

Journal of **Logistics** and Supply Chain Operations

วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน

Vol. 12 No. 2 May – August 2026 ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2569





College of Logistics and Supply Chain
Suan Sunandha Rajabhat University

M.B.A.

Logistics and Supply Chain Management

เรียนเฉพาะ วันอาทิตย์



ประธานหลักสูตรปริญญาโท
ผศ.ดร.ชณิชา หมอयाดี
Ph.D Inventory Routing Problem
Logistics and Supply Chain
ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการการขนส่ง



การศึกษาดูงาน
ทั้งในและต่างประเทศ
(Optional)



สอนโดย
คณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทางวิชาการ
ผู้บริหาร และผู้ประกอบการในวงการ
ธุรกิจชั้นนำทั้งใน และต่างประเทศ



ระยะเวลาศึกษา
เพียง 5 ภาคเรียน
หรือ 1.5 ปี



ค่าใช้จ่ายตลอดหลักสูตร
เพียง 150,000 บาท
(แบ่งจ่ายภาคเรียนละ 30,000 บาท)



รศ.ดร.คมสัน โสมณวัตร

Ph.D Logistics and Supply Chain Management
ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการคลังสินค้า และศูนย์กระจายสินค้า



ผศ.ดร.ณภัทรรศญา เศรษฐโชติสมบัติ

Ph.D Logistics and Supply Chain Management
ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศโลจิสติกส์



ผศ.ดร.ปรีชา วรารัตน์ไชย

D.B.A. Supply Chain Management
ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชนระหว่างประเทศ



ผศ.ดร.วิศวะ อุนยะวงษ์

D.B.A. Logistics and Supply Chain Management
ผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดและกลยุทธ์โลจิสติกส์และซัพพลายเชนที่ยั่งยืน



ผศ.ดร.ณัฐพัชร์ อาริรัชกุลกานต์

Ph.D Industrial Engineering
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ข้อมูล Big Data
ทางโลจิสติกส์และซัพพลายเชน



ดร.พุทธิวัฒน์ ไวยวุฒิธนาภูมิ

D.B.A. Logistics and Supply Chain Management
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยทางโลจิสติกส์และซัพพลายเชน



วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน

Journal of Logistics and Supply Chain Operations (JLSCO)

ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2569 Vol. 12 No. 2 May – August 2026

เจ้าของวารสาร

วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ใหม่จากการวิจัยและทางวิชาการในศาสตร์ด้านการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชนและด้านบริหารธุรกิจ ในสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ แก่นักวิชาการ นักวิจัย อาจารย์ นักศึกษา บุคคลทั่วไปและสังคม
2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการวิจัย การนำเสนอและการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ วิธีการใหม่หรือระบบใหม่ ในสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เน้นด้านการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน และการบริหารธุรกิจ

หมวดหมู่หัวเรื่องหลักทางสังคมศาสตร์ (Social Sciences) ของบทความที่รับตีพิมพ์ ดังนี้

หมวดหมู่หลัก: สังคมศาสตร์ (Main Subject Category: Social Sciences)	
สาขาวิชา (Subject Area)	หัวข้อย่อย (Sub Subject Area)
ธุรกิจ, การจัดการ และการบัญชี (Business, Management and Accounting)	ธุรกิจทั่วไป, การจัดการและการบัญชี (General Business, Management and Accounting)
วิทยาศาสตร์การตัดสินใจ (Decision Sciences)	วิทยาศาสตร์การจัดการ และการวิจัยการดำเนินงาน (Management Science and Operations Research)
เศรษฐศาสตร์, เศรษฐศาสตร์และการเงิน (Economics, Economics and Finance)	เศรษฐศาสตร์ทั่วไป, เศรษฐมิติและการเงิน (General Economics, Econometrics and Finance)
สังคมศาสตร์ (Social Sciences)	การขนส่ง (Transportation)
สังคมศาสตร์ (Social Sciences)	สังคมศาสตร์ทั่วไป (General Social Sciences)

ประเภทบทความที่รับ

บทความที่เป็รรับมี 4 ประเภท ได้แก่ บทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) บทความปริทรรศน์ (Review Article) และบทวิจารณ์หนังสือ (Book Review)

กำหนดเผยแพร่

กำหนดออกเผยแพร่ราย 4 เดือน ปีละ 3 ฉบับ ดังนี้

- ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - เดือนเมษายน
- ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - เดือนสิงหาคม
- ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - เดือนธันวาคม

การเผยแพร่

วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จัดทำเป็นรูปเล่ม หมายเลข ISSN 3027-7337 (Print), E-ISSN 3027-7361 (Online) เผยแพร่เป็นรูปเล่มและเผยแพร่ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์บนเว็บไซต์ https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j และจัดส่งให้กับหอสมุดแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) และห้องสมุดของสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ

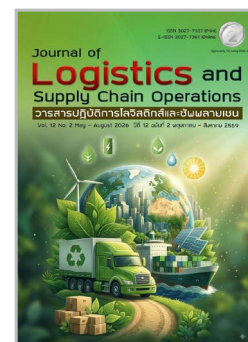
สำนักงานกองบรรณาธิการ

วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม

เลขที่ 111/3-5 หมู่ที่ 2 ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170 โทรศัพท์ 034-964917

e-Mail: thakorn.th@ssru.ac.th Website: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j

รายละเอียดเพิ่มเติม: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j/about1



ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ฤๅเดช
รองศาสตราจารย์ ดร.ชุตินาฏ
ศาสตราจารย์ ดร.ภูมิฐาน
รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา
รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต
รองศาสตราจารย์ ดร.คมสัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แก่นเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภญ.พิมพ์พร
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิชา

เกติวิชัย
ศรีวิบูลย์
รังकुณวัฒน์
เมฆา
ผ่องนรินทร์
โสมณวัตร
แก้วรัตนภัทร
ศรานนท์พัฒน์
ทองเมือง
วรารัตน์ไชย
หมอยาดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทรศญา เศรษฐโชติสมบัติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวิศักดิ์
รองศาสตราจารย์ ดร.เตือนใจ
รองศาสตราจารย์ ดร.เดชรัตน์
รองศาสตราจารย์ ดร.วรณพวงค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีณยู
รองศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล
รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญชัย
รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร
รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร
รองศาสตราจารย์ ดร.สุบิน
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวฤทธิ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.นันทิยา
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา
นาวาอากาศเอก รองศาสตราจารย์ ดร.เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศพร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิริยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลภััสสรณ์
Associate Professor Dr. Mohd

เทพพิทักษ์
สมบูรณ์วิวัฒน์
สัมฤทธิ์
บุญศิริธรรมชัย
กาญจนสุวรรณ
มณฑาทิพย์กุล
โหมพัฒราภรณ์
กฤษณบุต
อมรสวัสดิ์วัฒนา
ยุระรัช
พงศกรรังศิลป์
รัตนโอฬาร
น้อยจันทร์
เสื่อเอี่ยม
อารีราษฎร์
บุญผดุง
บุญมาเลิศ
สิทธิวิรงค์ชัย
Rizaimy Shaharudin

มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏวชิรญาณบุรี
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏพระนคร
โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Universiti Teknologi MARA (UiTM)
Cawangan Kedah, Malaysia

ผู้ช่วยบรรณาธิการและประสานงานวารสาร

นางสาวบุษยมาศ
นายฐกร

ผุยมูลตรี
ธรรมประทีป

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ได้รับการตรวจสอบทางด้านวิชาการโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกตรงตามสาขา
จำนวน 3 ท่าน และเนื้อหาบทความในวารสารเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน การนำเนื้อหาหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของบทความในวารสารนี้ไปเผยแพร่
สามารถทำได้ โดยให้ระบุแหล่งอ้างอิงจากวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน

รายละเอียดเพิ่มเติม: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j/about2

สารจากบรรณาธิการ

การเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจ เทคโนโลยี และพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบัน ส่งผลให้การบริหารจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชนมีความซับซ้อนมากขึ้น องค์กรจึงต้องให้ความสำคัญทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพ การดำเนินงาน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี การบริหารทรัพยากรอย่างเหมาะสม ตลอดจนการพัฒนาแนวทางใหม่ที่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของภาคธุรกิจและสังคมได้อย่างเป็นรูปธรรม

วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน (JLSCO) ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 ได้นำเสนอผลงานวิจัยจำนวน 10 บทความ ซึ่งมีประเด็นศึกษาที่หลากหลาย ครอบคลุมทั้งด้านการผลิตและการปรับปรุงประสิทธิภาพ การดำเนินงาน การออกแบบฟังก์ชันสินค้า โลจิสติกส์ย้อนกลับ การตลาดดิจิทัล การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี และแนวคิดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงาน ตลอดจนการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว การจัดการภาคบริการ การเรียนรู้ และการประเมินโลจิสติกส์ที่ยั่งยืน ซึ่งบทความดังกล่าวน่าอึ้งความรู้ เครื่องมือ และวิธีการวิจัยมาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ทั้งในระดับองค์กร กระบวนการดำเนินงาน และการตัดสินใจทางธุรกิจ สะท้อนให้เห็นว่าการวิจัยด้านโลจิสติกส์และซัพพลายเชนในปัจจุบันไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการขนส่งหรือการบริหารสินค้าคงคลังเท่านั้น แต่มีความเชื่อมโยงกับการผลิต เทคโนโลยี การตลาด การบริการ ความยั่งยืน และการพัฒนาองค์กรในหลากหลายมิติ กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยที่เผยแพร่ในฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่ออาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา ผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจ สามารถนำองค์ความรู้ และผลการศึกษาไปต่อยอดทั้งในด้านวิชาการและการประยุกต์ใช้ในบริบทการทำงานจริง รวมทั้งเป็นส่วนหนึ่งในการแลกเปลี่ยนและพัฒนาองค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์และซัพพลายเชนให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

วารสาร JLSCO ยังคงเปิดรับผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่นำเสนอองค์ความรู้ แนวคิด และผลการศึกษาที่มีคุณค่าทางวิชาการ ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงสู่การใช้ประโยชน์ในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และสังคม โดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์และการวิเคราะห์ข้อมูล โลจิสติกส์และซัพพลายเชนที่ยั่งยืน การบริหารความเสี่ยง ตลอดจนนวัตกรรมและรูปแบบธุรกิจใหม่ และท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่านที่ไว้วางใจส่งผลงานมายังวารสาร ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพของบทความ ตลอดจนผู้อ่านทุกท่านที่ให้การสนับสนุนวารสารด้วยดีเสมอมา

ผศ.ดร.ณัฏฐพรศญา เศรษฐโชติสมบัติ

บรรณาธิการวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
(Journal of Logistics and Supply Chain Operations: JLSCO)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความประจำวารสาร

รองศาสตราจารย์ ดร. ชนกรรณ์	คุณพลบุตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.เรืองศักดิ์	แก้วธรรมชัย	บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด
		Assumption University (ABAC)
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์	พิมพ์ดี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย	รัตนวงษ์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญทวารมณ	วิงวอน	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพรรณ	พิริยะกุล	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
รองศาสตราจารย์ ดร.สุชานันท์	โพธิ์ชาธาร	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
นางสาวอากาศโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์		
ดร.ธำปนัด	บัวภิบาล	โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร	เลิศยงยศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์	เร้าธนชลกุล	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์	จักรชโลบล	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรินทร์	เทวตา	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักษมี	งามมีศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล	รัตนไพจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพรรณ	พิเชฐศิริประภา	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติมา	โชติกเสถียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญู	พลอยกระโทก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุทธิวัต	สิงห์ดง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร	ชัยประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โยฟ้า	ตระกูลสันติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ธีรา	พละบุตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ดร.รชฏ	ข้าบุญ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความประจำวารสาร

ดร.สมคะเน	ยอดพรพรมณ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ดร.เสาวนีย์	สมันต์ตรีพร	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ดร.ศรินทร์	เอียบศิริเมธี	วิทยาลัยนครราชสีมา

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความรายฉบับ ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2569

รองศาสตราจารย์ ดร.สุบิน	ยุระรัช	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพงศ์	บุญผดุง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญู	ปรอยกระโทก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา	เสื่อเอี่ยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพัชร์	อารีรัชกุลกานต์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
รองศาสตราจารย์ ดร.เรืองศักดิ์	แก้วธรรมชัย	บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด, ABAC
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนงกรณ์	กฤษณบุตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติมา	โชติกลเสถียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไยฟ้า	ตระกูลสันติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญชัย	โหมพัตรภรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.พุทธิวัต	สิงห์ดัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นาวาอากาศเอก		
รองศาสตราจารย์ ดร.เกียรติกุลไชย	จิตต์เอื้อ	โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร	ชัยประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

CONTENTS

สารบัญ

วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน
Journal of Logistics and Supply Chain Operations (JLSCO)

สารจากบรรณาธิการ.....3	บทความวิจัย
บทความวิจัย	การประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่าในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร: กรณีศึกษาบริษัทให้บริการการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องอัดก๊าซ.....82 ↳ ณัฐวรรณ ใจสำรวม ↳ จิตติมา วงศ์อินตา
การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการผูกหม่าปาสีเทา กรณีศึกษา: การจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ7 ↳ สุภาพร คำเตจา ↳ นคร ไชยวงศ์ศักดิ์ ↳ ศศิชา สุขกาย ↳ ธนพล แสงสุวรรณ ↳ เสกสรรค์ วินยาศกุล	Analyzing Tourist Activity Patterns Using Association Rule Mining: A Case Study of Chiang Rai Night Market..... 100 ↳ Thitima Changhuad ↳ Tosporn Arreeras ↳ Krit Sittivangkul ↳ Supornchai Utainarumol
การออกแบบผังคลังสินค้าด้วยการจัดกลุ่ม FSN และโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานคลังสินค้า: กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษอะลูมิเนียม27 ↳ วรธดา อุทัยรัตน์ ↳ กนกกาญจน์ ปวนคำต่อ ↳ อรุณวดี อินทเกตุ ↳ บัญชา อริยะจรรยา	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย..... 119 ↳ อัมพวรรณ หนูพระอินทร์ ↳ เมธิณี ศรีกาญจน์
The influence of reverse logistics and product value recovery on sustainable industries through circular economy practices.....46 ↳ Songtham Charoenchan ↳ Mohd Rizaimy Shahrudin ↳ Gritsada Sua-iam	การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีสมระหว่างการจัดกลุ่มแบบเคมีนส์และอาร์เอฟเอ็ม: กรณีศึกษาในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์..... 145 ↳ ศิวรักษ์ กิจวัณนะโกคิน ↳ ลลันลลิต เหลาโชติ
กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า: กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคส์ จำกัด.....65 ↳ ทิฆัมพร เกิดวิชัย ↳ วิไลลักษณ์ รักบำรุง	การประเมินโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนด้วยแนวคิดสิ่งแวดล้อมสังคมและธรรมาภิบาล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ..... 161 ↳ จิราภา จราฤทธิ์ ↳ ธัญภัฏ เมืองปัน
	การเพิ่มประสิทธิภาพการรวมกลุ่มลูกค้าเพื่อการขนส่งสินค้า: กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสแห่งหนึ่ง..... 178 ↳ กุลสินี โชติจิตุภัทร ↳ ปิยะวัฒน์ ชนินทร์ตระกูล ↳ อาริคมล ต.ไชยสุวรรณ

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

วิธีอ้างอิงบทความนี้: สุภาพร คำเตจา, นคร ไชยวงศ์ศักดิ์, ศศิชา สุขกาย, ธนพล แสงสุวรรณ และ เสกสรรค์ วินยางค์กุล. (2569). การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา กรณีศึกษา: การจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 12(2), 7-26. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i1.276371>

Received: July 06, 2025
Revised: September 29, 2025
Accepted: June 11, 2026

การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา กรณีศึกษา: การจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ

สุภาพร คำเตจา¹, นคร ไชยวงศ์ศักดิ์², ศศิชา สุขกาย³, ธนพล แสงสุวรรณ⁴ และ เสกสรรค์ วินยางค์กุล^{5*}

บทคัดย่อ

จากสภาพปัญหาการดำเนินการจัดเส้นทางเก็บขยะที่ไม่มีประสิทธิภาพโดยการเก็บขยะเลือกเส้นทางเริ่มจากที่ไกลก่อน จึงส่งผลให้มีระยะทางรวมในการเก็บขยะที่สูงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองด้านน้ำมันเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และปรับปรุงประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมของวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา (Grey wolf optimizer: GWO) สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะที่มีรูปแบบเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีข้อจำกัดของปริมาณการบรรทุกของรถ (The capacitated vehicle routing problem : CVRP) ซึ่งใช้ข้อมูลเก็บขยะกรณีศึกษาหมู่บ้านป่าห้าว หมู่บ้านสันตันขาม และหมู่บ้านดาวดึงส์ ทั้งหมด 52 จุด ในการจัดเส้นทางโดยเปรียบเทียบกับวิธีการเดินรถแบบเดิมกับวิธีการฝูงหมาป่าสีเทาที่ได้พัฒนา และปรับปรุง ได้แก่ GWO แบบสองกลุ่ม (GWO2) และ GWO แบบสามกลุ่ม (GWO3) รวมถึง GWO แบบเดิม, วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential evolution optimization: DEO), วิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle swarm optimization: PSO) ผลที่ได้จากการวิจัย จำนวนรอบการเก็บขยะเท่ากันคือ 4 รอบ พบว่าวิธีการเดินรถแบบเดิมมีระยะทาง 72,200 เมตร ขณะที่ DEO และ PSO ให้ระยะทางเฉลี่ย 62,970 และ 62,550 เมตร ตามลำดับ โดย GWO แบบเดิมสามารถลดระยะทางเหลือ 61,150 เมตร และ GWO2 ลดเหลือ 60,250 เมตร ส่วน GWO3 สามารถลดระยะทางได้มากที่สุดที่ 58,350 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 19.183 นอกจากนี้ GWO3 ยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด แสดงถึงความสม่ำเสมอ และเสถียรของผลลัพธ์ จากผลการวิจัยพบว่า GWO3 มีความสามารถในการหาคำตอบได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในบรรดาอัลกอริธึมที่เปรียบเทียบกัน จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการวางแผนเส้นทางเดินรถเก็บขยะ

คำสำคัญ: เมต้าฮิวริสติกส์, การพัฒนาและปรับปรุง, วิธีการหาค่าที่เหมาะสมของฝูงหมาป่าสีเทา,

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ, การจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹⁻⁵ อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

อีเมล: supaporn.kamt@cr.ru.ac.th, nakorn.cha@cr.ru.ac.th, jimmysasicha@gmail.com, thanapon.sae@cr.ru.ac.th, seksan.win@cr.ru.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

Development and Improvement of Optimal Solution Finding Efficiency Using the Grey Wolf Optimization: In Case Study of Waste Collection Route Planning

Supaporn Kamtaeja¹, Nakorn Chaiwongsakda², Sasicha Sukkay³, Thanapon Saengsuwan⁴
and Seksan Winyangkul^{5*}

Abstract

From the problem of inefficient waste collection routing operations due to starting from the farthest points, leading to Increased total travel distance and fuel consumption. This research aims to develop and enhance the solution-finding efficiency of the Grey Wolf Optimizer (GWO) for waste collection vehicle routing, formulated as a Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). The study employs waste collection data from three case study villages: Ban Pa Ha, Ban San Ton Kham, and Ban Daowadueng, comprising 52 nodes. The proposed improved GWO the two-group GWO (GWO2) and the three-group GWO (GWO3), are compared against the conventional routing method, the original GWO, Differential Evolution Optimization (DEO), and Particle Swarm Optimization (PSO). The experiments were conducted using the same number of waste collection rounds, set at four. The results showed that the traditional method produced a total distance of 72,200 m., while DEO and PSO yielded average distances of 62,970 and 62,550 m., respectively. The original GWO reduced the distance to 61,150 m., GWO2 further reduced it to 60,250 m., and GWO3 achieved the shortest distance of 58,350 m. or 19.183% compared to the traditional method. Moreover, GWO3 yielded the lowest standard deviation, indicating high consistency and stability in its results. Based on the findings, GWO3 demonstrates the fastest and most efficient convergence among all compared algorithms. Therefore, it is highly suitable for application in waste collection route planning.

Keywords: Meta-Heuristic, Development and improvement, Grey Wolf Optimizer (GWO), Vehicle routing problem, Waste collection route planning

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹⁻⁵ Lecturer of Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University,

E-mail: supaporn.kamt@crru.ac.th, nakorn.cha@crru.ac.th, jimmysasicha@gmail.com, thanapon.sae@crru.ac.th, seksan.win@crru.ac.th

1. บทนำ

ระบบการจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดเชียงรายในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ การจัดการขยะต้นทาง กลางทาง และ ปลายทาง โดยการจัดการขยะ เป็นการจัดการขยะกลางทาง พบปัญหาสำคัญเกี่ยวกับ ประสิทธิภาพการเก็บโดยการ จัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะที่อาศัยความชำนาญ และ รูปแบบของจุดที่ไกลที่สุดในการจัดเก็บ ส่งผลให้เกิดความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย การเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดเส้นทางด้วยวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุด โดยใช้ วิธีเมตาฮิวริสติกส์ สามารถช่วยลดระยะทางขนส่ง ตลอดจนลดมลพิษและค่าใช้จ่ายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการจัดการขยะกลางทางซึ่งมีปัญหามากที่สุด ซึ่ง การจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะโดยใช้วิธีเมตาฮิวริสติกส์ มาช่วยจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะของ จังหวัดเชียงราย โดยวิธีการที่นิยมได้แก่วิธีการ ผูกหมาป่าสีเทา (Mirjalili et al., 2014) เป็นหนึ่งใน อัลกอริทึมที่กำลังพัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยได้รับแรง บันดาลจากกิจกรรมการล่าของผูกหมาป่าสีเทาที่มักจะ อาศัยอยู่เป็นกลุ่ม อัลกอริทึม GWO ใช้กระบวนการ เดียวกันกับผูกหมาป่าสีเทาในการล่า โดยพิจารณา ลำดับความสำคัญในกลุ่มของผูกหมาป่าสีเทา โดย สมาชิกของกลุ่ม GWO ถูกจำแนกออกเป็นสี่ประเภท ตามชนิดของตำแหน่งของหมาป่าสีเทาที่ช่วยใน กระบวนการล่า แอลฟา, เบต้า, เดลต้า, และโอเมก้า เป็นสี่ระดับ โดยแอลฟาเป็นตัวที่ดีที่สุดในการล่า GWO ไม่เพียงแต่มีประสิทธิภาพในการสำรวจปริภูมิของ คำตอบ (Solution space) อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ ยังมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่อย่างมีประสิทธิภาพ ระหว่างกระบวนการค้นหาด้วย และสามารถนำไป แก้ปัญหามานานทางวิศวกรรมได้หลายด้าน เช่น การวาง กำหนดการทำงาน (Komaki & Kayvanfar, 2015) การวางแผนเส้นทางขนส่ง (Jayabarathi et al., 2016) การควบคุมการใช้พลังงาน (Jayakumar et al., 2016) และการปรับปรุงวิธีการ GWO เพื่อใช้แก้ปัญหา

การลดระยะทางในการขนส่ง (Muangkote et al., 2014; Shaheen et al., 2018) รวมถึงการวางแผน การผลิต (Song et al., 2015) และได้มีการพัฒนา GWO นำสนใจหลายด้าน (Kumar et al., 2021) เช่นการพัฒนาวิธีการแบบผสมผสาน (Hybrid GWO Algorithm) สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ แบบมีข้อจำกัดความจุ (CVRP) โดยการผสมผสานกลไก การค้นหาในพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งสามารถลดระยะทาง รวมได้ 12% เมื่อเทียบกับวิธี PSO รวมถึงการปรับปรุง แบบไบนารี (Modified binary GWO) (Chen & Wang, 2020) สำหรับการจัดเส้นทางเก็บขยะ ที่เน้น การปรับปรุงสมรรถนะการอัปเดตตำแหน่ง ส่งผลให้ ลดต้นทุนเชื้อเพลิงได้ถึง 18% สำหรับปัญหาการ จัดเส้นทางแบบหลายจุดจอด (Multi-depot VRP) (Zhang et al., 2019) โดยการประยุกต์ใช้ GWO แบบหลายสถานะ (Multi-phase GWO) กับ การขนส่ง ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถลดจำนวนยานพาหนะ ที่ใช้ได้ 15% เมื่อเทียบกับวิธีทางพันธุกรรม รวมถึง การศึกษาเส้นทางเก็บขยะไร้เคิลด้วย Improved GWO (Ibrahim et al., 2022) ที่ผสมผสานร่วมกับ Tabu Search พบว่าสามารถลดเวลาเดินทางรวมได้ 22% ซึ่งการพัฒนาล่าสุดโดย (Li & Zhao, 2023) ได้รวมการเรียนรู้เสริมแรง (Reinforcement learning) เข้ากับ GWO สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางแบบ พลวัต (Dynamic VRP) ที่สามารถปรับตัวกับสภาพ การจราจรแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดระยะทางรวมได้ 14% ในสถานะที่เปลี่ยนแปลง ในการประยุกต์ GWO ไปใช้งาน สำหรับการจัดเส้นทาง ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานได้ 20% รวมถึงการใช้ กับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะไฟฟ้า (Gupta & Sharma, 2022) โดยคำนึงถึงการบริโภคพลังงาน ส่งผลให้ลดการปล่อยคาร์บอนได้ถึง 25% และการ เลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมของ GWO สามารถเพิ่ม ศักยภาพในการแก้ปัญหา (Hu et al., 2020; Sopto et al., 2018) โดยรูปแบบการนำ GWO ไปใช้กับ

ปัญหาปัญหาพนักงานขาย (GWO-TSP), ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (GWO-VRP) (Diastivena et al., 2021) ในการศึกษาอื่นๆ ของวิธี GWO เพื่อแก้ปัญหา TSP และ VRP (Boualem et al., 2022; Huang et al., 2024) ซึ่งได้ปรับ GWO แบบเดิมโดยใช้ตัวดำเนินการสลับและลำดับสลับ ซึ่งผลที่ได้จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้ GWO-TSP,VRP นั้นสามารถแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย และการจัดเส้นทางยานพาหนะ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหา การหาค่าที่เหมาะสมที่มีความซับซ้อน จากงานวิจัยทั้งหมดพบว่าการพัฒนาวิธี GWO สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางมีแนวโน้มมุ่งไปสู่การผสมผสานกับเทคนิคอื่นๆ เช่น การปรับปรุงนี้อาจมีการเพิ่มหรือปรับเปลี่ยนวิธีการสร้างคำตอบ วิธีการเลือกสมาชิกในการล่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะ และโลจิสติกส์ การพัฒนาดังกล่าวไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนและระยะทางเท่านั้น แต่ยังสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทบทวนวรรณกรรมเห็นได้ว่ายังขาดการศึกษาเฉพาะทางสำหรับปัญหาการเก็บขยะเฉพาะ และการแบ่งกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทาเป็น 2-3 กลุ่มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพซึ่งยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างเป็นระบบรวมถึงการเปรียบเทียบระหว่าง GWO แบบกลุ่มกับอัลกอริทึมอื่นๆ (เช่น DEO, PSO) ในบริบทการจัดเส้นทางเก็บขยะ ดังนั้นผู้วิจัยได้นำเสนอการพัฒนา และปรับปรุงประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา สำหรับการปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีข้อจำกัดของปริมาณการบรรทุกของรถ โดยพิจารณาถึงการแบ่งกลุ่มย่อย (Subgroups) ของฝูงหมาป่าสีเทาเพื่อ การแบ่งกลุ่มย่อยนี้สามารถช่วยให้มีการจัดการฝูงหมาป่าสีเทาให้มีประสิทธิภาพ และเป็นระบบ และ ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บและลำเลียงขยะของหมู่บ้านป่าห้า หมู่บ้านสันต้นขาม

และหมู่บ้านดาวตีส จากนั้นจะนำผลที่ได้ของเส้นทางและจำนวนรอบ มาเปรียบเทียบกับเส้นทางเดิมที่ได้ดำเนินการอยู่รวมถึงนำมาเปรียบเทียบกับวิธี DEO และ PSO เพื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ

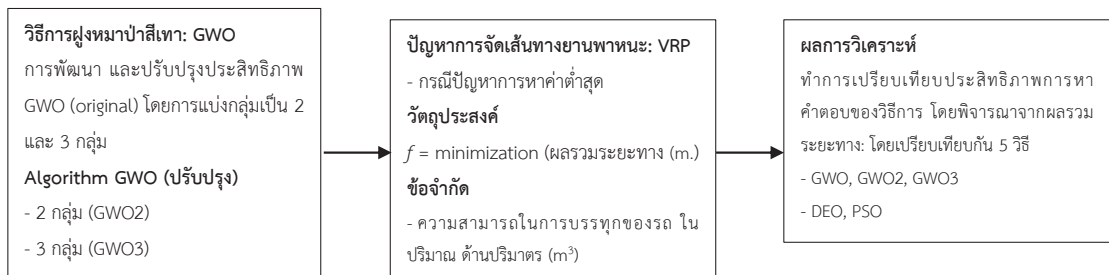
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทำการปรับปรุงการหาคำตอบที่เหมาะสม สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา จากการแบ่งกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทาเป็น 2-3 กลุ่ม
3. เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทาง และจำนวนรอบขนส่งที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาวิธีการหาค่าที่เหมาะสมของฝูงหมาป่าสีเทา โดยการแบ่งกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทาออกเป็น 2 และ 3 กลุ่ม และนำมาใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ โดยวิเคราะห์เส้นทางการเดินรถในการจัดเก็บขยะ ซึ่งพิจารณาเส้นทางที่น้อยที่สุด (m.) ภายใต้ข้อจำกัดของปริมาตรบรรทุก (m3) แล้วนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับรูปแบบเดิมในการเดินทางกับ วิธีการที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ GWO2, GWO3 และวิธีการทางเมตาฮิวริสติกส์ตัวอื่นๆ ได้แก่ GWO (แบบเดิม), DEO และ PSO ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยทางผู้วิจัยได้ทดสอบตัวแบบปัญหาจากตัวแบบมาตรฐานจำนวน 13 ตัวแบบ แบบวัตถุประสงค์เดียว โดยมีปัญหา ได้แก่ uly16, ulysses22, Dantzig42, Att48, eil51 berlin52, st70, rd100, Lin105, bier127 และ ch130 (Reinelt, 1991) โดยใช้ GWO แบบเดิม และแบ่งกลุ่ม 2, 3, 4 และ 5 กลุ่มในการทดสอบ ผลเฉลี่ยที่ได้ของการแบ่งกลุ่ม 3, 4 และ 5 มีค่าผลเฉลี่ย (F_{min}) ไม่แตกต่างกัน แต่จะมีผลของเวลา

ที่ใช้ในการหาค่าตอบ (s/loops) ถ้ามีการแบ่งกลุ่ม ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการเลือก การแบ่งกลุ่มออกเป็น
 ที่มากกว่า 3 กลุ่มจะส่งผลต่อเวลาโดยจะมีค่าสูง 2 และ 3 กลุ่ม
 ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ (Winyangkul et al., 2025)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual framework)

4. วรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle routing problem: VRP) (Dantzig & Ramser, 1959) เป็นปัญหาทางโลจิสติกส์โดยเป็นปัญหาการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในการวางแผนการจัดลำดับและเส้นทางของการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้า ปัญหา VRP จึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาด้านการขนส่ง และโลจิสติกส์รูปแบบหนึ่ง เพื่อลดต้นทุนทางด้านการขนส่ง และการลดค่าใช้จ่ายโดยงานวิจัยส่วนใหญ่ได้ใช้วิธี VRP ที่ถูกค้นคว้าอย่างแพร่หลายที่ปรับเปลี่ยนเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ เช่น รูปแบบการขนส่ง จำนวนจุด จำนวนยานพาหนะ ระยะทาง ระยะเวลาในการขนส่ง และปริมาณที่ขนส่ง โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดเส้นทางเดินรถให้มีค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

1. ลดจำนวนยานพาหนะ หรือลดค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ที่เกิดขึ้นในการขนส่งแต่ละครั้งถ้าหากจำนวนยานพาหนะลดลงก็จำเป็นต้องมีการลดจำนวนพนักงานขับรถและพนักงานเก็บขยะลงไปด้วย

2. ลดระยะทาง หรือลดระยะเวลาในการเดินทางถ้าหากกระยะทาง และระยะเวลาลดลงจะทำให้ค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ที่เกิดจากการขนส่งแต่ละครั้งก็จะลดลงไปด้วย ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงค่าเปลี่ยนถ่าย เช่น น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และน้ำมันเบรก เป็นต้น

จากการพิจารณาเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลา ระยะทาง จำนวนของยานพาหนะ และความจุของยานพาหนะ เป็นต้น ประกอบด้วยพาหนะขนส่ง (Vehicle) เส้นทางขนส่ง (Routing) จุดศูนย์กลางกระจายสินค้า (Depot) และลูกค้า (Customer) โดยปัญหา VRP สามารถแสดงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาตรฐานได้ดังนี้

เมื่อกำหนดให้

$I =$ ลำดับของเมืองที่ i โดยที่ $I = 1, 2, \dots, n$

$J =$ ลำดับของเมืองที่ j โดยที่ $J = 1, 2, \dots, n$

$V =$ เซตของเมืองทั้งหมดที่พิจารณา โดยที่

$V = \{1, 2, \dots, n\}$

$S =$ สับเซตใดๆ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของเซต

$V : S \subset V$ โดยที่ $S \neq \emptyset, S \neq V$

$|S|$ เป็นจำนวนสมาชิกของเซต S

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

$C_{ij} =$ ระยะทางระหว่างเมืองที่ i ไปยังเมือง

ที่ j

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision variables)

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ในกรณีที่มีการเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \\ 0 & \text{ในกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i=(1,2,\dots,n) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j=(1,2,\dots,n) \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset V \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i=(1,2,\dots,n) \quad (5)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (1) ต้องการหาเส้นทางเดินทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด ในการเดินทาง สมการข้อจำกัดที่ (2) และ (3) กำหนดให้พนักงานขายเดินทางให้ครบทุกเมืองและ สามารถเข้าออกแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว สมการข้อจำกัดที่ (4) สมการป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย สมการข้อจำกัดที่ (5) คือการกำหนดตัวแปรการตัดสินใจ X_{ij} เป็นตัวแบบไบนารี ให้เป็นได้สองค่า 0 และ 1

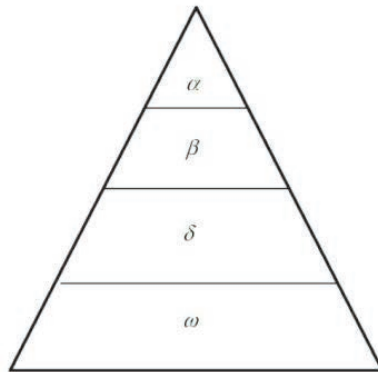
การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะมีลักษณะแตกต่างจากการวิเคราะห์โครงข่ายประเภทอื่น เนื่องจากการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพียงเส้นทางเดียว โดยพิจารณาให้มีระยะทางสั้นที่สุดหรือใช้เวลาน้อยที่สุด การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม เช่น วิธีการเชิงเมตาฮิวริสติกส์ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางขนส่งสินค้าตามลำดับการสั่งซื้อ โดยคำนึงถึงเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง อาทิ ระยะทางและเวลา ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

ในการวางแผนเส้นทางการขนส่ง

เทคนิคปรับปรุงเมตาฮิวริสติกส์สามารถใช้ได้ในปัญหาต่างๆ การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการฝูงหมาป่าสีเทาแบบวัตถุประสงค์เดียว (Mirjalili et al., 2014) นั้นเป็นการแสดงคำตอบออกมาสำหรับวัตถุประสงค์เพียงด้านเดียวเท่านั้น เช่น การหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการเดินทางเพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดหรือต้นทุนน้อยสุดมากที่สุด กำไรสูงสุด เป็นต้น การแก้ปัญหาทางด้านโลจิสติกส์ นั้นสำคัญมากเพื่อให้มีคุณภาพ มีประสิทธิภาพที่ยั่งยืน โดยการนำวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ที่เป็นวิธีการหาคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือเหมาะสมสำหรับใช้แก้ปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์ ในการหาคำตอบของปัญหา การหาค่าที่เหมาะสมมีหลายวิธีซึ่งใช้วิธีการเมตาฮิวริสติกส์ซึ่งเป็นที่ยอมรับมากที่สุด โดยจะใช้วิธีการฝูงหมาป่าสีเทา มีขั้นตอนดังนี้

เพื่อที่จะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ลำดับชั้นทางสังคมของฝูงหมาป่าสีเทา เมื่อออกแบบ GWO เราจะพิจารณาการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด เช่น แอลฟา วิธีที่ดีที่สุดลำดับสองและสามคือ เบต้าและเดลต้า ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วนที่เหลือของการแก้ปัญหาจะถือว่าเป็นโอเมก้า ในขั้นตอนวิธี GWO การล่าสัตว์ (การเพิ่มประสิทธิภาพ) เป็นแนวทางโดยหมาป่าสีเทา แอลฟา, เบต้า, เดลต้าและโอเมก้า

นอกเหนือจากลำดับชั้นทางสังคมของฝูงหมาป่าสีเทาแล้ว การล่าเหยื่อแบบกลุ่มเป็นอีกหนึ่งพฤติกรรมทางสังคมที่น่าสนใจโดยขั้นตอนการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทาจะเริ่มจากการติดตาม และการเข้าหาเหยื่อ จากนั้นจะไล่ตาม ล้อมเหยื่อ และก่อกวนเหยื่อจนกว่าเหยื่อจะหยุดเคลื่อนไหว และนำไปสู่การโจมตีเหยื่อ (Mirjalili et al., 2014) โดยมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2 ลำดับชั้นของฝูงหมาป่าสีเทา
ที่มา: ดัดแปลงจาก Mirjalili et al. (2014)

1. การล้อมเหยื่อ (Encircling prey) พฤติกรรมการล้อมเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทาในทางคณิตศาสตร์สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (6) และ (7)

$$\vec{D} = \left| \vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t) \right| \quad (6)$$

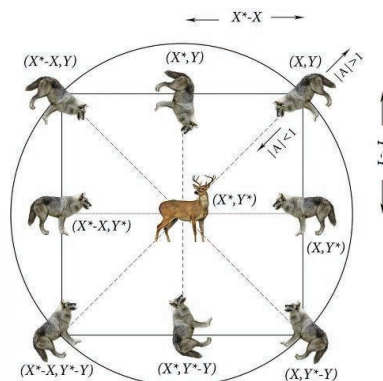
$$\vec{X}_{(t+1)} = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (7)$$

เมื่อ t คือจำนวนรอบการทำซ้ำปัจจุบัน $\vec{X}_p$ คือตำแหน่งของเหยื่อ $\vec{X}$ คือ ตำแหน่งของหมาป่าสีเทา $\vec{D}$ คือระยะทางระหว่างเหยื่อและหมาป่าสีเทา $\vec{A}$ และ $\vec{C}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์เวกเตอร์ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ (8) และ (9) โดยที่ a คือ ค่าที่ลดลงเชิงเส้นจาก 2 ถึง 0 ในรอบการทำซ้ำ $\vec{r}_1, \vec{r}_2$ คือ ค่าสุ่มในช่วง $[0,1]$

$$\vec{A} = 2a \cdot \vec{r}_1 - a \quad (8)$$

$$\vec{C} = 2 \vec{r}_2 \quad (9)$$

หมาป่าสีเทาสามารถปรับปรุงตำแหน่งของมันเองรอบเหยื่อในตำแหน่งสุ่มใดๆ โดยใช้สมการที่ (6) และ (7) ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจรูปแบบของสมการมากขึ้น ตำแหน่งของหมาป่าสีเทา และตำแหน่งใกล้เคียงที่เป็นไปได้จะแสดงดังภาพที่ 3 เมื่อ (x,y) และ (x,y,z) คือตำแหน่งของหมาป่าสีเทาในปริภูมิการค้นหา 2 มิติ และ 3 มิติตามลำดับ



ภาพที่ 3 ตำแหน่งที่เป็นไปได้สำหรับการล้อมเหยื่อของหมาป่าสีเทาในปริภูมิ 2 มิติและ 3 มิติ
ที่มา: ดัดแปลงจาก Mirjalili et al. (2014)

2. การล่าเหยื่อ (Hunting) หมาป่าสีเทาที่มีความสามารถในการระบุตำแหน่งของเหยื่อและ

ล้อมเหยื่อพวกนั้นไว้ โดยในการล่าแต่ละครั้งจะถูกรำนำโดยหมาป่าสีเทาแอลฟาและในบางครั้งหมาป่าสีเทาเบต้าและเดลต้าอาจจะมีส่วนร่วมด้วย และในการจำลองพฤติกรรมกรรมการล่าเหยื่อของฝูงหมาป่าสีเทาทางคณิตศาสตร์ จะสมมุติว่าหมาป่าสีเทาแอลฟา (คำตอบที่ดีที่สุด) เบต้า และ เดลต้า รู้ตำแหน่งของเหยื่อเป็นอย่างดี ดังนั้นจึงทำการบันทึกคำตอบที่ดีที่สุดสามอันดับแรก และให้ตัวแทนการค้นหาอื่น (รวมถึงหมาป่าสีเทาโอเมก้า) ปรับปรุงตำแหน่งของตนตามตำแหน่งของตัวแทนการค้นหาที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (10) ถึง (12)

$$\vec{X}_{(t+1)} = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (10)$$

โดยที่

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot \vec{D}_\alpha,$$

$$\vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot \vec{D}_\beta$$

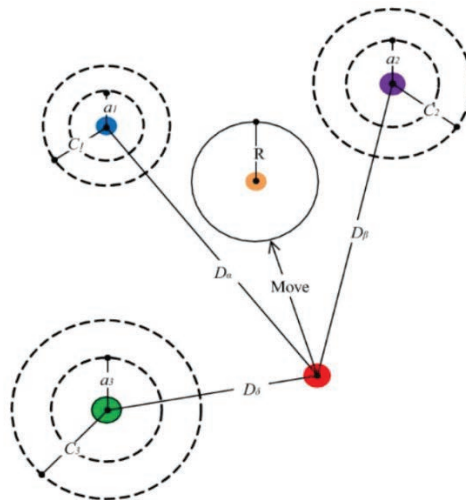
$$\vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot \vec{D}_\delta \quad (11)$$

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}|,$$

$$\vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}|,$$

$$\vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}| \quad (12)$$

ภาพที่ 4 แสดงการปรับปรุงตำแหน่งของตัวแทนการค้นหาตามหมาป่าสีเทาแอลฟา เบต้า และเดลต้าในปริภูมิการค้นหา 2 มิติโดยตำแหน่งของหมาป่าสีเทาโอเมก้าจะขยับเข้าหาเหยื่อ ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยตำแหน่งของหมาป่าสีเทา แอลฟา เบต้า และ เดลต้า



