้ง 2 บันไดจะปล่อยคนสู่ภายในอาคารที่ชั้น 1 แล้วจึงทำการอพยพต่อออกไปยังภายนอกอาคาร หรือจุดปลอดภัย ดังภาพที่ 1



(a)



(b)

รูปที่ 1 (a) แบบอาคารชั้น 1 (b) แบบอาคารชั้น 2

3. การคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุด

ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code 2018 กำหนดให้สามารถคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุดได้ตามสมการที่ 1

$$OCL = \frac{Area}{Occupant\ Load\ Factor} \qquad (1)$$

โดยที่ OLC คือOccupant Loadหรือจำนวนผู้ใช้อาคาร; หน่วย คน, $Area$ คือขนาดพื้นที่; หน่วย ตร.ม. หรือ ตร.ฟุต $Occupant\ Load\ Factor$ คือค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคาร; หน่วย ตร.ม. ต่อ คน หรือ ตร.ฟุต ต่อ คน

จากสมการที่ 1 สามารถคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุดได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ใช้อาคารและประเภทกิจกรรมการใช้อาคารในแต่ละชั้น

Floor No.	Area (sqm.)	Occupancy	Occupant Load Factor (m^2/person)	Occupant Load (persons)
L1	15,769.4	Industrial/Business/ Storage/Assembly	9.3/14/46.5/ 1.4 or Use number of fixed seats	1,838
L2	1,221.1	Business/Storage/ Assembly	14/46.5/1.4 or Use number of fixed seats	481
Total				**2,319**

4. ลักษณะของผู้ใช้อาคาร

ในการอพยพหนีไฟลักษณะทางกายภาพของผู้ใช้อาคารมีผลอย่างมากต่อการอพยพ ไม่ว่าจะเป็นสัดส่วนระหว่างเพศหญิงและเพศชาย หรือช่วงอายุของผู้ใช้อาคาร เนื่องจากเป็นอาคารโรงงานตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรีในจึงสามารถใช้ข้อมูล จำนวนและสัดส่วนประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามกลุ่มอายุ (วัยแรงงาน) และเพศ ในจังหวัดชลบุรีพ.ศ. 2555 – 2564 ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนประชากรวัยแรงงานในจังหวัดชลบุรี พ.ศ. 2555 - 2564

กลุ่มอายุ (ปี)	สัดส่วนรวม(%)	สัดส่วนเพศชาย (%)	สัดส่วนเพศหญิง (%)
วัยแรงงาน (15-59 ปี)	100.00%	49.00%	51.00%

จากการคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร ประกอบกับข้อมูลสัดส่วนประชากร สามารถกำหนดสัดส่วนผู้ใช้อาคารแบ่งตามชั้น และเพศ ได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนผู้ใช้อาคาร

ชั้น	สัดส่วนเพศชาย (คน)	สัดส่วนเพศหญิง (คน)	สัดส่วนรวม(คน)
L1	897	934	1,838
L2	236	245	481

เมื่อทราบสัดส่วนระหว่างเพศ และช่วงอายุของผู้ใช้อาคารแล้วจึงสามารถกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวแปรที่มีผลต่อการอพยพ

รายละเอียด	เพศหญิง	เพศชาย
Minimum Speed (m/s)	0.71	0.97
Maximum Speed (m/s)	1.19	1.62
Diameter (cm)	45.58	45.58

5. เวลาก่อนการอพยพ

ในการหาเวลาการอพยพจะพิจารณาเวลาออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ 1 เวลาก่อนการอพยพ (Pre-movement Time) ซึ่งประกอบไปด้วย 1.เวลาที่ใช้ในการรับรู้เหตุเพลิงไหม้ 2.เวลาที่ใช้แสดงปฏิกิริยาเมื่อเกิดเพลิงไหม้ 3.เวลาที่ใช้เตรียมการอพยพหนีไฟ ซึ่งในที่นี้เมื่อนำไปตั้งค่าในโปรแกรม คือ เวลาเตรียมการเคลื่อนย้าย (Initial Delay Time) และส่วนที่ 2 เวลาเริ่มเคลื่อนที่ในการอพยพ ดังนั้น

เมื่อพิจารณาเวลาจากทั้ง 2 ส่วน สามารถเขียนได้ดังแสดงในสมการที่ 2

$$Evacuation\ Time\ = \\ Pre\ movement\ Time\ +\ Movement\ Time \qquad (2)$$

โดยองค์ประกอบที่มีผลต่อเวลาก่อนการอพยพตามมาตรฐาน คือ 1.ความซับซ้อนของอาคาร พิจารณาเป็น B1 คืออาคาร 1 ชั้นที่ไม่มีความซับซ้อน B2 คืออาคารหลายชั้นที่ไม่มีความซับซ้อน และ B3 อาคารหลายชั้น หรือมีขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนสูง 2.ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ พิจารณาเป็น A1 คือตรวจจับอัตโนมัติทั่วทั้งอาคาร เปิดใช้งานสัญญาณเตือนทั่วไปทันที A2 คือการตรวจจับอัตโนมัติทั่วทั้งอาคาร โดยให้สัญญาณเตือนล่วงหน้าแก่ฝ่ายบริหารหรือฝ่ายรักษาความปลอดภัย โดยระบบเตือนทั่วไปที่เปิดใช้งานด้วยตนเองจะส่งเสียงไปทั่วพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ เจ้าหน้าที่เข้าตรวจสอบจุดเกิดเหตุ หากไม่มีเพลิงไหม้ทำการกดหยุดสัญญาณแจ้งเตือน A3 คือการตรวจจับอัตโนมัติในพื้นที่และสัญญาณเตือนเฉพาะบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ โดยระบบเตือนทั่วไปที่เปิดใช้งานด้วยตนเองจะส่งเสียงไปทั่วพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ 3.ลักษณะการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัย พิจารณาเป็น M1 คือผู้ใช้อาคารหรือเจ้าหน้าที่ได้รับการฝึกอบรมให้มีการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยในระดับสูง "ตื่นตัวและไม่คุ้นเคย" ระดับนี้มักเป็นอาคารที่ออกแบบมาอย่างดีพร้อมเส้นทางหลบหนีที่ชัดเจนและใช้งานง่าย(B1-B2) พร้อมระบบตรวจจับและเตือนภัยอัตโนมัติระดับสูง(A1) M2 คือคล้ายกับM1 แต่มีอัตราส่วนพนักงานที่ต่ำกว่าและผู้ดูแลพื้นที่อาจไม่อยู่ด้วยเสมอ อาคารอาจเป็นระดับ B2 หรือ B3 และระดับสัญญาณเตือน A2 นิยมใช้มากกว่า M1 M3 คือการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยขั้นพื้นฐาน อาคารอาจเป็นระดับ B3 และระบบเตือนภัย A3 ไม่เหมาะสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรมดับเพลิง เว้นแต่จะมีมาตรการอื่นๆ เพื่อความปลอดภัย

ต่อมาต้องพิจารณาการตื่นตัว และความคุ้นเคยของผู้ใช้อาคาร เพื่อจัดหมวดหมู่ประเภทพื้นที่ใช้งาน โดยพิจารณาตามรูปที่ 2

Category	Occupant alertness	Occupant familiarity	Occupant density	Enclosures/ complexity	Examples of Occupancy types
A	Awake	Familiar	Low	One or many	Office or industrial
B1	Awake	Unfamiliar	High	One or few	Shop, restaurant, circulation space
B2	Awake	Unfamiliar	High	One with focal point	Cinema, theatre
Ci	Asleep Long term: individual occupancy.	Familiar	Low	Few	Dwelling Without 24 h on site management.
Cii	Managed occupancy:				Serviced flats, halls of residence, etc.
Ciii	Asleep	Unfamiliar	Low	Many	Hotel, hostel
D	Medical care	Unfamiliar	Low	Many	Residential (institutional)
E	Transportation	Unfamiliar	High	Many	Railway station/Airport

รูปที่ 2 การจัดหมวดหมู่พื้นที่ใช้งาน

เมื่อทราบองค์ประกอบทั้งหมดแล้ว และพิจารณาผู้ใช้พื้นที่ภายในอาคารโรงงาน ที่มีการตื่นตัวตลอดเวลา และมีความคุ้นเคยกับสถานที่ รวมถึงมีความหนาแน่นน้อย จึงพิจารณาให้พื้นที่อาคารอยู่ในหมวด A ซึ่งสามารถหาเวลาก่อนการอพยพได้ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เวลาก่อนการอพยพของผู้ใช้อาคารโรงงาน

Floor No.	Occupancy	Category	Scenario category	Pre-Evacuation (minute)		
				First occupants	+B3	Total
L1	Industrial/Busi-ness/Storage/As-sembly	A	M1 B3 A2	0.5	0.5	1
L2	Storage/Assem-bly/Business	A	M1 B3 A2	0.5	0.5	1

6. การออกแบบสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้

การออกแบบสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA 101 กำหนดไว้ 8 สถานการณ์ โดยพิจารณาจากพื้นที่ใช้งานของอาคารโรงงานแล้ว สามารถสรุปการออกแบบสถานการณ์ได้ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การออกแบบสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้

สถานการณ์	รายละเอียด	ตำแหน่งต้นเพลิง
1	เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ห้อง Training Room2 ชั้น 2 (typical fire) ประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้	Training Room2 ชั้น 2
2	แก๊สระเบิด เกิดเพลิงไหม้ที่ห้องครัวชั้น 2 และไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว (ultrafast-developing fire) ประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้ และไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟ จนบันไดหนีไฟตัวหนึ่งใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันไฟแพร่เข้าไปในบันได ประตูห้องทุกห้องเปิดค้างเอาไว้	ห้องครัว ชั้น 2
3	เกิดเพลิงไหม้ที่ห้อง Chemical storage room สารเคมีเกิดลุกติดไฟขึ้นเป็นบริเวณกว้างและรุนแรง (most severe fire)	ห้อง Chemical storage room ชั้น 1

4	เกิดเพลิงไหม้ที่เครื่องจักรกลางแพลนโรงงาน ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ชำรุดเสียหาย ใช้งานไม่ได้ ส่งผลให้เวลาในการอพยพหนีไฟเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ประตูทุกห้องในอาคารเปิดค้างไว้	กลางแพลนโรงงานชั้น 1

7. ตั้งค่าจำลองการอพยพ

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองอาคารบนโปรแกรม Pathfinder เสร็จสิ้นแล้ว ทำการตั้งค่าต่างๆ เพื่อจำลองโปรแกรม ดังนี้

7.1 กำหนด Profile

นำค่าตัวแปรจากตารางที่ 4 มาตั้งค่ากำหนด Profile ลงในโปรแกรม

7.2 การตั้งค่า Behaviors

นำค่าจากตารางที่ 5 มาตั้งค่ากำหนด Behaviors ลงในโปรแกรม

7.3 การ Add Occupant Load

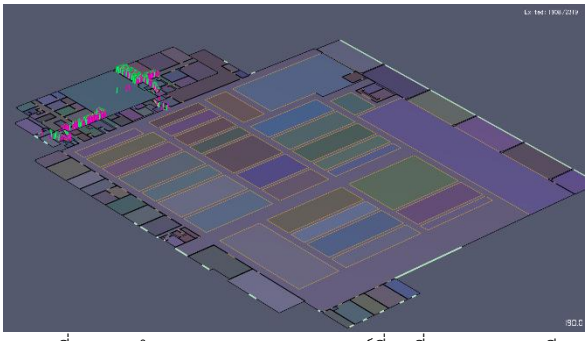
จะนำค่าที่ได้จากการคำนวณความจุผู้ใช้อาคารในแต่ละพื้นที่มากรอก โดยจะต้องทำการเลือก Profile และ Behavior ร่วมถึงนำค่าจากตารางที่ 2 และ 3 เพื่อกำหนดสัดส่วนผู้ใช้อาคารลงในโปรแกรม

8. วิเคราะห์ผล

จากการจำลองโปรแกรมการอพยพหนีไฟของอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ด้วยโปรแกรม Pathfinder โดยกำหนดสถานการณ์การจำลองเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code 2018 ได้ทั้งสิ้น 4 สถานการณ์ โดยสมรรถนะความปลอดภัยจะพิจารณาให้เวลาอพยพไม่เกิน 5 นาที ซึ่งเป็นไปตามกฎกระทรวง

จากแผนผังอาคารปัจจุบันสามารถจำลองการอพยพหนีไฟก่อนการปรับปรุงเส้นทางได้ดังนี้

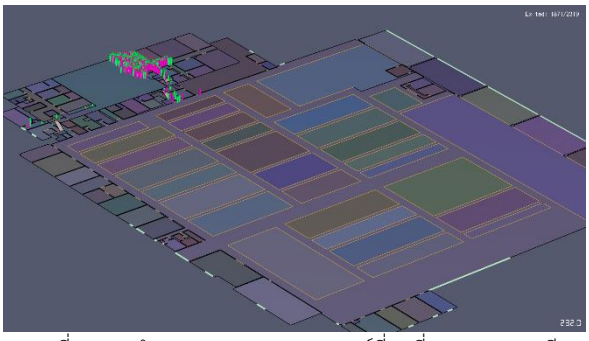
สถานการณ์ที่ 1 เกิดเพลิงไหม้ที่ห้อง Training ชั้น 2 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้คนชั้น 2 เริ่มอพยพทันที ต่อมา 1 นาที คนชั้น 1 เริ่มอพยพ ถึงแม้คนที่ชั้น 1 มีจำนวนมาก แต่มีเส้นทางหนีไฟมากกว่า 10 เส้นทางอยู่รอบอาคาร จึงใช้เวลาเพียง 3.10 นาที ก็สามารถอพยพออกสู่ภายนอกอาคารได้จนหมดในขณะที่ชั้น 2 ยังเหลือคนถึง 411 คน ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพจำลองการอพยพสถานการณ์ที่ 1 ที่เวลา 3.10 นาที

ในขณะเดียวกันถึงแม้คนที่ชั้น 2 จะเริ่มอพยพก่อน แต่เนื่องจากมีจำนวนมาก แต่เส้นทางหนีไฟมีเพียง 2 เส้นทาง ทำให้เกิดคอขวดที่ประตูทางเข้าบันไดหนีไฟทั้ง 2 บันได และคนสุดท้ายที่ออกสู่ภายนอกอาคารได้ที่เวลา 9.24 นาที

สถานการณ์ที่ 2 เกิดเพลิงไหม้ที่ห้องครัวชั้น 2 และปิดกั้นเส้นทางหนีไฟ 1 เส้นทาง พบว่าเกิดคอขวดที่ ST-2 ตั้งแต่วินาทีที่ 50 ในขณะที่ชั้น 1 อพยพภายหลัง แต่คนสุดท้ายที่สามารออกสู่ภายนอกอาคารได้ที่เวลาเพียง 3.52 นาที แต่ที่ชั้น 2 ยังเกิดคอขวดจำนวนมาก และเหลือคนตกค้างอยู่มากถึง 448 คน ตามรูปที่ 4

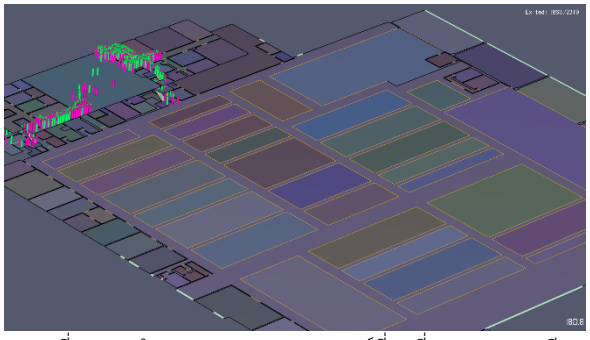


รูปที่ 4 ภาพจำลองการอพยพสถานการณ์ที่ 2 ที่เวลา 3.52 นาที

และคนสุดท้ายที่ออกสู่ภายนอกได้ เป็นคนจากชั้น 2 ใช้เวลา 16.15 นาที

สถานการณ์ที่ 3 เกิดเพลิงไหม้ที่ห้องเก็บสารเคมี ชั้น 1 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้คนชั้น 1 เริ่มอพยพทันที ต่อมา 1 นาที คนชั้น 2 เริ่มอพยพ ถึงแม้คนที่ชั้น 1 มีจำนวนมาก แต่

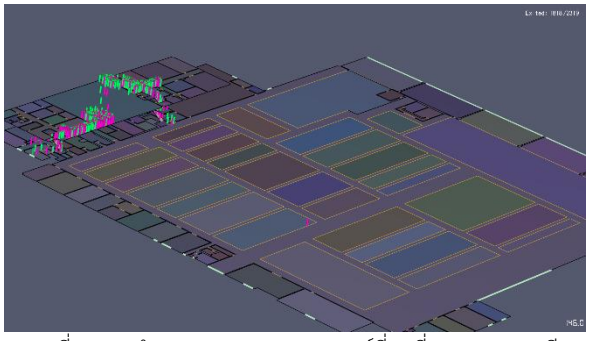
มีเส้นทางหนีไฟมากกว่า 10 เส้นทางอยู่รอบอาคาร จึงใช้เวลาเพียง 3.00 นาที ก็สามารถอพยพออกสู่ภายนอกอาคารได้จนหมดในขณะที่ชั้น 2 ยังเหลือคนถึง 456 คน ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 ภาพจำลองการอพยพสถานการณ์ที่ 3 ที่เวลา 3.00 นาที

และคนสุดท้ายที่ออกสู่ภายนอกได้ เป็นคนจากชั้น 2 ใช้เวลา 10.51 นาที

สถานการณ์ที่ 4 เกิดเพลิงไหม้ที่เครื่องจักรกลางแพลนอาคารชั้น 1 เช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 3 คนชั้น 1 จึงใช้เวลาเพียง 2.26 นาที ก็สามารถอพยพออกสู่ภายนอกอาคารได้จนหมดในขณะที่ชั้น 2 ยังเหลือคนถึง 501 คน ตามรูปที่ 6

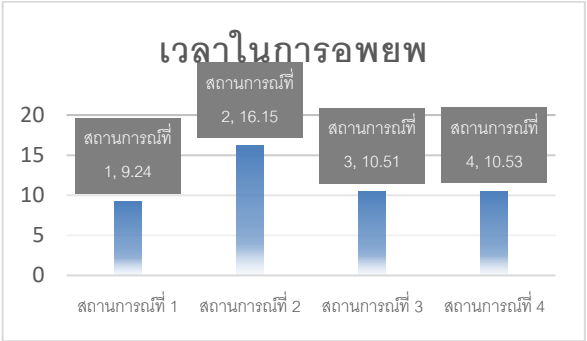


รูปที่ 6 ภาพจำลองการอพยพสถานการณ์ที่ 3 ที่เวลา 2.26 นาที

และคนสุดท้ายที่ออกสู่ภายนอกได้ เป็นคนจากชั้น 2 ใช้เวลา 10.53 นาที

จากการจำลองทั้ง 4 สถานการณ์พบว่า ผู้ใช้อาคารในชั้น 1 สามารถอพยพออกสู่ภายนอกอาคารได้ก่อนเวลา 5 นาที ในขณะที่ผู้ใช้อาคารคนสุดท้ายออกสู่ภายนอกอาคารใช้เวลามากกว่า 5 นาที ซึ่งมากกว่าที่กฎกระทรวงกำหนดไว้ และทั้งหมดเป็นคนจากชั้น 2 จึงอาจกล่าวได้ว่า เส้นทางหนีไฟที่มี 2 เส้นทางสำหรับชั้น 2 นั้น ถึงแม้จะมีจำนวนเพียงพอตามที่กฎหมายกำหนดแล้ว แต่ยังไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคาร ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟที่ชั้น 2 และกำหนดมาตรการในการอพยพหนีไฟ เพื่อลดเวลาอพยพหนีไฟให้น้อยกว่าที่กฎกระทรวงกำหนด

จากการจำลองการอพยพหนีไฟทั้ง 4 สถานการณ์ก่อนการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ สามารถสรุปเวลาในการอพยพได้ดังแสดงในรูปที่ 7

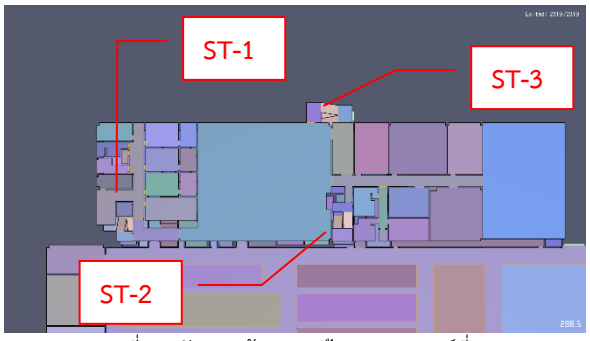


รูปที่ 7 เวลาในการอพยพก่อนปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ

จากรูปที่ 7 การจำลองการอพยพหนีไฟทั้ง 4 สถานการณ์พบว่าสถานการณ์ที่ 2 เพลิงไหม้ปิดกั้นเส้นทางหนีไฟ 1 เส้นทางที่ชั้น 2 ทำให้มีเวลาในการอพยพมากที่สุด คือเป็นสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุดที่ควรปรับปรุงเส้นทางหนีไฟเพื่อเตรียมพร้อมรับมือเมื่อสถานการณ์จริงเกิดขึ้น

ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟโดยการเพิ่มบันไดหนีไฟ ST-3 ที่มีความกว้างประตู 0.9 เมตร และความกว้างของบันได 1.5 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดไว้ คือ ประตูต้องกว้างไม่น้อยกว่า 0.8 เมตร และบันไดต้องกว้างมากกว่า 0.9 เมตร แต่ไม่เกิน 1.5 เมตร และตำแหน่งอยู่บริเวณที่ใกล้กับโรงอาหาร เนื่องจากการจำลองการอพยพหนีไฟก่อนการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟพบว่าคนส่วนใหญ่ที่อพยพได้ช้าที่สุดจะมาจากพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นหลังจากปรับปรุงเส้นทางหนีไฟที่ชั้น 2 และวางแผนการอพยพหนีไฟโดยให้ผู้ใช้อาคารในพื้นที่โรงอาหารเริ่มอพยพก่อน สามารถสรุปผลการจำลองได้ดังนี้

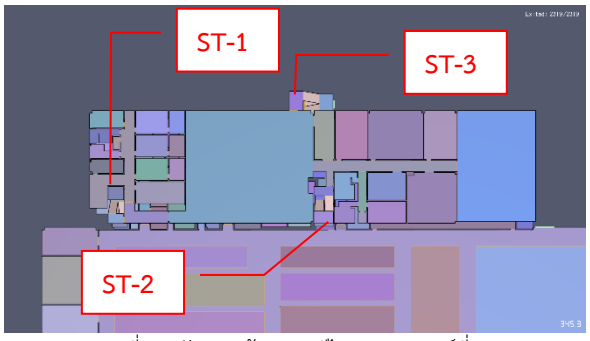
สถานการณ์ที่ 1 ทำการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟโดยการเพิ่มบันไดหนีไฟภายนอกอาคารเป็น ST-3 ตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 ปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ สถานการณ์ที่ 1

หลังปรับปรุงเส้นทางหนีพบว่าเวลาในการอพยพลดลงเหลือเพียง 4.48 นาที

สถานการณ์ที่ 2 ทำการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟโดยการเพิ่มบันไดหนีไฟภายนอกอาคารเป็น ST-3 ตามรูปที่ 9



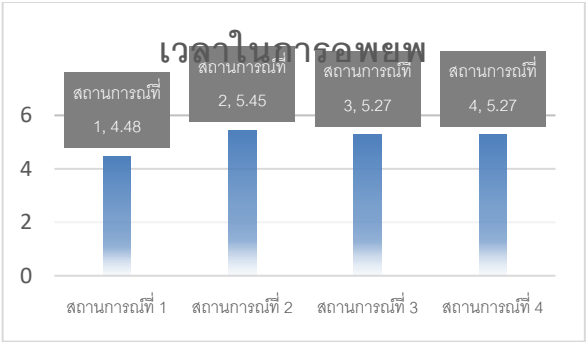
รูปที่ 9 ปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ สถานการณ์ที่ 2

จากสถานการณ์ที่ 2 เนื่องจากมีการปิดกั้นเส้นทางหนีไฟ 1 เส้นทาง และเนื่องจากการจำลองพบว่ากลุ่มคนที่อพยพออกสุดท้าย คือกลุ่มคนที่อยู่ในบริเวณโรงอาหารและเมื่อทำการเพิ่มบันไดหนีไฟ ST-3 ดังรูปที่ 9 เพื่อรองรับการอพยพคนจากโรงอาหารโดยเฉพาะ และเวลาในการอพยพหนีไฟลดลงเหลือเพียง 5.45 นาที

สถานการณ์ที่ 3 ปรับปรุงเพิ่มเส้นทางหนีไฟ ST-3 เหมือนสถานการณ์ที่ 1 พบว่าเวลาที่ใช้ในการอพยพลดลงเหลือเพียง 5.27 นาที

และสถานการณ์ที่ 4 ปรับปรุงเพิ่มเส้นทางหนีไฟ ST-3 เหมือนสถานการณ์ที่ 1 พบว่าเวลาที่ใช้ในการอพยพลดลงเหลือเพียง 5.27 นาที

จากการจำลองการอพยพหนีไฟทั้ง 4 สถานการณ์หลังการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ สามารถสรุปเวลาในการอพยพได้ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 เวลาในการอพยพหลังปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ

ภายหลังปรับปรุงเส้นทางหนีไฟโดยการเพิ่มบันไดหนีไฟ ST-3 เวลาในการอพยพลดลงเหลือประมาณ 5 นาที ทั้ง 4 สถานการณ์

9. สรุปผล

จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟ โดยอาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ด้วยโปรแกรม Pathfinder 2018 เพื่อหาเวลาในการอพยพผู้ใช้อาคารทั้งหมดไปยังพื้นที่ปลอดภัย (The Required Safe Egress Time, RSET) ในที่นี้ กฎหมายได้กำหนดให้นายจ้างจัดให้มีเส้นทางหนีไฟทุกชั้นของอาคารอย่างน้อยชั้นละสองเส้นทางซึ่งสามารถอพยพลูกจ้างที่ทำงานในเวลาเดียวกันทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยภายในเวลาไม่เกิน 5 นาที และตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code 2018 สามารถคำนวณหาความจุผู้ใช้อาคารเพื่อนำไปจำลองโปรแกรมการอพยพหนีไฟได้ทั้งหมด 2,319 คน โดยแบ่งสัดส่วนประชากรตามสถิติจังหวัดชลบุรี ได้เป็น วัยทำงาน คือช่วงอายุ 15ปี ถึง 59 ปี แบ่งเป็น เพศชายร้อยละ 49 และเพศหญิงร้อยละ 51 และจากการวิเคราะห์แบบแปลนอาคารสามารถกำหนดสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ได้ทั้งหมด 4 สถานการณ์

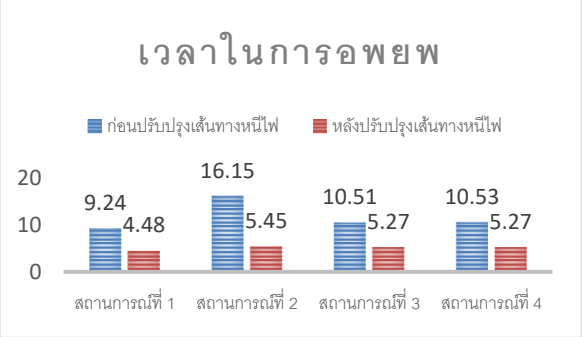
จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟทั้ง 4 สถานการณ์ก่อนการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟพบว่า สถานการณ์ที่ 1, 3 และ 4 ใช้เวลาในการอพยพประมาณ 9.24, 10.51 และ 10.53 นาที ตามลำดับ โดยผู้ใช้อาคารในชั้น 1 สามารถ

อพยพออกสู่ภายนอกอาคารได้ที่เวลา 3.10, 3.00 และ 2.26 นาที ตามลำดับ แต่ ณ เวลานั้นยังเหลือผู้ใช้อาคารตกค้างอยู่ที่ชั้น 2 ประมาณ 411, 456 และ 501 คน ตามลำดับ และในสถานการณ์ที่ 2 เพลิงไหม้ปิดกั้นเส้นทางหนีไฟ 1 เส้นทางที่ชั้น 2 ทำให้มีเวลาในการอพยพมากที่สุด คือ 16.15 นาที และยังเหลือผู้ใช้อาคารตกค้างอยู่ที่ชั้น 2 มากถึง 448 คน ดังนั้นจึงเป็นสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุดที่ควรปรับปรุงเส้นทางหนีไฟเพื่อเตรียมพร้อมรับมือเมื่อสถานการณ์จริงเกิดขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่า เส้นทางหนีไฟที่ชั้น 2 มี 2 เส้นทาง คือ ST-1 และ ST-2 ซึ่งเพียงพอตามที่กฎหมายกำหนด แต่ในความเป็นจริงแล้วกลับไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคารตามการคำนวณ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอพยพผู้ใช้อาคารชั้น 2

เนื่องจากในการจำลองการอพยพหนีไฟก่อนการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟพบว่าผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่มาจากส่วนของโรงอาหาร และจะติดเป็นคอขวดอยู่บริเวณหน้าประตูบันไดหนีไฟทุกเส้นทาง ดังนั้นจึงปรับปรุงเส้นทางหนีไฟโดยการเพิ่มบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร ST-3 ที่มีความกว้างประตู 0.9 เมตร และความกว้างของบันได 1.5 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดไว้ คือ ประตูต้องกว้างไม่น้อยกว่า 0.8 เมตร และบันไดต้องกว้างมากกว่า 0.9 เมตร แต่ไม่เกิน 1.5 เมตร และอยู่บริเวณที่สามารถรองรับคนที่อพยพจากโรงอาหารได้โดยตรง

หลังการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟพบว่าสามารถลดเวลาในการอพยพได้มาก โดยเวลาในการอพยพสถานการณ์ที่ 1 เหลือ 4.48 นาที สถานการณ์ที่ 2 เหลือ 5.45 นาที สถานการณ์ที่ 3 เหลือ 5.27 นาที และสถานการณ์ที่ 4 เหลือ 5.27 นาที

เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการอพยพหนีไฟ ก่อนการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ และภายหลังการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เปรียบเทียบเวลาในการอพยพก่อนและหลังปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ

จากรูปที่ 11 พบว่าเวลาในการอพยพหนีไฟหลังการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟลดลงมากและอยู่ในช่วงที่กฎหมายกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำและแนะแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาค้นคว้าการทำงานวิจัยชิ้นนี้ให้เกิดเป็นผลสำเร็จเป็นอย่างดี รวมถึงบริษัทที่สนับสนุนแบบแปลนอาคารเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] National Fire Protection Association. (2018). NFPA 101 Life Safety Code, Editon 2018. US.

[2] กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, ข้อมูลสถิติจำนวนและสัดส่วนประากรจากการทะเบียน, ข้อมูลจาก http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/01.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 กรกฎาคม 2565).

[3] Morgan J. Hurley. (2016). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th Edition. USA.

[4] ราชกิจจานุเบกษา. (2556). กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. ๒๕๕๕. กรุงเทพมหานคร.

ID050

การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของมุมสัมผัสหยดน้ำในกระบวนการยึดติดด้วยแสง

Optimization of Water Contact Angle in Optical Bonding Process

นพดล จันทร์วุฒิคุณ[1] และ นัฏฐวิกา จันทร์ศรี[2*]
[1]สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: nophadol.c@ku.th and natthavika.c@ku.th

Nophadol Chanwuttikun[1] and Natthavika Chansri[2*]
[1]Engineering and Technology Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: nophadol.c@ku.th and natthavika.c@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของมุมสัมผัสหยดน้ำในกระบวนการยึดติดด้วยแสงของหน้าจอระบบสาระบันเทิงแบบสัมผัส ซึ่งศึกษา 3 ปัจจัย คือความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา พลังงานพลาสมา และระยะการฉายพลาสมา แต่ละปัจจัยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ และทำซ้ำ 3 ครั้ง งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการทดลองนี้ พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา 50 มิลลิเมตรต่อวินาที อัตราการสร้างพลังงานพลาสมา 100 เปอร์เซ็นต์ และระยะการฉายพลาสมา 12 มิลลิเมตร เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ค่ามุมสัมผัสหยดน้ำลดลงจาก 26.6° เป็น 17.7° เป็นไปตามมาตรฐานของบริษัท คือ ต่ำกว่า 21 °

คำหลัก การแยกตัวของชั้นกาวออปติคัลเหลว, มุมสัมผัสหยดน้ำ, การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Abstract

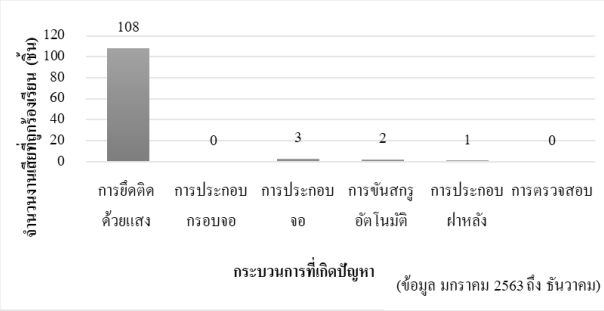
The objective of this research is to optimize the water contact angle in optical bonding process of automotive infotainment display products. Three factors are plasma power, plasma speed and plasma distance. Each factor is three levels with three replications. One-way ANOVA was applied in this research. The results in this experiment show that the suitable parameters are plasma power (100%), plasma speed (50 mm/s) and plasma distance (12 mm). These optimal parameters can reduce the water contact angle from 26.6° to 17.7° which is less than target value of the company at 21°

Keywords: Delamination, Water contact angle, One-way ANOVA

1. บทนำ

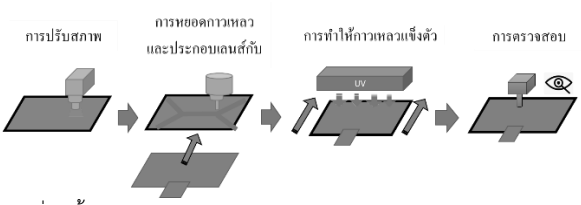
กระบวนการประกอบหน้าจอระบบสาระบันเทิงแบบสัมผัส ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก คือการยึดติดด้วยแสง การประกอบกรอบจอ การประกอบจอ การขันสกูรอัตโนมัติ การประกอบฝาหลัง และการตรวจสอบ โดยเริ่มต้นจากการยึดติดด้วยแสง (Optical bonding) เป็นการยึด

หน้าจอสัมผัสเข้ากับกระจกเลนส์ด้วยกาวออปติคัลเหลว (Liquid Optical Clear Adhesive: LOCA) จากนั้นนำชิ้นงานไปประกอบเข้ากับกรอบหน้าจอด้วยการยึดติดกับเทปกาวบนกรอบทั้ง 4 ด้าน และตรวจสอบเพื่อไม่ให้เทปกาวออกมาด้านนอก และติดสนิท แล้วนำปะเก็นยาง (Gasket) สำหรับกั้นน้ำและความชื้นเข้าภายใน มาวางลงบนกรอบแผงหน้าจอโดยรอบ จากนั้นวางจอแสดงผลลงบนภายในกรอบหน้าจอ และเชื่อมต่อจอแสดงผลเข้ากับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบความถูกต้องด้วยระบบกล้องอัตโนมัติ แล้วจึงนำชิ้นงานประกอบเข้ากับโครงเหล็กแล้วยึดติดเข้าด้วยกันโดยการขันสกรูด้วยเครื่องขันสกรูอัตโนมัติ (Auto screw tighten) นำฝาหลังและส่วนฐานมาปิดลงบนชิ้นงานแล้วทำการขันสกรูยึดด้านล่าง ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดสอบการทำงานและความสมบูรณ์ของการประกอบชิ้นงานก่อนส่งมอบให้กับลูกค้าต่อไป

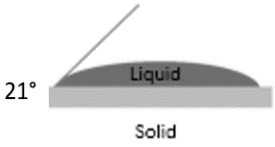


รูปที่ 1 จำนวนงานเสียที่เกิดจากการร้องเรียนจากลูกค้า จำแนกตามกระบวนการ

จากกระบวนการประกอบหน้าจอระบบสาระบันเทิงแบบสัมผัส พบว่างานเสียที่เกิดจากการร้องเรียนของลูกค้าในกระบวนการยึดติดด้วยแสงมากที่สุด ซึ่งมีจำนวน 108 ชิ้น (รูปที่ 1) ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติการทำงานหลักของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการยึดติดด้วยแสงประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (รูปที่ 2) ได้แก่ การปรับสภาพพื้นผิว (Surface treatment) การหยอดกาวออปติคัลเหลว (Bonding) การทำให้กาวเหลวแข็งตัว (UV curing) และการตรวจสอบ (Inspection) โดยเริ่มต้นจากการฉายพลาสมาลงบนเลนส์เพื่อปรับพลังงานพื้นผิว (Surface energy) และควบคุมประสิทธิภาพในการยึดติดระหว่างกาวออปติคัลเหลวและเลนส์ และวัดมุมสัมผัสหยดน้ำ (Water contact angle) ของเลนส์ ต้องน้อยกว่า 21° (รูปที่ 3) เพื่อตรวจสอบคุณภาพการฉายพลาสมา แล้วจึงนำเลนส์มาหยดกาวออปติคัลเหลวยึดเข้ากับหน้าจอสัมผัส จากนั้นจึงทำให้กาวเหลวแข็งตัวด้วยแสงยูวี และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำชิ้นงานมาตรวจสอบความหนาของชั้นกาวออปติคัลเหลวด้วยเซนเซอร์ต้องอยู่ในช่วงระหว่าง 250 – 400 µm และตรวจสอบฝุ่นและความผิดปกติด้วยสายตา

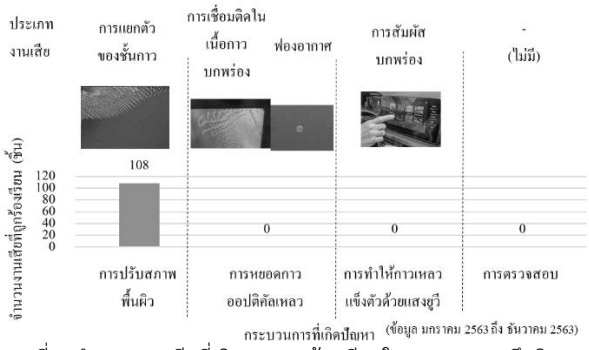


รูปที่ 2 ขั้นตอนการยึดหน้าจอสัมผัสเข้ากับกระจกเลนส์ด้วยกาวออปติคัลเหลว



รูปที่ 3 มุมสัมผัสหยดน้ำ

จากกระบวนการยึดติดด้วยแสง พบว่างานเสียที่พบมากที่สุดมาจากกระบวนการปรับสภาพพื้นผิว ประเภทการแยกตัวของชั้นกาวออปติคัลเหลว (Delamination) ดังรูปที่ 4 ซึ่งเป็นงานเสียที่เกิดจากการยึดติดไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามการยึดติดที่สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับการกำหนดพารามิเตอร์พลาสมาที่เหมาะสมในการปรับสภาพพื้นผิว ได้แก่ พลังงานพลาสมา (Plasma power) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา (Plasma speed) และระยะการฉายพลาสมา (Plasma distance) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของมุมสัมผัสหยดน้ำในกระบวนการยึดติดด้วยแสง



รูปที่ 4 จำนวนงานเสียที่เกิดจากการร้องเรียนในกระบวนการยึดติดด้วยแสง

2. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานพื้นผิว (Surface Energy) เป็นแรงที่ใช้ยึดติดระหว่างโมเลกุลของของเหลวและพื้นผิวของของแข็ง เมื่อหยดของเหลวลงบนพื้นผิวของของแข็ง ของเหลวนั้นจะแพร่กระจายออกบนพื้นผิวของของแข็ง จนมีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์ม การวัดความสามารถของการเปียกของพื้นผิวของวัสดุสามารถวัดได้จากมุมสัมผัสของของเหลว ซึ่งเป็นมุมที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นสัมผัสพื้นผิวกับหยดน้ำ ณ จุดสัมผัส ค่ามุมสัมผัสนี้มีความสัมพันธ์กับแรงยึดติดระหว่างของเหลวกับของแข็งที่กระทำบนหยดน้ำ

Myer [1] กล่าวว่าการแพร่กระจายของของเหลวบนผิวของของแข็งอย่างสม่ำเสมอ เรียกว่าการเปียกสมบูรณ์ (Completely wetting) ซึ่งมีค่ามุมสัมผัสเท่ากับ 0 หากค่ามุมสัมผัสน้อยกว่า 90° เรียกว่า เปียกบางส่วน (Partially wetting) และหากค่ามุมสัมผัสมากกว่าหรือเท่ากับ 90° เรียกว่า ไม่เปียก (Nonwetting)

สมเกียรติ (2555) [2] ลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโพรงอากาศในกระบวนการขึ้นรูปไมโครชิป โดยการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ 4 ปัจจัย ได้แก่ แรงอัดของแม่พิมพ์ (280 MPa) แรงฉีดเรซิ่น (10 kN) เวลาในการฉีดเรซิ่น (8 วินาที) และระยะเวลาในการให้ความร้อนกับเรซิ่น (9 วินาที) ที่ทำให้เกิดโพรงอากาศ (สัดส่วนของเสีย) น้อยที่สุด

สมพร และ อัญญารัตน์ [2] ลดของเสียในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี โดยการออกแบบการทดลองด้วยวิธีทากูชิ เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็ว (30 mm/s) แรง (20 N) และความสูง (1 mm) ที่ทำให้ของเสียลดลง

Tanya et al. [3] ศึกษาปัจจัย (กระแสไฟฟ้า อัตราการไหลของก๊าซ อัตราการป้อนผง ระยะการสเปรย์ และอัตราการไหลของก๊าซนำพา) ที่มีผลต่อความเรียบผิว ความเป็นผลึก และความบริสุทธิ์ของการเคลือบไฮดรอกซีอะพาไทต์ โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบบางส่วน จากการทดลอง พบว่ากระแสไฟฟ้าสูง และอัตาการป้อนผงสูง แต่อัตราการไหลของก๊าซต่ำ มีผลต่อความเรียบผิว และกระแสไฟฟ้าสูง แต่ระยะการสเปรย์และอัตราการไหลของก๊าซนำพาต่ำ มีผลต่อความเป็นผลึก

Deynse et al. [4] ศึกษาการปรับสภาพพื้นผิวโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ด้วยพลาสมาเจ็ทระบบความดันบรรยากาศโดยใช้แก๊สอาร์กอน ถ้าระยะห่างหัวฉีดและพื้นผิวอยู่ระหว่าง 5 – 15 มิลลิเมตร ทำให้มุมสัมผัสลดลงมากกว่า 70% ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพพื้นผิว 2 – 3 มิลลิวินาที เนื่องจากอัตราส่วนออกซิเจนต่อคาร์บอนเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ระยะห่างหัวฉีดและพื้นผิวมากกว่า 15 มิลลิเมตร ทำให้มุมสัมผัสเพิ่มขึ้น (ความสามารถของการเปียกลดลง) นอกจากนี้ยังพบอีกว่ามุมสัมผัสของโพลีเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมงหลังการปรับสภาพพื้นผิว และหลังจากทิ้งไว้ 4 วัน ความสามารถของการเปียกของโพลีเอทิลีนลดลงเหลือเพียง 25%

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของมุมสัมผัสหยดน้ำในกระบวนการยึดติดด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา (Plasma speed) พลังงานพลาสมา (Plasma power) และระยะการฉายพลาสมา (Plasma distance) ผ่านการทดสอบ DIN 7 5 2 2 0 Test (AGEING OF AUTOMOTIVE COMPONENTS IN SOLAR SIMULATION UNITS) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา ประกอบด้วย 50 70 และ 90 มิลลิเมตรต่อวินาที พลังงานพลาสมา ประกอบด้วย 40 70

และ 100 เปอร์เซ็นต์ และระยะการฉายพลาสมา 12 15 และ 18 มิลลิเมตร

สมมติฐานของการศึกษา แสดงดังนี้

H_0: ปัจจัยไม่มีผลต่อมุมสัมผัสหยดน้ำ

H_1: ปัจจัยมีผลต่อมุมสัมผัสหยดน้ำ

การทดลองนี้ทำซ้ำ 3 ครั้ง รวม 9 การทดลอง ดังตารางที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าค่า P-value น้อยกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญ แสดงว่าปัจจัยมีผลต่อมุมสัมผัสหยดน้ำ และปัจจัยที่ทำให้มุมสัมผัสหยดน้ำน้อยกว่า 21° ในขณะที่ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ แสดงว่าปัจจัยไม่มีผลต่อมุมสัมผัสหยดน้ำ และปัจจัยที่ทำให้มุมสัมผัสหยดน้ำมากกว่าหรือเท่ากับ 21°

จากนั้นทำการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการยืนยันผลการทดลองว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จะส่งผลให้ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำลดลงได้ตามเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการทดสอบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐานของการศึกษา แสดงดังนี้

H_0: $\mu \geq 21°$

H_1: $\mu < 21°$

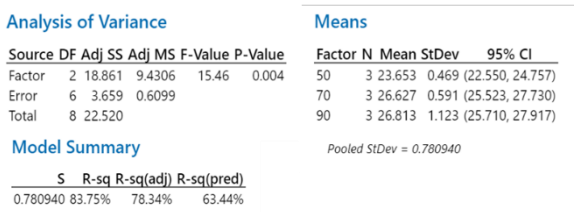
การทดลองนี้ทำการทดลอง 10 ค่า ถ้าค่า P-value น้อยกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญ แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ในขณะที่ถ้าค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไม่สามารถนำไปใช้ได้

ตารางที่ 1 ค่าระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		
		สูง	กลาง	ต่ำ
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา (มม./วินาที)	A	50	70	90
พลังงานพลาสมา (%)	B	40	70	100
ระยะการฉายพลาสมา (มม.)	C	12	15	18

4. ผลการทดลอง

จากรูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมามีผลต่อมุมสัมผัสหยดน้ำ เนื่องจากค่า P-value (0.004) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 และความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา 50 มิลลิเมตร/วินาที เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมุมสัมผัสหยดน้ำมีค่าต่ำที่สุด (23.653°) และค่าใกล้เคียง 21°


Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	18.861	9.4306	15.46	0.004
Error	6	3.659	0.6099		
Total	8	22.520			

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
50	3	23.653	0.469	(22.550, 24.757)
70	3	26.627	0.591	(25.523, 27.730)
90	3	26.813	1.123	(25.710, 27.917)

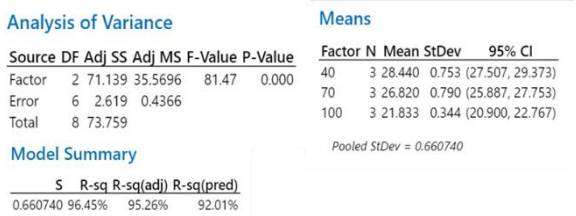
Pooled StDev = 0.780940

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.780940	83.75%	78.34%	63.44%

รูปที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา

จากรูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าพลังงานพลาสมามีผลต่อมุมสัมผัสหยดน้ำ เนื่องจากค่า P-value (0.000) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 และพลังงานพลาสมา 100 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมุมสัมผัสหยดน้ำมีค่าต่ำที่สุด (21.833°) และค่าใกล้เคียง 21°


Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	71.139	35.5696	81.47	0.000
Error	6	2.619	0.4366		
Total	8	73.759			

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
40	3	28.440	0.753	(27.507, 29.373)
70	3	26.820	0.790	(25.887, 27.753)
100	3	21.833	0.344	(20.900, 22.767)

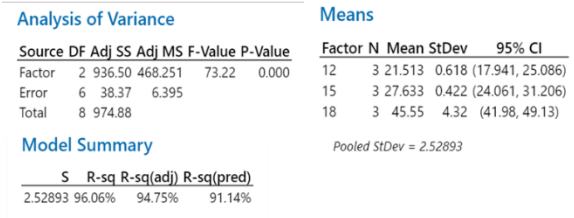
Pooled StDev = 0.660740

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.660740	96.45%	95.26%	92.01%

รูปที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานพลาสมา

จากรูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าระยะการฉายพลาสมามีผลต่อมุมสัมผัสหยดน้ำ เนื่องจากค่า P-value (0.000) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 และระยะการฉายพลาสมา 12 มิลลิเมตร เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมุมสัมผัสหยดน้ำมีค่าต่ำที่สุด (21.513°) และค่าใกล้เคียง 21°



Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	936.50	468.251	73.22	0.000
Error	6	38.37	6.395		
Total	8	974.88			

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
12	3	21.513	0.618	(17.941, 25.086)
15	3	27.633	0.422	(24.061, 31.206)
18	3	45.55	4.32	(41.98, 49.13)

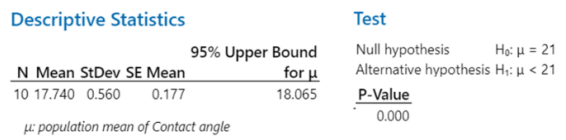
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.52893	96.06%	94.75%	91.14%

Pooled StDev = 2.52893

รูปที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะการฉายพลาสมา

จากรูปที่ 8 ผลการยืนยันผล พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา 50 มิลลิเมตร/วินาที พลังงานพลาสมา 100 เปอร์เซ็นต์ และระยะการฉายพลาสมา 12 มิลลิเมตร ทำให้มุมสัมผัสหยดน้ำน้อยกว่า 21° เนื่องจากค่า P-value (0.000) น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (0.05) ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถใช้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในการประกอบหน้าจอระบบสาระบันเทิงแบบสัมผัส



Descriptive Statistics

N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound for μ
10	17.740	0.560	0.177	18.065

μ: population mean of Contact angle

Test

Null hypothesis H_0: μ = 21
Alternative hypothesis H_1: μ < 21

P-Value
0.000

รูปที่ 8 ผลการยืนยันผล

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของมุมสัมผัสหยดน้ำในกระบวนการยึดติดด้วยแสงด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ซึ่งได้ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของการฉายพลาสมา 50 มิลลิเมตรต่อวินาที พลังงานพลาสมา 100 เปอร์เซ็นต์ และระยะการฉายพลาสมา 12 มิลลิเมตร ที่ทำให้มุมสัมผัสหยดน้ำลดลงจาก 26.6° เป็น 17.7° เป็นไปตามมาตรฐานของบริษัท คือ ต่ำกว่า 21 °

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงและบรรลุวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

[1] Myers, D. 1946. Surface, Interfaces, and Colloids Principles and Applications, John Wiley & Sons, Second edition.

[2] สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ. 2555. การลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโพรงอากาศในกระบวนการขึ้นรูปไมโครชิป, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 22 ฉบับที่ 3, 610-621

[3] สมพร วงษ์เพ็ง และ อัญญารัตน์ ประสันใจ. 2561. การประยุกต์วิธีการทากูชิเพื่อลดชิ้นงานเสียในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, TNI Journal of Engineering and Technology Vol.7 No.2, 26-35

[4] Levingstone, T.J., Ardhaoui, M., Benyounis, K., Looney, L., Stokes, J.T. 2015. Plasma sprayed hydroxyapatite coatings: Understanding process relationships using design of experiment analysis. Surface & Coatings Technology. 283: 29 – 36.

[5] Deynse, A.V., Cools, P., Leys, C., Morent, R. De Geyter, N. 2015. Surface modification of polyethylene in an argon atmospheric pressure plasma jet. Applied Surface Science, 276, 384-390.

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Economics and Applied Economics

ID006

การชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย

Electronic Payment Systems on Economics Growth in Thailand

พวงชมพู ศรีวิเชียร[1*] และ อรรถสุดา เลิศกุลวัฒน์[2]
[1]นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: phuangchompu.s@ku.th

Phuangchompu Sriwichien[1*] and Attasuda lerskullawat[2]
[1]Master Student, Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University
[2]Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics,
Kasetsart University
[*]E-mail: phuangchompu.s@ku.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และศึกษาผลกระทบของการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละประเภท ได้แก่ มูลค่าการโอนเงินมูลค่าสูง, มูลค่าการโอนเงินครั้งละหลายรายการ, มูลค่าการโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคาร, มูลค่าการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกัน, มูลค่าการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงิน และ เงินอิเล็กทรอนิกส์ กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจรายเดือนย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึง 2564 จำนวนรวม 132 ตัวอย่าง และนำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติโดยวิธีการประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุด ผลการวิจัยพบว่า มูลค่าระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย เมื่อพิจารณาแยกตามประเภทของระบบการชำระเงินพบว่า มูลค่าการชำระเงินผ่านเงินอิเล็กทรอนิกส์, มูลค่าการโอนเงินมูลค่าสูง และมูลค่าการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกันมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ดังนั้นหากภาครัฐของประเทศไทยต้องการพัฒนาเครื่องมือการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ ควรส่งเสริม/สนับสนุนเครื่องมือดังกล่าวเพื่อให้เกิดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และเกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยต่อไป อย่างไรก็ตามมูลค่าการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงินมีความสัมพันธ์ส่งผลกระทบในทางลบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย

คำหลัก เศรษฐกิจของประเทศไทย, การชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์, การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

Abstract

The purpose of this research is to study the impact of the overall electronic payments on economic growth and study the impact of electronic payments in each category: high value transfer value, multiple remittance values at a time, cross-bank retail transfer value, retail remittance value within the same bank, the value of using plastic cards for payment and e-Money on economic growth in Thailand. Using secondary data from monthly collection from 2011 to 2021, a total of 132 samples were taken and analyzed in economies by the Ordinary least square method. The findings showed that the results showed that the overall value of electronic payment systems has a positive impact on economic growth in Thailand. When

considering the type of payment system, it was found that Value of electronic money payment, high value of money transfer and the value of retail money transfers within the same bank has a positive correlation with economic growth in Thailand. Therefore, if the government of Thailand wants to develop payment tools through electronic channels Such tools should be promoted/supported for technological advancement. and further economic growth in Thailand. However, the value of using plastic cards for payment is associated with a negative impact on economic growth in Thailand.

Keywords: Economy of Thailand, Electronic Payment Systems, Economic Growth

1. บทนำ

ปัจจุบันเศรษฐกิจโลกกำลังพัฒนาก้าวเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจยุคดิจิทัล (Digital Economy) โดย Don Tap Scott (1995) ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็นการที่เศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นหลักในการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อทำให้เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชาชนและสามารถสร้างการจ้างงานที่เพิ่มขึ้นเป็นประโยชน์ให้กับทั้งในด้านผู้บริโภคและด้านผู้ผลิต โดยหลายประเทศได้ให้ความสำคัญ อาทิเช่น ในประเทศสวีเดนมีการทำธุรกรรมทางการเงินในรูปแบบดิจิทัลแล้วกว่าร้อยละ 80 มีการพัฒนาเครื่องมือการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสะดวกสบาย การใช้งานที่ง่าย และปลอดภัย อีกทั้งความร่วมมือของภาครัฐและภาคเอกชนของประเทศที่มีจุดประสงค์ร่วมกันคือการลดจำนวนการใช้เงินสด ด้วยการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางนี้ของประเทศทำให้ธุรกิจรายย่อยที่เปิดรับเทคโนโลยีนี้ส่งผลให้ทำยอดขายเพิ่มขึ้นได้ถึง 30%

ประเทศไทยได้กำหนดแผนกลยุทธ์ระบบการชำระเงินอยู่ในระยะที่ 4 (ปี พ.ศ. 2562-2564) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบนิเวศน์ให้ระบบการชำระเงินดิจิทัล (Digital payment) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้พฤติกรรมของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไป ก่อให้เกิดนวัตกรรมทางการเงินใหม่ ๆ เกิดการการเชื่อมต่อสื่อสารซื้อขายรับชำระแลกเปลี่ยนส่งผลกระทบต่อภาคการเงินทำให้มีการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบการชำระเงินดิจิทัล (Digital Payment) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจโดยรวม ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยถูกจัดอันดับจาก The IMD World Digital Competitiveness Ranking 2020 ให้มีความสามารถในการแข่งขันด้านดิจิทัล อยู่ในอันดับที่ 39 จาก 63 ประเทศ และเป็นอันดับที่ 3 ของภูมิภาคอาเซียน โดยดูจากปัจจัยหลัก 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านองค์ความรู้ (Knowledge) (2) ด้านเทคโนโลยี (Technology) (3) ด้านความพร้อมรองรับอนาคต (Future Readiness) โดยช่องทางการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-payment) ของประเทศไทยสามารถแบ่งได้ 6 ประเภท ประกอบด้วย (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2564)

1. การโอนเงินมูลค่าสูง (Baht net) เป็นโครงสร้างพื้นฐานทางการเงินเพื่อรองรับการโอนเงินมูลค่าสูงระหว่างสถาบันการเงินและสถาบันที่มีเงินฝากกับธนาคารแห่งประเทศไทยในลักษณะ Real-Time Gross Settlement
2. การโอนเงินครั้งละหลายรายการ (Bulk Payment) เป็นโครงสร้างพื้นฐานทางการเงินเพื่อรองรับการให้บริการทางการเงินแก่ลูกค้าในการโอนเงินให้กับบุคคลอื่นหรือเรียกเก็บเงินจากบุคคลอื่น ซึ่งมีมูลค่าการโอนเงินไม่สูง แต่มีปริมาณรายการการทำธุรกรรมมาก และมีรอบการชำระเงินที่แน่นอน
3. การโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคาร (ORFT Inter Bank) เป็นบริการโอนเงินจากลูกค้าของธนาคารแห่งหนึ่งไปยังผู้รับโอนเงินลูกค้าของธนาคารอีกแห่งหนึ่งซึ่งมีบัญชีอยู่ต่างธนาคารกัน โดยสามารถแบ่งการให้บริการได้ 3 ประเภทดังนี้
   - 3.1 ทำธุรกรรมผ่านเครื่องเอทีเอ็ม
   - 3.2 ทำธุรกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์เคลื่อนที่
   - 3.3 ทำธุรกรรมผ่านสาขา
4. การโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกัน (ORFT Intra Bank) เป็นบริการโอนเงินจากลูกค้าของธนาคารไปยังผู้รับโอนเงินลูกค้าของธนาคารซึ่งมีบัญชีอยู่ภายในธนาคารเดียวกัน โดยสามารถแบ่งการให้บริการได้ 3 ประเภทดังนี้

4.1 ทำธุรกรรมผ่านเครื่องเอทีเอ็ม

4.2 ทำธุรกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์เคลื่อนที่

4.3 ทำธุรกรรมผ่านสาขา

5. การใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงิน (Payment Cards) เป็นการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านเครื่องรับชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic data capture : EDC) โดยสามารถแบ่งบัตรได้ 2 ประเภทดังนี้

5.1 บัตรเดบิต (Debit Card)

5.2 บัตรเครดิต (Credit Card)

6. เงินอิเล็กทรอนิกส์ (e-Money) เป็นการทำธุรกรรมทางการเงินที่บันทึกในสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (เช่น ชิพคอมพิวเตอร์ในบัตรพลาสติก เครือข่ายโทรศัพท์มือถือ หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต) ซึ่งผู้ใช้บริการได้ชำระเงินล่วงหน้า (Pre-paid) แก่ผู้ให้บริการ e-Money และสามารถใช้ชำระค่าสินค้าบริการได้ตามร้านค้าที่รับชำระ (ศูนย์คุ้มครองผู้ใช้บริการทางการเงิน, 2557)

กราฟที่ 1 : ปริมาณการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย



จากกราฟที่ 1 แสดงถึงภาพรวมของปริมาณการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยมี อัตราการเติบโตที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2563 โดยช่องทางที่มีการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีมากที่สุดสามช่องทาง ได้แก่ การโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคาร (ORFT Inter Bank), การโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกัน (ORFT Intra Bank) และเงินอิเล็ทรอนิกส์ (e-Money) เติบโต 47% ,33% และ 25% ตามลำดับ

Wong, Lau, Yip (2020) ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจผ่านหน่วยผลิต 3 หน่วย ดังนี้

1. ด้านผู้บริโภค – การชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้บริโภคสามารถบริโภคสินค้าและบริการได้สะดวกขึ้นหรือบริโภคได้ทันที บริโภคเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

2. ด้านเอกชน – การชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้ผลิตมีต้นทุนการผลิตที่เกี่ยวธุรกรรมทางการเงินที่ลดลงเกิดการประหยัดต่อขนาดในองค์กรทำให้ผู้ผลิตสามารถนำต้นทุนส่วนต่างไปลงทุนเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

3. ด้านหน่วยงานภาครัฐหรือรัฐบาล – การชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ทำให้รัฐบาลสามารถวางนโยบายได้สะดวกเพิ่มขึ้น เช่นการจัดเก็บภาษีได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นำรายได้มาพัฒนาประเทศส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

งานวิจัยที่ผ่านได้มีการศึกษาถึงแนวคิดความสัมพันธ์ระหว่างระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจแล้วทั้งในประเทศพัฒนาแล้วและในประเทศกำลังพัฒนา เช่น งานวิจัยของ Sitompul , Sitio (2020) และ Oginni (2013) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเฉพาะประเทศโดยกำหนดตัวแปรที่แสดงถึงเครื่องมือการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์แต่ละที่ประเทศของตนเองมีอยู่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากงานวิจัยของทิพย์ราวรรณ กัลศักดิ์ปภา (2561), Tee and Ong (2016) และ Wong, Lau, Yip (2020) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศต่างๆ รวมทั้งส่วนใหญ่ศึกษาความสัมพันธ์จากเครื่องมือการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์บางประเภท เช่น บัตรเดบิต บัตรเครดิต และ เงินอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของประเทศไทยยังไม่มีการหาความสัมพันธ์ของระบบการชำระเงินผ่าน

ช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยที่มีอยู่แต่ละประเภททั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะศึกษาผลกระทบของการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเฉพาะประเทศไทย และมุ่งหาความสัมพันธ์ของเครื่องมือการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทที่มีการให้บริการอยู่ทั้งหมดของประเทศไทย ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ภายในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2564 รวมระยะเวลา 11 ปีที่ผ่านมาถึงปัจจุบันเนื่องจากประเทศไทยสิ้นสุดแผนการพัฒนาระบบการชำระเงินของประเทศไทยระยะที่ 4 ในปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2564 เพื่อหาความสัมพันธ์ของเครื่องมือการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทที่มีอยู่ในประเทศไทย กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยเพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อม/ส่งเสริม/วางนโยบายพัฒนาระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการเข้าสู่สังคมไร้เงินสดของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาผลกระทบของการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย
2. ศึกษาผลกระทบของการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละประเภทได้แก่ (1) มูลค่าการโอนเงินมูลค่าสูง (2) มูลค่าการโอนเงินครั้งละหลายรายการ (3) มูลค่าการโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคาร (4) มูลค่าการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกัน (5) มูลค่าการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงิน (6) มูลค่าเงินอิเล็กทรอนิกส์ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่ใช้ในการวิเคราะห์จะรวบรวมข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจในประเทศและเศรษฐกิจระหว่างประเทศที่มีการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบ e -Payment รายเดือนย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2564 เท่านั้น ตัวแปรการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมและตัวแปรการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภท ได้แก่ (1) มูลค่าการโอนเงินมูลค่าสูง (2) มูลค่าการโอนเงินครั้งละหลายรายการ (3) มูลค่าการโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคาร (4) มูลค่าการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกัน (5) มูลค่าการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงิน (6) มูลค่าเงินอิเล็กทรอนิกส์ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยและตัวแปรทางเศรษฐกิจได้แก่ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing Production Index: MPI) ที่สะท้อนถึงอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยรายเดือน โดยรวบรวมจาก ธนาคารแห่งประเทศไทย และสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

2. การทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านผู้วิจัยสามารถแบ่งกลุ่มการศึกษาได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์กับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจรายประเทศ

Pretty Naomi Sitompul และ **Vera Saragi Sitio (2020)** ศึกษาผลกระทบของ e-money ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศอินโดนีเซีย ผลการศึกษาพบว่า ในระยะยาวเงินอิเล็กทรอนิกส์มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศอินโดนีเซียในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างไรก็ตาม**Oyewole S Oginni (2013)** ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง e-payment กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไนจีเรีย ผลการศึกษาพบว่า e-payment กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงลบสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่ว่าการทำธุรกรรมผ่านช่องทางการใช้เงินสดจะทำให้ GDP ของประเทศเติบโตกรณีเป็นประเทศที่อยู่ในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา

2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์กับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจกลุ่มประเทศ

ทิพย์ราวรรณ กัลศักดิ์ปภา (2561) ศึกษาผลกระทบและทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของการชำระเงินแบบไร้เงินสดต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

จำนวน 27 ประเทศ ผลการศึกษาพบว่า การชำระเงินแบบไร้เงินสดกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **Teck-Lee Wong, Wee-Yeap Lau** และ **Tien-Ming Yip (2020)** ศึกษาหาความสัมพันธ์ของการชำระเงินโดยไม่ใช้เงินสด (บัตรเครดิต, บัตรเดบิต,เงินอิเล็กทรอนิกส์ และเช็ค) ว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศ OECD อย่างไร ผลการศึกษาพบว่าการชำระเงินด้วยบัตรเดบิตความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศ OECD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงบวก สอดคล้องกับงานวิจัยของ **Marlena Grzelczak** และ **Radoslaw Pastusiak (2020)** ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือการชำระเงินที่ไม่ใช้เงินสดกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศต่างๆในยุโรปกลาง ยุโรปตะวันออก และยุโรปตะวันตก ผลการศึกษาพบว่า การชำระเงินผ่านบัตรพลาสติกมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของยุโรปกลาง ยุโรปตะวันออก และยุโรปตะวันตกในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการชำระเงินด้วยบัตรเครดิต,เงินอิเล็กทรอนิกส์และเช็คไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศ OECD ในยุโรปกลางและยุโรปตะวันออก และงานวิจัยของ **Hock-Han Tee** และ **Hway-Boon Ong (2016)** ศึกษาเรื่องผลกระทบภายในระหว่างการจ่ายเช็ค การโอนเงินทางโทรเลข การจ่ายเงินด้วยบัตร และ เงินอิเล็กทรอนิกส์ ในสหภาพยุโรป ประกอบด้วย 5 ประเทศได้แก่ ออสเตรเรีย เบลเยี่ยม ฝรั่งเศส เยอรมนี และโปรตุเกส ผลการศึกษาพบว่าในระยะยาวการชำระเงินแบบไม่ใช้เงินสดกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการชำระเงินผ่านบัตรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ **Mark M. Zandi, Sophia Koropeckyj, Virendra Singh และ Paul Matsiras (2016)** ศึกษาเรื่องผลกระทบของระบบการชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจมหภาคของ 70 ผลกระทบการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ในการชำระเงินต่อมูลค่าการบริโภคต่อหัว และสามารถคาดการณ์การบริโภคสินค้าและบริการที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อ GDP ของประเทศ ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบจากการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ในการชำระเงินต่อมูลค่าการบริโภคต่อหัวโดยรวมมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ **Mark M. Zandi (2013)** ศึกษาเรื่องผลกระทบของระบบการชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจมหภาคของ 56 ประเทศ เพื่อหาผลกระทบการใช้จ่ายผ่านบัตรเครดิตในการชำระเงินต่อมูลค่าการบริโภคต่อหัว และสามารถคาดการณ์การบริโภคสินค้าและบริการที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อ GDP ของประเทศ ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบจากการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ในการชำระเงินต่อมูลค่าการบริโภคต่อหัว โดยรวมมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก

2.3 ศึกษาความสัมพันธ์ของการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์กับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย

เทวกุล ชูช่อ, สุเมธ แก่นมณี และ **จักรกฤช เจียวิริยบุญญา (2564)** ศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้จ่ายผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Payment) กับปริมาณเงินในระบบเศรษฐกิจ ความแตกต่างของผลกระทบของการใช้จ่ายผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Payment) ที่มีต่อปริมาณเงินตามความหมายแคบ (Nm) และปริมาณเงินตามความหมายกว้าง (Bm) และ อัตราการทดแทนระหว่างธนบัตรและเหรียญกษาปณ์ในมือประชาชนที่ถูกทดแทนการใช้จ่ายผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Payment) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สะท้อนผ่านการเปลี่ยนแปลงปริมาณเงินในระบบเศรษฐกิจ ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้จ่ายผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ กับปริมาณเงินในระบบเศรษฐกิจโดยรวมมีความสัมพันธ์กันเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่ว่าการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ GDP และ **ธรพล กองพาลี (2563)** ศึกษาว่าการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นปัจจัยหนึ่งที่กระทบพฤติกรรมการใช้เงินสดของคนไทยหรือไม่เพื่อตอบคำถามว่าการชำระเงินผ่าน e-Payment มีส่วนทำให้การใช้เงินสดลดลงมากน้อยเพียงใดในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าตัวแปร e-Payments มีผลทดแทนการใช้เงินสดมากขึ้นเมื่อเทียบกับใน

อดีต สะท้อนจากค่าความยืดหยุ่นของมูลค่าการใช้ e-Payments ต่อการใช้เงินสดของไทยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2559

3. วิธีการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจในประเทศและเศรษฐกิจระหว่างประเทศที่มีการทำธุรกรรมผ่านระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยตามประเภทของธนาคารแห่งประเทศไทย โดยผู้วิจัยจะทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วนเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยกล่าวคือ 1) อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทย และ 2) อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยแยกเป็น 6 ประเภท กำหนดเป็นตัวแปรต้นพร้อมข้อมูลทางเศรษฐกิจอื่นๆที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อกำหนดเป็นตัวแปรควบคุม ได้แก่ 1) อัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยนโยบาย 2) อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุปทานของเงิน 3) ดัชนีการอุปโภคบริโภคภาคเอกชน 4) ดัชนีการลงทุนภาคเอกชน และ 5) ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทย และ อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมที่วัดจากมูลค่าผลผลิตแสดงถึงอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย กำหนดเป็นตัวแปรตาม โดยทำการเก็บข้อมูลรายเดือนย้อนหลังตั้งแต่ช่วง มกราคม พ.ศ. 2554 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2564 รวม 132 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square Method)เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้ ทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit root) เพื่อดูว่าข้อมูลข้อมูลของตัวแปรแต่ละตัวมีแนวโน้ม (Stationary) หรือ (Non-Stationary) , ทดสอบปัญหา Multicollinearity, ทดสอบปัญหา Heteroscedasticity เพื่อดูว่าตัวคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติโดยมีค่าเฉลี่ยหรือค่าความแปรปรวนคงที่, ทดสอบปัญหา Autocorrelation เพื่อดูว่าตัวคลาดเคลื่อไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งนี้ตามข้อสมมติของวิธีการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และอภิปรายผลจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.1

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

Model 1

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 EPS_t + \beta_2 i_t + \beta_3 MS_t + \beta_4 PCI_t + \beta_5 PII_t + \beta_6 TOI_t + e_t \quad (1)$$

Model 2

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 EP_t + \beta_2 i_t + \beta_3 MS_t + \beta_4 PCI_t + \beta_5 PII_t + \beta_6 TOI_t + e_t \quad (2)$$

โดยที่

Y_t คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมวัดจากมูลค่าผลผลิตที่แสดงถึงอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ณ ปี ที่ t

β_0 คือ Constant

$\beta_{1\text{-}6}$ คือ Correlation Coefficient ; $0 > \beta > 1$

EPS_t คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทย ณ ปีที่ t

EP_t คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภท โดย

$EP1_t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการชำระเงินผ่านเงินอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ณ ปีที่ t

$EP2_t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงินในประเทศไทย ณ ปีที่ t

$EP3_t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินมูลค่าสูงในประเทศไทย ณ ปีที่ t

$EP4_t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินครั้งละหลายรายการในประเทศไทย ณ ปีที่ t

$EP5_t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคารในประเทศไทย ณ ปีที่ t

$EP6_t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกันในประเทศไทย ณ ปีที่ t

i_t คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยนโยบายในประเทศไทย ณ ปีที่ t

MS_t คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเงินตามความหมายกว้างในประเทศ ไทย ณ ปีที่ t

PCI_t คือ ดัชนีการอุปโภคบริโภคภาคเอกชนในประเทศไทย ณ ปีที่ t

PII_t คือ ดัชนีการลงทุนภาคเอกชนในประเทศไทย ณ ปีที่ t

TOI_t คือ ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทย ณ ปีที่ t

e_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ; $\sum e_i^2 = 0$

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทยต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์พบว่าตัวแปรปัจจัยด้าน **ระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทย (EPS)** ส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย กล่าวคือ เมื่อ**มูลค่าระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทย (EPS)** เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 0.5539 ในทิศทางเดียวกัน และตัวแปรด้านปัจจัยทางเศรษฐกิจ **ดัชนีการลงทุนภาคเอกชน (PII)** ส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ กล่าวคือ เมื่อ**ดัชนีการลงทุนภาคเอกชนของประเทศไทย (PII)** เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 0.1017 ในทิศทางเดียวกัน **อัตราดอกเบี้ยนโยบายของประเทศไทย (i) ดัชนีการอุปโภคบริโภคภาคเอกชน (PCI)** และ **ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทย (TOI)** ส่งผลกระทบในทิศทางลบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ กล่าวคือ เมื่อ**อัตราดอกเบี้ยนโยบายของประเทศไทย(i) ดัชนีการอุปโภคบริโภคภาคเอกชน (PCI)** และ **ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทย (TOI)** เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 2.6949, 0.1885 และ 0.1179 ตามลำดับในทิศทางตรงกันข้าม

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย

Independent Variable	Random Effects Model	
	Coefficient	Standard Error
Electronic Payment Systems (EPS)	0.5539***	0.0607
Policy interest rate (i)	-2.6949**	1.1354
Money Supply (MS)	-0.3529	0.9028
Private Consumption Index (PCI)	-0.1885**	0.0819
Private Investment Index (PII)	0.1017*	0.0609
Trade Openness Index (TOI)	-0.1179***	0.0351
Constant	36.8146***	13.4868

หมายเหตุ: *** หมายถึง p-value ≤ .01, ** หมายถึง p-value ≤ .05, * หมายถึง p-value ≤ .1

จากการศึกษาผลกระทบของการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทในประเทศไทยต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ พบว่าตัวแปรปัจจัยด้านระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยบางประเภทส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ **มูลค่าการชำระเงินผ่านเงินอิเล็กทรอนิกส์ (EP1) , มูลค่าการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงิน (EP2) , มูลค่าการโอนเงินมูลค่าสูง (EP3) , มูลค่าการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกัน (EP6)** ตัวแปรที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ **มูลค่าการโอนเงินครั้งละหลายรายการ (EP4) , การโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคาร(EP5)** และตัวแปรด้านปัจจัยทางเศรษฐกิจ **ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทย (TOI)** ส่งผลกระทบในทิศทางลบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 กล่าวคือ เมื่อ**ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทย(TOI)** เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 0.1035 ในทิศทางตรงกันข้าม

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย

Independent Variable	Random Effects Model	
	Coefficient	Standard Error
e-Money (EP1)	0.2522*	0.1406
Payment Cards (EP2)	-0.2459*	0.1419
Baht net (EP3)	0.3723***	0.0700
Bulk Payment (EP4)	0.0611	0.0725
ORFT Inter Bank (EP5)	0.1793	0.1538
ORFT Intra Bank (EP6)	0.4347**	0.2004
Policy interest rate (i)	-1.1778	1.0846
Money Supply (MS)	-0.4693	0.7525
Private Consumption Index (PCI)	-0.0792	0.0666
Private Investment Index (PII)	0.0375	0.0502
Trade Openness Index (TOI)	-0.1035**	0.0455
Constant	24.0415**	10.6837

หมายเหตุ: *** หมายถึง p-value ≤ .01, ** หมายถึง p-value ≤ .05, * หมายถึง p-value ≤ .1

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทยส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย และเครื่องมือระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยบางประเภทส่งผลกระทบในทิศทางบวกและในทิศทางลบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย สอดคล้องกับงานวิจัยของทิพย์ราวรรณ กัลศักดิ์ปภา (2561)

เมื่อพิจารณาระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทยใน Model 1 จะพบว่า **อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทย (EPS)** เป็นตัวแปรต้นที่สะท้อนระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ในภาพรวมของประเทศไทยผลจากการประมาณค่าพบว่าส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติซึ่งตรงกับสมมติฐานที่ว่าหากมีการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์จะทำให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ สอดคล้องกับทฤษฎีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจากภายในกล่าวคือการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาวจะขึ้นอยู่กับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้วย และแนวคิดเกี่ยวกับระบบการชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ของธนาคารแห่งประเทศไทยที่พบว่าการพัฒนาระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์มีผลต่อการส่งผ่านนโยบายการเงินสู่ระบบเศรษฐกิจได้หลายช่องทาง และเป็นการกระตุ้นการบริโภคอุปโภคของภาคประชาชนให้เกิดการจับจ่ายใช้สอยเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ

เมื่อพิจารณาในระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์แยกตามประเภทใน Model 2 จะพบว่า **อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการชำระเงินผ่านเงินอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย (EP1)** เป็นตัวแปรต้นที่สะท้อนการทำธุรกรรมทางการเงินที่บันทึกในสื่ออิเล็กทรอนิกส์ **อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินมูลค่าสูงในประเทศไทย (EP3)** เป็นตัวแปรสะท้อนการทำธุรกรรมทางการเงินที่มีมูลค่าสูงระหว่างสถาบันการเงินและสถาบันที่มีเงินฝากกับธนาคารแห่งประเทศไทยแทรกการสั่งจ่ายโดยเช็ค **อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกันในประเทศไทย (EP6)** เป็นตัวแปรต้นที่สะท้อนการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ทำธุรกรรมภายในธนาคารเดียวกัน ผลการประมาณค่าพบว่าส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pretty Naomi Sitompul,Vera Saragi Sitio (2020) Marlena Grzelczak, Radoslaw Pastusiak (2020), Mark M. Zandi, Sophia Koropeckyj, Virendra Singh and Paul Matsiras (2016) ที่พบว่าเงินอิเล็กทรอนิกส์ส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศทั้งนี้ความแตกต่างขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานทางการเงินของแต่ละประเทศ เช่น ระดับการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีทางการเงิน การเข้าถึงระบบการ

ชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ของประชาชน ความรู้ความเข้าใจทางด้านการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์และระดับความปลอดภัยทางไซเบอร์ของแต่ละประเทศ อย่างไรก็ตาม**อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงินในประเทศไทย (EP2)** เป็นตัวแปรต้นที่สะท้อนการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านบัตรเดบิต และ บัตรเครดิตผ่านเครื่องรับชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ (EDC) ผลการประมาณค่าพบว่าส่งผลกระทบในทิศทางลบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pretty Naomi Sitompul,Vera Saragi Sitio (2020) Marlena Grzelczak, Radoslaw Pastusiak (2020), Mark M. Zandi, Sophia Koropeckyj, Virendra Singh and Paul Matsiras (2016) ที่พบว่าเมื่อมีการใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงินเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยเติบโตลดลง เนื่องจากการใช้บัตรเดบิต และ บัตรเครดิต เป็นธุรกรรมทางการเงินที่มีการให้บริการที่มีต้นทุนสูงและมีข้อจำกัดในการเข้าถึงของประชาชน เช่น รายได้ขั้นต่ำ การวิเคราะห์คุณสมบัติการให้สินเชื่อของธนาคาร จำนวนเครื่องรับชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ (EDC) เป็นต้น ส่งผลให้ผู้ให้บริการและผู้รับบริการมีต้นทุนที่สูงทำให้ผู้บริโภคมีอำนาจซื้อที่ลดลง เช่น ดอกเบี้ยจากบัตรเครดิตซึ่งถือเป็นค่าใช้จ่ายที่ผู้บริโภคต้องแบกรับส่งผลให้จับจ่ายใช้สอยลดลง และผู้ผลิตมีต้นทุนในการลงทุนที่สูงขึ้น เช่น ผู้ผลิตมีต้นทุนในเครื่องรับชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ (EDC) ทำให้ผู้ผลิตไม่สามารถนำเงินไปลงทุนในด้านอื่นๆได้ดังนั้นการลงทุนลดลงส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจลดลง

เมื่อพิจารณาตัวแปรทางเศรษฐกิจจะพบว่า **อัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยนโยบายในประเทศไทย (i)** เป็นตัวแปรควบคุมที่สะท้อนการดำเนินนโยบายการเงินของธนาคารแห่งประเทศไทยผลการประมาณค่าใน Model 1 พบว่าส่งผลกระทบในทิศทางลบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติซึ่งตรงกับสมมติฐานที่ว่าหากธนาคารกลางกำหนดอัตราดอกเบี้ยนโยบายลดต่ำลงทำให้อัตราดอกเบี้ยของธนาคารพาณิชย์ลดต่ำลงด้วยส่งผลให้ประชาชนลดการออมเกิดการบริโภคเพิ่มขึ้น ผลิตเพิ่มขึ้น จ้างงานเพิ่มขึ้น เกิดการหมุนเวียนกิจกรรมทางเศรษฐกิจส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ **ดัชนีการอุปโภคบริโภคภาคเอกชนในประเทศไทย (PCI)** เป็นตัวแปรควบคุมที่สะท้อนการใช้จ่ายของภาคเอกชน ประชาชน และรวมถึงการใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศซึ่งแสดงถึงกำลังซื้อโดยรวมของประเทศไทยผลการประมาณค่าใน Model 1 พบว่าส่งผลกระทบในทิศทางลบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตรงข้ามกับสมมติฐานซึ่งเดิมควรมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาที่ผู้วิจัยทำมาศึกษายังไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบจากเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดมาก่อน เช่น โรคระบาด ภัยธรรมชาติ ซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอาจทำให้ค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน เช่น การบริโภคภาคเอกชนในเดือนเมษายน 2563 หดตัวต่อเนื่องเนื่องจาก ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากสถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 ทำให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจหยุดชะงักการว่างงานเพิ่มสูงขึ้น กำลังซื้อของประชาชนลดลง สะท้อนจากดัชนีการอุปโภคบริโภคภาคเอกชนหดตัวต่อเนื่องเป็นเดือนที่ 2 อยู่ที่ร้อยละ -15.1 ตามดัชนีการใช้จ่ายสินค้าคงทน และดัชนีการใช้จ่ายสินค้าไม่คงทนที่หดตัวสูงถึงร้อยละ -37.5 และ -11.7 ตามลำดับ (ศูนย์วิจัยธนาคารออมสิน, 2563) **ดัชนีการลงทุนภาคเอกชนในประเทศไทย (PII)** เป็นตัวแปรควบคุมที่สะท้อนการลงทุนในภาคเอกชนของประเทศไทยผลการประมาณค่าใน Model 1 พบว่าส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติซึ่งตรงกับสมมติฐานและทฤษฎีการคำนวนรายได้ประชาชาติและผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศเบื้องต้นที่คำนวนด้วยวิธีทางด้านรายจ่ายว่าหากภาคเอกชนมีการลงทุนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดการจ้างงาน รายได้ประชาชนเพิ่มขึ้น เกิดการบริโภคเพิ่มขึ้น เกิดการหมุนเวียนกิจกรรมทางเศรษฐกิจส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ **ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทย (TOI)** เป็นตัวแปรควบคุมที่สะท้อนมูลค่าทางการค้าระหว่างประเทศของประเทศไทยผลการประมาณค่าใน Model 1

และ 2 พบว่าส่งผลกระทบในทิศทางลบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานและทฤษฎีการค้าระหว่างประเทศหากมูลค่าส่งออกมากกว่ามูลค่านำเข้าเกิดการเกินดุลทางการค้าส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นในที่นี้เนื่องจากดัชนีการเปิดประเทศคิดจากผลรวมของมูลค่าการส่งออกและนำเข้าหากดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทยเพิ่มขึ้นเกิดจากการที่มูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้นมากกว่าการส่งออกที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการขาดดุลทางการค้าผู้บริโภคนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศมากกว่าส่งออกสินค้าไปต่างประเทศทำให้การส่งออกสุทธิ (X-M) ลดลงทำให้รายได้ประชาชาติลดลงเศรษฐกิจหดตัว ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจลดลง กล่าวคือ หากดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทยเพิ่มขึ้นโดยมีสาเหตุมาจากมูลค่าการนำเข้ามากกว่ามูลค่าการส่งออกส่งออกสุทธิลดลงประเทศเกิดการขาดดุลทางการค้าจะส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ลดลง เช่น ในช่วงที่ทำการศึกษาข้อมูลจากธนาคารแห่งประเทศไทย ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกสุทธิขาดดุลในปี พ.ศ. 2554-2557 และ พ.ศ. 2561 เป็นระยะเวลามากกว่า 6 เดือนต่อปี ส่งผลให้ประเทศขาดดุลการค้าในช่วงดังกล่าวทำให้ดัชนีการเปิดประเทศของประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการขาดดุลทางการค้าส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ลดลง

ตัวแปรที่ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเงินตามความหมายกว้างในประเทศไทย (MS) เป็นตัวแปรควบคุมที่สะท้อนปริมาณเงินในระบบเศรษฐกิจในประเทศไทยผลการประมาณค่าใน Model 1 และ 2 พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตรงข้ามกับสมมติฐาน อัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินครั้งละหลายรายการในประเทศไทย (EP4) เป็นตัวแปรต้นที่สะท้อนการทำธุรกรรมทางการเงินที่มีจำนวนมากและรอบระยะเวลาการโอนที่แน่นอน เช่น การจ่ายเงินเดือนพนักงานผ่านระบบ Payroll และอัตราการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการโอนเงินรายย่อยข้ามธนาคารในประเทศไทย (EP5) เป็นตัวแปรต้นที่สะท้อนการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ทำธุรกรรมข้ามธนาคาร ผลการประมาณค่าใน Model 2 พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูล รายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2564 รวม 132 เดือน ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่สั้นเกินไป ทำให้มีข้อจำกัดในการหาช่วงเวลาที่เหมาะสมทำให้ตัวแปรบางตัวมีค่าไม่สอดคล้องตามทฤษฎีและสมมติฐานเนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวยังไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบจากเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดมาก่อน เช่น โรคระบาด ภัยธรรมชาติ ซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมในประเทศไทย และเครื่องมือการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์บางประเภท ได้แก่ การชำระเงินผ่านเงินอิเล็กทรอนิกส์, การโอนเงินมูลค่าสูง และการโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกันในประเทศไทยส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ดังนั้นหากภาครัฐของประเทศไทยต้องการพัฒนาเครื่องมือการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ ควรส่งเสริม/สนับสนุนเครื่องมือดังกล่าวเพื่อให้เกิดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และเกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยต่อไป อาทิเช่น

1. การชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ดังนั้นรัฐควรมีการการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือทางการเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศใหม่ๆ ทำให้มีประสิทธิภาพ ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ง่าย เพื่อให้เกิดการใช้งานเพิ่มทำให้เกิดการดำเนินทางกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศ
2. การชำระเงินผ่านเงินอิเล็กทรอนิกส์ส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทาง

เศรษฐกิจในประเทศไทย ดังนั้นรัฐควรส่งเสริมให้ประชาชนหันมาทำธุรกรรมผ่านเครื่องมือชนิดนี้เพื่อให้เกิดการใช้งานเพิ่มทำให้เกิดการดำเนินทางกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศ

3. การโอนเงินมูลค่าสูงส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ดังนั้นรัฐควรส่งเสริมให้ภาคเอกชนหันมาทำธุรกรรมผ่านเครื่องมือชนิดนี้แทนการใช้เช็คเพื่อให้เกิดการใช้งานเพิ่มและภาคเอกชนได้ประโยชน์จากการที่มีต้นทุนในส่วนธุรกรรมทางการเงินที่ลดลงสามารถนำส่วนต่างนี้ไปลงทุนเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการดำเนินทางกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศ
4. การโอนเงินรายย่อยภายในธนาคารเดียวกันในประเทศไทย ส่งผลกระทบในทิศทางบวกต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ดังนั้นรัฐควรส่งเสริมให้ประชาชนหันมาทำธุรกรรมผ่านเครื่องมือชนิดนี้เพื่อให้เกิดการใช้งานเพิ่มทำให้เกิดการดำเนินทางกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ
5. อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของการใช้การใช้บัตรพลาสติกเพื่อการชำระเงินในประเทศไทยส่งผลกระทบในทิศทางลบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยทำให้ควรลดการทำธุรกรรมผ่านเครื่องมือชนิดนี้และส่งเสริมให้ประชาชนหันไปใช้เครื่องมือชนิดอื่นแทน เช่น ทำธุรกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์เคลื่อนที่, เงินอิเล็กทรอนิกส์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้สนใจปัจจัยระบบการชำระเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยตามประเภทที่ธนาคารกำหนดเท่านั้น ยังไม่ได้คำนึงถึงเครื่องมือการชำระเงินผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ของภาคเอกชน ดังนั้นการศึกษาครั้งถัดไปควรใช้เครื่องมือการชำระเงินที่หลากหลายเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ผศ.ดร.อรรถสุดา เลิศกุลวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือมาตลอดในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ทิพย์ราวรรณ กัลศักดิ์ปภา. (2560). ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวระหว่างการชำระเงินแบบไร้เงินสดและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ.(วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต).กรุงเทพ. มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์.ข้อมูลจาก https://digital.library.tu.ac.th/tu dc/frontend/Info/item /dc:1646 78

[2] เทวกุล ชูช่อ, สุเมธ แก่นมณี และ จักรกฤช เจียวิริยบุญญา. (2564). ปัจจัยที่มีอิทธิพลระหว่างการชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์กับปริมาณเงินในประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[3] ธนพล กองพาลี. (2563). สังคมไทย (กำลัง) ไร้เงินสด ?. กรุงเทพ. ธนาคารแห่งประเทศไทย. ข้อมูลจาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/ArticleAndResearch/Pages/FAQ169.aspx

[4] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2558). ระบบบาทเน็ต, ข้อมูลจาก https://www.bot.or.th/Thai/ PaymentSystems/PSServices/bahtnet/Pages/default.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 กันยายน 2564).

[5] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2562). มุ่งสู่เศรษฐกิจไร้เงินสด: พฤติกรรมผู้บริโภคและโอกาสของธุรกิจไทยช่วงโควิด 19.ข้อมูลจากhttps://www.bot.or.th/Thai/ ResearchAndPublications/articles/Pages/Article_21Jul2020.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 23 ตุลาคม 2564).

[6] ศูนย์คุ้มครองผู้ใช้บริการทางการเงิน. (2557). บริการโอนเงิน. ข้อมูลจาก https://www.1213.or.th/th/ serviceunderbot/payment/Pages/transfer.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 กันยายน 2564).

[7] ศูนย์คุ้มครองผู้ใช้บริการทางการเงิน. (2557). เงินอิเล็กทรอนิกส์. ข้อมูลจาก https://www.1213.or.th

/th/serviceunderbot/payment/Pages/e-money.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 กันยายน 2564).

[8] ศูนย์วิจัยธนาคารออมสิน. (2563). economic situation and interest rate trend. ข้อมูลจาก https://www.gsbresearch.or.th/wp-content/uploads/2020/06/MC_sit_4_5_63_Thai_detail.pdf

[9] อนันท์ชนก สกนธวัฒน์. (2549). ความเชื่อมั่นนัยต่อการบริโภคและการลงทุน. ข้อมูลจาก https://www.nesdc.go.th/ewt_w3c/ewt_dl_link.php?filename= economic magazine&nid=4978 (วันที่สืบค้นข้อมูล 7 มกราคม 2565).

[10] Hock-Han Tee and Hway-Boon Ong. (2016). Cashless payment and economic from growth Retrieved https://jfin-swufe.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40854-016-0023-z.pdf

[11] Mark Zandi. (2017). The Impact of Electronic Payments on Economic Growth. Retrieved form https://usa.visa.com/content/dam/VCOM/download/visa-everywhere/global-impact/impact-of-electronic-payments-on-economic-growth.pdf

[12] Marlena Grzelczak, Radoslaw Pastusiak. (2020). Cashless Payments and Economic Growth in Selected European Countries (master's thesis). University of Lodz. Faculty of Economics and Sociology. Retrieved from https://www.ceeol.com/search/viewpdf?id=940311

[13] Oginni Simon Oyewole, El-Maude, Jibreel Gambo, Mohammed Abba, Michael Ezekiel Onuh (2013). Electronic Payment System and Economic Growth: A Review of Transitionto Cashless Economy in Nigeria. Retrieved form https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijset1&volume=2&issue=9&article=023&type=pdf

[14] Pretty Naomi Sitompul, Vera Sylvia Saragi Sitio. (2020). Analysis of the Effect of E-Money on Economic Growth in Indonesia (master's thesis). Universitas Sumatera Utara, Indonesia. Retrieved from https://www.ceeol.com/search/viewpdf?id=925945

[15] Teck-Lee Wong, Wee-Yeap Lau, Tien-Ming Yip. (2020). Cashless Payments and Economic Growth: Evidence from Selected OECD Countries Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/343125424_Cashless_Payments_and_Economic_Growth_Evidence_from_Selected_OECD_Countries

ID010

การประเมินมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายของครัวเรือนต่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 : กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

EVALUATION OF THE WILLINGNESS TO PAY FOR HOUSEHOLD'S INFECTIOUS WASTE MANAGEMENT UNDER COVID-19 PANDEMIC SITUATION IN BANGKOK.

ภณิดา อสุโกวิท[1*] และ วิษณุ อรรถวานิช[2]
[1]ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]รศ.ดร. ประจำภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: phanida.o@ku.th

Phanida Osukowit[1*] and Witsanu Attavanich[2]
[1]Department of Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University
[2] Associate Professor of, Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Ph.D
[*]E-mail: phanida.o@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายของครัวเรือนต่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อ ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 กรณีศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทำการสำรวจข้อมูลจากครัวเรือนที่อาศัยอยู่บ้านในแนวราบของพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งสิ้น 634 ครัวเรือน โดยใช้วิธีการประเมินภายใต้สถานการณ์สมมติ (CVM) ซึ่งใช้ลักษณะคำถามปิดสองขั้น (Double Bounded Close-Ended) และใช้แบบจำลอง Double Bounded Logit Model ในการวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับการประเมินมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายและการหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจจะจ่าย ประยุกต์ใช้วิธี Maximum Likelihood Estimation ผลการศึกษาพบว่า มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร มีค่าประมาณ 86.07 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 1,032.8 บาทต่อปี เพื่อให้ได้มาซึ่งการพัฒนาและปรับปรุงบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนให้ดีขึ้นจากเดิม สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อความเต็มใจจะจ่ายอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า พื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นกลาง การมีส่วนร่วม/ความร่วมมือในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนที่ถูกสุขลักษณะ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน มีผลในทางบวกต่อความเต็มใจจ่าย ส่วนปัจจัยด้านความเป็นเจ้าของที่พักอาศัย ปริมาณการทิ้งขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ยต่อวัน ค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย และความรู้เบื้องต้น ความสนใจ และการเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับความเต็มใจจะจ่าย

คำหลัก ความเต็มใจจะจ่าย, ขยะมูลฝอยติดเชื้อ, วิธีการสมมติให้ประเมินค่า, กรุงเทพมหานคร, โคโรนา 2019

Abstract

This study aims to estimate the value of willingness to pay and analyze factors affecting the households' willingness to pay for infectious waste management under the COVID-19 pandemic situation in Bangkok. Data was collected by questionnaire, using a survey sample of 634 households who live in Bangkok. For the

valuation technique, Contingent Valuation Method (CVM) with, the Double Bounded Close-Ended is utilized. This study uses the Double Bounded Logit Model and the maximum likelihood estimation method to estimate the willingness to pay and to investigate factors determining the WTP of households, respectively. Here, we find that the households' willingness to pay for the management of infectious waste in Bangkok was approximately 86.07 baht per month or 1,032.8 baht per year. Empirical results revealed that households living in the middle-section of Bangkok, participating in the management of infectious waste and higher average monthly income increased the WTP. On the other hand, residential ownership, average amount of solid waste per day, waste management fees and basic knowledge, interests and participation in activities on environmental issues were a negative factor on willingness to pay.

Keywords: Willingness to pay, infectious waste, Contingent Valuation Method, Bangkok, COVID-19

1. บทนำ

เดือนมีนาคม 2563 องค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้เชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (COVID-19) เป็นโรคระบาดใหญ่ทั่วโลก (Pandemic) มีข้อกำหนดสำคัญที่บังคับให้ประชาชนทุกคนต้องสวมหน้ากากอนามัยและอุปกรณ์ป้องกันการแพร่ระบาดในการเดินทางไปพื้นที่ต่างๆ ทำให้สิ่งเหล่านี้กลายเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชน แต่เมื่อการแพร่กระจายของโรคที่รุนแรงขึ้น ส่งผลให้อุปสงค์ของการใช้และอุปทานในการผลิตอุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อเพิ่มสูง โดยเฉพาะปริมาณการทิ้งหน้ากากอนามัยเพิ่มอย่างมหาศาล ซึ่งยังไม่ได้ถูกนับรวมกับขยะที่เป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งอื่นๆ และขยะมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาล

สำหรับประเทศไทย ปัญหาขยะมูลฝอยติดเชื้ออาจไม่ได้เกิดขึ้นทันทีเมื่อเกิดวิกฤติการระบาดเหมือนดังประเทศอื่น แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนผู้ป่วยรายใหม่ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อสูงขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะกรุงเทพมหานคร เป็นจังหวัดที่มียอดผู้ติดสะสมสูงสุดเป็นลำดับแรกของประเทศไทย พบว่าปี 2564 กรุงเทพมหานครมีปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ยประมาณ 74.07 ตันต่อวัน เพิ่มขึ้นสูงเกือบ 2 เท่าจากปี 2563 [1] โดยเฉพาะในช่วงเวลาการแพร่ระบาดระลอกสาม (เดือนเมษายน-สิงหาคม 2564) ที่มีปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อรวมสูงสุดในเดือนสิงหาคม มากถึง 127.84 ตันต่อวัน ซึ่งเป็นขยะมูลฝอยติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 กว่า 62.38 ตันต่อวัน และกลับมาสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อมีการระบาดระลอกใหม่เดือนมกราคม 2565 โดยเดือนมกราคมถึงเมษายนมีขยะมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 83 105 108 และ 109 ตันต่อวัน [2] นอกจากนี้ยังประสบปัญหาขยะมูลฝอยติดเชื้อเพิ่มขึ้นจากการใช้บริการส่งอาหาร เนื่องจากเศษอาหารและภาชนะบรรจุอาหารที่ผ่านมือผู้เสี่ยงจะติดเชื้อหรือผู้กักตัว ล้วนถูกนับว่าเป็นขยะมูลฝอยติดเชื้อประเภทหนึ่ง ซึ่งไม่สามารถนำไปรีไซเคิลอย่างขยะพลาสติกทั่วไป หรือไม่สามารถนำไปฝังกลบเหมือนขยะมูลฝอยปกติได้

ผลการทบทวนรายงานการศึกษาวิจัย พบว่า บุคลากรที่ทำงานเกี่ยวข้องกับขยะมูลฝอยติดเชื้อมีความเสี่ยงด้านโรคติดต่อเป็น 6 เท่า โรคภูมิแพ้ทางเดิน หายใจ 2.6 เท่า ด้านปอดอักเสบเรื้อรัง 2.5 เท่า และด้านไวรัสตับอักเสบ 1.2 เท่า เมื่อเทียบกับประชาชนทั่วไปในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว [3] ทั้งนี้ การแพร่กระจายของไวรัสโคโรนาไวรัส 2019 ซึ่งเป็นไวรัสในทางเดินหายใจ ที่มีอนุภาคขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน ทำให้เชื้อสามารถล่องลอยในอากาศ มีระยะเวลาในการแพร่กระจายบนพื้นผิววัสดุและสิ่งของ โดยเฉพาะหน้ากากอนามัย ซึ่งเชื้อไวรัสสามารถอยู่บนด้านนอกของหน้ากากอนามัยที่ทิ้งแล้วมากกว่า 1 สัปดาห์ ส่งผลให้ประชาชนจำเป็นต้องมีการป้องกันหรือระมัดระวังอย่างมากในการทิ้งและการเก็บกำจัด เนื่องจากเชื้อไวรัสโคโรนาสามารถทำให้เกิดความผิดปกติอื่นๆ ซึ่งเป็นผลพวงด้านสุขภาพในระยะยาว (Long Covid) ซึ่งการที่เชื้อไวรัสแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วนั้น ร้อยละ 10-15 เกิดจากการ

จัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อที่ไม่ถูกต้อง [3] ในขณะเดียวกันการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้ออย่างไม่เหมาะสมจากแหล่งกำเนิด สามารถกระตุ้นผลกระทบที่คล้ายกับโดมิโนให้เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม ทั้งการปนเปื้อนและแพร่กระจายของเชื้อโรคไปสู่ทางอากาศ ทางบก หรือทางน้ำ รวมถึงเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์และแมลงพาหะนำโรค

ทั้งนี้กรุงเทพมหานครได้ดำเนินการเก็บขนขยะมูลฝอยติดเชื้อแยกออกจากขยะมูลฝอยทั่วไป โดยเป็นไปตามรูปแบบการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อตามกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545 ซึ่งได้จ้างให้บริษัทกรุงเทพธนาคม จำกัด เป็นผู้ดำเนินการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาล สถานที่กักตัวของรัฐบาล และโรงแรมทางเลือก โดยเรียกเก็บค่าธรรมเนียมเป็นรายเดือนตามข้อมูลน้ำหนักขยะที่ได้รับจากบริษัทฯ ในขณะที่ขยะมูลฝอยติดเชื้อจากระบบการแยกกักตัวที่บ้าน จะถูกสำนักงานเขตดำเนินการ

แต่สำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอยติดเชื้อในเขตบ้านเรือนและชุมชน พบว่า กรุงเทพมหานครยังไม่ได้กำหนดนโยบายเกี่ยวกับการเก็บขยะติดเชื้อสำหรับครัวเรือนที่ชัดเจนนัก ทั้งนี้มีเพียงการจัดตั้งถังขยะสีแดง ซึ่งเป็นถังที่ถูกจัดวางในจุดสำคัญและในชุมชนต่างๆ เพื่อให้ประชาชนทิ้งขยะมูลฝอยติดเชื้อ รวมถึงถังขยะสีส้ม สำหรับรองรับการทิ้งหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วโดยเฉพาะ ประมาณ 1,000 จุดสำคัญทั่วกรุงเทพมหานคร แต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปยังคงประสบกับปัญหาการทิ้งหน้ากากอนามัยบนพื้นที่สาธารณะอื่นๆ ทั้งบนถนนและแม่น้ำ ทั้งนี้พบว่า ครัวเรือนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ส่วนใหญ่ร้อยละ 62.6 มีการจัดการหน้ากากอนามัยในครัวเรือนด้วยวิธีการทิ้งรวมกับขยะทั่วไปของครัวเรือน ในขณะที่การทิ้งลงถังขยะสีแดง/จุดรับทิ้งตามสถานพยาบาล มีเพียงร้อยละ 4.8 โดยอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ครัวเรือนไม่สามารถจัดการขยะหน้ากากอนามัยได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในช่วงการแพร่ระบาดมากที่สุด คือ การไม่มีถังขยะสีแดงและจุดที่จะทิ้งขยะมูลฝอยติดเชื้อโดยเฉพาะในชุมชน รองลงมาคือหน่วยงานจัดเก็บขยะในพื้นที่ไม่มีระบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ และการนำขยะหน้ากากอนามัยไปทิ้งในจุดรับทิ้งนอกชุมชนเป็นภาระและยุ่งยาก [4]

ปัจจุบัน กรุงเทพมหานครได้มีการเก็บค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยทั่วไปและขยะมูลฝอยติดเชื้อของบ้านเรือน ซึ่งกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการจัดเก็บขยะมูลฝอยทั่วไปอยู่ที่ 20 บาทต่อเดือน (กรณีไม่เกิน 20 ลิตรต่อวัน) และขยะมูลฝอยติดเชื้อ 300 บาทต่อเดือน (กรณีที่มีปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อมากกว่า 13 ลิตรต่อวันหรือ 2 กิโลกรัมต่อวัน) ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ค่าธรรมเนียมการให้บริการในการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือขยะมูลฝอย กฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข พ.ศ.2546 อย่างไรก็ตาม กรุงเทพมหานครสามารถจัดเก็บค่าธรรมเนียมได้ต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการเก็บขนและการกำจัด ทำให้ต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมูลฝอยในแต่ละปีเพิ่มมากขึ้น

ด้วยเหตุนี้ เพื่อให้มีการบริหารจัดการขยะมูลฝอยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงมีการกำหนด ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ค่าธรรมเนียมการให้บริการในการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือขยะมูลฝอยตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข พ.ศ.2563 ขึ้นมาใหม่ (ประกาศเริ่มใช้ปี 2566) เพิ่มอัตราค่าธรรมเนียมเก็บและขนขยะมูลฝอยทั่วไป/ติดเชื้อ เพื่อลดภาระในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย โดยเฉพาะการแก้ไขปัญหาขยะติดเชื้อทั่วไปและติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่ปะปนมากับขยะมูลฝอยทั่วไป ให้สามารถบริการได้อย่างทั่วถึงเพียงพอ สอดคล้องตามความต้องการของครัวเรือนทั่วพื้นที่ ซึ่งช่วยให้กรุงเทพมหานครมีงบประมาณสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อที่ถูกสุขลักษณะ ลดการแพร่กระจายของโรค ทำให้ท้องถิ่นสะอาด น่าอยู่ นำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตของครัวเรือนในกรุงเทพมหานครมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเสนอถึงเรื่องมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายที่ครัวเรือนยินดีจ่ายเพื่อจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อ และปัจจัยที่จะช่วยส่งเสริมในการจ่าย ซึ่งนำไปสู่การสนับสนุนการเพิ่มอัตราค่าธรรมเนียมเก็บและขนขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานครดังกล่าว โดยใช้ผลการศึกษาจากมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายที่ครัวเรือนที่ยินดีจ่ายเพื่อให้สามารถบริหารจัดการขยะมูลฝอยทั่วไปและขยะมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกหลักสุขลักษณะ ทั้งนี้ยังเป็นการกระตุ้นให้เกิด

การเปลี่ยนแปลงการจัดการขยะในเขตเมือง รวมถึงสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการบริหารจัดการและค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อที่ถูกต้องให้กับประชาชน ซึ่งเป็นผู้ผลิตขยะมูลฝอยติดเชื้อ ให้เข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยติดเชื้อ และปัญหามลพิษที่จะเกิดขึ้น ตามหลัก “ผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluters Pay Principle : PPP)”

2. วิธีการวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ครัวเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร 50 เขต (ปี 2564) ทั้งสิ้น 3,147,231 ครัวเรือน และใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 634 ครัวเรือนตัวอย่าง เพื่อลดค่าความแปรปรวนของข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจ โดยแบ่งตามสัดส่วนของครัวเรือนในแต่ละเขตตามที่ตั้งของพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน 3 กลุ่มเขต ดังตารางที่ 1 เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกระจุกตัวของข้อมูล โดยการสุ่มตัวอย่างแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ซึ่งใช้วิธีการสุ่มคัดเลือกแบบกำหนดโควต้า (Quota Selection) ที่มีการกำหนดสัดส่วนของจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มไว้อย่างชัดเจน ผสานกับวิธีการสุ่มคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) ที่ซึ่งทำการสุ่มตัวอย่างสอบถามครัวเรือน ที่เป็นเสมือนตัวแทน/หัวหน้าครัวเรือนหรือเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อ อาศัยอยู่บ้านที่อยู่ในแนวราบของพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างเขตพื้นที่	จำนวนครัวเรือน	คำนวณตามสัดส่วน	จำนวนตัวอย่าง
เขตกรุงเทพมหานครชั้นใน			
เขตพระนคร สาทร ดุสิต สัมพันธวงศ์ ฯลฯ	1,090,984 ครัวเรือน	ร้อยละ 34.34	209 ตัวอย่าง
เขตกรุงเทพมหานครชั้นกลาง			
เขตพระโขนง ประเวศ บางเขน ทุ่งครุ ฯลฯ	1,313,233 ครัวเรือน	ร้อยละ 41.72	259 ตัวอย่าง
เขตกรุงเทพมหานครชั้นนอก			
เขตมีนบุรี ดอนเมือง ลาดกระบัง ฯลฯ	743,014 ครัวเรือน	ร้อยละ 23.84	166 ตัวอย่าง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถาม โดยทำการทดสอบกลุ่มนำร่องจำนวน 40 ตัวอย่าง เพื่อทดสอบหาข้อบกพร่องและสำรวจราคาเสนอเริ่มต้นในการกำหนดมูลค่าขอบบนและขอบล่างของความเต็มใจจะจ่าย จากนั้นทำการปรับปรุงแบบสอบถามให้มีความสมบูรณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำไปจัดเก็บแบบสอบถามต่อไป โดยแบบสอบถาม ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลทางสังคมและเศรษฐกิจของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยภายในครัวเรือน

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นที่มีต่อการรับรู้ถึงปัญหาผลกระทบจากขยะมูลฝอยติดเชื้อ และการมีส่วนร่วมบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนที่ถูกสุขลักษณะ

ส่วนที่ 4 มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายของครัวเรือนในกรุงเทพมหานครภายใต้สถานการณ์สมมติ

ทั้งนี้ ราคาเสนอเริ่มต้นที่กลุ่มตัวอย่างนำร่อง เลือกตอบมากที่สุดเป็น 4 ลำดับแรก สำหรับการพัฒนาและปรับปรุงการบริหารจัดการมูลฝอยติดเชื้อภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ 60 บาท/เดือน 80 บาท/เดือน 100 บาท/เดือน และ 150 บาท/เดือน

2.3 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษามูลค่าและพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจจะจ่ายของครัวเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครต่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ใช้การประเมินค่าแบบ Double Bounded Logit Model [5] ซึ่งมีความเหมาะสมกับการใช้คำถามในลักษณะปิดสองขั้น (Double Bounded Closed – ended) เริ่มแรกจะเสนอค่าเริ่มต้น (Initial Bid : B) และหากเต็มใจจะจ่าย ราคาที่เสนอในขั้นสองจะเพิ่มขึ้นจากเดิม (Upper Bid :B_U) แล้วสอบถามความเต็มใจจะจ่ายอีกครั้ง แต่ในกรณีที่ไม่เต็มใจจะจ่ายค่าเริ่มต้น การเสนอราคาขั้นสองจะลดลงจากเดิม (Lower Bid :

B_L) แล้วสอบถามความเต็มอีกครั้งเช่นกัน สามารถเขียนสมการ ดังนี้

$$WTP_i = \alpha - pBi + \lambda' zi + \varepsilon i \quad (1)$$

โดยกำหนดให้

i คือ ผู้ถูกสัมภาษณ์คนที่ 1 , 2 , 3 ,., n

WTPi คือ ค่าความเต็มใจจะจ่าย

Bi คือ ราคาเสนอสำหรับผู้ถูกสัมภาษณ์คนที่ i

Zi คือ Column vector ของปัจจัยที่กำหนด WTP ผู้ถูกสัมภาษณ์คนที่ i

λ' คือ Row vector ของสัมประสิทธิ์ตัวแปร Zi

ε คือ Error Term

โดยสามารถสรุปความเป็นไปได้ในเหตุการณ์ของข้อมูลจากคำถามลักษณะปิดสองขั้น (Double Bounded Closed – Ended) ได้ข้อมูลออกมา 4 เหตุการณ์ดังตารางที่ 2

ทั้งนี้ สามารถสรุปความน่าจะเป็นแต่ละเหตุการณ์ดังนี้

เต็มใจจ่ายทั้งราคาเริ่มต้นและราคาขั้นสอง

$$\text{Prob}^{\text{Yes-Yes}}(B_U) = \frac{1}{1+e^{-(\alpha - pB_U + \lambda' zi)}} \quad (2)$$

เต็มใจจ่ายราคาเริ่มต้นแต่ไม่เต็มใจจ่ายราคาขั้นสอง

$$\text{Prob}^{\text{Yes-No}}(B,B_U) = \frac{1}{1+e^{-(\alpha - pB_U + \lambda' zi)}} - \frac{1}{1+e^{-(\alpha - pB + \lambda' zi)}} \quad (3)$$

ไม่เต็มใจจ่ายราคาขั้นสองแต่เต็มใจจ่ายราคาเริ่มต้น

$$\text{Prob}^{\text{No-Yes}}(B,B_L) = \frac{1}{1+e^{-(\alpha - pB + \lambda' zi)}} - \frac{1}{1+e^{-(\alpha - pB_L + \lambda' zi)}} \quad (4)$$

ไม่เต็มใจจ่ายทั้งราคาเริ่มต้นและราคาขั้นสอง

$$\text{Prob}^{\text{No-No}}(B_L) = \frac{1}{1+e^{-(\alpha - pB_L + \lambda' zi)}} \quad (5)$$

สามารถประมาณการด้วยวิธี Maximum Likelihood Function แล้วคำนวณค่าความเต็มใจจะจ่ายสูงสุดดังสมการ

$$C+= \frac{B^* + \lambda' Z^*}{p} \quad (6)$$

ตารางที่ 2 ความน่าจะเป็นในเหตุการณ์ของข้อมูลจากคำถามลักษณะปิดสองขั้น

ราคาเสนอเริ่มต้น (Initial Bid)	ราคาเสนอขั้นสอง	ความน่าจะเป็น	ค่าขอบล่าง (Lower)	ค่าขอบบน (Upper)
x	2x	Prob $^{\text{Yes-Yes}}$ (B_U)	2x	-
		Prob $^{\text{Yes-NO}}$ (B,B_U)	x	2x
	1/2x	Prob $^{\text{No-Yes}}$ (B,B_L)	1/2x	x
		Prob $^{\text{No-No}}$ (B_L)	0	1/2x

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษามูลค่าและปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจจะจ่ายของครัวเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครต่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 คือ

$$WTP_i = \beta_0 + \beta_1 GENDER_i + \beta_2 AGE_i + \beta_3 EDU2_i + \beta_4 EDU3_i + \beta_5 EDU4_i + \beta_6 EDU5_i$$
$$\beta_7 INC_i + \beta_8 HOMEINC_i + \beta_9 OCC2_i + \beta_{10} OCC3_i + \beta_{11} OCC4_i + \beta_{12} OCC5_i + \beta_{13} OCC6_i$$
$$+\beta_{14} MEM_i + \beta_{15} STATUS_i + \beta_{16} OWNER_i + \beta_{17} AREA2_i + \beta_{18} AREA3_i + \beta_{22} PAR_i$$
$$+\beta_{23} INFECTBF + \beta_{24} QUAN_i + \beta_{25} NO_INFECT_i + \beta_{26} SELECT_i + \beta_{27} COST_i + \beta_{28} PREF_i$$
$$+\beta_{29} ATTITUDE_i + \beta_{30} AWARE_i + \beta_{31} ATTEND_i + \varepsilon_i$$

โดยที่

GENDER = เพศ (0 = ชาย, 1= หญิง)

EDU1 = ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น

EDU2 = มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.

EDU3 = อนุปริญญา/ปวส.

EDU4 = ปริญญาตรี

EDU5 = สูงกว่าปริญญาตรี

INC = รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท/เดือน)

HOMEINC = รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน (บาท/เดือน/ครัวเรือน)

OCC1 = ประกอบอาชีพข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ

OCC2 = ประกอบอาชีพพนักงานเอกชน

OCC3 = ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

OCC4 = ประกอบอาชีพนักศึกษา

OCC5 = ประกอบอาชีพรับจ้าง/ฟรีแลนซ์

OCC6 = ประกอบอาชีพพ่อบ้าน/แม่บ้าน

MEM = จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (คน)

STATUS = สถานภาพในครัวเรือน

(0 = เป็นหัวหน้าครัวเรือน, 1 = ไม่เป็นหัวหน้าครัวเรือน)

OWNER = ความเป็นเจ้าของที่พักอาศัย

(0 = บ้านของตัวเอง, 1 = เช่าอาศัย/อยู่ชั่วคราว)

AREA = กลุ่มเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร
PAR = การมีส่วนร่วมจัดการขยะมูลฝอยในครัวเรือน (0 = มีส่วนร่วม, 1 = ไม่มีส่วนร่วม)
INFECTBF = การใช้ขยะมูลฝอยติดเชื้อก่อนเกิดการระบาด (0 = มีการใช้, 1 = ไม่มีการใช้)
QUAN = ปริมาณทิ้งขยะมูลฝอยเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม)
NO_INFECT = ปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ยต่อวัน (ชิ้น)
SELECT = การคัดแยกขยะมูลฝอยติดเชื้อจากขยะอื่น (0 = คัดแยก, 1 = ไม่คัดแยก)
COST = ค่าธรรมเนียมการจัดการขยะมูลฝอย (บาท)
PREF = ความพึงพอใจต่อการจัดการขยะของภาครัฐ
ATTITUDE = การรับรู้ถึงปัญหาและผลกระทบ (คะแนนเฉลี่ย โดย 0 = ระดับน้อย , 1 = ระดับมาก)
AWARE = การมีส่วนร่วมจัดการที่ถูกสุขลักษณะ (คะแนนเฉลี่ย โดย 0 = ระดับน้อย , 1 = ระดับมาก)
ATTEND = ความรู้เบื้องต้น ความสนใจ และการเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (1 = ไม่มีความรู้ความสนใจ และไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรม จนถึง 4 = มีความรู้ความสนใจ และเคยเข้าร่วมกิจกรรม)

3. ผลการศึกษา

3.1 การตอบสนองต่อความเต็มใจจะจ่าย

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างตามระดับราคาเริ่มต้นที่เสนอและการตอบสนองราคาเสนอขั้นสอง

ราคาเสนอขั้นต้น	จำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม				
	(Yes,Yes)	(Yes,No)	(No,Yes)	(No,No)	รวม
60 บาทต่อเดือน	57 (39.04%)	55 (37.67%)	26 (17.81%)	8 (5.48%)	146
80 บาทต่อเดือน	16 (9.30%)	37 (21.51%)	90 (52.33%)	29 (16.86%)	172
100 บาทต่อเดือน	12 (7.36%)	35 (21.47%)	68 (41.72%)	48 (29.45%)	163
150 บาทต่อเดือน	2 (1.31%)	15 (9.80%)	65 (42.48%)	71 (46.41%)	153

จากตารางที่ 3 การหาค่าความความเต็มใจจะจ่ายเพื่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนในเขตกรุงเทพมหานคร รวบรวมข้อมูลจาก 634 ครัวเรือนตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ราคาเสนอเริ่มต้น 60 บาทต่อเดือน มีผู้ตอบแบบสอบถามเต็มใจที่จะจ่าย เพิ่มขึ้น 102 ครัวเรือน (ร้อยละ 76.71) และปฏิเสธที่จะจ่าย จำนวน 34 ครัวเรือน (ร้อยละ 23.29) และหากพิจารณาตามคำตอบราคาเสนอขั้นสอง พบว่ามีผู้ตอบแบบสอบถามยินดีที่จะจ่ายเมื่อราคาเสนอเริ่มต้นลดลงเป็น 30 บาทต่อเดือน จำนวน 26 ครัวเรือน (ร้อยละ 16.18) ในขณะที่ราคาเสนอเริ่มต้น 80 บาทต่อเดือน มีผู้ตอบแบบสอบถามเต็มใจที่จะจ่าย เพิ่มขึ้น 33 ครัวเรือน (ร้อยละ 30.81) และมีปฏิเสธที่จะจ่าย จำนวน 119 ครัวเรือน (ร้อยละ 69.19) และหากพิจารณาตามคำตอบราคาเสนอขั้นสอง พบว่ามีผู้ตอบแบบสอบถามยินดีที่จะจ่ายเมื่อราคาเสนอเริ่มต้นลดลงเป็น 40 บาทต่อเดือน จำนวน 90 ครัวเรือน (ร้อยละ 52.33) สำหรับราคาเสนอเริ่มต้น 100 บาทต่อเดือน มีผู้ตอบแบบสอบถามเต็มใจที่จะจ่าย เพิ่มขึ้น จำนวน 47 ครัวเรือน (ร้อยละ 28.83) และปฏิเสธที่จะจ่าย จำนวน 116 ครัวเรือน (ร้อยละ71.17) และหากพิจารณาตามคำตอบราคานำเสนอขั้นสอง พบว่า มีผู้ตอบแบบสอบถามยินดีที่จะจ่ายเมื่อราคาเสนอเริ่มต้นลดลงเป็น 50 บาทต่อเดือน จำนวน 68 ครัวเรือน (ร้อยละ 41.72) และท้ายสุด ราคาเสนอเริ่มต้น 150 บาทต่อเดือน มีผู้ตอบแบบสอบถามเต็มใจที่จะจ่าย เพิ่มขึ้น 17 ครัวเรือน (ร้อยละ 22.87) และปฏิเสธที่จะจ่าย จำนวน 136 ครัวเรือน (ร้อยละ 88.89) และหากพิจารณาตามคำตอบราคานำเสนอขั้นสอง พบว่ามีผู้ตอบแบบสอบถามยินดีที่จะจ่ายเมื่อราคาเสนอเริ่มต้นลดลงเป็น 75 บาทต่อเดือน จำนวน 65 (ร้อยละ 42.48)

ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามเต็มใจจะจ่ายราคาเสนอเริ่มต้น เมื่อราคาเสนอเริ่มต้นมีค่าน้อย ในขณะที่ผู้ตอบแบบสอบถามจะปฏิเสธราคาเสนอเริ่มต้นเมื่อราคาเสนอเริ่มต้นมีมากขึ้น จึงมีแนวโน้มที่ผู้ตอบแบบสอบถามปฏิเสธ

ราคาเสนอขั้นที่สองมากกว่าที่ยอมรับราคาเสนอขั้นที่สองเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามกฎของอุปสงค์

3.2 มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร

ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 มูลค่าความเต็มใจจะจ่าย

ค่าทางสถิติ	ประมาณค่า
ค่า Log-likelihood	-675.99107
ค่าเฉลี่ยของความเต็มใจจะจ่าย (Mean of WTP)	86.07292

จากตารางที่ 4 มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบจำลอง Double Bounded Logit Model มีค่าประมาณ 86.073 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 1,032.876 บาทต่อปี เพื่อให้ได้มาซึ่งการพัฒนาและปรับปรุงบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนให้ดีขึ้นจากเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ครัวเรือนให้ความสำคัญกับความปลอดภัยของสุขภาพ เล็งเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการจัดการด้านการรักษาความสะอาดและการรักษาสภาพแวดล้อมที่มากขึ้น

3.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อมูลค่าความเต็มใจจะจ่าย

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อมูลความเต็มใจจะจ่ายจำเป็นต้องมีการหาค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์เพื่อทดสอบว่าตัวแปรอิสระความสัมพันธ์ระหว่างกันหรือไม่ และป้องกันปัญหา Multicollinearity ทั้งนี้ ผลจากการทดสอบพบว่าสามารถใช้แบบจำลองเดิมที่ไม่ต้องมีการตัดตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งออก ทำให้ได้ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร มีรายละเอียดดังนี้

เขตพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นกลาง แปรผันตรงที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ครัวเรือนในเขตกรุงเทพมหานครชั้นกลางมีแนวโน้มที่จะมีความเต็มใจจะจ่ายเพื่อบริหารจัดการขยะติดเชื้อมากกว่า ในขณะที่การมีส่วนร่วม/ความร่วมมือในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนที่ถูกสุขลักษณะ แปรผันตรงที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยครัวเรือนที่มีส่วนร่วม/ความร่วมมือมาก จะมีความเต็มใจจะจ่ายสูงกว่ารายได้ต่อเดือน แปรผันตรงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากรายได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้เต็มใจจะจ่ายเพื่อการจัดการขยะติดเชื้อสูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ มนทิชา มรุธพงษ์สาธร (2558) [6] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการบริหารจัดการปัญหาขยะในตลาดนัดจัตุจักร กรุงเทพมหานคร และมโนลี ศรีเปารยะ เพ็ญพงษ์ (2561) [7] ที่ศึกษาความเต็มใจจะจ่ายในการกำจัดขยะพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลคลองประสงค์ อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ เช่นเดียวกัน ส่วนปริมาณการทิ้งขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ยหนึ่งวัน แปรผกผันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยครัวเรือนที่มีปริมาณการทิ้งขยะมูลฝอยเฉลี่ยสูงกว่าจะมีมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายต่ำกว่า ซึ่งตรงข้ามกับผลการศึกษาของ Tassie & Endalew (2020)[8] ที่ประเมินมูลค่าความเต็มใจจ่ายค่ากำจัดขยะมูลฝอยจากบ้านเรือน กรณีศึกษาเมือง Bahir Dar ประเทศเอธิโอเปีย ส่วนปัจจัยด้านความเป็นเจ้าของที่พักอาศัย ค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย และปัจจัยด้านความรู้เบื้องต้น ความสนใจ และการเข้าร่วมกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม แปรผกผันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เช่นกัน กล่าวคือ ครัวเรือนที่อาศัยอยู่ที่บ้านของตนเอง จ่ายค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยสูง ตลอดจนเป็นครัวเรือนที่มีความรู้เบื้องต้น ความสนใจและการเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่านั้น กลับมีมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อต่ำกว่า

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อมูลค่าความเต็มใจจะจ่าย

ตัวแปร	Coef.	Std. Err.
GENDER	-7.227237	4.727175
AGE	-.1419656	.4398694
EDU2	3.593389	31.39985
EDU3	13.6797	29.23507
EDU4	19.56713	29.3018
EDU5	2.138534	31.17745
INC	.0006549**	.0002701
HOMEINC	.000065	.0000567

ตัวแปร	Coef.	Std. Err.
OCC2	5.544374	5.970792
OCC3	-6.881023	10.43893
OCC4	-5.383398	10.58634
OCC5	9.211208	12.23455
OCC6	33.46242	17.5913
MEM	2.754459	2.830078
OWNER	-18.15314**	5.246151
STATUS	-2.672632	5.251926
AREA2	37.44671***	7.639675
AREA3	6.801078	6.321175
PAR	-1.417459	6.945707
INFECTBF	-4.615857	6.486408
QUAN	-6.014758**	2.675849
NO_INFECT	-1.989994	2.10679
SELECT	7.526183	6.172928
COST	-.2610511**	.1323167
PREF	-1.851085	2.74032
ATTITUDE	2.555189	2.395758
ATTEND	-8.976601**	4.022129
AWARE	28.7366***	4.837025
_cons	16.95889	40.17828

หมายเหตุ: *** , ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ

4. สรุป

ผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 634 ครัวเรือน พบว่า มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนตัวอย่างในกรุงเทพมหานคร มีค่าประมาณ 86.073 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 1,032.876 บาทต่อปี เพื่อให้ได้มาซึ่งการพัฒนา/ปรับปรุงบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนให้ดีขึ้นจากเดิม

และสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร มีตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ เขตพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นกลาง ที่มีแนวโน้มที่จะมีความเต็มใจจะจ่ายมากกว่าครัวเรือนที่อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นอื่นๆ อาจเนื่องมาจากเขตพื้นที่ชั้นกลางมีศูนย์การกำจัดมูลฝอยติดเชื้ออ่อนนุช ซึ่งมีโรงงานถึงสามแห่งในพื้นที่ ในขณะที่ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วม/ความร่วมมือในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนที่ถูกสุขลักษณะ กล่าวคือ ครัวเรือนที่มีส่วนร่วม/ความร่วมมือมากกว่า จะมีความเต็มใจจะจ่ายสูงกว่า เนื่องจากประชาชนตระหนักรู้ถึงความสำคัญและความจำเป็นของระบบการทำงาน ประโยชน์และความคุ้มค่าจากการมีระบบกระบวนการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อที่ถูกสุขลักษณะ

ส่วนปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มี 5 ปัจจัย ได้แก่ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งมีผลในทิศทางเดียวกัน โดยครัวเรือนที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนสูงกว่าจะมีมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายมากกว่า ในขณะที่ปัจจัยความเป็นเจ้าของที่พักอาศัย ปริมาณการทิ้งขยะมูลฝอยเฉลี่ยหนึ่งวัน ค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย และปัจจัยด้านความรู้เบื้องต้น ความสนใจ และการเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม ให้ผลในทางตรงข้ามคือ ครัวเรือนที่อาศัยอยู่บ้านของตนเอง มีปริมาณการทิ้งขยะมูลฝอยมาก จ่ายค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยสูง ตลอดจนเป็นครัวเรือนที่มีความรู้เบื้องต้น ความสนใจ และการเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่านั้น กลับมีมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อน้อยกว่า

จากการประเมินมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายสำหรับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนตัวอย่างในกรุงเทพมหานคร จะเห็นได้ว่ามีมูลค่าประมาณ 86.073 บาทต่อเดือน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องของกรุงเทพมหานครสามารถเก็บค่าธรรมเนียมที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเป็นการสนับสนุนข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ค่าธรรมเนียมการให้บริการในการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือขยะมูลฝอยตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข พ.ศ.2563 ที่จะประกาศใช้ในอนาคต โดยไม่ได้ทำครัวเรือนได้รับความเดือดร้อนและเป็นราคาที่มีความเหมาะสม โดยเมื่อนำค่าเฉลี่ยของความเต็มใจจะจ่าย (Mean of WTP) คูณกับจำนวนครัวเรือนทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานคร (ปี 2564) จำนวน 3,147,231 ครัวเรือน ด้วยเหตุนี้ มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายของครัวเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครต่อการบริหาร

ID015

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่โฮมเมดบริเวณสถานีบีทีเอส

Factors analysis affecting purchase decisions by homemade bakeries around the BTS station

พิมพ์ญาดา ไล้สวัสดิ์[1*] และ ศิวลาภ สุขไพบูลย์วัฒน์[2]
[1]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ
[2] คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[*]E-mail: auechai12345@gmail.com

Pimyada Laisawat[1*] and Sivalap Sukpaiboonwat[2]
[1]Faculty of Economics at Bangkok, Srinakharinwirot University
[2] Faculty of Economics, Srinakharinwirot University
[*]E-mail: auechai12345@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่โฮมเมดบริเวณสถานีบีทีเอสกรุงเทพมหานคร เก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิโดยการเก็บแบบสอบถามประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการบริเวณสถานีบีทีเอสในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน แบบสอบถามเป็นเครื่องมือใช้วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาโดยแจกแจงจำนวนค่าร้อยละและวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงปริมาณวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression) ถูกนำมาใช้หาความสัมพันธ์ในส่วนประสมทางการตลาด หรือ 7Ps ผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 73.5 อายุอยู่ในช่วง 19-29 ปี ร้อยละ 68.0 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 82.0 มีระดับการศึกษาปริญญาตรี ร้อยละ 70.0 อาชีพเป็นพนักงานบริษัท ร้อยละ 41.5 และส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,000-20,000 บาท ร้อยละ 33.3 โดยส่วนใหญ่เคยใช้บริการสถานีบีทีเอสสยามมากที่สุด ร้อยละ 72.3 ด้านค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความสนใจซื้อเค้กมากที่สุด ร้อยละ 62.0 ค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ต่อครั้งที่ 51-100 บาท ร้อยละ 47.8 สนใจซื้อเบเกอรี่ในช่วงเวลา 15.00-18.00 น. ร้อยละ 35.5 และสนใจซื้อเบเกอรี่จำนวน 2 ชิ้นต่อครั้ง ร้อยละ 44.0 ความถี่ในการซื้อเบเกอรี่ 1-2 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 43.5 จากผลการศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาด (7Ps) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ ได้แก่ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) เบเกอรี่มีความหลากหลาย มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.028 ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) ร้านเบเกอรี่มีจำนวนหลายสาขาให้เลือกซื้อ มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.040 ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) มีการจัดโปรโมชั่นอย่างสม่ำเสมอ มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.045 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Evident) มีการจัดวางเบเกอรี่อย่างเหมาะสม มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.025 และปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ (Process) การให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกครั้ง มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 ดังนั้น ปัจจัยทั้ง 5 ด้าน มีความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้น ผู้ประกอบการที่สนใจจะเปิดร้านขายเบเกอรี่ควรศึกษาการตลาดในทุกด้าน ทั้งในด้านการจัดโปรโมชั่นเพื่อสร้างแรงจูงใจให้เกิดการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ และการบริการที่เป็นมาตรฐาน

คำหลัก ปัจจัยส่วนประสมการตลาด (7Ps), เบเกอรี่โฮมเมด, การตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

Abstract

The objective of this study is to factor analysis affecting purchase decisions by homemade bakeries around the BTS station in Bangkok. Collect data from primary sources by collecting questionnaires. the sample group consisted of 400 people using the service around the BTS station in Bangkok. The Instruments is a questionnaire of the sample group that uses descriptive statistics to show the result of percentages, and Describe quantitative Statistics to analyze Multiple Regression was applied in analyzing the relationship of Marketing mix factors (7Ps), Product, price, place, promotion, physical, process, people and found to be correlated with homemade bakery around the BTS station purchasing decision at the significant level of 0.05. The study found that most of the respondents were female percentages 73.5, aged 19-29 years old percentages 68.0, single percentages 82.0, with Bachelor's Degree percentages 70.0, private sector employees percentages 41.5, had 10,000-20,000 bath average monthly percentages 33.3 Most use the service BTS station Siam percentages 62.0. Most purchase and cost bakeries 51-100 baths per time percentages 47.8. Most of them were interested in buying bakeries duration 15.00-18.00 percentages 35.5 and interested in buying bakeries quantity 2 pieces at a time percentages 44.0 and purchase and cost bakeries 1-2 pieces per month percentages 43.5. From the results, Marketing mix factors (7Ps) are the results factors affecting purchase buying decisions bakery. (Product) The bakery has a wide variety a significant level of 0.028. (Place) The place bakery shop has many branches to choose from at a significant level of 0.040. (Promotion) The Promotional there are regular promotions at a significant level of 0.045. (Physical Evident) The Physical bakery is properly set up at a significant level of 0.025. (Process) The process The service is of the same standard every time a significant level of 0.001. Therefore 5 factors of the relationships affecting the Decisions to purchase bakeries around the BTS station at a significant level of 0.05. Therefore interested entrepreneurs should open a bakery shop and Study marketing in all aspects. the promotions to create a point of attraction for customers. As motivation for Buying decisions bakeries should have service standards.