ภาพที่ 4 การปรับปรุงตำแหน่งของหมาป่าสีเทา

ที่มา: ดัดแปลงจาก Mirjalili et al. (2014)

3. การโจมตีเหยื่อ (Attacking prey) ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น หมาป่าสีเทาจะโจมตีเหยื่อเมื่อเหยื่อหยุดเคลื่อนไหว และเพื่อให้หมาป่าสีเทาในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เคลื่อนที่เข้าหาเหยื่อ จะทำการลดค่า

ของ $\vec{a}$ ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้ค่าความผันผวนของสัมประสิทธิ์ $\vec{A}$ ลดลงด้วย กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ $\vec{A}$ คือค่าสุ่มในช่วง $[-2a, 2a]$ เมื่อ $\vec{a}$ คือ ค่าที่ลดลงเชิงเส้นจาก 2 ถึง 0 ในแต่ละรอบการทำซ้ำ และเมื่อ $\vec{A}$

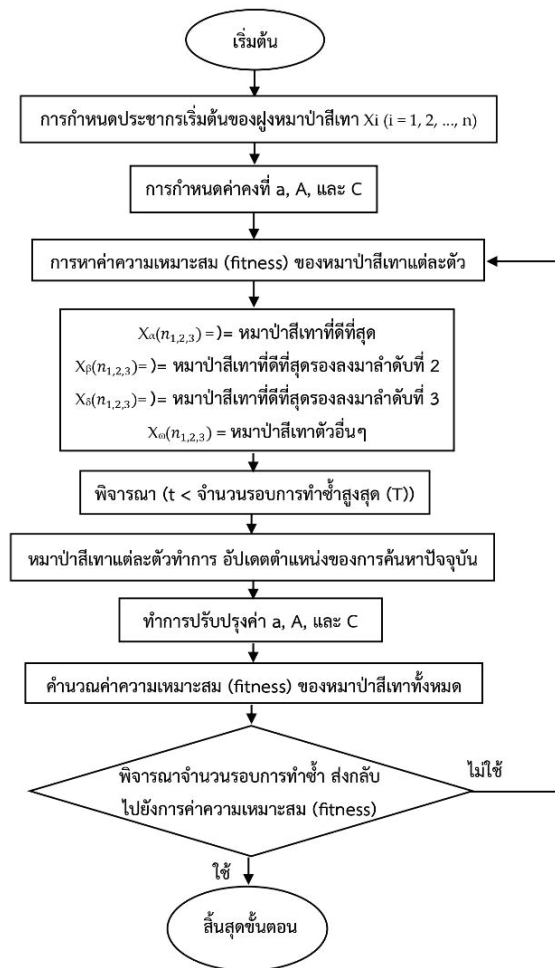
มีค่าอยู่ในช่วง $[-1, 1]$ ตำแหน่งต่อไปของตัวแทนการค้นหาวางจะอยู่ตำแหน่งใดก็ได้ระหว่างตำแหน่งปัจจุบัน และตำแหน่งของเหยื่อ

4. การค้นหาเหยื่อ (Search for prey) หมาป่าสีเทาจะค้นหาตามตำแหน่งของ แอลฟา เบต้า และ เดลต้า ซึ่งพวกมันจะแยกกัน ไปค้นหาเหยื่อแล้วจะมารวมกันเพื่อโจมตีเหยื่อ ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตัวแทนการค้นหาวางจะออกห่างจากเหยื่อเมื่อ A มีค่ามากกว่า 1 หรือน้อยกว่า -1 ส่วนประกอบของอัลกอริทึมฝูงหมาป่าสีเทาที่ช่วยในการค้นหาคือ เวกเตอร์ C เมื่อ C คือ ค่าสุ่มระหว่าง 0 ถึง 2 ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ (11) โดยส่วนประกอบนี้จะให้น้ำหนักกับเหยื่อโดยการสุ่ม ถ้า $C > 1$ จะให้น้ำหนักกับเหยื่อ แต่ถ้า $C < 1$ จะไม่ให้น้ำหนักกับเหยื่อ ซึ่งจะมีผลในการกำหนด ทิศทางดังสมการที่ (9) วิธีนี้จะทำให้ อัลกอริทึมหมาป่าสีเทามีพฤติกรรมแบบสุ่มเพื่อหลีกเลี่ยงคำตอบที่เหมาะสมเฉพาะแห่งจากบทความที่ใช้วิธีการฝูงหมาป่าสีเทา สำหรับการแก้ปัญหาทางการดำเนินการนั้นเกิดปัญหาการติดอยู่ในค่าที่ไม่เหมาะสมเชิงเฉพาะที่ (Local optima) และ GWO มักมีแนวโน้มที่จะสำรวจพื้นที่คำตอบได้ไม่กว้างพอ ทำให้บางครั้งติดอยู่ในจุดที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด โดยวิธีนี้ได้ ปรับปรุงขั้นตอนของ GWO โดยการแบ่งฝูงหมาป่าสีเทาออกเป็น 2-3 กลุ่มย่อย แต่ละกลุ่มจะทำหน้าที่สำรวจพื้นที่ค้นหาที่ต่างกัน เพิ่มความหลากหลาย (Diversity) ของการค้นหาคำตอบ ลดโอกาสการติดกับใน Local Optima และเพิ่มความสามารถในการสำรวจ

กระบวนการลำดับขั้นตอนการทำงานของวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา (GWO) สำหรับ VRP โดยลำดับขั้นตอนการทำงาน เริ่มจากการสร้างประชากรเริ่มต้นของหมาป่าสีเทา โดยแต่ละหมาป่าสีเทาแทนโอกาสในการแก้ปัญหา VRP จากนั้นกำหนดตำแหน่งของแต่ละหมาป่าสีเทาโดยสุ่มแทนการจัดลำดับของเมืองใน VRP จากนั้นทำการประเมินฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ประเมินความพร้อมใช้งานของแต่ละหมาป่าสีเทา (Solution) ในประชากร ในกรณีของ VRP ความพร้อมใช้งานของแต่ละ Solution จะถูกกำหนดโดยระยะทางรวมที่เดินทางสำหรับแต่ละเส้นทาง จากนั้นทำการจัดลำดับหมาป่าสีเทา จัดลำดับหมาป่าสีเทาตามความพร้อมใช้งานของพวกเขา การจัดลำดับนี้กำหนดลำดับขั้นบันไดระหว่างหมาป่าสีเทา เช่น หมาป่าสีเทาแอลฟา เบต้า เดลต้า และโอเมก้า ในกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทา

ในการปรับปรุงตำแหน่งของหมาป่าสีเทาโดยอิงตามโครงสร้างลำดับขั้นการปรับปรุงในขั้นตอนนี้ รวมถึง การปรับปรุงหมาป่าสีเทาแอลฟา หมาป่าสีเทาแอลฟาแทน Solution ที่ดีที่สุดที่พบจนถึงตอนนี้ ปรับปรุงตำแหน่งโดยใช้ข้อมูลของหมาป่าสีเทาแอลฟา และปรับปรุงหมาป่าสีเทาเบต้า หมาป่าสีเทาเบต้าแทน Solution ที่ดีที่สุดที่สอง ปรับปรุงตำแหน่งโดยใช้ข้อมูลของหมาป่าสีเทาเบต้า ซึ่งการปรับปรุงหมาป่าสีเทาเดลต้าและโอเมก้า ปรับปรุงตำแหน่งโดยใช้ข้อมูลของหมาป่าสีเทาเดลต้าและโอเมก้า หมาป่าสีเทาเหล่านี้จะสำรวจพื้นที่ของ Solution ที่กว้างขวางมากขึ้น โดยการสำรวจและการใช้ประโยชน์ สมดุลการสำรวจและการใช้ประโยชน์โดยการปรับพารามิเตอร์ เช่น อัตราการสำรวจและการใช้ประโยชน์ ซึ่งจะช่วยให้อัลกอริทึมสำรวจพื้นที่ใหม่ในขณะที่ใช้ประโยชน์จาก Solution ที่มีความเป็นมั่นใจ สำหรับการสิ้นสุดกำหนดเกณฑ์ในการสิ้นสุด ในที่ใช้จำนวนการทำซ้ำสูงสุด ซึ่งการเลือกผลของ Solution ที่ดีที่สุดได้จากการเลือก Solution ที่ดีที่สุด (เส้นทาง) ที่พบจากประชากรสุดท้ายของหมาป่าสีเทา เมื่อพิจารณาการประเมินประสิทธิภาพ ของอัลกอริทึมโดยใช้ผลรวมของระยะทางทั้งหมด จำนวนรอบ ของการเดินทางของคำตอบที่ได้โดยมีกระบวนการลำดับขั้นตอนการทำงานของวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา สำหรับ VRP ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กระบวนการลำดับขั้นตอนการทำงานของวิธีการฝูงหมาป่าสีเทาในขั้นตอนต่าง ๆ

ในการปรับปรุงขั้นตอนของฝูงหมาป่าสีเทา โดยการเพิ่มกลุ่มหมาป่าสีเทาออกเป็น 2-3 กำหนดในขั้นตอน Ranking Wolves ซึ่งแบ่งเป็น 2-3 กลุ่มจะทำการกำหนดให้ กลุ่ม แอลฟา $X_\alpha(n_1)$, $X_\alpha(n_2)$ และ 3 กลุ่ม $X_\alpha(n_3)$, กลุ่ม เบต้า $X_\beta(n_1)$, $X_\beta(n_2)$ และ 3 กลุ่ม $X_\beta(n_3)$ กลุ่ม เดลต้า $X_\delta(n_1)$, $X_\delta(n_2)$ และ 3 กลุ่ม $X_\delta(n_3)$ และในการดำเนินการในขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุง

ตำแหน่งของหมาป่าสีเทาโดยอิงตามโครงสร้างลำดับขั้น ขั้นตอนนี้นั้นประกอบด้วย การปรับปรุงฝูงหมาป่าสีเทา (ตัวอย่างในการแบ่งเป็น 3 กลุ่ม) ของแต่ละกลุ่ม โดย $x_\alpha(n_i)$, $x_\beta(n_i)$ และ $x_\delta(n_i)$ ซึ่งอาจจะมีการช่วยกันกำหนดตำแหน่งจากหมาป่าสีเทาที่นำฝูงทุกตัว ดังแสดงในสมการที่ 13

$$x(t+1) = \frac{x\alpha(n_i) + x\beta(n_i) + x\delta(n_i)}{3} \quad (13)$$

โดย GWO โดยการแบ่งฝูงหมาป่าสีเทาออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ใช้ $i=1, 2$ และ 3 กลุ่มย่อย ใช้ $i=1, 2, 3$

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 รูปแบบการวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่เหมาะสมของวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา โดยการแบ่งกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทาเป็น 2-3 กลุ่ม จากเดิมมีแค่กลุ่มเดียว รวมถึงการได้นำวิธี GWO ที่ปรับปรุงไปประยุกต์ใช้กับการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะกรณีศึกษาหมู่บ้านป่าห้าว หมู่บ้านสันต้นขามและหมู่บ้านดาวดิงส์โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธีการทางเมต้าฮิวริสติกส์ได้แก่ วิธี DEO และวิธี PSO เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาเส้นทาง เวลาและจำนวนรอบในการเดินทางที่เหมาะสม

5.2 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ได้ทำการจัดเส้นทางรถเก็บขยะและขนส่งขยะโดยยานพาหนะภายในเขตหมู่บ้านป่าห้าว หมู่บ้านสันต้นขามและหมู่บ้านดาวดิงส์ จำนวน 3 หมู่บ้าน และกำหนดจุดเก็บขยะเป็น 52 จุด ในการเก็บขยะ โดยผู้ที่สามารถอนุเคราะห์ข้อมูลให้ในครั้งนี้คือหัวหน้าตัวแทนผู้จัดเก็บขยะของหมู่บ้านป่าห้าว หมู่บ้านสันต้นขามและหมู่บ้านดาวดิงส์โดยทางผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลที่ตำแหน่งจัดเก็บขยะโดยการเก็บตำแหน่ง และปริมาณขยะ

5.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย Google Maps, MATLAB R2018b และข้อมูลพิกัด/ระยะทาง

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กำหนดปัญหา และการแก้ปัญหา การดำเนินการในการจัดเส้นทาง การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการฝูงหมาป่าสีเทาแบบวัตถุประสงค์เดียว (Single objective) โดยการเพิ่มกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทาออกเป็น 2-3 กลุ่ม จากเดิมเป็นฝูงหมาป่าสีเทาแค่กลุ่มเดียว เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดและสามารถยอมรับได้

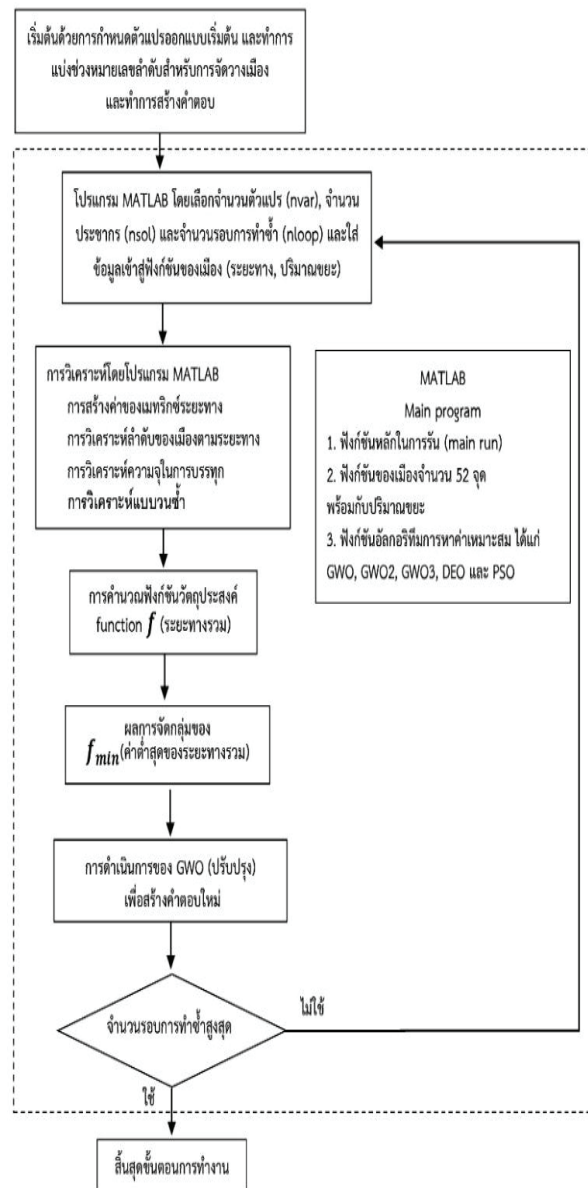
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่ในเขตหมู่บ้านป่าห้าว หมู่บ้านสันต้นขามและหมู่บ้านดาวดิงส์เพื่อทำการเก็บรวบรวม

ข้อมูลเส้นทาง เวลา จำนวนรอบการเก็บขยะของพนักงานเก็บขยะ และปริมาณของขยะที่ทำการเก็บในด้านปริมาตร โดยเส้นทางการเดินรถไปยังตำแหน่งต่างนั้น จะใช้เว็บไซต์ Google Maps เพื่อช่วยคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดต่างๆ โดยทางผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทาง และระยะที่ใช้ในการเดินรถจริงเทียบกับค่าที่ได้จาก Google Maps เป็นค่าที่ตรงกัน

3. สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะกรณีศึกษาหมู่บ้านป่าห้าว หมู่บ้านสันต้นขามและหมู่บ้านดาวดิงส์โดยประยุกต์ใช้วิธีการทางเมต้าฮิวริสติกส์โดยพิจารณาระยะทางในการเดินทางน้อยที่สุด ระยะเวลาน้อยที่สุด และจำนวนรอบในการเก็บขยะน้อยที่สุด

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ คอมพิวเตอร์ และโปรแกรม MATLAB Version R2018b สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยศึกษาขั้นตอนวิธีการฝูงหมาป่าสีเทาแบบวัตถุประสงค์เดียวในปัญหาทางการตัดสินใจดำเนินการ ได้แก่ ปัญหาการตัดสินใจโดยใช้วิธีการที่เหมาะสม การหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ จากนั้นเริ่มประชากรหมาป่าสีเทา เริ่มต้นโดยที่ a คือ ค่าที่ลดลงเชิงเส้นจาก 2 ถึง 0 ในรอบการทำงาน, $A \in [-1,1]$ และ $C = 2r$ เมื่อ $r \in [0,1]$ การคำนวณหาความเหมาะสมของตัวแทนการค้นหาแต่ละราย แบ่งกลุ่มเป็น 2-3 กลุ่ม โดยทำการวิเคราะห์หาผลเฉลยที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทาแบบเดิม และแบบแบ่งกลุ่มเป็น 2-3 กลุ่ม รวมถึง วิธี DEO วิธี PSO แล้วทำการเปรียบเทียบกับเส้นทางเดิมของการเดินรถเก็บขยะ ซึ่งมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์และค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ขนาดประชากร ($nsol = 200$) จำนวนสูงสุดของการวนซ้ำ ($nloop = 1,000$) ซึ่งจำนวนผลในการประเมิน (Evaluation) อยู่ที่ 200,000 ครั้ง โดยมีกระบวนการในการหาค่าที่เหมาะสมในการหาผลเฉลยของดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นตอนของโปรแกรมการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ

6. ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการพัฒนา และปรับปรุงประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทาสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะมีรายละเอียดดังนี้

6.1 การพิจารณาการแบ่งกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทา

ในการพิจารณาวิธีการ GWO นั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสามารถพิจารณาการปรับปรุง

ในวิธีฝูงหมาป่าสีเทาในส่วนของการทำงานที่เหมาะสมจากการพิจารณาถึงการแบ่งกลุ่มฝูงหมาป่าสีเทา 2-3 กลุ่ม โดยสามารถแบ่งพิจารณารูปแบบของสมการออกได้เป็น 3 รูปแบบได้แก่

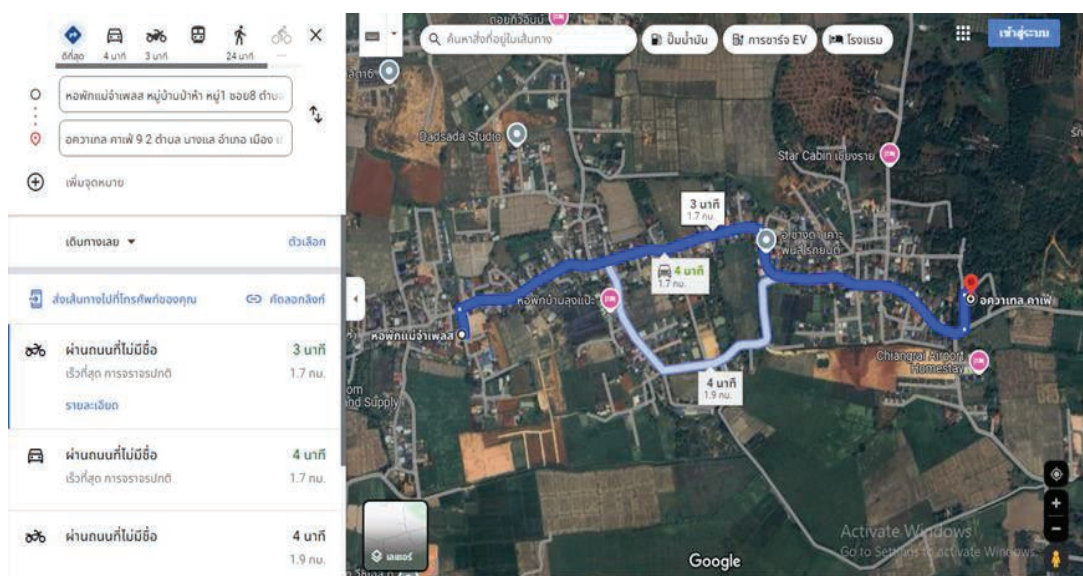
1. วิธีการ GWO แบบเดิม (มี 1 กลุ่ม)
2. วิธีการ GWO2 แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม
3. วิธีการ GWO3 แบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม

โดยการกำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้นได้แก่ Population size จำนวนประชากรฝูงหมาป่าสีเทา จำนวน 200 ตัว, Maximum number of iterations จำนวนรอบในการวนซ้ำสูงสุด จำนวน 1,000 รอบ และจำนวนตัวแปรออกแบบ (Number of dimensions or variables) ในรูปแบบของปัญหาเป็นแบบ VRP นั้นจำนวนของตัวแปรจะเท่ากับจำนวนเมือง และกำหนดจำนวนการทำซ้ำ (repetitions) 25 รอบ โดยได้ใช้กับวิธี DEO และ PSO เช่นเดียวกัน

6.2 ลักษณะการจัดการขยะมูลฝอยของหมู่บ้าน

โดยในปัจจุบัน ผู้จัดเก็บขยะของหมู่บ้านป่าห้าวหมู่บ้านสันตันขามและหมู่บ้านดาวดิงส์ ได้มีการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยมีพื้นที่ความรับผิดชอบในการจัดเก็บขยะทั้ง 3 หมู่บ้าน และกำหนดจุดเก็บขยะเป็น 52 จุด มีรถบรรทุกสำหรับบรรทุกขยะ จำนวน 1 คัน บรรทุกได้ 8.40 ลูกบาศก์เมตร มีการเก็บขยะทุกวันเสาร์ของแต่ละสัปดาห์ โดยเริ่มทำงานตั้งแต่ 7.00 น.

จนถึง 18.00 น. โดยการหาระยะทางในการจัดเก็บขยะในแต่ละจุดเพื่อนำมาสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะทาง โดยผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ และลงภาคสนามในการดำเนินงานจัดเก็บขยะของหมู่บ้านในแต่ละเส้นทางการเดินทาง และนำเว็บไซต์ Google Maps เพื่อช่วยคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดต่างๆ ที่สำคัญในการจัดเก็บขยะดังภาพที่ 7 เมื่อคำนวณหาระยะทางตามจุดต่างๆ โดยการนำเอาข้อมูลนั้นมาสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะทาง เพื่อนำไปคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดต้องนำใช้ข้อมูลจากจุดพิกัดหรือหมุดในแผนที่โดยระยะทางแต่ละจุดแสดงในตาราง Distance metrix (Winyangkul et al., 2025) รวมถึงได้ได้ประมาณปริมาณขยะโดยเฉลี่ยในการเก็บแต่ละจุด และนำมารวมกันอยู่ที่ 21.84 ลูกบาศก์เมตร โดยการพิจารณาที่ปริมาตรของขยะแทนน้ำหนักเนื่องจากความสามารถในการบรรทุกของรถขยะจะถึงความสามารถด้านปริมาตรของรถก่อน



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการหาระยะทางด้วย Google Maps
ที่มา: Google Maps (2025)

6.3 ผลการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมและวิธีเมต้าฮิวริสติกส์

การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดยานพาหนะในการปฏิบัติงาน โดยทางผู้จัดเก็บขยะทำการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะโดยอาศัยประสบการณ์ และความคุ้นเคยในการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบเดิมของหมู่บ้าน สังเกตได้ว่า การจัดเส้นทางเดินรถไม่เป็นระบบที่ชัดเจน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้ นำเสนอการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะด้วยวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ ได้แก่ การพัฒนา และปรับปรุงประสิทธิภาพการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการ

ฝูงหมาป่าสีเทา 2-3 กลุ่ม รวมถึง GWO แบบเดิม และวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง รวมถึงวิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค เพื่อทำการเปรียบเทียบหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทาง การจัดเก็บขยะของหมู่บ้าน เพื่อนำไปปรับปรุงการดำเนินงานของหมู่บ้านในอนาคต และยังทำให้การวางแผนการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะที่ชัดเจนขึ้น ส่งผลให้ระยะทางในการขนส่งขยะลดลง และระยะเวลาในการดำเนินงานลดลงตามไปด้วย จากผลการวิเคราะห์ และทำการเปรียบเทียบ การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะ

	การเปรียบเทียบ					
	แบบเดิม	DEO	PSO	GWO	GWO2	GWO3
จำนวนรอบในการจัดเก็บขยะ(รอบ)	4	4	4	4	4	4
$f_{\min}$ ระยะทาง (เมตร)	72,200	62,970	62,550	61,150	60,250	58,350
$f_{\max}$ ระยะทาง (เมตร)	72,200	92,140	71,355	75,360	68,970	64,150
ค่าเฉลี่ย (เมตร)	72,200	76,850	65,581	69,187.5	64,112.5	61,852.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STD.)	-	10,592.84	2,642.32	5,014.47	2,289.81	1,351.76
Confidence interval 95%	-	76,850 $\pm 4,152.39$	65,581 $\pm 1,035.79$	69,187.5 $\pm 1,965.67$	64,112.5 ± 897.61	61,852.4 ± 529.89

จากตารางที่ 1 พบว่า การจัดเส้นทาง การจัดเส้นทางเก็บขยะ โดยเปรียบเทียบระหว่าง วิธีแบบเดิม และ วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ ได้แก่ DEO, PSO, GWO, GWO2 และ GWO3 ผลลัพธ์ที่ได้ของวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ดีกว่าแบบเดิม โดยสามารถลดระยะทางเฉลี่ยในการเก็บขยะลงได้ โดยเฉพาะอัลกอริธึม GWO3 ที่ได้รับการพัฒนาให้แบ่งฝูงหมาป่าสีเทาออกเป็นสามกลุ่ม ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ทั้งในด้านระยะทางต่ำสุด (58,350

เมตร), ค่าเฉลี่ยระยะทางต่ำที่สุด (61,852.4 เมตร) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (1,351.76 เมตร) และ Confidence interval ที่ 95% อยู่ที่ ± 529.89 แสดงถึงความสม่ำเสมอและความเสถียรของผลลัพธ์ที่ได้ GWO2 และ GWO ก็ให้ผลลัพธ์ที่ดีเช่นกัน ขณะที่ PSO และ DEO แม้จะสามารถหาคำตอบที่ดีกว่าแบบเดิมได้ แต่มีค่าความแปรผันค่อนข้างสูง โดยเฉพาะ DEO ที่มีค่าเบี่ยงเบนสูงถึง 10,592.84 เมตร

สะท้อนถึงความไม่น่าเชื่อถือของผลลัพธ์ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการพัฒนา และปรับปรุงประสิทธิภาพ การหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา โดยเฉพาะ GWO3 มีความเหมาะสมมากที่สุด ในการนำไปประยุกต์ใช้กับการวางแผนเส้นทางเดินรถ เก็บขยะ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลลัพธ์

ที่มีความเสถียรและน่าเชื่อถือสูงกว่าวิธีอื่นๆ โดย ผลของการหาค่าเส้นทางเก็บขยะโดยวิธี GWO3 สามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 2 โดยจะแสดงเส้นทาง การเดินรถไปยังตำแหน่งที่เก็บขยะ จำนวนในการ บรรทุก ระยะทางเดินรถ ในแต่ละรอบ

ตารางที่ 2 ตารางเส้นทางที่ปรับปรุงด้วยวิธี GWO3

รอบที่	เส้นทางเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง เดินรถ (เมตร)
1	1-3-5-6-8-10-11-13-17-18-19-20-1	8.30	17,380
2	1-21-22-23-24-25-26-27-28-30-33-34- 36-37-38-39-40-41-42-43-47-48-1	8.34	16,580
3	1-49-50-29-31-32-9-16-15-14-44-35-45-46-1	8.29	13,850
4	1-52-2-4-7-12-51-1	6.83	10,540
รวมทั้งหมด		31.76	58,350

7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

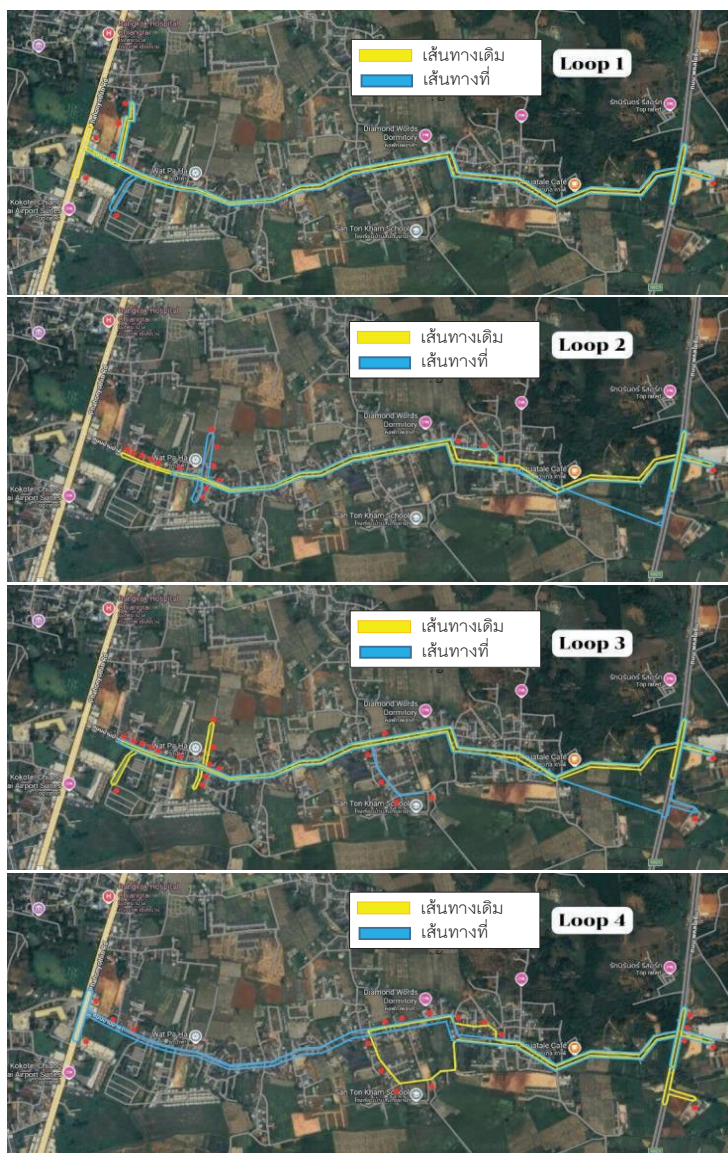
การวิจัยการพัฒนา และปรับปรุงประสิทธิภาพ การหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการฝูงหมาป่าสีเทา สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ โดยการ ปรับปรุงเพิ่มฝูงหมาป่าสีเทา โดยการเพิ่มกลุ่ม ฝูงหมาป่าสีเทาออกเป็น 2-3 กลุ่ม แล้วนำมาประยุกต์ ใช้สำหรับโรงกำจัดขยะ ผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงอัลกอริธึม GWO โดยการแบ่ง ฝูงหมาป่าสีเทาออกเป็น 2-3 กลุ่มย่อย (GWO2 และ GWO3) ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการหาคำตอบ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ GWO3 ที่สามารถ ลดระยะทางของการจัดเส้นทางเก็บขยะได้มากที่สุดถึง 19.18% ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม และภาพที่ 8 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเพิ่มความสามารถทั้งด้านการสำรวจ และการหาประโยชน์จาก คำตอบที่ดีแล้ว ของพื้นที่ค้นหา การค้นพบนี้สอดคล้อง กับงานของ Mirjalili et al. (2014) ที่อธิบายว่า GWO

มีความสามารถในการสร้างสมดุลระหว่างการสำรวจ และการหาประโยชน์ แต่เมื่อโครงสร้างของอัลกอริธึม ถูกปรับให้มีหลายกลุ่มย่อย กระบวนการสำรวจ ยิ่งกระจายตัวได้ดีกว่าเดิม ส่งผลให้ลดโอกาสในการ ติดกับดักคำตอบเฉพาะที่

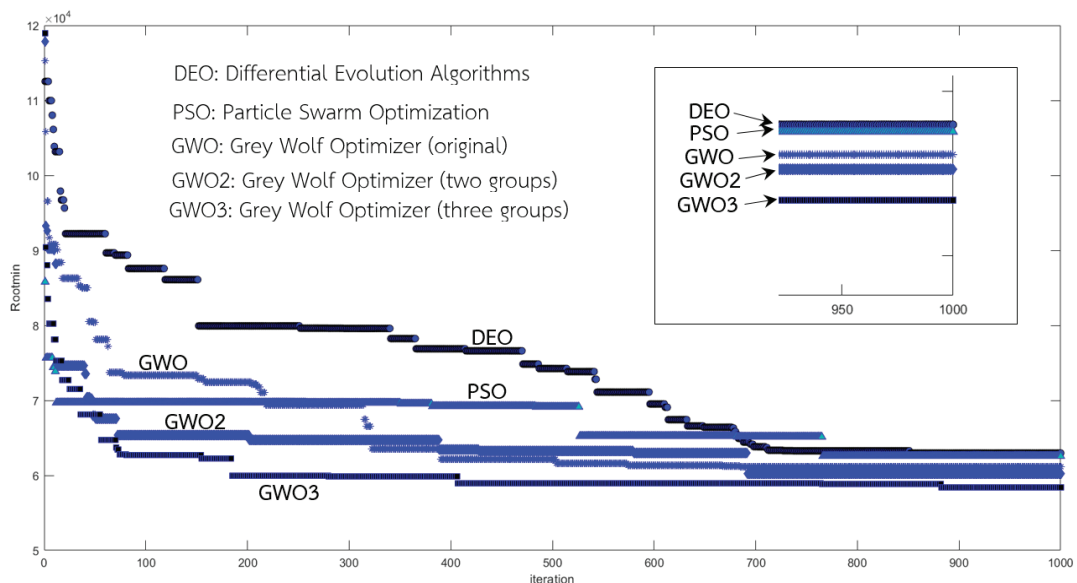
เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่า หลายงานได้เน้นการประยุกต์ใช้เมตาฮิวริสติกส์ เช่น PSO และ DEO สำหรับปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่ง ซึ่งแม้จะสามารถปรับปรุงผลลัพธ์ได้ แต่ก็มี ข้อจำกัดด้านความเสถียร และความสามารถในการ ลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีอย่างสม่ำเสมอ (Eberhart & Kennedy, 1995; Storn & Price, 1997) ตรงกันข้าม ผลการวิจัยนี้พบว่า GWO3 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STD) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอัลกอริธึมอื่น ๆ ซึ่งสะท้อน ถึงความน่าเชื่อถือและเสถียรภาพสูงกว่าในบริบทของ การจัดเส้นทางเก็บขยะ

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบระยะทางแบบเดิมกับเส้นทางที่ปรับปรุง

การจัดเส้นทาง	ระยะทาง
แบบเดิม	72,200
GWO3	58,350
ผลต่าง	13,850
คิดเป็นร้อยละ	19.18



ภาพที่ 8 เส้นทางรถเก็บขยะแบบเดิม เทียบกับแบบที่ปรับปรุง (โดยแสดงเป็นเส้นทางทั้งหมด 4 เส้นทาง โดยเส้นสีเหลืองคือเส้นทางเดิม และเส้นสีฟ้าคือเส้นทางที่ปรับปรุงที่ได้จาก GWO3)
ที่มา: Google map (2568)



ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ที่ใช้ในการจัดเส้นทางเก็บขยะ
(nsol=200, nvar=51, nloop=1,000)

การวิเคราะห์ความสามารถในการหาคำตอบโดย GWO3 มีการหาคำตอบเร็วที่สุดภายในประมาณ 200–300 iteration ดังแสดงในภาพที่ 9 และมีระยะทางลดลงต่อเนื่อง และคงที่เร็วโดยค่าคำตอบต่ำสุด และเสถียรที่สุด ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงทั้งในด้านความเร็วและความแม่นยำในการหาคำตอบ ผลของความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของอัลกอริธึมโดยพิจารณาจาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STD) จะเห็นว่า GWO3 มีค่า STD ต่ำที่สุดบ่งชี้ว่าคำตอบที่ได้มีการกระจายตัวน้อย ไม่แกว่งมากมีความน่าเชื่อถือสูงที่สุด

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดทางทฤษฎีของงานโดย Yang (2010) ที่อธิบายว่า อัลกอริธึมเชิงเมตาฮิวริสติกส์จะมีประสิทธิภาพสูงสุดก็ต่อเมื่อสามารถรักษาสสมดุลระหว่างการสำรวจพื้นที่ใหม่และการหาประโยชน์จากพื้นที่ที่พบแล้ว การแบ่งฝูงหมาป่าออกเป็นหลายกลุ่มช่วยให้การสำรวจครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขึ้น ขณะที่ยังคงรักษาความเข้มข้นในการหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงในบางพื้นที่ จึงอธิบายได้ว่าทำไม GWO3 จึงสามารถ

หาคำตอบได้เร็วและเสถียรมากกว่า เมื่อพิจารณาในเชิงการประยุกต์ใช้ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้ใช้กระบวนการปรับปรุงอัลกอริธึมก่อให้เกิดความเสี่ยงทั้งด้านระยะทางและต้นทุนโลจิสติกส์ การปรับใช้ GWO ที่ได้รับการพัฒนาจึงไม่เพียงแต่เพิ่มประสิทธิภาพเชิงคำนวณ แต่ยังมี ความหมายในเชิงปฏิบัติการที่สามารถช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระบบการจัดการขยะ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Toth และ Vigo (2014) ที่เน้นว่าการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดค่าใช้จ่าย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ

โดยสรุป ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาโครงสร้างอัลกอริธึม GWO ให้มีความยืดหยุ่นและสามารถสำรวจพื้นที่ค้นหาได้อย่างทั่วถึงมากขึ้น เพื่อแก้ไขข้อจำกัดที่งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ระบุไว้เกี่ยวกับการติดกับดักคำตอบเฉพาะที่ และความไม่เสถียรของผลลัพธ์ที่ได้จากเมตาฮิวริสติกส์อื่น ๆ และเมื่อพิจารณาถึงการลดระยะทางในการเก็บ

ขยะไม่เพียงช่วยประหยัดต้นทุนเชื้อเพลิง และค่าบำรุงรักษายานพาหนะ แต่ยังเพิ่มประสิทธิภาพด้านเวลาและการจัดการทรัพยากร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อเศรษฐกิจท้องถิ่น เนื่องจากช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นและเพิ่มความคุ้มค่าในการดำเนินงาน ขณะเดียวกัน การลดระยะทางยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศ ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในระยะยาว แนวทางนี้สอดคล้องกับหลักการที่เน้นทั้งความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ และการรักษาสิ่งแวดล้อม

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การประยุกต์ใช้ในระบบบริหารจัดการขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานภาครัฐ หรือเทศบาลที่มีหน้าที่จัดเก็บขยะ สามารถนำอัลกอริธึม GWO3 ไปใช้ในการวางแผนเส้นทางเดินรถ

เก็บขยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานทางด้านการประมาณการปริมาณขยะที่อาจคลาดเคลื่อนในทางปฏิบัติ จึงส่งผลกระทบต่อความสามารถในการบรรทุกตังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณขยะรายวันที่แตกต่างกันภายในจุดเดิมในปริมาณที่มากจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลงมาดำเนินการในการจัดเส้นทางใหม่

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในด้านรายละเอียดของปริมาณขยะ ระยะเวลาในการดำเนินการ รวมถึงข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง
2. ควรมีการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมถึงเรื่องค่าใช้จ่าย และต้นทุนการขนส่งขยะมูลฝอยเพิ่มด้วย เพื่อช่วยวิเคราะห์ต้นทุน และค่าใช้จ่ายด้านการจัดเก็บขยะของหมู่บ้านได้ชัดเจนมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Abdollahzadeh, B., Soleimanian Gharehchopogh, F., & Mirjalili, S. (2021). Artificial gorilla troops optimizer: A new nature-inspired metaheuristic algorithm for global optimization problems. *International Journal of Intelligent Systems*, 36(10), 5887–5958.
- Boualem, S. M., Meftah, B., & Debbat, F. (2022). Solving travelling salesman problem using a modified grey wolf optimizer. In M. Hatti (Ed.), *Artificial intelligence and heuristics for smart energy efficiency in smart cities* (Vol. 361, pp. 708–716). Springer.
- Chen, Y., & Wang, J. (2020). A modified binary grey wolf optimizer for the hazardous waste collection vehicle routing problem. *Waste Management*, 106, 213–226.
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80–91.
- Diastivena, D., Wahyuningsih, S., & Satyananda, D. (2021). Grey Wolf Optimizer algorithm for solving the multi depot vehicle routing problem and its implementation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1872(1), 012001.

- Eberhart, R., & Kennedy, J. (1995, October). A new optimizer using particle swarm theory. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, (pp. 39–43). IEEE.
- Gupta, S., & Sharma, R. (2022). An enhanced grey wolf optimizer for electric vehicle routing problem with time windows considering battery consumption. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129858.
- Hu, P., Pan, J.-S., & Chu, S.-C. (2020). Improved Binary Grey Wolf Optimizer and Its application for feature selection. *Knowledge-Based Systems*, 195, 105746.
- Huang, G., Qi, Y., Cai, Y., Luo, Y., & Huang, H. (2024). A Grey Wolf Optimizer Algorithm for Multi-Objective Cumulative Capacitated Vehicle Routing Problem Considering Operation Time. *Biomimetics*, 9(6), 331.
- Ibrahim, A. M., Tawhid, M. A., & Won, D. (2022). A hybrid grey wolf optimizer and tabu search algorithm for the recyclable waste collection routing problem. *Applied Soft Computing*, 119, 108585.
- Jayabarathi, T., Raghunathan, T., Adarsh, B. R., & Suganthan, P. N. (2016). Economic dispatch using hybrid grey wolf optimizer. *Energy*, 111, 630–641.
- Jayakumar, N., Subramanian, S., Ganesan, S., & Elanchezhian, E. B. (2016). Grey wolf optimization for combined heat and power dispatch with cogeneration systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 74, 252–264.
- Komaki, G. M., & Kayvanfar, V. (2015). Grey Wolf Optimizer algorithm for the two-stage assembly flow shop scheduling problem with release time. *Journal of Computational Science*, 8, 109–120.
- Kumar, V., Kalra, M., & Singh, D. (2021). A hybrid grey wolf optimizer with local search for capacitated vehicle routing problem. *Expert Systems with Applications*, 173, 114659.
- Li, X., & Zhao, Y. (2023). Grey wolf optimizer with reinforcement learning for dynamic waste collection vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108853.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46–61.
- Muangkote, N., Sunat, K., & Chiewchanwattana, S. (2014). An improved grey wolf optimizer for training q-Gaussian Radial Basis Functional-link nets. *2014 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, 209–214.
- Reinelt, G. (1991). TSPLIB—A traveling salesman problem library. *ORSA Journal on Computing*, 3(4), 376–384.
- Shaheen, A., Sleit, A., & Al-Sharaeh, S. (2018). A solution for traveling salesman problem using grey wolf optimizer algorithm. *J. Theor. Appl. Inf. Technol*, 96(18), 6256–6266.