Keywords: Marketing mix(7Ps), Bakery homemade, Buying decisions bakery

1. บทนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการบริโภคมีอยู่มากมายหลายประเภท ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเบเกอรี่ก็จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายไปทั่วโลกอย่าง เช่น ขนมปังขนมเค้ก และขนมอบที่อบด้วยเตา เป็นต้น ปัจจุบันประชากรในประเทศไทยมีชีวิตความเป็นอยู่แบบเร่งรีบมากขึ้น และมีการรับเอาวัฒนธรรมความเป็นอยู่จากประเทศตะวันตกเข้ามา โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมผู้บริโภคอาหาร ซึ่งมีนิสัยการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เข้ามามีบทบาทในสังคมไทยมากขึ้น กล่าวคือ มีผู้คนจำนวนมากหันมาบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ชนิดต่าง ๆ ทดแทนการบริโภคอาหารหลักอย่างข้าวอย่างเดียวเนื่องจากที่ต้องการ และจากความนิยมในการบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ไม่ว่าจะเป็นขนมปัง ขนมเค้ก ทำให้มีธุรกิจร้านเบเกอรี่เปิดขึ้นใหม่เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย รวมทั้งรูปแบบการให้บริการแต่ละที่ก็จะแตกต่างกันออกไป กระแสความนิยมในการบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่เพิ่มมากขึ้น ด้วยทุกวันนี้จากนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการให้ไทยเป็นครัวโลก

รวมทั้งคนไทยสนใจและตื่นตัวกับการได้ทดลองเบเกอรี่ที่สวยงามแปลกใหม่ จึงได้มีร้านเบเกอรี่รูปแบบที่ทันสมัยภายในร้านตกแต่งที่ทันสมัยมีเบเกอรี่ที่มีคุณภาพดีเกิดขึ้นมากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคการประกอบธุรกิจมีทั้งผู้ที่ประสบความสำเร็จและล้มเหลวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น คุณภาพของสินค้าสถานที่ในการจัดจำหน่ายและบริการมีความแตกต่างจากคู่แข่งรวมทั้งต้องตอบสนองผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ปัจจุบันสถานการณ์คนในเมืองใหญ่ค่อนข้างเร่งรีบทั้งในด้านการจราจรในเมืองกรุงเทพมหานคร ฉะนั้น จะเห็นการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนไปจากพฤติกรรมการบริโภคและทิศทางการเติบโตของตลาดเบเกอรี่ในประเทศไทยที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องโดยดูแนวโน้มการตลาดได้พยากรณ์แนวโน้มการเติบโตตั้งแต่ พ.ศ.2560 มูลค่าการเติบโต 29,940 ล้านบาท พ.ศ.2561 มูลค่าการเติบโต 31,754 ล้านบาท พ.ศ.2562 มูลค่าการเติบโต 33,627 ล้านบาท พ.ศ. 2563 มูลค่าการเติบโต 35,560 ล้านบาทพ.ศ.2564 มูลค่าการเติบโต 37,547 ล้านบาท พ.ศ.2565 มูลค่าการเติบโต 39,579 ล้านบาท เห็นได้ชัดว่ามี market size ที่เติบโตมากในภาคอุตสาหกรรมเบเกอรี่ [1]

วัตถุประสงค์เพื่อการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อ การตัดสินใจซื้อเบเกอรี่โฮมเมดบริเวณสถานีบีทีเอส

การทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคและโครงสร้างอุตสาหกรรมเบเกอรี่ในประเทศไทย และ ทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด (7Ps)

ความหมายอุปสงค์ (Demand) ไพรินทร์แย้มจินดา และ วรรณา ทองเจริญกุล (2546) [2] กล่าวว่า อุปสงค์ (Demand) หมายถึง ความตองการของประชาชนที่ต้องการจะซื้อสินค้าและบริการในราคาที่กำหนดและสามารถซื้อสินค้าและบริการนั้นได้ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความสามารถและ Demand)กำลังซื้อของแต่ละบุคคล เช่น นายสมชายต้องการซื้อรถยนต์แต่ไม่มีเงินซื้อก็จะเป็นความต้องการที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ แต่ถ้านายสมชายมีเงินซื้อรถได้ลักษณะเช่นนี้ถือเป็นความต้องการที่แท้จริงในทางเศรษฐศาสตร์ และเรียกว่าอุปสงค์ที่มีประสิทธิผล หรือเรียกสั้น ๆ ว่า อุปสงค์ สรุปได้ว่าอุปสงค์ หมายถึง ความต้องการซื้อสินค้าหรือบริการที่ผู้บริโภคมีความเต็มใจที่ จะซื้อและมีความสามารถในการซื้อได้ ณ ระดับราคาต่างๆโดยสมมติให้ปัจจัยอื่นคงที่ ดังนั้นความต้องการของผู้บริโภคที่ จะเรียกว่า อุปสงค์ (Effective Demand) [3]

โครงสร้างอุตสาหกรรมเบเกอรี่ในประเทศไทย

ขนมอบหรือเบเกอรี่ (Bakery) เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับเศรษฐกิจของประเทศและเป็นอยู่ของประชาชนในทุกประเทศทั่วโลกโดยสามารถแบ่งอุตสาหกรรมเบเกอรี่ได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ขนมมอบและขนมปัง โดยมีวัตถุดิบหลักในการผลิตเช่นแป้ง เนย น้ำตาล ครีม ไข่ เป็นต้น และผ่านขั้นตอนการผสมแป้ง ขึ้นรูป หมัก ทอด อบ เป็นต้น [4] ในขณะที่ ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร [5] กล่าวในบทความ “ ตลาดขนมอบในประเทศไทย” เดือนมีนาคม 2563 ไว้ว่า การใช้เทคโนโลยีด้านนวัตกรรม เข้ามามีบทบาทกับผู้บริโภคมากขึ้น และยังมีความหลากหลายแต่ละประเภทเช่นขนมปัง เพสตรี้ ขนมเค้ก ขนมอบแบบแช่แข็ง และขนมหวานแบบอบอื่นๆ ที่มีชื่อเรียกตามแต่ลักษณะหรือกระบวนการทำแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไป

ทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด

Kotler (2015) [6] กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix) หมายถึง เครื่องมือทางการตลาด ซึ่งธุรกิจจะมีการผสมผสานเครื่องมือหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้สามารถสร้าง ความพึงพอใจและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่เป็นกลุ่มเป้าหมายได้ โดยส่วนประสม การตลาดมีทั้งหมด 7 ส่วนประกอบ เรียก 7Ps ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ (Product), ราคา (Price), ช่อง ทางการจัดจำหน่าย (Place), ส่งเสริมทางการตลาด (Promotion), บุคลากร (People), ลักษณะ ทางกายภาพ (Physical Evidence) และกระบวนการ (Process)

สุชญา อาภาภัทร (2559) [7] ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อเบเกอรี่แบบTake Away ของคนวัยทำงานในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีจำนวน 6 ปัจจัย โดย

เรียงลำดับค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย (Beta coefficient) จากมากไปน้อย คือ ปัจจัยด้านกายภาพและการให้บริการ ปัจจัยด้านรสชาติและความสดใหม่ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านรูปลักษณ์ บรรจุภัณฑ์และตราสินค้า ปัจจัยด้านราคา และปัจจัยด้านส่งเสริมการขายและการตกแต่งร้าน โดยปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด การขายและการตกแต่งร้านส่งผลเชิงลบต่อการตัดสินใจซื้อในขณะที่ปัจจัยด้านความหลากหลายและปัจจัยด้านวัตถุดิบและประโยชน์ทางโภชนการไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่แบบ Take Away โดยตัวแบบดังกล่าวสามารถนำมาอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อเบเกอรี่แบบ Take Away ของคนวัยทำงานในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลได้ร้อยละ 25.4 โสภิตา รัตนสมโชค (2558) [8] ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจ ในการใช้บริการรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ (บีทีเอส) ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ต่าง ๆ ที่ได้จากการจัดกลุ่ม และทำให้พบว่า มีตัวแปรอิสระจำนวน 5 ปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อความพึง พอใจในการใช้บริการรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ (บีทีเอส) ของผู้ใช้บริการในเขตกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้แก่ ปัจจัยด้านบุคลากร และลักษณะทางกายภาพภายในสถานีรถไฟฟ้า ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด การจัดการปัญหา และการเชื่อมต่อจากสถานีรถไฟฟ้า ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และ เส้นทางการให้บริการ และปัจจัยด้านการบริหารจัดการกระบวนการทำงานของรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ (บีทีเอส) และสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานี โดยปัจจัยทั้ง 7 ตัวนั้น สามารถอธิบายความ พึงพอใจในการใช้บริการรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ (บีทีเอส) ได้ถึงร้อยละ 55.3

2. วิธีการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากการเก็บแบบสอบถามประชากรผู้ใช้บริการไป-กลับบริเวณสถานีบีทีเอสในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 240,139,471 คน/ปี จากการคำนวณของ Yamane [9] ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน โดยเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 8 สิงหาคม 2564 - 30 มีนาคม 2565 แบ่งการสอบถามออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามและข้อมูลค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่

ส่วนที่ 2 ข้อมูลส่วนประสมทางการตลาด หรือ 7Ps

พื้นที่วิจัย

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้ที่ใช้บริการบริเวณสถานีบีทีเอส จังหวัดกรุงเทพมหานคร

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา เป็นการวิเคราะห์ลักษณะทางด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ โดยศึกษาและนำเสนอในรูปแบบของตารางแจกแจงความถี่ และค่าร้อยละ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นการนำเสนอข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression) โดยกำหนดให้ Y เป็นการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ และ X จำนวน 13 แปร เป็นปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ สมการดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Sex + \beta_2 Age + \beta_3 Sta + \beta_4 Edu + \beta_5 Carr + \beta_6 Incom + \beta_7 Pd + \beta_8 Pri + \beta_9 Plc + \beta_{10} Pmt + \beta_{11} Pe + \beta_{12} Pro + \beta_{13} Po + \in$$

โดยกำหนดให้

Y = การตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

X1 (Sex) = เพศ

X2 (Age)= อายุ

X3 (Sta) = สภานภาพ

X4 (Edu) = การศึกษา

X5 (Carr) = อาชีพ

X6 (Income) = รายได้

X7 (Pd) = ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์

X8 (Pri) = ปัจจัยด้านราคา
X9 (Plc) = ปัจจัยด้านช่องจัดจำหน่าย
X10 (Pmt) = ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด
X11 (Pe) = ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ
X12 (Pro)= ปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ
X13 (Po) = ปัจจัยด้านบุคลากร
β_0 คือ ค่าคงที่ (constants) ของสมการถดถอย
$\in$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ส่วนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

การวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และการใช้บริการสถานี บีทีเอส โดยแจกแจงจำนวนและค่าร้อยละ

การวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ ได้แก่ ประเภทผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ซื้อบ่อยที่สุด ค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ต่อครั้ง ช่วงเวลาที่ซื้อเบเกอรี่บ่อยที่สุด จำนวนผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ซื้อต่อครั้ง และความถี่ในการซื้อเบเกอรี่ โดยแจกแจงจำนวน และค่าร้อยละ

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ

วิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทดสอบสมมติฐาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ ด้านข้อมูลประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน และด้านข้อมูลส่วนประสมทางการตลาด หรือ 7Ps ได้แก่ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) ปัจจัยด้านราคา (price) ปัจจัยด้านช่องจัดจำหน่าย (Place) ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Evident) ปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ (Process) และปัจจัยด้านบุคลากร (People) และวิเคราะห์ข้อมูลจากสมการการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

3. ผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ผลการวิจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์ พบว่า เพศหญิง ร้อยละ 73.5 มีอายุอยู่ในช่วงอายุ 19-29 ปี ร้อยละ 68.0 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 82.0 มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 70.0 มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัท ร้อยละ 41.5 ซึ่งส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,000-20,000 บาท ร้อยละ 33.3 โดยกลุ่มตัวอย่างเคยใช้บริการบีทีเอส สถานีสยามมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 72.3

ผลการวิจัยข้อมูลค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ พบว่า กลุ่มตัวอย่างสนใจซื้อเค้กเป็นอับดับแรก ร้อยละ 62.0 ส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ต่อครั้งที่ 51-100 บาท ร้อยละ 47.8 สนใจซื้อเบเกอรี่ในช่วงเวลา 15.00-18.00 น.ร้อยละ 35.5 มีความสนใจซื้อเบเกอรี่จำนวน 2 ชิ้นต่อครั้ง ร้อยละ 44.0 และมีความถี่ในการซื้อเบเกอรี่ 1-2 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 43.5

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ

วิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression analysis) ด้านข้อมูลประชากรศาสตร์ และด้านข้อมูลส่วนประสมทางการตลาด หรือ 7Ps

ตาราง 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านประชากรศาสตร์ในสมการถดถอยของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients		
	Beta	t	Sig.
(Constant)		4.179	.000
เพศ	.001	.023	.982
อายุ	-.009	-.143	.886
สถานภาพ	.034	.629	.530
ระดับการศึกษาสูงสุด	-.170	-3.179	.002
อาชีพ	.128	2.472	.014
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	.239	3.923	.000

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

สมมติฐานที่ 1 ปัจจัยด้านเพศ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.982 ซึ่งมีค่ามากกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านเพศไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานที่ 2 ปัจจัยด้านอายุ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.886

ซึ่งมีค่ามากกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านอายุไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานที่ 3 ปัจจัยด้านสถานภาพ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.530 ซึ่งมีค่ามากกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านสถานภาพไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานที่ 4 ปัจจัยด้านระดับการศึกษา ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.002 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านระดับการศึกษา ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษากับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางตรงข้ามกัน หากพิจารณาด้านระดับการศึกษาลดลง 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะลดลงร้อยละ 17

สมมติฐานที่ 5 ปัจจัยด้านอาชีพ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.014 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านอาชีพส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างอาชีพกับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณาด้านอาชีพเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.8

สมมติฐานที่ 6 ปัจจัยด้านรายได้ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านรายได้ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้กับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณาด้านรายได้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.9

ผลการวิเคราะห์ลักษณะประชากรศาสตร์ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

Buy-decisions bakery = 0.825 + 0.002Sex
- 0.008Age + 0.044 Sta - 0.161Edu* + 0.073Carr* +
0.126Income* + ∈

R^2 = 0.495

(*มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05)

จากสมการจะสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์เพศมีค่าเท่ากับ 0.002 อายุมีค่าเท่ากับ -0.008 สถานภาพมีค่าเท่ากับ 0.044 ระดับการศึกษามีค่าเท่ากับ -0.161 อาชีพมีค่าเท่ากับ 0.073 และรายได้มีค่าเท่ากับ 0.126 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.495 สามารถประมาณค่าโอกาสในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ได้ว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปัจจัยด้านประชาการศาสตร์ 1 หน่วย จะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจซื้อเบเกอรี่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเช่นกัน

ตาราง 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านผลิตภัณฑ์ (Product) ในสมการถดถอยของปัจจัยที่มีส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients		
	Beta	t	Sig.
(Constant)		22.205	.000
มีคุณค่าทางโภชนาการ	.012	.228	.820
วัตถุดิบที่ใช้ทำเบเกอรี่มีคุณภาพดี	.036	.638	.524
เบเกอรี่มีรสชาติ อร่อย ถูกปาก	.070	1.274	.203
เบเกอรี่มีความสดใหม่	-.005	-.081	.936
เบเกอรี่มีความหลากหลาย	.128	2.203	.028
มีการระบุวันหมดอายุของเบเกอรี่-อย่างชัดเจน	.047	.757	.450
บรรจุภัณฑ์สวยงาม	-.110	-1.722	.086
รูปลักษณ์เบเกอรี่ สวยงามน่า-รับประทาน	-.009	-.136	.892

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

สมมติฐานที่ 7 ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า เบเกอรี่มีความหลากหลาย มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.028 ซึ่งมีค่าน้อย

กว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) หัวข้อ เบเกอรี่มีความหลากหลาย ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างเบเกอรี่มีความหลากหลายกับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณาเบเกอรี่มีความหลากหลายเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.8

ตาราง 3 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านราคา (Price) ในสมการถดถอยของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients		
	Beta	t	Sig.
(Constant)		22.125	.000
ราคาเบเกอรี่เหมาะสมกับคุณภาพ	.028	.534	.593
ราคาเบเกอรี่มีความหลากหลาย	.009	.166	.869
ราคาเบเกอรี่เหมาะสมกับปริมาณ	.015	.280	.780
ราคาเบเกอรี่มีความเหมาะสมกับตราสินค้า(ยี่ห้อ)	-.020	-.371	.711
มีราคาชัดเจน	.072	1.376	.170

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

สมมติฐานที่ 8 ปัจจัยด้านราคา (price) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยด้านราคา (price) มีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านราคา (price) ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานที่ 9 ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า ร้านเบเกอรี่มีจำนวนหลายสาขาให้เลือกซื้อ มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.040 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) หัวข้อ ร้านเบเกอรี่มีจำนวนหลายสาขาให้เลือกซื้อ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างร้านเบเกอรี่ที่มีจำนวนหลากหลายสาขาให้เลือกซื้อกับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณาร้านเบเกอรี่ที่มีจำนวนหลากหลายสาขาให้เลือกซื้อเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.3

ตาราง 4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) ในสมการถดถอยของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients		
	Beta	t	Sig.
(Constant)		26.038	.000
ตั้งอยู่ในย่านชุมชน/ย่านธุรกิจ-ที่จะเข้าถึงได้สะดวก	-.005	-.101	.919
ร้านเบเกอรี่มีจำนวนหลาย-สาขาให้เลือกซื้อ	.103	2.058	.040
มีบริการรับสั่งซื้อเบเกอรี่-หลายทาง	.054	1.074	.284
สถานที่ที่ตั้งของร้านเบเกอรี่-ลูกค้ามองเห็นได้ง่าย ชัดเจน	.028	.557	.578

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) ในสมการถดถอยของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients		
	Beta	t	Sig.
(Constant)		22.341	.000
มีการส่งเสริมทางการตลาดที่-น่าสนใจ	-.009	-.170	.865
มีการโฆษณาและประชาสัมพันธ์-ผ่านสื่อต่างๆให้ลูกค้ารู้จักมากขึ้น	.078	1.527	.128
มีการจัดโปรโมชั่นอย่างสม่ำเสมอ	.102	2.011	.045

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

สมมติฐานที่ 10 ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า มีการจัดโปรโมชั่นอย่างสม่ำเสมอ มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.045 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) หัวข้อ มีการจัดโปรโมชั่นอย่างสม่ำเสมอ ส่งผล

ต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดโปรโมชั่นอย่างสม่ำเสมอกับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณาร้านเบเกอรี่ที่มีการจัดโปรโมชั่นอย่างสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.2

ตาราง 6 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Evident) ในสมการถดถอยของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients		
	Beta	t	Sig.
(Constant)		23.482	.000
ภายในร้านมีการตกแต่ง-อย่างสวยงาม ทันสมัย	-.015	-.302	.763
ภายในร้านมีความสะอาด-ถูกสุขอนามัย	.031	.603	.547
บรรยากาศในร้านอบอุ่นเป็น-กันเอง	-.038	-.735	.463
มีการจัดวางเบเกอรี่อย่าง-เหมาะสม	.116	2.244	.025

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

สมมติฐานที่ 11 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Evident) จากผลการวิจัย พบว่า มีการจัดวางเบเกอรี่อย่างเหมาะสม มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.025 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Evident) หัวข้อ มีการจัดวางเบเกอรี่อย่างเหมาะสม ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างมีการจัดวางเบเกอรี่อย่างเหมาะสมกับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณาร้านเบเกอรี่ที่มีการจัดวางเบเกอรี่อย่างเหมาะสมเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.6

ตาราง 7 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านกระบวนการให้บริการ (Process) ในสมการถดถอยของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients		
	Beta	t	Sig.
(Constant)		21.203	.000
มีความสะดวก รวดเร็ว ในการ-ให้บริการ	.010	.205	.838
ให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากัน-ทุกครั้ง	.171	3.327	.001
บริการตามความต้องการของ-ลูกค้า	-.022	-.445	.657
ให้บริการด้วยความถูกต้องแม่นยำ	.063	1.144	.253
มีขั้นตอนการให้บริการอย่างเป็น-ระบบ	.005	.081	.935

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

สมมติฐานที่ 12 ปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ (Process) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า ให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกครั้ง มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ด้านกระบวนการให้บริการ (Process) หัวข้อ ให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกครั้ง ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความสัมพันธ์ระหว่างการให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกครั้งกับการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณาร้านเบเกอรี่ที่มีการให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกครั้งเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.1

สมมติฐานที่ 13 ปัจจัยด้านบุคลากร (People) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ จากผลการวิจัย พบว่า ด้านบุคลากร (People) มีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน หรือกล่าวคือ ปัจจัยด้านบุคลากร (People) ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตาราง 8 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้านบุคลากร (People) ในสมการถดถอยของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่

	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
(Constant)		24.538	.000
พนักขายมีความกระตือรือร้น-เต็มใจให้บริการ	.029	.573	.567
พนักงานขายแต่งกายอย่าง-เหมาะสม	-.018	-.336	.737
พนักขายพูดจาสุภาพ อัธยาศัยดี	-.015	-.291	.771
พนักงานขายมีความรู้เกี่ยวกับ-เบเกอรี่อย่างดี	.062	1.157	.248

ที่มา : จากการสำรวจและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่สามารถเขียนสมการได้ ดังนี้

Buy-decisions bakery = 2.151 + 0.115Pd + 0.035Pri + 0.113Plc + 0.052Pmt + 0.065Pe + 0.2034Pro* - 0.035Po + ∈

R^2 = 0.047

(*มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05)

จากสมการจะสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 0.115 ปัจจัยด้านราคา มีค่าเท่ากับ 0.035 ปัจจัยด้านช่องจัดจำหน่าย มีค่าเท่ากับ 0.113 ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด มีค่าเท่ากับ 0.052 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ มีค่าเท่ากับ 0.065 ปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ มีค่าเท่ากับ 0.203 และปัจจัยด้านบุคลากร มีค่าเท่ากับ -0.035 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.047 สามารถประมาณค่าโอกาสในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ได้ว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปัจจัยด้านส่วนประสมการตลาด 1 หน่วย จะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจซื้อเบเกอรี่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเช่นกัน

4. สรุป

ผลการวิจัยลักษณะประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เป็นเพศหญิงร้อยละ 73.5 มีอายุอยู่ในช่วงอายุ 19-29 ปี ร้อยละ 68.0 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 82.0 มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 70.0 มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัท ร้อยละ 41.5 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,000-20,000 บาท ร้อยละ 33.3 โดยกลุ่มตัวอย่างเคยใช้บริการบีทีเอส สถานีสยามมากที่สุด ร้อยละ 72.3

ผลการศึกษาข้อมูลค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างสนใจซื้อเค้กเป็นอับดับแรก ร้อยละ 62.0 มีค่าใช้จ่ายในการซื้อเบเกอรี่ต่อครั้งที่ 51-100 บาท ร้อยละ 47.8 สนใจที่จะซื้อเบเกอรี่ในช่วงเวลา 15.00-18.00 น.ร้อยละ 35.5 สนใจที่ซื้อเบเกอรี่จำนวน 2 ชิ้นต่อครั้ง ร้อยละ 44.0 และมีความถี่ในการซื้อเบเกอรี่ 1-2 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 43.5

ผลการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมการตลาด หรือ 7Ps พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มี 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) หัวข้อ เบเกอรี่มีความหลากหลาย 2) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) หัวข้อ ร้านเบเกอรี่มีจำนวนหลายสาขาให้เลือกซื้อ 3) ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) หัวข้อ มีการจัดโปรโมชั่นอย่างสม่ำเสมอ 4) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Evident) หัวข้อ มีการจัดวางเบเกอรี่อย่างเหมาะสม และ 5) ปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ (Process) หัวข้อ การให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกครั้ง แสดงให้เห็นว่า ร้านเบเกอรี่ที่มีเบเกอรี่หลากหลาย มีหลายสาขา มีการจัดโปรโมชั่นสม่ำเสมอ มีการจัดวางเบเกอรี่อย่างเหมาะสม และมีการให้บริการที่เป็นมาตรฐาน จะส่งผลให้ลูกค้ามีการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ร้านนั้น และเมื่อนำปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มาวิเคราะห์รวมกันตามสมการการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่มีความสัมพันธ์กันมาก มีเพียงปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ (Process) หัวข้อ การให้บริการที่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกครั้งที่มีอิทธิผลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าผู้ประกอบการที่สนใจจะเปิดร้านขายเบเกอรี่ควรศึกษาการตลาดในทุกด้าน สลับเปลี่ยนหมุนเวียนในการจัดโปรโมชั่นและสร้างจุดดึงดูดลูกค้า เพื่อสร้างแรงจูงใจให้เกิดการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ และควรมีการบริการที่เป็นมาตรฐาน

ให้บริการเท่าเทียมกันทุกครั้งเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจแล้วกลับมาใช้บริการซ้ำ

5.ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา

ผลจากการศึกษาได้ข้อเสนอแนะว่าผู้ประกอบการที่สนใจเปิดร้านเบเกอรี่โฮมเมดบริเวณสถานีบีทีเอส นั้นควรที่จะวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านการตลาดให้ครอบคลุมครบทั้ง 7 ด้านคือผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด สภาพแวดล้อมทางกายภาพ กระบวนการให้บริการ และบุคลากรเป็นสำคัญควรมีการสลับเปลี่ยนหมุนเวียนในการจัดโปรโมชั่นและสร้างจุดดึงดูดลูกค้า

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในครั้งถัดไป

1. เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกควรทำการวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่ม ควบคู่ไปกับการแจกแบบสอบถาม เพื่อให้ได้ข้อมูลเฉพาะเจาะจง และผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามหรือสัมภาษณ์เชิงลึกนำไปใช้ในการพัฒนา ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้

2. ควรมีการขยายขอบเขตของงานวิจัย เพื่อทำให้ทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่ในแต่ละพื้นที่ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ และนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เกิดความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่

6. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงตำราหรือหนังสือ

[1] Euromonitor international. (2017). BAKED GOODS IN THAILAND.

[2] ไพรินทร์แย้มจินดา และ วรรณา ทองเจริญกุล. (2546). หลักเศรษฐศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์เอมพันธ์จำกัด.

[3] ณัฐ อมรภิญโญ (2554). วิชาเศรษฐศาสตร์จุลภาค 1: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

[4] กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (2563). แนวโน้มการพัฒนาอุตสาหกรรมเบเกอรี่จีน, จาก https://ditp.go.th/ditp_web61/article_sub_view.php?filename=contents_attach/614032/614032.pdf&title=614032&cate=762&d=0 (สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2565).

[5] ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. (2563). ตลาดขนมอบในประเทศไทย.จาก http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=286 (สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2565)

[6] Kotler. (2015). Burton Deans Brown Armstong Marketing 9th Edition: Pearson Education, p.25.

[7] สุชญา อาภาภัทร. (2559). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อเบเกอรี่แบบTake Away. (บริหารธุรกิจ) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต).

[8] โสภิตา รัตนสมโชค. (2558). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps) ที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจ ในการใช้บริการรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ (บีทีเอส). (บริหารธุรกิจ) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต).

[9] Yamane T. (1970). Statistics: An Introductory Analysis. Harper and Row, New YOK.

จัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 เท่ากับ 270,891,613.9 บาทต่อเดือน หรือประมาณ 3,250 ล้านบาทต่อปี ซึ่งจะทำให้กรุงเทพมหานครมีรายรับสำหรับค่าใช้จ่ายด้านการรักษาความปลอดภัยของสุขภาพและความสะอาดในพื้นที่เพิ่มขึ้น

5. ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยเรื่องเขตพื้นที่และการมีส่วนร่วม/ความร่วมมือในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อของครัวเรือนที่ถูกสุขลักษณะ มีอิทธิพลต่อมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายมากที่สุด ดังนั้นต้องมีการสร้างความตระหนักรู้และแรงจูงใจด้วยโฆษณาประชาสัมพันธ์ถึงประโยชน์จากการมีระบบการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อที่ดีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. ปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญกับมูลค่าความเต็มใจจะจ่ายในทิศทางบวก คือ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน สำหรับครัวเรือนที่มีรายได้น้อย ภาครัฐบาลที่เกี่ยวข้องควรให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดซื้อถุงสำหรับใส่ขยะติดเชื้อในครัวเรือน เพื่อสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับขยะที่ประชาชนมองว่าสูงเกินไป

3. หน่วยงานสำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร ควรมีมาตรการลดค่าธรรมเนียมในการจัดการขยะติดเชื้อ กรณีที่ครัวเรือนมีการปฏิบัติตามสุขลักษณะและมีการคัดแยกขยะก่อนทิ้ง รวมถึงควรจัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนการศึกษาค้นคว้าวิจัยพัฒนาในการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในด้านการจัดการ ถังรองรับ สถานที่ในการทิ้งขยะมูลฝอยติดเชื้อเพื่อเข้าสู่ระบบการจำกัดขยะที่ถูกวิธี มีมาตรฐานการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

4. หน่วยงานภาคเอกชนและเจ้าหน้าที่เขตที่เกี่ยวข้องควรพัฒนาการบริการและปรับปรุงงานดำเนินการ โดยมีมาตรการการจัดเก็บ ขนส่ง และกำจัดขยะติดเชื้อสำหรับครัวเรือนอย่างเป็นระบบ พัฒนาแผนในการดำเนินงานร่วมกับการคัดแยกประเภทให้ชัดเจน และกำหนดให้การบริหารจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อในครัวเรือนจากหน่วยงานอย่างทั่วถึง

5. ในอนาคต ควรขยายกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาให้มากขึ้น เพื่อสามารถพยากรณ์ผลลัพธ์และประมาณค่าต่างๆตามวัตถุประสงค์ได้แม่นยำมากกว่าเดิม รวมถึงศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากการวิจัยในครั้งนี้ เช่น ค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ป้องกันความเสี่ยงจากการแพร่ระบาด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากรองศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ อรรถวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. โสมสกาว เพชรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คณะกรรมการสอบ รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิ ขอขอบพระคุณที่กรุณาให้คำแนะนำ/ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้เกิดประโยชน์ถูกต้องตามหลักวิชาการ และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณคณะเศรษฐศาสตร์ ที่เป็นแหล่งรวบรวมความรู้ต่างๆ และขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้มอบความรู้ที่สำคัญต่อการทำวิจัย การศึกษาและการทำงานในอนาคต รวมถึงบุคลากรคณะที่เกี่ยวข้อง ที่ช่วยในการดำเนินการเรื่องต่างๆ ตลอดมา ทั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.มารยาท สมุทรสาคร ผู้บังคับบัญชา ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและประสบการณ์ในการเรียนรู้ ตลอดจนการใช้ชีวิตเป็นอย่างดี อีกทั้ง ผู้วิจัยขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่สละเวลาในการให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานในครั้งนี้ ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และท้ายสุดขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจและพลังสำคัญในการเรียน รวมถึงขอขอบคุณทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. 2564. การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของประเทศไทย, วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 44 ฉบับที่ 3, หน้า 115-128.

[2] ฐานเศรษฐกิจ. 2565. กทม. เดินหน้าเพิ่มความถี่จัดเก็บขยะโควิดในชุมชน, ข้อมูลจาก

https://www.thansettakij.com. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 พฤษภาคม 2565)

[3] ศูนย์อนามัยที่ 13 กรุงเทพมหานคร. 2558. เทคโนโลยีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อตามกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ.2545, ข้อมูลจาก https://mwi.anamai.moph.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 กรกฎาคม 2564)

[4] ไทยรัฐออนไลน์. 2564. กำจัดขยะติดเชื้ออีกปัญหายุคโควิด, ข้อมูลจาก https://www.thairath.co.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 สิงหาคม 2564)

[5] ภัทรานิษฐ์ ศรีจันทราพันธุ์ และ อำพรรณ ไชยบุญชู. 2564. การศึกษาปริมาณขยะในครัวเรือนช่วงการแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019, วารสารหอการค้าไทย, ปี 41 ฉบับที่ 2, หน้า 1-17

[6] Joseph A. Herriges. 1999. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 81 No. 1, pp. 231-234.

[7] มนทิชา มรุธพงษ์สาธร. 2558. การบริหารจัดการปัญหาขยะภายในตลาดนัดจตุจักร กรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

[8] มโนลี ศรีเปารยะ เพ็ญพงษ์ และคณะ. 2562. ความเต็มใจจะจ่ายในการกำจัดขยะพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลคลองประสงค์อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ปีที่ 11 ฉบับที่ 3, หน้า 528-539.

[9] Tassie, K., & Endalew, B. 2020. Willingness to pay for improved solid waste management services and associated factors among urban households: One and one half bounded contingent valuation study in Bahir Dar city, Ethiopia, Cogent Environmental Science, Vol.6 No.1.

ID047

ผลกระทบของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศญี่ปุ่นและอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนต่อความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอย

The Impact of Japan Stock Market and Exchange Rate on The Bitcoin Return's Volatility

ณัฐดนัย ไชยอักษร[1*] และณพล หงสกุลวสุ[1]
[1] คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[*] E-mail: samurai_bz@hotmail.com

Nutdanai Chaiaksorn[1*] and Napon Hongsakulvasu[1]
[1] Faculty of Economics, Chiang Mai University
[*] E-mail: samurai_bz@hotmail.com

บทคัดย่อ

การจัดกลุ่มหลักทรัพย์ (portfolio) โดยลงทุนในต่างตลาดกัน หรือลงทุนในสินทรัพย์ที่แตกต่างกัน จะเป็นการกระจายความเสี่ยงได้มากกว่าการลงทุนในตลาดเดียวกันหรือลงทุนแค่ในสินทรัพย์ประเภทเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาถึงผลกระทบของผลตอบแทนของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นและอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนญี่ปุ่นต่อความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอย โดยใช้แบบจำลองความผันผวนแบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัตเพื่อประมาณหาค่าสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไข (เคลื่อนไหวตามเวลา) เพื่อศึกษาประมาณค่าและศึกษาสหสัมพันธ์อย่างมีเงื่อนไขระหว่างตัวแปร ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลของราคาบิตคอย (Bitcoin) ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น (Nikkei225) และอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนญี่ปุ่น (JPY) โดยใช้ข้อมูลรายวันในช่วงเวลาระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2558 จนถึงวันที่ 31 เมษายน 2561 รวมทั้งสิ้น 638 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วอัตราความผันผวนของอัตราผลตอบแทนดัชนีหลักทรัพย์นิคเคอิ มีความสัมพันธ์ต่อความผันผวนของผลตอบแทนบิทคอยในทิศทางเดียวกันและความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนญี่ปุ่นมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

คำสำคัญ บิตคอย; ความผันผวนแบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัต; สหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไข

Abstract

Portfolio manager invests in different markets or invests in different assets to diversify risk efficiently than investment in only one market or one asset. This study examines the impact of Japan stock market and exchange rate on Bitcoin return's volatility by using multivariate volatility models, namely, Dynamic Conditional Correlation (DCC) model, which estimated conditional correlation. The daily data between October,1 2016 – April,31 2018. Total 638 samples. The empirical results indicate that volatility of return of Japan stock market are related to the volatility of Bitcoin in the opposite direction and volatility of return of Japanese exchange rate market are related to the volatility of Bitcoin in the same direction.

Keywords: Bitcoin, DCC-GARCH, Conditional Correlation

1. บทนำ

บิตคอย (Bitcoin) ถูกพัฒนาขึ้นในฐานะสินทรัพย์ที่อยู่ในรูปสกุลเงินดิจิตอล ที่มีลักษณะการเข้ารหัสทางระบบคอมพิวเตอร์ (Cryptocurrency) อีกทั้งได้รับความนิยมในกลุ่มนักลงทุนทางเลือกเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากคุณลักษณะพิเศษที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยธนาคารกลางและถูกกำหนดค่าโดยปราศจากการอ้างอิงกับสกุลเงินหรือสินทรัพย์ใด แต่ได้รับการจัดทำและตรวจสอบผ่านเทคโนโลยี Block chain ซึ่งกล่าวได้ว่าสาเหตุที่ทำให้การใช้บิตคอยเป็นที่ยอมรับในวงกว้างและมีความน่าเชื่อถือเป็นอย่างมาก คือ เทคโนโลยี Blockchain เทคโนโลยีดังกล่าวนำมาซึ่งความปลอดภัย น่าเชื่อถือ โดยไม่ต้องอาศัยคนกลาง ดังนั้นธุรกรรมออนไลน์ใดๆ ก็จะสามารถทำได้อย่างสะดวกมากขึ้น ประหยัดขึ้น และรวดเร็วขึ้น หลักการทำงานของ Blockchain คือการเก็บข้อมูลรูปแบบหนึ่งซึ่งทำให้ข้อมูลรายการดิจิทัลของแต่ละคนสามารถส่งไป ยังทุกคนได้เป็นเสมือนห่วงโซ่ ที่ทำให้บล็อกของข้อมูลเชื่อมต่อไปยังทุกคน โดยที่แต่ละคนสามารถทราบได้ว่า ผู้ใดเป็นเจ้าของและมีสิทธิในข้อมูลนั้นจริง เมื่อบล็อกของข้อมูลได้ถูกบันทึกไว้ใน Blockchain เสร็จสิ้น จะไม่สามารถเข้าไปแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ เนื่องจากหากผู้ใดต้องการจะเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูล คนในเครือข่ายที่เหลือซึ่งล้วนแต่มีสำเนาของบล็อกเชน สามารถตรวจสอบโดยการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง เพื่อทดสอบรายการธุรกรรม โดยรายการธุรกรรมใหม่นี้จะได้รับอนุญาตต่อเมื่อบุคคลในเครือข่ายส่วนใหญ่เห็นด้วยว่าถูกต้อง Blockchain จึงเป็นเทคโนโลยีที่ให้ความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ เป็นอย่างมากทำให้การนำเทคโนโลยี Blockchain มาประยุกต์ใช้กับสกุลเงินดิจิทัล นั้นเกิดความนิยมอย่าง รวดเร็ว (ภาสกร ใหลสกุล, 2016) มูลค่าของมันถูกกำหนดตามความต้องของตลาดอย่างอิสระ แต่อย่างไรก็ตามในมุมมองธนาคารกลางทั่วโลกยังไม่รับรองให้สามารถใช้ชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย ดังนั้นบิทคอยจึงยังทำหน้าที่ของเงินตรา (Money) ได้ไม่ครบเพราะยังไม่เป็นสื่อกลางในการชำระเงินได้โดยทั่วไปและไม่ถูกใช้เป็นหน่วยกำหนดราคาสิ่งของ เนื่องจากราคาบิตคอยยังมีความผันผวนที่สูง แต่บิตคอยก็เป็นสกุลเงินดิจิทัลชนิดหนึ่งที่นักลงทุนทั่วโลกให้ความสนใจ

จากรายงานของ Nikkei Asian Review ชี้ให้เห็นว่าประเทศจีน เกาหลีใต้ และอีกหลายประเทศทั่วโลก ไม่ยอมรับและพยายามทำการควบคุมการซื้อขายแลกเปลี่ยนบิทคอยอย่างเข้มงวด เนื่องจากความผันผวนที่สูงของค่าเงินดิจิตอลอาจส่งผลเสียรุนแรงกับระบบเศรษฐกิจ แต่อย่างไรก็ตามกลับพบว่า รัฐบาลญี่ปุ่นประกาศยอมรับบิตคอยเป็นเงินเสมือนซึ่งมีสถานะเช่นเดียวกับสินทรัพย์ทุนอื่นๆ สามารถใช้เป็นช่องทางในการชำระเงินเพื่อการใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน แต่ยังคงมีมาตรการควบคุมอย่างเข้มงวด (Young, 2017) โดยในปี 2018 ประเทศญี่ปุ่นมีปริมาณการซื้อขายบิทคอยสูงที่สุดในโลก โดยจากผลสำรวจโดยสถาบัน Digital Currency Council ในสหรัฐได้ทำการสำรวจในปี 2560 พบว่ามีชาวอเมริกันจำนวนเพียงร้อยละ 2.3 เท่านั้นให้ความเชื่อถือในการใช้งานบิตคอยในการโอนเงินไป ต่างประเทศ เมื่อพิจารณาจากตัวเลขประชากร 318 ล้านคนแล้ว จะเห็นได้ว่ามีผู้ใช้บิตคอยถึงกว่า 7 ล้านคน (Yessi Bello, 2018) ในประเทศญี่ปุ่นช่วงปลายปี 2560 จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าสกุลเงินดิจิทัล ประเทศญี่ปุ่นมีส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 57.71 ของส่วนแบ่งตลาดบิตคอยโลกซึ่งมากกว่าสหรัฐอเมริกา 2 เท่า และมีมูลค่าถึง 12 ล้านล้านเยน (ประมาณ 3.46 ล้านล้านบาท(อัตราแลกเปลี่ยนธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 30 เมษายน 2561 (100 บาท = 28.8406 เยน)) ญี่ปุ่นจึงถือได้ว่าเป็นตลาดสกุลเงินดิจิทัลที่ใหญ่ที่สุดในโลก (ไพฑูรย์ ไพรรอ, 2560)

ทั้งนี้ จากการทบทวนงานวิจัยต่างๆ พบว่าอัตราแลกเปลี่ยนมีความสัมพันธ์กับราคาบิตคอย โดยอัตราแลกเปลี่ยนมีแนวโน้มจะส่งผลกระทบทางบวกต่อราคาบิตคอย โดยหากอัตราแลกเปลี่ยนแข็งค่าขึ้น จะส่งผลให้ราคาบิตคอยสูงขึ้น จากเงินทุนของนักลงทุนที่เพิ่มขึ้น (cash push effect) [5], [10] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ciaian, Rajcaniova และ Kancs [4] พบว่าอัตราแลกเปลี่ยนมีความสัมพันธ์กับราคาบิตคอยอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ มีงานวิจัยบางส่วนทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นต่อราคาบิตคอย เช่น Van Wijk [10] ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวเป็นการศึกษาก่อนช่วงเวลาที่รัฐบาลญี่ปุ่นประกาศยอมรับบิตคอยเป็นเงินเสมือนซึ่งมีสถานะเช่นเดียวกับสินทรัพย์ทุนอื่นๆ สามารถใช้เป็นช่องทางในการชำระเงินเพื่อการใช้จ่ายในชีวิตประจำวันได้ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Ciaian, Rajcaniova และ Kancs [4] และ Li และ Wang [8] แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่ต่างกัน ผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ต่อราคาบิตคอยก็จะมีขนาดที่ต่างกันด้วย

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงต้องทำการสร้างแบบจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของความผันผวนของตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น อัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนญี่ปุ่นที่มีต่อความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอย เนื่องจากในปัจจุบันมีนักลงทุนนิยมกระจายการลงทุนใน Portfolio ของตนเองมายังสินทรัพย์

ทางเลือกอย่างบิตคอยกันเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากได้รับผลตอบแทนที่เยอะจากการเทรดแต่บิตคอยก็มีความเสี่ยงในการลงทุนมีสูงมากเช่นกัน ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักลงทุนในการลดความเสี่ยงในการลงทุนใน Cryptocurrency อย่างบิตคอย ด้วยแบบจำลองความผันผวนแบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัต (Dynamic Conditional Correlation) โดยใช้ข้อมูลรายวันระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึง วันที่ 31 เมษายน 2561 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่บิตคอยเริ่มได้รับความสนใจเป็นอย่างสูงในญี่ปุ่นจากการที่รัฐบาลญี่ปุ่นประกาศยอมรับบิตคอยเป็นเงินเสมือนซึ่งมีสถานะเช่นเดียวกับสินทรัพย์ทุนอื่นๆ สามารถใช้เป็นช่องทางในการชำระเงินเพื่อการใช้จ่ายในชีวิตประจำวันได้

2. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

2.1 แบบจำลอง Univariate GARCH แบบ Standard : SGARCH

แบบจำลองความผันผวนแบบมีเงื่อนไขสามารถเขียนได้ดังนี้

$$r_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\varepsilon_t = h_t^{1/2} z_t \quad (2)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + ... + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 h_{t-1} + ... + \beta_q h_{t-q} \quad (3)$$

โดย r_t คือผลตอบแทนของสินทรัพย์ ณ เวลา t, μ_t คือผลตอบแทนเฉลี่ยของสินทรัพย์ ณ เวลา t และ ε_t คือส่วนของค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t, z_t คือตัวแปรสุ่ม ณ เวลา t ที่มีกระบวนการ White noise ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวน เท่ากับ 1, h_t คือ ความแปรปรวนอย่างมีเงื่อนไข (Conditional Variance) ของค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t, $\alpha_0 \alpha_1, ..., \alpha_p$ และ $\beta_1, ..., \beta_q$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

ในสมการ (1) u_t สามารถเขียนได้ในรูปแบบอนุกรมเวลาเช่นเดียวกับแบบจำลอง ARMA หรืออาจเป็นค่าคงที่และความแปรปรวนในสมการที่ (3) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$h_t = \alpha_0 + \sum_i^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_j^q \beta_j h_{t-j} \quad (4)$$

เราจะเห็นว่าความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไข h_t แปรผันตามเวลา, เกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในช่วงเวลาก่อนหน้า ผลของการเปลี่ยนแปลงจะแสดงในรูปแบบของความผันผวนที่เพิ่มขึ้น โดยข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาที่มีความผันผวนสูงและช่วงเวลาที่มีความผันผวนต่ำ เราเรียกลักษณะของความผันผวนแบบนี้ว่า กลุ่มของความผันผวน

ในส่วนของ ARCH effect (ε_{t-i}^2) สามารถอธิบายโดย α ซึ่งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของนวัตกรรมที่มีต่อความผันผวน ในขณะที่ GARCH effect ($\beta_j h_{t-j}$) สามารถอธิบายโดย β ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของความผันผวนในอดีตต่อความผันผวนในปัจจุบัน

2.2 แบบจำลอง Multivariate GARCH

สมการสามารถเขียนได้ดังนี้

$$r_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\varepsilon_t = H_t^{1/2} z_t \quad (6)$$

โดย r_t คือเวกเตอร์ $n \times 1$ ผลตอบแทนบิตคอย ณ เวลา t μ_i คือเวกเตอร์ $n \times 1$ ผลตอบแทนเฉลี่ยของสินทรัพย์ ณ เวลา t และ $\varepsilon_{i,t}$ คือ เวกเตอร์ $n \times 1$ ของค่าความคลาดเคลื่อนอย่างมีเงื่อนไขของ r_t ณ เวลา t, H_t คือเมทริกซ์ความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไข $n \times n$ ของ μ_i, z_t คือ เวกเตอร์ $n \times 1$ ของตัวแปรสุ่มที่มี $E[z_t] = 0$ และ $E[z_t z_t^T] = I$

แบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไขและความสัมพันธ์ถูกสร้างโดยการใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไข ถูกแบ่งออกเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไขและเมทริกซ์สหสัมพันธ์

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (7)$$

โดย R_t คือเมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์, D_t คือเมทริกซ์ทแยงมุม (Diagonal matrix) ของความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไข

2.2.1 แบบจำลองสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไข Constant Conditional Correlation (CCC)

พัฒนาขึ้นโดย Bollerslev (1990) แบบจำลองสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไข Constant Conditional Correlation (CCC) ถูกกำหนดให้ เมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบมี

เงื่อนไขไม่แปรผันตามเวลา ($R_t = R$) ดังนั้นจากสมการที่ (6) จะได้

$$H_t = D_t R D_t \tag{8}$$

โดยที่ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ $R = [\rho_{ij}]$ จะมีค่าเป็นบวก โดยที่ $\rho_{ii} = 1$, $i = 1,...,n$ และองค์ประกอบนอกแนวทแยงมุมของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมแบบมีเงื่อนไข H_t เขียนได้ดังนี้

$$\left|H_t\right|_{ij} = h_{it}^{1/2} h_{jt}^{1/2} \rho_{ij}, \quad i \neq j \tag{9}$$

เนื่องจาก a_{it} เป็นพารามิเตอร์ในแบบจำลอง univariate GARCH ดังนั้นความแปรปรวนร่วมแบบมีเงื่อนไขสามารถให้อยู่ในรูปเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$h_t = \omega_i + \sum_{j=1}^{q} A_j \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^{m} \beta_j h_{t-j} \tag{10}$$

โดยที่ ω คือเวกเตอร์ $n \times 1$, A_j และ β_j คือเมทริกซ์แทยงมุม $n \times n$ และ H_t จะมีค่าเป็นบวกก็ต่อเมื่อ ω, A_j, β_j มีค่าเป็นบวก เนื่องจาก R มีค่าเป็นบวก

การประมาณค่าแบบจำลองข้างต้น มีความน่าสนใจตรงที่เมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นค่าคงที่ไม่แปรผันตามเวลาอย่างไรก็ตามแบบจำลอง CCC-GARCH อาจมีข้อจำกัดมากเกินไปในบางกรณี แบบจำลองจึงพัฒนาให้สามารถใช้ได้หลายหลากขึ้นโดยมีสมมติฐานว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์จะแปรผันตามเวลา

2.2.2 แบบจำลองสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัต (Dynamic Conditional Correlation: DCC)

ถูกพัฒนาขึ้นโดย (Engle and Sheppard, 2001) ในแบบจำลอง DCC-GARCH เมทริกซ์สหสัมพันธ์ R_t จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Time-Varying) สมมติให้ ε_t มีค่าคาดหวังเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนร่วม H_t ดังนั้นสหสัมพันธ์แบบมีงเอนไขเชิงพลวัตสามารถเขียนได้ดังนี้

$$r_t = \mu_t + \varepsilon_t \tag{11}$$

$$\varepsilon_t = H_t^{1/2} z_t \tag{12}$$

$$H_t = D_t R_t D_t \tag{13}$$

โดย r_t คือเวกเตอร์ $n \times 1$ ผลตอบแทนบิตคอย ณ เวลา t μ_i คือเวกเตอร์ $n \times 1$ ผลตอบแทนเฉลี่ยของสินทรัพย์ ณ เวลา t และ $\varepsilon_{i,t}$ คือ เวกเตอร์ $n \times 1$ ของค่าความคลาดเคลื่อนอย่างมีเงื่อนไขของ r_t ณ เวลา t, H_t คือเมทริกซ์ความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไข $n \times n$ ของ μ_t, z_t คือ เวกเตอร์ $n \times 1$ ของตัวแปรสุ่มที่มี $E[z_t] = 0$ และ $E[z_t z_t^T] = I$, R_t คือเมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ $n \times n$, D_t คือเมทริกซ์ทแยงมุม (Diagonal matrix) $n \times n$ ของความแปรปรวนของ ε_t ณ เวลาที่ t

องค์ประกอบในเมทริกซ์ทแยงมุม D_t คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากแบบจำลอง Univariate GARCH

$$D_t = \begin{bmatrix} \sqrt{h_{1,t}} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{2,t}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{h_{3,t}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \sqrt{h_{n,t}} \end{bmatrix}$$

โดยที่

$$h_{it} = \alpha_{i0} + \sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} \varepsilon_{i,t-q}^2 + \sum_{p=1}^{P_i} \beta_{ip} h_{i,t-p} \tag{14}$$

ถ้า R_t คือ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน จะทำให้

$$\varepsilon_t = D_t^{-1} a_t \sim N(0, R_t) \tag{15}$$

เนื่องจาก R_t คือเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่มีความสมมาตร

$$R_t = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12,t} & \cdots & \rho_{1n,t} \\ \rho_{21,t} & 1 & \cdots & \rho_{2n,t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1,t} & \rho_{n2,t} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

องค์ประกอบของ $H_t = D_t R_t D_t$ เขียนได้ดังนี้

$$\left|H_t\right|_{ij} = h_{it}^{1/2} h_{jt}^{1/2} \rho_{ij}, \quad \rho_{ii} = 1 \tag{16}$$

R_t มีข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาสองประการคือ 1. H_t ต้องมีค่าเป็นบวกเนื่องจากเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม เพื่อให้แน่ใจว่า H_t มีค่าเป็นบวก R_t ต้องมีค่าเป็นบวก (D_t มีค่าเป็นบวกเนื่องจากองค์ประกอบในแนวแทยงมุมมีค่าเป็น

บวก) 2.เมทริกซ์สหสัมพันธ์ R_t จะต้องมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า 1

เพื่อให้เข้าใจข้อกำหนดทั้งสองในแบบจำลอง DCC-GARCH R_t จะถูกลดรูปดังนี้

$$R_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1} \quad (17)$$

$$Q_t = (1-a-b)\overline{Q} + a\varepsilon_{t-1}\varepsilon_{t-1}^T + bQ_{t-1} \quad (18)$$

โดย $\overline{Q}$ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนแบบไม่มีเงื่อนไขของค่าคลาดเคลื่อนที่มีขนาด $n \times n$ $\overline{Q}$ จะประมาณค่าได้จาก

$$\overline{Q} = \frac{1}{T}\sum_{t}^{T} \varepsilon_t \varepsilon_t^T \quad (19)$$

Q^* คือเมทริกซ์ทแยงมุมที่มีรากที่สองขององค์ประกอบในแนวทแยงของ Q_t เป็นองค์ประกอบในแนวทแยงมุม

$$Q_t^* = \begin{bmatrix} \sqrt{q_{11,t}} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{q_{22,t}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{q_{33,t}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \sqrt{q_{nn,t}} \end{bmatrix}$$

โดยที่ $a \geq 0, b \geq 0$ และ $a+b<1$ เพื่อรับประกันว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน H_t จะมีค่าเป็นบวก จากสมการที่ (18) สามารถเขียนในรูปแบบทั่วไปได้ดังนี้

$$Q_t = (1-\sum_{m=1}^{M} a_m - \sum_{n=1}^{N} b_n)\overline{Q_t} + \sum_{m=1}^{M} a_m \varepsilon_{t-1}\varepsilon_{t-1}^T + \sum_{k=1}^{K} b_n Q_{t-1} \quad (20)$$

3. วิธีการศึกษา

3.1 สร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปผลตอบแทน

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลของราคาบิตคอย (Bitcoin) ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น (Nikkei225) และอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยน (JPY) โดยใช้ข้อมูลรายวันในช่วงเวลาระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2558 จนถึงวันที่ 31 เมษายน 2561 ที่ได้มาจาก Fred Economic Data ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่รวบรวมข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับเงินดิจิตอลรวมถึงราคาบิตคอยในแต่ละวัน รวมทั้งสิ้น 638 ตัวอย่าง โดยการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้จะต้องทำข้อมูลทุกตัวให้อยู่ในรูปแบบผลตอบแทน โดยหาอัตราส่วนของตัวแปรต่างๆในรูปแบบ log return ดังนี้

$$P_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (21)$$

3.2 ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล

จากตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดสถิติพื้นฐานของข้อมูลที่นำมาใช้ศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล

	BITCOIN	NIKKEI	JPY
ค่าเฉลี่ย	1.000826	1.000038	0.999969
ค่ากลาง	1.000818	1.000049	0.999982
ค่าสูงสุด	1.035165	1.007190	1.004821
ค่าต่ำสุด	0.974456	0.991488	0.991914
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.006423	0.001319	0.001358
ค่าความเบ้	-0.019733	-0.38479	-0.520401
ค่าความโด่ง	7.196079	10.06671	6.913752
จำนวนข้อมูล	638	638	638

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดสถิติพื้นฐานของข้อมูลที่นำมาใช้ศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของผลตอบแทนสินทรัพย์มีค่าเป็นบวกแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษามีแนวโน้มอยู่ในช่วงขาขึ้น ตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ผลตอบแทนบิตคอยโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.000826 รองลงมาคือผลตอบแทนตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.000038 และผลตอบแทนอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.999969 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสินทรัพย์ที่ให้ผลตอบแทนสูงที่สุดคือ ผลตอบแทนบิตคอย (Bitcoin) รองลงมาคือ ผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น (Nikkei) และ ผลตอบแทนอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยน (JPY) ตามลำดับ ในส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้นจะแสดงให้เห็นถึงความผันผวนโดยเฉลี่ยของข้อมูลซึ่งพบว่าตัวแปรที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุดคือ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นเท่ากับ 0.001319 รองลงมาคือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนและบิตคอย กล่าวคือผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นมีความผันผวนน้อยกว่าผลตอบแทนอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนและผลตอบแทนบิตคอย

3.3 การทดสแบความนิ่งของข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาส่วนใหญ่แล้วจะใช้ข้อมูลกรมเวลาที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้เวลาจะเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้สมมติฐานที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนใหญ่จะมีการกำหนดให้ตัวค่าความแปรปรวนคงที่ (Homoskedastic) ซึ่ง

ข้อมูลอนุกรมเวลาบางอย่างนั้นค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาขึ้นอยู่กับขนาดของค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในอดีต ทำให้ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนจากการถดถอยขึ้นอยู่กับค่าความผันผวน (Volatility) ของค่าคลาดเคลื่อน (Error term) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องนำข้อมูลมาทดสอบความนิ่งโดยการทดสอบยูนิทรูท โดยวิธี Augmented Dickey–Fuller test

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูลที่นำมาใช้ ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้ใช้วิธีการทดสอบของ Augmented Dickey–Fuller test จากผลการศึกษาพบว่าผลตอบแทนสินทรัพย์ทั้ง 3 ชนิด ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 1% แสดงให้เห็นว่าตัวแปรทุกตัวมีลักษณะไม่นิ่ง (non stationary) ที่ระดับ level ทั้งหมด แต่เนื่องจากแบบจำลอง GARCH (1,1) เป็นแบบจำลองที่สามารถคาดการณ์ได้ดีที่สุด (Hansen & Lunde, 2001) จึงไม่จำเป็นต้องหา Lag Length สำหรับการศึกษา

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล

	Level		
	None	Intercept	Trend & Intercept
Bitcoin	0.021826	-24.24346***	-24.22642***
Nikkei	0.012587	-26.53349***	-26.52487***
JPY	0.053529	-25.77740***	-25.77295***

หมายเหตุ: *, **, *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 90, 95 และ 99 ตามลำดับ
ที่มา: จากการคำนวณ

3.4 การทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 3 พบว่าผลตอบแทนบิตคอย, ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นและอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนตามตลาด (Market Price) ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยจากผลการทดสอบ Jarque-Bera ที่ค่าที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีความผันผวนและมีลักษณะที่ไม่ใช่การแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นแบบจำลองที่เหมาะสมที่จะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือแบบจำลองชนิดอื่นที่ไม่ใช่วิธีการ OLS

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Jarque-Bera

	BITCOIN	NIKKEI	JPY
Jarque-Bera	468.0964	1343.274	435.9858
Probability	0.000000	0.000000	0.000000

ที่มา: จากการคำนวณ

3.5 สร้างแบบจำลองสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัต (Dynamic Conditional Correlation: DCC)

4. ผลการศึกษา

4.1 การเลือกแบบจำลอง

ในการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาจะพิจารณาค่า Log Likelihood (LL) Akaike's information criterion (AIC) และ Bayesian information criterion (BIC) ของแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่เหมาะสมกว่าจะพิจารณาที่ค่า LL AIC และ BIC ที่ต่ำกว่า ตารางที่ 4 พบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมที่จะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือแบบจำลอง Multivariate GARCH แบบ Dynamic Conditional Correlation (MGARCH-DCC)

ตารางที่ 4 แสดงผลการเลือกแบบจำลอง

	Univariate GARCH			Multivariate GARCH	
	Bitcoin	Nikkei	USDJPY	CCC	DCC
LL	2357.613	3445.65	3374.07	9145.688	9148.919
AIC	-4703.226	-6879.301	-6736.141	-18263.38	-18267.84
BIC	-4676.476	-6852.551	-6709.391	-18200.91	-18200.96

ที่มา: จากการคำนวณ

จากการทดสอบต่างๆ ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลไม่สอดคล้องคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะสร้างแบบจำลองโดยวิธี OLS และจากวัตถุประสงค์และการทดสอบสถิติเบื้องต้นของข้อมูลและจากการเลือกแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้คือ แบบจำลอง Multivariate GARCH แบบ Dynamic Conditional Correlation (DCC)

4.2 ผลการประมาณค่าแบบจำลอง Multivariate ARCH แบบ Dynamic Conditional Correlation (MGARCH-DCC)

ตารางที่ 5 แสดงผลการประมาณค่าสำหรับข้อมูลผลตอบแทนดัชนีดังต่อไปนี้ บิตคอย, ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นและอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยน ตามลำดับ แสดงข้อมูลเฉพาะผลการประเมินที่ดีที่สุดของ DCC-GARCH (1,1)

ตารางที่ 5 ผลการประมาณค่าความสัมพันธ์ของแบบจำลอง DCC–GARCH (1,1)

	Bitcoin	Nikkei	JPY
μ_i	1.000594 (0.000274) [0.000000]	1.000082 (0.000048) [0.000000]	0.999985 (0.000050) [0.000000]
ω_i	0.000003 (0.000002)	0.000000 (0.000000)	0.000000 (0.000000)

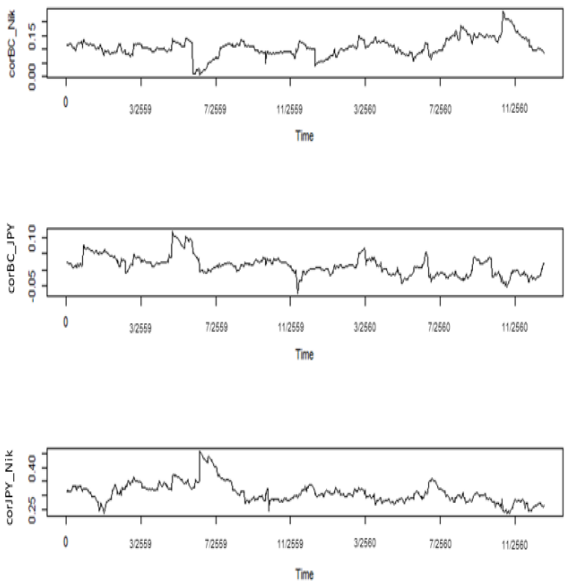
	[0.000000]	[0.561000]	[0.273000]
α_i	0.193363 (0.090470) [0.033000]	0.091694 (0.099184) [0.222000]	0.033528 (0.014608) [0.022000]
β_i	0.778845 (0.063836) [0.000000]	0.906925 (0.132444) [0.000000]	0.957666 (0.018753) [0.000000]
a	0.0036817 (0.0089097) [0.6790000]		
b	0.9914842 (0.0024631) [0.000000]		

หมายเหตุ ภายใน () คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และภายใน [ ] คือค่า p-value
ที่มา: จากการคำนวณ

ข้อมูลจากตารางที่ 5 มีการคงอยู่ของความผันผวนสูง (high volatility persistence) ซึ่งวัดโดยได้จากผลรวมของสัมประสิทธิ์แอลฟาและบีตา ($\alpha + \beta$) ซึ่งค่าการคงอยู่ของความผันผวนสูงกว่า 0.8 ในทุกตลาด ได้ค่าการคงอยู่ของความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอยเท่ากับ 0.97 การคงอยู่ของความผันผวนของผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นเท่ากับ 0.99 และการคงอยู่ของความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนเท่ากับ 0.98 ค่าที่สูงสุด คือ ผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น ส่วนค่าที่ต่ำที่สุดคือ ผลตอบแทนบิตคอย

นอกจากนี้ ผลลัพธ์ของตารางที่ 5 ได้แสดงพารามิเตอร์ของ DCC-GARCH (a และ b) หากผลรวมระหว่างพารามิเตอร์เหล่านี้ (a และ b) ใกล้เคียงเท่ากับ 1 ทำให้สามารถตีความได้ว่าสหสัมพันธ์เชิงพลวัตแบบมีเงื่อนไข (dynamic conditional correlations) ยังคงอยู่อาจกล่าวได้ว่าความผันผวนของบิตคอย, ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น และอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนนั้นมีความเกี่ยวเนื่องกันในเชิงพลวัตอย่างมีเงื่อนไข

จากภาพที่ 1 แสดงถึงผลสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัตระหว่างผลตอบแทนบิตคอย (Bitcoin) ผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น (Nikkei225) และผลตอบแทนอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนญี่ปุ่น (JPY) โดยที่ภาพบนแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนบิทคอยและอัตราแลกเปลี่ยน เห็นได้ชัดว่าระดับของความผันผวนตามเงื่อนไขลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง เดือนมิถุนายน 2559 และความผันผวนตามเงื่อนไขสุงสุดคือความผันผวนระหว่างบิตคอยกับตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุน มีค่าที่ 0.15 ในช่วงเวลา เดือนตุลาคม 2560



ภาพที่ 1 สหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัตระหว่างบิตคอย (Bitcoin) ต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น(Nikkei225) และอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยน (JPY)

แต่อย่างไรก็ตามค่าสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขที่ประมาณได้จากแบบจำลองเป็นค่าที่ไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาทำให้ยากต่อการสังเกตุและพิจารณา ดังนั้นเพื่อให้สะดวกในการวิเคราะห์ จึงหาค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพลวัตอย่างมีเงื่อนไข (Dynamic Conditional Correlation)

	BITCOIN	NIKKEI	JPY
BITCOIN	1.0000	0.4857	-0.4312
NIKKEI	0.4857	1.0000	-0.4097
JPY	-0.4312	-0.4097	1.0000

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 6 แสดงถึงค่าเฉลี่ยค่าสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขระหว่างผลตอบแทนบิตคอย อัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนและดัชนีตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่น โดยสรุปแล้วพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วความผันผวนของอัตราผลตอบแทนดัชนีหลักทรัพย์ญี่ปุ่น มีความสัมพันธ์ต่อความผันผวนของผลตอบแทนบิทคอยในทิศทางเดียวกันเท่ากับ 0.4857 กล่าวคือ หากความผันผวนของผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นในเวลาก่อนหน้าเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอยเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.4857 แสดงให้เห็นว่าบิตคอยไม่ใช่สินทรัพย์ที่สามารถกระจายความเสี่ยงจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นได้ ในส่วนของความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนมีความสัมพันธ์กับความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอยในทิศทางตรงกันข้ามเท่ากับ

0.4312 กล่าวคือ หากความผันผวนของผลตอบแทนอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนในเวลาก่อนหน้าเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์จะทำให้ความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอยเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.4857 แสดงให้เห็นว่าการลงทุนในบิตคอยสามารถกระจายความเสี่ยงจากอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนได้

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาผลกระทบของตลาดหลักทรัพย์ญี่ปุ่นและอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนญี่ปุ่นที่มีต่อความผันผวนของราคาบิตคอย โดยใช้แบบจำลองความผันผวนอย่างมีเงื่อนไขเชิงพลวัตสามารถสรุปได้ว่าโดยเฉลี่ยแล้วความผันผวนของผลตอบแทนดัชนีหลักทรัพย์ญี่ปุ่นมีความสัมพันธ์ต่อความผันผวนของผลตอบแทนบิทคอยมากที่สุดในทิศทางเดียวกัน และในส่วนของอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนมีความสัมพันธ์ต่อความผันผวนของผลตอบแทนบิตคอยในทิศทางตรงกันข้าม

ผลลัพธ์ที่น่าสนใจคือความผันผวนระหว่างของผลตอบแทนบิตคอยและอัตราผลตอบแทนดัชนีหลักทรัพย์ญี่ปุ่นมีบทบาทสำคัญมากกว่าในการอธิบายการเคลื่อนไหวในตลาด เนื่องจากระดับของความสหสัมพันธ์เชิงพลวัต (dynamic correlations) มีค่าที่สูงกว่า

จากผลการศึกษาสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไขเชิงพลวัตระหว่าง 3 หลักทรัพย์ สามารถนำไปประยุกต์ได้ว่า นักลงทุนควรเลือกลงทุนในสินทรัพย์ที่ความผันผวนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม เนื่องจากหากตัวใดตัวหนึ่งมีความผันผวนเพิ่มขึ้นอีกตัวหนึ่งก็จะมีความผันผวนที่ลดลง นักลงทุนไม่ควรเลือกลงทุนในสินทรัพย์ที่ความผันผวนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียว เนื่องจากหากตัวใดตัวหนึ่งมีความผันผวนเพิ่มขึ้นอีกตัวหนึ่งก็จะมีความผันผวนเพิ่มขึ้นด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Billio, M., and Caporin, M. (2005). Multivariate Markov switching dynamicconditional correlation GARCH representations for contagion analysis. *Statistical Methods and Applications*, *14*(2), 145-161.

[2] Bouoiyour, J., & Selmi, R. (2015). Bitcoin Price: Is it really that New Round of Volatility can be on way?.

[3] Chodchuangnirun, B., Yamaka, W., and Khiewngamdee, C. (2018). ARegime Switching for Dynamic Conditional Correlation and GARCH: Appli-cation to Agricultural Commodity Prices and Market Risks. *Proceeding of InInternational Symposium on Integrated Uncertainty in Knowledge Modellingand Decision Making (pp. 289-301)*. Springer, Cham.

[4] Ciaian, P., Rajcaniova, M., & Kancs, D. A. (2016). The economics of BitCoin price formation. *Applied Economics*, *48*(19), 1799-1815.

[5] Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar–A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, *16*, 85-92.

[6] Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of mul-tivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business and Economic Statistics, 20*(3), 339-350.

[7] Hanson, B., Klink, K., Matsuura, K., Robeson, S. M., and Willmott, C. J. (1992). Vector Correlation: review, exposition, and geographic application. *Annals of the Association of American Geographers, 82*(1), 103-116.

[8] Li, X., & Wang, C. A. (2017). The technology and economic determinants of cryptocurrency exchange rates: The case of Bitcoin. *Decision Support Systems*, *95*, 49-60.

[9] Wang, J., Xue, Y., & Liu, M. (2016). An analysis of bitcoin price based on VEC model. In *2016 International Conference on Economics and Management Innovations*. Atlantis Press.

[10] Van Wijk, D. (2013). What can be expected from the BitCoin. Erasmus Universiteit Rotterdam.

[11] Young, J. (2017). Japan become the largest bitcoin market as trader leave china. สืบค้น 29 พฤษภาคม 2561 จาก https://cointelegraph.com/news/japan-becomes-largest-bitcoin-market-as-traders-leave-china

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Management

ID001

ความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด

CUSTOMER ENGAGEMENT WITH SERVICE PROVIDER OF SOMJAINUCK 2559 COMPANY LIMITED

ฐานทอง สุทธิบรรจง บำรุง สาริบุตร สุมนา จรณะสมบูรณ์ จุฑาทิพย์ ลีลาธนาพิพัฒน์
[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาการบริหารคนและกลยุทธ์องค์การ คณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
[2] อาจารย์ ดร. ประจำคณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
[3] อาจารย์ ดร. ประจำคณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์.
[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
*E-mail: tanawat55@hotmail.com

Thanthong Sutibanjong[1] Bamrung Saribut[2] Sumana Charanasomboon[3] Jutathip leelathanapipat[4]
[1] Student of Master degree, Faculty of Management Science in Panyapiwat Institute of Management
[2] Dr., Faculty of Management Science in Panyapiwat Institute of Management
[3] Dr., Faculty of Management Science in Panyapiwat Institute of Management
[4] Assistant Professor Dr., Faculty of Engineering in Panyapiwat Institute of Management
*E-mail: tanawat55@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการ และแนวทางการพัฒนาความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จากลูกค้าที่ซื้อสินค้า จำนวน 8 ราย และกลุ่มที่ 2 จากลูกค้าที่รับบริการทั่วไป จำนวน 12 ราย โดยผู้ให้ข้อมูลเป็นผู้บริหารระดับสูง มีอำนาจในการตัดสินใจในการซื้อสินค้าหรือบริการ และใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์มาตีความสร้างข้อสรุป และการวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท ฯ จะประกอบด้วย ความจงรักภักดีของลูกค้า การให้ความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการ ความสะดวกและสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งบริการ พฤติกรรมของลูกค้า ประสบการณ์ของลูกค้า ความพอเพียงของบริการที่มีอยู่ การเข้าถึงแหล่งบริการ ความสามารถของผู้รับบริการในการที่จะเสียค่าใช้จ่ายสำหรับบริการ ความเชื่อถือไว้วางใจ การตอบสนองต่อผู้ใช้บริการ และความเข้าใจและเห็นอกเห็นใจผู้ใช้บริการ ส่วนแนวทางการพัฒนาความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัทจะประกอบด้วย การสร้างให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจ การสร้างให้เกิดความซื่อสัตย์และความจริงใจ ระดับที่ลูกค้าเกิดความภาคภูมิใจ และการพัฒนาให้ลูกค้าเกิดความหลงใหล

คำหลัก ความผูกพัน, การให้บริการ, ลูกค้า

Abstract

This research study examines the components of customer engagement with the service and guidelines for developing customer engagement towards the services of Somjainuk 2559 Co., Ltd. is a qualitative research. There are 2 groups of key informants, namely group 1 from customers who buy products of 8 people and group 2 from customers who receive general services of 12 people. The informants

are high-level executives have the power to make decisions about the purchase of goods or services and in-depth interviews were used to collect data. Data were analyzed by taking the data from the interviews and interpreting them to create a conclusion and content analysis. Which the study found, the components of customer engagement with the Company's services include Customer Loyalty, Assurance, Accommodation, Consumer behavior, Customer experience, Availability, Accessibility, Reliability, Responsiveness and Empathy. The guidelines for developing customer engagement with the Company's services include: building customer confidence, Building Honesty and Sincerity, the level that customers are proud of and development for customers to be passionate.

Keywords: ENGAGEMENT; SERVICE; CUSTOMER.

1. บทนำ

ปัจจุบันการสร้างความผูกพัน (Customer Engagement) ให้กับผู้ใช้บริการเป็นสิ่งที่ธุรกิจบริการต้องการ และกลายเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินกิจการเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการสร้างโอกาสในการทำธุรกิจกับผู้ใช้บริการในระยะยาว เพราะเมื่อลูกค้ามีความผูกพัน (Engage) กับธุรกิจหรือองค์กรแล้ว จะแสดงถึงความต้องการที่จะใช้บริการอย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงการเป็นตัวแทนใน การช่วยบอกต่อหรือหาลูกค้าใหม่ให้ธุรกิจก็จะเติบโตอย่างยั่งยืนได้ ในทุก ๆ ธุรกิจล้วนมีการแข่งขันต้องมีการแย่งชิงส่วนแบ่งตลาด ผู้ใช้บริการที่มีกำลังซื้อบนการแข่งขันทางธุรกิจที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัย และงานด้านการบริการมาเป็นจุดขายสำคัญในการดึงผู้ใช้บริการให้เข้ามาใช้บริการ ทำให้ในปัจจุบันธุรกิจต่าง ๆ หันมาให้ความสำคัญกับผู้ใช้บริการเป็นหลักเพื่อเลือกการบริการที่ดีที่สุดให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้บริการ เพื่อสร้างความพึงพอใจและความผูกพันระยะยาวให้กับผู้ใช้บริการ

Oliver (1993); Newman et al. (1998); Cronin and Taylor (1992); Gronroos (1990); Naumann, (1995); Lee et al. (1994) ได้ให้แนวคิดถึงการให้บริการอย่างมีคุณภาพย่อมทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมีความต้องการที่จะกลับมาใช้บริการในครั้งต่อไป ไม่เปลี่ยนใจไปกับธุรกิจบริการอื่นที่ไม่คุ้นเคย ในที่สุดย่อมทำให้เกิดความจงรักภักดีต่อสินค้าและบริการ ซึ่งจะนำไปสู่แนวโน้มที่กลับมาใช้บริการอีกในอนาคต Zairi (2000) การให้บริการที่มีคุณภาพย่อมทำให้ลูกค้าเกิดความชื่นชมธุรกิจ และความชื่นชมนั้นจะถูกถ่ายทอดไปยังผู้อื่น ทำให้ธุรกิจมีภาพลักษณ์ที่ดี นำไปสู่การบอกต่อ Patterson and Spreng (1997) กล่าวถึงความพึงพอใจเป็นองค์ประกอบหลักที่ชี้แนะความตั้งใจในการกลับมาซื้อซ้ำของผู้บริโภคคุณค่าที่ลูกค้ามองเห็นเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความตั้งใจในการกลับมาใช้บริการหรือซื้อซ้ำ เพราะเมื่อลูกค้าเห็นถึงคุณค่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการ จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจซึ่งส่งผลต่อการกลับมาซื้อซ้ำของผู้บริโภค

จากนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายแนวคิดต่าง ๆ ไว้นั้นจะนำไปสู่การสร้างงานวิจัยที่สอดคล้องกับบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจทั่วไปมีการดำเนินงานตามนโยบายผู้บริหารเพื่อสนองตอบตามความต้องการของลูกค้า โดยยึดมั่นในความใส่ใจการให้บริการต่อลูกค้าทุกคนให้มีความสุขที่ได้รับบริการได้งานที่มีคุณค่าตรงตามความต้องการ มีความยืดหยุ่น ผู้บริหารจึงให้ความสำคัญกับทุก ๆ ส่วนในองค์การโดยเฉพาะลูกค้าเพื่อสร้างความสัมพันธ์อันดีให้ยาวนานจนเกิดเป็นความผูกพันต่อองค์การ มีการติดต่อสื่อสาร มีการสร้างการยอมรับต่อลูกค้าเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการให้บริการ อีกทั้งยังมีการบอกต่อในธุรกิจ จนเกิดเป็นเครือข่ายที่ทำให้บริษัทให้บริการกับลูกค้ามาอย่างยาวนานกว่า 10 ปี ด้วยความที่มีความรับผิดชอบต่อสังคม และความจงรักภักดีต่อลูกค้า ซื่อสัตย์ ทำให้ยังคงอยู่อย่างยาวนานต่อไป ในทางการตลาดนั้น เหตุผลที่ทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกใช้สินค้าและบริการเกิดจากความประทับใจในคุณภาพของสินค้าหรือบริการที่ได้รับ แต่ถ้าทุกองค์กรธุรกิจให้ความ

สนใจเฉพาะความพึงพอใจของลูกค้า (Customer Satisfaction) ลูกค้าก็จะเลือกสินค้าและบริการจากองค์กรธุรกิจที่ทำให้เกิดความพึงพอใจสูงสุด โดยไม่มีประเด็นของความจงรักภักดีต่อตราสินค้านั้นเข้ามาเกี่ยวข้อง

บริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด ประกอบกิจการด้านสินค้าและการบริการ มามากกว่า 6 ปี โดยสินค้าที่มีการจัดจำหน่ายและจัดหา อาทิ สินค้าในสำนักงาน ดูแลบริษัทห้างร้านต่าง ๆ ที่ต้องการให้มีการจัดการองค์กรใหม่ สินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนการบริการนั้นจะเน้นการให้คำปรึกษา การจัดการประชุม การจัดงานต่าง ๆ ที่มีครบวงจรที่เดียว ปัจจุบันมีพนักงานทั้งหมด 10 คน และลูกค้ามากว่า 100 ราย ซึ่งกว่า 80% มีการกลับมาใช้บริการซ้ำ โดยกลยุทธ์หลักของบริษัท คือ กลยุทธ์ทางการตลาดที่เน้นการดึงดูดลูกค้าให้เกิดความเชื่อมัน ไว้ใจ และกลับมาใช้ซ้ำอีก

จากข้อมูลดังกล่าวมานั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาสานต่อและรักษาไว้ซึ่งลูกค้าที่มีความผูกพันต่อการให้บริการของบริษัทฯ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด

2. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และการสุ่ม

ประชากรทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา คือ ลูกค้าของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด ที่ใช้บริการมามากกว่า 5 ปี ทั้งหมด 125 ราย (ข้อมูลจากฝ่ายการตลาดบริษัทสมใจนึก 2559 จำกัด, 2563) ซึ่งทางผู้วิจัยจะใช้วิธีการเลือกผู้ให้ข้อมูลสำคัญแบบเฉพาะเจาะจง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จากลูกค้าที่ซื้อสินค้า จำนวน 8 ราย คิดเป็นร้อยละ 6 ของประชากร และกลุ่มที่ 2 จากลูกค้าที่รับบริการทั่วไป จำนวน 12 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 10 ของประชากร และทั้งหมดจำนวน 20 ราย โดยผู้ให้ข้อมูลเป็นผู้บริหารระดับสูง มีอำนาจในการตัดสินใจในการซื้อสินค้าหรือบริการจากบริษัทสมใจนึก 2559 จำกัด และดำเนินการเก็บข้อมูลจนกว่าข้อมูลจะอิ่มตัว

ตารางที่ 1 แสดงกลุ่มของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

กลุ่ม	สัดส่วนลูกค้า	จำนวนผู้ให้ข้อมูลสำคัญ	คิดเป็นจำนวน
ซื้อสินค้า	40%	8	6%
ให้คำปรึกษาและบริการ	60%	12	10%
รวม	100%	20	16%

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-Structure Interview) โดยแบบสัมภาษณ์นี้เป็นลักษณะกำหนดแนวคำถามหลักไว้ และมีลักษณะยืดหยุ่น และสามารถปรับเปลี่ยนคำถามได้ตามสถานการณ์โดยยังคงรักษาแนวคำถามตามประเด็นหลักไว้ได้ เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบนี้เนื่องจากบางสถานการณ์ ผู้ให้สัมภาษณ์อาจจะไม่สะดวกหรือไม่ยินยอมที่จะตอบคำถามบางคำถาม ผู้วิจัยจึงต้องปรับเปลี่ยนคำถามเพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด เนื้อหาในการสัมภาษณ์จะเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่สร้างความผูกพันในการให้บริการ ลักษณะของการสัมภาษณ์จะเป็นแบบการสนทนามากกว่าการซักถาม เพื่อไม่ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ รู้สึกกดดันหรืออึดอัด และจะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตามความเป็นจริงที่สุด เมื่อสัมภาษณ์เสร็จในแต่ละวัน ผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้ในแต่ละวันว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความชัดเจนหรือไม่ มีการตกหล่นของประเด็น คำถามที่ต้องการศึกษาหรือไม่ หากพบความผิดพลาดก็จะตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อทำการสัมภาษณ์ในวันถัดไป เพื่อขยายรายละเอียดของข้อมูลให้มีความชัดเจนและเจาะลึกมากยิ่งขึ้น ซึ่งในแบบสัมภาษณ์เชิงลึก มีประเด็นในการสอบถาม ได้แก่ องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้การบริการ ประกอบด้วย ความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) การให้ความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการ (Assurance) ความสะดวกและสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งบริการ (Accommodation) พฤติกรรมของลูกค้า (consumer behavior) ประสบการณ์ของลูกค้า (Customer experience) ความพอเพียงของบริการที่มีอยู่ (Availability) การเข้าถึงแหล่งบริการ (Accessibility) ความสามารถของ

ผู้รับบริการในการที่จะเสียค่าใช้จ่ายสำหรับบริการ ความเชื่อถือไว้วางใจ (Reliability) การตอบสนองต่อผู้ใช้บริการ (Responsiveness) และความเข้าใจและเห็นอกเห็นใจผู้ใช้บริการ (Empathy)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ขั้นตอนการเตรียมเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การศึกษาข้อมูล ได้แก่ การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความผูกพันของพนักงาน จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาประมวล เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual Framework)

2) การสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์ระดับลึก (In-depth Interview) โดยกำหนดลักษณะการสัมภาษณ์เป็น 2 แนวทาง คือ การสัมภาษณ์แบบสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ (The Informal Conventional Interview) และการสัมภาษณ์แบบการตั้งคำถามไว้ล่วงหน้า (Interview Guidelines)

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ติดต่อประสานงานกับผู้ให้ข้อมูล

2) นัดหมาย สถานที่ในการสัมภาษณ์

3) จัดเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาจากการสัมภาษณ์จากผู้ให้ข้อมูลสำคัญด้วยการถอดคำพูดจากเทปบันทึกเสียงทั้งหมด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพครั้งนี้ ได้นำเอาข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าวิจัยมาจัดกระทำให้เป็นระบบ และหาความหมายแยกแยะองค์ประกอบรวมทั้งเชื่อมโยง และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยคำนึงถึงทรรศนะคนใน (Insider View) ซึ่งหมายถึง มุมมองของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ถูกสัมภาษณ์เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูล คือ

4.1 การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic Induction) โดยนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์มาตีความสร้างข้อสรุปหรือสร้างสมมติฐานชั่วคราว (Working Hypothesis) ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1) ถอดเทปข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์อย่างละเอียด ชนิดคำต่อคำ(Transcribing Interview) ไม่มีการข้ามประโยคบางประโยค เพราะข้อมูลบางอย่างอาจนำมาใช้ในการตรวจสอบในภายหลังได้

2) การทำข้อสรุปชั่วคราว และการตัดทอนข้อมูลเป็นการลองเขียนข้อสรุปแต่ละเรื่องของการสัมภาษณ์เพื่อลดขนาดข้อมูลและช่วยกำจัดข้อมูลที่ไม่ต้องการออกไปได้

3) การเสนอข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และการนำเสนอ โดยนำข้อสรุปชั่วคราวย่อยๆ มาเชื่อมโยงกัน โดยจัดทำเป็นแผนที่ความคิด (Mind Map) ตารางบรรจุเนื้อหา (Matrices) และเครือข่ายของเหตุและผล (Causal Network)

4) การประมวลและสรุปข้อเท็จจริง เป็นการเชื่อมโยงหลักการ แนวคิดระเบียบ หรือคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ค้นพบ

4.2 การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยนำข้อมูลจากเอกสาร รายงาน ระเบียบ หรือคำสั่งที่เกี่ยวข้องที่ได้ดำเนินการเลือกเอกสาร ตามข้อ 4.1 มากำหนดหัวข้อที่จะทำการวิเคราะห์ตามเนื้อหาที่ปรากฏประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1) วางเค้าโครงของข้อมูล โดยการทำรายชื่อหรือข้อความที่จะถูกนำมาวิเคราะห์แล้วแบ่งไว้เป็นประเภท (Categories)

2) คำนึงถึงบริบท (Context) หรือสภาพแวดล้อมประกอบของข้อมูลเอกสารที่นำมาวิเคราะห์ เช่น ใครเป็นผู้เขียน เขียนให้ใครอ่าน ช่วงเวลาที่เขียนเป็นอย่างไรเพื่อให้การวิเคราะห์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และบรรยายคุณลักษณะเฉพาะของเนื้อหาโดยไม่โยงไปสู่ลักษณะของเอกสาร ผู้ส่งสาร และผู้รับ

3) การวิเคราะห์เนื้อหาจะทำตามเนื้อหาที่ปรากฏ (Manifest Content) ในเอกสารมากกว่ากระทำกับเนื้อหาที่ซ่อนอยู่ (Latent Content) โดยจะไม่ตีความคำหรือข้อความเหล่านั้นการตีความจะทำเฉพาะตอนที่สรุปเท่านั้น

ตารางที่ 2 สรุปการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์	ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ/คุณสมบัติ	เครื่องมือ	การวิเคราะห์	ผลลัพธ์
1). เพื่อศึกษาองค์ประกอบความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการ	กลุ่มซื้อสินค้า 4 คน กลุ่มให้คำปรึกษาและบริการ 6 คน ผู้บริหารระดับสูง/ ฝ่ายบริหาร	แบบสัมภาษณ์ ที่ผ่านกระบวนการทางคุณภาพ	วิเคราะห์เนื้อหา	องค์ประกอบความผูกพันของลูกค้า
2). เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาความผูกพันของลูกค้า	กลุ่มซื้อสินค้า 4 คน กลุ่มให้คำปรึกษาและบริการ 6 คน ผู้บริหารระดับสูง/ ฝ่ายบริหาร	แบบสัมภาษณ์ ที่ผ่านกระบวนการทางคุณภาพ	วิเคราะห์เนื้อหา	แนวทางการสร้างความผูกพันของลูกค้า

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ เพื่อศึกษาองค์ประกอบความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการ และแนวทางการพัฒนาความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด โดยสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการ กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า มีความเชื่อมั่น และกลับมาซื้อซ้ำจากการให้บริการของเจ้าของบริษัท และทีมงานที่มีความเป็นกันเอง และตอบสนองความต้องการได้อย่างทันที ข้อดีของบริษัท คือมีความชัดเจน ตอบสนองความต้องการได้ ให้คำปรึกษาที่ดี เข้าถึงง่าย สะดวกในการใช้บริการ เจ้าของครบวงจรมาก ข้อเสียหรือข้อจำกัด คือ การสื่อสารออนไลน์ค่อนข้างช้า หน่อยเรื่องเอกสาร และข้อจำกัดของเจ้าของในการรับลูกค้าถ้าลูกค้ามากกว่าเดิมเจ้าของจะทันไหม

“ซื้อครั้งแรกประทับใจเลยซื้อมาตลอด เจ้าของบริการดีมาก เข้าใจความต้องการ และชัดเจน” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 1, สัมภาษณ์, 15 เมษายน 2565)

“ประเด็นความเชื่อมั่นเกือบ 100% มาจากคุณเจเจ มีความชัดเจน เข้าใจและแนะนำสินค้าดี มีคือมี ไม่มีคือจัดหาให้ แล้วจะไปที่อื่นทำไมเสียเวลา” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 2, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2565)

“ข้อดีที่เจอมาคือการให้คำปรึกษาที่ดี ครบ แนะนำโดยไม่หวังผล ส่วนข้อเสียที่พบคือ การส่งเอกสารอาจจะล่าช้าไปบ้าง”(ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 4, สัมภาษณ์, 23 เมษายน 2565)

“ข้อดีคือความเป็นกันเอง ทำให้เชื่อมั่นไว้ใจเพราะเจ้าของมาบริการเอง ข้อเสีย อาจจะด้วยเจ้าของมาบริการเองเกรงว่าภายภาคหน้าอาจจะไม่ทันได้ ควรมีคนช่วยที่มีคุณภาพ”

(ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 5, สัมภาษณ์, 24 เมษายน 2565)

กลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า มีความเชื่อมั่น และกลับมาใช้บริการซ้ำจากการให้บริการของเจ้าของบริษัท และทีมงานที่มีความเป็นกันเอง ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจที่ผู้ให้บริการสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างทันที และบรรลุจุดมุ่งหมายทำให้เกิดประสบการณ์ที่ดีต่อผู้รับบริการ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างลูกค้าได้ในระยะยาว ข้อดีของบริษัท คือมีความชัดเจน ตอบสนองความต้องการได้ ให้คำปรึกษาที่ดี เข้าถึงง่าย สะดวกในการใช้บริการ ให้การแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งแก้ปัญหาได้ตรงจุด เจ้าของใส่ใจต่อการให้คำปรึกษาและบริการมาก ข้อเสียหรือข้อจำกัด คือ เจ้าของให้บริการหลักท่านเดียวอาจจะเกิดข้อผิดพลาดได้บ้างในบางครั้ง และการสื่อสารออนไลน์ค่อนข้างช้าไปบ้างเกี่ยวกับขั้นตอนและเอกสาร

“เชื่อมั่น และใช้บริการมานาน คุณเจเจบริการดีมาก ทันใจ” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 6, สัมภาษณ์, 30 เมษายน 2565)

“เชื่อมั่นและพึงพอใจกับการให้บริการ มีความเป็นกันเอง สร้างความประทับใจกับเรามาก” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 7, สัมภาษณ์, 2 พฤษภาคม 2565)

“ข้อดี ชัดเจน เข้าใจง่าย ให้บริการดีมาก ข้อเสียเอกสารมีช้าบ้าง” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 1, สัมภาษณ์, 9 เมษายน 2565)

“ข้อดี การให้คำปรึกษาครบวงจร ตอบสนองความต้องการตรงประเด็น ข้อเสีย มีล่าช้าบ้างนิดหน่อย” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 2, สัมภาษณ์, 10 เมษายน 2565)

2. ความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า การให้บริการที่มีความต่อเนื่องครบวงจรและมีความเป็นมืออาชีพจะนำไปสู่ความเชื่อมั่นไว้วางใจกับลูกค้าจนเกิด Loyalty ได้ และมีความชัดเจนในการทำงาน การรับประกันงาน ทำงานเหมือนญาติมิตร และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า การให้บริการที่มีความต่อเนื่องครบวงจรและมีความเป็นมืออาชีพ การบริการที่เข้าถึง เหมือนญาติพี่น้อง สร้างความไว้วางใจจนนำไปสู่ Loyalty ได้

“การให้บริการที่มีความต่อเนื่อง ส่งผลให้ทางเราเห็นถึงคุณภาพที่ได้รับจากการทำงานร่วมกันจนประสบความสำเร็จและนำมาใช้พัฒนาคนต่อไปได้อีก” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 7, สัมภาษณ์, 2 พฤษภาคม 2565)

3. การให้ความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการ (Assurance) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า มีครบทุกอย่างตามที่ถามทั้งความรู้ ความสามารถโดยเฉพาะเจ้าของบริษัท และการบริการที่ดี ถึงดีมาก การแนะนำสินค้า การเปรียบเทียบสินค้า การรับประกันสินค้าตลอดจนการนำเสนอและจัดส่งสินค้าที่มีคุณภาพ การบริการที่ดีไม่มีลดลง รวมทั้งการให้คำปรึกษาที่ดี และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ผู้ให้บริการมีความรู้ ความสามารถในการบริการอย่างสุภาพ ลูกค้าไว้วางใจและมั่นใจว่าได้รับบริการที่ดีถึงดีมาก การแนะนำให้คำปรึกษา การจัดกิจกรรมต่างๆ การหาข้อมูลต่างๆ ในให้เกิดการตัดสินใจเป็นอย่างดี

“เจ้าของสุภาพและเป็นกันเอง รวมทั้งบริการดีมากมั่นใจที่จะใช้บริการต่อไป” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 11, สัมภาษณ์, 11 พฤษภาคม 2565)

4. ความสะดวกและสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งบริการ (Accommodation) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า สะดวกมากทั้งในและนอกสถานที่ ตอบสนองความต้องการได้ครบ แนะนำในสิ่งที่เหมาะสมที่สุด และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า สะดวกทั้งการเดินทาง จัดสรรเวลาการดำเนินงาน การให้บริการ ตรงตามที่ลูกค้าต้องการ

“สะดวกกับลูกค้า เจ้าของ support ตลอด ขอแค่ให้นัดมา บริการรวดเร็ว”(ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 4, สัมภาษณ์, 27 เมษายน 2565)

“ตอบโจทย์ลูกค้าที่ไม่มีเวลา การดำเนินงานชัดเจน สะดวก รวดเร็ว”(ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 5, สัมภาษณ์, 28 เมษายน 2565)

5. พฤติกรรมของลูกค้า (consumer behavior) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ถือว่าเป็นจุดเด่นของบริษัทนี้เลยโดดเด่นเรื่องการให้คำปรึกษา แนะนำ และมีการวิเคราะห์ลูกค้าเสมอและแนะนำในสิ่งที่ดีที่สุดให้กับลูกค้า มีการเปรียบเทียบต่างๆ ให้เกิดการตัดสินใจที่ง่ายขึ้น คุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า บริษัทฯ มีการแสดงออกของให้เห็นถึงความจริงใจที่เข้ามาใช้บริการ รวมทั้งกระบวนการในการตัดสินใจที่มีผลต่อการแสดงออกประโยชน์ของลูกค้าที่ได้รับจากการให้บริการของบริษัท อีกทั้งบริษัทฯ ยังมีการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเสมอก่อนให้บริการ ส่งเสริมให้ลูกค้ามีข้อมูลประกอบการตัดสินใจง่ายขึ้น

“เจ้าของมีความจริงใจที่ให้บริการอย่างชัดเจน มีการถามความต้องการและวิเคราะห์มาเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นประกอบการตัดสินใจ” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 1, สัมภาษณ์, 9 เมษายน 2565)

6. ประสบการณ์ของลูกค้า (Customer experience) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ที่ผ่านมาส่วนมากไม่ค่อยต่างกันมากในเรื่องของสินค้าสามารถเปรียบเทียบได้ เลือกสรรได้ แต่จุดต่างที่มาใช้บริษัทนี้เพราะ การบริการที่เข้าถึงง่าย การบริการที่ครบวงจร การบริการที่ไม่ได้มุ่งที่จะปิดการขายอย่างเดียว การติดต่อสื่อสารที่ง่ายทันเวลา และตรงใจตรงความต้องการมากที่สุด และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ลูกค้าได้รับจากการปฏิสัมพันธ์ที่ดีมากกับทางบริษัทฯ โดยการปฏิสัมพันธ์แต่ละครั้งเป็นการสร้างประสบการณ์ลูกค้าได้ และลูกค้ามีทางเลือกมากมายแต่ก็ตัดสินใจเลือกบริษัทนี้เพราะการได้รับสิ่งดีๆ ครบวงจรจากบริษัท การให้ประสบการณ์แบบเดียวกันกับลูกค้า แต่ต่างกันด้วยการบริการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงประสบการณ์ของลูกค้า ทำให้ธุรกิจของคุณก้าวนำคู่แข่ง และส่งเสริมการซื้อซ้ำ

“เปลี่ยนมาหลายที่ หลายประสบการณ์ แต่ในมุมมองเรามองที่การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีทั้งก่อนและหลัง”(ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 3, สัมภาษณ์, 22 เมษายน 2565)

“คล้าย ๆ กัน แต่ชอบที่เจ้าของใส่ใจในการให้บริการมาก” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 4, สัมภาษณ์, 27 เมษายน 2565)

7. ความพอเพียงของบริการที่มีอยู่ (Availability)

กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า มีความพร้อมทั้งด้านปริมาณ และการบริการที่ตรงตามความต้องการ ทำให้ทางลูกค้าไม่พลาดโอกาสอื่นๆ อีก มีครบทุกอย่างที่ลูกค้าต้องการ ทั้งสินค้าและการบริการ และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า มีความพร้อมในการให้บริการ และแก้ไขปัญหาได้ตรงความต้องการ ทำให้เพิ่มโอกาสทางธุรกิจให้กับลูกค้าอีกด้วย

“เจ้าของเป็นผู้ตอบโจทย์ทั้งหมด ทั้งงานคุณภาพและบริการ” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 11, สัมภาษณ์, 11 พฤษภาคม 2565)

“มีความพร้อมที่จะให้บริการ ดูได้จากการตอบสนองความต้องการได้ตรงจุด” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 12, สัมภาษณ์, 14 พฤษภาคม 2565)

8. การเข้าถึงแหล่งบริการ (Accessibility) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ความสามารถของผู้รับบริการในการเข้าถึงการให้บริการอย่างเหมาะสมกับระดับสถานบริการ เวลา และความจำเป็น หรือการที่ผู้รับบริการมีความสะดวกเมื่อมารับบริการ ไปมาง่าย รวดเร็วตามความต้องการ ไม่ซับซ้อนเลย สะดวกมาก และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ทางบริษัทมีความรู้ ความสามารถ ในการให้บริการกับลูกค้าอย่างเหมาะสม ทั้งการให้บริการภายใน และภายนอกสถานที่ของลูกค้า รวมไปถึงการได้รับความสะดวกทั่วถึง รวดเร็ว ไม่ซับซ้อน

“ไม่ซับซ้อน ไม่วุ่นวาย เข้าใจในสิ่งที่ต้องการอยู่แล้ว นำความรู้ความสามารถไปใช้ได้” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 9, สัมภาษณ์, 5 พฤษภาคม 2565)

9. ความสามารถของผู้รับบริการในการที่จะเสียค่าใช้จ่ายสำหรับบริการ หรือรับประกันของการบริการที่ได้รับ กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ผู้รับบริการจะยอมจ่ายค่าบริการนั้นย่อมมาจากการบริการและการรับประกันที่ได้รับเป็นอย่างดี มีความปลอดภัยเมื่อมาใช้บริการกับบริษัทนี้ หมดกังวล และมีความเชื่อมั่นและมั่นใจเมื่อมาใช้บริการ และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า คุ้มค่ากับสิ่งที่จ่ายไป งานคุณภาพมีการรับประกัน ทุกอย่างมีความสัมพันธ์กับรายจ่ายที่จ่ายไป ปลอดภัยที่ใช้บริการ สร้างความมั่นใจเชื่อมั่นให้กับลูกค้าอย่างต่อเนื่อง

“มากกว่าสินค้าที่ได้รับคือการบริการ ที่สะท้อนให้เห็นถึงความปลอดภัยและการบริการที่คุ้มค่า” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 5, สัมภาษณ์, 24 เมษายน 2565)

“มีความเชื่อมั่นทุกครั้งที่มาใช้บริการ คุ้มค่า คุ้มเวลา ราคาเหมาะสม” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 6, สัมภาษณ์, 29 เมษายน 2565)

10. ความเชื่อถือไว้วางใจ (Reliability) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ลูกค้าเต็มใจ ยินยอม และเชื่อมั่น และไว้วางใจต่อความสัมพันธ์ที่จะดำเนินต่อไป บริษัทมีการกระทำทุกวิถีทางในการปกป้องผลประโยชน์ และไม่เอารัดเอาเปรียบลูกค้าซึ่งไม่สามารถทำเองได้ และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ลูกค้ามีความเต็มใจ ให้ความยินยอมและเชื่อมั่นวางใจต่อบริษัทในการดำเนินงาน บริษัทมีการกระทำทุกวิถีทางที่จะรักษาผลประโยชน์ให้ลูกค้า และไม่เอารัดเอาเปรียบ

“ได้รับสิ่งที่คุ้มค่า ไม่เคยเอาเปรียบลูกค้า เต็มใจที่จะให้บริการ” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 7, สัมภาษณ์, 1 พฤษภาคม 2565)

“ยินยอม เชื่อมั่น และไว้วางใจบริษัทนี้เสมอมา” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 8, สัมภาษณ์, 3 พฤษภาคม 2565)

11. การตอบสนองต่อผู้ใช้บริการ (Responsiveness) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า การตอบสนองที่เกิดจากความเต็มใจในการให้บริการอย่างเต็มใจ ตอบสนองตามความต้องการของลูกค้าทันที ง่ายและสะดวกกับการให้บริการกับลูกค้า ตรงเวลา ช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ให้เป็นอย่างดี รวดเร็ว และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า การตอบสนองลูกค้าที่เกิดจากความปรารถนาที่จะมอบการให้บริการอย่างเต็มใจ จริงใจ เต็มใจ ทันท่วงที ง่ายและสะดวกกับการให้บริการแก่ลูกค้า และผู้มีส่วนได้กับส่วนเสียในระยะเวลาตามที่กำหนดเป็นการสร้างความเชื่อมั่น ความไว้วางใจ สามารถตอบสนองต่อความขัดแย้ง และความต้องการของผู้รับบริการที่มีความหลากหลาย ที่มีความ

แตกต่างกัน ตลอดจนการแก้ปัญหาแก่ลูกค้าอย่างรวดเร็วตามที่ลูกค้าต้องการ

“ปัญหาของเราได้รับการแก้ไขอย่างตรงจุด และรวดเร็ว” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 4, สัมภาษณ์, 23 เมษายน 2565)

“การให้บริการมีขั้นตอนที่ชัดเจน ตอบสนองความต้องการได้อย่างทันที ไม่เสียเวลา” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 5, สัมภาษณ์, 24 เมษายน 2565)

12. ความเข้าใจและเห็นอกเห็นใจผู้ใช้บริการ (Empathy) กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ลูกค้าได้รับการบริการอย่างใส่ใจ เอื้ออาทรลูกค้าอย่างจริงใจ มีทักษะในการให้บริการเพื่อให้การบริการต่างๆ เป็นไปอย่างราบรื่น ต่อเนื่องสมบูรณ์ในที่สุด ดูแลยิ่งกว่าญาติพี่น้อง และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป ได้แสดงความเห็นโดยสรุปได้ว่า ความเข้าใจ เอาใจใส่ เป็นกันเองดังญาติมิตร และเห็นอกเห็นใจลูกค้า คือสิ่งที่สมใจนึกยึดถือปฏิบัติตลอดมา เพื่อให้เกิดการบริการที่สมบูรณ์แบบที่สุดต่อเนื่องที่สุด

“มีความเข้าใจในความเป็นลูกค้าที่ต้องการได้รับการบริการที่ตรงจุด มีความใส่ใจกับงาน” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 6, สัมภาษณ์, 29 เมษายน 2565)

“มีความจริงใจในการให้บริการ ใส่ใจ และติดตามตลอดจนแล้วเสร็จงานเลย บริการดีมาก” (ผู้ให้สัมภาษณ์ คนที่ 7, สัมภาษณ์, 1 พฤษภาคม 2565)

5. อภิปรายผลการวิจัย

ความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการ ต้องมาจาก ความเชื่อมั่น และกลับมาซื้อซ้ำจากการให้บริการของเจ้าของบริษัท และทีมงานที่มีความเป็นกันเอง และตอบสนองความต้องการได้อย่างทันที ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจที่ผู้ให้บริการสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างทันที และบรรลุจุดมุ่งหมายทำให้เกิดประสบการณ์ที่ดีต่อผู้รับบริการ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างลูกค้าได้ในระยะยาว และยังค้นพบข้อดีของบริษัทที่พบว่า มีความชัดเจนตอบสนองความต้องการได้ ให้คำปรึกษาที่ดี เข้าถึงง่ายสะดวกในการใช้บริการ เจ้าของครบวงจรมาก ให้การแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งแก้ปัญหาได้ตรงจุด เจ้าของใส่ใจต่อการให้คำปรึกษาและบริการมาก ส่วนข้อค้นพบด้านข้อเสียหรือข้อจำกัด คือ เจ้าของให้บริการและรับลูกค้าเองถ้าลูกค้ามากกว่าเดิมเจ้าของจะบริหารจัดการทันไหม อาจจะเกิดข้อผิดพลาดได้บ้างในบางครั้ง และการสื่อสารออนไลน์ค่อนข้างช้าไปบ้างเกี่ยวกับขั้นตอนและเอกสาร ซึ่งประเด็นต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบที่ช่วยในการสนันสนุนให้เกิดความผูกพันกับลูกค้า และสร้างความน่าใจในทุกประเด็นทั้งหมด 11 องค์ประกอบ ได้แก่

ความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และ กลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องของการให้บริการที่เป็นมืออาชีพ และครบวงจรนำไปสู่ความเชื่อมั่นไว้วางใจกับลูกค้าจนเกิด Loyalty ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Taylor and Baker (1994), ณัฏฐธิดา วงศ์จิรทีปต์ (2562), ชนาภา หนูนาค (2554), Fernandes & Esteves (2016) และ Kevin et al. (2014) ที่ได้กล่าวไว้ในภาพรวมว่า การสร้างความความจงรักภักดีหรือความเชื่อมั่นที่เหล่าลูกค้ามีต่อบริษัทหรือสินค้าและการบริการ และจะต้องเกิดจากเจ้าของธุรกิจควรรู้จักให้รางวัลแก่ลูกค้า โดยการแผนความภักดีจะทำให้เกิด Loyalty Customer ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อสร้างแรงจูงใจและการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากที่สุด

การให้ความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการ (Assurance) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องการให้ความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการได้ว่า มีครบทุกอย่างตามที่ถามทั้งความรู้ ความสามารถโดยเฉพาะเจ้าของบริษัทและการบริการที่ดี ทั้งด้านสินค้า และการบริการอื่น ๆ นำไปสู่การทำให้เกิดการตัดสินใจเป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับ Parasuraman and Other (1988) มีกล่าวไว้ว่า ผู้ให้บริการจะต้องมีทักษะ และความรู้ความเชี่ยวชาญในตัวสินค้าและการบริการเป็นอย่างดี อิสราพงศ์ พงศ์ทวีวิโรฒ (2562) ที่กล่าวว่า มีมาตรฐานในการให้บริการจนเกิดเป็นความมั่นใจให้กับลูกค้า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Fernandes & Esteves (2016) ที่ได้กล่าวว่าความรู้ความเชี่ยวชาญในตัวสินค้าและการบริการเป็นอย่างดี ให้ข้อมูลและนำเสนอสินค้า

และบริการ ด้วยความมั่นใจ จริงใจและให้ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

ความสะดวกและสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งบริการ (Accommodation) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องของความสะดวกมากทั้งในและนอกสถานที่ ตอบสนองความต้องการได้ครบ แนะนำในสิ่งที่เหมาะสมที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการบริการที่เข้าใจง่าย สะดวก รวดเร็ว ทันต่อการเข้าใช้บริการของ Penchansky and Thomas (1981, pp. 127-140) และความสำคัญต่อการให้บริการต่อผู้รับบริการช่วยให้ผู้รับบริการได้รับความสะดวกสบายและมีความสุข ซึ่งเป็นเป้าหมายของผู้รับบริการทุกคน ตามงานวิจัยของ Gummerus, Liljander, Weman & Pihlstrom (2012)

พฤติกรรมของลูกค้า (consumer behavior) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่อง ความจริงใจที่เข้ามาใช้บริการ รวมทั้งกระบวนการในการตัดสินใจที่มีผลต่อการแสดงออกประโยชน์ของลูกค้าที่ได้รับจากการให้บริการของบริษัท อีกทั้งบริษัทฯ ยังมีการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเสมอก่อนให้บริการส่งเสริมให้ลูกค้ามีข้อมูลประกอบการตัดสินใจง่ายขึ้น และคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fernandes & Esteves (2016), Kevin et al. (2014) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการที่พยายามทำความเข้าใจความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย และประเมินสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจและกระบวนการการซื้อสินค้าและบริการ นอกจากนี้ยังสอดรับกับแนวคิดของ Gummerus, Liljander, Weman & Pihlstrom (2012) ที่กล่าวถึงพฤติกรรมของลูกค้านั้นเกิดจากการแสดงออกของแต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้สินค้าและบริการ จึงเป็นที่มาที่ไปของการกลับมาใช้บริการซ้ำได้อีกในอนาคต และความคุ้มค่าตามมา

ประสบการณ์ของลูกค้า (Customer experience) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องของประสบการณ์ของลูกค้าว่าไม่ต่างกันในเรื่องของสินค้า แต่จุดเด่นจะอยู่ที่การบริการ ลูกค้าได้รับจากการปฏิสัมพันธ์ที่ดีมากกับทางบริษัทฯ โดยการปฏิสัมพันธ์แต่ละครั้งเป็นการสร้างประสบการณ์ลูกค้าได้ และลูกค้ามีทางเลือกมากมายแต่ก็ตัดสินใจเลือกบริษัทนี้เพราะการได้รับสิ่งดีๆ ครบวงจรจากบริษัท การให้ประสบการณ์แบบเดียวกันกับลูกค้า แต่ต่างกันด้วยการบริการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงประสบการณ์ของลูกค้า ทำให้ธุรกิจของคุณก้าวนำคู่แข่ง และส่งเสริมการซื้อซ้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เดชวัฒน์ คุณาวงศ์ (2552) ที่ลูกค้ามีทางเลือกที่ดีกว่า และโฉมไฉน บันลือสินธุ์ (2553) ที่กล่าวถึงลูกค้าที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ต่างๆ ทั้งแบบครั้งเดียวและสะสมจะทำให้เกิดการสร้างประสบการณ์ใหม่ที่ดีไปจนถึงการสร้างประสบการณ์ที่ดีในอนาคต (Taylor and Baker,1994) และนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fernandes & Esteves (2016) และ Kevin et al. (2014) ได้กล่าวไว้ว่าการบริการที่ดีนำไปสู่วิธีที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงประสบการณ์ของลูกค้า ทำให้ธุรกิจของคุณก้าวนำคู่แข่ง และส่งเสริมการซื้อซ้ำ

ความพอเพียงของบริการที่มีอยู่ (Availability) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องความพอเพียงของบริการที่มีอยู่ ทั้งการที่มีความพร้อมในการให้บริการ และแก้ไขปัญหาได้ตรงความต้องการ ทำให้เพิ่มโอกาสทางธุรกิจให้กับลูกค้าอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Penchansky and Thomas (1981, pp. 127-140) และ Gummerus, Liljander, Weman & Pihlstrom (2012) ที่ทำให้เกิดความสมดุล และจะนำไปสู่การสร้างความพึงพอใจในที่สุดของผู้รับบริการ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดรับกับงานวิจัยของ นันทิยา สุทธิพงษ์ไกวัล (2554) ได้กล่าวถึงความพอเพียงของการบริการ การให้บริการเพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าใช้งานบริการได้ และก่อให้เกิดเป็นมาตรฐานจนสร้างความพึงพอใจ

การเข้าถึงแหล่งบริการ (Accessibility) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องความสามารถของผู้รับบริการในการเข้าถึงการให้บริการอย่างเหมาะสมกับระดับสถานบริการ เวลา และ

ความจำเป็น หรือการที่ผู้รับบริการมีความสะดวกเมื่อมารับบริการทั้งภายในและภายนอกสถานที่ ไปมาง่าย รวดเร็วตามความต้องการ ไม่ซับซ้อนเลย สะดวกมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เดชวัฒน์ คุณาวงศ์ (2552), โฉมไฉน บันลือสินธุ์ (2553), นันทิยา สุทธิพงษ์ไกวัล (2554) และ Penchansky and Thomas (1981, pp. 127-140) ที่ได้กล่าวว่า ความสามารถของลูกค้าในการเข้าถึงการรับบริการอย่างเหมาะสม ประหยัดเวลา สถานที่ได้ เข้าถึงง่าย มีการจัดการที่รวดเร็วตามความต้องการในการรับบริการเป็นไปตามมาตรฐาน ขั้นตอนการรับบริการไม่ซับซ้อน

ความสามารถของผู้รับบริการในการที่จะเสียค่าใช้จ่ายสำหรับบริการหรือรับประกันของการบริการที่ได้รับ จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องของคุ้มค่ากับสิ่งที่จ่ายไป งานคุณภาพมีการรับประกัน ทุกอย่างมีความสัมพันธ์กับรายจ่ายที่จ่ายไป ปลอดภัยที่ใช้บริการ สร้างความมั่นใจ เชื่อมั่นให้กับลูกค้าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ Penchansky and Thomas (1981, pp. 127-140) ที่เน้นถึงการที่ผู้รับบริการจะยอมจ่ายค่าบริการนั้นย่อมมาจากการบริการและการรับประกันที่ได้รับหรือความปลอดภัยเมื่อมาใช้บริการ และ Gummerus, Liljander, Weman & Pihlstrom (2012) ที่กล่าวไว้ว่า ความสามารถของผู้รับบริการในการที่จะเสียค่าใช้จ่ายสำหรับบริการหรือรับประกันของการบริการที่ได้รับมีความยินดีที่จะจ่ายค่าบริการอย่างเต็มใจเพื่อความปลอดภัยเมื่อมาใช้บริการ ความเชื่อถือไว้วางใจ (Reliability) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องที่ลูกค้าเต็มใจ ยินยอม และเชื่อมั่น และไว้วางใจต่อความสัมพันธ์ที่จะดำเนินต่อไป บริษัทมีการกระทำทุกวิถีทางในการปกป้องผลประโยชน์ และไม่เอารัดเอาเปรียบลูกค้าซึ่งไม่สามารถทำเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Parasuraman and Other (1988) ที่กล่าวไว้ถึงความเต็มใจ ยินยอมหรือเชื่อมั่นของผู้ที่ไว้วางใจต่อผู้ที่ได้รับความไว้วางใจในลักษณะความสัมพันธ์ที่จะดำเนินต่อไปในการที่จะให้ผู้ที่ได้รับความเชื่อถือไว้วางใจได้กระทำทุกวิถีทางในการปกป้องผลประโยชน์ และไม่เอารัดเอาเปรียบผู้ที่ไว้วางใจซึ่งไม่สามารถทำเองได้ นอกจากนี้ยังสอดรับกับงานของ ชนาภา หนูนาค (2554) และ Kevin et al. (2014) ที่กล่าวไว้ว่า ความสามารถบริการตรงกันกับที่สัญญาให้ไว้กับลูกค้าอย่างถูกต้อง เหมาะสม สม่ำเสมอทุกครั้งที่บริการ ไม่เอารัดเอาเปรียบลูกค้า

การตอบสนองต่อผู้ใช้บริการ (Responsiveness) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่องการตอบสนองลูกค้าที่เกิดจากความปรารถนาที่จะมอบการให้บริการอย่างเต็มใจ จริงใจ เต็มใจทันท่วงที ง่ายและสะดวกกับการให้บริการแก่ลูกค้า และผู้มีส่วนได้กับส่วนเสียในระยะเวลาตามที่กำหนดเป็นการสร้างความเชื่อมั่น ความไว้วางใจ สามารถตอบสนองต่อความขัดแย้ง และความต้องการของผู้รับบริการที่มีความหลากหลาย ที่มีความแตกต่างกัน ตลอดจนการแก้ปัญหาแก่ลูกค้าอย่างรวดเร็วตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับ อิศราพงศ์ พงศ์ทวีรวิโรฒ (2562) และ Parasuraman and Other (1988) การตอบสนองเกิดจากความปรารถนาที่จะมอบการให้บริการอย่างเต็มใจ ตอบสนองตามความต้องการของลูกค้าทันที ง่ายและสะดวก และ ชนาภา หนูนาค (2554) ได้ศึกษาไว้ว่าพนักงานจะต้องให้บริการ และแก้ปัญหาแก่ลูกค้าอย่างรวดเร็วตามที่ลูกค้าต้องการ

ความเข้าใจและเห็นอกเห็นใจผู้ใช้บริการ (Empathy) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลุ่มที่มาใช้บริการเพื่อการบริโภค และกลุ่มที่มาใช้บริการทั่วไป มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในเรื่อง ลูกค้าได้รับการบริการอย่างใส่ใจ เป็นกันเองดังญาติมิตร และเห็นอกเห็นใจลูกค้า เอื้ออาทรลูกค้าอย่างจริงใจ มีทักษะในการให้บริการเพื่อให้การบริการต่างๆ เป็นไปอย่างราบรื่น ต่อเนื่องสมบูรณ์ในที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานของ ณัฏฐธิดา วงศ์จิรทีปต์ (2562), ชนาภา หนูนาค (2554) และ Fernandes & Esteves (2016) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ความสามารถใน การดูแล ความเอื้ออาทรเอาใจใส่ผู้รับบริการตามความต้องการที่แตกต่างกันของผู้รับบริการในแต่ละคน ซึ่งควรเป็นทักษะที่ควรมีในผู้ให้บริการเพื่อให้การบริการต่างๆ เป็นไปอย่างราบรื่นต่อเนื่องสมบูรณ์ในที่สุด

จากการศึกษาองค์ประกอบความผูกพันกับลูกค้าตามที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้น ผลการวิจัยสอดรับและเป็นไปในทิศทางของความผูกพันกับลูกค้าส่วนหนึ่งมาจากตัวเจ้าของกิจการและองค์ประกอบต่างๆ ตามที่ศึกษา ทำให้ส่งผลถึงแนวทางที่จะนำไปเป็นการพัฒนาความผูกพันของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของบริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด ได้แก่ การสร้างให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจ (Confidence) การสร้างให้เกิดความซื่อสัตย์และความจริงใจ (Integrity) ระดับที่ลูกค้าเกิดความภาคภูมิใจ (Pride) และการพัฒนาให้ลูกค้าเกิดความหลงใหล (Passion)

6. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. แนวทางการสร้างให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจ (Confidence) ควรมีการให้ความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการ (Assurance) และ ความสะดวกและสิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งบริการ (Accommodation) รวมไปถึงการศึกษาพฤติกรรมของลูกค้าที่จะสอดแทรกให้เกิดความมั่นใจที่ให้บริการ

2. แนวทางการสร้างให้เกิดความซื่อสัตย์และความจริงใจ (Integrity) ซึ่งควรมีการให้ความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการ (Assurance) และให้สิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งบริการ (Accommodation) เพื่อที่เป็นการสะท้อนความจริงใจ ซื่อสัตย์ต่อลูกค้าได้

3. แนวทางที่จะทำให้เพิ่มระดับที่ลูกค้าเกิดความภาคภูมิใจ (Pride) ซึ่งควรสร้างจากประสบการณ์ชองลูกค้า (Customer experience) และความพอเพียงของบริการที่มีอยู่ (Availability) ส่งผลต่อการสร้างความภาคภูมิใจของลูกค้าที่มาใช้บริการ

4. แนวทางการพัฒนาให้ลูกค้าเกิดความหลงใหล (Passion) เป็นขั้นสุดท้ายของความผูกพันที่บริษัทควรจะต้องสร้างความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) ความเชื่อถือไว้วางใจ (Reliability) การตอบสนองต่อผู้ใช้บริการ (Responsiveness) และความเข้าใจและเห็นอกเห็นใจผู้ใช้บริการ (Empathy) เป็นจุดที่นำไปสู่ความหลงใหลจนถึงการกลับมาใช้บริการซ้ำตลอดไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาโท ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และที่ปรึกษาร่วม ที่ช่วยเหลือในด้านความรู้ วิชาการต่าง ๆ จนแล้วเสร็จสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังขอขอบคุณพ่อแม่ พี่น้อง ญาติสนิท มิตรสหาย เพื่อนพ้อง ที่ให้กำลังใจกับปริญญาใบนี้มาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

โฉมไฉน บรรลือสินธุ์. (2553). การบริหารประสบการณ์ลูกค้าผ่านศูนย์กลางทางสังคมของตราสินค้า ระดับโลกในกลุ่มธุรกิจบริการ (วิทยานิพนธ์ปริญญานิเทศศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, สาขาวิชาการประชาสัมพันธ์.

ชนาภา หนูนาค. (2554). การวัดความผูกพันของลูกค้าในตราสินค้าบริการ (วิทยานิพนธ์ปริญญา นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สาขาวิชานิเทศศาสตร์.

ฝ่ายการตลาด. บริษัท สมใจนึก 2559 จำกัด, จำนวนลูกค้า, 2563

ณัฏฐธิดา วงศ์จิรทีปต์. (2562). “ความผูกพันของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ต่อแบรนด์สตาร์บัคส์”. ปริญญานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต.สาขาวิชาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นันทิยา สุทธิพงษ์ไกวัล. (2554) “การบริหารประสบการณ์ลูกค้าธุรกิจเสื้อผ้าเครื่อง แต่งกายของบริษัทในเครือ ยัสปาล จำกัด” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดชวัฒน์ คุณาวงศ์ (2552) “ประสบการณ์และพฤติกรรมผู้บริโภคใน ธุรกิจบริการ” (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สาขาวิชาการโฆษณา.

อิศราพงศ์ พงศ์ทวีรวิโรฒ. (2562). “ความผูกพันของผู้ใช้บริการที่มีต่อการบริการ ของโรงพยาบาลเอกชนชั้นนำแห่งหนึ่ง ในกรุงเทพมหานคร” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการตลาด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

Cronin, J. J., & Taylor, S. A. (1992). Measuring service quality: A Reexamination and extension. Journal of Marketing, 56(3), 55-68.

Fernandes, T, & Esteves, F. (2016). Customer engagement and loyalty: A comparative study between service contexts. Service Marketing Quarterly, 37(2), 125-139.

Gronroos, G. T. (1990). Service management and marketing. Massachusetts: Lexington Books.

Gummerus, J., Liljander, V., Weman, E., & Pihlström, M. (2012). Customer engagement in a facebook brand community. Management Research Review, 35(9), 857–877.

Kevin, K., F., S., Ceridwyn, K., Beverley, A., S., & Ying, W. (2014). The role of customer engagement in building consumer loyalty to tourism brands. Journal of Travel Research, 14(2), 1-15. doi: 10.1177/0047287514541008

Lee, In-Sook & Reigeluth, C.M. (1994). " Empowering Teachers for New Roles in a New Educational System," Educational Technology. 34(1) : 61-72.

Naumann, E. & Giel, K. (1995). Customer satisfaction measurement and management. Ohio: Thomson Executive Press.

Newman, A. J., & Cullen, P. (1998). Retailing environment& operations. Australia: Saxon Graphic.

Oliver, P. E. (1993). Formal models of collective action. Annual Review of Sociology, 19, 271-300.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., and Berry, L. L. (1994). " Reassessment of Expectation of Comparison Standard in Measuring Service Quality : Implication for Further Research." Journal of Marketing 58 (January), pp. 111-124.

_____ (1988) " SERVQUAL : A Multi-item Scale for Measuring Consumer Perception of Service Quality." Journal of Retailing 64 (1) : 12-40

Patterson, P. & Spreng, R. (1997). Modeling the relationship between perceived value, satisfaction and repurchase intentions in a business to business, service context. International Journal of Service Industry Management, 8(5), 414-434.

Penchansky, R., & Thomas, J. W. (1981). The consept of access edfinition and relationship to consumer satisfation. Medical Care, 19 (2), pp. 127-140.

Taylor, Steven A.; & Thomas L. Baker. (1994). An Assessment of the Relationship between Service Quality and Customer Satisfaction in the Formation of Consumers' Purchase Intentions. Journal of Retailing. (70): 163-178.

Zairi, M. (2000). Managing Customer Satisfaction : a Best Practice Perspective. The TQM Magazine, 12, 6.

ID002

การศึกษาความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟในกรุงเทพมหานคร

A STUDY OF CUSTOMER OPINION ON SERVICE QUALITY FOR COFFEE SHOP IN BANGKOK

ณิฌาภัทร อินทร์แก้ว[1] บำรุง สาริบุตร[2] สุมนา จรณะสมบูรณ์[3] จุฑาทิพย์ ลีลาธนาพิพัฒน์[4]

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาการบริหารคนและกลยุทธ์องค์การ คณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

[2] อาจารย์ ดร. ประจำคณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

[3] อาจารย์ ดร. ประจำคณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์.

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

*E-mail: nattawat.besttwpgroup@gmail.com

Nichapat Inkaew[1] Bamrung Saribut[2] Sumana Charanasomboon[3] Jutathip leelathanapipat[4]

[1] Student of Master degree, Faculty of Management Science in Panyapiwat Institute of Management

[2] Dr., Faculty of Management Science in Panyapiwat Institute of Management

[3] Dr., Faculty of Management Science in Panyapiwat Institute of Management

[4] Assistant Professor Dr., Faculty of Engineering in Panyapiwat Institute of Management

*E-mail: nattawat.besttwpgroup@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพในการให้บริการของร้านกาแฟในกรุงเทพมหานคร เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 400 คน ที่เป็นผู้บริโภคกาแฟ และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือวิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า คุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ จะประกอบด้วย ความเป็นรูปธรรมของการบริการ ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้ การตอบสนองความต้องการ การให้ความมั่นใจ และการเข้าใจและรับรู้ความต้องการของลูกค้า ซึ่งในภาพรวมอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก โดยสิ่งที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ การตอบสนองความต้องการลูกค้า ได้แก่ พนักงานมีการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อลูกค้า ความตั้งใจและความรวดเร็วในการให้บริการ และการให้คำแนะนำต่างๆ กับลูกค้า ส่วนผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านเพศ อายุ การศึกษา รายได้ และอาชีพที่ต่างกันมีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำหลัก ความคิดเห็นของลูกค้า, คุณภาพในการให้บริการ, ร้านกาแฟ

Abstract

This research study examines customers' views on the quality of service at coffee shops in Bangkok. There were a sample of 400 coffee consumers used the research of questionnaire to collect data, analyze data using basic statistics and deductive statistics. The results show that quality of service for coffee shops will include: The importance of service, reliability, responsiveness, confidence and understanding of customers' needs. Overall, the most important thing is to respond to customer needs, such as building good relationships with customers, promptness, and advice. As for the hypothesis test, it was found that the

demographic characteristics of gender, age, education, income. And different occupations have a statistically significant difference in service quality for coffee shops at level 0.05

Keywords: Customer Opinion, quality of service, coffee shop.

1. บทนำ

ในภาวะปัจจุบันตลาดกาแฟสดในประเทศไทยมีการเติบโตของกลุ่มผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง การเติบโตของธุรกิจร้านกาแฟก็เติบโตขยายกันอย่างรวดเร็วหลากหลายตราสินค้า เพื่อให้ลูกค้าสามารถเลือกรับประทานได้อย่างเสรี ซึ่งในเมืองใหญ่อย่างกรุงเทพมหานครมีธุรกิจร้านกาแฟจำนวนมาก และการเพิ่มขึ้นของธุรกิจต่าง ๆ ส่งผลให้ธุรกิจร้านกาแฟขยายตัวช้าลง (ผู้จัดการออนไลน์, 2564) และเริ่มมีการแข่งขันกันสูงมากขึ้น ในการแข่งขันในธุรกิจร้านกาแฟนั้นประเด็นสำคัญที่เป็นปัจจัยสำคัญของการแข่งขัน คือ คุณภาพในการให้บริการ (Carr, C. L., 2002) เพราะผู้บริโภคที่มีพฤติกรรมในการดื่มกาแฟอยู่แล้วจะมีความต้องการในเรื่องของการให้บริการของร้านกาแฟนั้น ๆ ทั้งในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านการให้บริการของพนักงาน ด้านการส่งเสริมการขายที่มีการดึงดูด นอกจากนี้ธุรกิจร้านกาแฟแม้จะเติบโตอย่างช้า ๆ ในเมืองใหญ่ แต่ตามต่างจังหวัดยังสามารถที่จะขยายตัวในธุรกิจนี้ได้อีก เพราะกลุ่มผู้บริโภคกาแฟในประเทศไทยยังน้อยมากเมื่อเทียบกับประชากรในประเทศ ดังนั้นผู้ประกอบการธุรกิจร้านกาแฟ ควรศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับกาแฟตลอดเวลาและปรับปรุงทดสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ อาทิ การชงกาแฟของร้านอย่างสม่ำเสมอ ค้นหากาแฟคุณภาพดี และแหล่งเพาะปลูกใหม่ ๆ หรือสร้างสรรค์เมนูใหม่นำเสนอลูกค้าเพื่อลดความจำเจ เป็นต้น Cordupleski, R., & Zahorik. (1993)

ในช่วง 2-3 ปี ที่ผ่านมา อัตราการเติบโตของธุรกิจร้านกาแฟในจังหวัดกรุงเทพมหานคร มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากปัจจุบันผู้คนนิยมบริโภคกาแฟสดกันมากขึ้น นอกจากความต้องการดื่มกาแฟแก้ง่วงแล้ว ร้านกาแฟในปัจจุบันถือเป็นสถานที่พักผ่อน เพราะบรรยากาศภายในร้านกาแฟทำให้ผู้ที่มาใช้บริการได้รับคุณค่าทางอารมณ์ แตกต่างจากร้านกาแฟในอดีต ที่เป็นสถานที่รวมตัวของกลุ่มผู้สูงวัยและเกือบ 100% เป็นผู้ชายที่มานั่งดื่มกาแฟและอ่านหนังสือพิมพ์ แต่ในปัจจุบันนี้ลูกค้าผู้มาใช้บริการเป็นคนรุ่นใหม่ ซึ่งอายุลดลงมาถึงวัยรุ่น โดยที่ผู้มาใช้บริการชอบนั่งดื่มกาแฟบนโซฟาหรือเก้าอี้เบาะนุ่ม การตกแต่งร้านมีความแปลกใหม่ มีบริการ WIFI สำหรับผู้มาใช้บริการได้ใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจาก อุปกรณ์สื่อสารพกพาทุกรูปแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (กชพงษ์ หอมดก, 2558) การใช้บริการร้านกาแฟกลายเป็นกระแสนิยมของสังคม ด้วยแนวคิดที่ว่ากาแฟไม่ได้เป็นเพียงแค่เครื่องดื่ม หากแต่กลายเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคเลือกที่จะซื้อ เพราะต้องการประสบการณ์การดื่มกาแฟที่หลากหลาย อันเป็นวิถีชีวิตของคนยุคปัจจุบันที่นิยมที่จะค้นหาประสบการณ์แปลกใหม่และเพิ่มความแปลกใหม่ให้กับชีวิต

ส่วนในเรื่องของคุณภาพการให้บริการยังคงเป็นอีกหนึ่งสิ่งสำคัญ และส่วนหนึ่งมาจากพนักงานที่ให้บริการ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของลูกค้าที่มีความพึงพอใจในการให้บริการ แต่ทั้งนี้ในหลาย ๆ ร้านกาแฟมีการเปิดตัวมากขึ้นอย่างแพร่หลาย โดยสิ่งที่ต้องมีการควบคุมให้เป็นมาตรฐานและสิ่งยากที่สุด คือ พนักงานที่จะต้องทำให้การบริการออกมามีคุณภาพมากที่สุด ครองใจผู้บริโภค แต่สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาของร้านกาแฟที่ยังขาดมาตรฐานในการบริการ โดยสาเหตุของปัญหาเหล่านั้นเกิดจากพนักงานผู้ให้บริการภายในร้านกาแฟ ที่เป็นสิ่งสำคัญในสร้างการบริการให้ลูกค้าพึงพอใจมากที่สุด หรือพยายามจะต้องรักษาคุณภาพในการให้บริการให้ได้มากที่สุด เพราะจะส่งผลถึงตัวสินค้าของร้านด้วย ซึ่งในปัจจุบันกระแสความนิยมในการดื่มกาแฟของคนไทยเปลี่ยนแปลงจากเดิม คือ เปลี่ยนจากนิยมดื่มกาแฟสำเร็จรูป มานิยมเข้าร้านกาแฟสดคั่วบดที่มีการตกแต่งร้านให้หรูหราทันสมัย สะดวกสบาย มีบรรยากาศที่รื่นรมย์สำหรับการดื่มกาแฟนั้นมากขึ้น ตลอดจนพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้บริโภคในยุคใหม่ สังเกตได้ว่ามักจะใช้ร้านกาแฟเป็นสถานที่พบปะพูดคุย สังสรรค์หรือ กระทั่งบางครั้งใช้เป็นสถานที่ทำงาน (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560)

ดังนั้นพนักงานบริการร้านกาแฟทุกคนจะต้องให้ความสำคัญ และมีความรับผิดชอบในการบริการ เพราะพนักงานบริการคือหน้าตาของร้าน ซึ่งการให้บริการที่ดีและมีคุณภาพนั้นต้องอาศัยทัศนคติเชิงบวกในการทำงานของพนักงานบริการ จึงสามารถทำให้ชนะใจลูกค้า โดยการให้บริการที่ดีเปรียบเสมือนเครื่องมือช่วยลูกค้าเกิดความเชื่อถือ ศรัทธา และสร้างภาพลักษณ์ซึ่งจะมีผลในการตัดสินใจซื้อหรือใช้บริการในครั้งถัดไปด้วยความเต็มใจ รวมถึงการบอกต่อไปอีกเป็นการต่อยอดจากการให้บริการที่มีประสิทธิภาพ (กุสุมา ปิยโพธิกุล และถนอม พงษ์พานิช, 2559) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การบริหารจัดการร้านที่ดีจะมีส่วนสำคัญต่อการสร้างความพึงพอใจ หรือไม่พึงพอใจในคุณภาพการให้บริการได้จึงต้องมีการปรับปรุง และพัฒนาร้าน ฝึกอบรมพนักงานอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้พัฒนาทักษะในงานการให้บริการ ใส่ใจในคุณภาพแก่ลูกค้า ให้พนักงานที่มีความชำนาญมาทำหน้าที่บริการลูกค้าเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ มีการวางแผนจัดตำแหน่งการทำงานของพนักงานในตำแหน่งอย่างเหมาะสม มีการวางแผนกำลังคนให้เหมาะสมกับงานตามความถนัด เพื่อความรวดเร็วในการทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จากที่กล่าวมาในข้างต้นล้วนเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับคุณภาพการให้บริการ ที่มีมากมายดังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นยิ่งสร้างความท้าทายต่อธุรกิจประเภทนี้ที่ต้องรักษาคุณภาพการให้บริการให้ดีขึ้น พร้อมทั้งแก้ไขข้อบกพร่อง ต่าง ๆ ให้รวดเร็ว จึงเป็นประเด็นที่ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพในการให้บริการของร้านกาแฟในกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้ผู้วิจัยสามารถนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้ และตัดสินใจสำหรับการเลือกเปิดร้านกาแฟ รวมทั้งยังสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการให้บริการของร้านกาแฟอื่น ๆ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพในการให้บริการของร้านกาแฟในกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่มีผลต่อคุณภาพในการให้บริการของร้านกาแฟในกรุงเทพมหานคร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และการสุ่ม

ลูกค้าที่ใช้บริการร้านกาแฟในกรุงเทพมหานคร การหากลุ่มตัวอย่างจากประชากรทั้งหมดที่อยู่ในกรุงเทพมหานครที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไปมีจำนวน 7,609,002 คน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562) โดยใช้สูตรการหากลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane ได้กลุ่มตัวอย่าง 400 ตัวอย่าง (Taro Yamane, 1973)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ 1) ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพทั่วไป โดยมีลักษณะคำถามแบบปลายปิด และ 2) ปัจจัยด้านคุณภาพในการให้บริการ ซึ่งประกอบด้วย ความเป็นรูปธรรมของการบริการ ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้ การตอบสนองความต้องการ การให้ความมั่นใจ และการเข้าใจและรับรู้ความต้องการของลูกค้า โดยมีลักษณะคำถามแบบปลายปิด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีการแจกแบบสอบถามให้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยมีการกำหนดพื้นที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ พื้นที่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยเลือกสุ่มตัวอย่างตามพื้นที่ โดยจะเลือกสุ่มตามสะดวกในแต่ละพื้นที่ เช่น ห้างสรรพสินค้า แหล่งชุมชน ใกล้ๆ ร้านกาแฟ โดยเก็บรวบรวมจากภาคสนามจริง โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลประมาณ 2 สัปดาห์ ทั้งในวันธรรมดา และวันหยุดเพื่อความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง และให้ครอบคลุมมากที่สุด โดยในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น ผู้วิจัยอ้างอิงพื้นที่วิจัยจากจำนวนประชากรในแต่ละเขตของกรุงเทพมหานครที่มีจำนวนมากที่สุด 5 อันดับแรก (สำนักบริหารการทะเบียน, 2563) ได้แก่ เขตสายไหม เขตคลองสามวา เขตบางแค เขตบางเขน และเขตบางขุนเทียน ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเขตพื้นที่ละ 80 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้จาก

แบบสอบถามมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป เพื่อการวิจัย SPSS (Statistical Package for The Social Science) โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

1. ค่าความถี่และค่าร้อยละ (Frequency and Percentage) เพื่อใช้อธิบายความถี่ และร้อยละของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

2. ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (Sample Mean) เพื่อใช้อธิบายค่าเฉลี่ยของข้อมูล และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อใช้อธิบายค่าการกระจายของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามตอนที่ 2 เกี่ยวกับ ระดับความคิดเห็น

3. สถิติเชิงอนุมาน (Inference statistics) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ t-test และ F-test โดยในการรายงานผลด้วยสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

4. สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ และอาชีพ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มี อายุระหว่าง 21 – 30 ปี มีระดับการศึกษาที่ปริญญาตรี มีรายได้ส่วนตัวต่อเดือน 20,001 – 30,000 บาท และประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน และธุรกิจส่วนตัว

4.2 ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ

ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ ด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ ในภาพรวมอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.48 ซึ่งมี 4 ประเด็นย่อยที่มีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด และ 2 ประเด็นย่อยที่มีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความสะอาดภายในร้านที่ถูกต้องตามหลักอนามัย มีค่าเฉลี่ย 4.56 รองลงมาคือ อุปกรณ์ภายในร้านกาแฟ มีความพร้อมในการให้บริการ เช่น หลอดดูด กระดาษทิชชู่ น้ำตาล นม สำหรับเติมกาแฟ เป็นต้น และรูปภาพประกอบเมนูกาแฟมีความเหมาะสม เช่น ชัดเจน ดึงดูด เป็นต้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.55 และพนักงานร้านกาแฟแต่งกายสุภาพเรียบร้อย มีค่าเฉลี่ยที่ 4.51 ตามลำดับ

ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ ด้านความน่าเชื่อถือไว้ใจในการบริการ ในภาพรวมอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.47 ซึ่งมี 1 ประเด็นย่อยที่มีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด และ 2 ประเด็นย่อยที่มีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ พนักงานมีความสุภาพอ่อนน้อมในการให้บริการ และเป็นกันเอง มีค่าเฉลี่ย 4.52 รองลงมาคือ ขั้นตอนที่มีมาตรฐานในการชงกาแฟ เช่น อุณหภูมิความร้อนของน้ำ สัดส่วนปริมาณกาแฟ เป็นต้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.45 และพนักงานมีความซื่อสัตย์ในการให้บริการ เช่น ใช้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ ให้บริการตามลำดับคิว เป็นต้น มีค่าเฉลี่ยที่ 4.42 ตามลำดับ

ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ ด้านการตอบสนองความต้องการลูกค้า ในภาพรวมอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.52 ซึ่งทุกประเด็นย่อยมีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด ประกอบด้วย พนักงานมีการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อลูกค้า เช่น การกล่าวคำทักทาย และ คำอำลา เป็นต้น และ ความตั้งใจและความรวดเร็วของพนักงานร้านกาแฟในการให้บริการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.53 และการแนะนำของพนักงานร้านกาแฟ เกี่ยวกับชนิดของกาแฟ และการเลือกกาแฟแต่ละชนิด มีค่าเฉลี่ยที่ 4.50 ตามลำดับ

ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ ด้านการให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า ในภาพรวมอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.39 ซึ่งทุกประเด็นย่อยที่มีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก ประกอบด้วย ทักษะในการชงกาแฟของพนักงานร้านกาแฟ มีค่าเฉลี่ย 4.42 การแก้ไขข้อผิดพลาด ของพนักงานร้านกาแฟ เช่น การเปลี่ยนกาแฟแก้วใหม่ หรือมีข้อเสนอเพิ่มเติมให้ลูกค้า เป็นต้น มีค่าเฉลี่ย 4.38 และร้านกาแฟมีชื่อเสียงด้านความน่าเชื่อถือ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.37 ตามลำดับ

ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการ

สำหรับร้านกาแฟ ด้านการรู้จักและเข้าใจลูกค้า ในภาพรวมอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.47 ซึ่งมี 1 ประเด็นย่อยที่มีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด ในเรื่องของพนักงานขายไม่เลือกปฏิบัติต่อลูกค้าที่มาใช้บริการ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.50 ส่วนอีก 3 ประเด็นย่อยมีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก ประกอบด้วย การให้ความสำคัญ ของลูกค้าแต่ละบุคคล เช่น การจดจำเมนูประจำของลูกค้า การจดจำชื่อลูกค้า เป็นต้น และ พนักงานมีความเต็มใจที่จะช่วยแก้ปัญหาให้กับลูกค้า มีค่าฉลี่ยเท่ากันที่ 4.46 และ พนักงานแก้ปัญหาการบริการได้ตรงตามความคาดหวังของลูกค้า มีค่าเฉลี่ยที่ 4.45 ตามลำดับ

4.3 ผลการทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน เกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้ t-test และ F–test การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ในการทดสอบ ได้ผลการทดสอบสมมติฐานดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1.1

ลักษณะประชากรศาสตร์	คุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร				
	ความเป็นรูปธรรมของการบริการ				
เพศ	N	X	S.D.	t	Sig.
- ชาย	132	4.44	.385	1.543	.215
- หญิง	268	4.49	.467		
	ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้				
เพศ	N	X	S.D.	t	Sig.
- ชาย	132	4.44	.459	1.687	.195
- หญิง	268	4.48	.522		
	การตอบสนองความต้องการ				
เพศ	N	X	S.D.	t	Sig.
- ชาย	132	4.51	.429	1.053	.305
- หญิง	268	4.53	.499		
	การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า				
เพศ	N	X	S.D.	t	Sig.
- ชาย	132	4.26	.506	5.855	.016
- หญิง	268	4.46	.558		
	การรู้จักและเข้าใจลูกค้า				
เพศ	N	X	S.D.	t	Sig.
- ชาย	132	4.47	.470	3.628	.058
- หญิง	268	4.46	.553		