- Song, X., Tang, L., Zhao, S., Zhang, X., Li, L., Huang, J., & Cai, W. (2015). Grey Wolf Optimizer for parameter estimation in surface waves. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 75, 147–157.
- Sopto, D. S., Ayon, S. I., Akhand, M. A. H., & Siddique, N. (2018). Modified Grey Wolf Optimization to Solve Traveling Salesman Problem. *2018 International Conference on Innovation in Engineering and Technology (ICIET)*, 1–4.
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution – A simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of Global Optimization*, 11(4), 341–359.
- Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2014). *Vehicle routing: Problems, methods, and applications* (2nd ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Winyangkul, S., Kamtaeja, S., Chaiwongsakda, N., Sukkay, S., & Saengsuwan, T. (2025, September 5). *Data grey wolf optimization algorithm*. Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University. https://www.ind.crru.ac.th/data/Data_GreyWolfOptimization.pdf
- Yang, X. S. (2010). *Nature-inspired metaheuristic algorithms* (2nd ed.). Frome, UK: Luniver Press.
- Zhang, G., Li, Y., & Zhang, W. (2019). A multi-phase grey wolf optimizer for multi-depot vehicle routing problem in e-waste collection. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1188–1201.

วิธีอ้างอิงบทความนี้: วรตธา อุทยารัตน์, กนกกาญจน์ ปวนคำต้อ, อุระวดี อินทเกตุ และ บัญชา อริยะจรรยา (2569). การออกแบบผังคลังสินค้าด้วยการจัดกลุ่ม FSN และโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานคลังสินค้า: กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระทะอะลูมิเนียม. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 12(2), 27-45. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.292774>

Received:	August	22, 2025
Revised:	January	31, 2026
Accepted:	June	11, 2026

การออกแบบผังคลังสินค้าด้วยการจัดกลุ่ม FSN และโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานคลังสินค้า: กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระทะอะลูมิเนียม

วรตธา อุทยารัตน์¹, กนกกาญจน์ ปวนคำต้อ², อุระวดี อินทเกตุ³ และ บัญชา อริยะจรรยา^{4*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบผังคลังสินค้าเพื่อปรับปรุงการบริหารคลังสินค้าของโรงงานผลิตกระทะอะลูมิเนียมแห่งหนึ่ง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์จัดแบ่งวัตถุดิบตามความถี่ในการใช้งาน (FSN Analysis) และดำเนินการออกแบบผังคลังสินค้าใหม่ทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ ผังแบบตามแนวขวาง ผังแบบตามแนวยาว และผังแบบ Fishbone จากนั้นสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์และประมวลผลด้วยไมโครซอฟท์เอ็กเซลโซลเวอร์ (Solver) เพื่อกำหนดตำแหน่งของวัตถุดิบลงบนผังคลังสินค้า และทำการเลือกผังที่เหมาะสมที่สุดด้วยการพิจารณา ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์การปรับปรุงประสิทธิภาพคลังสินค้าจากร้อยละการปรับปรุงของระยะทางรวม พื้นที่การจัดเก็บ พื้นที่การใช้ประโยชน์ และการรองรับจำนวนพาเลท ผลการวิจัยพบว่า ผังแบบ Fishbone จะให้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด แต่จะสูญเสียประสิทธิภาพด้านการจัดเก็บ ดังนั้นผังคลังสินค้าแบบตามแนวขวางเป็นผังคลังสินค้าที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับคลังสินค้าของโรงงานกรณีศึกษา เนื่องจากให้ผลลัพธ์การปรับปรุงประสิทธิภาพคลังสินค้าโดยเฉลี่ยจากทุกดัชนีชี้วัดสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 24.12 นอกจากนั้นยังสามารถลดระยะทางการขนถ่ายของวัตถุดิบได้ถึงร้อยละ 10.32 ในขณะที่สามารถเพิ่มพื้นที่การจัดเก็บร้อยละ 25.38 หรือสามารถวางพาเลทได้เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 32.70 และเพิ่มพื้นที่การใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 28.10

คำสำคัญ: การจัดผังคลังสินค้า, การจัดกลุ่ม FSN, โปรแกรมเชิงเส้น, ผัง Fishbone, ระยะทางการเคลื่อนย้ายรวม

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: waratta@eng.buu.ac.th

²⁻³ นิสิตหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: 63050495@go.buu.ac.th, 63050215@go.buu.ac.th

⁴ อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: bancha@eng.buu.ac.th

Warehouse Layout Design Using FSN Analysis and Linear Programming to Enhance Warehouse Operation Efficiency: A Case Study of Aluminum Frying Pan Manufacturing

Waratta Authayarat¹, Kanokkarn PuanKhamtue², Urawadee Intaked³ and Bancha Ariyajunya^{4*}

Abstract

This research aimed to design a warehouse layout to improve the warehouse management of an aluminum cookware manufacturing factory. The study applied the Fast-, Slow-, and Non-moving (FSN) Analysis technique to classify raw materials according to their usage frequency and developed three alternative warehouse layouts: a crosswise layout, a lengthwise layout, and a fishbone layout. Mathematical models were then developed and solved using Microsoft Excel Solver to determine the optimal locations of raw materials within each warehouse layout. The most suitable layout was selected based on the average warehouse performance improvement, evaluated using the percentage improvement in total travel distance, storage area, space utilization, and pallet capacity. The results showed that the fishbone layout provided the shortest total travel distance but reduced storage efficiency. Therefore, the crosswise warehouse layout was the most suitable layout for the case study warehouse because it achieved the highest average warehouse performance improvement across all performance indicators, with an overall improvement of 24.12%. In addition, it reduced the total material handling distance by 10.32%, increased the storage area by 25.38%, increased pallet capacity by 32.70%, and improved space utilization by 28.10%.

Keywords: Warehouse layout, FSN analysis, Linear programming, Fishbone aisle, Total travel distance

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹ Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University,
E-mail: waratta@eng.buu.ac.th

^{2,3} Student of Bachelor of Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University,
E-mail: kanokkanpuan@gmail.com, urawadee09@gmail.com

⁴ Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University,
E-mail: bancha@eng.buu.ac.th

1. บทนำ

ปัจจุบันในสถานประกอบการที่มีการผลิตสินค้าใด ๆ ย่อมมีคลังสินค้าสำหรับจัดเก็บวัตถุดิบเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตหรือจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูปจากกระบวนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการ ทำให้สถานประกอบการต่าง ๆ มีการวางแผนและกำหนดนโยบายที่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน โดยให้มีการจัดเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบคงคลังในปริมาณที่เหมาะสม (จินตนา สีหาพงษ์, 2556) เพื่อป้องกันการขาดแคลนของวัตถุดิบเมื่อต้องการใช้งานอันเนื่องมาจากความแปรปรวนจากการส่งมอบวัตถุดิบจากซัพพลายเออร์ (ธรรมศักดิ์ ค่วยเทศ และคณะ, 2565) จากความต้องการของลูกค้า (คมสัน โสมณวัตร, 2560) หรือจากข้อผิดพลาดในกระบวนการทำงาน ซึ่งการป้องกันปัญหาเหล่านี้ส่งผลต่อการจัดการพื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบในคลังสินค้า และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสูง (ชลมา อินตัน และคณะ, 2558) ดังนั้นการคำนึงถึงการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการใช้หลักการการจัดการคลังสินค้า ตามประเภทมูลค่าสินค้าคงคลัง(ABC) จึงเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มศักยภาพการดำเนินงานในคลังสินค้า (จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์ และคณะ, 2562) โดยมีเป้าประสงค์หลักคือการลดระยะทางในการปฏิบัติงาน การลดเวลาในการค้นหาวัตถุดิบ การควบคุมต้นทุนคลังสินค้า และการป้องกันมิให้วัตถุดิบเกิดความเสียหายภายในคลังสินค้า (Bartholdi & Hackman, 2019)

จากคลังสินค้ากรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษอะลูมิเนียมปัจจุบันมีพื้นที่ใช้ประโยชน์ 2,743.83 ม³

พื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้า 2,344.90 ม³ และสามารถจัดวางพาเลทได้จำนวน 846 พาเลท เมื่อสุ่มตรวจการจัดเก็บวัตถุดิบคงคลังจำนวน 294 พาเลท ในพื้นที่การจัดเก็บขนาดเล็ก (F และ G) จำนวน 174 พาเลท และในพื้นที่การจัดเก็บขนาดใหญ่ (H และ I) จำนวน 120 พาเลท พบว่าการจัดเก็บในพื้นที่ขนาดเล็ก (F และ G) มีปัญหาการปะปนของวัตถุดิบ ปัญหาการซ้อนทับของวัตถุดิบ และปัญหาการวางพาเลทเกินพื้นที่จัดเก็บ โดยในพื้นที่ขนาดเล็ก F พบพาเลทที่เป็นปัญหาจำนวน 53 พาเลทคิดเป็นร้อยละ 60.92 และในพื้นที่ขนาดใหญ่ G พบพาเลทที่เป็นปัญหาจำนวน 46 พาเลท คิดเป็นร้อยละ 52.87 ในส่วนของพื้นที่ขนาดใหญ่ H พบปัญหาการปะปนของวัตถุดิบและปัญหาการซ้อนทับของวัตถุดิบ แต่ไม่พบการวางพาเลทเกินพื้นที่จัดเก็บ โดยพบพาเลทที่เป็นปัญหาจำนวน 21 พาเลทคิดเป็นร้อยละ 28.00 และพื้นที่ขนาดใหญ่ I พบเฉพาะการปะปนของวัตถุดิบเพียงปัญหาเดียวจำนวน 10 พาเลท คิดเป็นร้อยละ 22.22 แสดงข้อมูลดังตารางที่ 1

การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่น (Why-Why Analysis) พบว่าการออกแบบพื้นที่การจัดเก็บของวัตถุดิบในผังคลังสินค้าไม่เหมาะสม เป็นสาเหตุหลักนอกจากนี้ยังพบปัญหาการบริหารพื้นที่ใช้สอยในคลังสินค้าขาดประสิทธิภาพ โดยเน้นใช้การจัดจำตำแหน่งและความคุ้นชินของพนักงานเป็นหลัก ซึ่งนับเป็น การจัดเก็บสินค้าแบบไม่กำหนดตำแหน่งตายตัวทำให้เกิดการเสียเวลาในการค้นหาวัตถุดิบ (Bartholdi & Hackman, 2019)

ตารางที่ 1 การสุ่มตรวจในพื้นที่ของคลังสินค้า

พื้นที่	F	G	H	I	รวม
จำนวนการสุ่มตรวจ (พาเลท)	87	87	75	45	294
การปะปนของวัตถุดิบ (พาเลท)	42	39	19	10	110
(ร้อยละ)	48.28	44.83	25.33	22.22	37.41

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

ตารางที่ 1 การสำรวจในพื้นที่ของคลังสินค้า (ต่อ)

พื้นที่	F	G	H	I	รวม
การซ้อนทับของวัตถุดิบ (พาเลท) (ร้อยละ)	4 4.60	3 3.40	2 2.30	0 0.00	9 3.06
การวางพาเลทเกินพื้นที่ (พาเลท) (ร้อยละ)	7 8.06	4 4.60	0 0.00	0 0.00	11 3.74
รวมปัญหาทั้งหมด (พาเลท) (ร้อยละ)	53 60.92	46 52.87	21 28.00	10 22.22	130 41.74

การแก้ปัญหาประสิทธิภาพการบริหารคลังสินค้าในบริบทธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง (SMEs) ของประเทศไทย บทความส่วนใหญ่เน้นการจัดกลุ่มวัตถุดิบตามมูลค่าสินค้าคงคลัง (ABC) ร่วมกับ กฎเกณฑ์จากประสบการณ์ (Heuristic) เพื่อหาคำตอบที่ดี (จันทรเพ็ญ อนุรักษ์นันท์ และคณะ, 2562; จิรวรรณ เนียมสกุล, 2562; ญัฐพล กำจรจิระพันธ์, 2556) ขณะที่การผสานการจัดกลุ่มวัตถุดิบตามความถี่ในการเบิกจ่าย (FSN) เพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดเก็บวัตถุดิบตามความถี่การเบิกจ่ายให้เหมาะสมมากขึ้น (Kumar et al., 2017) ร่วมกับ โปรแกรมเชิงเส้น (LP) เพื่อหาคำที่เหมาะสมที่สุด (เมธินี ศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2556; รัฐประศาสน์ รักบางแหลม และอัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์, 2565)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบผังคลังสินค้าและปรับปรุงการบริหารจัดการภายในคลังสินค้าให้กับคลังสินค้าของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้หลักการ Fast, Slow, and Non-moving (FSN) Analysis และใช้โปรแกรม เชิงเส้น (Linear Programming) ร่วมกับหลักการการจัดการสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวอย่างใกล้ชิด เพื่อช่วยในการจัดสรรพื้นที่ภายในคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2552) รวมทั้งเพื่อปรับตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าเพื่อหาระยะทางรวม

ที่สั้นที่สุด (เมธินี ศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2556) และดำเนินการออกแบบผังคลังสินค้าใหม่โดยใช้ชั้นวางสินค้า เพื่อเพิ่มพื้นที่การจัดเก็บวัตถุดิบในแนวดิ่ง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ

1. ศึกษาการจัดวางผังคลังสินค้าปัจจุบันและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นของกรณีศึกษาโรงงานผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียม
2. ออกแบบการวางผังคลังสินค้าแบบใหม่เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารคลังสินค้าอย่างน้อย 10% โดยการใช้การจัดกลุ่ม FSN และโปรแกรมเชิงเส้น

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management)

คลังสินค้า (Warehousing) หมายถึง สถานที่สำหรับการจัดเก็บและรักษาสินค้าให้อยู่ในสภาพที่ดีในช่วงเวลาที่สินค้าได้ผลิตเสร็จและรอการจำหน่ายสินค้า (คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2550) ในขณะที่การจัดการคลังสินค้า หมายถึง การควบคุมดูแลทุกอย่างที่อยู่ภายในคลังสินค้า ซึ่งอาจเป็นการจัดเก็บวัสดุใช้สอย สินค้าหรือวัตถุดิบให้มีการไหลลื่น โดยเก็บ

รักษาไว้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและในสภาพที่ดี และมีการจัดสรรพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้า การจัดเรียงสินค้า ให้สามารถค้นหาและตรวจสอบได้ง่าย รวมถึงมีการใช้อุปกรณ์อำนวยความสะดวก เช่น สายพานลำเลียง รถยก และหุ่นยนต์ ในการโยกย้ายสินค้า ภายในคลังสินค้า ซึ่งปริมาณการจัดเก็บสินค้าวัตถุดิบ และวัสดุใช้อย่างอื่น ๆ จะสะท้อนถึงต้นทุนของการเก็บรักษา การเบิกจ่าย และการกระจายสินค้า (ธนิต โสรัตน์, 2552)

3.2 กลยุทธ์การจัดเก็บสินค้า (Storage Strategy)

หากกล่าวถึงกลยุทธ์ในการจัดเก็บสินค้า Tompkins and Smith (1998) แบ่งรูปแบบกลยุทธ์ในการจัดเก็บสินค้าออกเป็น 6 ระบบ ประกอบด้วย (1) ระบบจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System) ซึ่งจะกำหนดให้สินค้าทุกชนิดที่มีรหัสหรือตำแหน่งเดียวกันถูกจัดเก็บในตำแหน่งเดียวกัน (2) ระบบจัดเก็บแบบไม่กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random Location System) เป็นการจัดเก็บสินค้าที่ไม่ต้องการตำแหน่งที่ชัดเจน แต่มีระบบติดตามข้อมูลสินค้าว่าเก็บไว้ในสถานที่ใดหรือตำแหน่งใด (3) ระบบจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ (Informal Location System) เป็นการจัดเก็บสินค้าที่ไม่มีการบันทึกตำแหน่งของสินค้าในระบบ โดยสินค้าทุกชนิดจะถูกจัดเก็บไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ภายในคลังสินค้า จะมีเพียงแต่พนักงานที่ทำงานในคลังสินค้าเท่านั้นที่จะรู้ตำแหน่งสินค้าที่ถูกจัดเก็บ (4) ระบบจัดเก็บแบบเรียงตามรหัสสินค้า (Part Number System) เป็นการจัดเก็บสินค้าแบบใช้รหัสสินค้าในการกำหนดลำดับการจัดเก็บสินค้า เช่น รหัสสินค้าหมายเลข A000 จะถูกจัดเก็บสินค้าก่อนรหัสสินค้าหมายเลข A001 ทำให้สามารถค้นหาสินค้าอย่างรวดเร็วและง่ายต่อการบริหารจัดการคลังสินค้า (5) ระบบจัดเก็บแบบเรียงตามประเภทสินค้า (Commodity System) เป็นการจัดเก็บสินค้าคล้ายกับร้านค้าปลีกทั่วไปที่จัดวางสินค้าตามกลุ่มประเภทเดียวกัน ซึ่งง่ายต่อพนักงานในการหยิบสินค้าและทำให้ทราบตำแหน่ง

ของสินค้าได้รวดเร็ว และ (6) ระบบจัดเก็บแบบผสม (Combination System) เป็นการจัดเก็บที่ผสมผสานและคำนึงถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสินค้าที่จะจัดเก็บ ตำแหน่งของสินค้าจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสินค้า เช่น หากคลังสินค้ามีวัตถุดิบอันตรายหรือสารเคมี และผลิตภัณฑ์อาหาร จะต้องทำการแยกการจัดเก็บวัตถุดิบอันตรายและสารเคมีออกจากอาหาร

3.3 การวางผังคลังสินค้า (Warehouse Layout)

การวางผังคลังสินค้าหรือวัตถุดิบ คือ การกำหนดพื้นที่ของการจัดเก็บวัตถุดิบ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพสูงสุดของการใช้พื้นที่ในคลังสินค้า การเคลื่อนที่ของสินค้าหรือวัตถุดิบ ต้นทุนที่ใช้ทั้งหมดและกระบวนการหรือกิจกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องภายในคลังสินค้า ดังนั้น การบริหารพื้นที่ในการวางผังคลังสินค้าควรออกแบบให้มีช่องทางเดินให้แคบที่สุด แต่ไม่แออัดจนทำงานไม่ได้ การเคลื่อนที่ควรเป็นเส้นตรงที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด และควรหลีกเลี่ยงการวางผังที่มีทางตัน เพื่อการทำงานของพนักงานและการให้บริการแก่ลูกค้าที่ดี (Bartholdi & Hackman, 2019) ตามหลักการของการวางผังคลังสินค้ามีผังคลังสินค้าตามแบบผังมาตรฐานทั้งหมด 3 แบบ มี (1) ผังแบบตามแนวขวาง มีลักษณะการวางช่องเก็บขนานตามแนวขวาง มีข้อดีคือช่วยเพิ่มความสะดวกในการค้นหาวัตถุดิบและการเคลื่อนที่ของรถยก (2) ผังแบบตามแนวยาว มีลักษณะการวางช่องเก็บขนานตามแนวยาว มีข้อดีคือช่วยให้ใช้พื้นที่ในคลังสินค้าได้มากขึ้น และลดความซับซ้อนในการค้นหาสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ (3) ผังแบบ Fishbone มีลักษณะการวางช่องเก็บทั้งตามแนวยาวและตามแนวขวาง สลับกันเป็นแนวทแยง 45 องศา การออกแบบในลักษณะนี้ช่วยเพิ่มความเร็วให้ผู้ควบคุมรถยกสามารถเคลื่อนย้ายสินค้าหรือวัตถุดิบได้สะดวกมากขึ้น ผังแบบนี้สามารถลดเวลาในการเดินทางได้ (Pohl et al., 2011; Çelik & Süral 2014; Bortolini et al., 2020; Zhao et al., 2025)

3.4 การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มสินค้าคงคลัง

โดยทั่วไปการแบ่งกลุ่มสินค้าคงคลังเพื่อการจัดการคลังสินค้านั้น มักจะวิเคราะห์ความสำคัญของสินค้าตามมูลค่าของสินค้าหรือตามความถี่ในการเบิกจ่าย (Stock & Lambert, 2001) ซึ่งการแบ่งสินค้าคงคลังตามมูลค่าจะใช้หลักการวิเคราะห์ที่รู้จักกันดีคือเทคนิคการวิเคราะห์จัดแบ่งวัตถุดิบตามมูลค่าสินค้าคงคลัง (ABC Analysis) และการจัดกลุ่มสินค้าคงคลังตามความถี่ในการเบิกจ่าย (FSN Analysis) ซึ่งเป็นแนวคิดในการจัดกลุ่มของสินค้าโดยพิจารณาอัตราการหมุนเวียนหรือความถี่ในการเบิกจ่าย สินค้าที่อยู่ในกลุ่ม F จะเป็นกลุ่มสินค้าที่มีอัตราการหมุนเวียนเร็วหรือมีความถี่ในการเบิกจ่ายสูงราว 70-75% สินค้าที่จัดอยู่ในกลุ่ม S จะเป็นกลุ่มสินค้าที่มีอัตราการหมุนเวียนช้าหรือมีความถี่ในการเบิกจ่ายปานกลางประมาณ 15-20% และสินค้าที่จัดอยู่ในกลุ่ม N เป็นกลุ่มสินค้าที่ไม่มีการหมุนเวียนหรือมีอัตราการหมุนเวียนหรือมีความถี่ในการเบิกจ่ายต่ำราว 5-10% การจัดกลุ่มสินค้า FSN มักใช้กับการออกแบบผังคลังสินค้าที่ต้องการลดระยะทางการเคลื่อนที่รวม (ปิยะวัฒน์ ปรีดาวัฒน์ และคณะ, 2565; เมธินี ศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2556; Kumar et al., 2017)

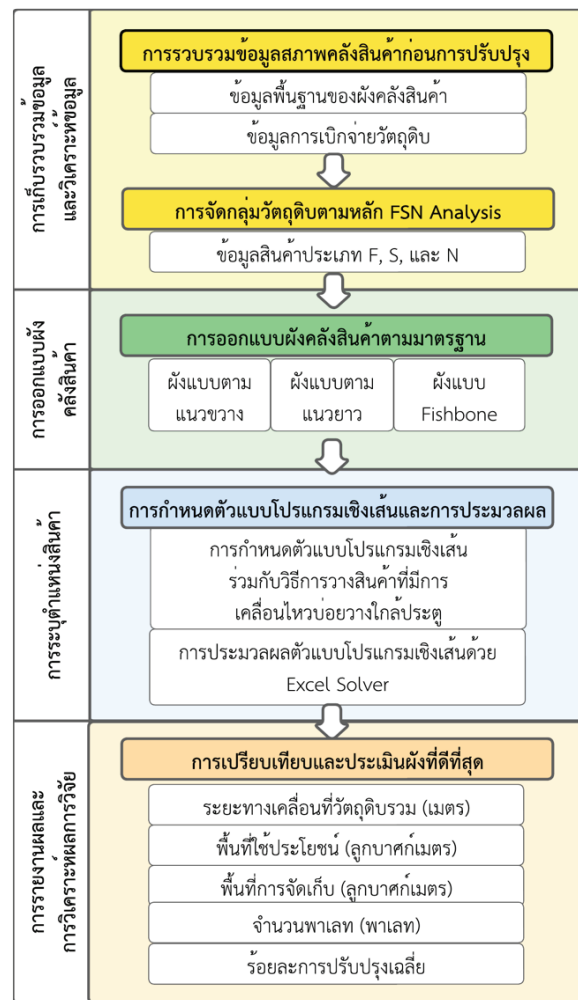
3.5 วิธีการวางสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวบ่อยวางใกล้ประตู (Fastest turning closest to the door Method)

วิธีการนี้ให้ความสำคัญกับสินค้าคงคลังที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยโดยจะกำหนดให้สินค้าหรือวัตถุดิบอยู่ใกล้ประตูเป็นหลัก มักวิเคราะห์ร่วมกับหลักการของตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Method) โดยจะคำนึงถึงข้อมูลความถี่ในการจัดเก็บระยะทางการเคลื่อนที่ของสินค้าจากประตูไปยังพื้นที่จัดเก็บ จำนวนรอบของการนำสินค้าเข้าและออกเพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของการจัดเก็บสินค้าที่ดีที่สุดและให้มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดสำหรับสินค้าแต่ละประเภท (เมธินี ศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2556)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์ (Applied Research) โดยผู้วิจัยได้เลือกศึกษาปัญหาการจัดการคลังสินค้าโรงงานผลิตกระทะอะลูมิเนียมหนึ่งเป็นกรณีศึกษา เพื่อออกแบบการวางผังคลังสินค้าและปรับปรุงรูปแบบการจัดการคลังสินค้าของแผนกคลังสินค้า การศึกษาวิธีการและแนวทางในการแก้ปัญหาของกรณีศึกษาจึงกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) การรวบรวมข้อมูลสภาพคลังสินค้าก่อนการปรับปรุง โดยในขั้นตอนนี้จะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการสุ่มตรวจจำนวนพาเลท ข้อมูลการเบิกจ่ายวัตถุดิบ และข้อมูลพื้นฐานของผังคลังสินค้า (2) การแบ่งกลุ่มวัตถุดิบตามหลัก FSN Analysis ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการเก็บข้อมูลการเบิกจ่ายวัตถุดิบและทำการแบ่งกลุ่มวัตถุดิบตามความถี่ของการเบิกจ่าย เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการกำหนดตำแหน่งของการจัดวางวัตถุดิบ (3) การออกแบบผังคลังสินค้า ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการออกแบบผังคลังสินค้า 3 แบบตามมาตรฐานประกอบไปด้วย ผังแบบตามแนวขวาง ผังแบบตามแนวยาว และผังแบบ Fishbone (4) การระบุตำแหน่งสินค้า โดยใช้หลักการสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวบ่อยวางใกล้ประตูร่วมกับตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาระยะทางรวมในการเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุด เพื่อให้เหมาะสม กับเงื่อนไขของคลังสินค้าโรงงานผลิตกระทะอะลูมิเนียมที่มีประตูลำสำหรับการเคลื่อนย้ายเพียงประตูเดียว และ (5) การเปรียบเทียบและประเมินผังที่ดีที่สุด ในขั้นตอนนี้จะทำการประเมินผลลัพธ์ของผังคลังสินค้าที่ออกแบบทั้ง 3 แบบ โดยพิจารณาจากระยะทางเคลื่อนที่วัตถุดิบรวม (เมตร) พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ (ลูกบาศก์เมตร) พื้นที่การจัดเก็บ (ลูกบาศก์เมตร) และจำนวนพาเลท (พาเลท) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลสำหรับการออกแบบฝั่งคลั่งสินค้าผู้วิจัย ใช้ข้อมูลประชากรของการเบิกจ่ายวัตถุดิบทั้งหมด ในคลั่งสินค้า ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ตั้งแต่ เดือน มีนาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2566 ของโรงงานกรณีศึกษา

4.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) คอมพิวเตอร์ ตั้งโต๊ะ (Intel ® core (TM) i7-6500U CPU@ 2.50 GHz 8GB) สำหรับบันทึกและประมวลผลข้อมูล 2) โปรแกรม SolidWorks สำหรับออกแบบฝั่งคลั่งสินค้า

และประเมินระยะทางการขนถ่ายของวัตถุดิบ 3) ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการจัดฝั่งคลั่งสินค้า 4) โปรแกรม Microsoft Excel (Version 2016) และเครื่องมือ Solver เพื่อใช้ในการประมวลผลตัวเลขเบื้องต้นและการประมวลผลหาคำตอบของตัวแบบคณิตศาสตร์ปัญหาการจัดฝั่งคลั่งสินค้ากรณีศึกษา

การทวนสอบและตรวจสอบความถูกต้องของขั้นตอนการประมวลผลและผลลัพธ์ทำโดยเปรียบเทียบระยะทางรวมการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบที่ได้จากการประมวลผลด้วย Solver กับที่ได้จากการ

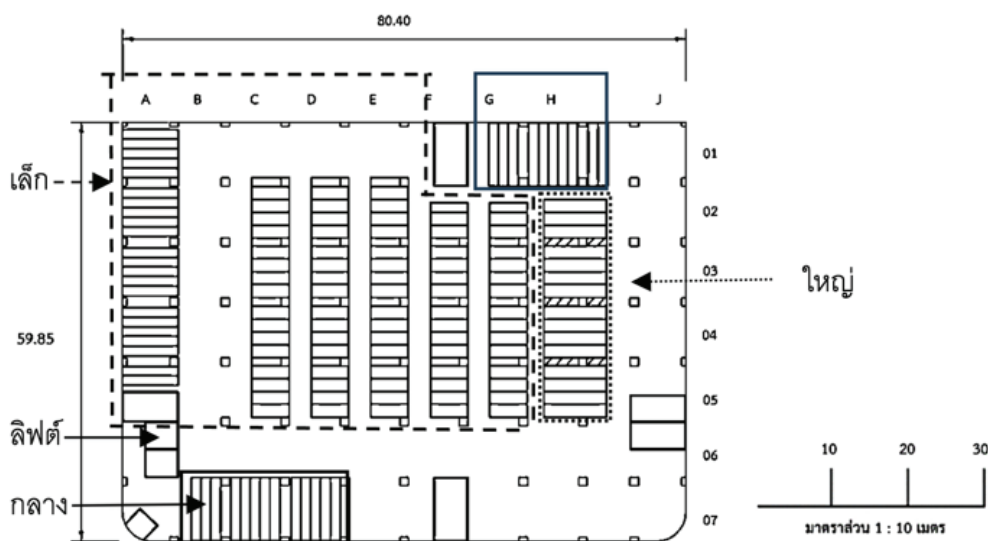
คำนวณโดยการนำผลลัพธ์ของการจัดรูปแบบผังคลังสินค้าไปคำนวณระยะทางรวมการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบตามตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นที่กำหนด

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สภาพคลังสินค้าก่อนการปรับปรุง

พื้นที่ทั้งหมดในคลังสินค้ามีขนาดกว้าง 80.40 เมตร x ยาว 59.85 เมตร x สูง 4.00 เมตร หรือคิดเป็น 19,247.76 ลูกบาศก์เมตร มีลิฟต์ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบจำนวน 1 ตัวอยู่ทางด้านซ้ายล่างของผังคลังสินค้า (แสดงดังภาพที่ 2) พื้นที่การใช้ประโยชน์ของคลังสินค้าในปัจจุบันเท่ากับ 2,743.83

ลูกบาศก์เมตร พื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้าเท่ากับ 2,344.90 ลูกบาศก์เมตร และจำนวนพาเลทที่สามารถจัดวางในพื้นที่จัดเก็บได้จำนวน 846 พาเลท ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในสภาพก่อนการปรับปรุงคลังสินค้านี้ มีการแบ่งพื้นที่การจัดเก็บออกเป็น 3 ส่วน พื้นที่ขนาดใหญ่ สามารถแบ่งเป็นช่องการจัดเก็บวัตถุดิบได้ 15 ช่องและสามารถรองรับพาเลทได้ 120 พาเลท พื้นที่ขนาดกลางแบ่งเป็นช่องการจัดเก็บได้ 18 ช่องและสามารถรองรับพาเลทได้ 158 พาเลท และพื้นที่ขนาดเล็กแบ่งเป็นช่องการจัดเก็บได้ 122 ช่อง และสามารถรองรับพาเลทได้ 588 พาเลท



ภาพที่ 2 ผังพื้นที่คลังสินค้าและการแบ่งขนาดพื้นที่คลังสินค้า (ใหญ่ กลาง และเล็ก)

การระบุพื้นที่การจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้านี้ จะใช้ระบบรหัส 4 หลัก โดยรหัสหลักแรกใช้ตัวอักษร A ถึง J เพื่อระบุพื้นที่การจัดเก็บในแนวตั้ง รหัสหลักที่สองและสาม ใช้ตัวเลข 01 ถึง 07 เพื่อระบุพื้นที่

การจัดเก็บในแนวนอน และรหัสหลักสุดท้าย ใช้ตัวเลข 1 ถึง 5 เพื่อระบุช่องของการจัดเก็บวัตถุดิบ แสดงดังตัวอย่างรหัสการระบุพื้นที่การจัดเก็บสินค้าในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการระบุพื้นที่การจัดเก็บด้วยรหัส

2. ข้อมูลการเบิกจ่ายวัตถุดิบ

คณะผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนการเบิกจ่ายวัตถุดิบระหว่างเดือนมีนาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2566 ทั้งหมด 20 ประเภท และได้เรียงลำดับจำนวนรอบการเบิกจ่ายจากมากไปน้อย ซึ่งพบว่าถุง มีการเบิกจ่ายมากที่สุดเท่ากับ 154 ครั้ง แบริ่งแก๊ต และฟิล์ม มีการเบิกจ่ายมากเป็นลำดับที่สองและสาม และของแถมมีการเบิกจ่ายน้อยที่สุดเท่ากับ 2 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 2

3. การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มวัตถุดิบตามหลัก FSN Analysis

เมื่อพิจารณาข้อมูลความถี่สะสมของการเดินทาง (Cumulative Frequency of Trips) ด้วยการพิจารณาร้อยละจำนวนรอบการเบิกจ่ายวัตถุดิบสะสมทั้งหมด 20 ประเภท คณะผู้วิจัยจึงทำการจัดกลุ่มวัตถุดิบตามหลัก FSN ด้วยเกณฑ์ $F \approx$ ร้อยละ 70–75, $S \approx$ ร้อยละ 15–20, $N \approx$ ร้อยละ 5–10 (ปิยะวัฒน์ ปรีตวัฒน์ และคณะ, 2565; Kumar et al., 2017) ได้ผลการแบ่งกลุ่มวัตถุดิบออกเป็น 3 ประเภท คือ

กลุ่มวัตถุดิบการหมุนเวียนเร็ว (Fast moving: F) มี 7 ประเภทวัตถุดิบ ประกอบด้วย ถุง แบริ่งแก๊ต ฟิล์ม ด้าม หู ฟิล์มดำ และซีพพอร์ด มีจำนวนรอบการเบิกสะสม คิดเป็นร้อยละ 73.38 กลุ่มวัตถุดิบที่มีการหมุนเวียนช้า (Slow moving: S) มี 7 ประเภทวัตถุดิบ ประกอบด้วย กล่อง แกนตัวรอง รองด้าม หมุดย้ำ แหวนรอง ฝา และคู่มือมีจำนวนรอบการเบิกสะสมคิดเป็นร้อยละ 20.67 และกลุ่มวัตถุดิบที่ไม่มีการหมุนเวียน (Non moving: N) มี 6 ประเภทวัตถุดิบ ประกอบด้วย น๊อบ สลิป น็อตการรูด สติกเกอร์และของแถม มีจำนวนรอบการเบิกสะสม คิดเป็นร้อยละ 5.95 แสดงการแบ่งกลุ่มวัตถุดิบตามการหมุนเวียนในคอลัมน์สุดท้ายตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาจำนวนพาเลทเฉลี่ยที่เข้าออกต่อเดือนตามกลุ่มวัตถุดิบพบว่า กลุ่มสินค้าหมุนเวียนเร็ว (F) มีจำนวน 113 พาเลท กลุ่มสินค้าที่มีการหมุนเวียนช้า (S) มีจำนวน 39 พาเลท และกลุ่มสินค้าที่ไม่มีการหมุนเวียน (N) มีจำนวน 10 พาเลท

ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มวัตถุดิบตามหลัก FSN

อันดับ	ประเภท	จำนวนรอบ การเบิกจ่าย (ครั้ง)	จำนวนรอบ การเบิกสะสม	ร้อยละจำนวนรอบ การเบิกสะสม	การจัดกลุ่ม
1	ถุง	154	154	20.81	F
2	แบริ่งแก๊ต	111	265	35.81	F
3	ฟิล์ม	77	342	46.22	F
4	ด้าม	69	411	55.54	F
5	หู	55	466	62.97	F
6	ฟิล์มดำ	44	510	68.92	F
7	ซีพพอร์ด	33	543	73.38	F
8	กล่อง	30	573	77.43	S
9	แกนตัวรอง	26	599	80.95	S
10	รองด้าม	24	623	84.19	S

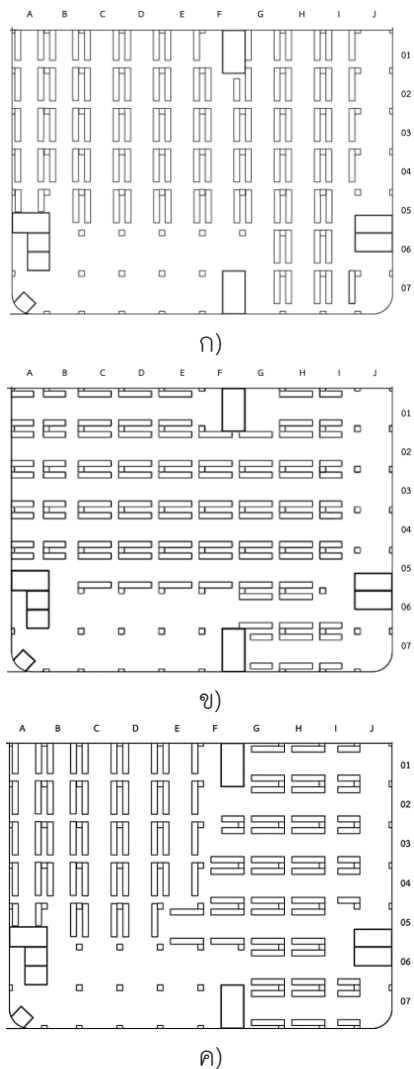
ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มวัตถุดิบตามหลัก FSN (ต่อ)

อันดับ	ประเภท	จำนวนรอบ การเบิกจ่าย (ครั้ง)	จำนวนรอบ การเบิกสะสม	ร้อยละจำนวนรอบ การเบิกสะสม	การจัดกลุ่ม
11	หมุดย้ำ	22	645	87.16	S
12	แหวนรอง	18	663	89.59	S
13	ฝา	17	680	91.89	S
14	คู่มือ	16	696	94.05	S
15	น๊อต	12	708	95.68	N
16	สลิป	10	718	97.03	N
17	น็อต	9	727	98.24	N
18	กาวอุด	6	733	99.05	N
19	สติกเกอร์	5	738	99.73	N
20	ของแถม	2	740	100.00	N

4.5 การออกแบบผังคลังสินค้า

การออกแบบตามผังตามมาตรฐาน 3 แบบ คือผังแบบตามแนวขวาง ผังแบบตามแนวยาว และผังแบบ Fishbone แสดงดังภาพที่ 4 การออกแบบผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบ สามารถกำหนดตำแหน่ง

พื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบ จำนวนพาเลทสำหรับการจัดเก็บวัตถุดิบ และจำนวนชั้นวางสินค้าเพื่อเพิ่มพื้นที่การจัดเก็บวัตถุดิบในแนวตั้ง โดยสามารถสรุปและเปรียบเทียบกับผังคลังสินค้า ณ ปัจจุบัน ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 4 ผังคลังสินค้า ก) แนวขวาง ข) แนวยาว ค) Fishbone

ตารางที่ 3 พื้นที่การใช้ประโยชน์

ชนิดผัง	พื้นที่จัดเก็บ (m ³)	จำนวน (พาเลท)	จำนวนชั้นวางสินค้า (ชุด)	
			ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก
ก่อนปรับปรุง	2,344.90	846	-	-
แนวขวาง	2,940.08	1,128	92	3
แนวยาว	2,608.65	1,000	62	32
Fishbone	2,815.88	1,080	80	15

4.6 ตัวแบบและสมการทางคณิตศาสตร์

การประเมินผลการออกแบบผังคลังสินค้า

คณะผู้วิจัยนำผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบ มาทำการกำหนดตำแหน่งของช่องเก็บวัตถุดิบลงบน ผังคลังสินค้านี้ภาพที่ 4 และทดสอบผังคลังสินค้า ที่ระบุตำแหน่งสินค้าเพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุด จากโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) และ สมการตัวแบบเชิงเส้นตามเงื่อนไขที่ปรากฏใน (เมธีศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2556) มาทำการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับผังคลังสินค้า ของโรงงานผลิตกระดาษอะลูมิเนียม ซึ่งมีการใช้ประตู สำหรับเคลื่อนย้ายวัตถุดิบเพียงประตูเดียว โดยการ ใช้ Solver เป็นโปรแกรมแอดอิน (Add-in) ของ ไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ในการ วิเคราะห์ มีตัวแบบและสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย สมการที่ (1) สมการเป้าหมายสำหรับการ หาระยะทางเคลื่อนที่รวมที่สั้นที่สุด สมการที่ (2) สมการขอบข่ายสำหรับความต้องการจำนวนช่อง จัดเก็บของกลุ่มวัตถุดิบ i สมการที่ (3) สมการขอบข่าย สำหรับการกำหนดให้แต่ละช่องจัดเก็บ j ถูกจัดเก็บ อย่างน้อยหนึ่งกลุ่มวัตถุดิบ i สมการที่ (4) สมการ ขอบข่ายสำหรับการกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจเป็น ตัวแปรฐานสอง (Binary Variable) มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

$$\text{Min } T = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N 4f_i t_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^N x_{ij} = q_i \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^M x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (4)$$

กำหนดให้

f_i = ความถี่ของกลุ่มวัตถุดิบ i

t_{ij} = ระยะทางของกลุ่มวัตถุดิบ i จากประตู

ลิฟต์ไปยังกึ่งกลางของช่อง j

q_i = ความต้องการพื้นที่จัดเก็บของกลุ่มวัตถุดิบ i

$x_{ij} = 0$ เมื่อไม่ยอมรับกลุ่มวัตถุดิบ i ไปจัดเก็บ
ยังช่อง j หรือ 1 เมื่อยอมรับกลุ่มวัตถุดิบ i ไปจัดเก็บ
ยังช่อง j

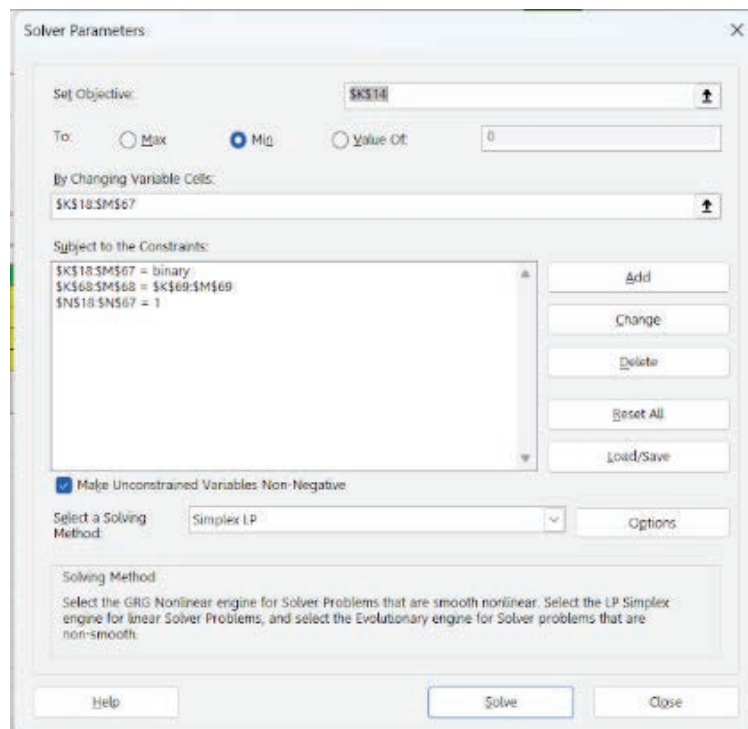
$i = 1$ ถึง M โดยที่ M คือ กลุ่มวัตถุดิบ