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางคือค่า Sig.* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานย่อยที่ 1.1 พบว่า ลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านเพศมีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟในด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้ การตอบสนองความต้องการและการรู้จักและเข้าใจลูกค้าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านเพศมีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟในด้านการให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้าแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1.2

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	ระหว่างกลุ่ม	1.201	4	.300	1.550	.187
	ภายในกลุ่ม	76.549	395	.194		
	รวม	77.750	399			
ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้	ระหว่างกลุ่ม	2.570	4	.643	2.594	.036
	ภายในกลุ่ม	97.852	395	.248		
	รวม	100.422	399			
การตอบสนองความต้องการ	ระหว่างกลุ่ม	.601	4	.150	.660	.620
	ภายในกลุ่ม	89.906	395	.228		
	รวม	90.507	399			
การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	.058	4	.015	.048	.996
	ภายในกลุ่ม	119.986	395	.304		
	รวม	120.044	399			
การรู้จักและเข้าใจลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	.586	4	.147	.526	.717
	ภายในกลุ่ม	110.083	395	.279		
	รวม	110.669	399			

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานย่อยที่ 1.2 พบว่าผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านอายุที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ในการทดสอบ พบว่าลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านอายุที่ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ การตอบสนองความต้องการ การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า และการรู้จักและเข้าใจลูกค้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านอายุที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครในด้านความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1.3

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	ระหว่างกลุ่ม	1.309	2	.655	3.400	.034
	ภายในกลุ่ม	76.441	397	.193		
	รวม	77.750	399			
ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้	ระหว่างกลุ่ม	.904	2	.452	1.803	.166
	ภายในกลุ่ม	99.518	397	.251		
	รวม	100.422	399			
การตอบสนองความต้องการ	ระหว่างกลุ่ม	.302	2	.151	.664	.515
	ภายในกลุ่ม	90.205	397	.227		
	รวม	90.507	399			
การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	.387	2	.193	.642	.527
	ภายในกลุ่ม	119.657	397	.301		
	รวม	120.044	399			
การรู้จักและเข้าใจลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	.442	2	.221	.796	.452
	ภายในกลุ่ม	110.227	397	.278		
	รวม	110.669	399			

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานย่อยที่ 1.3 พบว่าผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านระดับการศึกษาที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ในการทดสอบ พบว่าลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านระดับการศึกษาที่ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครด้านความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้ การตอบสนองความต้องการ การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า และการรู้จักและเข้าใจลูกค้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านระดับการศึกษาที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครในด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1.4

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	ระหว่างกลุ่ม	3.261	5	.652	3.450	.005
	ภายในกลุ่ม	74.489	394	.189		
	รวม	77.750	399			
ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้	ระหว่างกลุ่ม	.564	5	.113	.445	.817
	ภายในกลุ่ม	99.858	394	.253		
	รวม	100.422	399			
การตอบสนองความต้องการ	ระหว่างกลุ่ม	.863	5	.173	.759	.580
	ภายในกลุ่ม	89.643	394	.228		
	รวม	90.507	399			
การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	2.975	5	.595	2.002	.077
	ภายในกลุ่ม	117.069	394	.297		
	รวม	120.044	399			
การรู้จักและเข้าใจลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	.531	5	.106	.380	.863
	ภายในกลุ่ม	110.139	394	.280		
	รวม	110.669	399			

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานย่อยที่ 1.4 พบว่าผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านรายได้ที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ในการทดสอบ พบว่าลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านรายได้ที่ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครด้านความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้ การตอบสนองความต้องการ การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า และการรู้จักและเข้าใจลูกค้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านรายได้ที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครในด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1.5

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	ระหว่างกลุ่ม	1.267	6	.211	1.085	.371
	ภายในกลุ่ม	76.483	393	.195		
	รวม	77.750	399			
ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้	ระหว่างกลุ่ม	2.424	6	.404	1.620	.140
	ภายในกลุ่ม	97.998	393	.249		
	รวม	100.422	399			
การตอบสนองความต้องการ	ระหว่างกลุ่ม	.547	6	.091	.398	.880
	ภายในกลุ่ม	89.960	393	.229		
	รวม	90.507	399			
การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	1.342	6	.224	.741	.617
	ภายในกลุ่ม	118.702	393	.302		
	รวม	120.044	399			
การรู้จักและเข้าใจลูกค้า	ระหว่างกลุ่ม	1.595	6	.266	.958	.454
	ภายในกลุ่ม	109.074	393	.278		
	รวม	110.669	399			

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานย่อยที่ 1.5 พบว่าผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านอาชีพที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA) ในการทดสอบ พบว่าลักษณะปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านอาชีพที่ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้ การตอบสนองความต้องการ การให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า และการรู้จักและเข้าใจลูกค้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. อภิปรายผลการวิจัย

ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ ด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ ในภาพรวมอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก ได้แก่ ความสะอาดภายในร้านที่ถูกต้องตามหลักอนามัย อุปกรณ์ภายในร้านกาแฟ มีความพร้อมในการให้บริการ เช่น หลอดดูด กระดาษทิชชู่ น้ำตาล นม สำหรับเติมกาแฟ เป็นต้น และรูปภาพประกอบเมนูกาแฟมีความเหมาะสม เช่น ชัดเจน ดึงดูด เป็นต้น และพนักงานร้านกาแฟแต่งกายสุภาพเรียบร้อยตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ ผลงานความคิด และการพัฒนาตัวแบบ Service and Quality : SERVQUAL ของ Ziethaml, Parasuraman, and Berry (1990) จากการศึกษาวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสร้างคุณภาพการให้บริการ ด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏให้เห็นถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ อันได้แก่ สถานที่ บุคลากร อุปกรณ์ เครื่องมือ เอกสารที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร และสัญลักษณ์ รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ทำให้ผู้รับบริการรู้สึกว่าได้รับการดูแล ห่วงใย และความตั้งใจจากผู้ให้บริการ บริการที่ถูกนำเสนอออกมาเป็นรูปธรรมจะทำให้ผู้รับบริการรับรู้ถึงการให้บริการนั้น ๆ ได้ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อธิวัฒน์ รัตนตันหยง (2556) ที่ได้ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้บริการร้านกาแฟสด ในฝั่งธนบุรี กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างคือผู้ใช้บริการร้านกาแฟสดในฝั่งธนบุรีกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะมองถึงลักษณะทางกายภาพของร้านการจับต้องได้เป็นหลัก นอกจากนี้ยังสอดรับกับผลการวิจัยด้านความน่าเชื่อถือไว้ใจในการบริการ ที่พนักงานมีความสุภาพอ่อนน้อมในการให้บริการ และเป็นกันเอง ขั้นตอนที่มีมาตรฐานในการชงกาแฟ เช่น อุณหภูมิความร้อนของน้ำ สัดส่วนปริมาณกาแฟ เป็นต้น และพนักงานมีความซื่อสัตย์ในการให้บริการ เช่น ใช้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ ให้บริการตามลำดับคิว เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ จุตินันท์ เรืองจุติโพธิ์พาน (2555) ที่ได้ค้นพบว่าความน่าเชื่อถือไว้ใจในการบริการเป็นหัวใจสำคัญของการบริการที่สะท้อนถึงความซื่อสัตย์ตามมา และยังสอดรับกับการพัฒนาตัวแบบ Service and Quality : SERVQUAL ของ Ziethaml, Parasuraman, and Berry (1990) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ความสามารถในการให้บริการให้ตรงกับสัญญาที่ให้ไว้กับผู้รับบริการ บริการที่ให้ทุกครั้งจะต้องมีความถูกต้องเหมาะสม และได้ผลออกมาเช่นเดิมในทุกจุดของบริการ ความสม่ำเสมอนี้จะทำให้ผู้รับบริการรู้สึกว่าบริการที่ได้รับนั้นมีความน่าเชื่อถือ สามารถให้ความไว้วางใจได้ ส่วนในด้านของการตอบสนองความต้องการลูกค้า จะเห็นได้ว่าพนักงานมีการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อลูกค้า เช่น การกล่าวคำทักทาย และ คำอำลา เป็นต้น และ ความตั้งใจและความรวดเร็วของพนักงานร้านกาแฟในการให้บริการ และการแนะนำของพนักงานร้านกาแฟ เกี่ยวกับชนิดของกาแฟ และการเลือกกาแฟแต่ละชนิด ซึ่งสอดคล้องกับ Ziethaml, Parasuraman, and Berry (1990) ที่มองว่า ความพร้อมและความเต็มใจที่จะให้บริการ โดยสามารถตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการได้อย่างทันท่วงที ผู้รับบริการสามารถเข้ารับบริการได้ง่าย และได้รับความสะดวกจากการใช้บริการ รวมทั้งจะต้องกระจายการให้บริการไปอย่างทั่วถึงรวดเร็ว และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของสุนิตา ศรีพลนอก (2559) ได้ทำการศึกษาคุณภาพในการบริการและการยึดติดทางอารมณ์ที่มีอิทธิพลต่อความภักดีต่อการใช้บริการร้านกาแฟคาเฟ่อเมซอนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ที่เน้นเรื่องของความเต็มใจ ความพร้อมในการให้บริการตลอดจนความสะดวกจากการใช้บริการ อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ศึกษาในครั้งนี้ด้านการให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า เช่นทักษะในการชงกาแฟของพนักงานร้านกาแฟ การแก้ไขข้อผิดพลาด ของพนักงานร้านกาแฟ เช่น การเปลี่ยนกาแฟแก้วใหม่ หรือมีข้อเสนอเพิ่มเติมให้ลูกค้า เป็นต้น และร้านกาแฟมีชื่อเสียงด้านความน่าเชื่อถือ ส่งเสริมให้ลูกค้ามีความต้องการเข้ารับบริการมาก อีกทั้งยังสอดรับการแนวทางของการพัฒนาตัวแบบ Service and Quality : SERVQUAL ของ Ziethaml, Parasuraman, and Berry (1990) ที่ได้กล่าวไว้ว่าความสามารถในการสร้างความเชื่อมั่นให้เกิดขึ้นกับผู้รับบริการ ผู้ให้บริการจะต้องแสดงถึงทักษะความรู้ความสามารถในการให้บริการและตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการด้วยความสุภาพ นุ่มนวล มีกริยามารยาทที่ดี สุดท้ายผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า ด้านการรู้จักและเข้าใจลูกค้า ต้องให้ความสนใจในเรื่องของพนักงานขายไม่เลือกปฏิบัติต่อลูกค้าที่มาใช้บริการ การให้ความสำคัญ ของลูกค้าแต่ละ

บุคคล เช่น การจดจำเมนูประจำของลูกค้า การจดจำชื่อลูกค้า เป็นต้น และ พนักงานมีความเต็มใจที่จะช่วยแก้ปัญหาให้กับลูกค้า และ พนักงานแก้ปัญหาการบริการได้ตรงตามความคาดหวังของลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิวิมล ไพศาลสุทธิเดช (2556) ที่ได้ค้นพบว่าการเข้าใจลูกค้าเป็นส่วนสำคัญของการสร้างคุณภาพในการให้บริการและการบริการที่ใส่ใจ เช่นการจำลูกค้าได้ นอกจากนี้ยังสอดรับกับแนวคิดของ Ziethaml, Parasuraman, and Berry (1990) ที่กล่าวถึงความสามารถในการดูแลเอาใจใส่ผู้รับบริการตามความต้องการที่แตกต่างของผู้รับบริการแต่ละคน

นอกจากนี้จากการศึกษาที่ค้นพบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ทั้งด้านเพศ อายุ รายได้ การศึกษา และอาชีพที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการสำหรับร้านกาแฟ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครไม่แตกต่างกัน เป็นเพราะความต่างจากลักษณะทางประชากรศาสตร์นั้นไม่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการ ไม่ว่าจะเป็นใครก็ตามก็อยากที่จะได้รับการบริการที่ดีทั้งด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ ความน่าเชื่อถือหรือไว้วางใจได้ การตอบสนองความต้องการ การให้ความมั่นใจ และการเข้าใจและรับรู้ความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะเห็นได้ว่า สอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยหลายเรื่องที่มองถึงคุณภาพการให้บริการเป็นหลัก ทั้งจุตินันท์ เรืองจุติโพธิ์พาน (2555) และสุนิตา ศรีพลนอก (2559) ที่มองว่าการบริการที่ดีจะนำไปสู่ความภักดีในสินค้าและบริการนั้นๆ รวมไปถึงสอดรับกับงานวิจัยของศศิวิมล ไพศาลสุทธิเดช (2556) และสุภางค์ หงษ์สุวรรณ (2555) ที่ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซึ่งทั้งสองงานวิจัยได้ผลออกมาไปในทิศทางเดียวกันคือการบริการที่ดี คุณภาพที่ดี นำไปสู่การตัดสินใจใช้บริการ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสอดรับสัมพันธ์กับงานวิจัยในอดีตที่ยังคงมีคุณค่าและสามารถทำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพในการให้บริการของร้านกาแฟในกรุงเทพมหานครได้อีกในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.1 แนวทางการพัฒนาด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ ควรรักษาระดับความสะอาดภายในร้านที่ถูกต้องตามหลักอนามัย อุปกรณ์ภายในร้านกาแฟ มีความพร้อมในการให้บริการ และมีการสร้างความแตกต่างจากรูปภาพประกอบเมนูกาแฟมีความเหมาะสม รวมไปถึงพนักงานร้านกาแฟควรแต่งกายสุภาพเรียบร้อย เป็นเอกลักษณ์ของร้าน

5.2 แนวทางการพัฒนาด้านความน่าเชื่อถือไว้ใจในการบริการ ควรมีการรักษาระดับและพัฒนาพนักงานให้มีมีความสุภาพอ่อนน้อมในการให้บริการ และเป็นกันเอง มีขั้นตอนที่มีมาตรฐาน และมีความซื่อสัตย์ในการให้บริการ

5.3 แนวทางการพัฒนาด้านการตอบสนองความต้องการลูกค้า ควรมีการรักษาระดับและพัฒนาพนักงานให้มีการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อลูกค้า และ ความตั้งใจและความรวดเร็วของพนักงานร้านกาแฟในการให้บริการ

5.4 แนวทางการพัฒนาด้านการให้ความเชื่อมั่นแก่ลูกค้า ควรมีการรักษาระดับและพัฒนาทักษะในการชงกาแฟของพนักงานร้านกาแฟ การแก้ไขข้อผิดพลาด ของพนักงานร้านกาแฟ

5.5 แนวทางการพัฒนาด้านการรู้จักและเข้าใจลูกค้า ควรมีการรักษาระดับและพัฒนาในเรื่องของพนักงานขายจะต้องไม่เลือกปฏิบัติต่อลูกค้าที่มาใช้บริการ การให้ความสำคัญของลูกค้าแต่ละบุคคล และ พนักงานมีความเต็มใจที่จะช่วยแก้ปัญหาให้กับลูกค้า และ พนักงานแก้ปัญหาการบริการได้ตรงตามความคาดหวังของลูกค้า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาโท ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และที่ปรึกษาร่วม ที่ช่วยเหลือในด้านความรู้ วิชาการต่าง ๆ จนแล้วเสร็จสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังขอขอบคุณพ่อแม่ พี่น้อง ญาติสนิท มิตรสหาย เพื่อนพ้อง ที่ให้กำลังใจกับปริญญาใบนี้มาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กชพงษ์ หอมดก. (2558). ส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภคกาแฟสด:กรณีศึกษาร้านกาแฟสดในเขตพื้นที่จังหวัดแพร่.วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด.

กุสุมา ปิยโพธิกุล และถนอม พงษ์พานิช. (2559). กลยุทธ์ส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีผลต่อการตัดสินใจ

ID025

เครือข่ายการส่งเสริมสุขภาพของชมรมผู้สูงอายุในชุมชนหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี

Health Promotion Network of the Elderly Club in Hua Phai Community Muang District, Singburi Province

คมกริช บุญเขียว[1*] คธาวุธ ศรียา[2]และ ภัทรพงษ์ ยิ่งดำนุ่น[3]
[1] คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[2,3]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[*]E-mail: zoroman2_19@hotmail.com

Khomkrit Bunkhaio[1*] Kathavut Sriya [2] and Pattarapong Yingdamnun[3]
[1]Faculty of Humanities and Social Sciences, Thepsati Rajabhat University
[2,3]Faculty of Education, Thepsati Rajabhat University
[*]E-mail: zoroman2_19@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยความสำเร็จในการส่งเสริมสุขภาพของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการศึกษาเอกสาร การสังเกต การสัมภาษณ์เชิงลึก และการจัดประชุมกลุ่มย่อย กลุ่มประชากรได้แก่เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวไผ่ เจ้าหน้าที่องค์กรบริหารส่วนตำบลหัวไผ่ ประธานและกรรมการชุมชมผู้สูงอายุชุมชนหัวไผ่ และสมาชิกชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ ผลการศึกษาพบว่า การก่อตั้งชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่เกิดจากการความร่วมมือระหว่างโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวไผ่ องค์การบริหารส่วนตำบลหัวไผ่และผู้นำชมรมผู้สูงอายุที่ร่วมมือกันในการจัดกิจกรรมที่เหมาะสมและส่งเสริมด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ ด้านปัจจัยที่ส่งเสริมความสำเร็จของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ประกอบด้วย 4 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยด้านความต่อเนื่องของกิจกรรม ปัจจัยด้านแบบแผนการดำเนินงาน ปัจจัยด้านเครือข่ายความร่วมมือ และปัจจัยด้านผู้นำองค์กร

คำหลัก การสร้างเครือข่าย, การส่งเสริมสุขภาพ, ผู้สูงอายุ, ปัจจัยความสำเร็จ

Abstract

This research aims to study success factors of the Elderly Club's health promotion network at Hua Phai Community, Muang District, Singburi Province, using a qualitative research method. The related documents were studied, and observation, an in-depth interview, and a focus group interview were employed to collect the data. The samples included the staff from Hua Phai health-promoting hospital, the staff from Hua Phai Sub-district Administrative Organization, the head and committees of Hua Phai Elderly Community, and the members of Hua Phai Elderly Club. The results suggested that Hua Phai Elderly Club was established with the cooperation of Hua Phai health-promoting hospital, Hua Phai Sub-district Administrative Organization, and the head of the Elderly Club that which joined forces to arrange health care promoting activities that were suitable for the elderly in the community. The factors leading to the success of the Hua Phai Elderly

Cub included four factors which were: the continuation of the health-promoting activities, the effective action plan, the healthy working network, and the great leaders from each organization that worked together.
Keywords: Developing Working Network, Health-Promoting, Elderly, factors of successful

1. บทนำ

ประเทศไทยกำลังมีแนวโน้มเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ จากสถิติประชากร ปีพ.ศ.2564 พบว่า จำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20 ของประชากรทั้งประเทศ [1] การที่สังคมไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุนั้นทุกภาคส่วนต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากกลุ่มผู้สูงอายุถือว่าเป็นกลุ่มที่ต้องได้รับการส่งเสริมด้านสุขภาพมากกว่ากลุ่มอื่น ทั้งนี้การส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุต้องอาศัยความร่วมมือจากภาครัฐและภาคเอกชน รวมทั้งองค์กรท้องถิ่นและประชาชนในชุมชน เพื่อการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตและสภาพแวดล้อม เพื่อการสร้างกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมด้านสุขภาพของกลุ่มผู้สูงอายุให้เหมาะสม ทั้งนี้ภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดเป้าหมายให้ประชาชนต้องมีสุขภาพดี ควบคู่กับการมีระบบสุขภาพยั่งยืน ซึ่งมียุทธศาสตร์การป้องกันโรค ควบคู่กับการพัฒนาระบบส่งเสริมสุขภาพโดยการพัฒนาบนฐานชุมชนท้องถิ่น [2]

ปัญหาสำคัญด้านสุขภาพของผู้สูงอายุประการหนึ่งคือการประสบปัญหากลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable diseases: NCD) ซึ่งสาเหตุไม่ได้เกิดจากการสัมผัส คลุกคลี สารคัดหลั่ง หรือมีตัวนำโรค แต่หากเกิดจากเหตุปัจจัยจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่ไม่ระมัดระวัง มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง การขาดความรู้ในการดูแลร่างกายอย่างถูกต้อง เช่น ดื่มเหล้า สูบบุหรี่ มีความเครียด ขาดกิจกรรมทางกาย และบริโภคอาหารประเภทเค็มจัดหรือหวานจัด [3] ทั้งนี้โรคที่พบมากสำหรับผู้สูงอายุได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคอ้วนลงพุง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเหล่านี้เกิดจากการขาดการดูแลสุขภาพโดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีกิจกรรมทางร่างกายน้อยลงเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ

การส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุนั้นต้องอาศัยแนวทางสำคัญคือ การส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมีการออกกำลังกายเพื่อรักษาความแข็งแรงของร่างกาย รวมทั้งเป็นการพัฒนาด้านจิตใจให้มีการร่วมทำกิจกรรมกลุ่มกับผู้อื่น ทั้งนี้การดำเนินการกิจกรรมดังกล่าวจะเกิดขึ้นในรูปแบบเครือข่ายกิจกรรม ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานจากภายนอกให้เข้ามาดูแลและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในชุมชนได้มากขึ้น

ตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี เป็นชุมชนที่มีระบบเครือข่ายของผู้สูงอายุที่มีการก่อตั้ง การรวมกลุ่มและการดำเนินกิจกรรมที่ดี มีการดำเนินกิจกรรมต่อเนื่องยาวนานมาหลายปี ทั้งยังสามารถรักษาสมาชิกและขยายฐานสมาชิกของชมรมผู้สูงอายุ ให้มีจำนวนสมาชิกเข้าร่วมกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าการศึกษาเครือข่ายของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี จะเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมกิจกรรมด้านผู้สูงอายุในชุมชน และเป็นการส่งเสริมให้ภาคสังคม ภาคเอกชนเข้ามาร่วมในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในชุมชนให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและเป็นผู้ที่มีคุณค่าต่อตนเองและสังคมไทยต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี

3. ทบทวนวรรณกรรม

เครือข่ายทางสังคม [4] คือ กระบวนการสร้างเครือข่ายเป็นการเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการสร้างความร่วมมือจากความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล กลุ่มและองค์กร ซึ่งมีเป้าหมายวัตถุประสงค์และความต้องการบางอย่างร่วมกัน ทั้งที่จะมีการร่วมกันเพื่อดำเนินกิจกรรมบางอย่าง โดยสมาชิกจะมีความเป็นเอกเทศไม่ขึ้นต่อกัน และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการเสริมสร้างสุขภาวะเกิดจากการมีผู้นำเข้มแข็ง การมีความพร้อมของสมาชิก เน้นการทำกิจกรรมร่วมกันของสมาชิก มีองค์กรทุกภาคส่วนที่ให้การสนับสนุนการจัดกิจกรรม มีระบบการดูแลอย่างต่อเนื่องและกิจกรรมต้องสนองความต้องการของสมาชิกเครือข่ายและการสร้างภาคี

เครือข่าย[5] และเครือข่ายทางสังคมเป็นช่องทางความสัมพันธ์ของบุคคลที่เชื่อมโยงในการร่วมมือทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันในเครือข่าย[6]

ลักษณะเครือข่ายทางสังคม ประกอบด้วย 1) เครือข่ายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นการเกิดเครือข่ายที่เกิดจากธรรมชาติมักใช้เวลาในการสร้างเครือข่ายนาน แต่เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีความเข้มแข็งยั่งยืน และมีแนวโน้มจะขยายตัวได้มากขึ้น เครือข่ายในลักษณะนี้จะเกิดจากความร่วมแรงร่วมใจของฝ่ายต่างๆ มีการเรียนรู้และแก้ปัญหาร่วมกัน 2) เครือข่ายที่เกิดจากการจัดตั้ง เป็นเครือข่ายที่เกิดจากความต้องการภายในองค์การหรือสมาชิกที่มีผลประโยชน์ร่วมกัน เครือข่ายลักษณะนี้จะมีผู้นำที่มีความพร้อมและมีความต้องการที่จะจัดตั้ง เป็นผู้นำในการช่วยเหลือในการจัดตั้งเพื่อดำเนินการเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ

แนวคิดการส่งเสริมสุขภาพ มีแนวคิดพื้นฐานของการส่งเสริมสุขภาพประกอบด้วย หลักการ 13 ข้อดังนี้[7] 1) สุขภาพเป็นแนวคิดเชิงบวกประกอบด้วยหลายมิติ 2) เน้นภาวะสุขภาพที่ยังไม่เกิดการเจ็บป่วย 3) อาศัยโยงใยความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง 4) สุขภาพเกิดจากการสร้างความร่วมมือของบุคคลครอบครัวและชุมชน 5) วัตถุประสงค์สำคัญเพื่อปรับเปลี่ยนสุขภาวะส่วนบุคคลและสิ่งแวดล้อม 6) ปัจจัยที่ศึกษาเกี่ยวข้องประกอบด้วยทัศนคติและความตระหนัก 7) กลุ่มเป้าหมาย คือประชาชนโดยรวม 8) ผู้รับผิดชอบ คือผู้ที่มีส่วนได้เสีย 9) ควรใช้กลวิธีการจัดการสร้างความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง 10) กิจกรรมต้องมีความหลากหลายและบูรณาการในการดำเนินการเพื่อสร้างความยั่งยืน 11) สร้างระบบสนับสนุนและเอื้อต่อการดูแลสุขภาพ 12) ผลลัพธ์สำคัญ คือสุขภาวะของบุคคลที่ดีขึ้นและ 13) เน้นการประเมินผลที่กระบวนการทำงานที่เกิดขึ้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเครือข่ายการส่งเสริมสุขภาพของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้วิธีการเชิงพรรณนา (Descriptive Method) การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร (Document) การสังเกต (Observation) การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) และการสนทนากลุ่มย่อย (Small Group Discussion)

4.1 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ เป็นผู้สูงอายุที่เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 25 คน ประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวไผ่ (รพ.สต.) จำนวน 6 คน ประธานชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่และกรรมการชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ จำนวน 6 คน เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลหัวไผ่ จำนวน 3 คน และตัวแทนผู้สูงอายุที่เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ จำนวน 10 คน

4.2 คุณสมบัติของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ การคัดเลือกกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์คัดเลือกผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์ โดยใช้การเลือกตัวอย่างเชิงทฤษฎี (theoretical sampling) โดยผู้ให้ข้อมูลจะต้องเป็นผู้สูงอายุและบุคคลที่เกี่ยวข้อง กับผู้สูงอายุในชุมชนหัวไผ่ เพื่อที่จะได้ข้อมูล ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยกำหนดคุณสมบัติไว้ดังนี้ เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวไผ่ (รพ.สต.) และเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลหัวไผ่ ต้องเป็นผู้รับผิดชอบด้านกิจกรรมผู้สูงอายุ มีประสบการณ์การทำงานกับผู้สูงอายุไม่น้อยกว่า 2 ปี และสนใจที่เข้าร่วมงานวิจัย ด้านประธานชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่และกรรมการชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ และตัวแทนผู้สูงอายุที่เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ ต้องเป็นผู้ทำรับผิดชอบกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุ ร่วมงานกับชมรมผู้สูงอายุไม่น้อยกว่า 2 ปี และสนใจที่เข้าร่วมงานวิจัย

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วมและไม่มีส่วนร่วม แบบบันทึกการประชุมกลุ่มย่อย โดยเครื่องมือทั้งหมด มีประเด็นที่ใช้ในการสังเกตและตั้งคำถาม ประเด็นการก่อตั้งชมรมผู้สูงอายุ การเข้าร่วมกิจกรรมของสมาชิก บทบาทหน้าที่ของสมาชิก และปัจจัยด้านความสำเร็จของชมรมผู้สูงอายุ

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1) การสังเคราะห์เอกสาร เป็นการสังเคราะห์เนื้อหาที่เป็นแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยมีเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่เอกสารแนวคิดการสร้างเครือข่าย เอกสารเกี่ยวกับสุขภาพการส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อประมวลความรู้เกี่ยวกับการสร้างเครือข่ายความร่วมมือแล้วนำไปกำหนดแนวทางการวิจัยต่อไป

2) การสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าหน้าที่ รพ.สต. เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลหัวไผ่ ประธานและกรรมการชุมชมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ เพื่อให้ได้ข้อมูลและความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบและสถานการณ์ผู้สูงอายุในตำบลหัวไผ่ การสร้างเครือข่ายการส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ กิจกรรมการส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุในตำบล โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ซึ่งมีประเด็นการสัมภาษณ์เป็นแนวคำถาม (Guideline) ที่ครอบคลุมหัวข้อคำถามที่ครอบคลุมรายละเอียดที่ต้องการศึกษาและเป็นไปตามวัตถุประสงค์รวมทั้งกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้

3) การสนทนากลุ่มย่อย เป็นการจัดประชุมตัวแทนชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ที่เข้าร่วมทำกิจกรรมกับชมรม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบบันทึกการประชุมกลุ่ม เพื่อเก็บข้อมูลที่กำหนดให้กลุ่มเป้าหมายได้อธิบายคำตอบเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างข้อสรุปต่อไป

4) การสังเกต การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การสังเกต โดยใช้แบบบันทึกการสังเกต ซึ่งเป็นการสังเกตแบบมีส่วนร่วม โดยการเข้าไปมีส่วนร่วมงานของการจัดกิจกรรมของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของชมรมผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นการจัดประจำทุกเดือน และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมโดยเข้าไปสังเกตการเข้าร่วมกิจกรรมของสมาชิกชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ที่จัดทั้งภายชุมชนหรือภายนอกชุมชนเพื่อให้เห็นเครือข่ายความสัมพันธ์ของสมาชิกชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ที่เกิดขึ้น

4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบข้อมูลเนื้อหาและมีการทบทวนคำตอบหลักจากการสัมภาษณ์ โดยให้ผู้ให้ข้อมูลสำคัญตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และเมื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนแล้วจึงนำข้อมูลมาตรวจสอบความถูกต้องโดยเทคนิคการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (data triangulation) ได้แก่ ด้านเวลา ด้านสถานที่และด้านบุคคลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหาโดยวิธีการสังเคราะห์ข้อมูล ความคิดและเนื้อหา ทั้งหมดรวมเป็นประเด็นหลัก นำผลที่สรุปจากการสัมภาษณ์รวบรวมให้เป็นข้อสรุป และนำข้อมูลจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก มาวิเคราะห์เนื้อหา รูปแบบในการสร้าง เครือข่ายส่งเสริมสุขภาพของชมรมผู้สูงอายุในตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ด้วยการจัดกลุ่ม (Categorizing) เนื้อหาที่ได้จากการสัมภาษณ์ ที่มีเหมือนกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

4.7 การนำเสนอผลการวิจัย ผู้วิจัยจะใช้การนำเสนอผลการวิจัยในรูปแบบการบรรยายพรรณนา

5.ผลการวิจัย

5.1 การจัดตั้งชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการสร้างชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี เริ่มก่อตั้งชมรมในปี พ.ศ. 2539 โดยเป็นการรวมกลุ่มจากผู้สูงอายุของแต่ละหมู่บ้านเพื่อตั้งเป็นกลุ่มผู้สูงอายุเฉพาะหมู่บ้านตน ช่วงเริ่มต้นชมรมผู้สูงอายุจะมีลักษณะเป็นเอกเทศ โดยแต่ละหมู่บ้านจะมี 1 กลุ่ม ต่อมามีอดีตข้าราชการครูเกษียณ ได้รับเลือกเป็นผู้นำในการก่อตั้งชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ โดยร่วมกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวไผ่ ในการรวมสมาชิกจากแต่ละหมู่บ้านให้มาเป็นกลุ่มชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ โดยใช้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวไผ่เป็นที่ทำการของชมรม หลังจากการจัดตั้งชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่และได้มีการให้สมาชิก อสม. ประจำหมู่บ้านทำการสำรวจและเชิญชวนผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปให้เข้ามาร่วมกับชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ ทั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อดำเนินกิจกรรมด้านการส่งเสริมสุขภาพให้แก่สมาชิก

หลังจากนั้นชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ก็ได้ดำเนินการเชิงรุกในการหาสมาชิกที่มีคุณสมบัติเข้าเกณฑ์ของชมรม คือ

เป็นผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ไม่มีภาระงานหรือมีภาระการเลี้ยงดูบุตรหลานและมีความพร้อมด้านร่างกาย ให้เข้ามาร่วมกิจกรรมของชมรมและได้มีการเลือกตั้งกรรมการชมรมจากตัวแทนทุกหมู่บ้าน เพื่อให้เกิดการกระจายข่าวสารของชมรมให้กับสมาชิกที่อยู่หมู่บ้านต่างๆ นอกจากนี้องค์การบริหารส่วนตำบลหัวไผ่ยังสนับสนุนยานพาหนะในการเดินทางเข้าร่วมกิจกรรมของผู้สูงอายุ โดยมีการรับส่งกรณีที่ผู้สูงอายุไม่สามารถเดินทางมาเองได้ หรือบุคคลที่ไม่มีบุตรหลานมาส่ง จึงส่งผลทำให้สมาชิกของชมรมสามารถเข้าร่วมกิจกรรมของชมรมได้อย่างต่อเนื่องเรื่อยมา

ปัจจุบันชมรมผู้สูงอายุได้ดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยมีการจัดประชุมสมาชิกชมรมเดือนละ 2 ครั้งและทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมสุขภาพเดือนละ 1 ครั้ง นอกจากนั้นชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ได้ดำเนินการพัฒนากิจกรรมด้านการแสดงโดยร่วมกับหน่วยงานการศึกษาในท้องถิ่นเพื่อทำการแสดง การฟ้อนรำประกอบเพลงเพื่อการออกกำลังกายสำหรับสมาชิกชมรม

ลักษณะเครือข่ายของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่เป็นการรวมตัวของคนที่มีคุณลักษณะด้านร่างกายคล้ายกันก็ คือ มีอายุ 60 ปีขึ้นไปโดยมีกิจกรรมในการเคลื่อนไหวออกกำลังกายเป็นกิจกรรมร่วมของสมาชิกนอกจากนี้สมาชิกยังได้มีกิจกรรมอื่นๆ เพื่อขับเคลื่อนเครือข่ายชมรมได้แก่การให้อบรมให้ความรู้ การดำเนินกิจกรรมสันทนาการการอบรมกิจกรรมด้านอาชีพ การดำเนินกิจกรรมด้านภูมิปัญญาของชุมชนและการดำเนินกิจกรรมในวันสำคัญต่างๆของชุมชนซึ่งกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้เป็นกิจกรรมที่ทำให้สมาชิกได้มีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนเครือข่าย

ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานของเครือข่ายพบว่าสามารถทำให้สมาชิกที่เป็นผู้สูงอายุเข้ามาร่วมกิจกรรมด้านสุขภาพและไม่เป็นผู้ป่วย ทั้งยังเป็นพื้นที่ในการพัฒนาศักยภาพหรือความสามารถของผู้สูงอายุ ไม่ให้ถูกมองว่าเป็นกลุ่มพึ่งพิง เป็นภาระของบุตรหลานหรือเป็นภาระของภาครัฐ ซึ่งความสำเร็จของเครือข่ายชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ได้รับการยอมรับในระดับจังหวัด เพราะมีการเลือกให้เป็นต้นแบบหนึ่งในชมรมผู้สูงอายุที่มีการดำเนินกิจกรรมโดดเด่นของจังหวัดสิงห์บุรี

5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จต่อการก่อตั้งชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งเสริมความสำเร็จของเครือข่ายผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่มีดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ด้านความต่อเนื่องของกิจกรรม จากการศึกษาพบว่า ชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่มีกิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องภายในชมรมซึ่งเป็นกิจกรรมที่เกิดจากกิจกรรมภายในชุมชนและภายนอกชุมชนหลากหลายกิจกรรมทำให้สมาชิกได้เข้าร่วมอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น กิจกรรมการจัดประกวดแข่งขันความสามารถของผู้สูงอายุในระดับจังหวัด กิจกรรมการร่วมงานวันสำคัญทางศาสนา หรืองานประจำปีของพื้นที่กิจกรรมการตรวจสุขภาพประจำแต่ละเดือนและกิจกรรมการอบรมให้ความรู้ด้านการดูแลสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะถูกกำหนดขึ้นถูกจัดขึ้นเดือนละไม่น้อยกว่า 2 ครั้งทำให้สมาชิกของชมรมผู้สูงอายุมีกิจกรรมในการเข้าร่วมอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งเป็นการตรวจสอบดูแลสุขภาพของตนเองอย่างสม่ำเสมออีกด้วย

ปัจจัยที่ 2 ด้านแบบแผนการดำเนินงานพบว่า ชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ มีการกำหนดแบบแผนการดำเนินงานที่เหมาะสม คือมีการประชุมเพื่อวางแผนการดำเนินงานในแต่ละกิจกรรม ตั้งแต่ต้นปีจนถึงปลายปีเพื่อให้สมาชิกได้รับรู้ถึงกิจกรรมที่จะต้องดำเนินการโดยกิจกรรมเหล่านั้นเป็นกิจกรรมที่เน้นในเรื่องของการส่งเสริมสุขภาพและการรวมกลุ่ม ไม่ได้เป็นกิจกรรมที่เป็นด้านวิชาการมากนัก ทำให้สมาชิกไม่รู้สึกเบื่อหน่ายที่จะเข้าร่วมกิจกรรมกับชมรม นอกจากนี้ชมรมยังมีการเชิญหน่วยงานจากภายนอก มาจัดอบรมให้ความรู้ที่หลากหลาย ทำให้สร้างความน่าสนใจให้กับสมาชิกของชมรมได้เป็นอย่างดี

ปัจจัยที่ 3 ด้านเครือข่ายความร่วมมือจากการศึกษาพบว่าชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่มีเครือข่ายความร่วมมือหลากหลายระดับประกอบด้วยเครือข่ายระดับตำบลได้แก่ เจ้าหน้าที่จาก รพ.สต.ตำบลหัวไผ่ ชมรมกำนันผู้ใหญ่บ้านตำบลหัวไผ่ เจ้าหน้าที่ อสม. ซึ่งเครือข่ายความร่วมมือเหล่านี้จะเป็นผู้ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและประสานงานด้านกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในตำบล ส่วนเครือข่ายระดับจังหวัดได้แก่เครือข่ายพัฒนาชุมชนจังหวัดสิงห์บุรีและองค์การ

บริหารส่วนจังหวัดสิงห์บุรีซึ่งให้การสนับสนุนด้านการจัดประชุมและการเชิญกลุ่มสมาชิกชมรม ให้เข้าร่วมทำกิจกรรมในระดับจังหวัด รวมทั้งมีการจัดประกวดการแข่งขันความสามารถของผู้สูงอายุในระดับจังหวัดอีกด้วย ทางด้านเครือข่ายระดับประเทศได้แก่เครือข่ายแพทย์แผนไทยของกระทรวงสาธารณสุขซึ่ง ดำเนินงานผ่านศูนย์การแพทย์แผนไทยของ รพ.สต.ตำบลหัวไผ่ โดยศูนย์การแพทย์แผนไทยของตำบลหัวไผ่เป็นหน่วยงานที่ประสานงานเพื่อให้ชมรมผู้สูงอายุเข้าร่วมกิจกรรมการประกวด กิจกรรมชมรมผู้สูงอายุดีเด่นของกระทรวงสาธารณสุข จะเห็นได้ว่าเครือข่ายของชมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่มีเครือข่ายที่หลากหลายระดับ ตั้งแต่ระดับตำบลจนถึงระดับประเทศดังนั้นการดำเนินกิจกรรมต่างๆของชมรมจึงสามารถดำเนินได้อย่างหลากหลายและต่อเนื่อง

ปัจจัยที่ 4 ด้านผู้นำองค์กร จากการศึกษาพบว่าผู้นำองค์กรชมรมผู้สูงอายุได้แก่ประธานและคณะกรรมการปัจจุบัน เป็นผู้ที่ได้รับความไว้วางใจจากสมาชิกและเป็นผู้ที่สมาชิกให้การเคารพนับถือ ประกอบกับบุคลิกและความเป็นกันเองของประธานชมรมและคณะกรรมการจึงทำให้สมาชิกมีความไว้เนื้อเชื่อใจและเต็มใจที่จะร่วมกิจกรรมด้วย

6.สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

ความสำเร็จของชุมรมผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ อำเภอเมืองจังหวัดสิงห์บุรีเกิดจากความร่วมมือของ 3 ภาคส่วนได้แก่ ผู้นำองค์กรผู้สูงอายุ รพ. สต. ตำบลหัวไผ่และองค์การบริหารส่วนตำบลหัวไผ่ที่ได้ร่วมกันพัฒนากิจกรรมด้านการดูแลสุขภาพ ของผู้สูงอายุในตำบลขึ้นมาและมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยปัจจัยด้านความต่อเนื่องของกิจกรรม ด้านแบบแผนการดำเนินงาน ด้านเครือข่ายความร่วมมือ และด้านผู้นำองค์กร สอดคล้องกับการศึกษาของศิริมา สุวรรณศรี และคณะ[9] ที่พบว่าการสร้างเครือข่ายกิจกรรมส่วนร่วมจะต้องมีทุนการดำเนินการสำคัญได้แก่ ด้านบุคลากรด้านสังคม ด้านการเงิน และด้านกายภาพ โดยใช้ทั้ง 4 ส่วนเหล่านี้เข้าสู่กระบวนการทำให้เกิดการสร้างกลุ่มของผู้สูงอายุต่อไป

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มผู้สูงอายุตำบลหัวไผ่ประกอบด้วย 4 ปัจจัยได้แก่ 1) ความต่อเนื่องของกิจกรรม 2) แบบแผนการดำเนินงาน 3) เครือข่ายความร่วมมือ และ4) ผู้นำองค์กร สอดคล้องกับการศึกษาของอาภากร ปัญโญและคณะ [10] ที่พบมากการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้สูงอายุในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการคือวิชาชีวิตวิชาชีพและวิชาการซึ่งจะต้องบูรณาการเพื่อให้เกิดกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยสร้างขึ้นจากการใช้ชุมชนเป็นฐาน

7.ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในนำผลการวิจัยไปใช้

1) การพัฒนากลุ่มผู้สูงอายุในชุมชนควรให้ความสำคัญกับการสนับสนุนด้านงบประมาณ อุปกรณ์และส่งเสริมการจัดกิจกรรมของผู้สูงอายุให้มากขึ้นเพื่อให้กิจรรมของชมรมผู้สูงอายุมีอย่างต่อเนื่อง

2) หน่วยงานภาครัฐควรมีฐานข้อมูลด้านความรู้ความสามารถของผู้สูงอายุในชุมชนเพื่อนำไปใช้สร้างกิจกรรมที่สอดคล้องตามความรู้ ความสามารถหรือความสนใจของผู้สูงอายุ

3) ควรมีการนำผลการดำเนินงานไปใช้ทั้งในการพัฒนาชุมชนกลุ่มสุขภาพของชุมชนและการกำหนดเชิงนโยบายขององค์กรบริหารส่วนท้องถิ่น ให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมของกลุ่มต่าง ๆ ที่มากขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาการคงอยู่ของกลุ่มผู้สูงอายุในพื้นที่ชุมชนอื่นเพื่อให้เข้าใจปัญหาการคงอยู่ของกลุ่มอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ประจำปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมกิจการผู้สูงอายุ. 2564. สังคมผู้สูงอายุในปัจจุบันและเศรษฐกิจไทยในปัจจุบัน, ข้อมูลจาก https://www.dop.go.th/th/know/15/926 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มกราคม 2565).

[2] ถนัด ใบยาและวินัย นิลคง. 2563. การพัฒนาชุมชนจัดการสุขภาวะแบบมีส่วนร่วมตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอพียง จังหวัดน่าน, วารสารวิชาการกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ, ปีที่ 16 ฉบับที่ 2, หน้า 25-36.

[3] นันทกร ทองแดง. 2562. โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs). ข้อมูลจากhttps://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มกราคม 2564).

[4] เสรี พงศ์พิศ. 2548. เครือข่าย ยุทธวิธีเพื่อประชาคมเข้มแข็ง ชุมชนเข้มแข็ง, สถาบันส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน, กรุงเทพ.

[5] พระครูใบฎีกาอภิชาต, พระครูใบฎีกาธีรยุทธ, พระครูวิลาศกาญจนธรรม, จิดาภา เร่งมีศรีสุข และสัญญา สดประเสริฐ. 2561. การสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการเสริมสร้างสุขภาวะผู้สูงอายุขององค์กรชุมชน ในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม, วารสารการบริหารท้องถิ่น, ปีที่ 11 ฉบับที่ 3, หน้า 76-90.

[6] ฐานริณทร์ หาญเกียรติวงศ์, รุจิกาญจน์ สานนท์ และนิติพัฒน์ กิตติรักษกุล. 2563. เครือข่ายทางสังคมกับการส่งเสริมสุขภาพ, วารสารวิชาการสังคมศาสตร์เครือข่ายวิจัยประชาชื่น, ปีที่ 3 ฉบับที่ 1, หน้า 58-68.

[7] อาภากร ปัญโญ, ญาตาวีมินทร์ พืชทองหลวง และประทีป พืชทองหลวง. 2564. นวัตกรรมเชิงชุมชนเพื่อการดูแลผู้สูงอายุที่มีความพิการร่วมอย่างยั่งยืนตามแนวพระพุทธศาสนาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดลำพูน, วารสารปัญญา, ปีที่ 28 ฉบับที่ 3, หน้า 47-67.

[8] บุษกร เชี่ยวจินดากานต์. 2561.เทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพแบบกรณีศึกษา, วารสารศิลปศาสตร์ปริทัศน์, ปีที่ 13 ฉบับที่ 25, หน้า 103-118.

[9] ศิริมา สุวรรณศรี, เอกอนงค์ ศรีสำอาง, สมศักดิ์ เจริญพูลและพนารัตน์ พรมมา. 2563. รูปแบบการสร้างเครือข่ายและการมีส่วนร่วมในการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงวัยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองโพธิ์ อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี, วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, ปีที่ 16 ฉบับที่ 2, หน้า 117-135.

[10] อาภากร ปัญโญ, ญาตาวีมินทร์ พืชทองหลวง และประทีป พืชทองหลวง. 2564. นวัตกรรมเชิงชุมชนเพื่อการดูแลผู้สูงอายุที่มีความพิการร่วมอย่างยั่งยืนตามแนวพระพุทธศาสนาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดลำพูน, วารสารปัญญา, ปีที่ 28 ฉบับที่ 3, หน้า 47-67.

เลือกใช้บริการร้านเบเกอรี่ย่านซอยทองหล่อในเขตกรุงเทพมหานคร.วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด.

จุตินันท์ เรืองจุติโพธิ์พาน. (2555). พฤติกรรมการบริโภคกาแฟสดของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารธุรกิจ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). หลักการวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร:สุวีริยาสาสน์การพิมพ์

ผู้จัดการออนไลน์ (2564). การเติบโตของธุรกิจกาแฟ. วันที่สืบค้น 26 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จาก

http://www.vppcoffee.com/knowledge/coffee-business-growth/

สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2562). สำมะโนประชากรปี พ.ศ.2562. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

สำนักบริหารการทะเบียน (2563). จำนวนประชากรในกรุงเทพมหานครจำแนกตามเขตพื้นที่. กรมการปกครองกระทรวงมหาดไทย.

สุภางค์ หงษ์สุวรรณ. (2555). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. นิเทศศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

สุนิตา ศรีพลนอก. (2559). คุณภาพในการบริการและการยึดติดทางอารมณ์ที่มีอิทธิพลต่อความภักดีต่อการใช้บริการร้านกาแฟคาเฟ่อเมซอนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ศศิวิมล ไพศาลสุทธิเดช. (2556). ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคกาแฟสตาร์บัคส์ของคนไทยและคนเกาหลี. ในการประชุมหาดใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4 (หน้า 4–9). หาดใหญ่: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.(2560). คนกรุงเทพดื่มกาแฟอย่างไร. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.

อธิวัฒน์ รัตนตันหยง. (2556). พฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้บริการร้านกาแฟสดในฝั่งธนบุรีกรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าแบบอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารธุรกิจ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อภินันท์ จันตะนี. (2550) . สถิติและการวิจัยทางธุรกิจ. พระนครศรีอยุธยา : ฝ่ายบัณฑิตศึกษาคณะวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

Carr, C. L. (2002). “Measuring information system service quality: SERVQUAL from the other side.: MIS Quarterly 26 (2): 145-166.

Carroll, J. S. & Johnson, E. J. (1990). Decision Research: A Field Guide. California : Sage Publications.

Cordupleski, R., & Zahorik. (1993). Customer satisfaction, customer retention, and market share. Journal of Retailing, 69, 193-215.

Crosby, P. B. (1979). Quality is Free. New York: McGraw-Hill Cronin, J. J. and Taylor, S. A. (1992). “ Measuring Service Quality: A Re-examination and Extension.” Journal of Marketing 56(7), pp. 55-68.

Taro Yamane (1973). Statistics: An Introductory Analysis.3 rdEd. New York. Harper and Row Publications.

Zeithaml, V. A., and Bitner, M. J. (2000). Services Marketing: Customer Focus Across the Firm. 2nd ed. Boston, Massachusetts: McGraw-Hill

Zeithaml, V. A., Parasuraman, and L. L., Berry. (1985). “Problem and Strategic in Services Marketing.” Journal of Marketing, 49(2), 33-46.

Zeithaml, V. A., Parasuraman, and L. L., Berry. (1990). Delivering Quality Service : Balancing Customer Perceptions. New York : The Free Press.

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Marketing

ID014

กรณีศึกษาการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) สำหรับธุรกิจในประเทศไทย: การปรับตัวต่อวิกฤติโควิด-19

THE CASE STUDY OF CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT IN THAILAND ENTERPRISES: THE INTERVENTION OF COVID-19 PANDEMIC

กัญญาณัฐ วิวัฒนภูษิต[1], ธีติมา ปิยะศิริศิลป์[2] และ ศรัณย์ วิทยากรบัณฑิต[3]
[1]นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตวิทยาลัย สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ 10160
[2]บัณฑิตวิทยาลัย สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ 10160
[3]วิทยาบูรณาการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Email: kanyanat.wiw@siam.edu

Kanyanat Wiwattanapusit[1], Teetima Piyasirisilp[2] and Sarun Widtayakornbundit[3]
[1]Student of Masters of Graduate School of Business, Siam University, Bangkok, 10160
[2] Graduate School of Business, Siam University, Bangkok, 10160
[3]School of Integrated Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900
Email: kanyanat.wiw@siam.edu

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาวิธีการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ในประเทศไทย 2) เพื่อบูรณาการบริหารลูกค้าสัมพันธ์กับการทำงานขององค์การในวิกฤติโควิด-19 โดยขอบเขตการศึกษาครั้งนี้ คือ วิจัยเชิงคุณภาพ ในรูปแบบของกรณีศึกษา มุ่งเน้นการพัฒนาธุรกิจโดยการนำแนวคิดการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (Customer Relationship Management: CRM) มาประยุกต์ใช้กับธุรกิจประเทศไทย ซึ่งได้ศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง สังเกตได้ว่าการใช้แนวคิดนี้ในประเทศไทยและในต่างประเทศ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่มีประโยชน์ร่วมกันในเรื่องของการปรับเข้าหา เพื่อจัดการกับข้อมูลลูกค้าในช่วงวิกฤติโรคระบาด พบว่าการนำ DEAR MODEL และเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้ในธุรกิจนั้น ทำให้ธุรกิจเติบโตได้รวดเร็ว และสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสร้างความประทับใจในระบบการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ของธุรกิจนั้น เพื่อตอบสนองความต้องการได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว สรุปได้ว่าการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ จึงเป็นกระบวนการที่มีความเหมาะสมในด้านการรักษาลูกค้าให้คงอยู่กับบริษัทในระยะยาว รวมถึงสามารถนำไปปรับใช้และพัฒนาในองค์กรต่อไป

คำสำคัญ: การบริหารลูกค้าสัมพันธ์, DEAR MODEL, โควิด-19

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to study customer relationship management methods in Thailand; and 2) to integrate customer relationship management in organization via Covid-19 pandemic. This study uses qualitative research methodology that provides case study scheme. This study focuses on business development by applying the concept of Customer Relationship Management (CRM) to Thai businesses. The researcher gathered necessary materials to observe the concept in Thailand and abroad context. There is a

different solution but has a mutual benefit in the matter of adaptation. In order to deal with customer data during the pandemic crisis, it was found that the implementation of DEAR MODEL and technology to be applied in the business creates the growth of business and continually operates effectively including building an impression on the customer relationship management system. This could encourage the business to meet the needs of customers effectively. Therefore, customer relationship management is a necessary process in terms of retaining customers for a long time and developing the organization further.

Keywords: Customer Relationship Management, DEAR MODEL, Covid-19

1. บทนำ

เมื่อต้นปี 2019 ทั่วโลกได้เผชิญกับวิกฤติโรคระบาดโควิด-19 ซึ่งผู้คนไม่สามารถใช้ชีวิตได้อย่างปกติ เนื่องจากกลัวการแพร่กระจายเชื้อของโรคโควิด-19 จึงทำให้เกิดการเว้นระยะห่างลดการพบปะพูดคุยหรือเดินทางไปยังสถานที่เสี่ยง ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้หลายธุรกิจไม่สามารถดำเนินธุรกิจแบบออฟไลน์ได้ จึงต้องเรียนรู้ปรับเปลี่ยนการทำธุรกิจให้เป็นแบบออนไลน์ และถือว่าเป็นเรื่องใหม่กับแวดวงธุรกิจเช่นเดียวกับบริษัทต่างๆ ได้รับผลกระทบคือลูกค้าเดินทางมาใช้บริการที่บริษัทน้อยลงและใช้วิธีการติดต่อกับบริษัทผ่านการโทรเท่านั้น โดยลูกค้าเห็นว่าการโทรมีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเทียบกับการใช้ช่องทางโซเชียลมีเดียอื่น เช่น การใช้แอปพลิเคชันไลน์ในการโทร นั่นจึงเป็นเหตุผล ทำให้ลูกค้าหันไปซื้อสินค้าของบริษัทคู่แข่งที่มีช่องทางการติดต่อที่สะดวกมากกว่า เพื่อให้สามารถเข้าถึงความต้องการของลูกค้า สร้างความสัมพันธ์ที่ดีพร้อมรักษาฐานลูกค้าเก่าไว้ บริษัทจึงได้นำแนวคิดของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์มาใช้ในกระบวนการทำงานขององค์กร เพื่อพัฒนาบุคลากรและระบบการจัดการข้อมูลของลูกค้าภายในบริษัท เพื่อให้บริษัทสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การบริหารลูกค้าสัมพันธ์เป็นหนึ่งในแนวคิดที่ธุรกิจต่างๆ ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้เพื่อปรับปรุงและบริหารจัดการความต้องการของลูกค้า โดยความต้องการของลูกค้านั้นได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลและนำผลที่ได้มาตอบสนองให้ตรงกับความต้องการ จนลูกค้าเกิดความประทับใจและอยากกลับมาใช้บริการในครั้งต่อๆ ไป ดังนั้นแนวคิดนี้จึงสามารถสร้างความภักดีต่อลูกค้าในระยะยาว รวมถึงยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับธุรกิจ ส่งผลให้มียอดขายและกำไรเพิ่มมากขึ้น โดยนำ DEAR MODEL ที่ได้จากการศึกษาแนวคิดการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ มาใช้อธิบายวิธีการบริหารลูกค้าสัมพันธ์โดยมีองค์ประกอบดังนี้ การสร้างฐานข้อมูลลูกค้า (Database) การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Electronic) การกำหนดโปรแกรมเพื่อการสร้างความสัมพันธ์ (Action) การเก็บรักษาลูกค้า (Retention) ซึ่งจะทำให้การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ มีประสิทธิภาพและทำให้ลูกค้าเกิดความภักดีต่อธุรกิจเพิ่มมากขึ้น (อัจฉรา ศรีพันธ์, 2552) เมื่อธุรกิจพบปัญหาเกี่ยวกับความภักดีของลูกค้าลดลง และยังไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจน ให้ธุรกิจนำข้อมูลของลูกค้ามาพิจารณาว่าลูกค้ามีปัญหาด้านใด เพื่อที่จะนำมาปรับปรุงและพัฒนาแก้ไขให้ดีขึ้น รวมถึงผลิตสินค้าและบริการออกมาได้ตอบโจทย์ลูกค้ามากขึ้น ผ่านแนวคิดการบริหารลูกค้าสัมพันธ์และการใช้เครื่องมือ DEAR MODEL มาบริหารจัดการเพื่อช่วยสร้างความประทับใจและความภักดีในระยะยาวของลูกค้าต่อไปในอนาคตได้

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ในประเทศไทย และเพื่อบูรณาการบริหารลูกค้าสัมพันธ์กับการทำงานขององค์การหลังวิกฤติโควิด-19 ว่ามีอิทธิพลต่อกระบวนการในการทำงานขององค์กรอย่างไร รูปแบบการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพในลักษณะของการใช้เอกสารค้นคว้าวิจัย (Documentary research) ด้วยการนำข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยและหนังสือเพื่อสังเคราะห์ออกมาเป็นองค์ความรู้ในการสรุปความ หรือการนำโมเดลที่ใช้ในบริษัทอย่าง DEAR MODEL มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่ได้สำรวจมาในบทความ หลังจากนั้นจึงแสดงผลลัพธ์เป็นการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยจัดทำในรูปแบบของกรณีศึกษา ซึ่งพบว่าการบริหารลูกค้าสัมพันธ์

สามารถนำไปพัฒนาองค์กรให้เกิดประสิทธิภาพและนำไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เพิ่มมากขึ้น

2. การทบทวนทฤษฎี แนวคิด และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (Customer Relationship Management: CRM)

การบริหารลูกค้าสัมพันธ์เป็นหนึ่งในแนวคิดที่ธุรกิจต่างๆ ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้เพื่อปรับปรุงและบริหารจัดการความต้องการของลูกค้า โดยวิเคราะห์จากข้อมูลของลูกค้า จากนั้นนำผลที่ได้มาตอบสนองให้ตรงกับความต้องการจนลูกค้าเกิดความประทับใจและอยากกลับมาใช้บริการในครั้งต่อๆ ไป

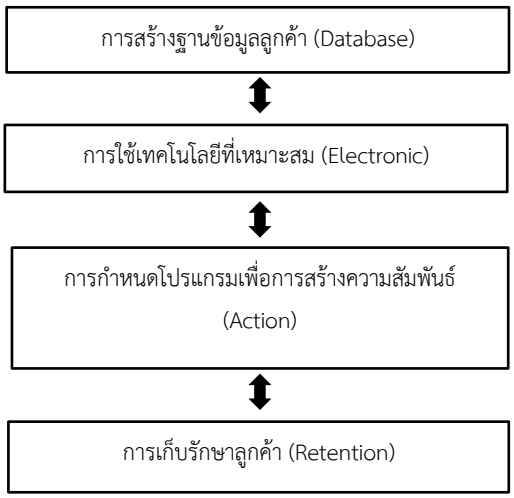
แนวคิดนี้สามารถสร้างความภักดีต่อลูกค้าในระยะยาว อีกทั้งยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับธุรกิจ ส่งผลให้มียอดขายและกำไรเพิ่มมากขึ้น การบริหารจัดการความสัมพันธ์ระหว่างลูกค้ากับองค์กร เพื่อมุ่งสู่วัตถุประสงค์ในการสร้างความพึงพอใจ ความภักดีและการรักษาลูกค้าให้อยู่กับองค์กรตลอดไป ทำได้โดยรักษาลูกค้าขององค์กรไว้ด้วยการสร้างความสัมพันธ์เชิงลึกในระยะยาว ผ่านกลยุทธ์รูปแบบต่างๆ ที่องค์กรสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับลูกค้าแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสมและตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้อีกด้วย (พัชราภรณ์ งามวิจิตรนันท์, 2554)

การนำกลยุทธ์การบริหารจัดการขององค์กรมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในรูปแบบของกิจกรรมทางการตลาดโดยวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญและออกแบบกระบวนการต่างๆ ในการดำเนินงานเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการสร้างความภักดี รักษาฐานลูกค้าเก่า เพิ่มฐานลูกค้าใหม่ เพื่อนำมาซึ่งรายได้ที่เพิ่มขึ้น รวมถึงการทำกำไรในระยะยาวอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน (วิญชุตา สินแสงวัฒน์, 2562) อีกทั้งการรักษาฐานลูกค้าเพื่อให้ลูกค้าเกิดความจงรักภักดีในการบริการมีความสัมพันธ์อันดีต่อองค์กรต่อไปในอนาคต (อภิญญา นิ่มน้อม, 2561)

สรุปได้ว่าความหมายของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ คือ การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าโดยการใช้เครื่องมือของแนวคิดนี้เข้ามาช่วย เช่น การเก็บรวบรวมฐานข้อมูลของลูกค้า เพื่อนำมาวิเคราะห์และตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ พร้อมทั้งเกิดความภักดีต่อองค์กรได้ในระยะยาว

2.2 การบูรณาการ DEAR MODEL เพื่อการบริหารลูกค้าสัมพันธ์สู่ระบบจัดการข้อมูลสมัยใหม่

การนำระบบการจัดการลูกค้าสัมพันธ์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการข้อมูล โดยการศึกษาของอัจฉรา ศรีพันธ์ (2552) การบริหารงานลูกค้าสัมพันธ์ของแต่ละองค์กรมีความแตกต่างกัน ในกรณีนี้จะนำเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการดำเนินงาน คือ กรอบ DEAR MODEL นำมาปรับใช้โดยมีกระบวนการดังนี้ 1) การสร้างฐานข้อมูลลูกค้า (Database) 2) การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Electronic) 3) การกำหนดโปรแกรมเพื่อการสร้างความสัมพันธ์ (Action) 4) การเก็บรักษาลูกค้า (Retention)



รูปที่ 1 แผนภาพ DEAR MODEL (อัจฉรา ศรีพันธ์, 2552)

การบูรณาการ DEAR MODEL เพื่อการบริหารลูกค้าสัมพันธ์สู่ระบบจัดการข้อมูลสมัยใหม่สามารถกล่าวได้ว่า DEAR MODEL เป็นหนึ่งในเครื่องมือจากแนวคิดการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ซึ่งมีทั้งหมด 4 กระบวนการดังที่กล่าวมา สามารถช่วยให้การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ขององค์กรมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

3. บริบทการนำการบริหารลูกค้าสัมพันธ์กับธุรกิจในประเทศไทย

ระบบการบริหารลูกค้าสัมพันธ์มีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายประเภทธุรกิจ การศึกษาในงานวิจัยได้กล่าวถึงการสำรวจสิ่งที่ผู้บริโภคพึงพอใจและไม่พึงพอใจมาเก็บเป็นข้อมูล เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาระบบการบริการให้ดีขึ้น งานวิจัยของ พัชราภรณ์ งามวิจิตรนันท์ (2554) กล่าวว่า การพัฒนาระบบการบริหารลูกค้าสัมพันธ์มาปรับใช้ในองค์กร โดยการนำระบบนี้เข้ามาช่วยวิเคราะห์ผลพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจ มีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันเครื่อง ซึ่งปัญหาทางด้านราคาของผลิตภัณฑ์น้ำมันเครื่องเป็นปัญหาที่องค์กรไม่สามารถหาทางแก้ไขได้ จึงจำเป็นต้องนำแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้กับองค์กรที่มีความเกี่ยวข้องกับการให้บริการลูกค้าเพื่อเพิ่มความสำเร็จของผลลัพธ์ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของกานต์สินี เจริญวรลักษณ์ (2559) ได้ศึกษาเรื่องการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ธุรกิจที่ปรึกษาพัฒนาระบบ SAP บริษัท โอเอซิสคอนซัลติ้ง จำกัด ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ของบริษัท โอเอซิสคอนซัลติ้ง จำกัด มีการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการติดต่อลูกค้า และสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้าที่ใช้บริการอย่างต่อเนื่องด้วยสิทธิพิเศษ มีการเก็บรักษาฐานข้อมูลของลูกค้าโดยเน้นที่คุณภาพของพนักงานพร้อมให้ความรู้กับลูกค้า รวมถึงมีการประเมินผลเพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนาการทำงานเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาควรใช้การเก็บข้อมูลเพื่อนำไปประเมิน และแก้ไข แล้วยังสามารถสำรวจถึงพฤติกรรมที่อาจจะเกิดขึ้นเพื่อให้องค์กรนำไปออกแบบพฤติกรรมของผู้บริโภคในอนาคต การออกแบบพฤติกรรมด้วยการบริหารลูกค้าสัมพันธ์จะนำมาซึ่งผลการดำเนินงานที่ดีขององค์การ เฉกเช่นงานของ นันทพร ชเลจร (2562) ที่ได้ศึกษาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความภักดีของลูกค้าธุรกิจสตาร์ทอัพประเภทพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความภักดีของลูกค้า ประกอบด้วย ผลการดำเนินงานระบบโลจิสติกส์กับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์เป็นสาเหตุทางตรงและทางอ้อมของความภักดีของลูกค้า โดยการส่งผ่านการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ เช่นเดียวกับการให้คุณค่าต่อเครื่องหมายผลิตภัณฑ์ โดย สมศักดิ์ ขันทองคำ และวิชิต อู่อ้น (2564) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อคุณค่าตราเครื่องหมายมาตรฐานสินค้าและผลการดำเนินงานของธุรกิจอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่อยู่ในรูปสินค้าหีบห่อ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าปัจจัยเชิงสาเหตุด้านการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อคุณค่าตราเครื่องหมายมาตรฐานและผลการดำเนินงานขององค์กรในธุรกิจอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่อยู่ในรูปสินค้าหีบห่อในประเทศไทย

4. ผลลัพธ์จากกรณีศึกษา

4.1 การบูรณาการบริหารลูกค้าสัมพันธ์กับการทำงานเชิงกลยุทธ์ในบริษัท

ธุรกิจในต่างประเทศ มีแนวโน้มที่จะเผชิญปัญหาจากผลกระทบภาวะเศรษฐกิจถดถอย โดยเฉพาะธุรกิจสินค้าและบริการที่มีความคล้ายคลึงกันได้เติบโตขึ้นเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ลูกค้ามีทางเลือกในการเลือกซื้อตามความต้องการของตนเองเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ธุรกิจนั้นๆ มียอดขายและกำไรลดลงอย่างเห็นได้ชัด หลายบริษัทจำเป็นต้องหาทางแก้ไข โดยการสร้างระบบ E-business เข้ามาช่วยโดยอยู่บนพื้นฐานของแนวคิดการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ เริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน นำมาปรับใช้กับแอปพลิเคชันที่บริษัทมีอยู่ เพื่อช่วยดึงดูดลูกค้ารายใหม่ เพิ่มยอดขาย ประมวลผลข้อมูลลูกค้า ตลอดจนการเก็บรักษาฐานลูกค้าที่มีอยู่ได้ด้วยข้อมูลที่บริษัทเก็บไว้ในขณะนี้ (Ayuninggati, Lutfiani & Millah, 2021) และการตรวจสอบประโยชน์ เครื่องมือ เกณฑ์การประเมิน ใช้การออกแบบเชิงคุณภาพ การสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัวและแบบกึ่งโครงสร้าง ดำเนินการเพื่อรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้วิเคราะห์เฉพาะเรื่องและข้อความของการสัมภาษณ์แต่ละครั้ง (Al-Weshah, 2019) ซึ่งความสามารถในการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ทางสังคม อีกทั้งประสิทธิภาพการกลั่นกรองการใช้โซเชียลมีเดียของธุรกิจ พบว่าธุรกิจ SMEs จำเป็นต้องปรับแนวทางการจัดการความสัมพันธ์กับลูกค้า ปรับปรุงความสามารถในการบริหาร

และการตลาดแบบใหม่ (Alshourah, Jodeh, Swiety & Ismail, 2021)

ประโยชน์ต่อบริษัทสามารถช่วยทีมในการปรับปรุงความพึงพอใจของลูกค้า ช่วยเพิ่มการรักษาฐานลูกค้า ให้การสื่อสารภายในดีขึ้น รวมถึงคาดการณ์สถานการณ์ที่จะเกิดขึ้น พร้อมข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากประวัติลูกค้า (Ngelyaratan & Soediantono, 2022) นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของลูกค้าในโซเชียล มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์เชิงอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Customer Relationship Management: ECRM) เป็นอย่างมาก โดย การบริหารลูกค้าสัมพันธ์เชิงสังคม (Social Customer Relationship Management: SCRM) ได้กลายเป็นการบริหารลูกค้าสัมพันธ์เชิงอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับธุรกิจต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพในการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ในเครือข่ายสังคมออนไลน์ สามารถใช้เทคโนโลยีของโซเชียลมีเดีย มาปรับปรุงประสิทธิภาพของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์เชิงอิเล็กทรอนิกส์ควรเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับกลยุทธ์และแนวปฏิบัติของธุรกิจ ตลอดจนความสามารถด้านการใช้เทคโนโลยีและการบริการของพนักงาน (Naim, 2022)

ความแตกต่างของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าทำให้ลูกค้าเกิดความประทับใจต่อบริษัท ทำให้บริษัทมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยในต่างประเทศส่วนใหญ่จะนำระบบ E-Business และแอปพลิเคชันเข้ามาช่วยในการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ หรือการดูแนวโน้มจาก Search engine อย่าง Google Trend เพื่อสำรวจข้อมูลของผู้บริโภค ส่วนในประเทศไทยได้มีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลของลูกค้าไว้ที่ฐานของบริษัทเพื่อนำไปประมวลผล และวางแผน รวมถึงตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วย ความแตกต่างของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ในประเทศไทยและต่างประเทศ คือ 1) การเก็บรวบรวมข้อมูลของลูกค้าที่แตกต่างด้านกระบวนการโดยที่ในประเทศไทยมักจะเก็บข้อมูลจากฐานลูกค้าเดิมที่เข้ามาใช้บริการภายในบริษัทและนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการจัดการเพื่อให้เกิดการรักษาฐานลูกค้าเดิมไว้ ส่วนในต่างประเทศ จัดเก็บข้อมูลของลูกค้าโดยใช้ระบบออนไลน์เพื่อให้เข้าใจถึงรูปแบบการดำเนินชีวิตของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งอาจจะมีผลต่อการใช้บริการของลูกค้าในอนาคต จากนั้นนำมาประมวลผลข้อมูลสำหรับบริหารแนวโน้มของลูกค้าที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไป 2) การประมวลผลข้อมูลของลูกค้าที่มีความแตกต่างกันของในประเทศไทย คือ การจัดประมวลผลข้อมูลของลูกค้าในระบบฐานข้อมูลหรือโปรแกรมที่บริษัทได้มีการจัดซื้อไว้ เพื่อให้พนักงานสามารถใช้ประมวลผลข้อมูลของลูกค้า ในขณะที่พนักงานทำงานอยู่ที่บริษัทเท่านั้น ส่วนในต่างประเทศบริษัทจะสร้างระบบ E-business ที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลของลูกค้า พันธมิตร และองค์กร โดยทุกภาคส่วนที่มีความเกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลของลูกค้าที่มีการสั่งซื้อสินค้าและบริการไปใช้ในการประมวลผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โดยพนักงานไม่ต้องเข้าไปที่บริษัท เพื่อนำข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลบริษัทออกมาใช้ พนักงานสามารถใช้ข้อมูลจากระบบ E-business ได้ทันที เพื่อทราบข้อมูลการซื้อสินค้าและบริการของลูกค้า รวมถึงสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนได้อย่างรวดเร็ว เพื่อกำหนดกลยุทธ์การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ได้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันท่วงที ซึ่งลูกค้าส่วนใหญ่ของบริษัทจะอยู่ในระบบออนไลน์ บริษัทจึงจำเป็นต้องนำสิ่งที่ถูกร้องเรียนมาพัฒนาปรับปรุงแก้ไขระบบของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ให้ดียิ่งขึ้น พร้อมทั้งนำมาแก้ไขปัญหาและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

4.2 สถานการณ์โควิด-19 กับการจัดการความเปลี่ยนแปลงด้วยการบริหารลูกค้าสัมพันธ์

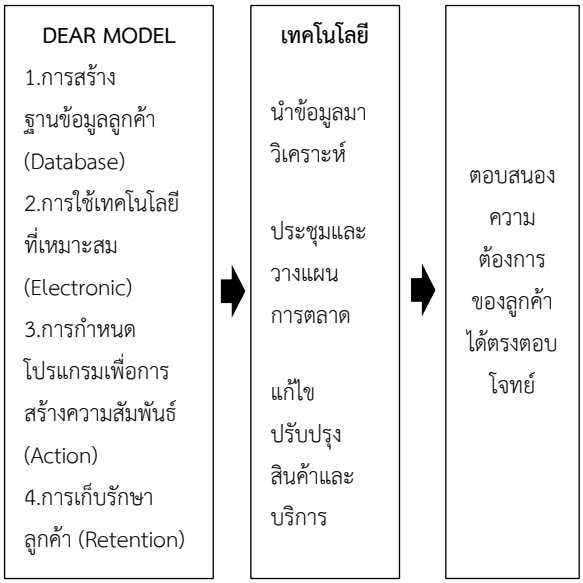
การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้ผู้คนทั่วโลกเกิดความวิตกกังวลในการใช้ชีวิตอยู่ร่วมกับคนหมู่มาก จึงเกิดการเว้นระยะห่างทางสังคม ส่งผลให้การซื้อสินค้าและบริการเปลี่ยนไป จากเดิมที่ลูกค้าเข้ามาเลือกซื้อสินค้าและบริการในร้าน กลับเปลี่ยนเป็นการเลือกซื้อผ่านหน้าจอ โดยใช้ระบบอินเทอร์เน็ตในการอำนวยความสะดวก ส่งผลทำให้ยอดขายลดลงจากเดิมเป็นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องหาวิธีการแก้ไขปัญหานี้ โดยนำแนวคิดการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) เข้ามาช่วยทำให้ลูกค้าเห็นว่าบริษัทยังใส่ใจและดูแลลูกค้าเหมือนเดิม ซึ่งใช้วิธีการส่ง Gift Voucher ส่วนลดหรือมีการ

ส่งของสมนาคุณไปให้ลูกค้าในโอกาสและวันพิเศษต่างๆ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าให้เกิดความประทับใจ ส่งผลทำให้กลับมาซื้อสินค้าและบริการซ้ำ รวมถึงสามารถช่วยลดต้นทุนการหาลูกค้าใหม่ของบริษัทได้อีกด้วย

ตัวอย่างของธุรกิจที่นำการบริหารลูกค้าสัมพันธ์มาปรับใช้ในช่วงโควิด-19 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างพนักงานขายกับลูกค้าดีขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพการขายยังได้รับอิทธิพลในทางบวกจากการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ โดยการขายไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปมาก ขึ้นอยู่กับขนาดสาขาของธนาคารหรือประสบการณ์การทำงานทั้งหมดของพนักงานขาย (Petek, 2020) นอกจากนั้นบริษัทยังมีการปรับตัวให้เข้ากับ "ความปกติใหม่" อย่างรวดเร็ว และเรียนรู้การใช้ทรัพยากรทางเทคโนโลยี เช่น การประชุมออนไลน์หรือการสัมมนาออนไลน์ผ่านโปรแกรมต่างๆ ที่เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวก รวมถึงกระบวนการผลิตสินค้าบางอย่างไม่สามารถทำได้ หากไม่มีการเข้าไปรับชมในสถานที่จริง ส่วนการพัฒนาความไว้วางใจกับลูกค้าใหม่เป็นเรื่องที่ท้าทายอย่างมาก เนื่องจากขาดการพบเจอและเยี่ยมชมการทำงานในสถานที่จริง (Arslan, Golgeci, Khan, Ahokangas & Haapanen, 2021) การระบาดใหญ่ของโควิด-19 ที่มีผลต่อ SMEs มีการเสนอรูปแบบหนึ่งเพื่อพิสูจน์การมีอยู่ของการเพิ่มขึ้นในการปฏิบัติงานของ SMEs ในอุตสาหกรรมผ้าบาติกมีการนำกลยุทธ์การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ กลยุทธ์ทางธุรกิจ และการวางแนวตลาดมาใช้ พบว่าการบริหารลูกค้าสัมพันธ์และกลยุทธ์ทางธุรกิจส่งผลต่อประสิทธิภาพของ SMEs ในขณะที่การวางแนวตลาดไม่ได้ส่งผลต่อผลการดำเนินงานของ SMEs ในช่วงการระบาดของโควิด-19 เพื่อให้สามารถรักษาความยั่งยืนของบริษัทได้ (Panjaitan, Sayyid, Maqsudi & Andjarwati, 2021)

การศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์โควิด-19 กับการจัดการความเปลี่ยนแปลงด้วยการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ จะเห็นได้ว่าการนำแนวคิดนี้เข้ามาช่วยในการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ในช่วงโควิด-19 เป็นหนึ่งในวิธีการที่ทำให้บริษัทสามารถดำเนินงานต่อไปได้ ช่วยให้บริษัทสามารถรักษาฐานลูกค้าเก่าและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าไว้ได้ในระยะยาว

4.3 การประยุกต์ใช้การบริหารลูกค้าสัมพันธ์กับบริษัทในประเทศไทย พร้อมการบูรณาการกับ DEAR MODEL และเทคโนโลยี



รูปที่ 2 แผนภาพการนำองค์ประกอบของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) มาปรับใช้กับบริษัท

ผู้เขียนได้ศึกษาเกี่ยวกับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ทั้งในและต่างประเทศมาแล้วนั้น พบว่าบริษัทต่างๆ มีการนำ DEAR MODEL และเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้ในองค์กรอย่างแพร่หลาย สามารถทำได้โดย 1) การสร้างฐานข้อมูลลูกค้า (Database) 2) การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Electronic) 3) การกำหนดโปรแกรมเพื่อการสร้างความสัมพันธ์ (Action) 4) การเก็บรักษาลูกค้า (Retention) นอกจากนั้นยังช่วยตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงตอบโจทย์ เพื่อให้เกิดความภักดี และกลับมาซื้อสินค้าและบริการซ้ำได้ในอนาคต

4.4 แนวโน้มของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ของประเทศไทยในอนาคต

หลังจากวิกฤติโควิด-19 เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายปัจจัยที่สนับสนุนทำให้เกิดการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ไม่เพียงแต่มีความสำคัญต่อภาคธุรกิจอย่างเดียว แต่ยังกลายเป็นเครื่องมือเพิ่มความสะดวก ยอดขาย ความเข้าใจผู้บริโภค ดังนั้นแนวโน้มของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ในประเทศไทยพบว่า การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าทำให้

ลูกค้าเกิดความประทับใจต่อบริษัท ทำให้บริษัทมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยในประเทศไทยเริ่มนำแนวทางการทำธุรกิจในต่างประเทศมาปรับใช้ โดยที่รู้จักกันในนามระบบ E-Business และแอปพลิเคชันเข้ามาช่วยในการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลลูกค้ามาจากช่องทางออนไลน์ ส่วนในประเทศไทยได้มีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลลูกค้าไว้ที่ฐานของบริษัทเพื่อนำไปประมวลผล และวางแผนรวมถึงตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วยกลยุทธ์การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ซึ่งลูกค้าส่วนใหญ่ของบริษัทจะอยู่ในระบบออนไลน์ บริษัทจึงจำเป็นต้องนำสิ่งที่เป็นข้อเสนอแนะของลูกค้ามาพัฒนาปรับปรุงแก้ไขระบบของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ให้ดียิ่งขึ้น พร้อมทั้งนำมาแก้ไขปัญหาและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ด้วยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการบริหารความสัมพันธ์กับลูกค้าได้ดังนี้ 1) การบริหารฐานข้อมูล และฐานข้อมูลที่ปรับปรุงหรือพัฒนาอยู่ตลอดเวลาและมีโปรแกรมในการทำงานให้เป็นระบบมากขึ้น 2) การนำเทคโนโลยีมาใช้จะทำให้ผู้ขายสามารถเข้าถึงข้อมูลของสินค้า ลูกค้า ติดต่อกับบุคคลที่เกี่ยวข้องได้ทั้งในที่ทำงานหรือแม้ขณะที่อยู่กับลูกค้า 3) คลังข้อมูลเป็นการรวมฐานข้อมูลหลายฐานจากระบบการปฏิบัติการ มาทำการสรุปใหม่หรือเรียบเรียงใหม่ตามหัวข้อต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย 4) ควรมีการทำกิจกรรมภายในร้านร่วมกับการดูแลลูกค้าอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ ได้แก่ ระบบ Call center การตอบคำข้อซักถามให้แก่ลูกค้า, ระบบโทรศัพท์มือถือ และการใช้เทคโนโลยี Internet มาใช้ปรับปรุงปฏิสัมพันธ์กับลูกค้า เช่น การใช้ Email แทนการรับส่งข้อมูล (พัชราภรณ์ งามวิจิตรนันท์, 2554) หรือการนำ Big Data มาใช้กับธุรกิจอย่างการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ง่ายขึ้น เพื่อที่จะช่วยลดเวลาในการเก็บข้อมูลที่ไม่จำเป็นลงได้ และใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นให้ลูกค้าตัดสินใจซื้อสินค้าหรือบริการได้ง่ายยิ่งขึ้น (วุฒิชัย ระคนจันทร์ และนพดล พันธุ์พานิช, 2565)

5. การอภิปรายผล

การบริหารลูกค้าสัมพันธ์มีองค์ประกอบที่เป็นมิติการเก็บข้อมูลของผู้ให้บริการ คือ ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของลูกค้า เริ่มตั้งแต่การเก็บชื่อ ที่อยู่ ข้อมูลการติดต่อ ความชอบส่วนตัว พฤติกรรมในการสั่งซื้อของลูกค้า และข้อมูลอื่นๆ ที่มีความจำเป็นสำหรับบริษัท ทำให้บริษัทสามารถนำข้อมูลส่วนนี้มาทำการตลาด เพื่อวางแผนกลุ่มลูกค้าเป้าหมายหลักของบริษัทได้ว่าเป็นกลุ่มใด พร้อมทั้งสามารถพัฒนาและต่อยอดสินค้าของบริษัทให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. สรุป

การบริหารลูกค้าสัมพันธ์เป็นแนวคิดที่บริษัทต่างๆ นิยมนำมาปรับใช้เพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้า ซึ่งความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น เกิดจากการที่บริษัททราบถึงความต้องการของลูกค้า โดยความต้องการนั้นได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลและนำผลที่ได้มาตอบสนองให้ตรงกับความต้องการ จนลูกค้าเกิดความพึงพอใจและประทับใจ รวมถึงมีความรู้สึกอยากกลับมาใช้บริการในครั้งต่อๆ ไป

7. ข้อเสนอแนะ

การบริหารข้อมูลเชิงลึกมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการทำงาน พัฒนากลยุทธ์เชิงธุรกิจที่ต้องมีการใช้ข้อมูลที่มากขึ้น แต่ควรระวังการใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มาจากภายนอกและต้องวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า เพื่อให้เห็นภาพรวมโดยอาศัยข้อมูลจากทุกแหล่งที่น่าเชื่อถือ ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในองค์กรให้มากขึ้น รวมถึงข้อจำกัดในการทำธุรกิจของผู้ประกอบการ โดยผู้ประกอบการสามารถก้าวผ่านขีดจำกัดในการทำธุรกิจด้วยข้อมูลลูกค้าและสร้างความยั่งยืนให้กับธุรกิจได้

ดังนั้นควรศึกษาการใช้ Big Data และ AI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและปรับปรุงประสบการณ์ลูกค้าให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนั้นควรศึกษาเกี่ยวกับเรื่องกฎหมาย "PDPA" หรือ "พ.ร.บ. คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ.2562" เพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจถึงหลักเกณฑ์ของกฎหมาย หลีกเลี่ยงการละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น รวมถึงเข้าใจสิทธิที่ตัวเองมีในฐานะ "เจ้าของข้อมูลส่วนบุคคล" (กรุงเทพธุรกิจ, 2565)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.ศรัณย์ วิทยากรบัณฑิต (อาจารย์ที่ปรึกษาวิชาระเบียบวิธีวิจัย) และ ดร.ธีติมา ปิยะศิริศิลป์ (อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร) ที่สละเวลาแนะนำให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการทำบทความวิชาการในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] อัจฉรา ศรีพันธ์. (2552). *กลยุทธ์พิชิตใจลูกค้าด้วยซีอาร์เอ็ม (CRM) ในบริบทของการใช้สารสนเทศและเทคโนโลยี*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[2] พัชราภรณ์ งามวิจิตรนันท์. (2554). *แนวทางในการพัฒนาระบบการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัดเพชรบุรี ศ.เจริญยนต์*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[3] วิญชุตา สินแสงวัฒน์. (2562). *การรับรู้การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อความภักดีของลูกค้า สถานตรวจสภาพรถเอกชนในจังหวัดนราธิวาส*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[4] อภิญญา นิ่มน้อม. (2561). *อิทธิพลของคุณภาพการบริการและการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ที่มีต่อความภักดีต่อการบริการ: กรณีศึกษาผู้โดยสารชาวจีนที่ใช้บริการสายการบินไทยแอร์เอเชีย*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[5] กานต์สินี เจริญวรลักษณ์. (2559). *การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ธุรกิจที่ปรึกษาพัฒนาระบบ SAP บริษัท โอเอซิส คอนซัลติ้ง จำกัด*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[6] กานต์สินี เจริญวรลักษณ์. (2560). *การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ธุรกิจที่ปรึกษาพัฒนาระบบ SAP บริษัท โอเอซิส คอนซัลติ้ง จำกัด*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[7] นันทพร ชเลจร. (2562). *โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความภักดีของลูกค้าธุรกิจสตาร์ทอัพประเภทพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต.

[8] สมศักดิ์ ขันทองคำ และวิชิต อู่อ้น. (2564). *ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อคุณค่าตราเครื่องหมายมาตรฐานสินค้าและผลการดำเนินงานของธุรกิจอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่อยู่ในรูปสินค้าหีบห่อ*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[9] Ayuninggati, T., Lutfiani, N. & Millah, S. (2021). CRM-Based E-Business design (Customer Relationship Management) case study: Shoe Washing Service Company S-Neat-Kers. *International Journal of Cyber and IT Service Management*, 1(2), 216-225. Retrieved from https://doi.org/10.34306/ijcitsm.v1i2.58

[10] Al-Weshah, G. (2019). The current status of Customer Relationship Management: Experience of small businesses in the Jordanian food industry. *International Journal of Electronic Customer Relationship Management*, 12(1), 1-20.

[11] Alshourah, S., Jodeh, I., Swiety, I. & Ismail, A. (2021). *Social Customer Relationship Management capabilities and performance moderating social media usage among SMEs Jordanian*. Jordan: Zarqa University.

[12] Ngelyaratan, D. & Soediantono, D. (2022). Customer Relationship Management (CRM) and Recommendation for implementation in the Defense Industry: A literature review. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 3(3), 17-34. Retrieved from https://doi.org/10.7777/jiemar.v3i3.279

[13] Naim, A. (2022). Mapping of Social Customer Relationship Management with Electronic Customer Relationship Management. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 2, 14-25. Retrieved from https://ejird.journalspark.org/index.php/ejird/article/view/10

[14] Petek, T. (2020). *Customer Relationship*

Management in the COVID-19 outbreak from a salesperson perspective. Istanbul, Turkey: Kadir Has University.

[15] Arslan, A., Golgeci, I., Khan, Z., Ahokangas, P. & Haapanen, L. (2021). "COVID-19 driven challenges in international B2B Customer Relationship Management: Empirical insights from Finnish high-tech industrial microenterprises". *International Journal of Organizational Analysis*, 30(7), 49-66. Retrieved from https://doi.org/10.1108/IJOA-04-2021-2719

[16] Panjaitan, F. A. B. K., Sayyid, M., Maqsudi, A. & Andjarwati, T. (2021). The Impact of the COVID-19 Pandemic on the Batik Industry: An empirical study in Indonesia. *The Journal of Asian Finance*, *Economics and Business*, 8(5), 923-930. Retrieved from https://doi.org/10.13106/JAFEB.2021.VOL8.NO5.0923

[17] วุฒิชัย ระคนจันทร์ และนพดล พันธุ์พานิช. (2565). *การพัฒนากลยุทธ์การจัดการลูกค้าสัมพันธ์ในการประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล*. กาญจนบุรี: มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น.

[18] กรุงเทพธุรกิจ. (2565). *"PDPA" กับ 6 "ข้อยกเว้น" กรณีไหนใช้ "ข้อมูลส่วนบุคคล" ได้ ไม่ต้องขอความยินยอม*. ข้อมูลจาก https://www.bangkokbiznews.com/social/1007505 (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มิถุนายน 2565).

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Logistics

ID009

การลดจำนวนสินค้าถูกตีกลับ บริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในชลบุรี

The reduction in the number of products was hit back at A case study company in Chonburi.

เบญจมาศ เกตุสุวรรณ์[1*] และ วันพิชิต เบ็งจีน[2]

[1]วิทยาลัยการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น

[2]สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะวิทยาลัยการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

[*]E-mail: Benjamat.ket@spumail.net

Benjamat Ketsuwan[1*] and Wanpichit Banggeen[2]

[1]College of Logistics and Supply Chain Management, Sripatum University, Khon Kaen Campus

[2]Logistics and Supply Chain Management, College of Logistics Management and Supply Chain

[*]E-mail: Benjamat.ket@spumail.net

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการลดจำนวนการถูกตีกลับของสินค้า บริษัทบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในชลบุรี 2) เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งสินค้าย้อนกลับ จากการสอบถามข้อมูลเบื่องต้นของกรณีศึกษาพบว่ามีปัญหาเรื่องพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าถูกตีกลับมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ เพราะสินค้าที่ถูกตีกลับมามีกลับมาทุกวัน ทำให้พื้นที่ในคลังสินค้ามีไม่เพียงพอต่อความต้องการดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ระดมสมองกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยงข้องโดยจะนำทฤษฎีแผนผังก้างปลาเพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและนำทฤษฎีการระดมสมอง มาช่วยในส่วนการแก้ไขปัญหาจำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับให้กับบริษัทกรณีศึกษา

ผลการวิเคราะห์พบว่าก่อนปรับปรุงสินค้าถูกตีกลับในเดือนกันยายน มีจำนวน 116 กล่อง หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและระดมสมองหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง พบว่า สินค้าที่ถูกตีกลับในเดือนตุลาคม มีจำนวนลดลงเหลือ 73 กล่องและต้นทุนในการขนส่งสินค้าเดือนกันยายนเดิมคือ 126,687.08 บาท คิดเป็นร้อยละคือ 12.67 % หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปรับปรุงแล้วทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าในเดือนตุลาคมคือ 79,725.49 บาท คิดเป็นร้อยละคือ 7.98 % ผลต่างคือ 46,961.60 บาท คิดเป็น 4.70 % จาก 12.67 %

คำหลัก สินค้าถูกตีกลับ,ต้นทุนฐานกิจกรรม,ต้นทุนการขนส่ง,ทฤษฎีแผนผังก้างปลา,ทฤษฎีการระดมสมอง

Abstract

This research aims to 1) study the reduction in the number of product reversals, a case study company in Chonburi. 2) to reduce the cost of transportation. The primary case study found that there was insufficient storage space to meet demand because the returned product is limited daily. He has brainstormed with those involved by introducing a fishbone diagram, analyzing the cause of the problem, and applying brainstorming theory. Brainstorming helps solve the problem of the number of products that have been returned to the company in case studies.

The analysis found that 116 boxes of goods were returned before the September renovation. After analyzing the reasons for the renovation, the number of items returned in October was 73 boxes and 126,687.08 in September after the renovation. October is 79,725.49 Baht or 46,961.60 Baht difference. The difference was 46,961.60 baht representing 4.70 % from 12.67 %.

Keywords: Goods hit back, Activity base costs, Transportation costs, fishbone diagram, Brainstorming

1. บทนำ

ปัจจุบันการดำเนินธุรกิจการขนส่งสินค้าได้เข้ามามีบทบาทที่สำคัญเป็นอย่างมากผู้คนก็ต่างให้ความสนใจกับธุรกิจการขนส่งและยังมีการแข่งขันทางธุรกิจในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งในด้านคุณภาพการขนส่งสินค้า คุณภาพสินค้า รวมไปถึงการบริการหลังการขาย ธุรกิจในด้านการขนส่งสินค้ายังมีแนวโน้มการเติบโตไปในทิศทางที่ดีขึ้นทั้งในประเทศ และต่างประเทศ โดยเฉพาะหน่วยงานที่รับผิดชอบในส่วนของแผนกคลังสินค้า(Warehouse) ถือเป็นหน่วยงานที่มีความสำคัญและมีบทบาทในการทำงานเป็นอย่างมาก

บริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทขนส่งสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าและในส่วนของคลังสินค้าจะมีหน้าที่ในการจัดเก็บสินค้าและการเบิกจ่ายสินค้าเนื่องจากการขนส่งสินค้ายังไม่มีประสิทธิภาพจึงทำให้สินค้าได้รับความเสียหาย เช่น กล่องยุบย่น กล่องเปื้อนดำ กล่องขาด ส่งผลทำให้บริษัทมีต้นทุนการขนส่งสินค้าที่เพิ่มขึ้น และทำให้บริษัทขาดความน่าเชื่อถือได้

จากปัญหาของกรณีศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญกับปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีความคิดที่จะลดจำนวนสินค้าถูกตีกลับ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยจะเก็บรวบรวมข้อมูลและทฤษฎีที่สอดคล้องกับงานวิจัยมาใช้เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อลดจำนวนการถูกตีกลับของสินค้า

2.2 เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าย้อนกลับ

3. ขอบเขตงานวิจัย

3.1 การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะศึกษาการลดจำนวนสินค้าถูกตีกลับ

3.2 ระยะเวลาในการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลข้อมูล ระหว่างเดือนมิถุนายน – พฤศจิกายน พ.ศ. 2564

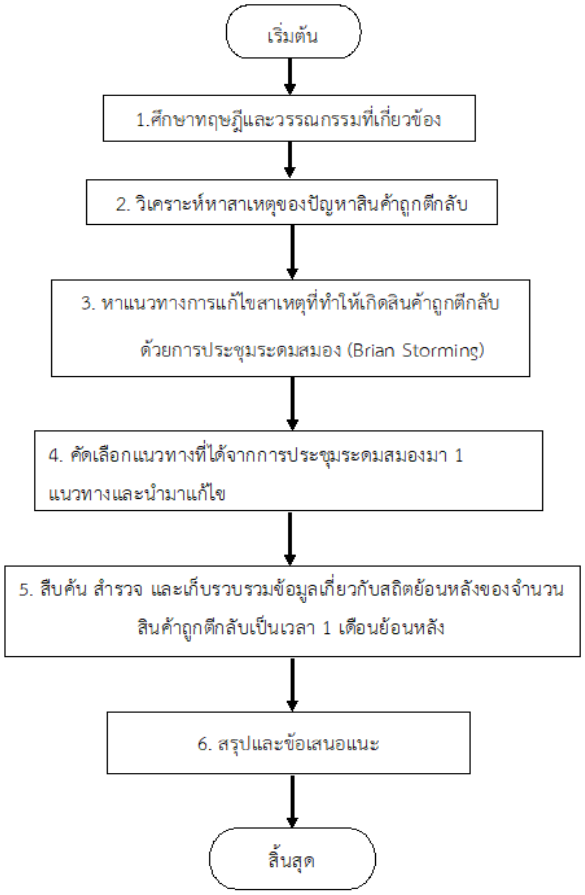
3.3 บริษัทกรณีศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่ จังหวัดชลบุรี

3.4 กลุ่มเป้าหมายที่เก็บข้อมูลคือพนักงานแผนกคลังสินค้า

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1 สำรวจ สืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้สำรวจ สืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานของสินค้าที่ถูกตีกลับ ตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการดำเนินงานจนถึงขั้นตอนสุดท้ายดังนี้



ภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.2 ผลการดำเนินงานและเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินงานวิจัยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างครบถ้วน เกี่ยวกับรูปแบบของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย โดยข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยนั้น มีการศึกษาและเก็บรวบรวมในหัวข้อที่ 4.1 ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติย้อนหลังของจำนวนสินค้าถูกตีกลับ โดยจะใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์หาสาเหตุแผนผังก้างปลา(Fish bond Diagram) รวมไปถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านต้นทุนเพื่อหาอัตราค่าขนส่งของสินค้าถูกตีกลับ

(1) สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลผลการเก็บข้อมูลสถิติย้อนหลังของสินค้าที่ถูกตีกลับ

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลสถิติย้อนหลังของจำนวนสินค้าถูกตีกลับ โดยจะใช้โปรแกรม Cello ในการค้นหาสถิติย้อนหลังของจำนวนสินค้าถูกตีกลับในเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ซึ่งจะรวบรวมข้อมูลที่ได้ไว้ในรูปแบบของตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ยกตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลสถิติย้อนหลังของสินค้าที่ถูกตีกลับในเดือนกันยายน พ.ศ. 2564

วันที่	รายการ	จำนวนส่ง	จำนวนตีกลับ	สาเหตุ
1-Sep-21	XX2	11	1	กล่องสินค้าชำรุด
3-Sep-21	XX1	4	1	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
3-Sep-21	XX2	30	2	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
3-Sep-21	XX3	250	3	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
4-Sep-21	XX1	9	3	กล่องสินค้าชำรุด
4-Sep-21	XX3	9	3	กล่องสินค้าชำรุด
4-Sep-21	XX2	180	1	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
6-Sep-21	XX4	6	1	กล่องสินค้าชำรุด
6-Sep-21	XX1	40	2	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
8-Sep-21	XX2	12	1	กล่องสินค้าชำรุด
8-Sep-21	XX1	46	1	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
8-Sep-21	XX4	27	1	กล่องสินค้าชำรุด
9-Sep-21	XX3	69	3	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
9-Sep-21	XX2	20	1	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
9-Sep-21	XX1	30	2	กล่องสินค้าชำรุด
9-Sep-21	XX5	50	4	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
10-Sep-21	XX2	67	1	กล่องสินค้าชำรุด
10-Sep-21	XX3	50	1	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
10-Sep-21	XX5	30	1	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
10-Sep-21	XX1	43	2	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
10-Sep-21	XX4	35	2	กล่องขาด กล่องเป็นรอย

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการเก็บข้อมูลสถิติย้อนหลังของสินค้าที่ถูกตีกลับ(ยกตัวอย่าง)ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 มีทั้งหมด 116 รายการ มีต้นทุนคือ 126,687.08 บาท คิดเป็นร้อยละ คือ 12.67 % และ ผู้วิจัยจะลงพื้นที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนสินค้าถูกตีกลับ โดยจะใช้โปรแกรม Cello ในการเก็บจำนวนสินค้าถูกตีกลับในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งจะรวบรวมข้อมูลที่ได้ไว้ในรูปแบบของตารางที่ 4.2

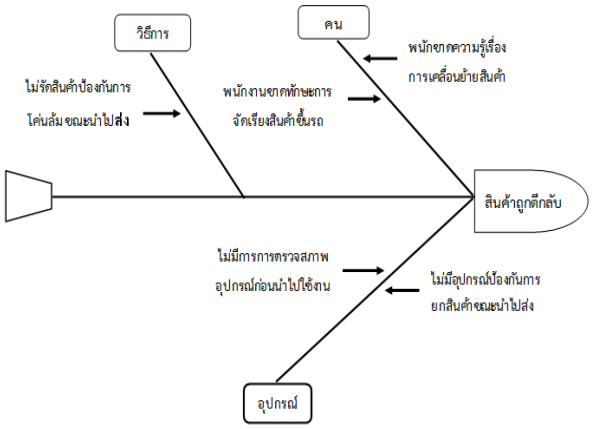
ตารางที่ 4.2 ผลการเก็บจำนวนของสินค้าที่ถูกตีกลับในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว

วันที่	รายการ	จำนวนส่ง	จำนวนตีกลับ	สาเหตุ
1-Sep-21	XX2	11	1	กล่องสินค้าชำรุด
3-Sep-21	XX1	4	1	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
3-Sep-21	XX2	30	2	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
3-Sep-21	XX3	250	3	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
4-Sep-21	XX1	9	3	กล่องสินค้าชำรุด
4-Sep-21	XX3	9	3	กล่องสินค้าชำรุด
4-Sep-21	XX2	180	1	กล่องขาด กล่องเป็นรอย
6-Sep-21	XX4	6	1	กล่องสินค้าชำรุด
6-Sep-21	XX1	40	2	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
8-Sep-21	XX2	12	1	กล่องสินค้าชำรุด
8-Sep-21	XX1	46	1	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
8-Sep-21	XX4	27	1	กล่องสินค้าชำรุด
9-Sep-21	XX3	69	3	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
9-Sep-21	XX2	20	1	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ
9-Sep-21	XX1	30	2	กล่องสินค้าชำรุด
9-Sep-21	XX5	50	4	สินค้าชำรุดมีรอยเปื้อนดำ

จากตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการเก็บจำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับในเดือนตุลาคม พ.ศ 2564 หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว ทั้งหมด 73 รายการ ต้นทุน คือ 79,725.49 บาทคิดเป็น 7.98 %

(2) การวิเคราะห์หาสาเหตุของสินค้าถูกตีกลับด้วยทฤษฎีแผนผังก้างปลา

ผู้วิจัยได้ทำการระดมสมองกับผู้เชี่ยวชาญถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดสินค้าถูกตีกลับด้วยการระดมสมองหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล ดังภาพที่ 2.2



(3) แนวทางการแก้ไขด้วยการประชุมระดมสมอง (Brainstorming) โดยระดมสมองและคัดเลือกแนวทางการแก้ไขที่เป็นไปได้ ซึ่งจะใช้บุคลากรชุดเดียวกันกับการหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพก้างปลา ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการประชุมระดมสมอง (Brian Storming)

ปัญหาด้าน	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
พนักงาน	-พนักขาดทักษะการเคลื่อนย้ายสินค้า -พนักงานขาดทักษะการจัดเรียงสินค้าขึ้นรถ	-จัดอบรมพนักงานให้ความรู้เรื่องการเคลื่อนย้ายสินค้าให้กับพนักงาน -จัดอบรมพนักงาน พร้อมบอกความรู้ วิธีการจัดเรียงสินค้าที่ถูกต้อง
วิธีการ	-ไม่รัดสินค้าป้องกันการโค่นล้ม ทำให้สินค้าตกกระแทก และ ทับซ้อนกัน	-แจ้งรายงานสินค้าที่เกิดความเสียหายให้กับขนส่งได้ทราบ และให้ใบเตือนกับทางขนส่ง เพื่อจะได้ตระหนัก และรอบคอบมากขึ้น
วัตถุดิบ	-ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันสินค้าทำให้สินค้าตกหล่น -ไม่มีการตรวจสอบสภาพตู้ก่อนใช้งาน	- แจ้งรายงานสินค้าที่เกิดความเสียหาย และให้ทางขนส่งจัดหาอุปกรณ์ป้องกันการตกหล่น -จัดทำเอกสารการตรวจเช็คสภาพตู้ในทุก ๆ เดือน

จากตารางที่ 3.3 หาแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการประชุมระดมสมอง (Brian Storming) เมื่อทราบถึง

ปัญหาของสินค้าถูกตีกลับแล้ว จากนั้นผู้วิจัยและพนักงานจะช่วยกันระดมสมองเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา

3.1 แนวทางแก้ไขด้านพนักงาน

1. จัดอบรมพนักงาน พร้อมบอกความรู้ วิธีการจัดเรียงสินค้าที่ถูกต้อง
2. จัดอบรมรมพนักงานให้ความรู้เรื่องการเคลื่อนย้ายสินค้าให้กับพนักงาน

3.2 แนวทางแก้ไขด้านวิธีการ

1. แจ้งรายงานสินค้าที่เกิดความเสียหายให้กับขนส่งได้ทราบ และให้ใบเตือนกับทางขนส่ง เพื่อจะได้ตระหนัก และรอบคอบมากขึ้น

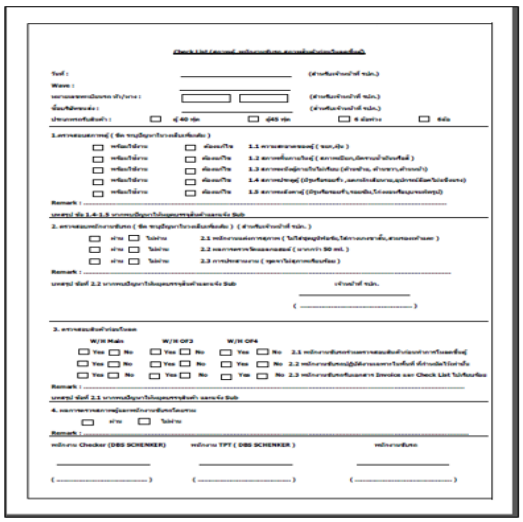
3.3 แนวทางแก้ไขด้านอุปกรณ์

1. แจ้งรายงานสินค้าที่เกิดความเสียหาย และให้ทางขนส่งจัดหาอุปกรณ์ป้องกันการตกหล่น ดังรูปภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.3 ภาพอุปกรณ์ป้องกันสินค้าตกหล่น

2. จัดทำเอกสารตรวจเช็คสภาพรถ ดังรูปภาพ ที่ 3.2



ภาพที่ 3.4 ใบตรวจเช็คสภาพรถ

4.3 องค์ประกอบของต้นทุนการขนส่งสินค้า

เป็นการหาต้นทุนในการขนส่งสินค้าที่ถูกตีกลับประกอบไปด้วย ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ในหน่วยของบาทต่อเที่ยว

วิธีคำนวณต้นทุนคงที่

ค่าจ้างสำหรับพนักงานขับรถ จะคิดได้จาก อัตราเงินเดือนพนักงาน โดยรถ 1คัน จะมีพนักงานจำนวน 1 คน จะคิดเป็นค่าแรงต่อวัน 600 บาทต่อวัน สามารถคำนวณได้ดังสมการนี้

ค่าแรงพนักงานขับรถ = 600 * 1 คน (1)

ค่าพนักงานขับรถ = 600 บาทต่อเที่ยว

ค่าเบี้ยประกันรถ การประกันมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ประกอบในกรณีศึกษาเลือกใช้ประกันชั้น 1 เพื่อคุ้มครองอุบัติเหตุสูงสุด

ค่าเบี้ยประกันรถ 46,000 บาทต่อปี

$$\text{ค่าประกัน (เที่ยว)} = \frac{46{,}000 \text{ บาทต่อปี}}{3{,}500 \text{ เที่ยวต่อปี}} \quad (2)$$

ค่าประกัน (เที่ยว) = 13.14 บาทต่อเที่ยว

ต้นทุนผันแปร (Variable Costs)

โดยราคาน้ำมันจะมีการเปลี่ยนแปลงตามตลาดโรงงานโลกงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเก็บราคาน้ำมันยี่ห้อดีเซล 95 ไว้ที่ราคาลิตรละ 31.99 บาท (อ้างอิงราคา ณ วันที่ 29 คุลาคม 2564) และอัตราค่าสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุก 6 ล้อ อัตราสิ้นเปลืองที่ทางกรณีศึกษาใช้คือ 5 กิโลเมตรต่อลิตร และราคาน้ำมันเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนไปตามระยะทางที่รถบรรทุกวิ่งจริง โดยสามารถใช้สมการในการคำนวณได้ดังนี้

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

$$= \frac{31.99 \text{ บาทต่อลิตร} * 2{,}468.06 \text{ กิโลเมตร}}{5 \text{ กิโลเมตร}} \quad (3)$$

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = 15,749.668 บาทต่อเที่ยว

ค่าซ่อมบำรุงรักษา 4,000 บาท/เดือน นำ 4,000 มาคูณกับ 12 = 48,000 บาทต่อปี จากนั้นนำ 48,000 มาคำนวณได้แก่ 48,000 หาร 3,500 เที่ยวต่อปี จะได้ 14.88 บาทต่อเที่ยว

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = \frac{48{,}000 \text{บาทต่อปี.}}{3{,}500 \text{ เที่ยวต่อปี}} \quad (4)$$

= 13.71 บาทต่อเที่ยว

เมื่อทำการคำนวณตามสมการข้างต้นแล้วจากนั้นจะนำผลการคำนวณที่ได้มาลงไว้ในตารางจะประกอบไปด้วย

ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร และ ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าที่ถูกตีกลับดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบของต้นทุนการขนส่งเที่ยวไป

ต้นทุนทั่วไป	
ราบการต้นทุน	**ต้นทุน**
ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)	**บาท/เที่ยว**
-ค่าจ้างพนักงาน	600
-ค่าเบี้ยประกัน	13.14
-ค่าภาษี	4.25
-ค่าเสื่อม	144.74
-ค่าโทรศัพท์	330
รวมต้นทุนคงที่	1,092.13
ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)	**บาท/เที่ยว**
-ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	15,749.67
-ค่าซ่อมบำรุงรักษา	13.71
-เบี้ยเลี้ยงพนักงาน	200
- ค่ากระดาษ	30
-ค่าหมึกกระดาษ	10
รวมต้นทุนผันแปร	15,733.38

จากตารางที่ 3.3 พบว่า ต้นทุนที่เที่ยวไปผลรวมเท่ากับ 1,092.13 บาท/เที่ยว รวมทั้งมีต้นทุนผันแปรรวมเท่ากับ 4,211.7 บาท/เที่ยว

ตารางที่ 3.4 องค์ประกอบของต้นทุนการขนส่งเที่ยวกลับ

ต้นทุนทั่วไป	
ราบการต้นทุน	**ต้นทุน**
ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)	**บาท/เที่ยว**
-ค่าจ้างพนักงาน	600
-ค่าเบี้ยประกัน	13.14
-ค่าภาษี	4.25
-ค่าเสื่อม	144.74
-ค่าโทรศัพท์	330
รวมต้นทุนคงที่	1,092.13
ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)	**บาท/เที่ยว**
-ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	15,749.668
-ค่าซ่อมบำรุงรักษา	13.71
-เบี้ยเลี้ยงพนักงาน	200
-ค่ากระดาษ	30
-ค่าหมึกกระดาษ	10
รวมต้นทุนผันแปร	15,733.38

จากตารางที่ 3.4 พบว่า ต้นทุนคงที่เที่ยวกลับผลรวมเท่ากับ 1,092.13บาท/เที่ยว และมีต้นทุนผันแปรรวมเท่ากับ15,733.38 บาท/เที่ยว

4.4 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการ ของจำนวนสินค้าที่ถูกตีกกลับและต้นทุนการขนส่ง(บาท/เที่ยว) ในเดือน กันยายนก่อนปรับปรุง และ เดือนตุลาคมหลังปรับปรุง

ตารางที่ 4.4รายละเอียดการเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน

เดือน	จำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับ	ต้นทุนการขนส่ง (บาท/เที่ยว)	คิดเป็นร้อยละ %
กันยายน	116	126,6887.08	12.67 %
ตุลาคม	73	79,725.49	4.70 %
ผลต่างที่ลดลง	33	46,961.60	4.70

จากตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการลดจำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับในระหว่างเดือนกันยายน และ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 จะเห็นได้ว่าจำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับในเดือนกันยายน มี 116 ชิ้น ต้นทุนในการขนส่งสินค้า (บาทต่อเที่ยว) เท่ากับ 126,687.08 บาทต่อเที่ยว คิดเป็นร้อยละ คือ 12.67 % และหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงในเดือน ตุลาคม จำนวนสินค้าลดลงคงเหลือ 73 ชิ้น ต้นทุนการขนส่ง (บาทต่อเที่ยว) เท่ากับ 79,725.49 บาท คิดเป็นร้อยละ 7.98 % ดังนั้นผู้วิจัยจึงสามารถลดจำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับ และต้นทุนในการขนส่งสินค้าลดลง ผลต่างที่ลดลง คือ 46,961.60 บาท คิดเป็นร้อยละ จะลดลงเท่ากับ 4.70 % จาก 12.67 %

5. สรุป

ผู้วิจัยได้ทำการดำเนินการตามขั้นตอนการดำเนินงานที่ตั้งไว้ และพบว่ามีปัญหาเรื่องจำนวนของสินค้าถูกตีกลับมีจำนวนเยอะมากในแต่ละวัน และทำให้ต้นทุนในการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น โดยผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนของสินค้าถูกตีกลับ และลดต้นทุนของการขนส่งสินค้า ซึ่งใช้หลักการและทฤษฎีเข้ามาช่วย โดยนำหลักการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแผนผังก้างปลา เทคนิคการระดมสมอง แผนภูมิการไหล และการลดต้นทุน จากผลสรุปได้ ดังนี้

1. จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษา รวบรวมข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงาน พบว่าสินค้าถูกตีกลับมีจำนวนเยอะ และต้นทุนในการขนส่งเพิ่มขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาจึงนำหลักการและแนวทางมาปรับปรุงแก้ไข
2. จากการระดมความคิดกับพนักงาน โดยใช้แผนผังก้างปลาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดสินค้าถูกตีกลับ พบว่าสาเหตุหลัก ๆ มีอยู่ 3 ด้าน ได้แก่ พนักงาน วิธีการทำงาน และอุปกรณ์ สามารถแก้ไขด้วยการหาแนวทางโดยใช้หลักการวิเคราะห์
3. จากการใช้หลักการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา ผู้วิจัยจึงได้นำมาทำการประชุมระดมสมองเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา สามารถนำมาปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ สามารถลดจำนวนของสินค้าที่ถูกตีกลับลงได้ และ สามารถลดต้นทุนของการขนส่งสินค้าที่ถูกตีกลับลงได้
4. ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลสถิติย้อนหลังของจำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับในเดือน กันยายน พบว่ามีจำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับ คือ 116 ชิ้น ค่าขนส่งสินค้า 126,687.08 บาทต่อเที่ยว

คิดเป็น % คือ 12.67 % หลังการปรับปรุงแก้ไขแล้ว พบว่าสินค้าที่ถูกตีกลับในเดือน ตุลาคม มีจำนวน 73 ชิ้น และต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ถูกตีกลับคงเหลือ 79,725.49 บาท คิดเป็นร้อยละ 7.98 % คิดเป็นผลต่างได้ 43,685.2 บาทต่อเที่ยว ลดลง คือ 46,961.60 บาท คิดเป็นร้อยละ จะลดลงเท่ากับ 4.70 % จาก 12.67 %

5.1 ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงปัญหาการลดจำนวนสินค้าถูกตีกลับและลดต้นทุนในการขนส่งสินค้า ด้วยหลักการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา บริษัทกรณีศึกษา สามารถนำแนวทางนี้มาใช้ปรับปรุงปัญหาในแผนกได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับคำแนะนำและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่าง การทำวิจัยต้องขอบพระคุณ อาจารย์ วันพิชิต เบ็งจีน อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิจัยนี้ ที่คอยช่วยแนะนำให้คำปรึกษา ให้ความรู้ และแนวทางในการทำงานด้วยความเอาใจ อีกทั้งตรวจทานและแก้ไขในข้อบกพร่องในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ผู้ประกอบการ และพนักงานในบริษัทกรณีศึกษาทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความเมตตาและให้คำปรึกษาให้กับงานวิจัยฉบับนี้ จึงทำให้งานวิจัยนี้ออกมาอย่างสมบูรณ์ และหวังว่าวิจัยนี้จะเกิดผลดีกับทุกคนที่มีความสนใจที่จะศึกษาและค้นคว้าข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] ประวัติบริษัทกรณีศึกษา ข้อมูลจาก https://www.yellowpages.co.th/profile (สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2564)

[2] รัชฎา แต่งภูเขียว. 2558. การศึกษาแนวทางเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง. (ออนไลน์). ข้อมูลจาก https://ph01.tci-thaijo.org/index.php (สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2564)

[3] ความหมายของคลังสินค้าและประโยชน์ของคลังสินค้า. (ออนไลน์).http://www.brainasset.com/blog.php?blog=15&c_id=9 (สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2564)

[4] ธรินี มณีศรี. 2559.การวิเคราะห์ดัชนีต้นทุนโลจิสติกส์ระดับจุลภาค(ออนไลน์).ข้อมูลจาก http://.spu.ac.th

[5] อุไรวรรณ วรรณศิริ. 2557.การประยุกต์ใช้แนวคิดมิลค์รันเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง. (ออนไลน์). ข้อมูลจาก https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/nkrafa-sct/article/view

[6] ปิยะวัฒน์ ชนินทร์ตระกูล.2557. การออกแบบเครือข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับ.(ออนไลน์).ข้อมูลจาก https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ienj/article

[7] ระบบการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์และซัพพลายเชน. (ออนไลน์).ข้อมูลจา https://dol.dip.go.th/uplodcontent/DOL/Pert/ILPI_Handbook_2560.pdf

ID012

การศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ ผู้ให้บริการน้ำดื่ม ในภาคตะวันออก กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัด ทู บี วอเตอร์ 2002

A study on the approach develop efficiency that Logistics management in Eastern: Case study in 2B water 2002

ธัญรัศม์ ติใจ และ สราวุธ ลักษณะโต
สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
E-mail: 62920135@go.buu.ac.th

Thanyarat Tijai and Sarawut Luksato
Major Logistics Management and Supply Chain, Faculty of Logistics, Burapha University
E-mail: 62920135@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลของการผลิตน้ำดื่ม เพื่อระบุความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน มาใช้ในการวิเคราะห์ และเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ผลจากการศึกษา พบว่า เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานลดลงเดิมใช้เวลา 62.29 วินาที เหลือเพียง 43.58 วินาที เวลาลดลง 18.71 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 30 เดิมมีพนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 7 คน เหลือเพียง 6 คน สามารถลดพนักงานได้ 1 คน ปริมาณการผลิตน้ำดื่มเดิม 8,280 ถังต่อวัน ใช้พื้นที่จัดเก็บ 230 พาเลท เหลือเพียง 6,000 ถังต่อวัน ใช้พื้นที่จัดเก็บ 167 พาเลท สามารถลดปริมาณการผลิตลงได้ 2,280 ถังต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 27.5 ลดพื้นที่ในการจัดเก็บลงได้ 63 พาเลท คิดเป็นร้อยละ 27.3 และระยะทางในการขนส่งน้ำดื่มเดิม 10.4 เมตร เหลือเพียง 5 เมตร สามารถระยะทางในการขนส่งลดลง 5.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 51.9

คำหลัก ระบบการผลิตแบบลีน แผนภาพสายธารคุณค่าของกระบวนการผลิต

Abstract

This research aimed to study Material and Information flow of production and To can identify MUDA in production process. Implement Lean for analyze and give the suggestions for improvement working process. The results are reduced working time from 62.29 second to 43.58 second that reduce 18.71 second as a percentage 30. Manpower in production process reduce from 7 manpower to 6 manpower that reduce 1 manpower. Moreover, The company can reduce production plan 8,280 piece per day that use storage 230 pallets to 6,000 piece per day that use storage 167 pallets that are reduced production plan 2,280 piece per days as a percentage 27.5, reduce storage 63 pallets as a percentage 27.3 and Reduction distance from 10.4 meter to 5 meter that reduced distance 5.4 meter as a percentage 51.9.

Keywords: Lean Management systems Material and Information Flow Chart

1. บทนำ

ในสภาวะเศรษฐกิจที่มีการแข่งขันที่สูงมากในปัจจุบัน เป็นอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจในปัจจุบัน ผู้ประกอบการจึงให้ความสำคัญในการบริหารจัดการกระบวนการผลิต การลด และควบคุมต้นทุนในกระบวนการผลิตให้มีต้นทุนที่ต่ำลง แต่คุณภาพของสินค้าต้องตรงตามมาตรฐานที่บริษัทได้กำหนดไว้ การปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงได้ สามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้ จึงส่งผลทำให้ได้รับผลกำไรเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าอุปโภค บริโภค ให้ความสนใจในด้านการบริหารจัดการกระบวนการผลิต

มากขึ้น โดยมุ่งเน้นการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ซึ่งความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตโดยตรง การจัดการกระบวนการไหลของสินค้าและข้อมูลต้องมีการไหลอย่างต่อเนื่อง การหยุดนิ่งของสินค้าต้องไม่มีในกระบวนการผลิต และมีการควบคุมปริมาณการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป เพื่อสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ในปริมาณที่ลูกค้าต้องการ จำนวนที่ลูกค้าต้องการ สถานที่ที่ลูกค้าต้องการ และในเวลาที่ลูกค้าต้องการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาการจัดการโลจิสติกส์ กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัด ทู บี วอเตอร์ 2002
2. เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดการโลจิสติกส์ กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัด ทู บี วอเตอร์ 2002

2. การทบทวนวรรณกรรม

ธรรมนูญ กิมอิม (2557) วิจัยเกี่ยวกับเรื่องการประยุกต์ใช้แผนผังสายธารคุณค่าในการวิเคราะห์ความสูญเปล่าและเพิ่มกำลังการผลิต กรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต และหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดเวลาเฉลี่ยและเพิ่มกำลังการผลิต ส่งผลทำให้ลดเวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบจาก 120 นาที เหลือเพียง 89 นาที คิดเป็นร้อยละ 25.83 ขั้นตอนในการผลิตลดลงจากเดิม 32 ขั้นตอน เหลือเพียง 25 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 21.88 เวลาเฉลี่ยของสินค้าที่อยู่ในระบบลดลงจาก 5,931.11 นาที เหลือ 5,214.39 นาที คิดเป็นร้อยละ 12.41 และกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 3,612 ชิ้น เป็น 4,030 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 11.57

สนั่น เถาชารี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2555) วิจัยเกี่ยวกับเรื่องการประยุกต์ใช้แผนผังสายธารคุณค่าในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของข้าว ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผู้วิจัยได้ใช้แผนผังสายธารคุณค่าในการวิเคราะห์ และค้นหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และผลลัพธ์ทำให้สามารถลดเวลาได้คิดเป็นร้อยละ 68.85 และลดต้นทุนด้านการจัดการโลจิสติกส์ลงได้กว่าร้อยละ 4.57

สุจิตตา อุ่นใจ (2554) วิจัยเกี่ยวกับเรื่องการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชา โดยลดความสูญเปล่าในแผนผังสายธารคุณค่า กรณีศึกษาบริษัท ชาฉุยฟง จำกัด ผู้วิจัยได้ใช้แผนผังสายธารคุณค่ามาระบุกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าของกระบวนการผลิต ส่งผลทำให้เวลาเฉลี่ยโดยรวมในกระบวนการผลิตชาลดลง 288.50 นาที (4.8 ชั่วโมง) หรือคิดเป็น 6.1% ของเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตชาทั้งหมด

ธีรนันท์ วัฒนโยธิน (2554) วิจัยเกี่ยวกับเรื่องแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต กรณีศึกษา น้ำดื่มเกลียวทิพย์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การปฏิบัติงานตามขั้นตอนแนวคิดแบบลีน และการประยุกต์ใช้แผนภาพสายธารคุณค่าในกระบวนการผลิต พบว่า มีความสูญเปล่าเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนี้ และผลลัพธ์สามารถเพิ่มกำไรได้คิดเป็นร้อยละ 37.5 สำหรับชนิดถัง และร้อยละ 8.3 สำหรับชนิดขวดหรือลัง

จากบทความและงานวิจัยต่างๆ ซึ่งได้นำแนวคิดแบบลีนและแผนผังสายธารคุณค่ามาประยุกต์ใช้สามารถระบุความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ อีกทั้งยังช่วยระบุลักษณะกิจกรรมในกระบวนการผลิตและดำเนินการกำจัดหรือลดลักษณะกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในกระบวนการผลิต หากสามารถกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าเหล่านี้ออกจากกระบวนการผลิตได้ จะทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานของพนักงาน ลดเวลาในแต่ละขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ปริมาณการผลิตสินค้าไม่เกินความต้องการของลูกค้า ลดการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง และการไหลของสินค้าเป็นเส้นตรง นอกจากนี้ยังทำให้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายสูงสุดคือได้รับกำไรที่เพิ่มมากขึ้น

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์น้ำดื่ม 2 ผลิตภัณฑ์ คือน้ำดื่มประเภทถัง และน้ำดื่มประเภทขวด ข้อมูลการผลิตน้ำดื่มในช่วงเดือนธันวาคม 2563 - มีนาคม 2564

3.2 การสร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลสถานะปัจจุบัน

3.3 สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานของพนักงาน การจัดเก็บข้อมูลการปฏิบัติงานของพนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 7 คน และบันทึกขั้นตอนในการปฏิบัติงานของพนักงานลงในแบบฟอร์ม

3.4 ใช้นาฬิกาจับเวลาการปฏิบัติงานของพนักงานในแต่ละขั้นตอนจำนวน 15 รอบ และหาค่าเฉลี่ยของเวลาในแต่ละขั้นตอน

3.5 ค้นหาความสูญเปล่าในแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงาน และเสนอแนะแนวทางในการกำจัดหรือลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

3.6 สร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลสถานะอนาคต

3.7 ขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการผลิตจากแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลเพิ่มเติม

4. ผลการศึกษา

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการประกอบการผลิตน้ำดื่มของบริษัท

4.1.1 จำนวนวินาทีในการปฏิบัติงานของพนักงานในหนึ่งวัน

7 ชั่วโมง x 3,600 วินาที = 25,200 วินาที (1)

โดยที่ 7 ชั่วโมง คือจำนวนชั่วโมงการปฏิบัติงานของพนักงานในหนึ่งวัน 3,600 วินาที คือจำนวนวินาทีต่อหนึ่งชั่วโมง และ 25,200 วินาที คือจำนวนวินาทีในการปฏิบัติงานของพนักงานในหนึ่งวัน

ก่อนเริ่มการปฏิบัติงานในแต่ละวันจะต้องมีความสูญเปล่าที่ต้องสูญเสียทุกครั้ง ซึ่งความสูญเปล่าที่ต้องสูญเสียรวม 15% ต่อวัน (5ส 9%, การดูแลสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ 4% และอื่นๆ 2%)

25,200 วินาที x 15% = 3,780 วินาที (2)

โดยที่ 25,200 วินาที คือจำนวนวินาทีในการปฏิบัติงานของพนักงานในหนึ่งวัน 15% คือความสูญเปล่าที่ต้องสูญเสียไปก่อนเริ่มการผลิต และ 3,780 วินาที คือจำนวนวินาทีที่ต้องสูญเสียไปก่อนเริ่มกระบวนการผลิต

4.1.2 ความสามารถในการผลิตน้ำดื่มของเครื่องจักรอัตโนมัติ

$$\frac{\text{เวลาในการปฏิบัติงานหลังตัดเวลาที่ต้องสูญเสีย}}{\text{เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตน้ำดื่ม}} \quad (3)$$

โดยที่เวลาในการปฏิบัติงานหลังตัดเวลาที่ต้องสูญเสีย คือ 21,4100 วินาที เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตน้ำดื่ม คือ 3.55 วินาที ดังนั้นในหนึ่งวันเครื่องจักรสามารถผลิตน้ำดื่มได้ 6,034 ถัง

4.1.3 ความต้องการน้ำดื่มของลูกค้า

ตารางที่ 1 พบว่า ความต้องน้ำดื่มของลูกค้ารวม 24,000 ถัง และความต้องการลูกค้าเฉลี่ย 6,000 ถัง ซึ่งในกระบวนการผลิตมีพนักงานกระบวนการละ 2 คน จึงทำให้มีปริมาณถังน้ำที่ใช้ในการปฏิบัติงานเหลือคนละ 3,000 ถังต่อคนต่อวัน

ตารางที่ 1 ปริมาณความต้องการน้ำดื่มของลูกค้าในช่วงเดือนธันวาคม 2563 - มีนาคม 2564

หัวข้อ	ความต้องการของลูกค้า (ถัง)
ความต้องการน้ำดื่มรวม	24,000
เฉลี่ย	6,000

4.1.4 เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 7 คน ดังนี้

ตารางที่ 2 พบว่า พนักงานคนที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ, เตรียมถังน้ำดื่มใช้เวลาปฏิบัติงาน 7.2 วินาที พนักงานคนที่ 2 ล้างถังน้ำดื่มภายนอกรอบที่หนึ่งใช้เวลาปฏิบัติงาน 9 วินาที พนักงานคนที่ 3 ล้างถังน้ำดื่มภายในรอบที่หนึ่งใช้เวลาปฏิบัติงาน 8.2 วินาที พนักงานคนที่ 4 ล้างถังน้ำดื่มภายนอกและภายในรอบที่สองหนึ่งใช้เวลาปฏิบัติงาน 10.7 วินาที พนักงานคนที่ 5 เรียงถังน้ำดื่มสำเร็จรูปใช้เวลาปฏิบัติงาน 10 วินาที พนักงานคนที่ 6 เรียงถังน้ำดื่มสำเร็จรูปใช้เวลาปฏิบัติงาน 10 วินาที และพนักงานคนที่ 7 ขับรถโฟล์คลิฟท์ใช้เวลาปฏิบัติงาน 7.2 วินาที พนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 7 คนใช้เวลาปฏิบัติงานรวม 62.29 วินาทีต่อการผลิตน้ำดื่มหนึ่งถัง

ตารางที่ 2 เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง

พนักงานระดับปฏิบัติการ	เวลาปฏิบัติงาน (วินาที)
พนักงานคนที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ, เตรียมถังน้ำดื่ม	7.2
พนักงานคนที่ 2 ล้างถังน้ำดื่มภายนอกรอบที่หนึ่ง	9
พนักงานคนที่ 3 ล้างถังน้ำดื่มภายในรอบที่หนึ่ง	8.2
พนักงานคนที่ 4 ล้างถังน้ำดื่มภายนอกและภายในรอบที่สอง	10.7
พนักงานคนที่ 5 เรียงถังน้ำดื่มสำเร็จรูป	10
พนักงานคนที่ 6 เรียงถังน้ำดื่มสำเร็จรูป	10
พนักงานคนที่ 7 ขับรถโฟล์คลิฟท์	7.2
รวม	**62.29**

4.1.5 ข้อมูลปริมาณแผนการผลิตน้ำดื่มรวมการผลิตเผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ

ปริมาณการผลิตเผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ รวม 38% ซึ่งเป็นปริมาณที่บริษัทได้กำหนดขึ้น เพื่อรองรับความผันผวนจากเหตุการณ์ในอดีต ดังนี้

1.การผลิตเผื่อความผันผวนลูกค้า 10% ของปริมาณความต้องการทั้งหมด

2.การผลิตเผื่อกรณีไฟดับ 28% ของปริมาณความต้องการทั้งหมด

ตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณการผลิตน้ำดื่มตามความต้องการของลูกค้ารวม 24,000 ถัง ปริมาณเฉลี่ย 6,000 ถัง ความผันผวนลูกค้า 10% รวม 2,400 ถัง ปริมาณเฉลี่ย 600 ถัง ไฟดับ 28% รวม 6,720 ถัง ปริมาณเฉลี่ย 1,624 ถัง เผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ รวม 33,120 ถัง ปริมาณเฉลี่ย 7,006 ถัง

ตารางที่ 3 ข้อมูลปริมาณแผนการผลิตน้ำดื่มรวมการผลิตเผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ

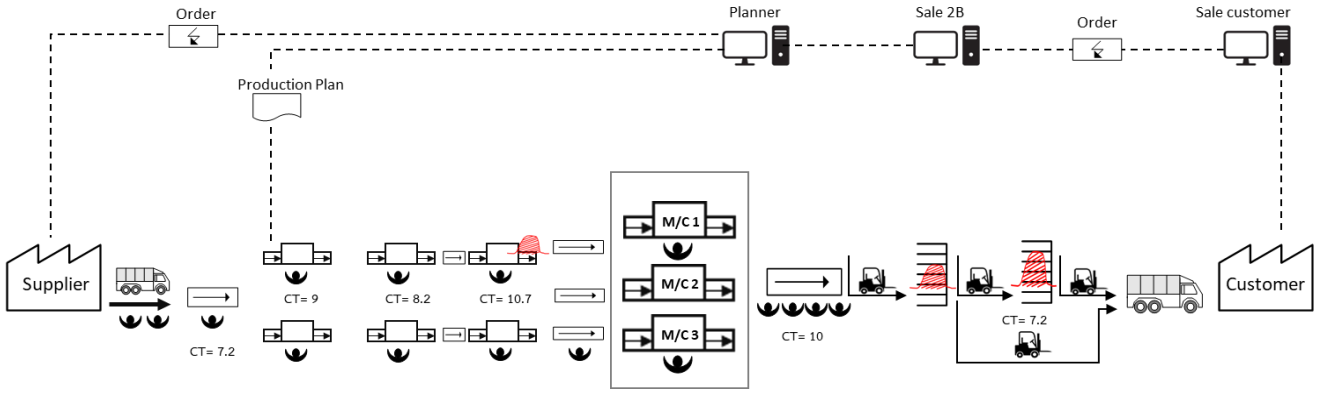
หัวข้อ	ความต้องการลูกค้า (ถัง)	ความผันผวนลูกค้า 10% (ถัง)	ไฟดับ 28% (ถัง)	รวม (ถัง)
รวม	24,000	2,400	6,720	33,120
เฉลี่ย	6,000	600	1,624	7,006

ตารางที่ 4 พบว่า ความต้องการของลูกค้ารวม 6,000 ถัง ความผันผวนลูกค้า 10% จำนวน 600 ถัง ไฟดับ 28% จำนวน 1,680 ถัง ปริมาณการผลิตรวม 8,280 ถัง โดยการจัดเก็บน้ำดื่มหนึ่งพาเลทสามารถจัดเก็บได้ 36 ถัง จึงส่งผลทำให้จัดเก็บ 230 พาเลท

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณแผนการผลิตน้ำดื่มรวมการผลิตเผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ ที่มากที่สุด

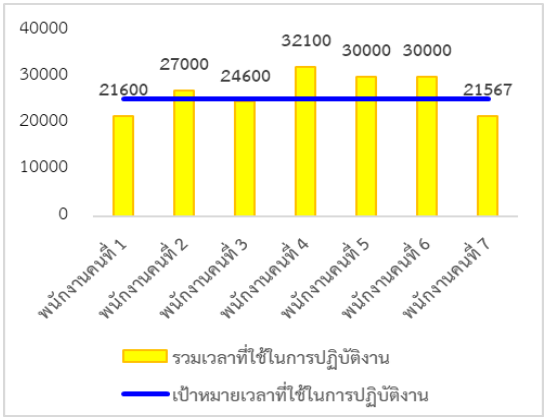
ความต้องการลูกค้า (ถัง)	ความผันผวนลูกค้า 10% (ถัง)	ไฟดับ 28% (ถัง)	รวม (ถัง)
6,000	600	1,680	8,280

4.2 สร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลสถานะปัจจุบัน



รูปที่ 1 แผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลสถานะปัจจุบัน

รูปที่ 1 พบว่า เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละคนในกระบวนการผลิตน้ำดื่มใช้เวลาที่แตกต่างกัน มีการเก็บสินค้าไว้ระหว่างกระบวนการผลิตหลายจุด มีการหยุดนิ่งของสินค้าระหว่างกระบวนการผลิต มีระยะทางระหว่างกระบวนการผลิตที่ไกลกัน และเส้นทางการไหลของถังน้ำดื่มสำเร็จรูปมีมากกว่าหนึ่งเส้นทาง ส่งผลทำให้การไหลของถังน้ำดื่มไม่ต่อเนื่องกันและไม่เป็นเส้นตรง



รูปที่ 2 ปริมาณงานของพนักงานเมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในหนึ่งวันสถานะปัจจุบัน

รูปที่ 2 พบว่า เป้าหมายเวลาในการปฏิบัติงาน คือ 25,200 วินาที หรือเวลาในการปฏิบัติงาน 7 ชั่วโมง พนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 7 คน มีพนักงานที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานเกินเป้าหมายเวลาทั้งหมด 4 คน ส่งผลทำ

ให้เกิดการรอคอยการส่งวัตถุดิบที่จะส่งไปยังกระบวนการถัดไป และการเก็บสินค้าไว้ระหว่างกระบวนการผลิตจำนวนมาก

4.3 การระบุความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

ลักษณะงานที่ 1 Value Added : VA

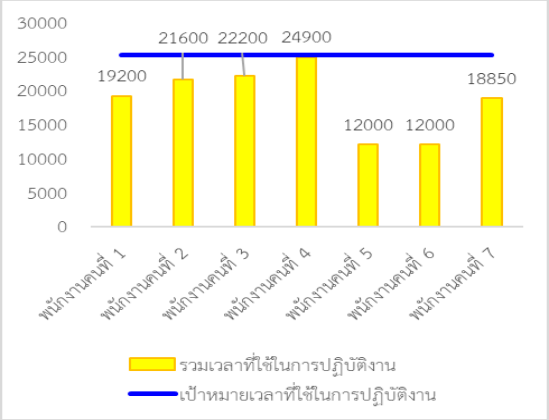
ลักษณะงานที่ 2 Necessary But None Value Added : NNVA

ลักษณะงานที่ 3 None Value Added : NVA

ตารางที่ 6 พบว่า พนักงานคนที่ 1 มี 3 กิจกรรม ลดเวลากิจกรรม A3 ได้ 0.8 วินาที พนักงานคนที่ 2 มี 3 กิจกรรม ลดเวลากิจกรรม B1 ได้ 1 วินาที และลดเวลากิจกรรม B3 ได้ 0.8 วินาที พนักงานคนที่ 3 มี 3 กิจกรรม ลดเวลากิจกรรม C1 ได้ 0.8 วินาที พนักงานคนที่ 4 มี 3 กิจกรรม ลดเวลากิจกรรม D3 ได้ 2.4 วินาที พนักงานคนที่ 5 มี 3 กิจกรรม กำจัดเวลากิจกรรม E2 ได้ 3 วินาที และกำจัดเวลากิจกรรม E4 ได้ 3 วินาที พนักงานคนที่ 6 มี 3 กิจกรรม กำจัดเวลากิจกรรม F2 ได้ 3 วินาที และกำจัดเวลากิจกรรม F4 ได้ 3 วินาที และพนักงานคนที่ 7 มี 3 กิจกรรม ลดเวลากิจกรรม G2 ได้ 0.62 วินาที และลดเวลากิจกรรม G3 ได้ 0.29 วินาที เวลารวมปัจจุบัน 62.29 วินาที เวลารวมอนาคต 43.58 วินาที เวลาลดลง 18.71 คิดเป็นร้อยละ 30

ตารางที่ 6 ตารางเปรียบเทียบเวลาก่อนและหลัง การลดหรือกำจัดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