$j = 1$ ถึง N โดยที่ N คือ ช่อง

ค่าคงที่ 4 ในสมการเป้าหมาย คือ จำนวน เทียบของแต่ละครั้งของการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุดิบ i จากประตูลิฟต์ไปยังช่อง j โดยการรับและจ่าย พาเลทวัตถุดิบ พนักงานจะเคลื่อนที่จากจุดรับส่ง วัตถุดิบ (ประตู) ไปยังช่องจัดเก็บตำแหน่งเดียว เพื่อ จัดเก็บหรือเบิกกลุ่มวัตถุดิบที่ต้องการพาเลทเดียวและ เคลื่อนที่กลับมายังจุดรับส่งวัตถุดิบ ภายใต้สมมติฐาน แบบ Single-command operations ซึ่งแต่ละครั้ง การเคลื่อนที่จะประกอบด้วยการรับวัตถุดิบ จำนวน 2 เทียบ (ไปและกลับ) และ การจ่ายวัตถุดิบ จำนวน 2 เทียบ (ไปและกลับ)

4.7 การประยุกต์ใช้ Solver บน Microsoft Excel

เครื่องมือ Solver เป็นโปรแกรมส่วนขยาย (Add-in) ของโปรแกรม Microsoft Excel ในการ ประมวลผลหาคำตอบของตัวแบบคณิตศาสตร์ปัญหา การจัดผังคลังสินค้ากรณีศึกษา โดย Solver จะค้นหา ตำแหน่งการจัดเก็บของวัตถุดิบที่เหมาะสม ที่ทำให้ สมการเป้าหมาย (Objective) ได้ผลลัพธ์ระยะทาง การเคลื่อนที่รวมของวัตถุดิบที่สั้นที่สุด (Min) ภายใต้ ข้อจำกัดของพื้นที่จัดเก็บตามสมการขอบข่าย (Subject to the Constraints) ด้วยวิธีการหาคำตอบ ของโปรแกรมเชิงเส้นแบบซิมเพล็กซ์ (Taha, 2011) แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการตั้งค่าตัวแบบคณิตศาสตร์ของกรณีศึกษา ด้วย Excel Solver

5. ผลการวิจัย

เมื่อคำนวณโดยใช้ Solver ได้ผลลัพธ์การยอมรับกลุ่มวัตถุ癖เข้าสู่ตำแหน่งของช่องเก็บวัตถุ癖 แล้วนำผลลัพธ์มากำหนดสีเป็นกลุ่มความถี่ของวัตถุ癖ลงในแผนผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบ ได้แก่ ผังแบบตามแนวขวาง ผังแบบตามแนวยาว และผังแบบ Fishbone จากผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า ผังคลังสินค้าตามแนวขวางใช้พื้นที่ทั้งหมด 50 ช่อง แบ่งเป็นช่องสำหรับวัตถุ癖ประเภท F จำนวน 35 ช่อง ช่องสำหรับวัตถุ癖ประเภท S จำนวน 12 ช่อง และช่องสำหรับวัตถุ癖ประเภท N จำนวน 3 ช่อง ดังภาพที่ 6 ในขณะที่ผังคลังสินค้าตามแนวยาวและ Fishbone มีข้อจำกัด

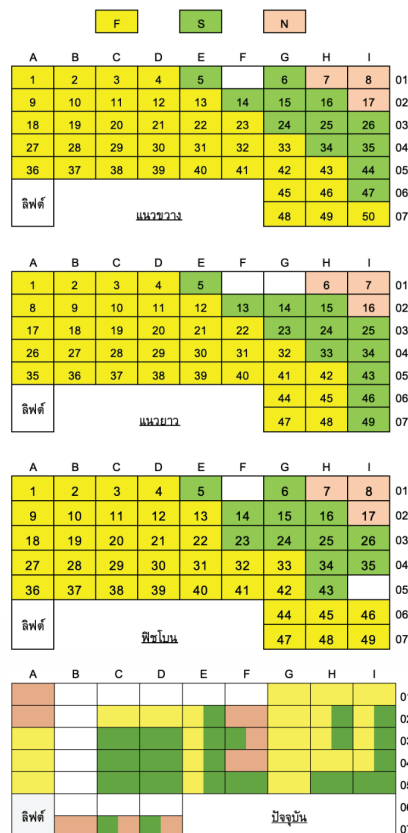
ทางด้านโครงสร้างของคลังสินค้าจึงใช้พื้นที่ทั้งหมด 49 ช่อง แบ่งเป็นช่องสำหรับวัตถุ癖ประเภท F จำนวน 34 ช่อง ช่องสำหรับวัตถุ癖ประเภท S จำนวน 12 ช่อง และช่องสำหรับวัตถุ癖ประเภท N จำนวน 3 ช่อง ดังภาพที่ 6 เมื่อพิจารณาข้อมูลการใช้พื้นที่ และหน่วยผลลัพธ์ของระยะทางรวมที่สั้นที่สุดของผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบ โดยผังตามแนวขวางมีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดเท่ากับ 38,800.15 เมตร (m) ผังตามแนวยาวมีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดเท่ากับ 40,634.76 เมตร และผังแบบ Fishbone มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดเท่ากับ 38,106.10 เมตร แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลลัพธ์การวิเคราะห์ผลการโซลเวอร์ (Solver) ของฟังก์ชันสินค้าทั้ง 3 แบบ

ชนิดผัง	กลุ่มสินค้า			รวม	ระยะทางที่สั้นที่สุด (m)
	F	S	N		
ตามแนวขวาง	35	12	3	50	38,800.15
ตามแนวยาว	34	12	3	49	40,634.76
Fishbone	34	12	3	49	38,106.10

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบ จะพบว่าผังตามแนวขวาง มีระยะทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุโดยรวมเท่ากับ 38,800.15 เมตร พื้นที่การจัดเก็บเท่ากับ 2,940.08 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.38 และมีพื้นที่การใช้ประโยชน์เท่ากับ 3,515.09 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.10 และยังสามารถวางพาเลทได้เท่ากับ 1,128 พาเลท คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.70

ในขณะที่ผังตามแนวยาว มีระยะทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุโดยรวมเท่ากับ 40,634.76 เมตร พื้นที่การจัดเก็บเท่ากับ 2,608.65 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.24 และมีพื้นที่การใช้ประโยชน์เท่ากับ 3,183.66 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.03 และยังสามารถวางพาเลทได้เท่ากับ 1,000 พาเลท คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.64



ภาพที่ 6 ฟังก์ชันสินค้าตามกลุ่มวัตถุ FSN ของผังแนวขวาง แนวยาว Fishbone และ ปัจจุบัน

ท้ายที่สุดผังแบบ Fishbone มีระยะทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุดิบรวมเท่ากับ 38,106.10 เมตร พื้นที่การจัดเก็บเท่ากับ 2,815.88 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.08 และมีพื้นที่การใช้ประโยชน์เท่ากับ 3,390.89 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.58 และยังสามารถวางพาเลทได้เท่ากับ 1,080 พาเลท คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.05 สามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลทั้งหมด ดังตารางที่ 5

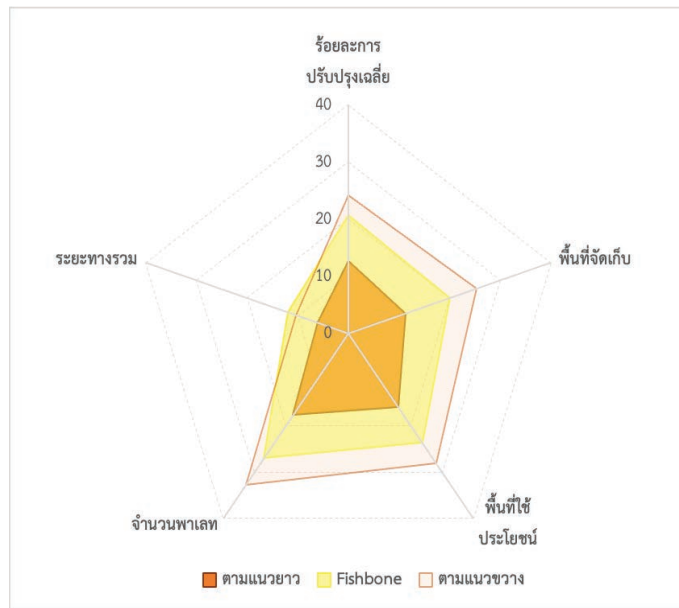
6. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การออกแบบผังคลังสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาของโรงงานผลิตกระดาษอะลูมิเนียม โดยแก้ไขปัญหาผังคลังสินค้าไม่เหมาะสม ซึ่งรากของปัญหาคือ ปัญหาการปะปน ปัญหาการซ้อนทับ และปัญหาการวาง

วัตถุดิบเกินพื้นที่กำหนด ได้มีแนวทางการปรับปรุงแก้ไขรากของปัญหา คือ การใช้หลักการ FSN Analysis และการออกแบบผังคลังสินค้าใหม่ เพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดเก็บวัตถุดิบตามความถี่การเบิกให้เหมาะสมมากขึ้น และมีการเพิ่มขึ้นวางสินค้าเพื่อเพิ่มปริมาณการจัดเก็บวัตถุดิบ หลังจากที่ได้ทำการแบ่งกลุ่มชนิดวัตถุดิบตามหลัก FSN Analysis ได้ทำการออกแบบผังคลังสินค้าใหม่ทั้ง 3 แบบ คือ ผังแบบตามแนวขวาง ผังแบบตามแนวยาว และผังแบบ Fishbone จากนั้นนำผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบ มาประมวลผลหาคำตอบด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ ปัญหาการจัดผังคลังสินค้ากรณีศึกษา โดย Solver จะค้นหาตำแหน่งการจัดเก็บของวัตถุดิบที่เหมาะสมที่ทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุดิบรวมทั้งหมดที่สั้นที่สุด

ตารางที่ 5 สรุปข้อมูลผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบเปรียบเทียบกับผังปัจจุบัน

รูปแบบผังคลังสินค้า	ระยะทางรวม (m)	พื้นที่จัดเก็บ (m ³)	พื้นที่ใช้ประโยชน์ (m ³)	จำนวน (พาเลท)	ร้อยละการปรับปรุงโดยเฉลี่ย
ผังปัจจุบัน	43,264.41	2,344.90	2,743.83	846	-
ตามแนวขวาง ปรับปรุง (ร้อยละ)	38,800.15 10.32	2,940.08 25.38	3,515.09 28.10	1,128 32.70	24.12
ตามแนวยาว ปรับปรุง (ร้อยละ)	40,634.76 6.08	2,608.65 11.24	3,183.66 16.03	1,000 17.64	12.75
Fishbone ปรับปรุง (ร้อยละ)	38,106.10 11.92	2,815.88 20.08	3,390.89 23.58	1,080 27.05	20.66



ภาพที่ 7 แผนภูมิเรดาร์ของร้อยละการปรับปรุงของผังคลังสินค้าทั้งสามแบบ

การเปรียบเทียบข้อมูลผังคลังสินค้าทั้ง 3 แบบ ดังตารางที่ 5 โดยพิจารณาจากระยะทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุดิบรวม พื้นที่การจัดเก็บ พื้นที่การใช้ประโยชน์ และความสามารถในการรองรับของจำนวนพาเลทพบว่า ผังคลังสินค้าที่นำเสนอทั้งสามแบบ มีระยะทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุดิบรวมสั้นกว่าผังปัจจุบันอยู่ระหว่างร้อยละ 6.08 – 11.92 เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งจัดวางวัตถุดิบของผังปัจจุบันไม่ได้คำนึงถึงประสิทธิภาพในการเบิกจ่าย หรือ ความเร็วในการหมุนเวียนของวัตถุดิบ สอดคล้องกับงานวิจัยของเฉลิม บุตรวงศ์ และสุภาวดี สายสนธิ (2566) และ เมธิณี ศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล (2556) โดยผังที่มีระยะทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มวัตถุดิบรวมทั้งหมดที่สั้นที่สุดคือ ผังแบบ Fishbone มีระยะทางเท่ากับ 38,106.10 เมตร เนื่องจากแบบ Fishbone มีช่องทางการขนถ่ายวัตถุดิบแนวทแยงที่สามารถเข้าถึงช่องเก็บวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับผังแบบแนวยาว และแบบแนวขวาง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pohl et al., 2011 และ Dukic & Opetuk, 2012

ในขณะที่ผังแบบตามแนวขวางจะมีพื้นที่การจัดเก็บมากที่สุดเท่ากับ 2,940.08 ตารางเมตร หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.38 มีพื้นที่การใช้ประโยชน์มากที่สุดเท่ากับ 3,515.09 ตารางเมตรหรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.10 และสามารถรองรับจำนวนพาเลทสูงสุดเท่ากับ 1,128 พาเลทหรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.70 เมื่อเทียบกับผังคลังสินค้าปัจจุบัน

เมื่อพิจารณาโดยรวมดังภาพที่ 7 แสดงร้อยละการปรับปรุงของผังคลังสินค้าทั้งสามแบบ สำหรับโรงงานกรณีศึกษาพบว่าผังแบบตามแนวขวางเป็นผังที่มีพื้นที่การจัดเก็บ พื้นที่การใช้ประโยชน์ และสามารถรองรับพาเลทสูงที่สุด ในขณะที่สามารถลดระยะทางการขนถ่ายของวัตถุดิบได้ไม่แตกต่างจากผังแบบ Fishbone และผังแบบตามแนวขวางยังมีผลลัพธ์การปรับปรุงประสิทธิภาพคลังสินค้าโดยเฉลี่ยจากทุกดัชนีชี้วัด ที่สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 24.12

นอกจากนี้ด้วยข้อจำกัดทางด้านโครงสร้างโรงงานกรณีศึกษาผังตามแบบแนวขวาง สามารถมีพื้นที่ใช้ประโยชน์ได้มากกว่าผังแนวยาว และผัง Fishbone ซึ่งทำให้มีพื้นที่จัดเก็บ และจำนวน

พาเลทมากขึ้นไปด้วย ถึงแม้ว่าผังแบบ Fishbone จะสามารถลดระยะการขนถ่ายของวัตถุดิบได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามการเพิ่มเส้นทางการขนถ่ายวัตถุดิบแนวทแยงส่งผลให้ความจุของการจัดเก็บวัตถุดิบ (Storage Capacity) ลดลง (Bortolini et al., 2015; Bortolini et al., 2020) หรือ สูญเสียประสิทธิภาพด้านการจัดเก็บ (Space Loss) (Gue & Meller, 2009; Pohl et al., 2009) ดังนั้นผังแบบตามขวางจึงเป็นผังคลังสินค้าที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษาเมื่อเทียบกับผังคลังสินค้าปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ได้ผานการจัดกลุ่มวัตถุดิบตามความถี่ในการเบิกจ่าย (FSN) ร่วมกับ โปรแกรมเชิงเส้น (LP) เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด และเปรียบเทียบรูปแบบผังคลังสินค้า 3 แบบ ได้แก่ ผังแนวขวาง ผังแนวยาว และผัง Fishbone ในขณะที่บทความส่วนใหญ่เน้นการจัดกลุ่มวัตถุดิบตามมูลค่าสินค้าคงคลัง (ABC) ร่วมกับกฎเกณฑ์จากประสบการณ์ (Heuristic) เพื่อหาคำตอบที่ดีเพียงพอ (จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์ และคณะ, 2562; จิราวรรณ เนียมสกุล, 2562; ณัฐพล กำจรจิระพันธ์, 2556) นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังนำเสนอกรอบการทำงานที่ผ่านการตรวจสอบด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยได้รับการปรับให้เหมาะสมกับความท้าทายด้านการดำเนินงานและโครงสร้างเฉพาะของคลังสินค้าธุรกิจขนาดเล็กถึงขนาดกลางในประเทศไทย ซึ่งมักประสบปัญหาในการควบคุมให้ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติตามแนวทางที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านการวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมช่วยออกแบบผังคลังสินค้า วัดระยะทางของกลุ่มวัตถุดิบ i จากประตูลิฟต์ไปยังกึ่งกลางของช่องเก็บ j เนื่องจากสถานประกอบการมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ จึงไม่สามารถสร้างคลังสินค้าตามแบบที่เสนอได้

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. โรงงานกรณีศึกษาสามารถนำผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ไปพิจารณาการนำไปใช้ร่วมกับการประเมินสภาพสิ่งแวดล้อมและบริบทในการทำงานจริงของการทำงานในคลังสินค้าต่อไปได้ โดยมีแผนการปรับปรุง ดังนี้ (1) ติดตั้งชั้นวางที่ระบุตำแหน่งการจัดเก็บตามระบบรหัส 4 หลัก (2) จัดทำป้าย FSN ที่ช่องเก็บ (3) ปรับเส้นทางเดินโฟร์คลิฟต์ให้สอดคล้องกับข้อกำหนดและความปลอดภัย (4) ประเมินและติดตามผล หลังการปรับใช้ ระยะเวลา 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน

2. ผู้สนใจสามารถใช้วิธีการดำเนินการวิจัยนี้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบผังคลังสินค้าเบื้องต้นที่ใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์และให้ความสำคัญกับความถี่การเบิกจ่าย พื้นที่การจัดเก็บ และระยะทางการเคลื่อนที่ของสินค้าในโรงงานอื่นที่มีลักษณะคลังสินค้าคล้ายกัน

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการจำลองการจราจรในคลังสินค้าโดยคำนึงถึงรูปแบบและเงื่อนไขปัญหาคลังสินค้าหลากหลาย เช่น ผังคลังสินคารูปแบบอื่น ผังที่มีหลายประตู นโยบายการกำหนดเส้นทางความผันผวนของคำสั่งซื้อ หรือ พิจารณาตัวแบบ Stochastic (ความน่าจะเป็น) แทนตัวแบบ Deterministic (ค่าคงที่) และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ประกอบกับการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ อัตราผลตอบแทนการลงทุน และระยะเวลาในการคืนทุน

เอกสารอ้างอิง

- ค่านาย อภิปรัชญาสกุล. (2550). *การจัดการคลังสินค้า*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โพกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิง.
- คมสัน โสมณวัตร. (2560). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินการ และประสิทธิภาพของผู้ประกอบการคลังสินค้าอันตราย. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal Silpakorn University*, 10(2), 2024–2038.
- จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์, ประจวบ กล่อมจิตร, ธนธร ชื่นยินดี และแพรวพรรณ ส่องสุขวัลย์. (2562). การเพิ่มประสิทธิภาพคลังจัดเก็บสินค้าเครื่องดื่ม กรณีศึกษา: บริษัทเครื่องดื่มตัวอย่าง. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 5(1), 49–58.
- จินตนา สีหาพงษ์. (2556). RFID เทคโนโลยีอัจฉริยะกับการจัดการคลังสินค้ายุคใหม่. *วารสารมหาวิทยาลัยพายัพ*, 23(2), 47–62.
- จิราวรรณ เนียมสกุล. (2562). การจัดผังพื้นที่จัดเก็บในคลังสินค้า: กรณีศึกษาโรงงานผลิตรายรถยนต์. *วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี*, 15(4), 67–77.
- เจสสิยา บุตรวงษ์ และสุภาวดี สายสนธิ. (2566). การเพิ่มประสิทธิภาพคลังสินค้า โดยใช้ Fastest turning closest to the door Method กรณีศึกษา บริษัทแห่งหนึ่งในอุตสาหกรรมอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยส่วนบุคคล. *วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์*, 25(2), 156–170.
- ชลมา อินตัน, ศักดิ์ชาย รักการ, อรรถกร กลั่นความดี และธนาคม สกุลไทย. (2558). การบริหารจัดการสินค้าคงคลังและคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัทการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 5(2), 71–85.
- ธนิต โสรัตน์. (2552). *คู่มือการจัดการคลังสินค้าและการกระจายสินค้า*. กรุงเทพฯ: วี-เชิร์ฟ โลจิสติกส์.
- ธรรมศักดิ์ ค่วยเทศ, สิริรักษ์ ชูเชิด และนราทิพย์ ปงใจ. (2565). การบริหารจัดการสินค้าคงคลัง: ด้วยนโยบายและกลยุทธ์ซัพพลายเชน. *วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน*, 8(2), 65–79.
- ณัฐพล กำจรจิระพันธ์. (2556). *การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บสินค้าและวัตถุดิบ กรณีศึกษา บริษัท AA Steel (ประเทศไทย) จำกัด*. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- เมธินี ศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (2556). การปรับปรุงประสิทธิภาพตำแหน่งการจัดวางสินค้าในคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัทศรีไทยซูเปอร์แวร์จำกัด (มหาชน) สาขาสุโขทัย. *วารสารการจัดการมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์*, 2(3), 8–20.
- ปิยะวัฒน์ ปรีดาวัฒน์ วรียา ปานปรุง และวลัยลักษณ์ อัครธีรวงศ์. (2565). การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าโดยใช้การจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายก๊าซอุตสาหกรรม. *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 7(2), 26–47.
- รัฐประศาสน์ รักบางแหลม และอักรินทร์ พงศธรวิวัฒน์. (2565). การออกแบบผังและปรับปรุงตำแหน่งจัดเก็บสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารคลังพัสดุ : กรณีศึกษาโรงพยาบาลรัฐแห่งหนึ่ง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล*, 10(2), 32–45.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2552). *การวิเคราะห์เชิงปริมาณ*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด.

- Bortolini, M., Faccio, M., Gamberi, M., & Manzini, R. (2015). Diagonal cross-aisles in unit load warehouses to increase handling performance. *International Journal of Production Economics*, 170, 838–849.
- Bortolini, M., Galizia, F. G., Gamberi, M., & Gualano, F. (2020). Integration of Single and Dual Command Operations in Non-Traditional Warehouse Design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 111, 2461–2473.
- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2019). *Warehouse & Distribution Science Release 0.98.1*. Retrieved 25 September 2025, From: <https://www.warehouse-science.com/book/editions/wh-sci-0.98.1.pdf>.
- Çelik, M., & Süral, H. (2014). Order Picking Under Random and Turnover-based Storage Policies in Fishbone Aisle Warehouses. *IIE Transactions*, 46(3), 283–300.
- Dukic, G., & Opetuk, T. (2012). Warehouse Layouts. In R. Manzini (Ed.), *Warehousing in the Global Supply Chain* (pp. 55–69). Springer-Verlag London Limited.
- Gue, K. R., & Meller, R. D. (2009). Aisle configurations for unit-load warehouses. *IIE Transactions*, 41(3), 171–182.
- Kumar, Y., Khaparde, R. K., Dewangan, K., Dewangan, G. K., Dhiwar, J. S., & Sahu, D. (2017). FSN Analysis for Inventory Management – Case Study of Sponge Iron Plant. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 5(2), 53–57.
- Pohl, L.M., Meller, RD, & Gue, K.R. (2009). Optimizing fishbone aisles for dual-command operations in a warehouse. *Naval Research Logistics (NRL)*, 56(5), 389–403.
- Pohl, L. M., Meller, R. D., & Gue, K. R. (2011). Turnover-Based Storage in Non-Traditional Unit-Load Warehouse Designs. *IIE Transactions*, 43(10), 703–720.
- Stock, J. R., & Lambert, D. M. (2001). *Strategic Logistics Management*. 4th Edition. New York: McGraw Hill.
- Taha, H. A. (2011). *Operations research: An Introduction*. 9th Edition. Boston: Pearson.
- Tompkins, J. A., & Smith, J. D. (1998). *The Warehouse Management Handbook*. 2nd Edition. New York: McGraw-Hill.
- Zhao, J., Liang, K., Wang, F., Liu, H., Yang, J., & Zhou, L. (2025). Warehouse Layout Optimization for Fishbone Robotic Mobile Fulfillment Systems. *Expert Systems With Applications*, 259, 125166.

How to cite this article: Charoenchan, S., Shaharudin, M.R., & Sua-iam, G. (2026). The influence of reverse logistics and product value recovery on sustainable industries through circular economy practices, *Journal of Logistics and Supply Chain Operations*, 12(2), 46-64. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.295717>

Received: November 18, 2025
Revised: January 13, 2026
Accepted: June 11, 2026

The influence of reverse logistics and product value recovery on sustainable industries through circular economy practices

Songtham Charoenchan^{1*}, Mohd Rizaimy Shaharudin² and Gritsada Sua-iam³

Abstract

This research aimed to: 1) investigate the operational levels of reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry in Thailand's food manufacturing industry; and 2) examine the validity and reliability of the study constructs. This study employed a quantitative research approach. Data were collected from 400 personnel working in the food and beverage manufacturing industry in Thailand. The data were analyzed using descriptive statistics and Confirmatory Factor Analysis (CFA). The results revealed that: 1) the operational levels of reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry in Thailand's food manufacturing industry were at a high level in all aspects. This indicates that food manufacturers place importance on resource management, waste reduction, and the continuous implementation of sustainable operational practices. 2) The first-order Confirmatory Factor Analysis (CFA) model of the study constructs was consistent with the empirical data after model modification. By correlating 10 pairs of error terms, all goodness-of-fit indices satisfied the recommended evaluation criteria and were within acceptable levels. Therefore, food manufacturers should integrate reverse logistics, used-product value recovery, and circular economy practices into their operational processes to improve resource utilization, reduce waste, and support sustainable industrial development.

คำสำคัญ: Reverse logistics, Used-Product value recovery, Circular economy practices, Sustainable industry; Food industry

ประเภทบทความ: Research Article

* Corresponding author

¹ College of Logistics and Supply Chain, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, Thailand,
E-mail: s64584923004@ssru.ac.th

² Faculty of Business and Management, Universiti Teknologi MARA, Kedah, Malaysia, E-mail: rizaimy@uitm.edu.my

³ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand, E-mail: gritsada.s@rmutp.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

อิทธิพลของโลจิสติกส์ย้อนกลับและการฟื้นฟูมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่มีต่ออุตสาหกรรมที่ยั่งยืน ผ่านแนวปฏิบัติของเศรษฐกิจหมุนเวียน

ทรงธรรม เจริญจันทร์^{1*}, โมฮัมหมัด ริไซมี ซาฮารุดิน² และ กฤษดา เสือเอี่ยม³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับของโลจิสติกส์ย้อนกลับ การฟื้นฟูมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว แนวปฏิบัติเศรษฐกิจหมุนเวียน และการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ยั่งยืน ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารของประเทศไทย และ 2) ตรวจสอบมาตรฐานและความน่าเชื่อถือของตัวแปรที่ศึกษา ใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องดื่มของประเทศไทย จำนวน 400 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิจัยพบว่า 1) ระดับการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์ย้อนกลับ การฟื้นฟูมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว แนวปฏิบัติเศรษฐกิจหมุนเวียน และอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารของประเทศไทย อยู่ในระดับสูงทุกด้าน สะท้อนให้เห็นว่า ผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการทรัพยากร การลดของเสีย และการดำเนินงานที่มุ่งสู่ความยั่งยืนอย่างต่อเนื่อง 2) โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่ 1 ของตัวแปรที่ศึกษา มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หลังการปรับโมเดล โดยการเชื่อมโยงค่าความคลาดเคลื่อนจำนวน 10 คู่ ส่งผลให้ค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดลผ่านเกณฑ์การประเมินทุกตัวชี้วัด ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งหมด ดังนั้น ผู้ประกอบการควรบูรณาการโลจิสติกส์ย้อนกลับ การฟื้นฟูมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว และแนวปฏิบัติเศรษฐกิจหมุนเวียนเข้ากับกระบวนการดำเนินงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ลดของเสีย และสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: โลจิสติกส์ย้อนกลับ, การฟื้นฟูมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว, แนวปฏิบัติเศรษฐกิจหมุนเวียน, อุตสาหกรรมที่ยั่งยืน, อุตสาหกรรมอาหาร

ประเภทบทความ: Research Article

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, อีเมล: s64584923004@ssru.ac.th

²Faculty of Business and Management, Universiti Teknologi MARA, Kedah, Malaysia, E-mail: rizaimy@uitm.edu.my

³คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, อีเมล: gritsada.s@rmutp.ac.th

1. Introduction

Reverse logistics has been recognized as a critical mechanism for supporting circular resource flows within industrial systems. Through activities such as product collection, inspection, sorting, acquisition, and reverse transportation, organizations can recover valuable materials and products that would otherwise become waste. Effective reverse logistics practices not only reduce environmental burdens but also improve operational efficiency and resource utilization (Frei et al., 2020; Berlin et al., 2022). In addition, used-product value recovery has emerged as an important strategy for extending product life cycles and maximizing resource value. Practices such as reuse, remanufacturing, and recycling enable organizations to recover economic value from used products while reducing the consumption of virgin materials and minimizing waste generation. These activities contribute to both resource conservation and cost reduction, thereby supporting long-term sustainability objectives (Vlajic et al., 2018; Xavier et al., 2023). Circular economy practices provide organizations with a practical approach to improving the efficiency of resource utilization by extending the value of products and materials throughout their life cycles. Rather than focusing solely on waste management, these practices encourage the recovery, reuse, and regeneration of resources as part of routine business operations. Such an approach enables organizations to reduce environmental

impacts while simultaneously strengthening operational efficiency and long-term competitiveness (Carissimi et al., 2023; Mora-Contreras et al., 2023).

From a sustainability perspective, industrial development is no longer evaluated solely on economic outcomes. Sustainable industry requires a balanced consideration of economic sustainability, environmental sustainability, and social sustainability. Organizations that successfully integrate circular resource management into their operations are more likely to achieve long-term competitiveness while simultaneously reducing environmental impacts and creating value for society (Dossou et al., 2022; Duarte et al., 2023). Although previous studies have extensively discussed reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry, limited empirical evidence is available regarding their operational implementation within Thailand's food manufacturing industry. In addition, studies examining the construct validity and reliability of these concepts in the Thai industrial context remain scarce. Therefore, this study focuses on investigating the operational levels of the study variables and validating the measurement model to provide reliable evidence for future research and industrial applications.

Previous studies have largely examined these concepts independently, resulting in insufficient understanding of how reverse logistics and value recovery activities

contribute to circular economy implementation and ultimately support sustainable industry development. Therefore, further investigation is needed to provide empirical evidence and practical guidance for food manufacturers seeking to improve sustainability performance through circular operational practices.

Therefore, this study contributes to the literature by providing empirical evidence on the operational implementation of reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry in Thailand's food manufacturing industry. In addition, the study validates the measurement model through Confirmatory Factor Analysis (CFA), providing a reliable foundation for future empirical research and practical applications.

2. Research objectives

1. To investigate the operational levels of reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry in Thailand's food manufacturing industry.

2. To examine the validity and reliability of the study constructs.

3. Conceptual framework

The conceptual framework was synthesized from the theoretical and empirical contributions of Frei et al. (2020), Fernando et al. (2021), Xavier et al. (2023), and Zhou et al. (2023), which provided the foundation for examining the relationships among reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry.

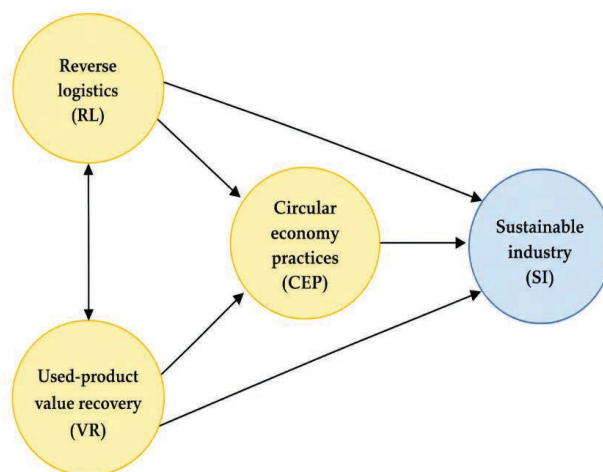


Figure 1 Conceptual framework

4. Literature review

4.1 Reverse logistics

Reverse logistics (RL) refers to the process of managing the reverse flow of products, materials, packaging, and waste from consumers or downstream supply chain destinations back into business operations for inspection, reuse, recycling, remanufacturing, or appropriate disposal. This concept has become increasingly important in the food industry, where production, transportation, consumption, and packaging activities generate substantial amounts of waste. Without a well-defined reverse logistics system, valuable resources may be discarded without being recovered or reused. From a circular economy perspective, reverse logistics is not merely a product return activity but a strategic mechanism for closing resource loops within the supply chain. It facilitates the reintegration of used materials and products into value-creating processes, thereby extending resource utilization and reducing environmental impacts. Fernando et al. (2021) explained that reverse logistics plays a critical role in supporting circular economy implementation by recovering resources and minimizing environmental burdens. Similarly, Richnák and Gubová (2021) emphasized that green logistics and reverse logistics are important operational tools for organizations seeking to achieve sustainable development objectives. Within the context of Thailand's food industry, reverse logistics can be categorized into four major activities:

used-product collection, inspection and sorting, reverse transportation, and used-product acquisition planning. These activities enable organizations to systematically recover raw materials, packaging materials, and certain types of waste for further utilization. These activities enable organizations to systematically recover raw materials, packaging materials, and production residues for further utilization, thereby improving resource efficiency and reducing waste generation. Therefore, in this study, reverse logistics refers to the systematic management of products, materials, and waste through reverse-flow activities that facilitate resource recovery, waste reduction, and efficient resource utilization, thereby supporting circular economy practices within Thailand's food industry.

Therefore, in this study, reverse logistics refers to the systematic management of products, materials, and waste through reverse-flow activities that facilitate resource recovery, waste reduction, and efficient resource utilization, thereby supporting circular economy practices within Thailand's food industry.

4.2 Used-Product value recovery

Used-Product Value Recovery (VR) is a key component of the circular economy that aims to preserve the value and utility of products, materials, and resources after use by returning them to the economic system rather than disposing of them as waste. This concept emphasizes efficient resource

utilization, reduction of virgin material consumption, and extension of product life cycles, thereby generating economic, environmental, and social benefits (Xavier et al., 2023). Value recovery plays an important role in sustainable industrial development because it helps reduce raw material costs, minimize production waste, and improve organizational resource efficiency (Sellitto & Almeida, 2019). Furthermore, it supports the effective management of end-of-life products by maximizing their remaining value instead of relying on conventional disposal methods such as landfilling or incineration (Dwivedi et al., 2022). As a result, organizations can generate additional value from existing resources while simultaneously reducing environmental impacts and greenhouse gas emissions. In the context of the food industry, used-product value recovery can be implemented through three major approaches: reuse, remanufacturing, and recycling. Reuse refers to the repeated use of products or materials for the same or similar purposes, thereby reducing the consumption of new resources and minimizing waste generation. Remanufacturing involves repairing, refurbishing, or replacing components of used products to restore their functionality and quality to a condition comparable to that of new products. This process extends product life cycles and reduces dependence on virgin raw materials (Vlajic et al., 2018; Xavier et al., 2023). Recycling, on the other hand, refers to the process of converting used materials

or products into secondary raw materials for further production. Recycling helps reduce the consumption of natural resources, lower energy usage, and shorten production cycles. It also supports the creation of new products for secondary markets or alternative applications, thereby contributing to resource conservation and environmental sustainability (Sangwan, 2017; Cao et al., 2023). Therefore, used-product value recovery serves as a critical mechanism that enables organizations to generate additional value from existing resources while reducing waste and environmental impacts. It represents a fundamental element of circular economy implementation and provides an important pathway for advancing sustainability within Thailand's food industry.

4.3 Sustainable industry

Sustainable Industry (SI) refers to an industrial development approach that seeks to achieve a balance among economic growth, environmental conservation, and social responsibility. This approach emphasizes efficient resource utilization, the reduction of negative impacts arising from production activities, and the improvement of quality of life for stakeholders throughout the supply chain (Dossou et al., 2022; Duarte et al., 2023).

In the context of the food industry, sustainability extends beyond financial performance and profitability. It also encompasses the effective management of resources, raw materials, energy, and waste throughout the product life cycle. Guided by circular economy

principles, sustainable industrial development focuses on minimizing resource losses, maximizing value recovery, and extending the utilization of existing resources. Such practices contribute to greater resource efficiency and long-term environmental protection (Leppänen et al., 2020).

Sustainable industry can be evaluated through three major dimensions: economic sustainability, environmental sustainability, and social sustainability. Economic sustainability refers to an organization's ability to generate business growth and financial returns while utilizing resources and energy efficiently within environmental and resource constraints (Wang & Jia, 2022). Sustainable growth is not solely concerned with maximizing profits; rather, it emphasizes maintaining an appropriate balance among economic, social, and environmental systems (Nenavath & Mishra, 2023). Environmental sustainability involves industrial practices that reduce resource consumption, minimize pollution emissions, and decrease waste generation throughout production processes. It focuses on preserving the quality of natural resources, energy, water, air, and ecosystems to support long-term development (Mustafaoğlu et al., 2023). This perspective is closely aligned with circular economy principles, which emphasize resource efficiency and the recovery of value from waste materials. Social sustainability refers to business operations that prioritize the quality of life, safety, health, and well-being of employees, communities, and

consumers. Organizations are expected to implement management systems that minimize pollution-related impacts and reduce risks associated with industrial activities (Gil-Garcia et al., 2023). Furthermore, social sustainability is consistent with the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly those related to decent work, improved quality of life, technological advancement, and inclusive social development (Duarte et al., 2023). Therefore, sustainable industry represents the outcome of balanced management across resources, production processes, and stakeholder interests in economic, environmental, and social dimensions. Such an approach enables organizations to maintain long-term competitiveness while continuously contributing to environmental stewardship and social well-being.

5. Methodology

5.1 Research method

This research adopted a quantitative research design. Data were gathered using questionnaires administered to food industry operators in Thailand. Data analysis consisted of descriptive statistics for explaining respondent characteristics and variable levels, confirmatory factor analysis (CFA).

5.2 Population and sample

The study population comprised food and beverage manufacturing companies in Thailand registered with the Department of Business Development (DBD) in 2022. The minimum required sample size of 394

respondents was determined using Yamane (1973) formula. To enhance the adequacy of the data for statistical analysis, questionnaires were collected from 400 personnel working in food and beverage manufacturing organizations, and these 400 respondents constituted the study sample.

5.3 Research instruments

The research instrument was a structured questionnaire. The content validity of the questionnaire was evaluated by five experts using the Index of Item-Objective Congruence (IOC), yielding an IOC value of 1.00. The reliability of the instrument was assessed using Cronbach's alpha coefficient based on a pilot test with 30 respondents, resulting in a reliability coefficient of 0.85. The validated questionnaire was subsequently used for data collection.

5.4 Data collection

Data were collected using a structured questionnaire comprising 93 measurement items based on a five-point Likert scale ranging from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree). The questionnaire was administered to personnel involved in logistics, supply chain management, production, and sustainability-

related activities within food manufacturing organizations. The data collection process was carried out over a six-month period using a flexible mixed-mode approach that combined offline and online survey administration to improve response rates and facilitate participation. The questionnaire measured four principal constructs: reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry.

5.5 Data analysis

Data were analyzed in two stages. First, descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were employed to describe the demographic characteristics of the respondents and examine the operational levels of reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry. Second, Confirmatory Factor Analysis (CFA) was performed to assess the construct validity and reliability of the study constructs.

6. Results

6.1 Results of the Analysis of General Characteristics of Respondents in the Food Industry

Table 1 A total of 400 completed questionnaires were collected and analyzed. The results are presented as follows.

No.	Job Position	Frequency	Percentage
1	Business Owner	0	0.00
2	Supply Chain Manager	44	11.00
3	Supply Chain Officer	102	25.50

Table 1 A total of 400 completed questionnaires were collected and analyzed. The results are presented as follows. (Cont.)

No.	Job Position	Frequency	Percentage
4	Logistics Manager	77	19.25
5	Logistics Officer	161	40.25
6	Environmental Manager	9	2.25
7	Environmental Officer	7	1.75
	Total	400	100.00

Table 1 shows that the majority of respondents were logistics officers, accounting for 161 respondents (40.86%). This was followed by supply chain officers with 102 respondents (25.89%) and logistics managers with 77 respondents (19.54%). These findings

indicate that most respondents were directly involved in logistics and supply chain management activities and therefore possessed relevant knowledge and experience related to the research topic.

Table 2 General Characteristics of Respondents Classified by Industry Type

No	Industry Type	Frequency	Percentage
1	Food Industry	370	92.50
2	Food and Beverage Industry	30	7.50
	Total	400	100.00

Table 2 shows that the majority of respondents were from the food industry, accounting for 370 respondents (93.91%). This was followed by the food and beverage industry with 24 respondents (6.09%). These findings indicate that most respondents were directly engaged in the food industry, which is consistent with the scope and objectives of this study.

6.2 Operational Levels of Reverse Logistics, Used-Product Value Recovery, Circular Economy Practices, and Sustainable Industry in Thailand's Food Manufacturing Industry: A Descriptive Statistical Analysis

The highest-rated item in each dimension is presented below:

Table 3 Mean, Standard Deviation, and Opinion Levels

Component Item	Mean	S.D.	Interpretation	Rank
Reverse Logistics				
Used-Product Collection Activity				
Food sustainability is associated with the collection of used products in food businesses.	4.25	0.72	High	1
Inspection and Sorting Activity of Used Products				
The inspection and sorting of used products in food businesses enables firms to generate greater economic value.	4.13	0.76	High	1
Reverse Transport Activity				
Reverse transport enables food businesses to create a sustainable resource circulation system.	4.25	0.72	High	1
Used-Product Acquisition Activity				
Used-product acquisition helps reduce waste generated by food businesses in the environment in a sustainable manner.	4.01	0.75	High	1
Used-Product Value Recovery				
Value Recovery through Reuse				
Product reuse is associated with resource management in food business operations.	4.01	0.78	High	1
Value Recovery through Remanufacturing				
Remanufacturing products or materials in food businesses helps reduce resource-related costs.	4.11	0.75	High	1
Value Recovery through Recycling				
Recycling helps create greater value from resources in food businesses.	4.05	0.76	High	1
Circular Economy Practices				
R-Strategy Practices				
Production resources can be reduced through the application of R-strategies to create circularity in food businesses.	4.05	0.73	High	1

Table 3 Mean, Standard Deviation, and Opinion Levels (Cont.)

Component Item	Mean	S.D.	Interpretation	Rank
Resource Efficiency Practices				
The sustainability of food businesses is associated with efficient natural resource management.	4.06	0.75	High	1
Waste Management Practices				
Resource management in food production for sustainability is related to waste management.	4.11	0.73	High	1
Sustainable Industry				
Environmental Sustainability				
Circular food business operations reduce excessive consumption of natural resources.	4.09	0.79	High	1
Social Sustainability				
Food businesses that reuse products such as packaging or equipment can improve the distribution of resources to society.	4.05	0.77	High	1
Economic Sustainability				
The use of returned products in food production processes reduces resource-related expenses in food businesses.	3.98	0.75	High	1

The findings show that all highest-rated items were assessed at a high level. Used-product collection and reverse transport received the highest mean scores under reverse logistics (Mean = 4.25), while remanufacturing (Mean = 4.11), waste management (Mean = 4.11), and environmental sustainability

(Mean = 4.09) were the highest-rated items under used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry, respectively.