ลำดับ	ลำดับ	ปัจจุบัน (วินาที)	ลักษณะงาน	อนาคต (วินาที)	เวลาที่ลด (วินาที)
คนที่ 1	A1	1.6	NNVA	1.6	
	A2	3.8	VA	3.8	
	A3	1.8	NVA	1	0.8
คนที่ 2	B1	2.6	NNVA	1.6	1
	B2	4	VA	4	
	B3	2.4	NVA	1.6	0.8
คนที่ 3	C1	2.4	NVA	1.6	0.8
	C2	4.2	VA	4.2	
	C3	1.6	NNVA	1.6	
คนที่ 4	D1	1.6	NNVA	1.6	
	D2	5.5	VA	5.5	
	D3	3.6	NNVA	1.2	2.4
คนที่ 5	E1	1.8	NNVA	1.8	
	E2	3	NVA	0	3
	E3	2.2	NNVA	2.2	
	E4	3	NVA	0	3
คนที่ 6	F1	1.8	NNVA	1.8	
	F2	3	NVA	0	
	F3	2.2	NNVA	2.2	
	F4	3	NVA	0	3
คนที่ 7	G1	4.2	NNVA	4.2	
	G2	1.81	VA	1.19	0.62
	G3	1.18	NNVA	0.89	0.29
รวม		62.29		43.58	18.71

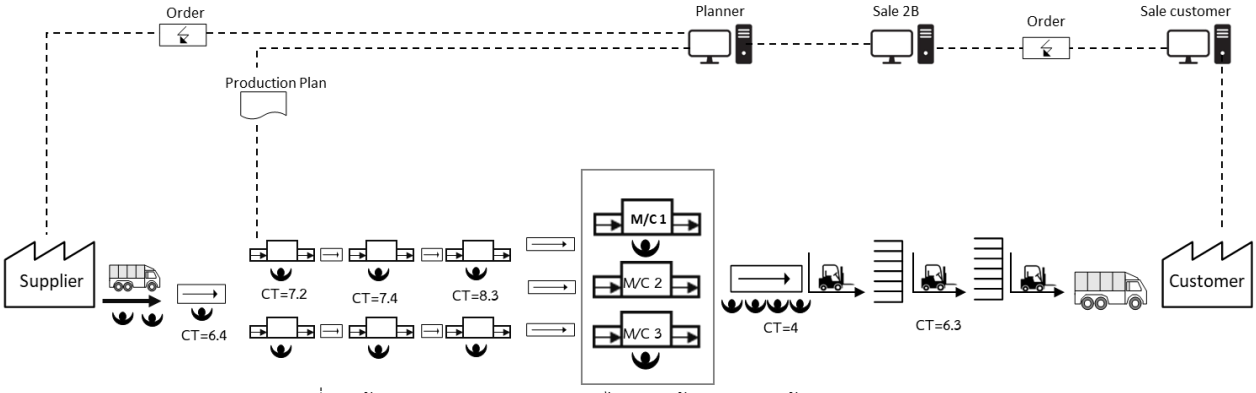


รูปที่ 3 ปริมาณงานของพนักงานเมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในหนึ่งวันสถานะอนาคต

รูปที่ 3 พบว่า เป้าหมายเวลาในการปฏิบัติงาน คือ 25,200 วินาที หรือเวลาในการปฏิบัติงาน 7 ชั่วโมง พนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 7 คน ไม่มีพนักงานที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานเกินเป้าหมายเวลา อีกทั้งยังสามารถรวมปริมาณงานของพนักงานคนที่ 5 และพนักงานคนที่ 6 จะส่งผลทำให้สามารถลดคนในกระบวนการผลิตลงได้ 1 คน และเพิ่มปริมาณงานให้พนักงานทุกคนให้มีเวลาในการปฏิบัติงานที่เข้าใกล้เส้นเป้าหมายเวลาให้ได้มากที่สุด

จากการกำจัดหรือลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตส่งผลทำให้เวลาในการผลิตลดลง ทำให้ลดเวลาในการรอคอยวัตถุดิบจากกระบวนการก่อนหน้า ลดการเคลื่อนไหวที่มากเกินไป ลดระยะทาง ลดเส้นทางการขนส่งน้ำดื่ม และลดปริมาณการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

4.4 สร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลสถานะอนาคต



รูปที่ 4 สร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของข้อมูลและสินค้าสถานะอนาคต

รูปที่ 4 พบว่า การไหลของสินค้าไม่มีการหยุดนิ่งของสินค้า ไม่มีสินค้ากองอยู่ในระหว่างกระบวนการผลิต การขนส่งน้ำดื่มไม่มีหลายเส้นทาง การไหลของสินค้าไหลอย่างต่อเนื่องเป็นเส้นตรง และสามารถลดปริมาณการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

4.5 ขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการผลิตจากแผนภูมิการไหลของสินค้าและข้อมูล และการกำจัดหรือลดความสูญเปล่า

โดยผู้เชี่ยวชาญมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 ท่าน สอบถามโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งมีทั้งหมด 3 ตอน

ตอนที่ 1 คำแนะนำเพิ่มเติมจากการวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการปฏิบัติงานของพนักงาน

1.ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมีความเห็นตรงกันในการลดความสูญเปล่าการล้างถังน้ำของพนักงานคนที่ 3 และพนักงานคนที่ 4 ปัจจุบันเป็นเป็นวิธีการล้างด้วยมือ

2.ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 และ คนที่ 2 มีความคิดตรงกันในการลดความสูญเปล่าในกระบวนการหยิบถังน้ำของพนักงานคนที่ 3 และพนักงานคนที่ 4

3.ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 มีความเห็นในการลดความสูญเปล่าเพิ่มเติมการยกถังน้ำใส่พาเลทของพนักงานคนที่ 5 และพนักงานคนที่ 6

ตอนที่ 2 แนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการปฏิบัติงาน

1.ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมีความเห็นตรงกันในการเสนอแนวทางการลดความสูญเปล่าการล้างถังน้ำดื่มของพนักงานคนที่ 3 และพนักงานคนที่ 4 คือ เพิ่มระบบการล้างถังแบบอัตโนมัติ

2.ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 และ คนที่ 2 มีความเห็นตรงกันในการเสนอแนะแนวทางการลดความสูญเปล่าการหยิบถังน้ำของพนักงานคนที่ 3 และพนักงานคนที่ 4 โดยการเพิ่มแท่นวางถังน้ำบนสายพาน และเพิ่มท่อน้ำเพื่อทำให้สามารถล้างถังน้ำภายในได้

3.ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 มีความเห็นในการเสนอแนวทางการยกน้ำใส่พาเลทของพนักงานคนที่ 5 และพนักงานคนที่ 6 ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้ในการหยิบถังน้ำใสในพาเลท

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

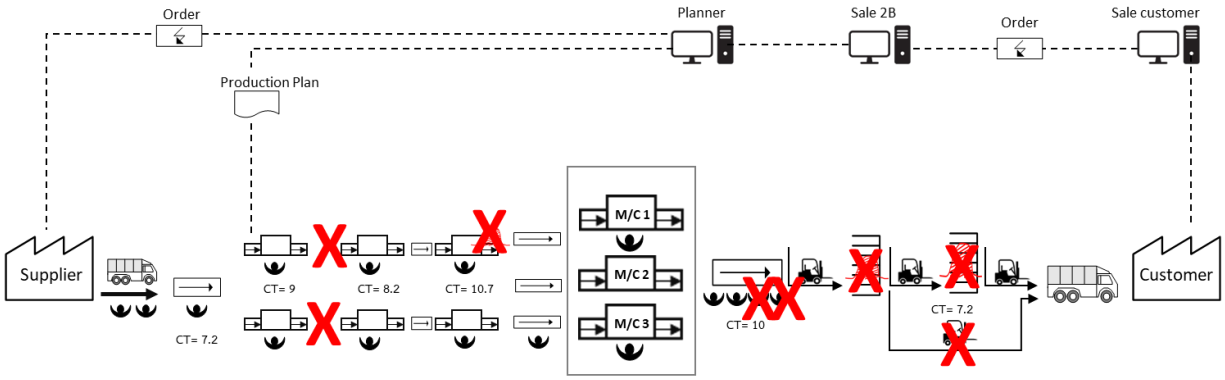
1.ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมีความเห็นตรงกันในการนำปริมาณงานของพนักงานคนที่ 5 และพนักงานคนที่ 6 มารวมกัน เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานไม่เกินเป้าหมายเวลา และสามารถลดคนได้ 1 คน

2.ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมีความเห็นตรงกันในการเพิ่มปริมาณงานให้พนักงานทุกคน เพื่อทำให้เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานเข้าใกล้เป้าหมายเวลาที่ให้ได้มากที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงาน

5.สรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลของการผลิตน้ำดื่ม เพื่อค้นหาระบุความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตในแต่ละกิจกรรมได้ และดำเนินการกำจัดหรือลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น ส่งผลทำให้เวลารวมในการปฏิบัติงานของพนักงานลดลง พนักงานปฏิบัติงานได้เร็วขึ้น ไม่มีการหยุดนิ่งของสินค้าระหว่างกระบวนการผลิต การไหลของสินค้าเป็นเส้นตรง



รูปที่ 5 แผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลหลังจากการกำจัดหรือลดความสูญเปล่า

รูปที่ 5 พบว่า ระยะทางระหว่างกระบวนการผลิตมีระยะทางที่ใกล้ขึ้น ไม่มีการหยุดนิ่งของสินค้าระหว่างกระบวนการผลิต ไม่มีการผลิต การจัดเก็บสินค้าที่มากเกินความต้องการของลูกค้า และเส้นทางการขนส่งน้ำดื่มของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ไม่มีหลายเส้นทาง ทำให้การไหลของสินค้าเป็นเส้นตรงมากขึ้น อีกทั้งยังส่งผลต่อจำนวนกิจกรรมในกระบวนการผลิตของพนักงานที่ลดลง

ตารางที่ 8 พบว่า ลักษณะงาน VA ก่อนมี 5 กิจกรรม ใช้เวลา 19.31 วินาที หลังมี 5 กิจกรรม ใช้เวลา 18.69 วินาที เวลาลดลง 0.62 วินาที คิดเป็นร้อยละ 3.2 ลักษณะงาน NNVA ก่อนมี 11 กิจกรรม ใช้เวลา 24.38 วินาที หลังมี 11 กิจกรรม ใช้เวลา 20.69 วินาที เวลาลดลง 3.69 วินาที คิดเป็นร้อยละ 15.1 ลักษณะงาน NVA ก่อนมี 7 กิจกรรม ใช้เวลา 18.6 วินาที หลังมี 3 กิจกรรม ใช้เวลา 4.2 วินาที เวลาลดลง 14.4 วินาที คิดเป็นร้อยละ 77.4 ก่อนมีกิจกรรมรวม 23 กิจกรรม ใช้เวลา 62.29 วินาที หลังมีกิจกรรมรวม 19 กิจกรรม ใช้เวลา 43.58 วินาที เวลาลดลง 18.71

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบจำนวนกิจกรรมก่อนและหลังการลดความสูญเปล่า

ลักษณะงาน	ก่อน		หลัง	
	จำนวนกิจกรรม	เวลา	จำนวนกิจกรรม	เวลา
VA	5	19.31	5	18.69
NNVA	11	24.38	11	20.69
NVA	7	18.6	3	4.2
รวม	23	62.29	19	43.58

ตารางที่ 9 พบว่า การผลิตสินค้าเผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ ไม่จำเป็นต้องผลิตทุกเดือน ต้องมีการควบคุมการใช้งานสินค้าคงคลังที่ผลิตเผื่อความผันผวน เช่น หากไม่มีการนำสินค้าไปใช้งาน ก็ไม่ต้องนำไปรวมกับแผนการผลิตสินค้าในแต่ละวัน แต่ถ้าหากมีการนำสินค้าไปใช้งานให้ดำเนินการผลิตมาเติมเต็มเฉพาะจำนวนที่นำไปใช้งาน จะส่งผลทำให้ปริมาณการผลิตในแต่ละวันไม่เกินความสามารถการผลิตของเครื่องจักร ปริมาณการผลิตสินค้าไม่เกินความต้องการของลูกค้า ปริมาณการผลิตน้ำดื่มเดิม 8,280 ถัง เหลือเพียง 6,000 ถัง ปริมาณการผลิตลดลง 2,280 ถัง คิดเป็นร้อยละ 27.5 และลดพื้นที่ในการจัดเก็บพาเลทสินค้า โดยน้ำดื่มหนึ่งพาเลทมีจำนวน 36 ถัง เดิมใช้พื้นที่ในการจัดเก็บ 230 พาเลท เหลือเพียง 167 พเลท ลดลงไปได้ 63 พาเลท คิดเป็นร้อยละ 27.3 เมื่อบริษัทได้พื้นที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อระยะทางในการขนส่งพาเลทน้ำดื่มของพนักงานขับโฟล์คลิฟท์สั้นลง เดิมใช้ระยะทาง 10.4 เมตร เหลือเพียง 5 เมตร ระยะทางลดลง 5.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 51.9

ตารางที่ 9 ปริมาณการผลิตน้ำดื่มเผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ

ปริมาณการผลิตเฉลี่ย	ความต้องการลูกค้า	ความผันผวนลูกค้า 10%	ไฟดับ 28%	รวม
	6,000	600	1,680	8,280
จำนวนพาเลท	167			230

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลของการผลิตน้ำดื่ม สามารถแบ่งลักษณะของกิจกรรมตามลักษณะงาน ได้ดังนี้

1.ลักษณะงาน VA มีทั้งหมด 5 กิจกรรม

2. ลักษณะงาน NNVA มีทั้งหมด 11 กิจกรรม

3. ลักษณะงาน NVA มีทั้งหมด 7 กิจกรรม

จากการศึกษาแผนภูมิสายธารคุณค่าการไหลของสินค้าและข้อมูลของการผลิตน้ำดื่ม โดยมีเป้าหมายเวลาในการปฏิบัติงาน 25,200 วินาที หรือเวลาในการปฏิบัติงาน 7 ชั่วโมง ซึ่งในกิจกรรมในการผลิตมีความสูญเปล่าที่แฝงอยู่ทำให้เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานเกินเป้าหมายเวลา มีการหยุดนิ่งของสินค้าระหว่างกระบวนการ และมีการรอคอยวัตถุดิบจากกระบวนการก่อนหน้า ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าจำนวนมากและผลิตสินค้าเกินความต้องการของลูกค้า

ดังนั้นจึงต้องดำเนินการกำจัดหรือลดลักษณะงานมีความสูญเปล่าออกจากกระบวนการผลิต เพื่อทำให้เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานไม่เกินเป้าหมายเวลา พนักงานคนที่ 1 เดิมใช้เวลา 21,600 วินาที เหลือเพียง 19,200 วินาที เวลาลดลง 2,400 วินาที คิดเป็นร้อยละ 11.1 พนักงานคนที่ 2 เดิมใช้เวลา 27,000 วินาที เหลือเพียง 21,600 วินาที เวลาลดลง 5,400 วินาที คิดเป็นร้อยละ 20 พนักงานคนที่ 3 เดิมใช้เวลา 24,600 วินาที เหลือเพียง 22,200 วินาที เวลาลดลง 2,400 วินาที คิดเป็นร้อยละ 9.7 พนักงานคนที่ 4 เดิมใช้เวลา 32,100 วินาที เหลือเพียง 24,900 วินาที เวลาลดลง 7,200 วินาที คิดเป็นร้อยละ 22.4 พนักงานคนที่ 5 เดิมใช้เวลา 30,000 วินาที เหลือเพียง 12,000 วินาที เวลาลดลง 18,000 วินาที คิดเป็นร้อยละ 60 พนักงานคนที่ 6 เดิมใช้เวลา 30,000 วินาที เหลือเพียง 12,000 วินาที เวลาลดลง 18,000 วินาที คิดเป็นร้อยละ 60 และพนักงานคนที่ 7 เดิมใช้เวลา 21,567 วินาที เหลือเพียง 18,850 วินาที เวลาลดลง 2,717 วินาที คิดเป็นร้อยละ 12.5

การควบคุมปริมาณการผลิตน้ำดื่มต่อหนึ่งวัน มีการผลิตน้ำดื่ม เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าจำนวน 6,000 ถังต่อวัน การผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการลูกค้าที่มีความผันผวน 10% ผลิตเผื่อไฟดับ 28% รวมปริมาณการผลิตน้ำดื่มเผื่อความผันผวนกรณีต่างๆ รวม 38% จำนวน 8,280 ถัง เหลือเพียง 6,000 ถัง ปริมาณการผลิตลดลง 2,280 ถัง คิดเป็นร้อยละ 27.5 โดยการจัดเก็บน้ำดื่มเป็นพาเลท 1 พาเลทจะมีน้ำดื่มทั้งหมด 36 ถัง เดิมใช้พื้นที่ในการจัดเก็บจำนวน 230 พาเลท เหลือเพียง 167 พาเลท จำนวนพาเลทในการจัดเก็บน้ำดื่มลดลง 63 พาเลทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 27.3 และยังสามารถลดระยะทางในการขนส่งน้ำดื่มของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ เดิมใช้ระยะทาง 10.4 เมตร เหลือเพียง 5 เมตร ระยะทางลดลง 5.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 51.9

เอกสารอ้างอิง

[1] ธรรมนูญ กิมอิม. 2557. การประยุกต์ใช้แผนผังสายธารคุณค่าในการวิเคราะห์. สาขาการพัฒนางานอุตสาหกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์. คณะวิศวกรรมศาตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[2] สนั่น เถาชารี และระพีพันธ์ ปิ ตาคะโส. 2555. การประยุกต์ใช้แผนผังสายธารคุณค่าในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

[3] สุจิตตา อุ่นใจ. 2554. การศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชาโดยลดความสูญเปล่าในแผนผังสายธารคุณค่า: กรณีศึกษาบริษัท ชาฉุยฟง จำกัด. การศึกษาโดยอิสรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. เชียงราย.

[4] ธีรนันท์ วัฒนโยธิน. 2554. แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตกรณีน้ำดื่มเกลียวทิพย์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. กรณีศึกษาโดยอิสระ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. เชียงราย

ID013

การพยากรณ์ความต้องการเพื่อวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบล่วงหน้า กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

THE FORECAST DEMAND OF ADVANCE PURCHASING RAW MATERIAL ORDER CASE STUDY AUTO PARTS MANUFACTURING COMPANY

พัชรี สุขแก้ว[1*]
[1]คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[1]สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[*]E-mail: 63920441@buu.ac.th

Patcharee Sukkaew[1*]
[1]Faculty of Logistics, Burapha University
[1]Logistics and Supply Chain Management, Faculty of Logistics, Burapha University
[*]E-mail: 63920441@buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกเทคนิคการพยากรณ์ในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบล่วงหน้าและเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบ กรณีศึกษา บริษัทชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นการวิเคราะห์การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา ทั้งหมด 4 วิธี คือ 1) วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล 4) วิธีเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลวินเทอร์ โดยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงที่มีความสำคัญสูงสุดต่อการผลิต จำนวน 6 รายการ จากข้อมูลการพยากรณ์ปริมาการใช้วัตถุดิบย้อนหลัง 18 เดือน จากนั้นทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี จากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAD) และค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) โดยพิจารณาจากค่าความผิดพลาดที่มีค่าต่ำที่สุดเป็นวิธีที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ จากผลการศึกษาค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้วัตถุดิบย้อนหลังมีจำนวนที่สูงและจากการใช้ Solver ช่วยในการคำนวณหาค่าที่แม่นยำของการพยากรณ์ พบว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักมีความเหมาะสมที่สุด เพราะมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริง จากนั้นนำค่าพยากรณ์จากวิธีที่ได้ไปหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) พบว่า ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและจำนวนครั้งในการสั่งซื้อต่อปีของ รายการ B0217 มีปริมาณการสั่งซื้อ 4,708 กิโลกรัมต่อครั้ง จำนวน 24 ครั้งต่อปี, รายการ B0227 มีปริมาณการสั่งซื้อ 19,675 กิโลกรัมต่อครั้ง จำนวน 90 ครั้งต่อปี, รายการ B0251 มีปริมาณการสั่งซื้อ 33,991 กิโลกรัมต่อครั้ง จำนวน 141 ครั้งต่อปี, รายการ B0263 มีปริมาณการสั่งซื้อ 15,125 กิโลกรัมต่อครั้ง จำนวน 6 ครั้งต่อปี, รายการ B0276 มีปริมาณการสั่งซื้อ 46,692 กิโลกรัมต่อครั้ง จำนวน 182 ครั้งต่อปี และรายการ 51972B มีปริมาณการสั่งซื้อ 5,815 กิโลกรัมต่อครั้ง จำนวน 28 ครั้งต่อปี ซึ่งการเปรียบเทียบต้นทุนรวมทั้งแบบเดิมและแบบใหม่ มีผลต่างของต้นทุนมูลค่า 22,655,010.98 บาท คิดเป็น 2.71%

คำหลัก: วัตถุดิบ, ยางธรรมชาติ, คาร์บอน

Abstract

The purpose of this research is to use in decision making in selecting forecasting techniques for planning the demand in advance and to find the appropriate order quantity for raw materials. A case study of an auto parts company is a time-series forecasting analysis. There are 4 methods: 1) Moving average method 2) Weighted moving average method 3) Simple exponential smoothing method 4) Holt Winter exponential method. By selecting 6 purposive sampling that are most important to production from the forecast data for the last 18 months of raw material consumption, then analyze and compare the forecast results from all 4 methods from the Mean Absolute Deviation (MAD) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) based on the lowest error value. Which is a suitable method for this research. From the results of the study, it was found that the historical raw material consumption forecast was high and Solver was used to help calculate the accurate value of the forecast. It was found that the weighted moving average forecasting technique was more efficient and most suitable because the calculated value is close to the original data. Then, the forecast value from the method obtained to find the Economic Order Quantity (EOQ) found that an appropriate order quantity and number of orders per year of Item B0217 has an order quantity of 4,708 kg. 24 times a year, Item B0227 has an order quantity of 19,675 kg. 90 times a year, Item B0251 has an order quantity of 33,991 kg. 141 times a year, item B0263 has an order quantity of 15,125 kg. 6 times a year, item B0276 has an order quantity of 46,692 kg. 182 times a year. And item 51972B has an order quantity of 5,815 kg. 28 times a year, which compares the cost of both the old and the new. There is a difference in cost, valued at 22,655,010.98 baht, or 2.71%.

Keyword: Material, Natural rubber, Carbon

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่า ช่วงปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2563 ได้มีการขยายตัวของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมทั่วประเทศ รวมจำนวน 2,633 โรงงาน[1] ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจากการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละปีที่แตกต่างกันไป อุตสาหกรรมยานยนต์ก็เป็นหนึ่งในภาคอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทั้งการขยายตัวและรายได้ของภาคธุรกิจ เนื่องจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีการแข่งขันทางการค้าที่สูงขึ้นและต้องรับมือกับสภาวะเศรษฐกิจถดถอยทำให้การผลิตรถยนต์มีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่ลดลง จากข้อมูลสถิติการผลิตรถยนต์เมื่อระหว่างปี พ.ศ. 2561- พ.ศ. 2563 พบว่า ปี พ.ศ. 2563 มีจำนวน 1,427,275 คัน ปี พ.ศ. 2562 มีจำนวน 2,013,710 คัน และปี พ.ศ.2561 มีจำนวน 2,167,694 คัน[2] ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์จึงจำเป็นต้องมีการปรับกลยุทธ์เพื่อให้เข้ากับสภาวะการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยปัจจุบันกลุ่มบริษัทกลุ่มบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์เป็นบริษัทคู่ค้าทางธุรกิจของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีการผลิตสินค้าเพื่อจำหน่ายทั้งภายในและต่างประเทศ ทำให้ต้องมีการใช้การพยากรณ์ความต้องการทางด้านการวางการผลิตและการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบและยังมีบทบาทที่สำคัญในการบริหารจัดการภาคธุรกิจให้มีประสิทธิภาพ

บริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ประกอบการยานยนต์ที่ทำการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทยางรถยนต์ โดยเป็นการผลิตยางเรเดียลที่หลากหลายประเภท อาทิเช่น ยางรถบรรทุก ยางรถบัส ยางรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถบรรทุกเล็ก จากการศึกษาข้อมูลและสภาพปัญหาที่ผู้วิจัยนำมาศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลการสั่งซื้อวัตถุดิบของประเภทยางรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถบรรทุกเล็กเท่านั้น ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่า

ข้อมูลการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะได้รับข้อมูลการพยากรณ์ทั้งปีของคำสั่งซื้อของลูกค้าจากสำนักงานใหญ่ต่างประเทศ ที่ทำการกระจายข้อมูลให้กับบริษัทสาขาเพื่อจัดเตรียมการวางแผนการผลิตและวางแผนคำสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยทางจัดซื้อจะทำการส่งคำสั่งซื้อให้กับผู้ขายล่วงหน้า 1-2 เดือน เพื่อให้ผู้ขายนั้นทำการจัดเตรียมการผลิตวัตถุดิบและส่งมอบให้ทันเวลา แต่เนื่องจากการพยากรณ์คำสั่งซื้อที่ไม่สามารถยืนยันตัวเลขที่แน่นอนได้ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องส่งข้อมูลการพยากรณ์การสั่งซื้อจริงให้หน่วยงานจัดซื้ออีกครั้งทุกๆ ต้นเดือนเพื่อทำการแก้ไขข้อมูลคำสั่งซื้อ จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้วางแผนสั่งซื้อวัตถุดิบและการควบคุมสินค้าคงคลังนั้นเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ผู้วิจัยจึงได้นำหลักทฤษฎีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เพื่อการพยากรณ์ที่แม่นยำและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดและทฤษฎี EOQ เพื่อคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม นำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของบริษัทกรณีศึกษาและองค์กรได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเลือกเทคนิคการพยากรณ์ในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบล่วงหน้า

2. เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการพยากรณ์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์การวางแผนความต้องการและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลการสั่งซื้อวัตถุดิบย้อนหลังที่ใช้ในการผลิตยางรถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 – เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564 โดยมีวัตถุดิบ ทั้งหมด 6 ประเภทกลุ่ม ได้แก่ ยางธรรมชาติ, ยางสังเคราะห์, คาร์บอน, เคมี, ลวด และเท็คไทร์ รวมทั้งหมด 101 รายการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงเทคนิคการพยากรณ์มาใช้วางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบล่วงหน้า

2. ทราบถึงปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบ

3. ทราบถึงวิธีที่เหมาะสมในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. องค์กรสามารถนำข้อมูลจากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพยากรณ์หรือการคาดการณ์ล่วงหน้า โดยการพยากรณ์จะศึกษาแนวโน้มข้อมูลในอดีตหรือรูปแบบการเกิดเหตุการณ์หรือการใช้ประสบการณ์ของผู้พยากรณ์และความรู้ความสามารถ[3]

2.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ เป็นการพยากรณ์ที่ใช้ผู้มีประสบการณ์ ความรู้ ความสามารถ เป็นผู้พยากรณ์โดยไม่ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการพยากรณ์เชิงคุณภาพประกอบด้วย 1) การคาดคะเนหรือประมาณการ ที่มักใช้กับธุรกิจขนาดเล็กมีเจ้าของคนเดียว 2) การระดมความคิด วิธีนี้เป็นการระดมความคิดหรือประชุมกลุ่มของผู้บริหารบริษัท 3) การพยากรณ์ยอดขาย เป็นการพยากรณ์ของแต่ละฝ่ายแล้วนำข้อมูลมารวมกันเป็นยอดขายรวมของบริษัท 4) พยากรณ์โดยการสำรวจตลาด เป็นการพยากรณ์ยอดขายโดยการสำรวจผู้บริโภคเพื่อทราบถึงความต้องการของลูกค้าในอนาคต 5) การพยากรณ์ด้วยเทคนิคเดลฟาย ที่เป็นเทคนิคแก้ไขข้อบกพร่องของวิธีการร่วมความคิด ทำให้เกิดความคล้อยตามกัน

2.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ โดยจำแนกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

2.2.1 การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา ที่จะใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นการพยากรณ์ข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาเพื่อพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้า มีรูปแบบทั้งหมด 5 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบคงที่ มีความต้องการสม่ำเสมอ เทคนิคที่เหมาะสม ได้แก่ Single Moving Average, Weight Moving Average, Single Exponential Smoothing

2. รูปแบบแนวโน้ม ที่มีความต้องการเปลี่ยนไปลักษณะมีแนวโน้ม เทคนิคที่เหมาะสม ได้แก่ Linear Moving Average, Linear Exponential Smoothing, Regression

3. รูปแบบฤดูกาล ที่มีความต้องการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาโดยช่วงเวลาสั้นๆ เทคนิคที่เหมาะสม ได้แก่ Decomposition, Winters, Regression

4. รูปแบบวัฏจักร ที่มีความต้องการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาที่แน่นอนและเป็นข้อมูลระยะยาว ได้แก่ Winters

5. รูปแบบสุ่มหรือไม่แน่นอน มีความต้องการไม่สามารถคาดการณ์ได้ มีลักษณะเปลี่ยนแปลงเป็นอิสระจากเวลาเป็นเทคนิคที่ไม่สามารถระบุได้

ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ มีทั้งหมด 3 วิธี คือ 1) ค่าคลาดเคลื่อนที่แท้จริงเฉลี่ย (Mean Absolute Deviation) ซึ่งสามารถใช้วัดความแม่นยำของค่าพยากรณ์เพื่อวัดผลความแตกต่างของข้อมูลเดิม 2) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error) เป็นการนำค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงและค่าที่พยากรณ์ยกกำลัง 3) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error) โดยหาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงเวลาหารด้วยข้อมูลจริงและเฉลี่ยเป็นร้อยละ[4]

2.3 หาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) คือ การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดและองค์กรมีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บรักษาต่อปีต่ำที่สุด[5] และจะวิเคราะห์จากต้นทุนรวมของสินคงคลังที่ต่ำที่สุดเพื่อเป็นการกำหนดระดับจำนวนการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง หรือเรียกว่า “จำนวนการสั่งซื้อแบบประหยัด”[6] โดย EOQ ใช้สมการดังนี้

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DO}{H}} \qquad (1)$$

3. ระเบียบวิธีวิจัย

1. กรอบแนวคิดของการดำเนินงานวิจัย เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยได้กำหนดกรอบแนวคิด ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2) ศึกษาข้อมูลการสั่งซื้อวัตถุดิบของบริษัทกรณีศึกษา (3) เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้กับการพยากรณ์ (4) ทำการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (5) หาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (6) ตรวจสอบผลค่าความคลาดเคลื่อน (7) วิเคราะห์ผล (8) ประเมินความเหมาะสมของค่าความคลาดเคลื่อนโดยพิจารณาจากค่าที่ต่ำที่สุด (9) หาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (10) สรุปผล ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

2. กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากดุลพินิจของผู้วิจัยที่พิจารณาจากหลักความสำคัญและความจำเป็นต่อการผลิตยางรถยนต์และจากข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบที่มีจำนวนสูง ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา ในช่วงระยะเวลา 18 เดือน ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564 โดยทำการเลือกเพียง 1 กลุ่ม เท่านั้น

3. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย โดยผู้วิจัยเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมะสมกับสถานการณ์และความต้องการของวัตถุดิบเพื่อประโยชน์สูงสุดของบริษัทกรณีศึกษา เนื่องจากการผลิตยางรถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษานั้นเป็นการผลิตเพื่อมุ่งกลุ่มลูกค้าเป็นส่วนใหญ่ เช่น การผลิตยางรถยนต์เพื่อวิ่งบนหิมะหรือยางรถแข่ง ดังนั้น การใช้ข้อมูลในอดีตที่มีการเคลื่อนไหวในช่วงระยะเวลาสั้นๆ หรือมีลักษณะเป็นแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการนำการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาเพื่อมาทำการพยากรณ์อนาคตอาจจะช่วยในการตัดสินใจของบริษัทกรณีศึกษาได้ ซึ่งได้ทำการเลือกการพยากรณ์ ทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก, วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย, วิธีแบบโฮลวินเทอร์

และทำการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน 2 วิธี คือ MAD และ MAPE โดยเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ โปรแกรม Microsoft Excel ด้วยการใช้ Solver

4. วิเคราะห์ข้อมูลจากการพยากรณ์อนุกรมเวลา ทั้ง 4 วิธี จากนั้นทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ทำการวิเคราะห์ผล เปรียบเทียบผลและประเมินผลของค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธีที่ให้ค่าที่ต่ำที่สุดจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ จากนั้นนำค่าพยากรณ์ความต้องการจากวิธีที่ได้มาหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดและหาต้นทุนรวมเพื่อเปรียบเทียบแบบเดิมและแบบใหม่ เพื่อใช้เป็นแนวทางการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบของบริษัทกรณีศึกษาในอนาคต

4. ผลการวิจัย

4.1 ภาพรวมของปัญหา

เนื่องจากข้อมูลยอดคำสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดปัญหาความคลาดเคลื่อนและไม่สอดคล้องกันระหว่างค่าพยากรณ์ความต้องการของการวางแผนสั่งซื้อวัตถุดิบและค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้วัตถุดิบจริงของบริษัทกรณีศึกษา ทำให้มีการพยากรณ์การสั่งซื้อมีค่าที่สูงในบางเดือนแต่มีการใช้งานที่ต่ำ แต่ในทางตรงกันข้ามก็มีค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้งานจริงที่สูงแต่ค่าพยากรณ์คำสั่งซื้อที่ต่ำในบางเดือนเช่นกัน ดังนั้นการที่หน่วยงานจัดซื้อต้องดำเนินการส่งข้อมูลคำสั่งซื้อวัตถุดิบให้กับผู้ขายเป็นเวลาล่วงหน้า 1-2 เดือน นั้น เป็นเพียงการใช้ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการแบบเดิมที่ยังไม่มีการแก้ไขให้เป็นปัจจุบัน ส่งผลทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อวัตถุดิบตามไปด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ตรงกันกับข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้ามากที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของการพยากรณ์ ทั้ง 6 ประเภทกลุ่ม จะเห็นได้ว่าผลต่างของการพยากรณ์ของกลุ่มคาร์บอนมีผลต่างที่เป็นค่าติดลบที่สูง เนื่องจากมีค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ที่สูงแต่ค่าพยากรณ์คำสั่งซื้อที่ต่ำและค่าพยากรณ์ของกลุ่มยางธรรมชาติ มีค่าติดลบรองลงมาซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกัน ทำให้เกิดปัญหาวัตถุดิบมีไม่เพียงพอต่อการผลิตหรือมีวัตถุดิบมีมากเกินไป ส่งผลทำให้คลังสินค้ามีพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการจัดเก็บวัตถุดิบและสามารถเปรียบเทียบข้อมูลได้จากกราฟเพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น



รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบผลต่างของการพยากรณ์

4.2 ผลการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากดุลพินิจของผู้วิจัย ได้แก่ กลุ่มยางธรรมชาติ จำนวน 6 รายการ จากเหตุผลที่ว่า การวางแผนการผลิตยางรถยนต์วัตถุดิบทุกประเภทกลุ่มและทุกรายการล้วนมีความสำคัญที่ไม่สามารถขาดได้ โดยแต่ละรายการก็มีความสำคัญที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นวัตถุดิบกลุ่มยางธรรมชาติ ทั้งหมด 6 รายการ ที่ผู้วิจัยทำการเลือกศึกษาในครั้งนี้ เป็นวัตถุดิบขั้นตอนแรกในการผลิตซึ่งหากขาดวัตถุดิบกลุ่มนี้ไปจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตโดยรวมทั้งหมดซึ่งจะไม่สามารถเริ่มการผลิตได้ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการผลิต อีกทั้งวัตถุดิบกลุ่มยางธรรมชาติยังมีปริมาณการใช้ที่สูงเป็นอันดับสอง เท่ากับ 22,462,494.54 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.35 ถึงแม้ว่ากลุ่มคาร์บอนจะมีปริมาณการใช้ที่สูงเป็นอันดับแรกก็ตาม แต่กลุ่มคาร์บอนเป็นเพียงวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อให้ได้ยางรถยนต์เป็นสีดำเท่านั้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างจากข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบ

ประเภทกลุ่ม	จำนวน	ปริมาณการใช้	สัดส่วน (ร้อยละ)
คาร์บอน	14	24,044,423.96	28.21
ยางธรรมชาติ	6	22,462,494.54	26.35
ยางสังเคราะห์	20	19,866,573.70	23.32
เคมี	47	8,200,761.97	9.62
ลวด	6	7,632,880.73	8.96
เท็คไทร์	8	3,026,326.31	3.55
รวม	101	85,245,107.60	100

4.3 ผลการพยากรณ์ ทั้ง 4 วิธี

จากการพยากรณ์ ทั้ง 4 วิธี ของรายการวัตถุดิบ 6 รายการ โดยผู้วิจัยพิจารณาจากวิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำให้เป็นค่าแม่นยำที่สุด ได้แก่ วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งให้ค่า MAD เท่ากับ 35976.61 และค่า MAPE เท่ากับร้อยละ 20.04 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

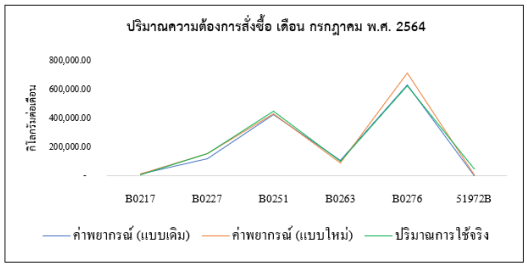
ผลลัพธ์	Moving Average	WM Average	Exponential Smoothing	Holt Winter
MAD	46833.26	35976.61	3738.04	57844.70
MAPE	28.32	20.04	28.23	44.37

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์แบบเดิมและแบบใหม่เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของการพยากรณ์ได้ชัดเจนขึ้น โดยงานวิจัยนี้พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อน MAD และ MAPE ของวิธีที่ให้ค่าต่ำสุดเป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์แม่นยำที่สุดและนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีแบบเดิมและแบบใหม่

ค่าพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบ				ผลต่างของค่าพยากรณ์	% ผลต่างของค่าพยากรณ์
รายการวัตถุดิบ	ค่าพยากรณ์ (แบบเดิม)	ค่าพยากรณ์ (แบบใหม่)	ปริมาณการใช้จริง	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)
B0217	12,000.00	9,765.71	7,014.10	2,234.29	18.62
B0227	120,000.00	154,144.44	155,163.70	(-34,144.44)	(-28.45)
B0251	421,400.00	427,989.34	446,848.20	(-6,589.34)	(-1.56)
B0263	105,350.00	90,064.39	98,456.80	15,285.61	14.51
B0276	632,100.00	711,491.67	622,910.70	(-79,391.67)	(-12.56)
51972B	-	6,469.67	43,831.10	(-6,469.67)	0.00
รวม	**1,290,850.00**	**1,399,925.22**	**1,374,224.60**	**(-109,075.22)**	**(-8.45%)**

รูปที่ 3 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์แบบเดิมและแบบใหม่

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าการพยากรณ์ความต้องการของวัตถุดิบของวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักที่เป็นรูปแบบใหม่ มีค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการวัตถุดิบที่ใช้งานจริง ซึ่งเมื่อเทียบกับการพยากรณ์แบบเดิมที่มีค่าพยากรณ์ที่ต่ำกว่า โดยมีค่าผลต่างของการพยากรณ์ เท่ากับ (-8.45%) ซึ่งหากพิจารณาจากค่าพยากรณ์ที่ได้บริษัทกรณีศึกษาสามารถใช้ข้อมูลค่าพยากรณ์รูปแบบใหม่ทดแทนรูปแบบเดิมได้ เพราะมีค่าคลาดเคลื่อนที่ต่ำและใกล้เคียงกับข้อมูลจริง แต่เนื่องจากค่าพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบแบบเดิมนั้น ทำการพยากรณ์โดยการใช้โปรแกรมวิน (WIN) ที่เป็นโปรแกรมการคำนวณส่วนผสมของวัตถุดิบยางรถยนต์แต่ละรุ่นว่าต้องใช้ปริมาณเท่าไหร่ต่อยางรถยนต์ 1 เส้น ที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการเพื่อวางแผนสั่งซื้อวัตถุดิบในปัจจุบัน โดยได้มีการจัดการสูตรลงในโปรแกรมไว้แล้ว ซึ่งหากมีการเพิ่มรุ่นของยางรถยนต์ชนิดใหม่จะทำให้สูตรการคำนวณนั้นมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากข้อมูลสูตรในโปรแกรมยังไม่มีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการพยากรณ์แบบวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักมีความแม่นยำกว่าโปรแกรมที่บริษัทกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน และอีกทั้งวิธีดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณความต้องการเพื่อวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบของบริษัทกรณีศึกษาร่วมกับโปรแกรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบของค่าพยากรณ์

จากกราฟเป็นการตัวอย่างข้อมูลแสดงค่าพยากรณ์ความต้องการของเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2654 ระหว่างค่าพยากรณ์แบบเดิมและแบบใหม่ เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้งานจริงเพื่อให้เห็นความแตกต่างกันของการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าพยากรณ์วัตถุดิบแบบใหม่ 1 รายการ ที่มีค่าพยากรณ์ที่สูง ได้แก่ B0276 ซึ่งอาจเกิดจากผลกระทบของโรคระบาด Covid19 ทำให้สถานการณ์ที่ยังไม่ปกติส่งผลถึงปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าคลาดเคลื่อนได้

4.4 หาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ)

การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ซึ่งการคำนวณโดยใช้ข้อมูลค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้จริงของวัตถุดิบ ช่วง 6 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2564 และผลลัพธ์ของค่าพยากรณ์จากวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก ช่วง 6 เดือนหลัง ของปี พ.ศ. 2564

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายต้นทุนการสั่งซื้อ

ค่าใช้จ่าย	ต้นทุนการสั่งซื้อ (บาท/ครั้ง)
ค่าแรงฝ่ายจัดซื้อ	22,400.00
ค่าแรงฝ่ายคลังสินค้า	34,000.00
ค่าแรงฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ	24,000.00
ค่าแรงฝ่ายบัญชี	70,400.00
ค่าใช้จ่ายในการติดต่อและวัสดุสิ้นเปลือง	44.08
รวมค่าใช้จ่าย	**150,844.08**
จำนวนการสั่งซื้อ (PO) ของปี พ.ศ. 2564	216
รวมค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง	**698.35**

จากตารางที่ 3 การกำหนดต้นทุนการสั่งซื้อ (O) เป็นการคิดคำนวณจากการเริ่มตั้งแต่การสั่งซื้อจนสิ้นสุดกระบวนการ คิดได้จาก 80% ของการทำงานต่อวัน ต่อพนักงาน 1 คน ต่อการสั่งซื้อ 1 ครั้ง ซึ่งรวมค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง เท่ากับ 698.35 บาท

ตารางที่ 4 การกำหนดต้นทุนการเก็บรักษา

รายการวัตถุดิบ	(%) ของราคาวัตถุดิบ	P บาท/หน่วย	H บาท/หน่วย
B0217	0.12	58.87	7.06
B0227	0.12	53.11	6.37
B0251	0.12	48.27	5.79
B0263	0.12	48.83	5.86
B0276	0.12	45.26	5.43
51972B	0.12	56.67	6.80

จากตารางที่ 4 การกำหนดต้นทุนการเก็บรักษา (H) ของงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ บอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของราคาวัตถุดิบและจำนวนต่อหน่วยของวัตถุดิบแต่ละรายการ โดยต้นทุนการเก็บรักษาคิดได้จากกิจกรรมในการดูแลรักษาสินค้าคงคลัง (% ของราคาวัตถุดิบ) เท่ากับ 12% หรือ 0.12 ต่อหน่วยต่อปี คูณด้วยต้นทุนสินค้า (P) ของราคาวัตถุดิบ ตัวอย่างเช่น รายการวัตถุดิบ B0276 มีต้นทุนการเก็บรักษา (H) = 0.12 x 45.26 = 5.43 บาท/หน่วย/ปี

4.4.1 ตัวอย่างวิธีการคำนวณ EOQ

ของวัตถุดิบรายการ B0276 พอสังเขป

D = ปริมาณการใช้ต่อปี ค่าเท่ากับ 8,475,682 หน่วย/กก.

O = ต้นทุนในการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง 698.35 บาท

H = ต้นทุนการเก็บรักษา 5.43 บาท

คำนวณจาก EOQ หรือ Q*

$$Q^* = \sqrt{\frac{2x8,475,682x698.35}{5.43}}$$

= 46,691.62 หรือ 46,692 กก. /ครั้ง

ดังนั้น ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดของรายการ B0267 เท่ากับ 46,692 กิโลกรัมต่อครั้งการสั่งซื้อ

คำนวณหาจำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

$$\text{จากสูตร} = \frac{D}{Q^*} \qquad (2)$$

$$= \frac{8,475,682}{46,692} = 181.52$$

ดังนั้น จำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด เท่ากับ 182 ครั้ง/ปี

คำนวณหารอบการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

$$\text{จากสูตร} = \frac{Q^* \text{ x จำนวนวันทำงานต่อปี}}{D} \qquad (3)$$

$$= \frac{46,692x261}{8,475,682} = 1.43$$

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดของ ปี พ.ศ .2564

รายการวัตถุดิบ	ค่าพยากรณ์ กก. / ปี	Q* ครั้ง / กก.	จำนวนการสั่งซื้อครั้ง/ปี (D/Q*)	รอบการสั่งซื้อ (วัน)
B0217	112,030	4,707.78	24	11
B0227	1,765,573	1,675.45	90	3
B0251	4,789,531	33,990.59	141	2
B0263	959,822	15,125.09	6	4
B0276	8,475,681	46,691.62	182	1
51972B	164,613	5,814.72	28	9

จากการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ปี พ.ศ. 2564 ของรายการวัตถุดิบ ทั้ง 6 รายการ สามารถหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดต่อหน่วยการสั่งซื้อ จำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดต่อปีและรอบการสั่งซื้อที่ประหยัด ดังตารางที่ 5

4.5 การคำนวณหาต้นทุนรวม

การคำนวณหาต้นทุนรวมของการสั่งซื้อเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนรวมแบบเดิมและแบบใหม่ของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาต้นทุนแบบใหม่เป็นข้อมูลของค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้งานวัตถุดิบ 6 เดือนแรกของบริษัทกรณีศึกษาร่วมกับค่าพยากรณ์ของวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก 6 เดือนหลัง ของปี พ.ศ. 2564 เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนแบบเดิมเป็นข้อมูลย้อนหลังปี พ.ศ. 2563 ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณดังตารางที่ 6 และสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$TC = \frac{D}{Q^*}O + \frac{Q^*}{2}(H) + (P)(D) \qquad (4)$$

โดยที่

D = ปริมาณการใช้ต่อปี หน่วยกิโลกรัม
O = ต้นทุนในการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง
H = ต้นทุนการเก็บรักษา
P = ต้นทุนวัตถุดิบ
Q*= ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

ตารางที่ 6 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนรวม

รายการวัตถุดิบ	D ต่อปี	O บาทต่อ กก.	H บาท ต่อ กก.	P บาทต่อ กก.	Q* ต่อครั้ง
B0217	112030	698.35	7.06	58.87	4708
B0227	1765573	698.35	6.37	53.11	19675
B0251	4789531	698.35	5.79	52.27	33991
B0263	959822	698.35	5.86	48.83	15125
B0276	8475681	698.35	5.43	45.26	46692
51972B	164613	698.35	6.80	56.67	5815

ตารางที่ 7 ผลการคำนวณต้นทุนรวมแบบใหม่ของวัตถุดิบ ทั้ง 6 รายการ

วัตถุดิบ	ต้นทุนการสั่งซื้อ บาท/ปี	ต้นทุนการเก็บรักษา บาท/ปี	ต้นทุนสินค้า บาท/ปี	ต้นทุนรวมคงคลัง บาท/ปี
B0217	16617	16619	6595206	6628443
B0227	62667	62664	93769,582	93894914
B0251	98403	98403	279085971	279282776
B0263	44316	44316	46868108	46956741
B0276	126766	126768	383609367	383862857
51972B	19769	19771	9328618	9368158

โดยการคำนวณผู้วิจัยได้ทำการปัดเศษทศนิยมและจะแสดงผลการคำนวณจริงในตารางเปรียบเทียบผลต่างของรูปแบบเดิมกับรูปแบบใหม่ ซึ่งผลต้นทุนรวมประมาณการของวัตถุดิบทั้ง 6 รายการ มีผลดังนี้ ต้นทุนแบบใหม่ของรายการ B0217 มีต้นทุนรวม 6,628,443 บาทต่อปี, รายการ B0227 มีต้นทุนรวม 93,894,914 บาทต่อปี, B0251 มีต้นทุนรวม 279,282,776 บาทต่อปี, B0263 มีต้นทุนรวม 46,956,741 บาทต่อปี, B0276 มีต้นทุนรวม 383,862,857 บาทต่อปี, 51972B มีต้นทุนรวม 9,368,158 บาทต่อปี

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบต้นทุนรวมแบบเดิมและแบบใหม่

รายการวัตถุดิบ	ต้นทุนรวมแบบเดิม	ต้นทุนรวมแบบใหม่
	บาท	บาท
B0217	6,624,164.51	6,628,443.04
B0227	88,532,490.19	93,894,914.65
B0251	359,757,308.53	279,282,776.92
B0263	42,019,621.23	46,956,741.32
B0276	336,347,160.01	383,862,857.56
51972B	0.00	9,368,158.84
รวม	**833,280,744.47**	**810,625,733.49**

จากตารางที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบต้นทุนรวมสินค้าคงคลังต่อปีของรูปแบบเดิมและรูปแบบใหม่ ในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ตามทฤษฎี EOQ เพื่อหา TC

ของ EOQ ที่จะสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการประหยัดค่าใช้จ่ายของต้นทุนของกลุ่มยางธรรมชาติในปี พ.ศ. 2564 ของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งสามารถลดลงจากรูปแบบเดิม 2.71% โดยคิดเป็นมูลค่ารวม 22,655,010.98 บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลต่างของต้นทุนรวมแบบเดิมและแบบใหม่

รายการวัตถุดิบ	ผลต่างของต้นทุน	% ผลต่างต้นทุน
	บาท	บาท
B0217	(-4,278.53)	(-0.064)
B0227	(-5,362,424.46)	(-6.057)
B0251	80,474,531.61	22.37
B0263	(-4,937,120.09)	(-11.75)
B0276	(-47,515,697.55)	(-14.12)
51972B	0.00	0.00
รวม	**22,655,010.98**	**2.71**

แต่ในอีกมุมหนึ่งถ้าหากวิเคราะห์จากตารางข้างต้นซึ่งจะเห็นได้ว่ารายการวัตุดิบ B0251 มีต้นทุนรวมแบบใหม่ที่ต่ำกว่า อันเนื่องมาจากข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบต่อปีของปี พ.ศ. 2564 มีจำนวนที่น้อยกว่าแบบเดิม ดังนั้น ไม่ว่าจะต้นทุนรวมแบบเดิมหรือแบบใหม่จะผันแปรตามปริมาณการใช้วัตถุดิบต่อปีและจำนวนการสั่งซื้อต่อครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น หากบริษัทกรณีศึกษามีปริมาณการใช้วัตถุดิบที่มีจำนวนมากก็จะทำให้มีต้นทุนรวมที่สูงขึ้น แต่ถ้ามีปริมาณการใช้ที่น้อยก็จะทำให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำด้วยเช่นกัน

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผล

จากผลการศึกษาเทคนิคการพยากรณ์เพื่อหาค่าพยากรณ์ความต้องการในการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบและการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (EOQ) ของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากดุลพินิจของผู้วิจัย พบว่า กลุ่มยางธรรมชาติ จำนวน 6 รายการ มีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อการผลิตยางรถยนต์เป็นอย่างมาก แม้จะเป็นอันดับสองที่มีปริมาณการใช้วัตถุดิบ รวมทั้งสิ้น 22,462,494.54 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 26.35 จากปริมาณการใช้วัตถุดิบทั้งหมด 85,245,107.60 กิโลกรัม และนำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา ทั้งหมด 4 วิธี คือ 1) วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย 4) วิธีแบบโฮลวินเทอร์ เพื่อหาค่าความเคลื่อนที่ต่ำที่สุด โดยการใช้เครื่องมือ Solver เข้ามาช่วยในการหาค่าพยากรณ์ความต้องการที่แม่นยำ

จากการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 4 วิธี โดยพิจารณาจากค่า MAD และ MAPE ที่ต่ำและค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดของวัตถุดิบ ทั้ง 6 รายการ ได้แก่ วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก ที่ให้ค่า MAD เท่ากับ 35,976.61 และ MAPE เท่ากับร้อยละ 20.04 ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ โดยข้อดีของวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักนี้จะช่วยให้ค่าถ่วงน้ำหนักมีความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดเพื่อจะสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลนั้นๆ ซึ่งงานวิจัยนี้ให้ค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 5 และนำค่าพยากรณ์จากวิธีที่ได้ไปใช้ในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

จากผลการวิเคราะห์โดยการนำค่าพยากรณ์ของวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของวัตถุดิบทั้ง 6 รายการ โดยเปรียบเทียบต้นทุนรวมสินค้าคงคลังรูปแบบเดิมและรูปแบบใหม่ในการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดต้นทุนรวม พบว่า การใช้ทฤษฎี TC ของ EOQ ในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดรูปแบบใหม่สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบกลุ่มยางธรรมชาติ ปี พ.ศ. 2564 จากรูปแบบเดิมได้ 2.71% คิดเป็นมูลค่า 22,655,010.98 บาทต่อปี

5.2 อภิปรายผล

การพยากรณ์ความต้องการเพื่อวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบล่วงหน้า กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์

1. เพื่อเลือกเทคนิคการพยากรณ์ในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบล่วงหน้า โดยผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ วิธีหาค่าเฉลี่ย

เคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับข้อมูลพยากรณ์ปริมาณการใช้วัตถุดิบจริงของบริษัทกรณีศึกษา โดยบริษัทกรณีศึกษาสามารถนำเทคนิคนี้ไปปรับใช้กับกลุ่มวัตถุดิบอีก 5 ประเภทกลุ่มได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ไม่สอดคล้องกับการผลิตได้

2. เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมในการวางแผนความต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยผลการวิจัยจากการใช้ทฤษฎี EOQ เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมในการสั่งซื้อแต่ละครั้งเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่เพียงพอต่อการผลิตและเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ตรงเวลา อีกทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการจัดเก็บรักษา รวมถึงต้นทุนรวมสินค้าคงคลังและยังเพิ่มกำไรให้กับบริษัทได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับผู้สนใจนำงานวิจัยไปศึกษาในอนาคต เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ของงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค Covid-19 ที่เป็นการวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลาโดยเป็นข้อมูลในอดีตและเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ดังนั้น หากอนาคตสถานการณ์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นหรือสถานการณ์ปกติ หรือเป็นข้อมูลคล้ายคลึงกันโดยมีกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่าของบริษัทกรณีศึกษา อาจส่งผลให้การพยากรณ์แบบวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักไม่เหมาะสมอีกต่อไป ดังนั้น ผู้สนใจควรใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันหรือขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมและเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับช่วงข้อมูลนั้นๆ

2. งานวิจัยนี้เป็นการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณหาค่าพยากรณ์ หากต้องการความรวดเร็วในการประมวลผล บริษัทกรณีศึกษาสามารถใช้เครื่องมือสำเร็จรูปอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ความแม่นยำที่ใกล้เคียงที่สุดได้

3. งานวิจัยนี้สามารถนำไปคำนวณหาจุดสั่งซื้อใหม่และสินค้าคงคลังสำรองเพื่อควบคุมวัตถุดิบในสินค้าคงคลังได้

4. งานวิจัยนี้องค์กรสามารถนำข้อมูลจากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงานนิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา ปีการศึกษา 2565

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2563. สถิติโรงงานอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนกับกระทรวงอุตสาหกรรมและได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการใหม่ (ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535) Retrieved from http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/12.aspx

[2] สถาบันยานยนต์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2563. การผลิต การขายภายในประเทศ การส่งออกรถยนต์ และการขายรถจักรยานยนต์. Retrieved from http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/12.aspx

[3] ชัชชญา เสริมพงษ์พันธ์. 2560. การพยากรณ์ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย. (บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[4] อนุสรณ์ บุญสง่า. 2559. การพยากรณ์ความต้องการแว่นตา กรณีศึกษา ร้านรักแว่น. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีปทุม, ชลบุรี.

[5] ฐิติมา ไชยะกลุ. 2555. หลักการผลิตและการดำเนินการ. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดนไชน่า.

[6] ประจวบ กล่อมจิตร. 2556. โลจิสติกส์ -โซ่อุปทาน: การออกแบบและการจัดการเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ID020

การพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนการสั่งซื้อเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

Forecasting demand and planning the purchase of production tooling Case study of auto parts manufacturing company

ภัทรา วิวัฒนศร[1*]
[1]สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[*]E-mail: 63920440@go.buu.ac.th

Pattra Wiwattanasorn[1*]
[1]Department of Logistics and Supply chain management, Faculty of Logistics, Burapha University
[*]E-mail: 63920440@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนการสั่งซื้อเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม ในการคาดการณ์ความต้องการใช้เครื่องมือ และเพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อเครื่องมือที่เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการใช้งาน โดยวิธีการจัดประเภทสินค้า ABC Analysis วิเคราะห์ข้อมูลความต้องการสินค้า และพยากรณ์ความต้องการ ซึ่งใช้โปรแกรมพยากรณ์ Minitab 21 เพื่อหาวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม มี 4 วิธี คือ 1.วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) 2.วิธีเอ็กซ์โพเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) 3.วิธีเอ็กซ์โพเนนเชียลปรับเรียบซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing) 4.วิธีการพยากรณ์แบบฤดูกาลแบบวินเตอร์ (Winter's Method) ผลการศึกษาพบว่า วิธีเอ็กซ์โพเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีดังกล่าว มาใช้ในการหาค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้า นำผลที่ได้มาวางแผนการสั่งซื้อสินค้า โดยการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Economic Order Quantity) เพื่อลดต้นทุนโดยรวม บริหารจัดการโดยใช้จุดสั่งซื้อใหม่ (Re Order Point) และหาจำนวนสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) เพื่อควบคุมสินค้าคงคลังให้อยู่ระดับที่เหมาะสม สุดท้ายการศึกษานี้ เปรียบเทียบต้นทุนรวมของการจัดการสินค้าคงคลังแบบเดิมกับการจัดการสินค้าคงคลังแบบใหม่พบว่า การจัดการสินค้าคงคลังแบบใหม่ มีต้นทุนรวมลดลงเป็นมูลค่า 916,271 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 42.75

คำหลัก เครื่องมือ, เครื่องจักร, อายุการใช้งาน, การพยากรณ์อุปสงค์, การวางแผนการสั่งซื้อ

Abstract

Forecasting demand and planning the purchase of production tooling Case study of auto parts manufacturing company. This study aims to determine the appropriate forecasting method to forecast tool demand and to analyze the purchase quantity of tools that are suitable enough to meet the demand by the method of product classification ABC Analysis analyzes product demand data and forecast demand which uses the Minitab 21 forecast program to find a suitable forecasting method. There are 4 methods 1. Moving Average Method 2. Single Exponential Smoothing Method 3. Double Exponential Smoothing 4. Winter's Method for forecasting seasons. The Single Exponential Smoothing method has the lowest average error. The researcher therefore chose this method. Used to find the forecast of product demand. Bring the results to plan the purchase order by finding the right order quantity (Economic Order Quantity) to reduce the overall cost manage by using Reorder Point and find the amount of inventory in reserve (Safety Stock) to control the inventory to the appropriate level. Finally, this study Compare the total cost of traditional inventory management with the new inventory management. New inventory management the total cost was reduced

to a value of 916,271 baht or 42.75%.

Keywords: Tooling, Machine, Tool life, Demand forecast, Order planning

1. บทนำ

การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในประเทศไทย เริ่มมาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ซึ่งพบผู้ติดเชื้อภายในประเทศ เมื่อวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2563 (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) [1] ซึ่งช่วงไตรมาสที่ 3 ของปี พ.ศ. 2564 ได้เกิดการระบาดระลอกที่ 3 ขึ้น ส่งผลให้มียอดผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตมากกว่าการระบาดในทุกครั้งที่ผ่านมา และยังส่งผลทางจิตวิทยาให้เกิดความกังวลต่อรายได้ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต รวมทั้งกระทบต่อการบริโภคในกิจกรรมทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่ตามมา ภาคธุรกิจผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ก็เป็นหนึ่งกิจการที่ได้รับผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ สาเหตุเกิดจากข้อจำกัดที่ไม่สามารถนำเข้าวัตถุดิบตามปกติได้ จึงทำให้การผลิตต้องหยุดชะงัก ทำให้บริษัทสูญเสียรายได้เป็นอย่างมาก บริษัทกรณีศึกษาประกอบธุรกิจผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ จึงได้รับผลกระทบดังกล่าว ทำให้ต้องควบคุมค่าใช้จ่ายและลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นจากการสั่งซื้อเครื่องมือ (Tooling) เนื่องจากเครื่องมือเป็นทรัพยากรหลักที่สำคัญ เพราะนำมาใช้สนับสนุนในการผลิต และมีมูลค่าสูงเป็นอันดับที่สองของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในบริษัท รองจากค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบ และบริษัทมีความจำเป็นที่จะต้องลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเครื่องมือ ซึ่งหากสามารถลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้ จะทำให้ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายของบริษัทในแต่ละเดือน อีกทั้งยังทำให้เพิ่มรายได้ที่มากขึ้นด้วย

1.1 ความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษาข้อมูลการสั่งซื้อเครื่องมือของบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่งที่ผู้วิจัยมีความสนใจ พบว่า ที่ผ่านมาบริษัทกรณีศึกษาไม่ได้มีวิธีการสำหรับการนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อหาเครื่องมือที่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการนำโปรแกรมพยากรณ์เข้ามาช่วยวิเคราะห์ในการพยากรณ์ เช่น โปรแกรม Minitab เป็นต้น ซึ่งมีข้อได้เปรียบ คือ ทำให้การคาดการณ์ความต้องการมีความถูกต้องและแม่นยำ โดยประโยชน์ที่ได้รับ จะทำให้มีการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อเครื่องมือที่ใกล้เคียงกับความต้องการใช้งาน และจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้เห็นสมควรจะทำการดำเนินงานวิจัย โดยการนำหลักการพยากรณ์ (Forecasting) มาใช้ในการสั่งซื้อเครื่องมือ เพื่อเป็นการศึกษาและช่วยวิเคราะห์ปัญหาสำหรับวิธีการพยากรณ์ในการสั่งซื้อเครื่องมือ และเพื่อเป็นการควบคุมปริมาณการสั่งซื้อเครื่องมือให้มีความเหมาะสมกับความต้องการใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อกำหนดวิธีพยากรณ์ (Forecasting) ที่เหมาะสมในการคาดการณ์ความต้องการใช้เครื่องมือ (Tooling) ของบริษัทกรณีศึกษา
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อเครื่องมือ (Tooling) ที่เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการใช้งาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. **ขอบเขตด้านเนื้อหา** การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ (Forecasting) เพื่อใช้วิเคราะห์ความต้องการใช้เครื่องมือในแต่ละเดือน
2. **ขอบเขตด้านข้อมูล** การวิเคราะห์การใช้เครื่องมือผู้วิจัยศึกษาข้อมูลย้อนหลังของปริมาณการใช้งานเครื่องมือทุกรายการในแต่ละเดือน โดยการศึกษาอยู่ระหว่าง เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 – ธันวาคม พ.ศ. 2564 เป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะเครื่องมือที่มีมูลค่ามากที่สุด ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม A เท่านั้น ไม่พิจารณารวมไปถึงกลุ่ม B และกลุ่ม C

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิพนธ์ โตอินทร์ (2556) ทำการศึกษาการพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนสินค้าคงคลัง สำหรับสินค้าเครื่องดื่ม กรณีศึกษา แผนกควบคุมเครื่องดื่มในโรงแรม เพื่อทำการวางแผนและควบคุมสินค้าคงคลัง โดยวิธีการจัดประเภทสินค้า ABC Analysis และใช้โปรแกรม Minitab 14 พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด และนโยบายสินค้าคงคลังแบบใหม่ มีต้นทุนรวมลดลง คิดเป็นร้อยละ 31.96 ของต้นทุนรวม และสามารถเพิ่มอัตราหมุนเวียนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี ร้อยละ 51.73 [2]

ธัญยธรณ์ อ้นมี (2560) ทำการศึกษาการพยากรณ์และการวางแผนสร้างสต็อกสินค้า เพื่อลดปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้า กรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์แว่นตา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ในด้านการส่งมอบที่ตรงต่อเวลา โดยใช้ทฤษฎี ABC Classification การพยากรณ์ (Forecasting) และสินค้าคงคลัง พิจารณาการพยากรณ์ จาก 5 วิธี พบว่า วิธีการพยากรณ์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Exponential Smoothing) เหมาะกับลักษณะของข้อมูลย้อมสี (MAR) และวิธีการพยากรณ์รูปแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลด้วยแนวโน้ม (Exponential Smoothing with Trend

Adjustment) เหมาะกับลักษณะของข้อมูลย้อมสี (GRN) เปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง พบว่า ค่าปรับในการส่งมอบสินค้าล่าช้าในปี พ.ศ. 2560 ลดลงเป็นจำนวนเงิน 711,339 บาท คิดเป็นร้อยละ 5 ของวิธีก่อนปรับปรุง [3]

ปภาวรา ท่อนทองมีสุข (2562) ทำการศึกษาวิธีพยากรณ์การสั่งซื้อลวดทองแดงอาบน้ำยา เพื่อจัดเป็นสินค้าคงคลังให้เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า โดยหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจากการใช้เทคนิคการพยากรณ์และทดสอบความแม่นยำของการ พบว่า การพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (3-2-1) เหมาะสมที่สุด สามารถทำให้ลดความสูญเสียจากการซื้อลวดทองแดงอาบน้ำยาจากร้านค่าปลีกร้านอื่นลงประมาณ 364,707 บาท คิดเป็นร้อยละ 53.93 [4]

จิราพร ภู่ทองคำ และ ถิรนันท์ ทิวาราตรีวิทย์ (2564) ทำการศึกษาการพยากรณ์ความต้องการของวัตถุดิบเพื่อลดการเสียโอกาสทางการขาย กรณีศึกษา ร้าน Pizza HUK T&J เพื่อหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม เพื่อลดต้นทุน การเสียโอกาสทางการขาย และเพื่อหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) ของวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อความต้องการของลูกค้า พบว่า วิธีการพยากรณ์แบบถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงโดยมีค่าความผิดพลาด (MAD) ต่ำที่สุด และได้นำวัตถุดิบทั้งหมดมาจัดกลุ่มตามความสำคัญด้วยวิธี ABC Analysis แล้วจึงทำการคำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสมของวัตถุดิบกลุ่ม A ภายในร้าน ผลการศึกษา พบว่า สามารถทำให้ทางร้านลดปัญหาการเสียโอกาสทางการขายได้ถึง 8,762 บาทต่อเดือน ส่งผลให้ทางร้านมีกำไรมากขึ้น [5]

รัชนี โฆษิตานนท์ (2564) ทำการศึกษาการพยากรณ์ความต้องการในการสั่งซื้อและจัดการวัตถุดิบคงคลัง กรณีศึกษาบริษัทผลิตเครื่องฟอกอากาศ เพื่อเลือกรูปแบบการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์เครื่องฟอกอากาศที่เหมาะสม และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการวัตถุดิบคงคลังอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้รูปแบบการพยากรณ์ทั้งหมด 5 วิธี พบว่า การพยากรณ์วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนียนเชียลแบบวินเทอร์เชิงคูณ มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด โดยมีต้นทุนรวมในการจัดการวัตถุดิบเท่ากับ 53,753 บาทต่อปี จากข้อมูลต้นทุนรวมในการจัดการวัตถุดิบแบบเดิม 95,516 บาทต่อปี ซึ่งสามารถลดต้นทุนรวมลงได้ 41,763 บาทต่อปี หรือลดลงร้อยละ 43.72 [6]

Ogcu G. (2012) ทำการศึกษาการพยากรณ์ใช้ไฟฟ้าของประเทศตุรกี เพื่อศึกษาและทำการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (SVR) พบว่า วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีการใช้เกณฑ์ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด [7]

Toit D. D. (2014) ทำการศึกษาการตัดสินใจสำหรับการจัดการสินค้าคงคลังของชิ้นส่วนอะไหล่ เพื่อรวบรวมสาระสำคัญของการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ (SPM) และทราบถึงความเชื่อมโยงระหว่างกันของปัญหา พบว่า ดำเนินการในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ของแอฟริกาใต้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน แสดงให้เห็นว่าการศึกษานี้ใช้งานได้จริง สามารถให้คำแนะนำ และช่วยผู้จัดการในการตัดสินใจการจัดการสินค้าคงคลังอะไหล่ [8]

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา คือ ปริมาณการสั่งซื้อและปริมาณการใช้เครื่องมือ ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2564

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

ทำการจำแนกข้อมูลปริมาณการใช้เครื่องมือ ด้วยทฤษฎี ABC Classification เป็นการวิเคราะห์ เพื่อจัดลำดับความสำคัญ ให้สามารถจัดการกับสินค้าประเภทต่างๆ ในคงคลังได้อย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้ จะศึกษาเฉพาะเครื่องมือที่มีมูลค่ามากที่สุด ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม A เท่านั้น ไม่พิจารณารวมไปถึงกลุ่ม B และกลุ่ม C เพื่อตัดสินใจเลือกรูปแบบการพยากรณ์ ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สำรวจ ศึกษาปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย
2. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้และการสั่งซื้อเครื่องมือย้อนหลังของบริษัทกรณีศึกษา
4. จำแนกประเภทของเครื่องมือ ABC Classification
5. นำข้อมูลของกลุ่มสินค้าที่ทำการเลือก มาทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 21
6. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม
7. นำข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ มาวางแผนการสั่งซื้อเครื่องมือ เพื่อกำหนดการสั่งซื้อเครื่องมือและควบคุมสินค้าคงคลัง
8. เปรียบเทียบต้นทุนรวม
9. สรุปผลการวิจัย

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ทฤษฎีหลักการพยากรณ์ (Forecasting)

นำข้อมูลปริมาณการใช้เครื่องมือ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (VC) ซึ่งควรมีค่าน้อยกว่า 0.25 และความต้องการแบบคงที่ จึงจะเหมาะสมที่จะใช้วิธีการหาปริมาณสั่งซื้อประหยัด

2. โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 21

นำข้อมูลปริมาณการใช้เครื่องมือสินค้ากลุ่ม A มาทำการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการสินค้า โดยใช้โปรแกรมสำหรับการพยากรณ์ความต้องการ

3. การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE)

นำผลที่ได้จากการพยากรณ์ มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการเบี่ยงเบนของข้อมูลที่พยากรณ์ในแต่ละวิธีกับข้อมูลจริง จะแสดงให้เห็นว่า การพยากรณ์วิธีใด ที่จะมีค่าคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

1) กระบวนการสั่งซื้อเครื่องมือ

กระบวนการสั่งซื้อเครื่องมือของบริษัทกรณีศึกษา มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ฝ่ายขาย รับออเดอร์จากลูกค้า คือ ข้อมูลการสั่งซื้อล่วงหน้า

ขั้นตอนที่ 2 ฝ่ายขาย นำข้อมูลออเดอร์ มาตรวจสอบกับฝ่ายวางแผนการผลิต เพื่อเช็คสถานะสินค้าในคลังสินค้า

ขั้นตอนที่ 3 ฝ่ายวางแผนการผลิต เช็คสถานะสินค้าในคลังสินค้า ว่ามีเพียงพอกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่

ขั้นตอนที่ 3.1 กรณีที่มีชิ้นงานเพียงพอ ฝ่ายวางแผนการผลิต จะแจ้งข้อมูลกับฝ่ายขาย เพื่อยืนยันออเดอร์กับลูกค้า

ขั้นตอนที่ 3.2 กรณีที่ชิ้นงานไม่เพียงพอ ฝ่ายวางแผนการผลิตจะทำแผนการผลิต และนำข้อมูลแผนการผลิตมาให้กับฝ่ายผลิต และฝ่ายควบคุมเครื่องมือ เพื่อเตรียมการผลิตชิ้นงาน คือ ข้อมูลแผนการผลิต

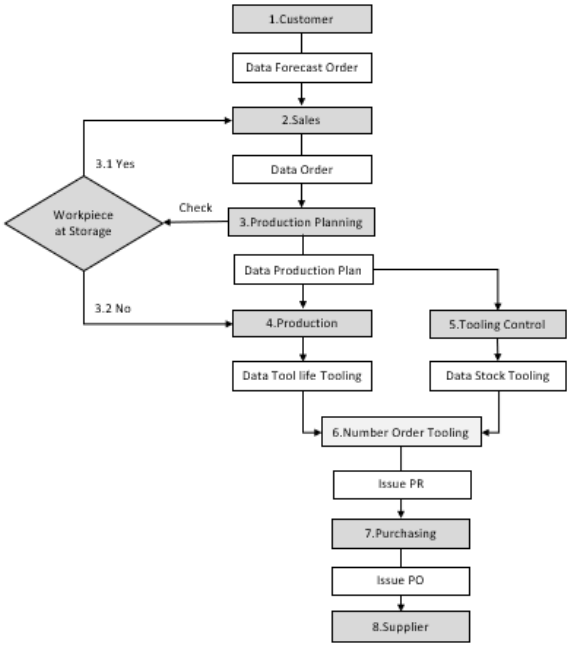
ขั้นตอนที่ 4 ฝ่ายผลิต จะกำหนดข้อมูลจำเพาะในการผลิตสินค้า คือ ข้อมูลอายุการใช้เครื่องมือ

ขั้นตอนที่ 5 ฝ่ายควบคุมเครื่องมือ นำข้อมูลการผลิตมาตรวจสอบ เช็คสถานะเครื่องมือในคลังสินค้า เพื่อสั่งซื้อเครื่องมือล่วงหน้า 1 เดือน

ขั้นตอนที่ 6 ฝ่ายควบคุมเครื่องมือ ทำการรวมข้อมูลจะได้ตัวเลขความต้องการใช้เครื่องมือของเดือนถัดไป ทำการเปิดใบร้องขอสั่งซื้อให้กับฝ่ายจัดซื้อ

ขั้นตอนที่ 7 ฝ่ายจัดซื้อ ทำการเปิดใบสั่งซื้อให้กับบริษัทซัพพลายเออร์

ขั้นตอนที่ 8 บริษัทซัพพลายเออร์ ทำการเตรียมเครื่องมือสำหรับการส่งมอบต่อไป ดังรูปที่ 1



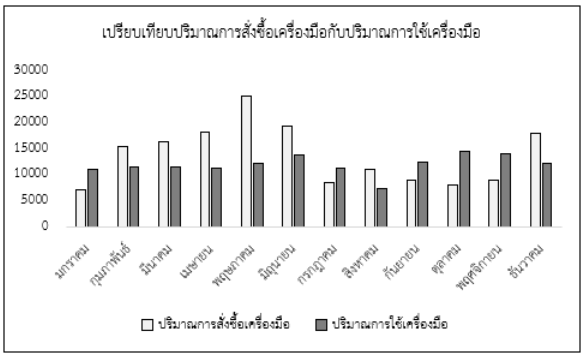
รูปที่ 1 กระบวนการสั่งซื้อเครื่องมือ

2) สภาพปัญหาในบริษัทกรณีศึกษา

สาเหตุเกิดจากผลกระทบของสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิค-19 ทำให้บริษัทซัพพลายเออร์ไม่สามารถส่งเครื่องมือให้กับเราได้ตามปกติ ทางส่วนงานเครื่องมือ จึงมีการเก็บสินค้าคงคลังสำหรับการผลิตชิ้นงานจาก 1 เดือน ให้เป็น 1.8 เดือน ซึ่งส่งผลให้พื้นที่สำหรับจัดเก็บเครื่องมือไม่เพียงพอ และแผนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลง โดยความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้ต้องเพิ่มกำลังการผลิต และเครื่องมือมีอุบัติเหตุระหว่างการผลิต ส่งผลทำให้เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตต้องมีการใช้ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น

4.2 วิเคราะห์ข้อมูล

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลการสั่งซื้อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องมือ ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภูมิแท่งแสดงการสั่งซื้อเครื่องมือกับการใช้เครื่องมือ

จากรูปที่ 2 พบว่า ปริมาณในการสั่งซื้อเครื่องมือไม่สอดคล้องกับปริมาณการใช้งานเครื่องมือ ซึ่งทำให้บริษัทกรณีศึกษาไม่สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อเครื่องมือได้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า ควรทำการกำหนดวิธีพยากรณ์ (Forecasting) ที่เหมาะสม ในการคาดการณ์ความต้องการใช้เครื่องมือ (Tooling) ของบริษัทกรณีศึกษา และวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อเครื่องมือ (Tooling) ที่เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการใช้งาน

4.3 วิธีการดำเนินงาน

1) การแบ่งหมวดหมู่ความต้องการสินค้าโดยการใช้ ABC Classification

จากการจำแนกมูลค่าการสั่งซื้อเครื่องมือตาม ทฤษฎี ABC Classification สามารถจัดกลุ่ม A จำนวน 25 รายการ โดยมีสัดส่วนร้อยละ 79.98 มีมูลค่าการใช้รวม 5,824,116 บาท ตามด้วยกลุ่ม B จำนวน 22 รายการ โดยมีสัดส่วนร้อยละ 14.8 มีมูลค่าการใช้รวม 1,077,959 บาท และกลุ่ม C จำนวน 68 ตัว โดยมีสัดส่วนร้อยละ 5.22 มีมูลค่า การใช้รวม 379,858 บาท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการจัดกลุ่ม แบบ ABC มูลค่าการสั่งซื้อเครื่องมือ

กลุ่ม	มูลค่าการสั่งซื้อ (บาท/ปี)	ร้อยละ	จำนวนรายการ
A	5,824,116	79.98	25
B	1,077,959	14.8	22
C	379,858	5.22	68

2) ทฤษฎีการพยากรณ์ (Forecasting)

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (VC) จากการคำนวณ พบว่า สินค้าประเภท A ทั้งหมด 25 รายการ มีค่า VC น้อยกว่า 0.25 และความต้องการแบบคงที่ ซึ่งสามารถที่จะคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อประหยัด ผู้วิจัยจึงเลือกรูปแบบการพยากรณ์ให้เหมาะสมในแต่ละข้อมูลของสินค้า และเลือกใช้การพยากรณ์ให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

3) การพยากรณ์ความต้องการสินค้า โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 21

จากการนำข้อมูลปริมาณการใช้เครื่องมือตัวอย่างกลุ่ม A มาทำการวิเคราะห์หาค่าปริมาณความต้องการสินค้า โดยใช้โปรแกรม Minitab 21 ซึ่งทำการทดลองรูปแบบวิธีในการพยากรณ์ มีทั้งหมด 4 วิธี ดังนี้

(1) วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)

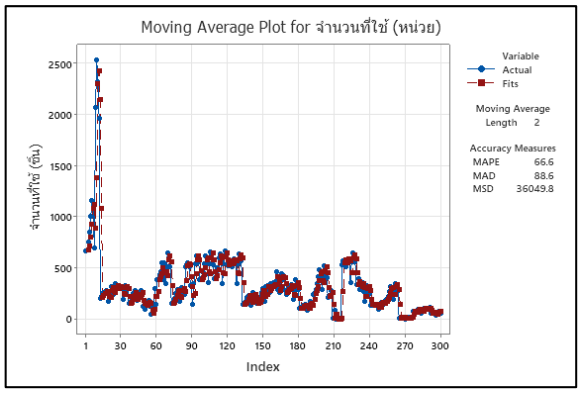
(2) วิธีเอ็กซ์โพเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing)

(3) วิธีเอ็กซ์โพเนนเชียลปรับเรียบซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing)

(4) วิธีการพยากรณ์แบบฤดูกาลแบบวินเตอร์ (Winter's Method)

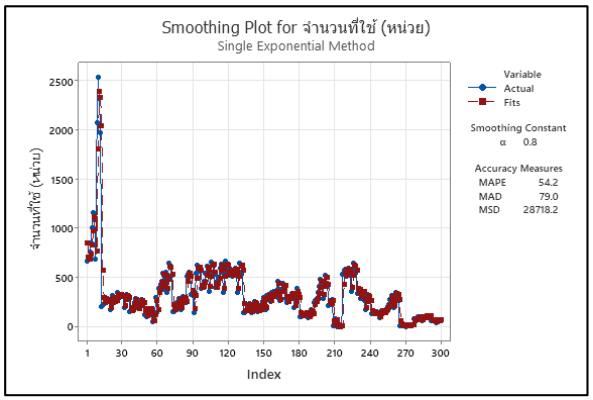
จากการประมวลของโปรแกรม สามารถแสดงผลลัพธ์ดังนี้

(1) การเลือกใช้วิธีแบบหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) ผู้วิจัยกำหนดช่วงเดือนที่ใช้ในการพยากรณ์ 2 เดือน กับ 3 เดือน และ 4 เดือน ตามลำดับ พบว่า ผลลัพธ์ของ Length เท่ากับ 2 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด จึงเป็นค่าที่เหมาะสมในการพยากรณ์ ดังรูปที่ 3



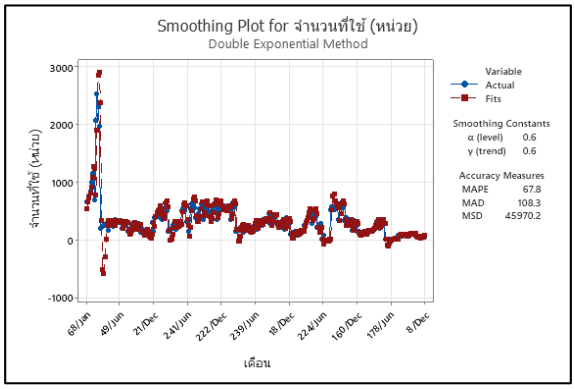
รูปที่ 3 แสดงผลลัพธ์ Moving Average Length = 2

(2) การเลือกใช้วิธีพยากรณ์ปรับเรียบแบบเอ็กโปเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) ผู้วิจัยกำหนดค่า α ที่ใช้ในการพยากรณ์เท่ากับ 0.2 กับ 0.4 และ 0.8 ตามลำดับ พบว่า ผลลัพธ์ของ α เท่ากับ 0.8 มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด จึงเป็นค่าที่เหมาะสมในการพยากรณ์ ดังรูปที่ 4



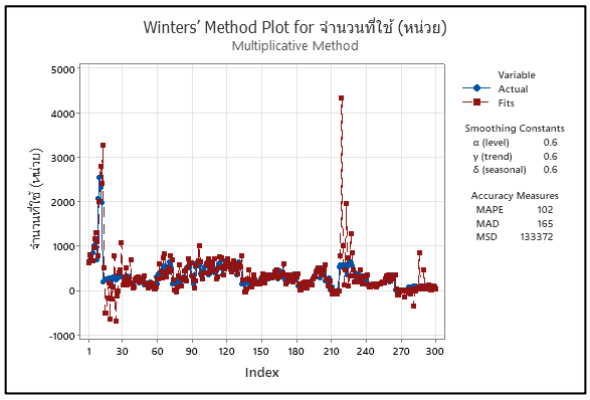
รูปที่ 4 แสดงผลลัพธ์ Single Exponential Smoothing α = 0.8

(3) การเลือกใช้วิธีพยากรณ์ปรับเรียบแบบเอ็กโปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing) ผู้วิจัยกำหนดค่า α ที่ใช้ในการพยากรณ์เท่ากับ 0.2 กับ 0.4 และ 0.6 ตามลำดับและกำหนดค่า γ ที่ใช้ในการพยากรณ์เท่ากับ 0.2 กับ 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ พบว่า ผลลัพธ์ของ α = 0.6 กับ γ = 0.6 มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด จึงเป็นค่าที่เหมาะสมในการพยากรณ์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงผลลัพธ์ Double Exponential Smoothing α=0.6, γ=0.6

(4) การเลือกใช้วิธีพยากรณ์วินเตอร์ (Winter's Method) ผู้วิจัยกำหนดค่า α ที่ใช้ในการพยากรณ์เท่ากับ 0.2 กับ 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ กำหนดค่า γ ที่ใช้ในการพยากรณ์เท่ากับ 0.2 กับ 0.4 และ 0.6 ตามลำดับและกำหนดค่า δ ที่ใช้ในการพยากรณ์เท่ากับ 0.2 กับ 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ พบว่า ผลลัพธ์ของ α=0.6, γ=0.6, δ=0.6 มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด จึงเป็นค่าที่เหมาะสมในการพยากรณ์ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงผลลัพธ์ Winter's Method α=0.6, γ=0.6, δ=0.6

เมื่อได้ข้อมูลจากการทดลองพยากรณ์แล้ว ทำการตัดสินใจเลือกรูปแบบการพยากรณ์ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล โดยพิจารณาจากการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

4) การคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

โดยการใช้ค่าคลาดเคลื่อนเป็นตัวชี้วัดความเหมาะสมและเกณฑ์ในการพิจารณา จะใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนมี 3 วิธี ดังนี้

1.Mean Absolute Percent Error (MAPE)

2.Mean Absolute Deviation (MAD)

3.Mean Squared Error (MSE)

ตารางที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

ผลลัพธ์	รูปแบบการพยากรณ์			
	Moving Average	Single Exponential Smoothing	Double Exponential Smoothing	Winter's Method
MAPE	66.6	54.2	67.8	102
MAD	88.6	79	108.3	165
MSE	36049.8	28718.2	45970.2	133372

จากตารางที่ 2 พบว่า วิธีเอ็กซ์โพเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด จึงเหมาะกับลักษณะของข้อมูลการใช้เครื่องมือมากที่สุด

5) การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity)

นำค่าที่ได้จากการพยากรณ์มาวางแผนการสั่งซื้อ เพื่อหาต้นทุนรวมสินค้าคงคลังมีจำนวนต่ำที่สุด โดยเป็นข้อมูลการสั่งซื้อของเครื่องมือกลุ่ม A แต่ละรายการ กำหนดค่าสมการในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ดังนี้

$$EOQ = \sqrt{2DA / H} \qquad (1)$$

โดยที่ D = ปริมาณความต้องการของสินค้าคงคลังต่อปี

A = ต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้ง

H = ต้นทุนเก็บรักษาสินค้าต่อหน่วยต่อปี

(1) A = ต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้าต่อหน่วยต่อปี ซึ่งกำหนดไว้ที่ 600 บาทต่อรอบการสั่งซื้อในแต่ละครั้งต่อรายการ ดังนี้

(2) H = ต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี ซึ่งกำหนดไว้ที่ 18% ของราคาต้นทุนสินค้าต่อหน่วยต่อปี

การสั่งซื้อเครื่องมือดังกล่าว ไม่มีการพิจารณาขนาดของการสั่งซื้อแต่ละรายการ (lot sizing)

6) การคำนวณหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง (Re-order Point and Safety Stock)

นำค่าที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละรายการ มาหาจุดสั่งซื้อสินค้า โดยระยะเวลาของสินค้าที่เข้ามาเติมคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาอยู่ที่ 21 วัน (LT) ซึ่งช่วงเวลานำคงที่ กำหนดค่าสมการในการหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$\mathrm{ROP} = (\mathrm{d} \times \mathrm{LT}) + \mathrm{j}(\mathrm{d} \times \mathrm{LT}) \quad (2)$$

โดยที่ D = ความต้องการสินค้าต่อปี

LT = ช่วงเวลานำ

j = ค่าจากตารางแสดง Factor สำหรับสินค้าที่มีความสำคัญในแต่ละระดับ

นำสินค้ากลุ่ม A มาคำนวณหาจุดสั่งซื้อใหม่และสินค้าคงคลังสำรอง และทำการวางแผนการสั่งซื้อ ดังนี้

(1) จากข้อมูลการใช้เครื่องมือ รหัสสินค้า 68 ซึ่งมีราคาต้นทุนต่อหน่วย 462 บาท ต้นทุนในการสั่งซื้อ (A) 600 บาทต่อครั้ง (หัวข้อ 5) มีปริมาณการใช้ต่อปี (D) เท่ากับ 14,305 หน่วย ต้นทุนการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี (H) 83.16 บาท (462 x 18%) ระยะเวลาในการนำเข้าสินค้า (LT) เท่ากับ 21 วัน บริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดลักษณะความสำคัญไว้ที่ระดับ 3 เพราะสินค้ามีความสำคัญและระยะเวลาในการสั่งสินค้าแน่นอน เมื่อเปิดตาราง Factor จึงได้ j = 0.3 โดยรายละเอียดแต่ละระดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Factor สำหรับสินค้าที่มีความสำคัญในระดับต่างๆ [9]

ระดับ	ลักษณะความสำคัญ	ค่า j
1	ไม่สำคัญ	0.1
2	ไม่สำคัญและไม่แน่นอน	0.2
3	สำคัญ	0.3
4	สำคัญและไม่แน่นอน	0.5
5	สำคัญมาก	1.0
6	สำคัญมากและไม่แน่นอน	3.0

แสดงตัวอย่างการคำนวณ รหัสสินค้า 68 ดังนี้

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ)

โดยที่ $EOQ = \sqrt{2\mathrm{DA} / \mathrm{H}}$

$= \sqrt{2\mathrm{x}14{,}305\mathrm{x}600 / 83.16}$

= 454.34 หน่วย

ดังนั้น ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) = 454 หน่วย

จำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัด

$$\frac{\mathrm{D}}{EOQ} \quad (3)$$

$= 14{,}305 / 454$ = 31.51 เท่ากับ 32 ครั้งต่อปี

รอบการสั่งซื้อ

$$\frac{\mathrm{EOQ}\ \text{จำนวนวันทำงานต่อปี}}{\mathrm{D}} \quad (4)$$

$= \frac{454.34\mathrm{x}244}{14{,}305}$ = 7.75 เท่ากับ 8 วันต่อครั้ง

จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point)

$$\mathrm{d} = (\mathrm{D} / \text{จำนวนวันทำการ}) \quad (5)$$

$= 14{,}305 / 244$ = 58.63 หน่วยต่อวัน

$$\mathrm{ROP} = (\mathrm{d} \times \mathrm{LT}) \quad (6)$$

= 58.63 x 21

= 1,231.23 หน่วย

สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock)

$$\mathrm{SS} = \mathrm{j}(\mathrm{d} \times \mathrm{LT}) \quad (7)$$

= 0.3 x 1,231.23

= 369.37 หน่วย

ดังนั้น จุดสั่งซื้อใหม่ (ROP) = 1,231.23 + 369.37

= 1,600.6 หน่วย

ปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุด (S)

$$\mathrm{S} = \mathrm{EOQ} + \mathrm{ROP} \quad (8)$$

= (454.34 + 1,600.6) = 2,054.94 หน่วย

ดังนั้น ปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุด (S) = 2,055 หน่วย

โดยทำการคำนวณสินค้ากลุ่ม A จำนวน 24 รายการ

7) การวางแผนการสั่งซื้อและการเปรียบเทียบต้นทุนรวม

นำข้อมูลที่ได้ดังกล่าว มาวางแผนการสั่งซื้อเครื่องมือเพื่อกำหนดจำนวนการสั่งซื้อทั้งหมดของสินค้าคงคลัง กลุ่ม A จำนวน 25 รายการ ทำการเปรียบเทียบข้อมูลจำนวนการสั่งซื้อและจำนวนสินค้าคงคลังระหว่างวิธีแบบเดิมและวิธีแบบใหม่ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนของวิธีการสั่งซื้อแบบเดิมและแบบใหม่ รหัส 68

รายการ	แบบเดิม	แบบใหม่
ค่าเฉลี่ยสินค้าคงคลังต่อเดือน	1,504	517
ปริมาณการสั่งซื้อทั้งหมด	20,909	14,607
จำนวนครั้งในการสั่งซื้อ (ต่อปี)	9	12
ต้นทุนการสั่งซื้อ	5,400	7,200
ต้นทุนการถือครอง	70,929	24,382
ต้นทุนรวม	76,329	31,582
ลดค่าใช้จ่าย รวมมูลค่า (บาท)		44,747

จากการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของทั้งสองวิธีการดังกล่าว พบว่า ต้นทุนรวม วิธีการแบบเดิม เท่ากับ 76,329 บาทต่อปี และวิธีการแบบใหม่ เท่ากับ 31,582 บาทต่อปี ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่าย รวมมูลค่า 44,747 จะเห็นได้ว่า ต้นทุนการถือครองมีปริมาณลดลง เนื่องจากการจัดการสินค้าคงคลังแบบเดิม จะมีระยะเวลาในการเก็บสินค้าคงคลังที่ 1.8 เดือน แต่เมื่อเรามีการจัดการสินค้าคงคลังแบบใหม่ โดยจะทำการสั่งซื้อสินค้า เมื่อสินค้าคงคลังลดระดับลงจนถึงจุดสั่งซื้อ และจะสั่งซื้อสินค้าในจำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัด ดังนั้น จึงทำให้ต้นทุนการถือครองลดลงอย่างเห็นได้ชัด และทำการเปรียบเทียบของรายการสินค้าเครื่องมือกลุ่ม A จำนวน 24 รายการ และสรุปต้นทุนรวม ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังแบบเดิมกับการจัดการสินค้าคงคลังแบบใหม่

รายการ	ต้นทุนแบบเดิม (บาท)	ต้นทุนแบบใหม่ (บาท)	ผลต่างต้นทุน (บาท)	ร้อยละ
ต้นทุนการสั่งซื้อ (บาทต่อปี)	100,800	157,800	57,000	56.55
ต้นทุนการถือครอง (บาทต่อปี)	2,042,648	1,069,377	973,271	47.65
ต้นทุนรวม (บาทต่อปี)	2,143,448	1,227,177	916,271	42.75

จากตารางที่ 5 พบว่า บริษัทกรณีศึกษาสามารถลดต้นทุนรวมในการจัดการสินค้าคงคลัง โดยคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 916,271 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 42.75 ต่อปี

5. สรุป

1. วิธีพยากรณ์ (Forecasting) ที่เหมาะสม ในการคาดการณ์ความต้องการใช้เครื่องมือ (Tooling) ของบริษัทกรณีศึกษา คือ วิธีพยากรณ์ปรับเรียบแบบเอ็กโปเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) โดยพิจารณาค่า MAPE มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด จากการพยากรณ์โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 21 โดยมีค่า MAPE เท่ากับร้อยละ 54.2

2. การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อเครื่องมือ (Tooling) ที่เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการใช้งาน การสั่งซื้อสินค้าจะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมการสั่งซื้อ รวมไปถึงการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ดังนั้น การสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่เหมาะสม จึงควรเป็นการสั่งซื้อในปริมาณที่พอเหมาะกับการใช้งาน และควรเป็นการถือครองสินค้าในปริมาณที่พอควรกับคลังสินค้า

3. ต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง ประกอบไปด้วย ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) เท่ากับ 600 บาทต่อครั้งต่อรายการ และต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (Holding Cost) คิดเป็นร้อยละ 18 ต่อปี

4. การเปรียบเทียบการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทกรณีศึกษา แบบเดิมและแบบใหม่ พบว่า ต้นทุนการสั่งซื้อเพิ่มขึ้นเป็นมูลค่า 57,000 บาทต่อปี ต้นทุนในการถือครองสินค้าคงคลัง ลดลงเป็นมูลค่า 973,271 บาทต่อปี ดังนั้น ต้นทุนรวมลดลงเป็นมูลค่า 916,271 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 42.75

5.1 ข้อจำกัด

ข้อมูลที่จะนำไปใช้ เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูล จะอยู่ในช่วงสถานการณ์ COVID-19 ผลของการพยากรณ์จึงเหมาะกับรูปแบบวิธี Single exponential Smoothing แต่ถ้าใช้ข้อมูลในสถานการณ์ปกติ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของผลการพยากรณ์เป็นรูปแบบวิธีอื่นที่เหมาะสม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การใช้โปรแกรมพยากรณ์ Minitab เข้ามาช่วยในงานวิจัยนั้น เพื่อทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าว จะช่วยวิเคราะห์ข้อมูลและเลือกค่าตัวแปรต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด

2. การนำข้อมูลไปใช้ในทางปฏิบัติ ควรปรับค่าตัวแปรสำหรับการวางแผนการสั่งซื้อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยประกอบไปด้วย ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด จุดสั่งซื้อ และปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุด เพื่อให้มีความสมดุลระหว่างปริมาณการสั่งซื้อกับปริมาณสินค้าคงคลัง ซึ่งจะทำให้สามารถสนับสนุนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงสาธารณสุข, รายงานความก้าวหน้าการให้บริการฉีดวัคซีนโควิค 19, ข้อมูลจาก https://ddc.moph.go.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 ตุลาคม 2564).

[2] นิพนธ์ โตอินทร์. 2556. การพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนสินค้าคงคลัง สำหรับสินค้าเครื่องดื่ม: กรณีศึกษา แผนกควบคุมเครื่องดื่มในโรงแรม. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต,

[3] ธัญยธรณ์ อ้นมี. 2560. การพยากรณ์และการวางแผนสร้างสต็อกสินค้า เพื่อลดปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้า: กรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์แว่นตา. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,

[4] ปภาวรา ท่อนทองมีสุข. 2562. เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการสั่งซื้อลวดทองแดงอาบน้ำยา: กรณีศึกษาธุรกิจค้าปลีก. มหาวิทยาลัยสยาม,

[5] จิราพร ภู่ทองคำ และ ถิรนันท์ ทิวาราตรีวิทย์. 2564. การพยากรณ์ความต้องการของวัตถุดิบเพื่อลดการเสียโอกาสทางการขาย กรณีศึกษา ร้าน Pizza HUK T&J, วิทยาการจัดการวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์, ปีที่ 2 ฉบับที่ 3, หน้า 21-31.

[6] รัชนี โฆษิตานนท์. 2564. การพยากรณ์ความต้องการในการสั่งซื้อและจัดการวัตถุดิบคงคลัง กรณีศึกษาบริษัทผลิตเครื่องฟอกอากาศ. มหาวิทยาลัยบูรพา,

[7] Gamze Oğcu et al. 2012. Forecasting Electricity Consumption with Neural Networks and Support Vector Regression. Elsevier.

[8] Deirdre du Toit. 2014. Decision-Making Framework for Inventory Management of Spare Parts in Capital-Intensive Industries.

[9] วิชัย รุ่งเรืองอนันต์. 2550. การบริหารสินค้าคงคลัง. กรุงเทพฯ: สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

The 5th KU SRC

Annual Conference 2022

Topic:

Hospitality and Tourism

ID032

การศึกษาบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบของ Generation X และ Generation Y ที่มีผลต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

The Study of the Big Five Personality Factors of Generation X and Generation Y Influencing Travel Decision Making in the New Normality Life

พรณัชชา วุฒิวิริยะ[1*] และ ชลลดา ทวีคูณ[2]
[1]นักวิจัยอิสระ
[2]ข้าราชการบำนาญ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[*]E-mail: pornnutcha.w@mail.com

Pornnutcha Wudhiwiriya[1*] and Chollada Taweekoon[2]
[1]Independent Scholar
[2]Retired Government Official, Faculty of Liberal Arts at Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
[*]E-mail: pornnutcha.w@mail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบและการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal ของ Generation X และ Generation Y ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ศึกษาเปรียบเทียบการตัดสินใจท่องเที่ยวตามคุณลักษณะส่วนบุคคล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบกับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal กำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบเจาะจงจำนวน 321 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test F-test ANOVA ทดสอบรายคู่ด้วยวิธี Scheffe's Method และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ผลการศึกษาพบว่า Gen X และ Gen Y มีลักษณะนิยมเดินทางท่องเที่ยวกับครอบครัว มีบุคลิกภาพแบบประนีประนอมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ชอบหาข้อมูลจากโซเชียลระหว่างการท่องเที่ยว ชอบเข้าพักโรงแรมที่สะดวกปลอดภัยมีมาตรฐานดี ชอบสถานที่ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะดึงดูดใจ สามารถควบคุมป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 ได้ตลอดการเดินทาง และสามารถหลีกเลี่ยงสถานที่แออัด เว้นระยะห่าง ล้างมือ ใส่แมสก์ตลอดการเดินทาง บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการตัดสินใจท่องเที่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงเห็นได้ว่า Gen X และ Gen Y เป็นกลุ่มคนที่มีรายได้ดี มีความพึงพอใจที่จะท่องเที่ยวรูปแบบชีวิตวิถีใหม่เป็นการสร้างความสุขโดยการท่องเที่ยวกับครอบครัวอย่างปลอดภัย ลักษณะของแหล่งท่องเที่ยวที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกมีมาตรการป้องกันทำให้เกิดความมั่นใจอยากไปท่องเที่ยว รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยวของภาครัฐ เช่น การมีโครงการเราเที่ยวด้วยกันสามารถช่วยลดภาระการใช้จ่าย อีกทั้งการได้รับปัจจัยทางสังคมและบุคคลเป็นแรงผลักทำให้เกิดพฤติกรรม New Normal ของการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นเทรนด์ท่องเที่ยวแบบใหม่หลังจากสถานการณ์โควิด-19 เริ่มคลี่คลาย

คำหลัก บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ, การตัดสินใจท่องเที่ยว, Gen X และ Gen Y, ชีวิตวิถีใหม่

Abstract

The research aims to study the Big Five Personality Factors and travel decision making in the new normality life of Generation X and Generation Y living in Bangkok and its vicinity, to compare travel decisions based on personal characteristics and to examine the relationship between the Big Five Personality Factors and travel decision making in the new normality life. The sample of 321 people were determined. The instrument used for data collection was a questionnaire. The data were analyzed using descriptive statistics including percentage, mean, standard deviation, t-test, F-test, ANOVA, Scheffe's Method, and Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient at statistically significant levels of .05 and .01. The study results show that Gen X and Gen Y prefer to travel with their families. Moreover, there was a statistically significant level of .05 in Agreeableness personality types. Tourists prefer to seek information from social media during their travels ,to stay in a hotel that is convenient, safe, and has good standards, as well as to see a destination that is both unique and attractive. Throughout the journey, they are able to control and protect themselves against COVID-19 by avoiding crowded places, maintaining a safe distance, washing their hands, and wearing masks. In addition, the Big Five Personality Factors were correlated in the same direction with travel decision making at a statistically significant level of .01. Gen X and Gen Y have healthy incomes. They are satisfied to travel in the new normality life to experience happiness by traveling safely with their family. Furthermore, Characteristics and Features of Service Distribution with facilities that have preventive measures to build tourists' trust and desire to travel. Also, the government's tourism incentives, known as We Travel Together, can decrease the burden of spending. Lastly, Personal and Social Determinants factor drive tourist behavior in the new normality, which is a new tourism trend after the COVID-19 situation began to unfold.

Keywords: The Big Five Personality Factors, Travel Decision, Gen X and Gen Y, New Normal

1. บทนำ

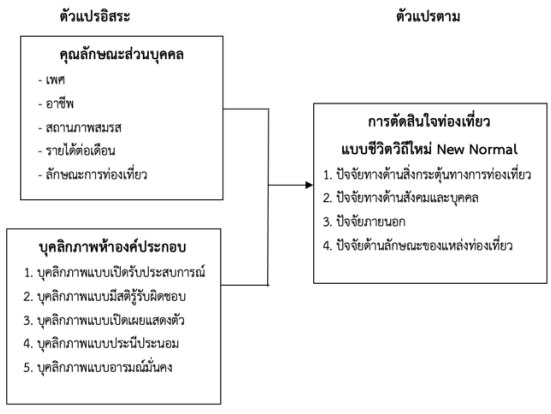
ประเทศไทยกำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลก (Sustainable Development Goals: SDGs) เพื่อให้ประเทศไทยไปสู่การมีเศรษฐกิจเติบโต สังคมก้าวหน้า ควบคู่ไปกับการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลเป็นการท่องเที่ยวที่เน้นคุณค่า มีความยั่งยืน [1] แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 3 ให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงและความเสี่ยงทุกรูปแบบ เพื่อให้เข้าใจและสามารถปรับตัวให้เข้ากับบริบทของการท่องเที่ยววิถีใหม่ (New Normal) สถานการณ์โควิด-19 ทำให้เทรนด์การท่องเที่ยวเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เช่น ท่องเที่ยวในพื้นที่หรือในระยะใกล้ๆ ใส่ใจในด้านความสะอาดและความปลอดภัย หลีกเลี่ยงความแออัดและอยู่กับธรรมชาติที่ยั่งยืน [2] บุคลิกภาพของนักท่องเที่ยวมีอิทธิพลต่อการท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก แนวคิดบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบของคอสตาและแมคเคร (1992) [3] กล่าวว่าบุคคลจะแสดงพฤติกรรมและตัดสินใจตามแนวคิดของตนในสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ ได้แก่ บุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ บุคลิกภาพแบบมีสติรู้รับผิดชอบ บุคลิกภาพแบบเปิดเผยแสดงตัว บุคลิกภาพแบบประนีประนอม และบุคลิกภาพแบบอารมณ์มั่นคง ไลฟ์สไตล์และรูปแบบการท่องเที่ยวของคนเจนเนอเรชั่น X (Gen X) อายุ 41-56 ปีและเจนเนอเรชั่นวาย (Gen Y) อายุ 25-40 ปี มีพฤติกรรมและลักษณะนิสัย ชอบทำอะไรง่ายๆ ไม่ต้องเป็นทางการ เน้นครอบครัว มีลักษณะเที่ยวเพื่อการพักผ่อน และเพื่อเพิ่มประสบการณ์การเดินทางสำรวจสถานที่ท่องเที่ยวแปลกใหม่

ใช้ Social Media ในการวางแผนการเที่ยว ลักษณะพิเศษของคนกลุ่ม Gen X และ Gen Y มีนิสัยชอบเปิดรับประสบการณ์ รักอิสระ มีกำลังซื้อสูง มีความมั่นใจสูงในการปฏิบัติตนดูแลตนเองให้ปลอดภัยได้ กระทรวงสาธารณสุขแจ้งว่าการขับเคลื่อนโรคโควิด-19 สู่โรคประจำถิ่นและการเตรียมจะเปิดประเทศ 1 กรกฎาคม 2565 ประเทศไทยจะไม่มีการระบาดใหญ่ เป็นช่วงที่โรคลดความรุนแรงลงและระบบสาธารณสุขสามารถรองรับได้ [4] จึงเป็นช่วงเวลาการท่องเที่ยวที่น่าสนใจศึกษาเป็นอย่างยิ่ง ผลการศึกษานี้จะทำให้ทราบข้อมูลคุณลักษณะบุคลิกภาพของกลุ่ม Gen X และ Gen Y ที่มีต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวในแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบและการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal ของ Gen X และ Gen Y ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบของ Gen X และ Gen Y ตามปัจจัยคุณลักษณะส่วนบุคคล
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบกับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal ของ Gen X และ Gen Y

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมไทยกับการท่องเที่ยว

องค์กรการท่องเที่ยวโลก (UNWTO) ให้ข้อมูลการระบาดครั้งใหญ่ของโควิด-19 ทั่วโลกส่งผลต่อการท่องเที่ยวระหว่างประเทศทำให้ GDP โลกลดลงไปมากกว่า 4 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ ในช่วงระหว่างปี 2563 – 2564 การฟื้นตัวของภาคการท่องเที่ยวส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการรับวัคซีน โควิด-19 ทั่วโลก คาดว่าเศรษฐกิจไทยอาจต้องใช้เวลา 3 ปีในการฟื้นตัวเนื่องจากอุตสาหกรรมท่องเที่ยวและบริการเป็นตัวขับเคลื่อนหลักของเศรษฐกิจไทย [5] กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กล่าวถึงจังหวัดภูเก็ต กรุงเทพมหานคร และชลบุรีได้รับผลกระทบจากการลดลงของนักท่องเที่ยวที่มีผลจากการระบาดของ COVID-19 เนื่องจากมีสัดส่วนนักท่องเที่ยวต่างชาติจำนวนมาก ธุรกิจที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ ธุรกิจนันทนาการ ธุรกิจนำเที่ยว ธุรกิจอาหารและเครื่องดื่ม ธุรกิจจำหน่ายสินค้าและของที่ระลึก ธุรกิจโรงแรมที่พักและธุรกิจการขนส่ง แม้ว่าจะได้รับการเยียวยาและฟื้นฟูจากภาครัฐก็ตาม [6] จากข้อมูลของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ข้อมูลไตรมาสแรกของปี 2565 ธุรกิจที่พักแรมและบริการด้านอาหารมีรายรับจากนักท่องเที่ยวชาวไทยขยายตัวครั้งแรกในรอบ 11 ไตรมาส ถือเป็นการกลับมาของการท่องเที่ยวภายในประเทศ เป็นผลมาจากการส่งเสริมและกระตุ้นการท่องเที่ยวภายในประเทศ เช่น โครงการเราเที่ยวด้วยกัน โครงการเที่ยวปันสุข เป็นต้น การผ่อนคลายมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 การกระจายวัคซีน และเปิดรับนักท่องเที่ยวต่างประเทศ มีการผ่อนคลายมาตรการเดินทางเข้าออกนอกประเทศของหลายประเทศทั่วโลก [7]

3.2 แนวคิดบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ

บุคลิกภาพ เป็นคุณลักษณะส่วนรวมประจำตัวของบุคคลที่แตกต่างจากบุคคลอื่นซึ่งมีแบบฉบับเป็นของตัวเอง คอสตาและแมคเครได้พัฒนาแนวคิดบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ ดังนี้ 1) บุคลิกภาพแบบหวั่นไหว (Neuroticism) มีความวิตกกังวลตลอดเวลา โกรธง่าย รู้สึกผิดบ่อย ๆ 2) แบบแสดงตัว (Extraversion) ชอบพูดคุย ชอบสังคมรักสนุก 3) แบบเปิดกว้าง (Openness) กล้าแสดงออก มีจินตนาการ ภาพพจน์

4) แบบประนีประนอม (Agreeableness) ดูอบอุ่น น่าไว้ใจ ให้ความร่วมมือ 5) แบบมีจิตสำนึก (Conscientiousness) ทำอะไรมีจุดมุ่งหมาย มีคุณธรรม จริยธรรม มีความรับผิดชอบ [8] สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้องค์ประกอบบุคลิกภาพแบบอารมณ์มั่นคงแทนบุคลิกภาพแบบหวั่นไหว ตามแนวคิดของนพมาศ อุ้งพระ ที่ให้คำจำกัดความว่า คนเป็นโรคประสาทหรือมีอารมณ์หวั่นไหวง่ายคือคนที่มีอารมณ์ไม่มั่นคง บ้างก็มีความกลัวแบบไร้เหตุผล ส่วนใหญ่จะร้อนรนใจเกินกว่าที่น่าจะเป็น [9] ลักษณะการปรับตัวของบุคคลจะแตกต่างกันไป บางคนเป๋ไปทางมั่นคง ผ่อนคลาย หนักแน่น สงบ ในขณะที่บางคนอาจหงุดหงิดง่าย ไม่ผ่อนคลาย ถูกกระตุ้นง่าย นักจิตวิทยาเชื่อว่าคนปกติไม่มีลักษณะเป๋ไปอย่างสุดขั้วจะไต่อยู่ระดับกลางๆ มีลักษณะนิสัยเป็นผู้ที่มั่นคงทางอารมณ์ [10] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประไพพรรณ ศรีปาน กล่าวว่า บุคลิกภาพแบบไม่มั่นคงทางอารมณ์ หมายถึงผู้ที่มีความวิตกกังวล โกรธง่าย อารมณ์เปราะบาง ผู้ที่มีคะแนนต่ำในบุคลิกภาพแบบไม่มั่นคงทางอารมณ์ คือคนที่มีอารมณ์มั่นคงเป็นผู้ที่มีลักษณะยืดหยุ่น (Resilient) มีประสบการณ์ชีวิตในระดับของความมีเหตุผลมากกว่าคนส่วนใหญ่ จะกังวลต่อสิ่งเร้าเพียงเล็กน้อย ต้องมีสิ่งเร้าปริมาณมากพอที่จะทำให้รู้สึกกังวลใจ [11] ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้คำคุณสมบัติตรงกันข้ามของบุคลิกภาพแบบไม่มั่นคงทางอารมณ์ คือ บุคลิกภาพแบบอารมณ์มั่นคง (Emotional Stability) เพื่อให้เป็นบุคลิกภาพเชิงบวกและมีความสอดคล้องกับบุคลิกภาพแบบห้าองค์ประกอบอื่นๆ อีก 4 แบบซึ่งเป็นแบบบุคลิกภาพเชิงบวกทั้งหมด

3.3 แนวคิดการตัดสินใจท่องเที่ยวของ Gen X และ Gen Y แบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

ปัจจัยที่กำหนดความต้องการเดินทางท่องเที่ยว ได้แก่ ความเจริญทางเศรษฐกิจ ค่าใช้จ่ายและรายได้ ไลฟ์สไตล์และการเลียนแบบ ระยะเวลาและฤดูกาล การพัฒนาการตลาดของแหล่งท่องเที่ยว สื่อมวลชน และนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวของรัฐ [12] ผลการศึกษาพฤติกรรมการใช้สื่ออินเตอร์เน็ตของนักท่องเที่ยวชาวไทยพบว่า นักท่องเที่ยวรู้จักแหล่งท่องเที่ยว ค้นหาข้อมูล และเล่าประสบการณ์การท่องเที่ยวผ่านสื่อโซเชียล (Facebook) รวมถึงการจองและชำระเงินผ่านเว็บไซต์ของโรงแรมโดยตรง [13] ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้สื่อโซเชียลมีเดียในการตัดสินใจเดินทาง แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) ก่อนเดินทาง (Pre-trip) 2) ระหว่างเดินทาง (During-trip) และ 3) สิ้นสุดการเดินทาง (Post-trip) [14] โมเดลกระบวนการการตัดสินใจเลือกแหล่งท่องเที่ยวของซโมลล์ [15] ประกอบด้วยมิติ 4 ด้านที่จะส่งผลต่อการตัดสินใจขั้นสุดท้าย ได้แก่ มิติที่ 1 สิ่งเร้าทางการท่องเที่ยว มิติที่ 2 ปัจจัยทางสังคมและปัจจัยส่วนบุคคล มิติที่ 3 ตัวแปรภายนอก และมิติที่ 4 คุณลักษณะต่างๆ ของแหล่งท่องเที่ยว The American Heritage Dictionary กล่าวว่า เจนเนอเรชั่น (Generation) คือ กลุ่มคนรุ่นราวคราวเดียวกัน [16] ผู้ซึ่งมีประสบการณ์จากเหตุการณ์หรือสภาพแวดล้อมคล้ายๆ กันในสังคมหนึ่ง ประสบการณ์ได้หล่อหลอมให้เกิดเอกลักษณ์ ทัศนคติและพฤติกรรมร่วมกันในกลุ่มคนรุ่นเดียวกัน [17] กลุ่ม Gen X เป็นกลุ่มคนที่ทำงานเพื่อการมีชีวิต ต้องการความสมดุลในชีวิตมีความคุ้นเคยและไม่กลัวความเปลี่ยนแปลง [18] เป็นกลุ่มคนที่เกิดในช่วง พ.ศ.2508-2523 อายุตั้งแต่ 41-56 ปี เกิดในยุคที่มีความมั่งคั่ง มีความเชื่อมั่นในตนเอง ไม่ชอบพึ่งพาใคร รักอิสระ ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี [19] มีค่านิยมและทัศนคติชอบช่วยเหลือผู้อื่น ให้ความสำคัญเรื่องงานกับการท่องเที่ยวเพื่อการพักผ่อน มีอำนาจในการซื้อสูงมากพร้อมใช้จ่ายแพงถ้าถูกใจ และคนกลุ่มนี้มีแนวโน้มว่าจะอยู่เป็นโสดมากขึ้น [20] กลุ่มประชากร Gen Y คือผู้ที่เกิดในช่วงปี พ.ศ. 2524–2539 มีอายุระหว่าง 25-40 ปี Gen Y มีทัศนคติและแนวทางการดำเนินชีวิตแตกต่างจากคนรุ่นก่อนอย่างชัดเจน คือ มีความทะเยอทะยานมุ่งมั่นสู่ความก้าวหน้าในอาชีพ มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว กล้าแสดงออก มั่นใจในตนเอง ใช้เทคโนโลยีชอบความสะดวกรวดเร็ว มีความเชื่อเรื่อง work life balance ต้องการทำงานไป เที่ยวไป ชอบเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ชอบเล่าเรื่องการใช้ชีวิตการท่องเที่ยวผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เป็นกลุ่มที่มีรายได้และกำลังซื้อสูง กล้าใช้เงินไปกับการท่องเที่ยวกินดื่มราคาแพง กล้าได้กล้าเสีย [21] ชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) เป็นวิธีคิด เรียนรู้ สื่อสาร วิธีปฏิบัติและการจัดการการใช้ชีวิตแบบใหม่เกิดขึ้นหลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่และรุนแรงอย่างใดอย่างหนึ่ง ทำให้มนุษย์ต้องปรับตัวเพื่อรับมือกับสถานการณ์ปัจจุบันมากกว่า

จะธำรงรักษาวิถีดั้งเดิมหรือหวนหาถึงอดีต [22] รัฐบาลมีมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของโรค มีการปิดพื้นที่เพื่อป้องกันการเคลื่อนย้ายคน (Lockdown) ใส่หน้ากากและเว้นระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) มีการเตรียมการเพื่อขับเคลื่อนกลยุทธ์ให้ตอบสนองพฤติกรรมการท่องเที่ยวแบบวิถีปกติใหม่ ยกระดับสุขอนามัยของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวควบคู่กับมาตรฐานทางสาธารณสุข [23] เช่น มาตรการปลอดภัยสำหรับสถานประกอบการ (COVID-free Setting) การใช้มาตรฐาน SHA Plus เป็นสัญลักษณ์ใหม่แสดงถึงความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจให้กับนักท่องเที่ยว

สมมติฐานการวิจัย

1. คุณลักษณะส่วนบุคคลของ Gen X และ Gen Y ด้านเพศ อาชีพ สถานภาพสมรส รายได้ต่อเดือน ลักษณะการท่องเที่ยวที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่แตกต่างกัน

2. บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ของ Gen X และ Gen Y

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ประชากรที่ศึกษาคือกลุ่มตัวอย่าง Generation X (อายุ 41-56 ปี) และ Generation Y (อายุ 25-40 ปี) ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษาเป็นประชากรที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง [24]

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้ารวบรวมแหล่งข้อมูลต่างๆ กลุ่ม Gen X และ Gen Y และจัดทำแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร สร้างแบบสอบถาม 2 ส่วนคือ 1) แบบสอบถามบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบมีข้อคำถามจำนวน 25 ข้อ 5 แบบ ได้แก่ บุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ มีสติรู้รับผิดชอบ เปิดเผยแสดงตัว ประนีประนอม และอารมณ์มั่นคง 2) แบบสอบถามการตัดสินใจท่องเที่ยวฯ มีข้อคำถาม 16 ข้อ 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว ปัจจัยด้านสังคมและบุคคล ปัจจัยภายนอก และปัจจัยด้านลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว แบบสอบถามทั้งสองฉบับเป็นข้อคำถามเชิงบวกทั้งหมดใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด กำหนดการให้คะแนนระดับการแปลผลความคิดเห็นเป็น 3 ระดับ คือ ความคิดเห็นระดับน้อย ปานกลาง และมาก โดยมีคำถามคัดกรองผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็น Gen X และ Gen Y ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลตามขอบเขตของการวิจัย

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่าง Gen X และ Gen Y กลุ่มละ 150 คน รวม 300 คน แจกแบบสอบถามโดยผ่าน Google Form แบบสอบถามได้รับการตอบกลับเป็น Gen X 157 คน และ Gen Y 164 คน แบบสอบถามมีความสมบูรณ์จึงใช้แบบสอบถามทั้งหมดรวม 321 คน ใช้ระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน 2565

4.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลแบบสอบถามบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบและแบบสอบถามการตัดสินใจท่องเที่ยวฯ มีค่าความเชื่อมั่นรายข้อและทั้งฉบับอยู่ที่ .923 และ .928 ตามลำดับ ใช้สถิติวิเคราะห์ด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างด้วย t-test และ F-test วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยสถิติ ANOVA ทดสอบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe's Method และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะส่วนบุคคล

คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง Gen X และ Gen Y ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 214 คน (ร้อยละ 66.7) อาชีพพนักงานบริษัทเอกชนจำนวน 95 คน (ร้อยละ 29.6) สถานภาพโสดจำนวน 188 คน (ร้อยละ 58.6) มีรายได้ต่อ

เดือน 15,001 – 25,000 บาท จำนวน 70 คน (ร้อยละ 24) และมีลักษณะการท่องเที่ยวเดินทางท่องเที่ยวกับครอบครัว จำนวน 149 คน (ร้อยละ 46.4)

5.2 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็น

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลผลความเห็นเกี่ยวกับบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ

รายด้านแบบบุคลิกภาพ	$\bar{x}$	ระดับความคิดเห็น
เปิดรับประสบการณ์	4.13	มาก
มีสติรู้รับผิดชอบ	4.09	มาก
เปิดเผยแสดงตัว	3.85	มาก
ประนีประนอม	4.22	มาก
อารมณ์มั่นคง	3.90	มาก
ภาพรวม	4.04	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า Gen X และ Gen Y มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.04) แบบบุคลิกภาพที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ แบบประนีประนอม ($\bar{x}$= 4.22) รองลงมาคือแบบเปิดรับประสบการณ์ ($\bar{x}$= 4.13) ถัดมาคือแบบมีสติรู้รับผิดชอบ ($\bar{x}$= 4.09) แบบอารมณ์มั่นคง ($\bar{x}$= 3.90) และแบบเปิดเผยแสดงตัว ($\bar{x}$= 3.85) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลผลความคิดเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

รายด้านการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal	$\bar{x}$	ระดับความคิดเห็น
ปัจจัยสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว	3.93	มาก
ปัจจัยด้านสังคมและบุคคล	4.38	มาก
ปัจจัยภายนอก	4.10	มาก
ปัจจัยลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว	4.36	มาก
ภาพรวม	4.19	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า Gen X และ Gen Y มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.19) ปัจจัยการตัดสินใจท่องเที่ยวฯ ที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านสังคมและบุคคล ($\bar{x}$= 4.38) รองลงมาคือลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว ($\bar{x}$= 4.36) ถัดมาคือปัจจัยภายนอก ($\bar{x}$= 4.10) และสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว ($\bar{x}$= 3.93) ตามลำดับ

5.3 ผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1 Gen X และ Gen Y ที่มีคุณลักษณะส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบความคิดเห็นการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal จำแนกตามเพศ (t-test)

การตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal	เพศ		t	p-value
	ชาย	หญิง		
	$\bar{x}$	$\bar{x}$		
(ด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว)	3.82	3.99	2.037	.042*
(ด้านสังคมและบุคคล)	4.22	4.45	2.948	.003*
(ด้านปัจจัยภายนอก)	4.10	4.10	.016	.987
(ด้านลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว)	4.36	4.35	.056	.955

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 ทดสอบสมมติฐาน Gen X และ Gen Y ที่มีเพศแตกต่างกันมีการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal ในด้านปัจจัยด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว และปัจจัยด้านสังคมและบุคคลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบความคิดเห็นการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal จำแนกตามคุณลักษณะส่วนบุคคล (One-way ANOVA: F-test)

คุณลักษณะส่วนบุคคล	F	P-value
อาชีพ (ด้านสังคมและบุคคล)	2.320	.043*
สถานภาพสมรส (ด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว)	3.215	.041*
รายได้ต่อเดือน		
(ด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว)	4.175	.001*
(ด้านลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว)	2.954	.013*

ลักษณะการท่องเที่ยว		
(ด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว)	3.653	.013*
(ด้านสังคมและบุคคล)	6.461	.000*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า Gen X และ Gen Y ที่มีอาชีพ สถานภาพสมรส รายได้ต่อเดือน ลักษณะการท่องเที่ยวต่างกันมีการตัดสินใจท่องเที่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบกับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

สมมติฐานที่ 2 บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์ของบุคลิกห้าองค์ประกอบกับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

แบบบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ	การตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal		
	r	Sig	ลำดับ
เปิดรับประสบการณ์	.449**	.000	5
มีสติรู้รับผิดชอบ	.556**	.000	2
เปิดเผยแสดงตัว	.452**	.000	4
ประนีประนอม	.615**	.000	1
อารมณ์มั่นคง	.525**	.000	3

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 5 พบว่าผลการทดสอบความสัมพันธ์ของบุคลิกห้าองค์ประกอบกับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient) พบว่า บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบของ Gen X และ Gen Y มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มากที่สุด คือ แบบประนีประนอม (r= .615) แบบมีสติรู้รับผิดชอบ (r= .556) แบบอารมณ์มั่นคง (r= .525) แบบเปิดเผยแสดงตัว (r= .452) และแบบเปิดรับประสบการณ์ (r= .449) ตามลำดับ

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 คุณลักษณะส่วนบุคคลของ Gen X และ Gen Y

ทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง Gen X และ Gen Y ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงที่มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน สถานภาพโสด มีรายได้ต่อเดือน 15,001 – 25,000 บาท และมีลักษณะการท่องเที่ยวนิยมเดินทางท่องเที่ยวกับครอบครัว มีคะแนนระดับสูงในด้านปัจจัยด้านสังคมและบุคคล ด้านลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว ด้านปัจจัยภายนอก และด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยวตามลำดับ จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่ากลุ่ม Gen X และ Gen Y ที่มีเพศ อาชีพ สถานภาพสมรส รายได้ต่อเดือน และลักษณะการท่องเที่ยวส่งผลต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว ด้านสังคมและบุคคล และด้านลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรียา แก้วชู ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการท่องเที่ยวแบบ New Normal หลังการแพร่ระบาดโควิด-19 พบว่าเพศ สถานภาพสมรส และอาชีพที่ต่างกันมีการตัดสินใจท่องเที่ยวต่างกัน [23] เป็นไปได้ว่ากลุ่ม Gen X และ Gen Y เป็นผู้ที่มีหน้าที่การงานที่มั่นคง มีรายได้ค่อนข้างสูง ทำให้มีความรับผิดชอบและให้คุณค่าการใช้ชีวิตของคนในครอบครัว มีการหาข้อมูลการท่องเที่ยวก่อนการตัดสินใจท่องเที่ยวจากสื่อออนไลน์หรือสอบถามจากบุคคลทางโซเชียลเพื่อแลกประสบการณ์การท่องเที่ยวใหม่ๆ โดยชอบเข้าพักโรงแรมที่สะดวกสบาย ปลอดภัยและมีมาตรฐานดี [19]

6.2 บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ

ผลการศึกษาด้านบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ ลักษณะนิสัยของกลุ่ม Gen X และ Gen Y ให้ความสำคัญกับด้านบุคลิกภาพแบบประนีประนอม เรียงลำดับรายข้อพบว่าให้ความเห็นว่าตนเป็นคนสุภาพอ่อนน้อมถ่อมตน ชอบช่วยเหลือ เป็นคนเปิดเผย ห่วงใยความรู้สึกผู้อื่น รวมทั้งสามารถผ่อนปรนปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ของส่วนรวมได้ ซึ่งเป็นบุคลิกภาพของคนที่มีสถานะความรู้คิดเชิงบวก บุคลิกภาพลักษณะพิเศษของคนกลุ่ม Gen X และ Gen Y มีอุปนิสัยและการตัดสินใจที่จะแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อมที่เผชิญจากข้อมูลงานวิจัยของ ชนิสรา กุลสันติวงศ์ กล่าวว่า

นักท่องเที่ยว Gen Y มีรสนิยมการท่องเที่ยวที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ บางคนไม่ได้เดินทางท่องเที่ยวเพราะความสวยงามของสถานที่ท่องเที่ยว แต่มีจุดประสงค์อื่นที่ต่างออกไป เช่น การพักผ่อน การออกไปสัมผัสประสบการณ์แปลกใหม่ การสังสรรค์กับเพื่อนหรือครอบครัว มีการสำรวจว่าคน Gen Y จะเป็นกลุ่มแรกที่พร้อมออกเดินทางมากที่สุดหลังสถานการณ์โควิด-19 เริ่มคลี่คลายลง [25] ดังนั้นจะเห็นได้ว่าลักษณะของนักท่องเที่ยวกลุ่ม Gen X และ Gen Y มีนิสัยชอบออกท่องเที่ยว ชอบแสดงตัวและเปิดรับประสบการณ์ชอบการเปลี่ยนแปลง รักอิสระ มีกำลังซื้อสูง มีความมั่นใจในการปฏิบัติตนดูแลตนเองและคนใกล้ชิดให้ปลอดภัยได้แม้ในขณะที่ยังมีโรคระบาดโควิด-19

6.3 การตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า การตัดสินใจท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ กลุ่ม Gen X และ Gen Y ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านสิ่งกระตุ้นทางการท่องเที่ยว โดยชอบหาข้อมูลจากโซเชียลระหว่างการท่องเที่ยว ปัจจัยด้านสังคมและบุคคล พบว่าชอบเข้าพักโรงแรมที่สะดวกปลอดภัยมีมาตรฐานดี ปัจจัยภายนอก ชอบสถานที่ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะดึงดูดใจ สามารถควบคุมป้องกันตนเองจากโรคโดวิด-19 ได้ตลอดการเดินทาง และด้านลักษณะของแหล่งท่องเที่ยว สามารถหลีกเลี่ยงสถานที่แออัด เว้นระยะห่าง ล้างมือใส่แมสก์ตลอดการเดินทาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจพฤติกรรมของ Gen X และ Gen Y พบว่ากลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์โควิด-19 แต่สามารถปรับตัวได้ดีที่สุด คือ กลุ่ม Gen X และกลุ่มที่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตมากที่สุด คือ กลุ่ม Gen Y [26] ดังเห็นได้จาก 3 พฤติกรรม New Normal ของการท่องเที่ยวในประเทศหลังวิกฤตโควิด-19 คือ การเที่ยวในประเทศ การเที่ยวใกล้ๆ สามารถขับรถไปได้ และคนไม่พลุกพล่าน [27]

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งนี้

ภาคอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและผู้เกี่ยวข้องต้องร่วมมือ มองหาโอกาสตลาดใหม่และรักษาฐานลูกค้าเดิม วางแผนการบริหารจัดการการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนภายใต้บริบทของความปกติใหม่ (New Normal) ให้ความปลอดภัยในการท่องเที่ยว เสริมสร้างความมั่นใจและความเชื่อมั่นในการท่องเที่ยวไทย ด้วยการให้ความรู้อย่างทั่วถึงโดยผ่านสื่อประชาสัมพันธ์ต่างๆ รวมทั้งช่องทางโซเชียลมีเดียเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวที่มีมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านสาธารณสุข ลักษณะของแหล่งท่องเที่ยวที่ดึงดูดใจ อาจมีการพัฒนานำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้เพื่อตอบสนองพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่เปลี่ยนไป เช่น แอปพลิเคชันแจ้งเตือนจำนวนคนในสถานที่นั้นๆ เพื่อหลีกเลี่ยงความแออัด เนื่องจากการให้บริการท่องเที่ยวที่มีมาตรการเข้มงวดมีความจำเป็นต่อการท่องเที่ยวแบบชีวิตวิถีใหม่ New Normal

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มประชากรที่เป็น Gen X และ Gen Y ในลักษณะภาพรวมเนื่องจากมีลักษณะบุคลิกภาพบางอย่างคล้ายคลึงกันมากกว่ากลุ่มอื่นๆ การวิจัยครั้งต่อไปควรขยายการศึกษาโดยแยกศึกษาแต่ละกลุ่มเจนเนอเรชั่น หรืออาจศึกษาทุกเจนเนอเรชั่นในด้านอื่นๆ เพื่อทราบความแตกต่าง ความต้องการ และพัฒนาส่งเสริมให้การท่องเที่ยวเป็นโอกาสสำหรับทุกคน

2. ควรศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพร่วมด้วย เพื่อให้เกิดการรับรู้ปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลต่อการตัดสินใจเดินทางท่องเที่ยวในมุมมองต่างๆ ที่หลากหลายมากขึ้น และเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกตรงประเด็นที่น่าสนใจซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว

เอกสารอ้างอิง

[1] ดนุชา พิชยนันท์. 2564. ส่อง ‘แผนพัฒนาฯ 13’ ฉบับยกร่าง 5 เป้าหมายพลิกโฉมเศรษฐกิจไทยใน 5 ปี, ข้อมูลจาก https://www.bangkokbiznews.com/business/976683 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 เมษายน 2565).

[2] สยามรัฐออนไลน์. 2564. เปิดแผนพัฒนาท่องเที่ยวแห่งชาติฉบับที่ 3 เข็มทิศนำทางอุตสาหกรรมท่องเที่ยว, ข้อมูลจาก https://siamrath.co.th/n/277098 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 เมษายน 2565).

[3] Costa.P.T. & McCrae.R.R. 1992. Revised NEO personality inventory (NEO-PI-R) and NEO five-

factor inventory (NEO-FFI) professional manual, Psychological Assessment Resources.

[4] สำนักข่าว Hfocus. 2565. โควิดไทยเข้าสู่ระยะหลังการระบาดใหญ่ 1 ก.ค.นี้ ส่วนโรคประจำถิ่น ต้องรอองค์การอนามัยโลก, ข้อมูลจาก http://shorturl.at/hLSW3 (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มิถุนายน 2565).

[5] ณัฏฐิกฤติ นิธิประภา. 2564. บทวิเคราะห์สถานการณ์ MSME สาขาธุรกิจท่องเที่ยวปี 2564 และแนวโน้มปี 2565, ข้อมูลจาก https://www.sme.go.th/upload/mod_download/download-20211012232619.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 เมษายน 2565).

[6] กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม. 2564. Covid-19 ต่อภาคการท่องเที่ยวไทย ผลกระทบและแนวทางการแก้ปัญหา, ข้อมูลจาก https://www.mots.go./download/BannerLink/PBVol01Covid_DigitalEd.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 เมษายน 2565).

[7] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2565. เศรษฐกิจไทยไตรมาสแรกของปี 2565 และแนวโน้มปี 2565, ข้อมูลจาก https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=12563&filename=QGDP_report (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 เมษายน 2565).

[8] นันทิมา นาคาพงศ์. 2559. การสร้างและพัฒนาแบบวัดบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบหลัก สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา. ในรายงานวิจัย สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

[9] นพมาศ อุ้งพระ. 2546. ทฤษฎีบุคลิกภาพและการปรับตัว. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพ.

[10] ศรีเรือน แก้วกังวาล. 2554. ทฤษฎีจิตวิทยาบุคลิกภาพ รู้เรารู้เขา. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพ.

[11] ประไพพรรณ ศรีปาน. 2555. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพ 5 องค์ประกอบกับประสิทธิผลในการทำงานของพนักงาน ธนาคารทิสโก้ จำกัด (มหาชน) ส่วนงานควบคุมและบริหารสินเชื่อรายย่อย. ในสารนิพนธ์ การจัดการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพ.

[12] กฤช เตชะประเสริฐ. 2556. พฤติกรรมการท่องเที่ยวของกลุ่มชายรักชาย(เกย์) ที่อาศัยในเขตจังหวัดขอนแก่น, รายงานการศึกษาอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, ข้อมูลจาก http://mslib.kku.ac.th/elib/multim/books/Tourism2556.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 พฤษภาคม 2565).

[13] วันทิกา หิรัญเทศ. 2561. พฤติกรรมการใช้สื่ออินเทอร์เน็ตเพื่อการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางท่องเที่ยว จังหวัดอุบลราชธานี, วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์. ฉบับเสริม, หน้า 76-90.

[14] Briandana Rizki & Dwityas Nindyta Aisyah. 2017. Social Media in Travel Decision Making Process. International Journal of Humanities and Social Science. Volume 7 Number 7, page 193-102.

[15] เลิศพร ภาระสกุล. 2559. พฤติกรรมนักท่องเที่ยว, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[16] The American Heritage Dictionary. 2022. Dictionary of the English, ข้อมูลจาก https://ahdictionary.com/word/search.html?q=generation (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 เมษายน 2565).

[17] Glass, A. 2007. Understanding generational differences for competitive success, Industrial and Commercial Training, Volume 39 Number 2, page 98-103.

[18] Zemke R., Raines C. & Filipczack B. (2000). Generations at work: Managing in clash of veterans, booms, xers and nexters in your workplace. New York: AMACOM.

[19] สิริชัย อุ่นอกพันธุ์. 2563. ทัศนคติและพฤติกรรมการท่องเที่ยว การศึกษาความแตกต่างระหว่างนักท่องเที่ยว Generation X และ Generation Y. ในสารนิพนธ์ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.

[20] Nattapon Muqngtum. 2020. Insight ทุก Generation 2021 ตั้งแต่ Baby Boomer, Gen X, Gen Y, Gen Z ถึง Alpha, ข้อมูลจาก https://www.

everydaymarketing.co/trend-insight/insight-all-generation-2021 (วันที่สืบค้นข้อมูล 7 พฤษภาคม 2565).

[21] วนิดา เลิศพิพัฒนานนท์. 2562. รูปแบบพฤติกรรมและแรงจูงใจในการท่องเที่ยวของคนไทย Gen Y. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยสยาม.

[22] ข่าวไทยพีบีเอส. 2563. รู้จัก “New Normal” ฉบับราชบัณฑิตยสภา, ข้อมูลจาก https://news.thaipbs.or.th/content/292126 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 เมษายน 2565).

[23] พัชรียา แก้วชู. ม.ป.ป. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการท่องเที่ยวแบบ New Normal หลังการแพร่ระบาดโควิด-19. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[24] ยุทธ ไกยวรรณ์ และ กมลพรรณ ไกยวรรณ์. 2562. ระเบียบวิธีวิจัยทางด้านการโรงแรมและการท่องเที่ยว, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[25] ชนิสรา กุลสันติวงศ์. 2564. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเดินทางท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย Generation Y หลังโรคระบาดโควิด-19, ในสารนิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, กรุงเทพ.

[26] บริษัท ฟาร์อีสท์ เฟมไลน์ ดีดีบี จำกัด (มหาชน). 2563. เผย Insight “พฤติกรรมคนไทย” 4 เจเนอเรชั่นที่เปลี่ยนไปจากโควิด-19 ที่แบรนด์ต้องรู้เพื่อปรับกลยุทธ์ให้ตอบโจทย์วิถีชีวิตรูปแบบใหม่, ข้อมูลจาก https://www.brandbuffet.in.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 เมษายน 2565).

[27] Krungthai Compass. 2020. เจาะพฤติกรรมท่องเที่ยวใน New Normal; เมื่อโควิดทำชีวิตเปลี่ยน, ข้อมูลจาก https://krungthai.com/Download/economyresources/EconomyResources Download.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 พฤษภาคม 2565)

KASETSART UNIVERSITY
SRIRACHA CAMPUS

โครงการจัดตั้งกองวิจัยและบริการวิชาการ มก.ศรช.

199 ม.6 ถนนสุขุมวิท ต.ทุ่งสุขลา จ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230