6.3 Results of Construct Validity and Reliability Assessment Using Confirmatory Factor Analysis (CFA)

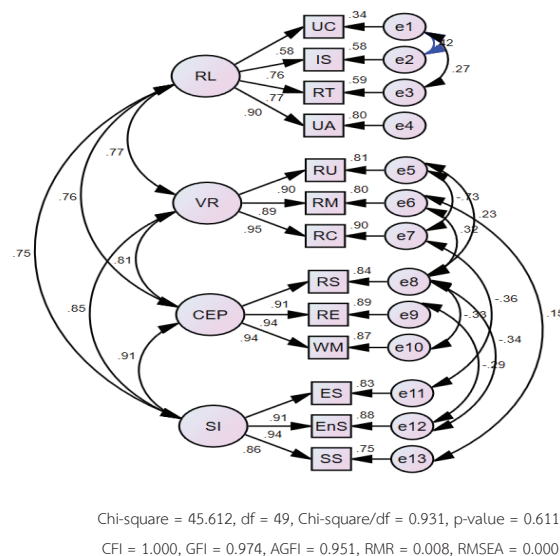


Figure 2 First-Order Confirmatory Factor Analysis (CFA) Model of the Relationships Among the Study Constructs After Model Modification

The results of the first-order Confirmatory Factor Analysis (CFA) after model modification demonstrated that the measurement model achieved a satisfactory fit with the empirical data, as illustrated in Figure 2. Model modification was performed by correlating 10 pairs of error terms, resulting in acceptable goodness-of-fit indices across all evaluation criteria.

As presented in Table 4, the goodness-of-fit statistics improved substantially after model modification. The Chi-square/df decreased from 2.771 to 0.931, which was below the recommended threshold of 2.00. The p-value

increased from 0.000 to 0.611, exceeding the recommended level of 0.05. The goodness-of-fit indices also met the acceptable criteria, with GFI = 0.974, AGFI = 0.951, and CFI = 1.000, all greater than the recommended value of 0.95. Furthermore, the residual indices satisfied the required thresholds, with RMR = 0.008 and RMSEA = 0.000, both lower than the recommended value of 0.05. These results indicate that the modified first-order CFA model was well fitted to the empirical data and that the measurement model demonstrated satisfactory construct validity and reliability for subsequent analysis.

Table 4 Goodness-of-Fit Statistics of the First-Order Confirmatory Factor Analysis (CFA) Model Before and After Model Modification

Fit Index	Acceptance Criterion	Before Model Modification	After Model Modification
	< 2.00	2.771	0.931
p-value	> 0.05	0.000	0.611
GFI	> 0.95	0.914	0.974
AGFI	> 0.95	0.868	0.951
CFI	> 0.95	0.969	1.000
RMR	< 0.05	0.014	0.008
RMSEA	< 0.05	0.083	0.000

7. Discussion and conclusions

7.1 Discussion

1. Reverse logistics

The findings revealed that reverse logistics was implemented at a high level in Thailand's food manufacturing industry. Used-product collection and reverse transportation received the highest mean scores, followed by inspection and sorting and used-product acquisition planning. These findings indicate that food manufacturers have increasingly adopted reverse logistics activities to recover products, packaging materials, and production residues for further utilization, reflecting a greater emphasis on resource management and waste reduction throughout the production process. These findings are consistent with Fernando et al. (2021), who explained that reverse logistics supports circular economy implementation through resource recovery and the reduction of environmental burdens. Similarly, Richnák and Gubová (2021) emphasized that reverse

logistics serves as an important operational tool for achieving sustainable development. The present findings also support the study of Phongthong and Vararattanachai (2024), which reported that logistics capability contributes to improved operational performance. The high level of reverse logistics implementation observed in this study therefore suggests that food manufacturers in Thailand have increasingly integrated reverse-flow activities into their operations to improve resource utilization and support sustainable industrial development.

2. Used-Product value recovery

The findings revealed that used-product value recovery was implemented at a high level in Thailand's food manufacturing industry. Among the value recovery activities, remanufacturing received the highest mean score, followed by recycling and reuse. These findings indicate that food manufacturers have increasingly recognized the importance of recovering value from used products and

materials through systematic resource utilization rather than conventional disposal. Such practices contribute to reducing production waste while maximizing the utilization of existing resources. These findings are consistent with Xavier et al. (2023), who identified used-product value recovery as a key component of circular economy implementation that enhances resource efficiency and extends product life cycles. Likewise, Sellitto and Almeida (2019) reported that value recovery improves organizational resource efficiency while reducing raw material costs. The findings also agree with Dwivedi et al. (2022), who emphasized that effective management of end-of-life products enables organizations to maximize the remaining value of products instead of relying solely on disposal methods. In addition, Cao et al. (2023) suggested that recycling contributes to resource conservation and environmental sustainability through the recovery of secondary raw materials. Therefore, the high level of used-product value recovery observed in this study reflects the increasing adoption of resource recovery practices that support more efficient resource utilization and sustainable development within Thailand's food manufacturing industry.

3. Circular economy practices

The findings revealed that circular economy practices were implemented at a high level in Thailand's food manufacturing industry. Among the three dimensions examined, waste management practices

received the highest mean score, followed by resource efficiency and R-strategy. These findings indicate that food manufacturers have increasingly incorporated circular economy principles into their operations by emphasizing efficient resource utilization, systematic waste management, and the recovery of valuable resources throughout the production process. These findings are consistent with Singh et al. (2023) and Carissimi et al. (2023), who explained that circular economy practices promote efficient resource utilization, reduce waste generation, and create balanced economic, environmental, and social value. The findings also support Le et al. (2022), who reported that the application of circular economy principles enables organizations to transform waste into valuable resources while reducing operational costs. Furthermore, the present findings are consistent with Javed et al. (2021) and Xavier et al. (2023), who emphasized that the successful implementation of circular economy practices requires the integration of production systems, resource management, and reverse logistics activities. The high operational level observed in this study therefore reflects the increasing adoption of circular economy practices as an important approach for improving resource efficiency and supporting the long-term sustainability of Thailand's food manufacturing industry.

4. Sustainable industry

The findings revealed that sustainable industry was implemented at a high level in Thailand's food manufacturing industry. Among

the three dimensions examined, environmental sustainability received the highest mean score, followed by economic sustainability and social sustainability. These findings indicate that food manufacturers have increasingly emphasized environmental protection while maintaining efficient resource utilization and sustainable business operations. The high level of implementation also reflects the growing recognition that long-term industrial development requires balancing economic performance, environmental responsibility, and social well-being. These findings are consistent with Dossou et al. (2022) and Duarte et al. (2023), who described sustainable industry as an approach that integrates economic, environmental, and social dimensions into industrial development. The findings also support Leppänen et al. (2020), who emphasized that efficient resource utilization and value recovery contribute to long-term sustainability. Furthermore, Wang and Jia (2022) highlighted the importance of balancing economic performance with efficient resource management, while Mustafaoğlu et al. (2023) and Gil-Garcia et al. (2023) emphasized the significance of environmental stewardship and social responsibility as fundamental components of sustainable industrial development. Therefore, the high operational level of sustainable industry observed in this study reflects the increasing commitment of Thailand's food manufacturers to balancing economic growth, environmental protection, and social responsibility in pursuit of long-term sustainability.

7.2 Conclusion

The conclusions of this study corresponding to the research objectives are as follows:

1. The operational levels of reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry in Thailand's food manufacturing industry were all found to be at a high level. This indicates that food manufacturers place considerable emphasis on resource management, waste reduction, and the continuous implementation of sustainable business practices. Considering each construct, used-product collection activity and reverse transportation activity under reverse logistics received the highest mean scores (Mean = 4.25). For used-product value recovery, remanufacturing recorded the highest mean score (Mean = 4.11). Under circular economy practices, waste management practices received the highest mean score (Mean = 4.11), while environmental sustainability achieved the highest mean score (Mean = 4.09) under sustainable industry.

In conclusion, the findings indicate that food manufacturers in Thailand have placed considerable importance on reverse logistics, used-product value recovery, and circular economy practices, which contribute to sustainable industrial development through more efficient resource utilization, waste reduction, and the recovery of valuable resources for further use.

2. The first-order Confirmatory Factor

Analysis (CFA) model of the study constructs demonstrated a satisfactory fit with the empirical data after model modification through the correlation of 10 pairs of error terms. All goodness-of-fit indices satisfied the recommended evaluation criteria, including $\chi^2/df = 0.931$, $p\text{-value} = 0.611$, $GFI = 0.974$, $AGFI = 0.951$, $CFI = 1.000$, $RMR = 0.008$, and $RMSEA = 0.000$, indicating an acceptable model fit.

These findings confirm that the latent constructs and measurement indicators possessed satisfactory construct validity and construct reliability. Consequently, the measurement model was appropriate for representing the study constructs and can be reliably used to explain the relationships among the variables examined in this study.

8. Recommendation

8.1 Recommendations for implementing

The findings indicate that food manufacturers should continue strengthening reverse logistics, used-product value recovery, and circular economy practices as integral components of their operational processes.

Emphasis should be placed on improving resource utilization, reducing waste generation, and increasing the value of recovered products and materials to support sustainable industrial development. Government agencies and industry stakeholders should also encourage the adoption of circular economy practices by promoting resource efficiency, waste management, and value recovery initiatives that enhance the long-term sustainability of Thailand's food manufacturing industry.

8.2 Future research direction

Future studies should extend this research to other manufacturing industries to compare the operational levels of reverse logistics, used-product value recovery, circular economy practices, and sustainable industry across different industrial contexts. Further research may also incorporate additional variables related to sustainable industrial development, such as digital transformation, green innovation, environmental management capability, and supply chain collaboration, to broaden the understanding of sustainability practices in manufacturing industries.

References

- Berlin, D., Feldmann, A., & Nuur, C. (2022). *The relatedness of open- and closed-loop supply chains in the context of the circular economy: Framing a continuum. Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4, 100048. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100048>.
- Cao, Y., Li, L., Zhang, Y., Liu, Z., Wang, L., Wu, F., & You, J. (2023). Co-products recovery does not necessarily mitigate environmental and economic tradeoffs in lithium-ion battery recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106689>.
- Carissimi, M.C., Creazza, A., Pisa, M.F., & Urbinati, A. (2023). Circular economy practices enabling circular supply chains: an empirical analysis of 100 SMEs in Italy. *Resources, Conservation and Recycling*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107126>.
- Dossou, P.E., Laouénan, G., & Didier, J.Y. (2022). Development of a sustainable industry 4.0 approach for increasing the performance of SMEs. *Processes*, 10(6), 1092. <https://doi.org/10.3390/pr10061092>.
- Duarte, S., do Rosário Cabrita, M., & Cruz-Machado, V. (2023). Green supply chain practices: Toward a sustainable industry development. *In E3S Web of Conferences*, 409, 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340901004>.
- Dwivedi, A., Madaan, J., Santibanez Gonzalez, E.D., & Moktadir, M.A. (2022). A two-phase approach to efficiently support product recovery systems in a circular economy context. *Management Decision*, 60(7), 2060-2091. <https://doi.org/10.1108/MD-01-2021-0030>.
- Fernando, Y., Shaharudin, M.S., & Abideen, A.Z. (2021). Circular economy-based reverse logistics: dynamic interplay between sustainable resource commitment and financial performance. *European Journal of Management and Business Economics*, 32(1), 91-112. <https://doi.org/10.1108/EJMBE-08-2020-0254>.
- Frei, R., Jack, L., & Krzyzaniak, S.A. (2020). Sustainable reverse supply chains and circular economy in multichannel retail returns. *Business Strategy and the Environment*, 29(5), 1925-1940. <https://doi.org/10.1002/bse.2479>.
- Gil-Garcia, J.R., Chen, T., & Gasco-Hernandez, M. (2023). Smart city results and sustainability: current progress and emergent opportunities for future research. *Sustainability*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/su15108082>.
- Javed, H., Firdousi, S.F., Murad, M., Jiatong, W., & Abrar, M. (2021). Exploring disposition decision for sustainable reverse logistics in the era of a circular economy: applying the triple bottom line approach in the manufacturing industry. *International Journal of Supply and Operations Management*, 8(1), 53-68. 10.22034/IJSOM.2021.1.5.

- Leppänen, T., Mustonen, E., Saarela, H., Kuokkanen, M., & Tervonen, P. (2020). Productization of industrial side streams into by-products—case: fiber sludge from pulp and paper industry. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 185.
- Mora-Contreras, R., Torres-Guevara, E.L., Mejia-villa, A., Ormazabal, M., & Prieto-Sandoval, V. (2023). Technological revolution and circular economy practices: A mechanism at green economy. *Sustainable Production and Consumption*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.022>.
- Mustafaoğlu, D.Ç., Korkmaz, Ş., & Ceylan, Z. (2023). Recycling domestic sewage sludge to agricultural and farming areas in line with Sustainable Development Goals (SDG). *Environmental Research and Technology*, 6(2), 159-171. <https://doi.org/10.35208/ert.1225027>.
- Nenavath, S., & Mishra, S. (2023). Impact of green finance and fintech on sustainable economic growth: Empirical evidence from India. *Heliyon*, 9(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16301>.
- Richnák, P., & Gubová, K. (2021). *Green and reverse logistics in conditions of sustainable development in enterprises in Slovakia*. *Sustainability*, 13(2), 581.
- Sangwan, K.S. (2017). Key activities, decision variables and performance indicators of reverse logistics. *Procedia CIRP*, 61, 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.185>.
- Sellitto, M.A., & de Almeida, F.A. (2019). Analysis of the contribution of waste sorting plants to the reverse processes of supply chains. *Waste Management & Research*, 37(2), 127-134. <https://doi.org/10.1177/0734242X18815968>.
- Singh, R., Khan, S., & Dsilva, J. (2023). A framework for assessment of critical factor for circular economy practice implementation. *Journal of Modelling in Management*, 18(5), 1476-1497. <https://doi.org/10.1108/JM2-06-2021-0145>.
- Wang, Z., & Jia, X. (2022). Analysis of energy consumption structure on CO2 emission and economic sustainable growth. *Energy Reports*, 8, 1667-1679. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.296>.
- Vlajic, J.V., Mijailovic, R., & Bogdanova, M. (2018). Creating loops with value recovery: empirical study of fresh food supply chains. *Production Planning & Control*, 29(6), 522-538. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449264>
- Xavier, L.H., Ottoni, M., & Abreu, L.P.P. (2023). A comprehensive review of urban mining and the value recovery from e-waste materials. *Resources, Conservation and Recycling*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106840>.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis*.

Zhou, B., Siddik, B.A., Zheng, G., & Masukujjaman, M. (2023). Unveiling the role of green logistics management in improving SMEs' sustainability performance: Do circular economy practices and supply chain traceability matter?. *Systems*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/systems11040198>.

วิธีอ้างอิงบทความนี้: ทิฆัมพร เกิดวิชัย และวิไลลักษณ์ รักบำรุง. (2569). กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า: กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 12(2), 65-81. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.297386>

Received:	January	15, 2026
Revised:	February	16, 2026
Accepted:	June	11, 2026

กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า: กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด

ทิฆัมพร เกิดวิชัย^{1*} และ วิไลลักษณ์ รักบำรุง²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความคิดเห็นของลูกค้าต่อกลยุทธ์การตลาดดิจิทัล และการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด และ 2) ศึกษากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า ใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ ประชากร 2,110 คน กลุ่มตัวอย่าง 337 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมานด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยแบบพหุ ผลการวิจัยพบว่า 1) ระดับความคิดเห็นของลูกค้าต่อกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลภาพรวมอยู่ในระดับมาก ด้านที่มากที่สุด คือ สื่อสังคมออนไลน์ รองลงมา คือ การตลาดเชิงเนื้อหา และน้อยที่สุด คือ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนด้านการตัดสินใจซื้อสินค้าบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มากที่สุดคือการเปรียบเทียบคุณภาพ ราคา และคุณสมบัติของสินค้าก่อนตัดสินใจซื้ออยู่ในระดับมากที่สุด 2) กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า คือ การทำ SEO รองลงมา คือ สื่อสังคมออนไลน์ เว็บไซต์ การใช้อินฟลูเอนเซอร์ ส่วนด้านการตลาดเชิงเนื้อหา และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า ดังนั้นจากผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการวางแผนกลยุทธ์ของ บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด และบริษัทอื่น ๆ ที่มีบริบทใกล้เคียง

คำสำคัญ: กลยุทธ์การตลาดดิจิทัล, เอสอีโอ, การตัดสินใจซื้อสินค้า

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹ นักศึกษาหลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาวัตกรรมการจัดการ วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, อีเมล: s66563829015@ssru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาวัตกรรมการจัดการ วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, อีเมล: wilailuk.ra@ssru.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

Digital Marketing Strategies Affecting Product Purchase Decisions: A Case Study of EdTech for Kids Co., Ltd.

Thikumporn Girdwichai^{1*} and Wilailuk Rakbmrung²

Abstract

This research aimed to: (1) examine customers' opinions on digital marketing strategies and purchasing decisions in the case of Ed Tech for Kids Co., Ltd.; and (2) investigate the digital marketing strategies affecting purchasing decisions. This study employed a quantitative research approach. The population consisted of 2,110 customers, and the sample comprised 337 respondents selected using simple random sampling. The research instrument was a questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics through multiple regression analysis. The results revealed that: (1) customers' opinions on digital marketing strategies were at a high level overall. The highest-rated dimension was social media, followed by content marketing, while email marketing received the lowest rating. Overall purchasing decisions toward the products of Ed Tech for Kids Co., Ltd. were also at a high level. The highest-rated item was comparing product quality, price, and product features before making a purchase decision. (2) The digital marketing strategies affecting purchasing decisions were Search Engine Optimization (SEO), followed by social media, websites, and influencer marketing. In contrast, content marketing and email marketing did not affect purchasing decisions. Therefore, the findings can be applied to strategic planning for Ed Tech for Kids Co., Ltd. and other companies operating in similar business contexts.

Keywords: Digital marketing strategy, SEO, Buying decision of products

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹Master of Management Student in Management Innovation, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University. E-mail: s66563829015@ssru.ac.th

²Lecturer, Master of Management Program, Department of Management Innovation, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University. E-mail: wilailuk.ra@ssru.ac.th

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคอย่างสิ้นเชิง ส่งผลให้กระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าเปลี่ยนจากรูปแบบเดิมไปสู่ช่องทางออนไลน์มากขึ้น ธุรกิจต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องปรับตัวโดยนำกลยุทธ์การตลาดดิจิทัล มาใช้เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน ไม่ว่าจะเป็นการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media), การทำโฆษณาผ่านเครื่องมือค้นหา (SEO/SEM), หรือการใช้ผู้มีอิทธิพลทางความคิด (Influencer) เพื่อเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2019)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า องค์ความรู้ด้านกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลส่วนใหญ่มุ่งเน้นการศึกษาในกลุ่มสินค้าอุปโภคบริโภคทั่วไป สินค้าแฟชั่น หรือเครื่องสำอาง ซึ่งเป็นกลุ่มสินค้าที่ผู้บริโภคใช้การตัดสินใจด้วยอารมณ์และมีกระบวนการตัดสินใจที่สั้น อย่างไรก็ตาม ยังมี “ช่องว่างทางการวิจัย” (Research Gap) ที่สำคัญในกลุ่มสินค้าที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง เช่น สื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยีสำหรับเด็ก ซึ่งเป็นกลุ่มสินค้าที่ต้องอาศัยการไตร่ตรองอย่างรอบคอบ และต้องการความน่าเชื่อถือเชิงวิชาการเป็นฐานในการตัดสินใจ สอดคล้องกับแนวคิดของ Belch and Belch (2021) ที่ระบุว่า การสื่อสารการตลาดสำหรับสินค้าที่มีความซับซ้อนจำเป็นต้องใช้กลยุทธ์การให้ข้อมูลเชิงลึกมากกว่าการกระตุ้นด้วยความรู้สึก ซึ่งงานวิจัยในบริบทของธุรกิจเอ็ดเทค (EdTech) ในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด

นอกจากนี้ กระบวนการตัดสินใจซื้อในธุรกิจสื่อการเรียนรู้ยังมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากสินค้าทั่วไป ซึ่งมีลักษณะการตัดสินใจแบบ “ผู้ซื้อไม่ได้ใช้ และผู้ใช้ไม่ได้ซื้อ” (Non-user Buyer) ส่งผลให้แรงจูงใจในการซื้อไม่ได้เกิดจากความต้องการ

ส่วนบุคคลเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากความคาดหวังในผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นกับผู้อื่น (บุตรหลาน) ความซับซ้อนของบทบาทผู้ซื้อนี้ทำให้กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลแบบเดิมที่มุ่งเน้นการเข้าถึงผู้ใช้งานโดยตรงอาจไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการโน้มน้าวใจผู้ปกครองที่ทำหน้าที่เป็นผู้คัดกรองข้อมูล ดังนั้น การทำความเข้าใจว่าเครื่องมือดิจิทัลใดที่สามารถสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ปกครองได้ จึงเป็นประเด็นที่งานวิจัยในอดีตยังไม่ได้ให้คำตอบที่ชัดเจน (Kotler & Keller, 2016) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษา บริษัท เอ็ด เทค ฟอริคิส จำกัด เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากบริษัทเป็นตัวแทนที่มีนัยสำคัญ ของผู้ประกอบการไทยในกลุ่มธุรกิจสื่อการศึกษาที่พัฒนากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลมาใช้ในการดำเนินธุรกิจ แม้จะมีการใช้เครื่องมือที่หลากหลายตามกระแสความนิยมในปัจจุบัน แต่บริษัทยังขาดการวัดผลเชิงประจักษ์ว่ากลยุทธ์ใดที่สร้างยอดขายได้จริงและกลยุทธ์ใดที่เป็นเพียงต้นทุนส่วนเกิน การเลือกศึกษากรณีนี้จึงมีความสำคัญในการสร้าง “แนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ” เพื่อให้ธุรกิจสามารถจัดสรรทรัพยากรทางการตลาดได้อย่างแม่นยำ ลดการสูญเสียจากการใช้เครื่องมือที่ไม่ตอบโจทย์พฤติกรรมลูกค้า และสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันที่ยั่งยืนในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2019)

จากความสำคัญและปัญหาในข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจทำวิจัยเรื่อง กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค ฟอริคิส จำกัด ซึ่งความสำคัญและคุณค่าของการวิจัยเรื่องนี้ ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเท่านั้น แต่มุ่งเน้นที่จะ

- 1) พิสูจน์ทราบว่าการตลาดดิจิทัลใดที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อกลุ่มลูกค้าผลิตภัณฑ์เพื่อการศึกษา เพื่อลดช่องว่างความรู้ที่ว่า “Content is King” หรือ “Email Marketing” อาจไม่ใช่คำตอบสำหรับทุกธุรกิจ และ
- 2) เพื่อเป็นแนวทางเชิงกลยุทธ์ ให้กับ

บริษัท ทรนศึกษาและผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมใกล้เคียง สามารถนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการจัดสรรทรัพยากร เลือกเครื่องมือที่ “ใช่” และตัดเครื่องมือที่ “ไม่ใช่” ออกไป เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและการเติบโตทางธุรกิจอย่างยั่งยืนในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล และเป็นข้อมูลที่จะช่วยให้บริษัทเข้าใจภาพรวมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคดิจิทัล รวมทั้งเป็นข้อมูลเพื่อปรับปรุงกลยุทธ์การตลาดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การศึกษานี้จะสามารถเสนอแนวทางและแนวปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและสร้างความผูกพันในระยะยาวกับลูกค้า อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนให้บริษัทสามารถตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงของตลาดอย่างรวดเร็วและมีข้อมูลเป็นฐานในการวางแผนกลยุทธ์อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของลูกค้าต่อกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลและการตัดสินใจซื้อสินค้า ทรนศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด
2. เพื่อศึกษากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า ทรนศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด

3. สมมติฐานการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 เว็บไซต์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด

สมมติฐานที่ 2 การตลาดเชิงเนื้อหาส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด

สมมติฐานที่ 3 จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด

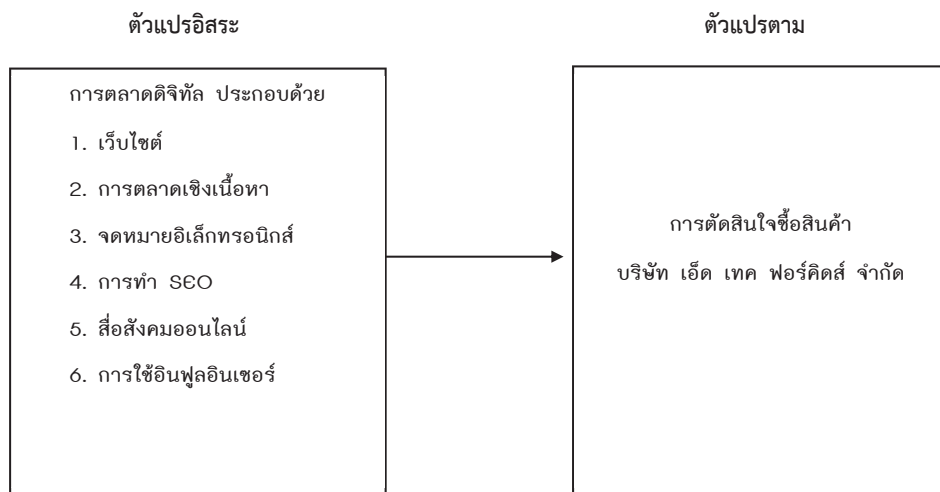
สมมติฐานที่ 4 การทำ SEO ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด

สมมติฐานที่ 5 สื่อสังคมออนไลน์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด

สมมติฐานที่ 6 การใช้อินฟลูเอนเซอร์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัย เรื่อง กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า ทรนศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิสต์ จำกัด ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของ ด้านการตลาดดิจิทัล ของ Chaffey and Ellis-Chadwick, (2016); Belch and Belch (2021); Chaffey and Ellis-Chadwick (2019); กุณชลี รื่นรมย์ (2561) และการตัดสินใจของ Kotler and Keller (2016); Kotler et al. (2017); Turban et al. (2018) นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้ ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

5. วรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

5.1 แนวคิดและทฤษฎีการตลาดดิจิทัล

การตลาดดิจิทัลเป็นแนวคิดที่เน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการสร้างและดำเนินกลยุทธ์การตลาด เพื่อเชื่อมโยงระหว่างธุรกิจกับกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบที่สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น Ryan (2016) ซึ่งแนวคิดหลักของการตลาดดิจิทัลคือการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ โซเชียลมีเดีย อีเมล และแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อสื่อสารและสร้างความสัมพันธ์กับผู้บริโภคอย่างต่อเนื่องและเป็นกลยุทธ์ในการสร้างความจงรักภักดีของลูกค้า การทำความเข้าใจแนวคิดนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพัฒนากลยุทธ์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคในยุคที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในทุกด้านของชีวิต Chaffey and Ellis-Chadwick (2022) การตลาดดิจิทัลเป็นแนวคิดที่เน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการสร้างและดำเนินกลยุทธ์การตลาด เพื่อเชื่อมโยงระหว่างธุรกิจกับ

กลุ่มเป้าหมายในรูปแบบที่สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแนวคิดหลักของการตลาดดิจิทัลคือการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ โซเชียลมีเดีย อีเมล และแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อสื่อสารและสร้างความสัมพันธ์กับผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2016) นอกจากนี้ ยังนับเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสร้างความจงรักภักดีของลูกค้า การทำความเข้าใจแนวคิดนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนากลยุทธ์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคในยุคที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในทุกด้านของชีวิต (Kotler & Keller, 2016)

สรุปการตลาดดิจิทัล หมายถึง การดำเนินการทางการตลาดที่บูรณาการช่องทางและเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นหลัก เช่น อินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ อีเมล สื่อสังคมออนไลน์ และแอปพลิเคชันมือถือ เพื่อสื่อสารคุณค่าของสินค้าหรือบริการไปยังกลุ่มเป้าหมาย โดยมุ่งเน้นการสร้างการมีส่วนร่วม ความสัมพันธ์ที่ยั่งยืน และบรรลุวัตถุประสงค์ทางธุรกิจ อาทิ การสร้างการรับรู้ การเพิ่มยอดขาย และการรักษาลูกค้า โดยอาศัยจุดเด่นของสื่อดิจิทัลที่สามารถโต้ตอบได้ (Interactive) วัดผลได้ (Measurable) และเข้าถึง

กลุ่มเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ (Targeted) อันส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการกระตุ้นการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

ในยุคที่เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อวิถีชีวิตของผู้คน การตลาดดิจิทัลได้กลายเป็นกลยุทธ์หลักในการขับเคลื่อนธุรกิจ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การตลาดดิจิทัล ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการโฆษณาผ่านอินเทอร์เน็ต แต่เป็นแนวคิดองค์รวมที่นักวิชาการได้ให้คำจำกัดความและมุมมองไว้หลากหลายมิติ ดังนี้

Ryan (2016) ได้นิยามการตลาดดิจิทัลในมิติของ “ประสิทธิภาพและกระบวนการ” โดยมองว่าเป็นแนวคิดที่เน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสร้างและดำเนินกลยุทธ์การตลาด เพื่อเชื่อมโยงระหว่างธุรกิจกับกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบที่สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคยุคใหม่ที่ต้องการการตอบสนองทันที ในขณะที่ Chaffey and Ellis-Chadwick (2016; 2022) ได้ขยายมุมมองในมิติของ “ความสัมพันธ์เชิงกลยุทธ์” โดยชี้ให้เห็นว่า หัวใจสำคัญของการตลาดดิจิทัลคือการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ อาทิ เว็บไซต์ โซเชียลมีเดีย และแอปพลิเคชัน เพื่อไม่เพียงแค่สื่อสาร แต่เพื่อสร้างความสัมพันธ์กับผู้บริโภคอย่างต่อเนื่องซึ่งนับเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสร้างความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) ในระยะยาว

นอกจากนี้ Kotler and Keller (2016) ได้ให้มุมมองในมิติของ “การปรับตัวตามพฤติกรรมผู้บริโภค” ว่าการทำความเข้าใจแนวคิดการตลาดดิจิทัลเป็นสิ่งจำเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนากลยุทธ์ให้สอดคล้องกับบริบทที่เทคโนโลยีแทรกซึมอยู่ในทุกด้านของชีวิต (Ubiquitous Computing) เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวคิดข้างต้น จะเห็นได้ว่าการตลาดดิจิทัลมีพัฒนาการจากการเป็นเพียง “เครื่องมือสื่อสาร” (Ryan, 2016) สู่การเป็น “กลยุทธ์สร้างความสัมพันธ์” (Chaffey & Ellis-Chadwick,

2022) และกลายเป็น “สภาพแวดล้อมที่จำเป็น” ทางธุรกิจ (Kotler & Keller, 2016)

สำหรับการเชื่อมโยงกับ การตัดสินใจซื้อสินค้า (Purchasing Decisions) นั้น กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลส่งผลโดยตรงผ่านคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

- 1) การโต้ตอบได้ (Interactive): สร้างการมีส่วนร่วมและคลายข้อสงสัยก่อนการตัดสินใจซื้อ
- 2) วัดผลได้ (Measurable): ทำให้ธุรกิจทราบถึงประสิทธิภาพของเนื้อหาที่กระตุ้นยอดขาย
- 3) เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ (Targeted): นำเสนอสินค้าได้ตรงความต้องการเฉพาะบุคคล

ในบริบทของ บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคส์ จำกัด ซึ่งดำเนินธุรกิจด้านเทคโนโลยีการศึกษา การประยุกต์ใช้แนวคิดการตลาดดิจิทัลมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการตัดสินใจซื้อของผู้ปกครอง เนื่องจากสินค้าประเภทสื่อการเรียนรู้ต้องการ “ความเชื่อมั่น” (Trust) สูง

การใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลตามแนวคิดของ Chaffey and Ellis-Chadwick (2022) ช่วยให้บริษัทสามารถสร้างชุมชนออนไลน์ (Community) เพื่อให้ความรู้เรื่องพัฒนาการเด็ก ควบคู่ไปกับการนำเสนอสินค้า ซึ่งเป็นการสร้างความสัมพันธ์ก่อนการขาย (Pre-sales Relationship) เมื่อผนวกกับแนวคิดของ Ryan (2016) เรื่องความสะดวกรวดเร็ว การมีช่องทาง Chat หรือ Messenger ที่ตอบคำถามผู้ปกครองได้ทันที จะช่วยลดความลังเลใจและเร่งกระบวนการตัดสินใจซื้อให้สั้นลง นอกจากนี้ การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics) ยังช่วยให้บริษัทสามารถส่งมอบเนื้อหาที่ตรงกับช่วงวัยของบุตรหลานกลุ่มเป้าหมายได้แม่นยำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มโอกาสในการปิดการขาย

5.2 องค์ประกอบและเครื่องมือสำคัญของการตลาดดิจิทัล

การตลาดดิจิทัลในปัจจุบันไม่ได้พึ่งพาเครื่องมือใดเครื่องมือหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการ

บูรณาการหลากหลายช่องทางเพื่อสร้างประสบการณ์ที่ไร้รอยต่อให้กับผู้บริโภค จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า เครื่องมือหลักที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดดิจิทัล ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1. เว็บไซต์ เปรียบเสมือนสำนักงานใหญ่บนโลกออนไลน์และเป็นศูนย์กลางของกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลทั้งหมด Ryan (2016) อธิบายว่าเว็บไซต์ทำหน้าที่เป็นจุดหมายปลายทางหลัก (Destination) ที่ธุรกิจใช้ในการนำเสนอข้อมูลสินค้า สร้างความน่าเชื่อถือ และปิดการขาย โดยเว็บไซต์ที่ดีจะต้องมีการออกแบบที่คำนึงถึงประสบการณ์ผู้ใช้งาน (User Experience) รองรับการแสดงผลบนมือถือ และมีความปลอดภัย เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการทำธุรกรรม

2. การตลาดเชิงเนื้อหา คือ กลยุทธ์การสร้างและเผยแพร่เนื้อหาที่มีคุณค่า เกี่ยวข้อง และสม่ำเสมอเพื่อดึงดูดและรักษากลุ่มเป้าหมายที่กำหนดไว้ อย่างชัดเจน Kotler and Keller (2016) ระบุว่า แทนที่จะเน้นการขายสินค้าโดยตรง การตลาดเชิงเนื้อหามุ่งเน้นการให้ความรู้ หรือความบันเทิง เพื่อสร้างความไว้วางใจและนำไปสู่การตัดสินใจซื้อในที่สุด โดยเนื้อหาสามารถอยู่ในรูปแบบบทความ วิดีโอ หรืออินโฟกราฟิก

3. จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ แม้จะมีช่องทางใหม่ ๆ เกิดขึ้น แต่การตลาดผ่านอีเมลยังคงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการรักษาความสัมพันธ์ลูกค้า (Customer Retention) Chaffey and Ellis-Chadwick (2022) ชี้ให้เห็นว่า อีเมลเป็นช่องทางที่แบรนด์สามารถสื่อสารกับลูกค้าได้โดยตรง (Direct Communication) สามารถปรับแต่งข้อความให้เหมาะกับบุคคล (Personalization) เพื่อแจ้งข่าวสาร โปรโมชั่น หรือกระตุ้นการกลับมาซื้อซ้ำได้อย่างแม่นยำ และใช้งบประมาณต่ำ

4. การทำ SEO (Search Engine Optimization) หมายถึง กระบวนการปรับปรุงโครงสร้างและเนื้อหา

ของเว็บไซต์เพื่อให้ติดอันดับต้น ๆ บนผลการค้นหาตามธรรมชาติ (Organic Search) Kingsnorth (2022) อธิบายว่า นี่คือนวัตกรรมสำคัญในการสร้างการมองเห็น (Visibility) เมื่อผู้บริโภคมีความต้องการและเริ่มค้นหาข้อมูล โดยการทำให้ SEO ที่ดีต้องอาศัยการเลือกใช้คำสำคัญ (Keywords) ที่ตรงกับเจตนาในการค้นหาของกลุ่มเป้าหมาย

5. สื่อสังคมออนไลน์ สื่อสังคมออนไลน์ทำหน้าที่เป็นพื้นที่สำหรับการสร้างปฏิสัมพันธ์และชุมชน (Community) ระหว่างแบรนด์และผู้บริโภค Stephen (2016) กล่าวว่า แพลตฟอร์มโซเชียลมีเดีย เช่น Facebook, Instagram หรือ TikTok ไม่ได้เป็นเพียงช่องทางกระจายข่าวสาร แต่เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังในการสร้างการมีส่วนร่วม (Engagement) และรับฟังเสียงของผู้บริโภค (Social Listening) ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อทัศนคติและการตัดสินใจซื้อในยุคปัจจุบัน

6. การใช้อินฟลูเอนเซอร์ การตลาดผ่านอินฟลูเอนเซอร์ คือ การใช้บุคคลที่มีชื่อเสียงหรือมีอิทธิพลบนโลกออนไลน์มาช่วยรับรองหรือวิพากษ์สินค้า Lou และ Yuan (2019) พบว่า ผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะเชื่อถือข้อมูลจากอินฟลูเอนเซอร์มากกว่าโฆษณาจากแบรนด์โดยตรง เนื่องจากรู้สึกถึงความจริงใจและความใกล้ชิดเหมือนคำแนะนำจากเพื่อน (Word-of-Mouth) โดยเฉพาะอินฟลูเอนเซอร์ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านจะยิ่งมีผลต่อความน่าเชื่อถือของตราสินค้า

5.3 การตัดสินใจซื้อสินค้า

แนวคิดการตัดสินใจซื้อสินค้าแบบดั้งเดิมมักแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก (Turban et al., 2018) ดังนี้

1. การตระหนักถึงปัญหา (Need Recognition)
2. การค้นหาข้อมูล (Information Search)
3. การประเมินทางเลือก (Evaluation of Alternatives)
4. การตัดสินใจซื้อ (Purchase Decision)

5. พฤติกรรมหลังการซื้อ (Post-Purchase Behavior)

แนวคิดของ Kotler et al. (2017) เป็นแนวคิดที่โดดเด่นและถูกอ้างอิงอย่างแพร่หลายในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยสะท้อนพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคที่สื่อสังคมออนไลน์มีอิทธิพลสูง

การตัดสินใจซื้อสินค้า หมายถึงกระบวนการเลือกทางใดทางเลือกหนึ่งจากหลาย ๆ ทางเลือกที่ผู้บริโภคได้พิจารณาหรือประเมินอย่างดีแล้วว่าเป็นทางที่จะช่วยให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์และความต้องการของตนเองที่ตั้งใจไว้ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นขั้นตอนที่ผู้บริโภคจะดำเนินการซื้อสินค้าหรือบริการหลังจากที่ได้ผ่านกระบวนการคิดและประเมินทางเลือกต่าง ๆ มาแล้ว

โดยทั่วไป กระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค มักประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1) การตระหนักรู้ถึงปัญหา (Problem Recognition) ผู้บริโภคเริ่มรู้สึกว่ามีความต้องการหรือปัญหาที่ต้องแก้ไข

2) การค้นหาและรวบรวมข้อมูล (Information Search) ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าหรือบริการที่สามารถตอบโจทย์ได้

3) การพิจารณาทางเลือก (Evaluation of Alternatives) เปรียบเทียบและประเมินทางเลือกต่าง ๆ ที่มีอยู่

4) การตัดสินใจซื้อ (Purchase Decision) ตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าหรือบริการ

5) การประเมินหลังการซื้อ (Post-Purchase Evaluation) ประเมินความพึงพอใจหลังจากที่ได้ซื้อและใช้สินค้าไปแล้ว

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า กระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในปัจจุบันไม่ได้เป็นเส้นตรงตามทฤษฎีของ Kotler & Keller (2016) เสมอไป แต่มีความซับซ้อนตามแนวคิด Customer Journey ยุคใหม่ที่ Lemon & Verhoef (2016); Stephen

(2016) ได้อธิบายไว้ว่า สื่อสังคมออนไลน์และรีวิวมีอิทธิพลแทรกแซงในทุกขั้นตอนของการตัดสินใจ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเชื่อมโยงทฤษฎีดังกล่าวเพื่อตรวจสอบว่า ในยุคที่ผู้บริโภคมีอำนาจในการค้นหาข้อมูลสูง กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลด้านใดที่สามารถ ‘ปิดการขาย’ ได้จริง ไม่ใช่แค่สร้างความสนใจ

5.4 บริบทของบริษัท เอ็ด เทค ฟอर्टคิดส์ จำกัด

บริษัท เอ็ด เทค ฟอर्ट คิดส์ จำกัด ดำเนินธุรกิจ ในหมวดหมู่ การขายส่งหนังสือ หนังสือพิมพ์ และเครื่องเขียน และมีสำนักงานตั้งอยู่ที่ 683 ซอยบรมราชชนนี 76 ถนนบรมราชชนนี แขวงศาลาธรรมสพน์ เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร การตั้งชื่อบริษัท “เอ็ด เทค ฟอर्ट คิดส์” และอยู่ในหมวดการขายส่งหนังสือ บ่งชี้ว่าบริษัทเกี่ยวข้องกับการจัดหาผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา (Educational Technology) และ/หรือสื่อการเรียนรู้สำหรับเด็ก ธุรกิจหลัก การขายส่งหนังสือ หนังสือพิมพ์ และเครื่องเขียน ชื่อบริษัท “เอ็ด เทค ฟอर्ट คิดส์” สะท้อนถึงการเน้นที่เทคโนโลยีการศึกษา (EdTech) และกลุ่มเป้าหมายคือ “เด็ก”

6. วิธีดำเนินการวิจัย

6.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้การวิจัยเชิงปริมาณเพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของลูกค้าต่อกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลและการตัดสินใจซื้อสินค้า และทดสอบกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis)

6.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ลูกค้าของบริษัท เอ็ด เทค ฟอर्टคิดส์ จำกัด โดยประชากรเป้าหมาย มีจำนวนประมาณ 2,110 คน (ฐานข้อมูลบริษัท เอ็ด เทค ฟอर्टคิดส์ จำกัด ปี 2567)

กลุ่มตัวอย่าง คือ ลูกค้าของบริษัท เอ็ด เทค ฟอर्टคิดส์ จำกัด ผู้วิจัยจึงเลือกคำนวณขนาดกลุ่ม

ตัวอย่างจากสูตรของ Yamane (Yamane, 196) โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยโปรแกรมทางสถิติ จำนวน 337 คน

6.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม มีขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยจากตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบสอบถาม

2. สังเคราะห์องค์ความรู้จากตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาเขียนพัฒนา เป็นกรอบแนวคิดการวิจัย และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการที่ชัดเจน เป็นกลาง และสามารถวัดได้

3. สร้างแบบสอบถามตามปัจจัยและพฤติกรรมบ่งชี้ที่นิยามเชิงปฏิบัติการไว้

4. ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.67-1.000 ซึ่ง ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ ผลการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟา (Coefficient- α) เกณฑ์ 0.70 (กลียา วานิชย์บัญชา, 2558) ทั้งนี้ ได้ระหว่าง 0.800 – 0.920 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

5. คัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์การประเมินและนำมาสร้างเป็นแบบสอบถามฉบับจริง ซึ่งมี 4 ตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล ซึ่งเป็นคำถามแบบเลือกตอบ (Check List) จำนวน 5 ข้อ มีลักษณะมาตราวัดแบบนามบัญญัติ (Nominal Scale) และมาตราเรียงลำดับ (Ordinal Scale) ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับ กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า

กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด ซึ่งเป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) จำนวน 6 ด้าน เว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การทำ SEO สื่อสังคมออนไลน์และการใช้อินฟลูเอนเซอร์ ที่มี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด มีจำนวนทั้งหมด 32 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด เป็นแบบสอบถามมาตราส่วน (Rating Scale) ที่มี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด มีจำนวนทั้งหมด 17 ข้อ

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ จำนวน 1 ข้อ

6.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากลูกค้าของบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด จากฐานข้อมูลบริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด ปี 2567 ด้วยตนเอง จำนวน 337 คน และติดตามจนได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์ครบตามจำนวนที่กำหนด จากนั้นนำแบบสอบถามมาตรวจสอบความสมบูรณ์และลงรหัสข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

6.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา ใช้ค่าร้อยละ และแจกแจงความถี่ สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ ใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลและการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด

2. สถิติเชิงอนุมาน ทดสอบสมมุติฐานการวิจัยโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุ โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ 0.05 เพื่อทดสอบสมการทำนายกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์

7. ผลการวิจัย

ผลของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 337 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 198 คน (ร้อยละ 58.75) อายุ 30-40 ปี จำนวน 98 คน (ร้อยละ 29.08) เป็นพนักงานเอกชน จำนวน 135 คน (ร้อยละ 40.06) รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 10,000 บาท จำนวน 294 คน (ร้อยละ 87.24)

ระดับความคิดเห็นของลูกค้าด้านกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่โดยภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นด้วย มากที่สุด คือ สื่อสังคมออนไลน์ รองลงมา คือ การตลาดเชิงเนื้อหา และน้อยที่สุด คือ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์

ด้านการตัดสินใจซื้อสินค้าบริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิสส์ จำกัด โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มากที่สุด คือการเปรียบเทียบคุณภาพ ราคา และคุณสมบัติของสินค้า ก่อนตัดสินใจซื้ออยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ รีวิว หรือความคิดเห็นจากลูกค้าเดิมช่วยให้ประเมินคุณค่าของสินค้าได้ อยู่ในระดับมากที่สุด และน้อยที่สุดคือ ตระหนักถึงความต้องการสินค้าก่อนค้นหาข้อมูล อยู่ในระดับมาก

ผลการสมมติฐานการวิจัย กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิสส์ จำกัด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิสส์ จำกัด

ปัจจัย	Unstandardized Coefficients		β	t	p-value
	B	S.E.			
ค่าคงที่	0.284	0.100		2.826	.005*
เว็บไซต์ (X1)	0.211	0.054	0.220	3.890	.000*
การตลาดเชิงเนื้อหา (X2)	0.114	0.066	0.116	1.735	.084
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (X3)	-0.066	0.035	-0.077	-1.887	.060
การทำ SEO (X4)	0.250	0.058	0.256	4.296	.000*
สื่อสังคมออนไลน์ (X5)	0.237	0.060	0.239	3.977	.000*
การใช้อินฟลูเอนเซอร์ (X6)	0.190	0.045	0.201	4.204	.000*
R = 0.907 R ² = 0.822 Adjusted R ² = 0.819 Std. Error of the Estimate = 0.328					

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบรูปแบบที่เหมาะสมของกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ ผลการทดสอบได้แบบจำลอง พบว่า กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด ด้านที่ส่งผลมากที่สุด คือ การทำ SEO (X4) (Beta = 0.256, Sig = 0.000) รองลงมา คือ สื่อสังคมออนไลน์ (X5) (Beta = 0.239, Sig = 0.000) เว็บไซต์ (X1) (Beta = 0.220, Sig = 0.000) การใช้อินฟลูเอนเซอร์ (X6) (Beta = 0.201, Sig = 0.000) ส่วนด้านการตลาดเชิงเนื้อหา (X2) (Beta = 0.116, Sig = 0.084) และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (X3) (Beta = -0.077, Sig = 0.060) ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด สามารถนำมาเขียนเป็นสมการถดถอยในรูปแบบของคะแนนมาตรฐานได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 0.256(X4) + 0.239(X5) + 0.220(X1) + 0.201(X6)$$

8. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า การทำ SEO (Search Engine Optimization) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของ บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด อย่างมีนัยสำคัญ โดย SEO ทำหน้าที่เป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มการเข้าถึงข้อมูล (Accessibility) และสร้างความน่าเชื่อถือ (Credibility) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chan and Li (2021) ที่พบว่ากลยุทธ์ SEO ส่งผลโดยตรงต่อความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคชาวเอเชีย โดยช่วยลดความซับซ้อนในการค้นหาและสร้างความมั่นใจในตัวแบรนด์ และยังสอดคล้องกับ จูตามาศ ศรีสวัสดิ์ (2563) ที่ระบุว่า SEO เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการซื้อสินค้าออนไลน์ เนื่องจากช่วยให้ร้านค้าติดอันดับต้น ๆ ในการค้นหา ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้มักศึกษาในบริบทของ “สินค้าแฟชั่น” หรือสินค้าอุปโภคบริโภคทั่วไป ซึ่งพฤติกรรมการค้นหา

มักขับเคลื่อนด้วย “ความบันเทิง” หรือ “กระแสนิยม” แต่สำหรับกรณีศึกษา บริษัท เอ็ด เทค พอร์คิตส์ จำกัด พบว่าผู้ประกอบการมีพฤติกรรมการค้นหาแบบ “มุ่งเน้นการแก้ปัญหา (Problem-Solving)” อย่างชัดเจน เช่น การค้นหาด้วยคำว่า “วิธีแก้ลูกติดจอก” หรือ “แบบฝึกหัดเสริมพัฒนาการ” ดังนั้น SEO ในบริบทนี้จึงไม่ได้ทำหน้าที่แค่ “โซลสินค้า” แต่ทำหน้าที่ “นำเสนอทางออก” ให้กับปัญหาของผู้บริโภค

ปัจจัยด้านสื่อสังคมออนไลน์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า สื่อสังคมออนไลน์เป็นช่องทางที่ช่วยให้ผู้บริโภคเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้รวดเร็ว สามารถโต้ตอบกับแบรนด์ได้ทันที รวมถึงการได้รับรีวิวจากผู้ใช้งานจริง ซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดความมั่นใจในการสั่งซื้อประเด็นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพ์พิศา นรากร (2564) ที่ศึกษาอิทธิพลของสื่อสังคมออนไลน์ต่อผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร ซึ่งพบว่า แพลตฟอร์มยอดนิยมอย่าง Facebook และ Instagram มีอิทธิพลอย่างมากในการโน้มน้าวพฤติกรรมการซื้อผ่านการนำเสนอคอนเทนต์ที่น่าสนใจ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ จตุพร ศรีสมบัติ (2562) ที่พบว่า ผู้บริโภคชาวไทยตัดสินใจซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคโดยอาศัยข้อมูล รีวิว และคำแนะนำจากสื่อสังคมออนไลน์เป็นเครื่องยืนยันความน่าเชื่อถือของแบรนด์ ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Lee and Kim (2020) ที่พบว่าการมีส่วนร่วม (Engagement) เช่น การกดไลก์และแชร์ ช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคในเอเชียอย่างมีนัยสำคัญ

สะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีความเฉพาะเจาะจงและแตกต่างจากสินค้าประเภทอื่นในงานวิจัยก่อนหน้านี้ ในขณะที่งานวิจัยเกี่ยวกับสินค้าแฟชั่นหรือไลฟ์สไตล์มักให้ความสำคัญกับ *ความสวยงามของภาพลักษณ์ (Visual Appeal)*

แม้ผลการศึกษาในภาพรวมจะสอดคล้องกับทฤษฎีเดิม แต่บริบทของ “สินค้าเพื่อการเรียนรู้สำหรับ

เด็ก (Ed Tech)” ในงานวิจัยนี้ได้สะท้อนให้เป็นปัจจัยดึงดูดหลัก งานวิจัยนี้กลับพบว่าสำหรับสินค้าแม่และเด็ก ปัจจัยชี้ขาดคือ “พลังของกลุ่มสังคม” หรือเสียงสะท้อนจากผู้ปกครองด้วยกันเอง การเห็นรีวิวจากพ่อแม่ที่มีความกังวลและความคาดหวังเหมือนกันมีน้ำหนักต่อการตัดสินใจมากกว่าตัวโฆษณาที่แบรนด์สร้างขึ้นโดยตรงสิ่งที่งานวิจัยนี้ค้นพบแตกต่างจากงานของ จตุพร ศรีสมบัติ (2562) คือ ความสำคัญของการตอบแชทและการให้ข้อมูลเชิงลึก” สำหรับสินค้าทั่วไป สื่อออนไลน์อาจทำหน้าที่เป็นเพียงช่องทางกระจายข่าวสาร (Broadcasting) แต่สำหรับ บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิส จำกัด สื่อออนไลน์ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือบริหารความสัมพันธ์ลูกค้า (CRM) ที่สำคัญที่สุด ความรวดเร็วและความใส่ใจในการตอบคำถามผ่านข้อความส่วนตัว (Inbox) เป็นตัวแปรสำคัญที่เปลี่ยนจาก “ความสนใจ” ให้กลายเป็น “การตัดสินใจซื้อ” ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในธุรกิจการศึกษานั้น *Trust (ความไว้วางใจ)* สำคัญกว่า *Trend (กระแส)*

ปัจจัยด้านเว็บไซต์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของ บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิส จำกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเว็บไซต์เปรียบเสมือน “สำนักงานใหญ่บนโลกออนไลน์” ที่ช่วยสร้างความน่าเชื่อถือ (Credibility) ให้กับธุรกิจ โดยเฉพาะสินค้าประเภทสื่อการเรียนรู้ที่ต้องการรายละเอียดเชิงลึก (High Involvement) ผู้ปกครองจำเป็นต้องศึกษารายละเอียดหลักสูตรและตรวจสอบความมีตัวตนของบริษัทก่อนตัดสินใจโอนเงิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลยาณี ภาคออต (2564) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ โดยพบว่า “ความสะดวกในการใช้งาน (Usability)” และ “ความครบถ้วนของข้อมูลบนเว็บไซต์” เป็นปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจและนำไปสู่การตัดสินใจซื้อสินค้า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ มณฑิรา อินทร์อุดม (2562) ที่พบว่า องค์ประกอบด้านความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของระบบการชำระเงิน

บนเว็บไซต์ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงที่ผู้บริโภครู้สึก (Perceived Risk) ทำให้กล้าตัดสินใจซื้อสินค้าที่มีราคาสูงผ่านช่องทางออนไลน์ได้ จากการศึกษาพบว่า งานวิจัยสินค้าทั่วไปมักพบว่าเว็บไซต์ที่ดีต้องเน้นปุ่มสั่งซื้อที่รวดเร็ว (Speed of Transaction) แต่งานวิจัยนี้กลับพบว่า สำหรับสินค้าเพื่อการศึกษา เว็บไซต์ทำหน้าที่เป็น “เครื่องมือตรวจสอบความโปร่งใส” ผู้ปกครองมักจะรู้จักแบรนด์ผ่าน Social Media แต่จะเข้ามาที่เว็บไซต์เพื่อ “ตรวจสอบ” ว่าบริษัทมีตัวตนจริง มีที่อยู่ชัดเจน และมีมาตรฐานหลักสูตรที่เชื่อถือได้หรือไม่ ดังนั้นในบริบทนี้ เว็บไซต์จึงทำหน้าที่เป็น Social Proof Validator (เครื่องยืนยันความน่าเชื่อถือทางสังคม) มากกว่าแค่หน้าร้านขายของ ในขณะที่งานวิจัย e-Commerce ส่วนใหญ่นำเสนอแบนเนอร์โปรโมชั่นหน้าเว็บ แต่งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า ผู้ซื้อสินค้า EdTech ให้ความสำคัญกับ “โครงสร้างเนื้อหาที่ชัดเจน” เช่น การจัดหมวดหมู่ทักษะการเรียนรู้ หรือรายละเอียดของสินค้า มากกว่าส่วนลด ซึ่งสะท้อนว่าในธุรกิจความรู้ ความชัดเจนของข้อมูล (Clarity) มีมูลค่าสูงกว่า ราคาที่ลดลง (Discount)

การใช้อินฟลูเอนเซอร์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของ บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิส จำกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุสำคัญเนื่องจากสินค้าประเภทสื่อการเรียนรู้เป็นสินค้าที่ต้องอาศัย “ความเข้าใจในวิธีการใช้” และ “ความเชื่อมั่นในผลลัพธ์” การที่มีบุคคลที่สาม (Third-party) มาบอกเล่าหรือสาธิต จึงช่วยลดความซับซ้อนของข้อมูลและกระตุ้นการตัดสินใจได้ดีกว่าแบรนด์พูดเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลรัตน์ ภูษุข (2564) ที่ศึกษาเรื่องอิทธิพลของการตลาดผ่านผู้มีอิทธิพลทางความคิด โดยพบว่า ผู้บริโภคในยุคปัจจุบันให้ความสำคัญใน “ความเชี่ยวชาญ (Expertise)” และ “ความน่าไว้วางใจ (Trustworthiness)” ของอินฟลูเอนเซอร์มากกว่าโฆษณาทั่วไป โดยเฉพาะ

เมื่ออินฟลูเอนเซอร์มีการรีวิวสินค้าในลักษณะเล่าประสบการณ์ตรง จะส่งผลต่อความตั้งใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยระดับนานาชาติของ Lou and Yuan (2019) ที่พบว่า “คุณค่าด้านข้อมูล (Informative Value)” ที่อินฟลูเอนเซอร์มอบให้ ผ่านการสาธิตหรือรีวิว มีผลโดยตรงต่อการสร้างความเชื่อมั่นในตราสินค้า (Brand Trust) และนำไปสู่การตัดสินใจซื้อในท้ายที่สุด ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า จุดที่ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้แตกต่างจากงานวิจัยเรื่องอินฟลูเอนเซอร์ในกลุ่มสินค้าแฟชั่น อาหาร หรือเครื่องสำอาง คือบริบทของ “ความรับผิดชอบของผู้ปกครอง” ซึ่งมีความละเอียดอ่อนกว่าสินค้าทั่วไป งานวิจัยสินค้าไลฟ์สไตล์ส่วนใหญ่ มักพบว่า ผู้ติดตามซื้อสินค้าเพราะ “อยากสวย/อยากเทเหมือนอินฟลูเอนเซอร์” แต่สำหรับสินค้าของ บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิส จำกัด พบว่าผู้ปกครองตัดสินใจซื้อเพราะ “ศรัทธาในแนวทางการเลี้ยงลูก” ของอินฟลูเอนเซอร์คนนั้นๆ มากกว่ารูปลักษณ์ภายนอก การเลือกใช้อินฟลูเอนเซอร์ในธุรกิจนี้จึงไม่ใช่แค่ใครก็ได้ที่มียอดไลก์สูง แต่ต้องเป็น “Role Model” ด้านการศึกษาหรือพัฒนาการเด็กที่ตรงจริตกับกลุ่มเป้าหมาย ในขณะที่สินค้า Mass Product มักใช้ดาราเบอร์ใหญ่เพื่อสร้างกระแส งานวิจัยนี้กลับสะท้อนว่า “ความสมจริง (Authenticity)” ของคุณแม่ธรรมดา (Micro-Influencer) ที่ถ่ายทอดปัญหาจริงๆ ของลูก เช่น ลูกติดจอ หรือลูกสมาธิสั้น และแสดงให้เห็นว่าสินค้าช่วยแก้ปัญหาได้อย่างไร มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ “สูงกว่า” การใช้ดาราถือสินค้าเพียงอย่างเดียว เพราะผู้ปกครองต้องการเห็น “ผลลัพธ์ที่จับต้องได้จริง (Real Results)” ไม่ใช่แค่ภาพลักษณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ปัจจัยด้านการตลาดเชิงเนื้อหา และการตลาดผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Email Marketing) ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของ บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคิส จำกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลลัพธ์นี้มีความน่าสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจาก

ขัดแย้งกับหลักการตลาดดิจิทัลกระแสหลักที่มักกล่าวว่า “Content is King” แต่ในบริบทของสินค้าแม่และเด็กในประเทศไทย ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นถึงปัญหา “ภาวะข้อมูลล้นเกิน (Information Overload)” และพฤติกรรม的开รับสื่อที่เปลี่ยนไปของผู้บริโภค สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล ไยโพธิ์ (2563) ที่ศึกษาพฤติกรรมการตลาดดิจิทัลในประเทศไทย และพบว่า “ความเบื่อหน่ายต่อการยึดเหนี่ยวเนื้อหา” ของผู้บริโภคมีสูงขึ้น การส่งอีเมลหรือการทำคอนเทนต์ในรูปแบบบทความยาว ๆ จากแบรนด์ (Brand-generated Content) มักถูกมองข้ามหรือถูกจัดเป็น “อีเมลขยะ (Spam)” โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภค B2C ที่ใช้อีเมลเพื่อการทำงานมากกว่าการซื้อส่วนตัว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kotler et al. (2017) ในยุค Marketing 4.0 ที่ระบุว่า ในยุคที่ผู้คนเชื่อมต่อกันตลอดเวลา “ความสนใจ (Attention Span)” ของมนุษย์ลดต่ำลงอย่างมาก ผู้บริโภคจะไม่ตอบสนองต่อคอนเทนต์ที่ “ดูเป็นการศึกษาหรือยึดเหนี่ยวความรู้มากเกินไป” (ซึ่งมักเป็นรูปแบบของสินค้า Ed Tech) แต่จะสนใจสิ่งที่สั้น กระชับ และมีความบันเทิงสอดแทรก มากกว่าการอ่านจดหมายข่าวหรือบทความวิชาการ ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ระบุว่า การสร้างคอนเทนต์ให้ความรู้จะช่วยสร้างความเชื่อถือ แต่สำหรับสินค้า เอ็ด เทค ฟอรัคิส พบว่า พ่อแม่ไม่ได้ต้องการ “เนื้อหาทั่วไป” (Generic Content) ที่ส่งหวนทางอีเมล แต่ต้องการ “คำตอบเฉพาะหน้า” ผ่านการแชท (Chat) มากกว่า การทำคอนเทนต์ทั้งไวบนเว็บหรือส่งอีเมลจึงไม่สามารถปิดการขายได้ เพราะขาด “บริบทแห่งการโต้ตอบ (Interactive Context)” ซึ่งแตกต่างจากสินค้าดิจิทัลอื่น ๆ ที่ผู้ซื้อสามารถอ่านและตัดสินใจเองได้ ในขณะที่งานวิจัยฝั่งตะวันตกยังคงยืนยันว่าอีเมลมี ROI สูงสุด แต่งานวิจัยนี้ยืนยันชัดเจนว่าในบริบทสังคมไทย (Thailand Context) ช่องทางที่เป็นทางการอย่างอีเมล ได้ถูกแทนที่อย่างสมบูรณ์ด้วย

LINE Official Account สำหรับการสื่อสารแบรนด์ และถูกแทนที่ด้วย Short Video (Tiktok/Reels) สำหรับการเสพคอนเทนต์ พฤติกรรมนี้ชี้ให้เห็นว่า สำหรับสินค้าเด็ก “ความรวดเร็วและความสนุก” ชนะ “ข้อมูลที่อัดแน่นแต่ไม่น่าสนใจ”

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติ

1) ด้านสื่อสังคมออนไลน์ และเว็บไซต์ ผลการวิจัยพบว่าสองตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ ผู้ประกอบการควร “จัดระบบประมาณหลัก” ลงในช่องทางนี้ โดยเน้นการสร้าง “ชุมชนออนไลน์ (Community)” บน Facebook หรือ Line OA ให้แข็งแกร่ง เพื่อให้เกิดการพูดคุยแลกเปลี่ยนระหว่างผู้ปกครอง ซึ่งจะสร้างความน่าเชื่อถือ ได้มากกว่าการโพสต์ขายเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ ควรปรับปรุงเว็บไซต์ให้รองรับการใช้งานบนมือถือ และมีระบบชำระเงินที่สะดวกรวดเร็ว เพื่อลดอัตราการกดยอกจากหน้าเว็บในขั้นตอนการสั่งซื้อ

2) ด้านการปรับแต่งเว็บไซต์ให้ติดอันดับ (SEO) ผลการวิจัย พบว่าส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ บริษัทควรมุ่งเน้นการทำ SEO เชิงกลยุทธ์ด้วย “คำค้นหาที่เน้นการแก้ปัญหา” (Solution-based Keywords) เช่น “วิธีสอนลูกอ่านหนังสือ”, “แบบฝึกหัดพัฒนาสมองเด็ก” แทนการใช้ชื่อสินค้าตรงๆ เพื่อดักจับความต้องการของลูกค้าในช่วงที่กำลังค้นหาข้อมูลเพื่อตัดสินใจ ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสในการปิดการขายได้สูงกว่า

3) ด้านการตลาดเชิงเนื้อหา และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัย พบว่า “ไม่ส่งผล” ต่อการตัดสินใจซื้อ บริษัทควร “ทบทวนและลดสัดส่วนงบประมาณ” ในการส่งอีเมลหว่านล้อมแบบเดิม (Mass Emailing) ที่อาจสร้างความรำคาญ และ

ปรับเปลี่ยนรูปแบบคอนเทนต์จากการเขียนบทความทั่วไป มาเป็น “คอนเทนต์วิดีโอสั้น” หรือ “รีวิวกจากผู้ใช้งานจริง (User-Generated Content)” แล้วนำไปเผยแพร่ผ่านช่องทาง Social Media แทน เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป

2. ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

1) องค์กรควรให้ความสำคัญกับการทำ SEO (Search Engine Optimization) ควบคู่ไปกับการพัฒนาโครงสร้างเว็บไซต์ ให้รองรับการค้นหา ข้อมูลต้องมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ เพราะเว็บไซต์เปรียบเสมือน “Landing Page” สุดท้ายที่จะเปลี่ยนจากผู้สนใจเป็นผู้ซื้อ การวิจัยนี้ยืนยันว่าการลงทุนใน SEO ให้ผลตอบแทนต่อการตัดสินใจซื้อสูงสุดเมื่อเทียบกับเครื่องมืออื่น

2) ควรมีการบูรณาการ ระหว่างแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียกับเว็บไซต์หลัก การใช้ อินฟลูเอนเซอร์ไม่ควรทำเพียงเพื่อสร้างการรับรู้ (Awareness) เท่านั้น แต่ต้องเชื่อมโยงกลับมาถึงกระบวนการตัดสินใจซื้อ บนแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดีย เพื่อลดช่องว่างระหว่างการรับรู้และการกระทำ

3) ผลการวิจัยพบว่า การตลาดเชิงเนื้อหา และ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ส่งผล ต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ ประเด็นนี้น่าสนใจในเชิงวิชาการ เนื่องจากขัดแย้งกับทฤษฎีการตลาดดั้งเดิม อาจเป็นไปได้ว่ารูปแบบเนื้อหา ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่ตอบโจทย์ (เช่น บทความยาวเกินไป หรืออีเมลดูเป็นสแปม) ดังนั้น ไม่ควรตัดทิ้งทันที แต่ควร “ปรับเปลี่ยนรูปแบบ (Pivot)” เช่น เปลี่ยนจาก Content บทความ เป็น Video Content สั้นๆ หรือเปลี่ยนจาก Email Marketing เป็นการใช้ LINE Broadcast หรือ Personalized Message ซึ่งอาจเหมาะสมกับบริบทผู้บริโภคไทยมากกว่า

9.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลในด้านการทำ SEO สื่อสังคมออนไลน์

เว็บไซต์ และการใช้อินฟลูเอนเซอร์ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของกลุ่มเป้าหมายมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของกลยุทธ์เหล่านี้ในการสร้างแรงจูงใจและอิทธิพลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคในยุคดิจิทัล สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรพิจารณาขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายในหลายกลุ่มอุตสาหกรรม เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในการตอบสนองของกลุ่มเป้าหมายต่อกลยุทธ์ต่าง ๆ รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ช่องทางและเครื่องมือดิจิทัลแต่ละประเภทให้ละเอียดขึ้น นอกจากนี้ ควรใช้เทคนิคการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพควบคู่กัน เพื่อให้ข้อมูลมีความครอบคลุมและสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างในมิติที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

2. สำหรับด้านที่ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ เช่น การตลาดเชิงเนื้อหาและจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ควรศึกษาเพิ่มเติมว่ากลุ่มเป้าหมายมีพฤติกรรมและความคาดหวังอย่างไรในแต่ละช่วงเวลาหรือกลุ่มเป้าหมายที่ต่างกัน รวมทั้งอาจพิจารณาทดลองออกแบบกลยุทธ์ที่ผสมผสานระหว่างช่องทางและเนื้อหา เพื่อดูว่ากลยุทธ์ใดสามารถเสริมสร้างผลกระทบเชิงบวกได้บ้าง

3. การศึกษาเปรียบเทียบผลการวิจัยที่พบกลยุทธ์ Content และ Email ไม่ส่งผลต่อการซื้อสินค้าประเภทสื่อการเรียนรู้ ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับสินค้าประเภทอื่นที่มีธรรมชาติแตกต่างกัน เช่น สินค้าแฟชั่น หรือสินค้าอุปโภคบริโภค เพื่อพิสูจน์ทราบว่า

การที่เครื่องมือดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพ เป็นผลมาจาก “ประเภทสินค้า” (Product Type) หรือเป็น “เทรนด์พฤติกรรมผู้บริโภคในภาพรวม” (Macro Trend)

4. การเพิ่มตัวแปรด้านแพลตฟอร์มใหม่ ข้อจำกัดงานวิจัย งานวิจัยนี้เน้นภาพรวมของ Social Media งานวิจัยในอนาคตควรเจาะจงศึกษาอิทธิพลของแพลตฟอร์มวิดีโอสั้น (เช่น TikTok) หรือการไลฟ์สดขายของ (Live Commerce) ซึ่งกำลังมีบทบาทสูงในการกระตุ้นการตัดสินใจซื้อแบบฉับพลัน (Impulse Buying) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบัน

5. การวิจัยเชิงคุณภาพ ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) หรือการสนทนากลุ่ม (Focus Group) กับกลุ่มลูกค้า เพื่อค้นหาคำตอบเชิงลึกว่า “เหตุใด” การตลาดผ่านอีเมลและการตลาดเชิงเนื้อหาแบบเดิมจึงไม่สามารถจูงใจให้เกิดการซื้อได้ ซึ่งจะช่วยอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในงานวิจัยเชิงปริมาณนี้ได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6. ควรเพิ่มตัวแปรอื่น เช่น ความพึงพอใจหลังการซื้อ ความภักดีต่อแบรนด์ หรือประสบการณ์ผู้ใช้งาน เพื่อวิเคราะห์ผลในมุมมองที่ลึกซึ้ง ควรขยายขนาดตัวอย่างหรือใช้วิธีวิจัยแบบผสมเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึก รวมถึงอาจใช้การเปรียบเทียบกับธุรกิจประเภทเดียวกันหรือทดลองทางการตลาด เพื่อทดสอบความแม่นยำของโมเดลในสถานการณ์จริง

เอกสารอ้างอิง

- กมลรัตน์ ภู่นุช. (2564). อิทธิพลของการตลาดผ่านผู้มีอิทธิพลทางความคิดและการรับรู้รีวิวลินค้าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้บริโภค Gen Y (สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2558). สถิติสำหรับงานวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 9). ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัลยาณี ภาคอิต. (2564). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านทางเว็บไซต์ E-Marketplace ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร (การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- กฤษณ์ รื่นรมย์. (2561). การวิจัยการตลาด (พิมพ์ครั้งที่ 26). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จตุพร ศรีสมบัติ. (2562). ปัจจัยการใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อความตั้งใจซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคของคนไทย (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- ณัฐพล ไบโฟโรจน์. (2563). *Digital Marketing 2020: พฤติกรรมผู้บริโภคและการปรับตัวของธุรกิจไทย*. โอดีซี พรีเมียร์.
- ทามาศ ศรีสวัสดิ์. (2563). ปัจจัยด้านการตลาดออนไลน์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าแฟชั่นของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร [การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- รัชชัช พัฒนศักดิ์. (2561). อิทธิพลของการทำตลาดผ่านเครื่องมือค้นหาบนอินเทอร์เน็ตที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ]. DSpace at Bangkok University.
- บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคส์ จำกัด. (2567). รายงานสรุปข้อมูลลูกค้าและยอดขายประจำปี 2567 .กรุงเทพฯ: บริษัท เอ็ด เทค ฟอรัคส์ จำกัด.
- พิมพ์พิศา นรากร. (2564). อิทธิพลของสื่อสังคมออนไลน์ต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มณฑิรา อินทร์อุดม. (2562). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce) ของผู้บริโภค. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี*, 13(2), 45-56.
- Belch, G. E., & Belch, M. A. (2021). *Advertising and promotion: An integrated marketing communications perspective* (12th ed.). McGraw-Hill Education.
- Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2016). *Digital marketing: Strategy, implementation and practice* (6th ed.). Pearson Education.
- Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital marketing: Strategy, implementation and practice* (7th ed.). Pearson Education.
- Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2022). *Digital marketing: Strategy, implementation and practice* (8th ed.). Pearson.
- Chan, S., & Li, M. (2021). Search engine optimization and e-commerce purchase intention in Asian online consumers. *Journal of Asian Business Strategy*, 11(1), 45–58.

- Kingsnorth, S. (2022). *Digital marketing strategy: An integrated approach to online marketing* (3rd ed.). Kogan Page.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2021). *Principles of marketing* (18th ed.). Pearson.
- Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2017). *Marketing 4.0: Moving from traditional to digital*. John Wiley and Sons.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson Education.
- Kotler, P., Keller, K. L., Ang, S. H., Tan, C. T., & Leong, S. M. (2017). *Marketing management: An Asian perspective* (7th ed.). Pearson Education.
- Lee, S., & Kim, J. (2020). Social media engagement and online purchase decision in Asian consumers. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 32(5), 1120-1135.
- Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing*, 80(6), 69-96.
- Lou, C., & Yuan, S. (2019). Influencer marketing: How message value and credibility affect consumer trust of branded content on social media. *Journal of Interactive Advertising*, 19(1), 58-73.
- Ryan, D. (2016). *Understanding digital marketing: Marketing strategies for engaging the digital generation* (4th ed.). Kogan Page.
- Stephen, A. T. (2016). The role of digital and social media marketing in consumer behavior. *Current Opinion in Psychology*, 10, 17-21.
- Turban, E., Outland, J., King, D., Lee, J. K., Liang, T. P., & Turban, D. C. (2018). *Electronic commerce 2018: A managerial and social networks perspective* (9th ed.). Springer.
- Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed.). Harper and Row.

วิธีอ้างอิงบทความนี้: ณัฐวรรณ ใจสำรวม และรุติมา วงศ์อินตา. (2569). การประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่าในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร: กรณีศึกษาบริษัทให้บริการการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องอัดก๊าซ. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 12(2), 82-99.
<https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.297530>

Received:	January	20, 2026
Revised:	March	11, 2026
Accepted:	June	11, 2026

การประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่าในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร: กรณีศึกษาบริษัทให้บริการการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องอัดก๊าซ

ณัฐวรรณ ใจสำรวม^{1*} และ รุติมา วงศ์อินตา²

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา 2) วิเคราะห์สาเหตุและปัญหาของกระบวนการจัดซื้อที่ทำให้เกิดความล่าช้าและความสูญเสียเปล่า และ 3) เสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value stream mapping: VSM) วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานปัจจุบันและระบุจุดที่เกิดความสูญเสียเปล่า ร่วมกับแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) เพื่อหาสาเหตุรากของปัญหา จากนั้นได้นำหลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการโดยเน้นการตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น การรวมงานซ้ำซ้อน การจัดลำดับงานใหม่ และการทำให้ขั้นตอนง่ายขึ้น ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการจัดซื้อในปัจจุบันใช้เวลามากกว่า 40 วันจึงจะเสร็จสิ้น แต่หากมีการปรับปรุงตามแนวทางที่เสนอเช่น การใช้ระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ E-MSR การทำข้อตกลงด้านราคา (Price Agreement) กับซัพพลายเออร์ และการพัฒนาฐานข้อมูลสินค้าคงคลังด้วย Power BI จะสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการจัดซื้อเหลือเพียง 7-10 วัน และสำหรับอะไหล่ที่อยู่ในข้อตกลงด้านราคา จะใช้เวลาเพียง 3-4 วันเท่านั้น การประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่าร่วมกับแผนผังก้างปลาและหลักการ ECRS สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพถึงร้อยละ 76-83 ลดความสูญเสียเปล่า และทำให้กระบวนการจัดซื้อมีความคล่องตัวมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้ดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันและความน่าเชื่อถือขององค์กรในระยะยาวอีกด้วย

คำสำคัญ: แผนผังสายธารแห่งคุณค่า, แผนผังก้างปลา, การลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการ ECRS, บริษัทให้บริการการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องอัดก๊าซ

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹ นิสิตสาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: 66920349@go.buu.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: thitima@buu.ac.th

The Application of Value Stream Mapping to Improve Machine Spare Part's Purchasing Process: A Case Study of Preventive Maintenance Booster Gas Compressor Company

Natthawan Jaisumruam¹ and Thitima Wonginta^{2*}

Abstract

The objectives of this research were to (1) study the current purchasing process of machine maintenance spare parts in a case study company (2) analyze the causes and problems that lead to delays and inefficiencies in the purchasing process and (3) propose guidelines for improving the efficiency of the purchasing process for maintenance spare parts. The researcher applied Value Stream Mapping (VSM) to analyze the current workflow and identify non-value-added activities with a Fishbone Diagram to investigate the root causes of the problems. Subsequently, the ECRS principles (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) were applied to improve the process by eliminating unnecessary steps, consolidating redundant tasks, rearranging workflow sequences, and simplifying work procedures. The results of this research revealed that the current purchasing process took more than 40 days to complete. However, with the proposed improvements such as implementing an electronic document system (E-MSR), establishing Price Agreements with regular suppliers and developing an Inventory Database with Power BI. The purchasing lead time could be reduced to only 7-10 days and for items under Price Agreements, the lead time could be shortened to merely 3-4 days. The application of Value Stream Mapping, Fishbone Diagram and ECRS principles significantly enhances efficiency by approximately 76-83%, eliminates waste and streamlines the spare parts purchasing process. Moreover, it supports preventive maintenance activities to be carried out on schedule, thereby improving the company's competitiveness and long-term reliability.

Keywords: Value stream mapping, Fishbone diagram, ECRS principles,
Preventive maintenance service provider for booster gas compressors

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹ Graduate Student of Logistics and Supply Chain Management, Faculty of Logistics, Burapha University, Thailand,
E-mail: 66920349@go.buu.ac.th

² Lecture in Logistics and Supply Chain Management, Faculty of Logistics, Burapha University, Thailand,
E-mail: thitima@buu.ac.th

1. บทนำ

อุตสาหกรรมสำรวจและผลิตปิโตรเลียมเป็นภาคส่วนยุทธศาสตร์ที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งหัวใจสำคัญในการรักษาความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตคือการบริหารจัดการสินทรัพย์และการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ (Asset management) เพื่อป้องกันการหยุดชะงักของเครื่องจักร (Downtime) ซึ่งส่งผลเสียต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจมหาศาล อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันไม่ได้ขึ้นอยู่กับทักษะทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความรวดเร็วแม่นยำของกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ ซึ่งจากการศึกษาของ Al-Karbi (2020) และ Hasibuan et al. (2021) พบว่าปัญหาการขาดการบูรณาการระบบสารสนเทศและขั้นตอนที่ซับซ้อน เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ระยะเวลารอคอย (Lead time) ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ยาวนานเกินความจำเป็น

สำหรับบริษัทธรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้บริการบำรุงรักษาเครื่องอัดก๊าซ (Booster Gas Compressor) จากการสำรวจและเก็บข้อมูลเชิงลึกผ่านการสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง พบปัญหาสำคัญในกระบวนการจัดซื้อที่มีขั้นตอนมากถึง 19 ขั้นตอน และใช้เวลาเฉลี่ยสูงถึง 41 วัน โดยมีสาเหตุหลักจากกระบวนการอนุมัติผ่านอีเมลที่ไม่มีประสิทธิภาพ การตรวจสอบวัสดุคงคลังที่เกิดคอขวด (Bottleneck) และนโยบายการจัดหาที่ซ้ำซ้อน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการส่งมอบบริการให้แก่ลูกค้า

แม้จะมีงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ประยุกต์ใช้แนวคิดลีน (Lean) ในการปรับปรุงการทำงาน แต่ความใหม่ของงานวิจัยฉบับนี้คือการมุ่งเน้นการแก้ปัญหาในบริบทเฉพาะของธุรกิจบริการบำรุงรักษาเครื่องอัดก๊าซ โดยการบูรณาการแผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) เพื่อจำแนกความสูญเปล่า ร่วมกับแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) เพื่อวิเคราะห์รากเหง้า

ของปัญหา และประยุกต์ใช้หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ในการออกแบบกระบวนการใหม่ เช่น การใช้ระบบ E-MSR และข้อตกลงด้านราคา ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวจะช่วยลดขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่าและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดซื้อได้อย่างเป็นรูปธรรม

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในปัจจุบันของบริษัทธรณีศึกษา
2. เพื่อศึกษาสาเหตุและปัญหาของกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในปัจจุบันของบริษัทธรณีศึกษา
3. เพื่อเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรของบริษัทธรณีศึกษา

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

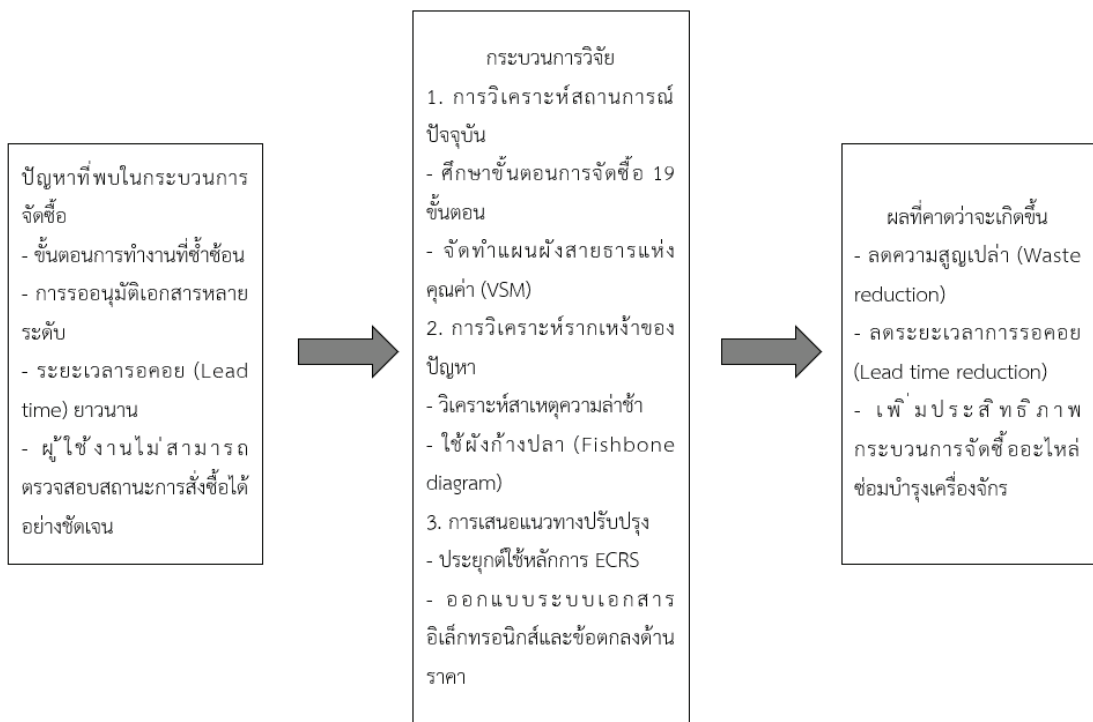
ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยโดยบูรณาการเครื่องมือการจัดการคุณภาพและแนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงกระบวนการ เพื่อแก้ปัญหาความล่าช้าในกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยสามารถแบ่งขั้นตอนความสัมพันธ์ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การวิเคราะห์สถานการณ์ ปัจจุบัน (Current state analysis) เริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานจริงผ่านการสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแผนผังสายธารแห่งคุณค่าในสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งช่วยให้เห็นภาพรวมของข้อมูลและกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-value added) ในห่วงโซ่อุปทาน (Klimecka-Tatar, 2017)
2. การวิเคราะห์รากเหง้าของปัญหา (Root cause analysis) นำปัญหาความล่าช้าที่พบจาก VSM มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วย แผนผังก้างปลา เพื่อจำแนกสาเหตุตามปัจจัยด้าน บุคลากร วิธีการ

ระบบสารสนเทศ และนโยบายการจัดซื้อ ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ Ishikawa (1985) ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่ต้นตอเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำ

3. การออกแบบแนวทางการปรับปรุง (Improvement design) ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify)

เพื่อขจัดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนและลดระยะเวลาการคอย โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงผ่านเครื่องมือสนับสนุน เช่น ระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-MSR) และการทำข้อตกลงด้านราคา เพื่อเพิ่มความคล่องตัวในระบบจัดซื้อ (อดิกันต์ ม่วงเงิน, 2562; Hasibuan et al., 2021)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. บรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดซื้อ

การจัดซื้อและการจัดหาเป็นกระบวนการเชิงกลยุทธ์ที่ครอบคลุมตั้งแต่การวางแผนความต้องการ การคัดเลือกผู้ขาย การเจรจาต่อรอง การทำสัญญา การสั่งซื้อ ไปจนถึงการประเมินผลผู้ส่งมอบ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้สินค้าและบริการที่เหมาะสมในด้านคุณภาพ ราคา ปริมาณ และเวลา (Monczka et al., 2020) แนวคิดเกี่ยวกับการจัดซื้อเชิงกลยุทธ์ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์กระบวนการ

จัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยมุ่งเน้นการลด Lead time เพิ่มความโปร่งใส และลดความสูญเปล่าในกระบวนการ

Van Weele (2018) อธิบายว่าการจัดซื้อไม่เพียงแต่มีหน้าที่ในการจัดหาสินค้าในราคาที่เหมาะสมเท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพ ความน่าเชื่อถือของผู้ขาย ระยะเวลาการส่งมอบ และความต่อเนื่องของการดำเนินงานในห่วงโซ่อุปทาน นอกจากนี้ Christopher (2016) ยังชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้อส่งผลโดยตรงต่อ Lead time

ของการดำเนินงาน ซึ่งหากกระบวนการจัดซื้อ มีความล่าช้าหรือมีขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและการให้บริการขององค์กร

ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อให้มีความคล่องตัว ลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น และเพิ่มความโปร่งใสในการดำเนินงาน จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพขององค์กร โดยเฉพาะในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ที่ต้องการอะไหล่และอุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ และปรับปรุงกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดระยะเวลาการรอคอย และลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

4.2 แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value stream mapping: VSM)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการผลิตหรือการบริหาร โดยจะช่วยให้เห็นภาพรวมของกระบวนการทั้งหมด (Overall process) ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ เป็นการมองเห็นและวิเคราะห์การไหลของข้อมูล และวัสดุในกระบวนการ พร้อมกับระบุความสูญเปล่า (Waste) ที่อาจเกิดขึ้นได้ ในแผนผังสายธารแห่งคุณค่ากิจกรรมในกระบวนการจะถูกจำแนกออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ 1. กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value added: VA) เป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการและทำให้ลูกค้ายินดีจ่าย 2. กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็น (Necessary but non-value added: NNVA) เป็นกิจกรรมที่ไม่ช่วยเพิ่มคุณค่าโดยตรงให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการ แต่ยังคงจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อให้กระบวนการทำงานได้อย่างราบรื่น 3. กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non-value added: NVA) เป็นกิจกรรมที่ไม่ช่วยเพิ่มคุณค่าเลย และสามารถตัดออกหรือปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ งานวิจัยนี้ใช้ VSM ในการสร้างแผนผังสถานการณ์ เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนทั้ง 19 ขั้นตอนของกระบวนการจัดซื้อ ระบุ

จุดที่เกิดความสูญเปล่า และออกแบบแผนผังสถานการณ์อนาคต เพื่อเสนอแนวทางลดระยะเวลารอคอยอย่างเป็นระบบ

4.3 แนวคิดแบบลีน (Lean thinking)

แนวคิด Lean thinking เป็นแนวทางการบริหารจัดการที่มุ่งเน้นการสร้างคุณค่าให้กับลูกค้า โดยการกำจัดความสูญเปล่า (Waste) ออกจากกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ โดยมีรากฐานมาจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota production system: TPS) แนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาและเผยแพร่อย่างเป็นระบบโดย Womack และ Jones (1996) ซึ่งเสนอหลักการสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ 1) การกำหนดคุณค่า 2) การระบุสายธารแห่งคุณค่า 3) การทำให้กระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง 4) การผลิตตามความต้องการ และ 5) การมุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ

Womack และ Jones (1996) อธิบายว่า องค์กรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างยั่งยืน หากสามารถจำแนกกิจกรรมที่สร้างคุณค่าและ กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าออกจากกัน และกำจัด กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าออกไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อในงานวิจัยนี้ที่มุ่งลดระยะเวลารอคอย ลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน และเพิ่มความคล่องตัวของกระบวนการทำงาน

แนวคิด Lean thinking เป็นกรอบแนวคิดหลักของการวิจัย โดยใช้เป็นแนวทางในการจำแนก กิจกรรม VA/NVA และกำหนดแนวทางการกำจัดความสูญเปล่าที่พบในกระบวนการจัดซื้อ

4.4 การจัดหาและการจัดซื้อแบบลีน (Lean procurement)

Lean procurement เป็นการประยุกต์แนวคิด Lean เข้ากับกระบวนการจัดซื้อ โดยมุ่งลดความสูญเปล่าในขั้นตอนการจัดหา เช่น การรอคอย การทำงานซ้ำซ้อน การอนุมัติหลายชั้น และการใช้

เอกสารที่ไม่จำเป็น (Klimecka-Tatar, 2017) แนวคิดนี้เน้นการออกแบบกระบวนการให้สั้น กระชับ โปร่งใส และใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการไหลของข้อมูล แนวคิดการจัดหาและการจัดซื้อแบบลีนถูกนำมาใช้ในการออกแบบแนวทางปรับปรุง เช่น การทำข้อตกลงด้านราคากับซัพพลายเออร์ การใช้ E-MSR และการพัฒนาฐานข้อมูล Master data ผ่าน Power BI ซึ่งช่วยลด Lead time และลดขั้นตอนซ้ำซ้อนในกระบวนการจัดซื้อ

4.5 การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการระบบ ECRS

หลักการ ECRS เป็นหลักการที่เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานภายใต้แนวคิดลีน ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสูญเปล่า ลดความซ้ำซ้อน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของ Lean และการปรับปรุงงานเชิงระบบตามที่ Liker (2004) และ Womack & Jones (1996) ได้อธิบายไว้ว่า การปรับปรุงกระบวนการควรเริ่มจากการตั้งคำถามกับทุกขั้นตอนการทำงานว่าเป็นกิจกรรมที่จำเป็นและสร้างคุณค่าหรือไม่ หากไม่สร้างคุณค่าควรพิจารณากำจัดหรือปรับเปลี่ยน นอกจากนี้ George (2002) ยังอธิบายว่าการประยุกต์ใช้เครื่องมือปรับปรุงกระบวนการ เช่น ECRS ภายใต้กรอบ Lean สามารถช่วยลดระยะเวลาการทำงานและลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ

4.6 แผนผังสาเหตุและผล (Cause and effect diagram)

แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาสาเหตุรากของปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาหลักกับปัจจัยสาเหตุในหมวดหมู่ต่าง ๆ เช่น Man, Method, Machine และ Material เครื่องมือนี้พัฒนาโดย Ishikawa (1985)

เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในงานปรับปรุงกระบวนการภายใต้แนวคิดลีน (Womack & Jones, 1996; Liker, 2004) ในงานวิจัยนี้ แผนผังสาเหตุและผลถูกนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาระยะเวลาในการจัดซื้อที่ยาวนาน ทำให้สามารถระบุสาเหตุที่แท้จริงของความล่าช้าได้อย่างชัดเจน และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางปรับปรุงกระบวนการตามหลัก ECRS ต่อไป

4.7 ระบบจัดซื้อจัดจ้างออนไลน์ (e-Procurement)

ระบบจัดซื้อจัดจ้างออนไลน์หรือที่รู้จักกันว่า e-Procurement ได้นำเอาเทคโนโลยีด้านอินเทอร์เน็ตมาใช้ ในกระบวนการจัดซื้อของวงจรห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) เพื่อสนับสนุนและปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างขององค์กร ทำให้สามารถดำเนินการตั้งแต่การวางแผนการสั่งซื้อจนถึงการจัดส่งสินค้าและบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพและโปร่งใส

4.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปติวรดา มีแสง (2565) ได้ทำการศึกษากระบวนการจัดซื้อของบริษัทกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้อ เพื่อขจัดปัญหาและอุปสรรคในกระบวนการทำงาน ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์กระบวนการ และปรับปรุงขั้นตอนให้สั้นลงพร้อมลดเวลาในการทำงานจากเดิม โดยใช้ Lean เป็นหลักในการออกแบบกระบวนการใหม่

พิมลนาฏ แพเยี่ยมอมพร (2566) ได้ทำการศึกษาแนวทางการพัฒนาสู่กระบวนการจัดซื้อ 4.0 ของบริษัทกรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบรูปแบบการทำงานระหว่างระบบจัดซื้อเดิมและระบบจัดซื้อยุค 4.0 ที่นำเทคโนโลยีเข้ามาสนับสนุน พบว่าระบบใหม่สามารถลดขั้นตอนและลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Al-Karbi (2020) ได้ทำการศึกษากระบวนการจัดซื้อของบริษัทกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุง

กระบวนการจัดซื้อของบริษัทด้านเคมีในประเทศ กาทาร์ ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดความสูญเสีย ในขั้นตอนการจัดซื้อ และลดระยะเวลา (Lead time) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านการระบุจุดคอขวดและ กำจัดขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่า

Hasibuan et al. (2021) ได้ทำการศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้อของบริษัท กรณีศึกษา โดยนำแนวคิด Lean Manufacturing ไปใช้ปรับปรุง Procurement lead time ใน อุตสาหกรรมเหล็ก พบว่าสามารถลดเวลาการจัดซื้อ ผ่านการลดความซ้ำซ้อนและการรวบรวมข้อมูล ให้เป็นระบบ พร้อมทั้งเน้นการทำงานแบบโปร่งใส และตรวจสอบย้อนกลับได้ ซึ่งมีผลให้ประสิทธิภาพ การจัดซื้อเพิ่มขึ้น

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied research) และการวิจัยเชิงกรณีศึกษา (Case study research) โดยใช้แนวทางการวิจัย เชิงคุณภาพเป็นหลัก (Qualitative approach) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและปรับปรุง ประสิทธิภาพกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุง เครื่องจักรของบริษัทกรณีศึกษา

5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ พนักงาน และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดซื้อ อะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรจากหลายฝ่าย ได้แก่ ฝ่าย จัดซื้อ (Procurement), ฝ่ายควบคุมวัสดุ (Material control) และฝ่ายปฏิบัติการ (Operation) โดยเลือก กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากกลุ่มบุคคลเหล่านี้เป็นผู้ที่มีส่วนโดยตรง ในกระบวนการจัดซื้อและมีความรู้ ความเข้าใจ ในขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้อง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ทั้งหมด 5 คน แบ่งเป็น พนักงานฝ่ายจัดซื้อ 2 คน พนักงานฝ่ายควบคุมวัสดุ 1 คน และพนักงานฝ่าย ปฏิบัติการหรือวิศวกร 2 คน การกำหนดจำนวน กลุ่มตัวอย่าง พิจารณาจากขอบเขตความรับผิดชอบ ที่ครอบคลุมทุกขั้นตอนของกิจกรรมในสายธารแห่ง คุณค่า (Value stream) ตั้งแต่การแจ้งความต้องการ จนถึง การรับสินค้า จำนวนดังกล่าวมักถูกนำมาใช้ ในงานวิจัยเชิงคุณภาพที่มุ่งเน้นความเฉพาะเจาะจง โดยมีหลักการอ้างอิง ดังนี้ Virzi (1992) และ Nielsen and Landauer (1993) ระบุว่า การเก็บข้อมูล หรือทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความเชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน สามารถตรวจพบปัญหาหรือข้อบกพร่อง ในกระบวนการทำงานได้มากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งเพียงพอ ต่อการระบุปัญหาหลักและแนวทางแก้ไขในระบบงาน ที่มีความเฉพาะตัว

5.3 เครื่องมือวิจัย

1. การใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value stream mapping) ในการวิเคราะห์กระบวนการ จัดซื้อของบริษัทกรณีศึกษา โดยทำให้เข้าใจภาพรวม ของกระบวนการ ซึ่งทำให้สามารถระบุกิจกรรมตั้งแต่ ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ
2. การใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) หรือ แผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) ในการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดความ สูญเปล่า
3. การใช้แนวคิดลีน (Lean thinking) มาใช้ ในการกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ จัดซื้อ
4. การใช้หลักการระบบ ECRS เพื่อค้นหา แนวทางในการกำจัดความสูญเปล่า

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลจากบริษัทกรณี ศึกษาโดยประกอบไปด้วยข้อมูลจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของ ผู้วิจัย ผู้วิจัยร่วมสังเกตการปฏิบัติงานจริงของกลุ่ม

ตัวอย่าง เพื่อบันทึกระยะเวลาที่ใช้ (Cycle time) ในแต่ละกิจกรรม สำหรับนำมาจัดทำแผนผังสายธารแห่งคุณค่าสถานการณ์ปัจจุบัน (Current state VSM) ทำความเข้าใจภาระงาน ปัญหาอุปสรรค และความคิดเห็นต่อขั้นตอนการจัดซื้อในปัจจุบัน รวมถึงข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบ E-MSR และกลุ่มตัวอย่างร่วมวิเคราะห์ปัญหาความล่าช้า เพื่อจัดทำแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) ทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ได้สะท้อนความเป็นจริงจากงานอย่างแม่นยำ และข้อมูลทุกข้อมู เป็นข้อมูลที่ได้จากแหล่งข้อมูลของทางบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ ข้อมูลกระบวนการขั้นตอนการทำงานในปัจจุบันของกระบวนการจัดซื้อ และข้อมูลการร้องเรียนจากลูกค้าและผู้ใช้งาน

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการณ์ และเอกสารภายในของบริษัทกรณีศึกษาแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาถอดรหัส (Coding) การดำเนินการ Coding แบบอุปนัย (Inductive coding) แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. Open coding ระบุประเด็นสำคัญจากข้อมูลดิบ เช่น ปัญหาการรออนุมัติ การทำงานซ้ำซ้อน การสื่อสารคลาดเคลื่อน
2. Axial coding จัดกลุ่มรหัส ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น ปัญหาด้านบุคลากร ระบบงาน ขั้นตอนการทำงาน และเอกสาร
3. Selective coding สังเคราะห์เป็นประเด็นหลักของความสูญเปล่า (Waste) ตามแนวคิด Lean เช่น การรอคอย (Waiting) การทำงานเกินความจำเป็น (Overprocessing) และการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion)

ผลจากการ Coding ถูกนำไปสร้างแผนผังสายธารแห่งคุณค่า เพื่อแยกกิจกรรมที่สร้างคุณค่าและไม่สร้างคุณค่า และใช้จัดทำแผนผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุรากของปัญหาอย่างเป็นระบบดังนี้

1. ข้อมูลเชิงกระบวนการถูกนำมาวิเคราะห์ด้วย แผนผังสายธารแห่งคุณค่า เพื่อระบุระยะเวลาในแต่ละขั้นตอน กิจกรรมที่สร้างคุณค่า (Value-added) และกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-value-added) รวมถึงการคำนวณ lead time และ process time ของกระบวนการจัดซื้อในปัจจุบัน

2. ผู้วิจัยใช้แผนผังก้างปลา เพื่อจำแนกปัจจัยที่เป็นรากเหง้าของปัญหาออกเป็นหมวดหมู่ เช่น Man, Method, Material และ Environment ทำให้สามารถระบุปัจจัยเชิงระบบที่ส่งผลต่อความล่าช้าในกระบวนการจัดซื้อได้อย่างเป็นรูปธรรม

3. ภายหลังการวิเคราะห์สาเหตุ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้หลักการระบบ ECRS ในการวิเคราะห์เชิงปรับปรุงเพื่อกำหนดแนวทางลดความสูญเปล่าและปรับปรุงโครงสร้างกระบวนการจัดซื้อใหม่ โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงทั้งในด้านจำนวนขั้นตอน ระยะเวลาการดำเนินงาน และความสามารถในการตอบสนองงานซ่อมบำรุง

6. ผลการวิจัย

ผลจากการรวบรวมจากเอกสาร การสังเกตการณ์ และการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการจัดซื้อของบริษัทกรณีศึกษา โดยรวบรวมประวัติการสั่งซื้อ 12 เดือน ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 รวมคำสั่งซื้อทั้งหมด 517 คำสั่งซื้อ พบว่าในปัจจุบันกิจกรรมจัดซื้อของแผนก Booster Gas Compressor มีขั้นตอนจำนวนมากถึง 19 ขั้นตอน และความล่าช้าอยู่ในขั้นตอนการสร้างคำขอซื้อ (PR) ไปเป็นคำสั่งซื้อ (PO) ใช้เวลาดำเนินการนานกว่าใบคำสั่งซื้อจะส่งออกไปยังซัพพลายเออร์ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสร้างคำขอซื้อ (MSR to PR) คือ 21 วัน โดยมีระยะเวลาสำหรับการขอใบเสนอราคาและคัดเลือกซัพพลายเออร์ใช้เวลา 7 วัน ซึ่งเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสร้างคำขอซื้อคือ 14 วัน และเวลาที่ใช้มากที่สุดในสร้างคำขอซื้อ

คือ 334 วัน เวลาเฉลี่ยในการเปลี่ยนคำขอซื้อเป็นคำสั่งซื้อ (PR to PO) คือ 13 วัน และเวลาที่ใช้มากที่สุดในสร้างคำสั่งซื้อคือ 161 วัน

ขั้นตอนกระบวนการจัดซื้อในปัจจุบันมีทั้งหมด 19 ขั้นตอนดังนี้

1. “ผู้ใช้งาน (User)” จัดทำเอกสารร้องขอซื้อวัสดุ MSR (Material and services requisition) และส่งไปยัง “หัวหน้างาน (Senior supervisor/supervisor)” ผ่านทางอีเมล โดยรายละเอียดที่ระบุใน MSR ได้แก่ รายละเอียดของวัสดุหรืออะไหล่ เช่น SAP material number, part number, model, จำนวน และ Drawing (ถ้ามี)

2. “หัวหน้างาน (Senior supervisor/supervisor)” ทำการพิจารณาและตรวจสอบรายละเอียดที่แนบมา ถ้าหาก MSR นั้นถูกอนุมัติจะถูกส่งไปยัง “พนักงานควบคุมวัสดุ (Material control)”

3. “พนักงานควบคุมวัสดุ” ทำการตรวจสอบวัสดุคงคลังก่อนว่ามีหรือไม่ ถ้าไม่มีต้องทำการสั่งซื้อ พนักงานควบคุมวัสดุจะส่ง MSR ไปยัง “ผู้จัดการแผนก (Plant manager)” เพื่อขออนุมัติคำสั่งซื้อ

4. “ผู้จัดการแผนก” ทำการพิจารณาและอนุมัติคำสั่งซื้อ จากนั้น MSR จะถูกส่งต่อไปยัง “เจ้าหน้าที่จัดซื้อ” เพื่อทำการขอใบเสนอราคา (Quotation) จากซัพพลายเออร์

5. “เจ้าหน้าที่จัดซื้อ” ส่งคำขอใบเสนอราคา (Request for quotation, RFQ) ไปยังผู้ขายหรือซัพพลายเออร์ อย่างน้อย 3 เจ้า เพื่อทำการเปรียบเทียบราคา

6. “เจ้าหน้าที่จัดซื้อ” ได้รับใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ จะทำการเปรียบเทียบเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ราคา คุณภาพ การจัดส่ง และบริการหลังการขาย เพื่อตัดสินใจเลือกซัพพลายเออร์ที่ดีที่สุด

7. “หัวหน้างาน” จะทำการยืนยันรายละเอียดของวัสดุที่ต้องการสั่งซื้อ เช่น model และ part number กับเจ้าหน้าที่จัดซื้อ หลังจากที่เจ้าหน้าที่

จัดซื้อได้ทำการเลือกซัพพลายเออร์ที่จะสั่งซื้อแล้ว

8. “เจ้าหน้าที่จัดซื้อ” ส่ง MSR พร้อมกับใบเสนอราคาให้กับ “ผู้จัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain manager)” เพื่อพิจารณาและอนุมัติ MSR นั้น ๆ

9. “ผู้จัดการห่วงโซ่อุปทาน” พิจารณาและอนุมัติ MSR หลังจากนั้นพนักงานควบคุมวัสดุทำการออกไปขอสั่งซื้อ

10. “พนักงานควบคุมวัสดุ” ทำการออกไปขอสั่งซื้อ หลังจากได้รับการอนุมัติจาก “ผู้จัดการห่วงโซ่อุปทาน” แล้ว

11. “ผู้จัดการห่วงโซ่อุปทาน” พิจารณาและอนุมัติใบขอสั่งซื้อ

12. “เจ้าหน้าที่จัดซื้อ” ทำการออกไปสั่งซื้อตามใบเสนอราคาที่ได้รับการอนุมัติ

13. “เจ้าหน้าที่จัดซื้อ” ทำการส่งใบสั่งซื้อ PO ไปให้ซัพพลายเออร์ผ่านทางอีเมล

14. “ซัพพลายเออร์” ทำการยืนยันคำสั่งซื้อที่ได้รับจากเจ้าหน้าที่จัดซื้อ

15. “ซัพพลายเออร์” ทำการส่งสินค้าให้กับทางบริษัท

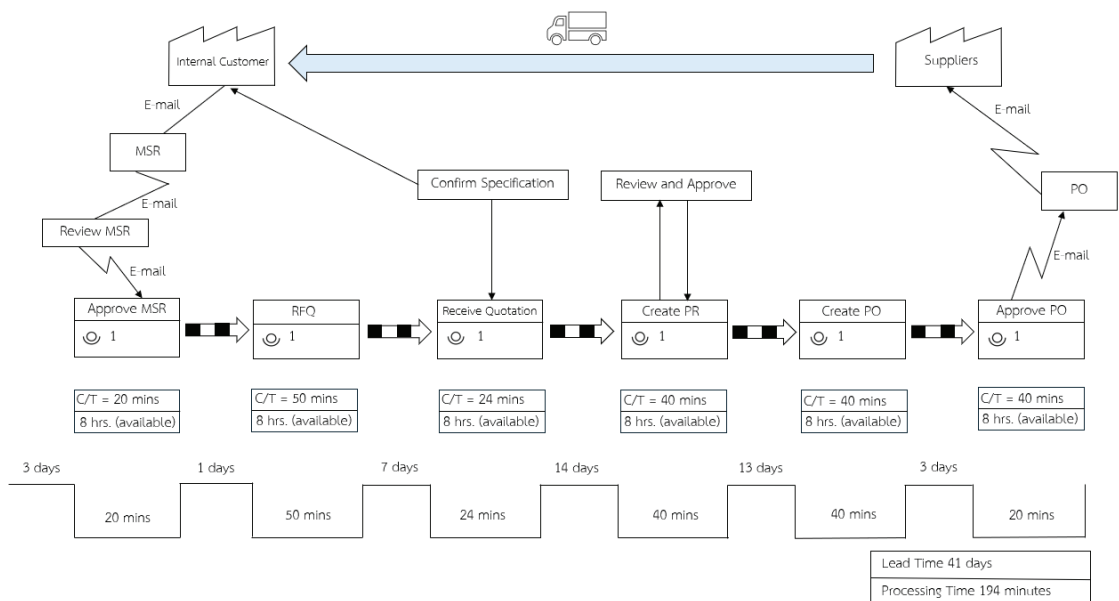
16. “เจ้าหน้าที่คลังสินค้า (Store man)” ทำการตรวจรับสินค้าจากซัพพลายเออร์ และเซ็นเอกสารรับของ เช่น Delivery order (DO)

17. “เจ้าหน้าที่คลังสินค้า (Store man)” ทำการรับสินค้า (Goods received) ลงในระบบ SAP หลังจากนั้นจะพิจารณาว่าสินค้าที่เข้ามาต้องส่งให้ผู้ร้องขอคนไหน

18. “พนักงานควบคุมวัสดุ” จัดทำเอกสารส่งของ (Parts transfer report; TRF) เพื่อส่งของไปยังผู้ใช้งาน

19. “ผู้ใช้งาน” ตรวจสอบสินค้าที่สั่งซื้อและเซ็นรับสินค้าส่งกลับไปยังเจ้าหน้าที่คลังสินค้า และพนักงานควบคุมวัสดุ

ผลการสร้างแผนผังสายธารแห่งคุณค่าในสถานการณ์ปัจจุบัน



*1 วัน = 1,440 นาที (24 ชั่วโมง)

ภาพที่ 2 แผนผังสายธารแห่งคุณค่าในสถานการณ์ปัจจุบัน

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนและกระบวนการไหลดังต่อไปนี้

1. ลูกค้าภายในหรือผู้ใช้งาน เริ่มต้นกระบวนการด้วยส่ง MSR ผ่านทางอีเมลไปยังผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ระบุใน MSR ซึ่งจะส่งผลให้มีการอนุมัติ MSR (Approved MSR) ระยะเวลารอคอยในการตรวจสอบ MSR เฉลี่ยประมาณ 3 วัน

2. ในกระบวนการอนุมัติ MSR ใช้เวลากับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า 20 นาที

3. หลังจากที่ได้รับอนุมัติ MSR แล้ว จะเข้าสู่กระบวนการขอใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ ระยะเวลารอคอยในการคัดเลือกซัพพลายเออร์เพื่อส่งขอใบเสนอราคาเฉลี่ยประมาณ 1 วัน

4. ในกระบวนการขอใบเสนอราคาใช้เวลากับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า 50 นาที

5. เมื่อทางเจ้าหน้าที่จัดซื้อส่งขอใบเสนอราคาไปยังซัพพลายเออร์มีระยะเวลาคอยการตอบกลับ

ของซัพพลายเออร์เฉลี่ยประมาณ 7 วัน

6. ในกระบวนการได้รับใบเสนอราคาและคัดเลือกซัพพลายเออร์ใช้เวลากับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า 24 นาที

7. เมื่อเจ้าหน้าที่จัดซื้อได้รับใบเสนอราคาและตัดสินใจเลือกซัพพลายเออร์แล้วจะเข้าสู่กระบวนการสร้างใบสั่งซื้อ ระยะเวลาคอยการสร้าง PR เฉลี่ยประมาณ 14 วัน

8. ในกระบวนการสร้าง PR ใช้เวลากับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า 40 นาที

9. หลังจาก PR ถูกอนุมัติจะเข้าสู่กระบวนการสร้างคำสั่งซื้อ ระยะเวลาคอยการสร้าง PO เฉลี่ยประมาณ 13 วัน

10. ในกระบวนการสร้าง PO ใช้เวลากับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า 40 นาที

11. ระยะเวลาคอยการอนุมัติ PO เฉลี่ยประมาณ 3 วัน

12. ในกระบวนการอนุมัติ PO ใช้เวลากับ

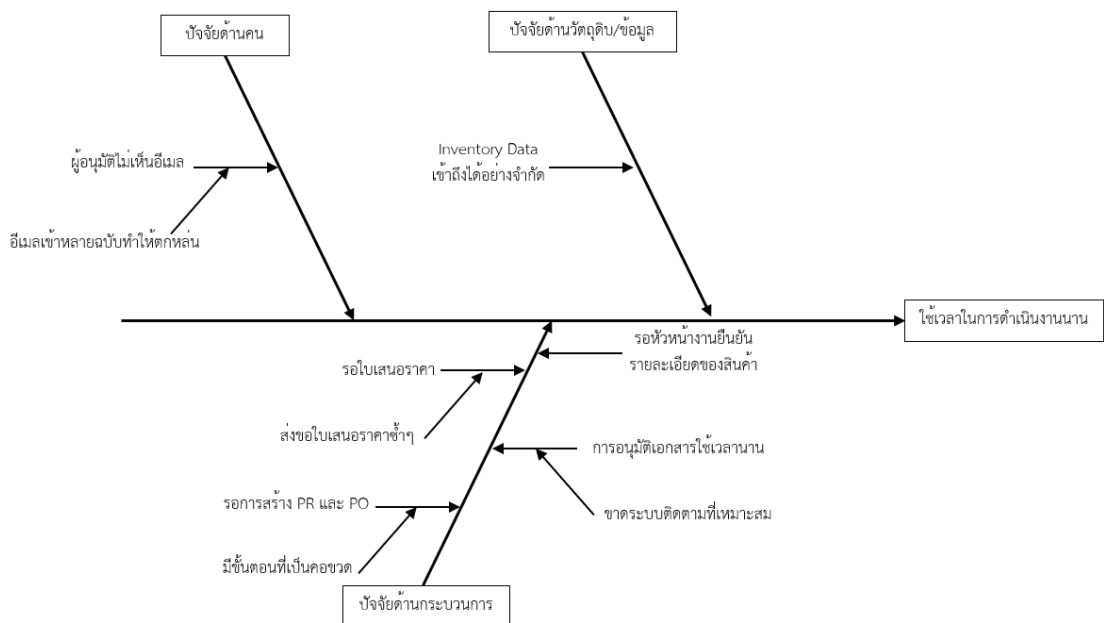
กิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า 20 นาที

13. เมื่อ PO ถูกอนุมัติแล้วจะถูกส่งไปยังซัพพลายเออร์ผ่านทางอีเมล หลังจากนั้นซัพพลายเออร์จัดเตรียมสินค้าและจัดส่งสินค้าให้ทางบริษัทผู้ทำการสั่งซื้อต่อไป

เมื่อนำผลการสร้างแผนผังสายธารแห่งคุณค่าในสถานการณ์ปัจจุบัน และขั้นตอนการทำงานของกระบวนการจัดซื้อทั้งหมด 19 ขั้นตอน มาจำแนกลักษณะของงานได้แก่ กิจกรรมที่สร้างคุณค่า (VA) และกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า (NVA) พบว่าจากขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 4 มีระยะเวลารอคอยเฉลี่ยประมาณ 3 วัน ซึ่งปัญหาที่พบเกิดจาก ผู้ใช้งานขอซื้อสร้าง MSR โดยส่งผ่านทางอีเมลให้ทางหัวหน้างานพิจารณา ในบางครั้งอีเมลที่เป็นคำขออนุมัติถูกมองข้ามหรือตกหล่น ส่งผลให้ต้องตามงานด้วยการโทรหรือส่งอีเมลซ้ำหลายครั้ง ขั้นตอนนี้จึงเกิดความล่าช้า ในปัจจุบันหลังจากที่หัวหน้างานพิจารณาและตรวจสอบรายละเอียดของ MSR แล้ว พนักงานควบคุมวัสดุหรือ Material control ต้องทำการตรวจสอบวัสดุคงคลังก่อนว่ามีหรือไม่ ถ้าไม่มีต้องทำการสั่งซื้อ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นคอขวดและเพิ่มงานให้ทาง Material control ต้องเสียเวลารอคอยการเช็ควัสดุคงคลังก่อนที่ MSR นี้จะถูกส่งให้ทางผู้จัดการแผนกอนุมัติ เมื่อทางเจ้าหน้าที่จัดซื้อส่งขอใบเสนอ

ราคาไปยังซัพพลายเออร์มีระยะเวลารอคอยการตอบกลับของซัพพลายเออร์เฉลี่ยประมาณ 7 วัน ขั้นตอนนี้กลายเป็นคอขวด เนื่องจากนโยบายปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษากำหนดให้ต้องขอใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์อย่างน้อย 3 เจ้าเพื่อทำการเปรียบเทียบราคาก่อนทำการสั่งซื้อ บางรายการสั่งซื้อบ่อยแต่ยังต้องส่งขอใบเสนอราคาซ้ำ ๆ เสมอ ทำให้สูญเสียเวลาและทรัพยากร เพิ่มระยะเวลารอคอยของกระบวนการจัดซื้อ เกิดความล่าช้าในการจัดหาวัสดุในกระบวนการสร้างใบขอซื้อ ระยะเวลารอคอยการสร้าง PR เฉลี่ยประมาณ 14 วัน เนื่องจากต้องรอการอนุมัติสร้าง PR จาก Inventory and material manager หลังจาก PR ถูกสร้างและอนุมัติแล้ว ขั้นตอนต่อจากนี้คือการสร้างคำสั่งซื้อ ซึ่งขั้นตอนนี้จะถูกดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่จัดซื้อ ระยะเวลารอคอยการสร้าง PO เฉลี่ยประมาณ 13 วัน ความสูญเสียของขั้นตอนนี้เกิดจากไม่มีระบบติดตามสถานะของใบขอซื้อที่ชัดเจน เมื่อ PR ถูกอนุมัติแล้วทางจัดซื้อไม่ทราบถึงสถานะนั้น ๆ ทำให้ทาง Material control หรือ User ต้องคอยส่งอีเมลติดตามถึงสถานะของ MSR หรือ PR นั้น ๆ ที่ต้องการ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำปัญหาเหล่านี้มาวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนผังก้างปลา ซึ่งจะทำให้ทราบถึงรากของปัญหาที่แท้จริงที่ซ่อนอยู่ในกระบวนการจัดซื้อ



ภาพที่ 3 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหาของการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์แผนผังก้างปลา ที่สร้างขึ้นเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา “ระยะเวลาในการดำเนินงานจัดซื้อนาน” พบว่าสาเหตุของปัญหาสามารถจำแนกออกเป็น 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่

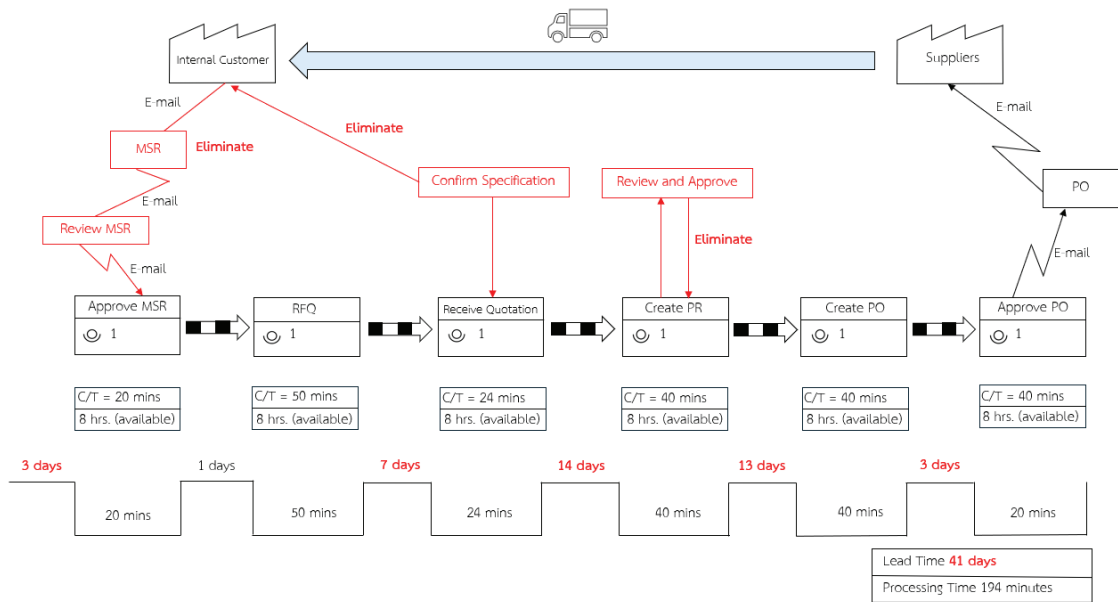
1. ปัจจัยด้านคน ปัญหาหลักคือผู้อนุมัติไม่เห็นอีเมลแจ้งเตือน MSR เนื่องจากระบบอนุมัติแบบเดิมใช้การส่งต่อผ่านอีเมล ทำให้บางครั้งอีเมลตกหล่นหรือมีการตอบกลับล่าช้า ส่งผลให้ขั้นตอนการอนุมัติ MSR ใช้เวลานานกว่ากำหนด นอกจากนี้ยังพบว่าข้อมูลที่ส่งผ่านอีเมลไม่มีการติดตามสถานะที่ชัดเจน ทำให้ผู้เกี่ยวข้องต้องสอบถามซ้ำหลายครั้ง ซึ่งเพิ่มภาระงานและเวลาการดำเนินการโดยรวม

2. ปัจจัยด้านกระบวนการ พบว่ามีหลายขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนและไม่สร้างคุณค่า เช่น การรอบใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์หลายราย เนื่องจากขั้นตอน RFQ จากซัพพลายเออร์ และเจ้าหน้าที่จะซื้อจะต้องส่งใบเสนอราคากลับไปยังหัวหน้างานเพื่อทำการตรวจสอบและยืนยันรายละเอียดของสินค้าอีกด้วย ทำให้เพิ่มเวลาในการทำงานของขั้นตอนนี้ด้วย

ขั้นตอนการสร้าง PR และ PO มีระยะเวลารอคอยที่นาน เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีผู้อนุมัติในการอนุมัติมีเพียงคนเดียว ทำให้งานไปกองอยู่ขั้นตอนนี้กลายเป็นคอขวดของกระบวนการ

3. ปัจจัยด้านวัตถุดิบหรือข้อมูล มาจากการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างจำกัด เข้าถึงได้ยาก ต้องรอให้ทาง Material control ตรวจสอบวัสดุคงคลังให้ก่อน ผู้ใช้งานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องไม่สามารถตรวจสอบวัสดุคงคลังเองได้ ทำให้งานในส่วนนี้ไปกองอยู่ที่ทาง Material control เพิ่มภาระงานและส่งผลให้กระบวนการทำงานเกิดความล่าช้า

จากการระบุสาเหตุทั้งหมดนี้ สามารถสรุปได้ว่าต้นตอของความสูญเสียหลักในกระบวนการจัดซื้อคือ “การรอคอย (Waiting)” และ “การทำงานซ้ำซ้อน (Over-processing)” ซึ่งเป็นรูปแบบของความสูญเสียที่สามารถกำจัดได้โดยการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและระบบข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



*1 วัน = 1,440 นาที (24 ชั่วโมง)

ภาพที่ 4 แผนผังสายธารแห่งคุณค่าแสดงความสูญเสียที่ต้องกำจัดออกไปจากกระบวนการ

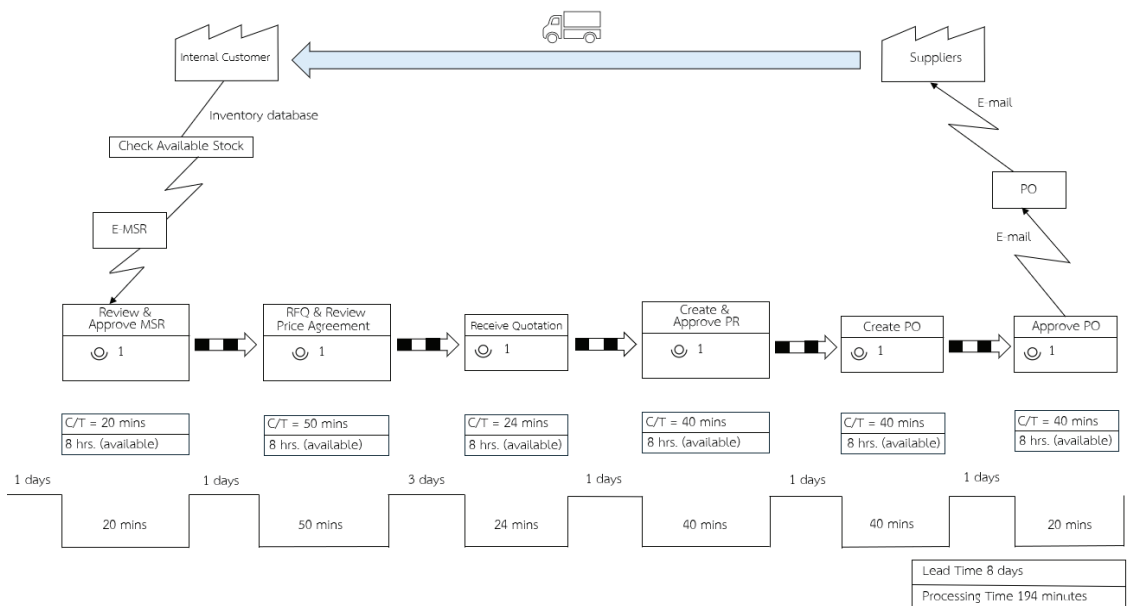
ผลการค้นหาแนวทางในการกำจัดความสูญเสียโดยใช้หลัก ECRS พบว่าสามารถลดความสูญเสียในทุกขั้นตอนได้ การกำจัด (Eliminate) ตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นเช่น การส่งอีเมลตามซ้ำ ๆ การขอใบเสนอราคาทุกครั้งสำหรับการสั่งซื้อสินค้ารายการเดิม และการเช็คสินค้าคงคลังคงเหลือแบบ manual การรวมกัน (Combine) การรวมข้อมูลสถานะของ MSR, PR และ PO ไว้ที่ Database การจัดใหม่ (Rearrange) ปรับลำดับการทำงานโดยให้ requester เช็คสินค้าคงคลังคงเหลือก่อนทำ MSR และการทำให้ง่าย (Simplify) สร้าง Database ขึ้นมาเพื่อผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ สามารถตรวจสอบรายละเอียด สถานะต่าง ๆ ของเอกสารเองได้

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการจัดซื้อและค้นหาแนวทางในการปรับปรุงด้วยหลัก ECRS ผู้วิจัยและผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดซื้อของแผนก Booster Gas Compressor ร่วมกันจำลองสถานการณ์หากนำแนวคิดดังกล่าวมาปรับใช้ระยะ

เวลาที่ใช้รอคอยสำหรับแต่ละขั้นตอนคาดว่าจะลดลงดังนี้ สามารถลดเวลารวมของกระบวนการจัดซื้อลงได้ จากเดิมใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 41 วัน เหลือเพียง 7-10 วัน คิดเป็นร้อยละ 76-83 เนื่องจากระยะเวลาในการรออนุมัติ MSR การขอใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ และการรอขั้นตอนการสร้าง PR และ PO ลดลงอย่างมาก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากร ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องเสียเวลาในการติดตามสถานะหรือประสานงานด้วยอีเมลหรือโทรศัพท์ เจ้าหน้าที่ควบคุมวัสดุไม่ต้องแบกรับภาระงานในการเช็คสินค้าคงคลังคงเหลือทุกครั้งก่อนทำ MSR และฝ่ายจัดซื้อไม่ต้องเสียเวลาส่งใบเสนอราคาที่ไม่จำเป็น สามารถช่วยให้ขั้นตอนการทำงานเกิดความโปร่งใสและการควบคุมที่ดีขึ้น ทุก ๆ คำขอของเอกสารต่าง ๆ (MSR, PR และ PO) มีรหัสอ้างอิงเดียวกันและติดตามสถานะได้ ช่วยลดความเสี่ยงที่เอกสารตกหล่นได้ และ Audit trail ชัดเจนสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ง่าย และสามารถเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้งานหรือลูกค้าได้ เนื่องจาก

requester สามารถเห็นสถานะคำขอแบบ real-time และมั่นใจว่าจะได้รับสินค้าตามกำหนด อีกทั้งยัง

ลดปัญหาความล่าช้าในการจัดหาวัสดุ ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินการซ่อมบำรุง



*1 วัน = 1,440 นาที (24 ชั่วโมง)

ภาพที่ 5 แผนผังสายธารแห่งคุณค่าในสถานการณ์อนาคต

ทางบริษัทกรณีศึกษาได้มีการนำแนวคิดดังกล่าวที่ได้ไปปรับใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้อ ผู้วิจัยได้ร่วมมือกับฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Department) ของบริษัทในการพัฒนาฐานข้อมูล Master data ผ่าน Power BI เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลกลางสำหรับการตรวจสอบรายการวัสดุและอะไหล่ซ่อมบำรุง โดยระบบดังกล่าวถูกออกแบบและพัฒนาให้เชื่อมโยงกับข้อมูลสินค้าคงคลัง (Inventory) ที่มีอยู่ในระบบภายในของบริษัท โดย Master data ถูกจัดเก็บไว้บนคลาวด์ของทางบริษัทหรือเรียกว่า SharePoint นอกจากนี้ทางแผนก Booster Gas Compressor ได้จัดทำบัญชีชื่อและรายละเอียดของอะไหล่ซ่อมบำรุง โดยมีการกำหนดรหัสของสินค้าไว้ (BC material items) เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการกรอกข้อมูลสั่งซื้อใน MSR การส่ง MSR ผ่านทางอีเมลได้ถูกเปลี่ยนเป็นรูปแบบ

อิเล็กทรอนิกส์คือ E-MSR สร้างผ่าน Microsoft forms แทน เมื่อเรกรอกข้อมูลต่าง ๆ ลงใน E-MSR และกดยืนยันเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลและหมายเลขของ E-MSR จะปรากฏอยู่ที่หน้า Dashboard ซึ่งจะมีรายละเอียดและบอกสถานะว่าอยู่ที่ขั้นตอนใดและใครเป็นผู้รับผิดชอบ หลังจากการพัฒนากระบวนการนี้ E-MSR (Electronic material & service requisition) เข้ามาใช้ รวมทั้งสร้าง Master data ผ่าน Power BI เพื่อให้หน่วยงานสามารถตรวจสอบสต็อกและสถานะเอกสารได้ด้วยตนเอง ทำให้กระบวนการอนุมัติและการตรวจสอบข้อมูลมีความรวดเร็วและโปร่งใสมากขึ้น ผลการวัดระยะเวลาหลังการปรับปรุงพบว่าระยะเวลาการคอยลดลงเหลือเพียง 5 วันทำการ จากเดิม 12 วันทำการ คิดเป็นการลดลง 7 วันทำการ หรือ ร้อยละ 58.33 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุง ดังนั้น

การประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่าร่วมกับแนวคิด ECRS ในครั้งนี้ ช่วยให้สามารถกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า เช่น การรออนุมัติซ้ำซ้อน การค้นหาข้อมูลซ้ำ และการสื่อสารหลายช่องทาง ส่งผลให้กระบวนการจัดซื้อมีความต่อเนื่อง ลดการสูญเสียเปล่าในเชิงเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนซ่อมบำรุงได้อย่างชัดเจน ลดระยะเวลาการรอคอย และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้อได้อย่างชัดเจน

7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์กระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรของบริษัทกรณีศึกษาโดยการประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่าร่วมกับการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาและหาแนวทางการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. กระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษามีความล่าช้าและความสูญเสียเปล่าในหลายขั้นตอนได้แก่ การรอคอยเจ้าหน้าที่ควบคุมวัสดุ (Material control) ตรวจสอบวัสดุคงคลังคงเหลือหรือการเช็คสต็อกก่อนทำการสั่งซื้อ การรออนุมัติ MSR ผ่านทางอีเมลทำให้เกิดการตกหล่นของเอกสารและส่งผลให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนนี้ การรอคอยใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ เนื่องจากบริษัทมีนโยบายการขอใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ต้องส่งขออย่างน้อย 3 เจ้า เพื่อทำการเปรียบเทียบราคาและคัดเลือกซัพพลายเออร์ที่ดีที่สุดจาก 3 เจ้า แต่พบว่า การสั่งซื้อของรายการเดิมซ้ำ ๆ ต้องส่งขอใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ซ้ำ ๆ ทำให้ต้องเสียเวลาในขั้นตอนนี้มากเกินไป และการรออนุมัติการสร้างใบขอสั่งซื้อและใบคำสั่งซื้อจากผู้มีอำนาจในการอนุมัติเนื่องจากผู้อนุมัติมีจำนวนจำกัดและระบบการติดตามสถานะของเอกสารไม่เป็นระบบทำให้ไม่สามารถทราบได้ถึงสถานะของเอกสารต่าง ๆ ว่าติดอยู่ที่ขั้นตอนไหน

ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนนี้

2. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากแผนผังก้างปลาพบว่า ระยะเวลาในการดำเนินงานนานมาจากปัจจัยด้านคน (Man) ปัจจัยด้านอุปกรณ์ (Machine) ระบบติดตามสถานะของเอกสารต่าง ๆ ไม่มีประสิทธิภาพ ปัจจัยด้านกระบวนการ (Method) ต้องขอใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ซ้ำ ๆ และหัวหน้างานต้องตรวจสอบและยืนยันรายละเอียดของสินค้าทุกครั้งจากใบเสนอราคาที่ทางซัพพลายเออร์ตอบกลับ และปัจจัยด้านวัตถุดิบหรือข้อมูล (Material) การเข้าถึงข้อมูลค่อนข้างจำกัด ไม่มีศูนย์กลางหรือ Database

3. แนวทางในการกำจัดความสูญเสียโดยใช้หลัก ECRS

Eliminate ตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นเช่น การส่งอีเมลตามซ้ำ ๆ การขอใบเสนอราคาทุกครั้งสำหรับการสั่งซื้อสินค้ารายการเดิม และการเช็คสินค้าคงคลังคงเหลือแบบ manual

Combine การรวมข้อมูลสถานะของ MSR, PR และ PO ไว้ที่ Database

Rearrange ปรับลำดับการทำงานโดยให้ Requester เช็คสินค้าคงคลังคงเหลือก่อนทำ MSR

Simplify สร้าง Database ขึ้นมาเพื่อผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ สามารถตรวจสอบรายละเอียด สถานะต่าง ๆ ของเอกสารเองได้

4. ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อด้วยหลักการดังกล่าว ทำให้ระยะเวลาเฉลี่ยของกระบวนการจัดซื้อสามารถลดลงจากเดิมมากกว่า 40 วัน เหลือเพียง 7-10 วันสำหรับการสั่งซื้อทั่วไปที่ต้องส่งขอใบเสนอราคาจากซัพพลายเออร์ และลดลงเหลือเพียง 3-4 วัน สำหรับรายการที่อยู่ในข้อตกลงด้านราคา

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) ร่วมกับการวิเคราะห์สาเหตุ

ด้วยแผนผังก้างปลาและการปรับปรุงด้วยหลัก ECRS สามารถช่วยให้เห็นภาพรวมของกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงได้อย่างชัดเจน ระบุความสูญเสียเปล่าได้ตรงจุด และออกแบบกระบวนการใหม่ที่มีความคล่องตัว ลดความซ้ำซ้อน และตอบสนองต่องานซ่อมบำรุงได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Lean procurement ที่เน้นการกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการจัดซื้อ ผลของงานวิจัยยังยืนยันว่าการปรับปรุงกระบวนการจัดซื้ออย่างมีระบบช่วยลดความเสี่ยงจากการหยุดชะงักของเครื่องจักร ลดค่าใช้จ่ายจากการซ่อมบำรุงฉุกเฉิน และเพิ่มความน่าเชื่อถือในการให้บริการ ซึ่งมีความสำคัญต่อองค์กรในอุตสาหกรรมสำรวจและผลิตปิโตรเลียม

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่าร่วมกับหลักการ ECRS สามารถลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าและลดระยะเวลาการรอคอยในกระบวนการจัดซื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ James P. Womack และ Daniel T. Jones ที่เสนอว่าเครื่องมือภายใต้แนวคิด Lean สามารถช่วยระบุและกำจัดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการทำงานได้อย่างเป็นระบบตามแนวคิด Lean Thinking (Womack & Jones, 1996) ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานของ Dariusz Klimecka Tatar ที่อธิบายว่าแนวคิด Lean procurement สามารถช่วยลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการจัดซื้อ เช่น การรอคอย การทำงานซ้ำซ้อน และขั้นตอนการอนุมัติที่ไม่จำเป็น ส่งผลให้กระบวนการจัดซื้อมีความคล่องตัวมากขึ้น (Klimecka-Tatar, 2017)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้าในหลายประการ กล่าวคือ งานวิจัยที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่มักประยุกต์ใช้ VSM ในภาคการผลิตเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้า ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เครื่องมือดังกล่าวกับกระบวนการจัดซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในธุรกิจบริการด้านการบำรุงรักษาเครื่อง

อัดก๊าซ ซึ่งเป็นบริบทที่มีลักษณะของกระบวนการทำงานเชิงเอกสารและการประสานงานระหว่างหลายหน่วยงาน อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังได้บูรณาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น ระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-MSR) และการจัดการฐานข้อมูลสินค้าคงคลังผ่านระบบ Power BI เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและเพิ่มความโปร่งใสในกระบวนการจัดซื้อ ซึ่งเป็นประเด็นที่ยังพบไม่มากในงานวิจัยด้าน Lean procurement ก่อนหน้านี้

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อให้บริษัทกรณีศึกษาหรือองค์กรที่มีบริบทใกล้เคียงกัน นำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังนี้

1. การปรับลดขั้นตอนด้วยหลัก ECRS ควรนำแผนผังสายธารแห่งคุณค่าในสถานการณ์อนาคต (Future state VSM) ไปกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน โดยตัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า เช่น การลงนามเอกสารกระดาษซ้ำซ้อน และรวมขั้นตอนตรวจสอบวัสดุคงคลังเพื่อลดการรอคอย

2. การพัฒนาระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-MSR) ควรใช้ระบบจัดซื้อออนไลน์ที่ติดตามสถานะแบบ Real time และรองรับการอนุมัติผ่านระบบดิจิทัล เพื่อลดความล่าช้าและปัญหาข้อมูลตกหล่นจากอีเมล

3. การทำข้อตกลงด้านราคา ควรจัดทำสัญญาล่วงหน้าสำหรับอะไหล่ที่ใช้อยู่ เพื่อลดขั้นตอนการขอใบเสนอราคาและลดระยะเวลาในกระบวนการจัดซื้อ

4. ควรเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างฝ่ายจัดซื้อและควบคุมพัสดุในฐานข้อมูลเดียวกัน เพื่อเพิ่มความรวดเร็ว ลดข้อขัดแย้ง และป้องกันการสั่งซื้อซ้ำซ้อน

5. ควรส่งเสริมการอบรมและสร้างความเข้าใจเรื่องความสูญเสียเปล่า เพื่อให้พนักงานสามารถปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่องตามแนวคิด Kaizen

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำกระบวนการจัดซื้อที่ได้รับการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้จริงในหลายหน่วยงานหรือหลายโครงการ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงกับกระบวนการเดิมอย่างเป็นรูปธรรม
2. ควรให้ความสำคัญกับการศึกษาผลกระทบของการปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อที่มีต่อ ต้นทุนรวมขององค์กร (Total cost of ownership: TCO) เพื่อให้เข้าใจว่าการลดเวลาการทำงานและการลดความสูญเปล่าจะมีผลต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายโดยรวมมากน้อยเพียงใด

3. ควรศึกษาถึงความคุ้มค่าและแนวทางการพัฒนาระบบการจัดการโซ่อุปทานแบบดิจิทัลหรือการนำระบบ Enterprise Resource Planning (ERP) มาใช้เต็มรูปแบบ เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายคลังสินค้า และผู้ขาย (Suppliers) ให้เป็นฐานข้อมูลเดียวกันแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการ (Process-based) ไปสู่การบริหารจัดการเชิงโครงสร้างสารสนเทศที่ยั่งยืน และสามารถรองรับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อพยากรณ์ความต้องการอะไหล่ในอนาคตได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- นุชนัฐดา แก้ววิจิตร. (2563). การปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อจัดหาวัตถุดิบต่างประเทศเพื่อสร้างรูปแบบการจัดซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานบ่มขึ้นรูปโลหะสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ละอเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปติวรรดา มีแสง. (2565). การศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการจัดซื้อโดยแนวคิดลีน กรณีศึกษาบริษัทอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มสินค้าสายไฟ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พิมลนาฏ แพเอี่ยมอัมพร. (2566). แนวทางการพัฒนากระบวนการจัดซื้อ 4.0 ของบริษัทกรณีศึกษา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อดิگانต์ ม่วงเงิน. (2562). การประยุกต์ใช้เทคนิคแบบลีน (ECRS) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานระบบตู้รับคืนหนังสืออัตโนมัติ สำนักบรรณสารการพัฒนา, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- Al-Karbi, A. (2020). *Application of value stream mapping for improvement of efficiency in purchasing process for a chemical company in Qatar*. Thesis of Master's thesis, Qatar University.
- Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management* (5th ed.). Pearson.
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill.

- Nugroho, M. Z. P., Hasibuan, S., & Adiyatna, H. (2021). Application of lean manufacturing to improve procurement lead time in the case of the steel industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1010(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1010/1/012022>.
- Ishikawa, K. (1985). *What Is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice-Hall.
- Klimecka-Tatar, D. (2017). Value stream mapping as lean production tool to improve the production process organization – Case study in packaging manufacturing. *Production Engineering Archives*, 17, 40–44. <https://doi.org/10.1515/mspe-2017-0025>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2020). *Purchasing and Supply Chain Management* (6th ed.). Cengage Learning.
- Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 206–213.
- van Weele, A. J. (2018). *Purchasing and supply chain management: Analysis, strategy, planning and practice* (7th ed.). Cengage Learning.
- Virzi, R. A. (1992). Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough? *Human Factors*, 34(4), 457–468.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.

How to cite this article: Changhuad, T., Arreeras, T., Sittivangkul, K., & Utainarumol, S. (2026). Analyzing Tourist Activity Patterns Using Association Rule Mining: A Case Study of Chiang Rai Night Market, *Journal of Logistics and Supply Chain Operations*, 12(2), 100-118. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.298370>

Received:	February	13, 2026
Revised:	April	21, 2026
Accepted:	August	28, 2026

Analyzing Tourist Activity Patterns Using Association Rule Mining: A Case Study of Chiang Rai Night Market

Thitima Changhuad¹, Tosporn Arreeras^{2*}, Krit Sittivangkul³ and Supornchai Utainarumol⁴

Abstract

This research aims to explore patterns of tourist activity participation and analyze the relationships between tourist activities at Chiang Rai night market in order to support effective urban tourism management. A descriptive quantitative research design was employed. Data were collected from 405 tourists visiting the Chiang Rai Night Market using a structured questionnaire covering demographic characteristics, travel behavior, and activity participation. Descriptive statistical analysis, including frequency distribution and percentages, was used to examine tourist characteristics and overall participation. In addition, activity relationship patterns were analyzed using association rule mining with the FP-Growth algorithm, utilizing minimum thresholds of 0.60 for support value and 0.95 for confidence value, implemented through RapidMiner. The results showed that tourist activities were highly interconnected, creating integrated experiences. Tourists who participate in sightseeing and cultural learning activities show a strong tendency to engage in food consumption activities. Moreover, food consumption appears to be the central activity in most activity patterns at the market. The most frequent pattern involves dining combined with watching local music performances, which subsequently leads to sightseeing experiences within the night market environment. The practical implications suggest that the spatial planning of night markets should position food-related activities as the core attraction, while integrating cultural performances and experiential activities along major circulation areas, and allocating infrastructure in alignment with identified activity clusters to enhance tourist experiences and support sustainable urban tourism management, contributing new evidence on activity-level behavioral patterns in informal tourism settings where such data-driven analysis remains limited.

Keywords: Association Rule Mining (ARM), Tourist behavior patterns, FP-Growth algorithm, Night market spatial planning

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹ International Logistics and Supply Chain Management, School of Management, Mae Fah Luang University, E-mail: 6751209259@lamduan.mfu.ac.th,

²⁻³ Urban Mobility Lab., School of Management, Mae Fah Luang University, E-mail: tosporn.arr@mfu.ac.th, krit.sit@mfu.ac.th,

⁴ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Email: supornchai.u@eng.kmutnb.ac.th

การวิเคราะห์รูปแบบพฤติกรรมนักท่องเที่ยวด้วยเทคนิคภูมิคุ้มกัน: กรณีศึกษาตลาดกลางคืนเชียงราย

จิตติมา แซ่หวัด¹, ทศพร อาริราษฎร์^{2*}, กฤษ สิริวิชวงศ์กุล³ และ สุพรชัย อุทัยนฤมล⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจรูปแบบการเข้าร่วมกิจกรรมของนักท่องเที่ยวและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ณ ตลาดกลางคืนเชียงราย เพื่อสนับสนุนการจัดการการท่องเที่ยวในเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณแบบพรรณนา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักท่องเที่ยวจำนวน 405 คน ที่มาเยือนตลาดกลางคืนเชียงรายด้วยแบบสอบถามที่มีโครงสร้าง ครอบคลุมข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการเดินทาง และการเข้าร่วมกิจกรรม วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ เพื่ออธิบายลักษณะของนักท่องเที่ยวและการเข้าร่วมกิจกรรมโดยรวม นอกจากนี้ ยังวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมด้วยเทคนิคการค้นหากฎโดยใช้อัลกอริทึม FP-Growth ผ่านโปรแกรม RapidMiner โดยกำหนดค่าเกณฑ์สนับสนุนขั้นต่ำเท่ากับ 0.60 และค่าเกณฑ์ความเชื่อมั่นขั้นต่ำเท่ากับ 0.95 ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมของนักท่องเที่ยวมีความเชื่อมโยงกันสูงก่อให้เกิดประสบการณ์แบบบูรณาการ นักท่องเที่ยวที่เข้าร่วมกิจกรรมชมทัศนียภาพและเรียนรู้ทางวัฒนธรรมมีแนวโน้มสูงที่จะเข้าร่วมกิจกรรมการรับประทานอาหาร นอกจากนี้ การรับประทานอาหารปรากฏเป็นกิจกรรมศูนย์กลางในรูปแบบกิจกรรมส่วนใหญ่ของตลาด โดยรูปแบบที่พบบ่อยที่สุดคือการรับประทานอาหารร่วมกับการชมการแสดงดนตรีพื้นเมือง ซึ่งนำไปสู่การชมทัศนียภาพภายในบริเวณตลาดกลางคืน ข้อเสนอแนะเชิงประยุกต์ชี้ว่าการพัฒนาพื้นที่ตลาดกลางคืนควรจัดผังพื้นที่โดยยึดกิจกรรมการรับประทานอาหารเป็นแกนหลัก พร้อมบูรณาการกิจกรรมทางวัฒนธรรมและการแสดงในพื้นที่สัณฐานหลัก เพื่อยกระดับประสบการณ์ของนักท่องเที่ยวและสนับสนุนการจัดการการท่องเที่ยวในเมืองอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ งานวิจัยนี้ยังเป็นการนำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ใหม่เกี่ยวกับรูปแบบพฤติกรรมในระดับกิจกรรมในบริบทการท่องเที่ยวแบบไม่เป็นทางการ ซึ่งการวิเคราะห์เชิงข้อมูลในลักษณะดังกล่าวยังมีการศึกษาอย่างจำกัด

Keywords: ภูมิคุ้มกัน, รูปแบบพฤติกรรมนักท่องเที่ยว, FP-Growth, การวางแผนพื้นที่ตลาดกลางคืน
ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹ การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานระหว่างประเทศ สำนักวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, อีเมล: 6751209259@lamduan.mfu.ac.th

^{2,3} ห้องปฏิบัติการการคมนาคมในเมือง สำนักวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, อีเมล: tosporn.arr@mfu.ac.th, krit.sit@mfu.ac.th

⁴ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, อีเมล: supornchai.u@eng.kmutnb.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

1. Introduction

International tourism has experienced a strong post-pandemic recovery. According to the United Nations World Tourism Organization (UN Tourism, 2025), global international tourist arrivals reached approximately 1.5 billion by the end of 2025, nearly matching pre-pandemic levels. Thailand is a prime tourist destination in Southeast Asia, welcoming approximately 33.97 million international visitors in 2025 (Statista, 2025), with tourism contributing substantially to national economic recovery. Within this national context, northern provinces including Chiang Rai have emerged as increasingly significant tourism zones, attracting visitors seeking cultural heritage, natural landscapes, and authentic local experiences.

Chiang Rai, the northernmost province of Thailand, has developed a distinctive tourism identity rooted in its multicultural heritage and proximity to the Golden Triangle. At the center of its urban tourism landscape is the Chiang Rai Night Market, located near the city's Clock Tower, covers approximately 4,000–5,000 square meters and features a multi-zone layout, including an open-air vendor area, a food court, a cultural performance stage, and surrounding craft stalls. The market attracts approximately 2,000–4,000 visitors per evening during peak periods, particularly on weekends and public holidays. Its distinctive characteristic lies in the integration of cultural performances, local cuisine, and artisan products, enabling tourists

to engage in multiple activities within a single spatial setting.

Within this context, night markets have evolved beyond traditional retail spaces into essential nodes of urban tourism systems. They function simultaneously as economic platforms supporting SMEs and as cultural spaces where tourists engage in diverse activities, including dining, cultural performances, souvenir shopping, and social interaction. As a result, understanding tourist behavior within night market environments has become critical for urban tourism management, particularly with respect to spatial planning, visitor flow management, and service allocation.

Despite growing scholarly interest in night market tourism, several key research gaps remain. First, prior studies have largely focused on tourist demographics, motivations, and satisfaction (Rueda-López et al., 2026) or spatial configurations of market environments, with limited attention to activity-level participation patterns, particularly how activities are combined and experienced concurrently. Second, conventional analytical approaches, such as descriptive statistics and regression models, treat activities as independent variables, which does not adequately capture the interconnected nature of tourist experiences (Huang et al., 2023). Third, although data-driven approaches have gained importance, their application in informal, SME-driven settings such as night markets and their translation into actionable

insights for spatial and logistics management remains limited (Zhang, 2024).

To address these gaps, Association Rule Mining (ARM) provides an appropriate analytical framework for identifying co-occurrence patterns within behavioral data, ARM enables the analysis of interdependent activities without assuming variable independence, making it particularly suitable for examining integrated tourist experiences. The FP-Growth algorithm is employed due to its computational efficiency in extracting frequent patterns without generating candidate itemsets, outperforming traditional approaches such as Apriori in datasets with multiple co-occurring activities (Wicaksono et al., 2020). Although widely applied in retail analytics, its use in tourism, especially at the activity level in informal settings, remains limited (Yu et al., 2022).

Therefore, this study aims to analyze tourist activity participation patterns and examine the relationships among activities at the Chiang Rai Night Market using ARM with the FP-Growth algorithm. By identifying and quantifying co-occurrence patterns, the study

provides empirical insights into how tourists experience night markets as integrated systems of activities.

This study contributes in two key ways. Theoretically, it extends the application of ARM to activity-level behavioral analysis in informal tourism contexts, revealing structured experience bundles. Practically, it bridges tourism analytics and urban management by translating these patterns into actionable insights for spatial zoning, visitor flow optimization, and resource allocation. Figure 1 shows an example of a Chiang Rai night market, highlighting its key economic hubs and recommended tourist attractions.

2. Research Objectives

1. To explore activity patterns of the Chiang Rai night market visitors using association rule mining (ARM).
2. To analyze the relationship between activities that tourists engage in together in the Chiang Rai night market area.
3. To provide policy implications for effective night market and tourism logistics management.



Figure 1 Spatial characteristics of Chiang Rai night market as an integrated tourism and economic hub. (Source: Authors)

3. Conceptual framework

This research applies ARM techniques along with tourism logistics management to Chiang Rai night markets for analyzing tourist behavior. First, it provides a literature review toward developing a conceptual framework and research tools validated for reliability and then proceeds to collect data from a sample size of 405 people. After processing, the extracted data is then analyzed through algorithms for the identification of behavioral relationships. To confirm the association rules, support, confidence, and lift values are used to verify the importance and reliability of those rules. The results were integrated into strategic logistics recommendations, such as route planning, parking lots, and facility design, which aimed to enable the enhancement of tourist distribution and sustainable destination management, as detailed in Figure 2.

4. Literature review

4.1 Pattern Mining in Tourism

Pattern mining is a significant method of research that emphasizes identifying hidden patterns, frequency, relationships, and structures

in a set of specific data. Pattern mining is a technique that can be considered very useful for the tourism industry to understand tourists' behavior, preferences, and decision processes, which can hardly be grasped through statistical data (Park et al., 2020). Using pattern mining in the tourism industry is considered a trend, as the tourism industry is looking for solutions to understand human behavior regarding tourism and leisure through data. Pattern mining was traditionally applied to mine sequential pattern data to understand the routes and tourist destinations. The study by Agrawal and Srikant (2022) provided the basis for pattern discovery in sequential data, which was used in the tourism sector to analyze the patterns taken by tourists. The use of trajectory location data, such as mobile phone data, was used to identify the spatial structures, key tourist spots, and travel routes (Yin et al., 2022). However, a critical limitation in prior work is that most studies examine destination-level or route-level patterns rather than activity-level participation within a single venue, a gap this study addresses by applying ARM at the intra-venue activity level.

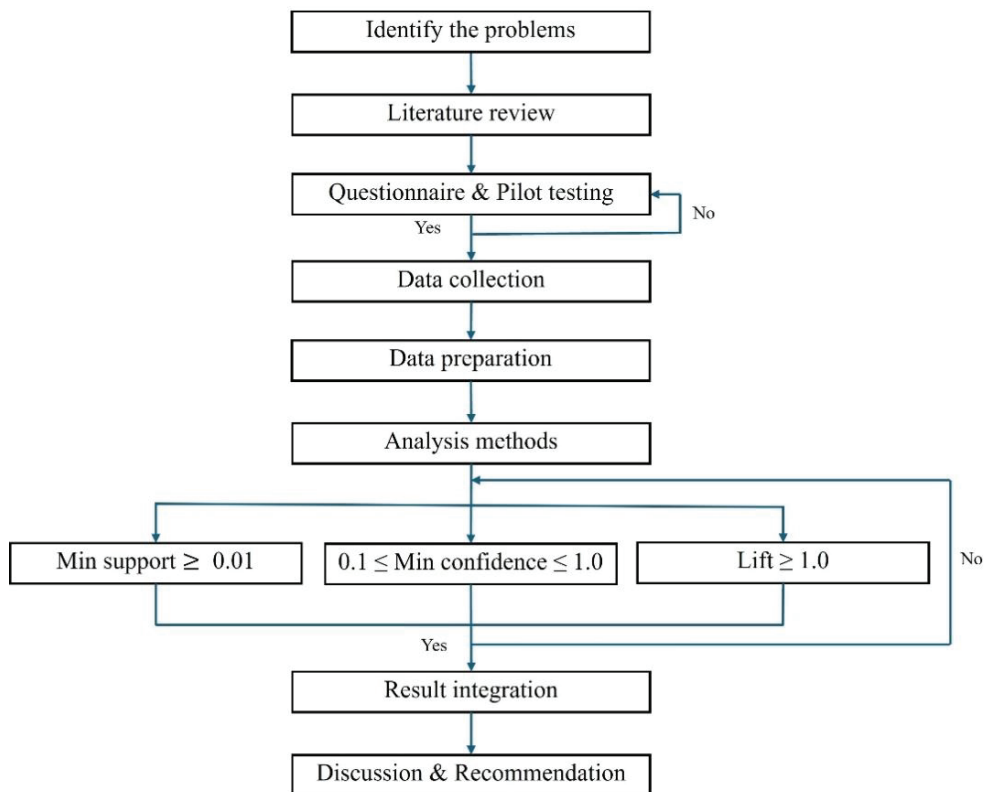


Figure 2 Conceptual framework.

4.2 Night Markets as Tourism Destinations

Night markets have become a vital part of urban tourism infrastructure, integrating economic, cultural, and social dimensions. Li et al. (2021) described a market as an evening pedestrian-only space characterized by food, handicrafts, and social activities. It attracts different types of tourists, both local and international, who wish to engage in a local experience. In addition, the economic aspect of the market directly distributes income among SMEs, mainly benefiting grassroots development (Liang et al., 2021). Logistics management integration into tourism planning has become critical for sustainable development.

Zhu and Zhu (2023) demonstrated how modern logistics and tourism activities are interconnected. The fields are related by means of food, accommodation, transport, purchase, and entertainment. Therefore, they ought to be planned in an integrative manner. In this respect, literature on the integration of urban logistics and tourism is limited, particularly in the context of night markets. Bentalha (2023) mentioned that tourism supply chain management, in this case, is vital in that logistics involve the flow of materials and products from demand planning and facility distribution in pedestrian spaces.

Nevertheless, despite the economic and cultural advantages provided by the high volume of tourist activities, there is the problem of managing the crowds, waste disposal, and noise pollution (Carmona, 2019). Although previous literature on the subject focused on the participation of consumers and spatial arrangement (Jeong & Ban, 2020), little emphasis is given to the examination of combinations and relations of activities. This is particularly noted in data processing to show the real nature of activity participation in spatial management for the development of sustainable tourism. This gap highlights the need for a data-driven, combinatorial approach such as ARM to systematically examine how activities co-occur and reinforce each other, which this study contributes to the existing body of knowledge.

4.3 Association Rule Mining Applications

Machine learning developments have helped tourism researchers overcome limitations in intention-based analysis and provide data-driven behavioral discovery investigation approaches. In this series of developments, ARM has appeared as an unsupervised model that can discover data concerning "co-occurring relationships"; that is, relationships between transactional data, as described as $X \rightarrow Y$. In order to determine rule significance, support, and confidence, lift metrics are used to generate activity relationships. This investigation adopted the FP growth algorithm on the basis of its computational advantages and its ability to minimize database

scans as opposed to more conventional algorithms. In addition, its efficacy has recently been confirmed for dense transactional data sets. ARM has significantly appeared as a technique that can be applied in various industries, including health, as demonstrated in support of diagnosis (Syah et al., 2023), transportation for understanding travel patterns (Kumar & Toshniwal, 2016), and tourism studies, among others. In tourism, these transactional data are applied as visiting experiences, and "items" are regarded as tourism destinations or activity bundles, while mined rules reflect tourist behavior patterns. (Arreeras et al., 2019) used ARM technology and analyzed Wi-Fi data to discover hotspots of co-visited attractions in Hokkaido that are used for coordinating transportation. However, to date, there is limited research that examines the activity-level behaviors in informal settings concerning tourism. Moreover, there are still limitations in the integration of behavioral insights from ARM technology concerning tourism logistics and space management, which create limitations in its contribution to sustainable development in tourism. This research aims to address these gaps through applications and implications for spatial management and sustainable development. FP-Growth was specifically selected over alternative algorithms such as Apriori and Eclat due to its computational efficiency, constructing a compact FP-tree that requires only two database scans and its confirmed superiority for dense transactional

datasets such as the activity participation data used in this study (Tank, 2014).

5. Methodology

5.1 Research method

The research employed a quantitative research methodology that incorporates data mining with the identification of behavioral patterns concerning participation in different tourist activities at the Chiang Rai Night Market. The research focused on identifying co-occurrence patterns of activities rather than causal relationships, making it suitable for data mining techniques such as ARM with the FP growth algorithm.

5.2 Population and sample

The research population for this study was visitors to the Chiang Rai Night Market. Since there are no official records of the exact number of tourists visiting the market, the sample size was determined using the population formula for Chiang Rai province, which includes not only tourists but also locals (5,364,627 populations), estimated using the Taro Yamane formula. At a 95% confidence level and a 5% margin of error, this yielded approximately 400 participants. Data was collected from 405 participants using a structured questionnaire.

5.3 Research instruments

A structured questionnaire was developed to obtain three data categories aligned with analytical requirements, conducted exclusively on-site. The first section, demographic information, gathered

data on gender, age, marital status, educational level, monthly income, region of origin, and vehicle ownership. The second section of this structured questionnaire is traveling behavior and aims at obtaining information related to the composition of the visiting party, information concerning the visit, transportation used, length of stay, spending, information source, distance of the visited place from the accommodation, and probability of return visitation. It also includes activity participation at the night market, in which the respondents indicated the activities in which they had participated that were designed into binary format (1 = participated, 0 = not participated) to facilitate the analysis. The structured questionnaire was tested among 20 respondents, and the reliability of the instrument was assessed using Cronbach's alpha, which yielded a value of 0.812, indicating acceptable internal consistency.

5.4 Data collection

Data was collected through on-site questionnaires distributed at Chiang Rai night market, available in both Thai and English languages. Data was collected every Saturday the market was open, from December 2025 to January 2026. Due to time constraints, data was collected only during that period, and no seasonal comparisons were made. Responses were recorded in binary format, as shown in Table 1. Each questionnaire requires 10-15 minutes to be completed. Respondents were informed of research purposes and objectives,

with questionnaires immediately verified for completeness to prevent missing data. The collection process ensured adequate sample representation across visitor segments. However, this study may be subject to certain limitations. The use of convenience sampling

may introduce selection bias, as participants were self-selected based on their willingness to respond. In addition, the field survey approach may not fully capture variations in tourist behavior across different seasons or special events.

Table 1 Participation in Chiang Rai night market activities.

Activities	Measurement	
	Yes	No
Dining	Yes	No
Agricultural Products	Yes	No
Local Music Performances	Yes	No
Cultural Learning	Yes	No
Sightseeing	Yes	No
Business Networking	Yes	No
Walking Exercise	Yes	No
Artworks	Yes	No
Retro Dance	Yes	No
Make Merit	Yes	No
Massage Services	Yes	No

Note: Yes: 1 = participated, No: 0 = not participated

5.5 Data analysis

This research employed a quantitative approach to analyze visitor activity patterns at Chiang Rai night market. The methodology consisted of two main analytical techniques: descriptive analysis to characterize the sample population and ARM to identify activity co-occurrence patterns.

1. Descriptive Analysis

Descriptive statistics characterized demographics and general behavioral characteristics of night market visitors.

Descriptive data includes key demographic information such as gender, age, marital status, education, occupation, monthly income, region, and vehicle ownership. The descriptive findings statistics, including frequency and percentage, were used to summarize the characteristics of the respondents and their activity participation.

2. Association Rule Mining (ARM)

The application of ARM as a significant instrument in uncovering related activities among individuals attending the night market

was very important. The significance of this technique is based on its ability to unearth relationships between activities by revealing those activities that are carried out simultaneously more than by mere chance. The FP-Growth algorithm was selected due to its computational efficiency and ability to handle large and dense datasets without generating candidate itemsets, making it more suitable than alternative algorithms such as Apriori or Eclat by using RapidMiner software was used.

To attain applicable rules aligned with ARM use, three specifications require consideration: support, confidence, and lift (Tank, 2014).

Support indicates item set co-occurrence frequency. High support values represent repetition frequency, meaning frequent itemset detection. Support is calculated as shown in Equation (1). This study's minimum support threshold is defined as 0.60.

$$\text{Support}(X) = \frac{\text{Number of transactions } X}{\text{Total number of transactions}} \quad (1)$$

Confidence value represents conditional validity or probability of item set occurrence (Yaman et al., 2020). Its value relates to transaction sets: something containing X also contains Y. Relational rules with high

confidence values are considered reliable, expressed in Equation (2). Rules are created from item sets meeting confidence and lift thresholds. This study's minimum confidence threshold is identified as 0.95.

$$\text{Confidence}(X \rightarrow Y) = \frac{\text{Number of transactions include both } X \text{ and } Y}{\text{Total number of transactions } X} \quad (2)$$

Lift value measures relationship strength between activities, indicating greater correlation than expected if activities were independent. Lift values exceeding 1.0 indicate positive correlation, where activities

occur together more frequently than random chance would predict (Sowan et al., 2025). Higher Lift values indicate stronger relationships, given in Equation (3).

$$\text{Lift}(X \rightarrow Y) = \frac{\text{Confidence}(X \rightarrow Y)}{\text{Support}(Y)} \quad (3)$$

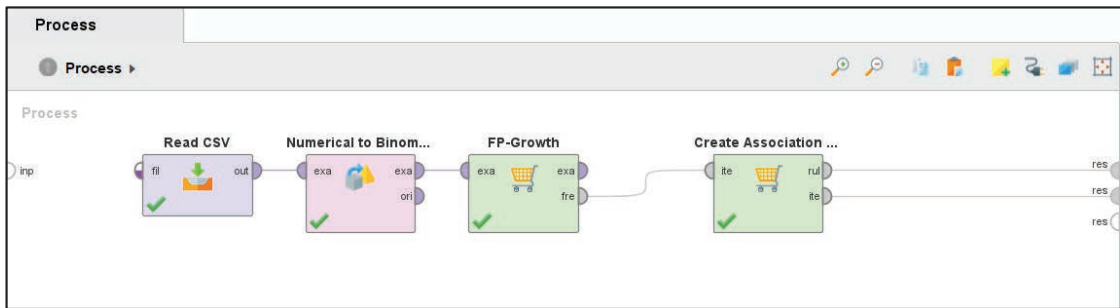


Figure 3 Association rule mining workflow using FP-Growth algorithm in RapidMiner.

These relatively high thresholds were selected to ensure that only strong and reliable patterns were retained, thereby reducing noise and focusing on dominant behavioral structures among tourists. Wang et al. (2025) studied commonly adopt lower thresholds, which may generate a large number of less meaningful rules. In contrast, this study prioritizes robustness and interpretability by focusing on frequent and highly confident patterns. It allows for a deeper view of behavioral patterns among night market visitors by integrating the descriptive analysis with rule relationship discovery, as shown in Figure 3. Above, the descriptive statistics have been used to understand market visitors and their general characteristics. Then, ARM techniques are applied to establish how market visitors interact with one another, rules that do not meet the minimum criteria

mentioned above are eliminated.

6. Results

The numerical analysis is of two components: descriptive visitor characteristics and results from the ARM. The findings reveal considerable diversity among night market visitors and demonstrate strong interconnections among tourist activities.

6.1 Descriptive analysis of tourist activities

Table 2 indicates the descriptive results, the implication of which is the diversity of the visitors. Female visitors were the majority in the sample. Married visitors were a majority in the category of visitors who were not alone. The majority of the visitors at the night market came with their families, and this implies the social nature of the night market for purposes of leisure.

Table 2 The results of descriptive observational data. (N=405)

Categories		Frequency	Percent
Gender	Male	118	29.14
	Female	195	48.15
	Other	92	22.72
	Total	405	100
Marital Status	Single	69	17.04
	Married	304	75.06
	Other	32	7.90
	Total	405	100
Traveling to night market with	Alone	74	18.27
	Family	242	59.75
	Friends	72	17.78
	Organization	17	4.20
	Total	405	100

6.2 Association rule mining results

ARM analysis using the FP-Growth algorithm identified significant patterns in visitor activities at Chiang Rai night market. 10 rules for relationships were established with support values ≥ 0.6 and confidence values

≥ 0.95 , revealing strong relationships between different tourist activities. The results are presented in Table 3, sorted in descending order by confidence values to highlight the most reliable activity associations.

Table 3. Results of association rules for tourist activities at Chiang Rai night market.

Rule	Premises	Consequence	Support	Confidence	Lift
1	Sightseeing, Cultural Learning	Dining	0.746	0.987	1.049
2	Sightseeing, Local Music Performance, Cultural Learning	Dining	0.716	0.986	1.049
3	Dining, Local Music Performance, Walking Exercise	Sightseeing	0.620	0.984	1.069
4	Local Music Performance, Cultural Learning	Dining	0.728	0.983	1.045

Table 3. Results of association rules for tourist activities at Chiang Rai night market. (Cont.)

Rule	Premises	Consequence	Support	Confidence	Lift
5	Dining, Local Music Performance, Cultural Learning	Sightseeing	0.716	0.983	1.067
6	Local Music Performance, Walking Exercise	Sightseeing	0.637	0.981	1.065
7	Sightseeing, Agricultural Product	Dining	0.612	0.980	1.042
8	Local Music Performance, Cultural Learning	Sightseeing	0.726	0.980	1.064
9	Local Music Performance, Agricultural Product	Dining	0.600	0.980	1.042
10	Dining, Local Music Performance	Sightseeing	0.817	0.976	1.060

The analysis produced three key findings. First, the highest-confidence rule (Rule 1 confidence = 0.987) indicated that tourists engaging in sightseeing and cultural learning have an extremely high probability of also engaging in dining activities. Second, dining featured prominently as the consequent activity in seven of the ten rules, confirming dining as the dominant subsequent activity in the night market environment. Third, the most frequently occurring activity combination (Rule 10; support = 0.817) demonstrated that tourists participating in both dining and local music performances had a very high probability of engaging in sightseeing. All lift values exceeded 1.0, indicating positive correlations among activities, with the highest lift value (1.069) observed for Rule 3 involving dining, local music performances, and walking exercise.

Table 3 shows that there are two activities that stand out as the most frequent

patterns: dining and sightseeing. For example, the network diagrams in Figure 4 illustrates dining as a central node strongly connected with {sightseeing, cultural learning → dining} (Rule 1), this rule demonstrates that dining serves as both a primary and complementary activity within an integrated tourism experience. Each node represents a tourist activity observed at the Chiang Rai Night Market. The circle size corresponds to the support value of the association rule, where larger circles indicate higher co-occurrence frequency. The number inside each circle represents the rule number as listed in Table 3, with the first value indicating support and the second value indicating confidence. Arrows indicate the direction of the association rule, from antecedent activity (premise) to outcome activity (consequent). The label format within each circle denotes (support, confidence) as reported in Table 3.

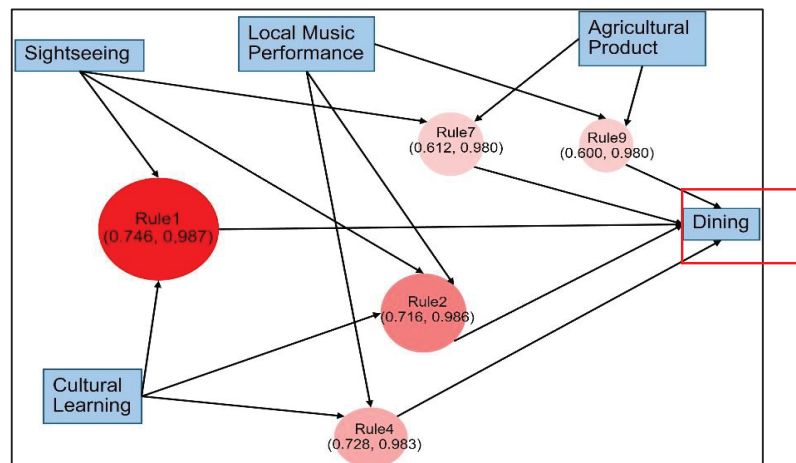


Figure 4 Network structure of tourist activities associated with dining at Chiang Rai night market.

Another example is shown in Figure 5. pattern where experiential consumption and sightseeing as a central node {dining, local music performance → sightseeing} (Rule 10), reflecting a highly interconnected activity

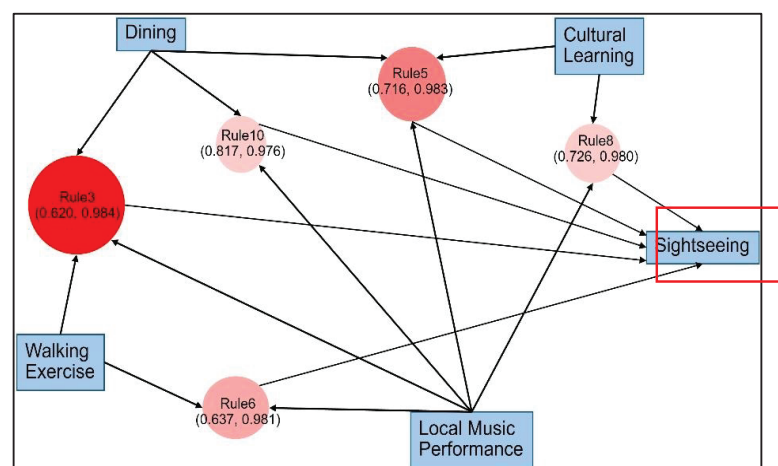


Figure 5 Network structure of tourist activities associated with sightseeing at Chiang Rai night market.

6.3 Behavioral interpretation of activity patterns

The identified association rules were interpreted from a behavioral perspective in

order to offer deeper insights. The findings show that eating is a key component of the night market experience. Dining is a part of a larger series of experiences that include

entertainment, sightseeing, and cultural education rather than being a stand-alone activity.

There are several possible explanations why tourist activities tend to cluster around dining. First, food represents both a basic need and a key attraction, making it a natural focal point for visitors. Second, dining areas frequently serve as spatial and social hubs where visitors congregate, relax, and socialize, which raises the possibility that they will participate in nearby activities. Third, tourists are encouraged to combine dining with cultural and entertainment activities because its food and cultural performances enhance the dining experience. Furthermore, the market's layout makes it easier to move between the dining areas and the surrounding areas, which supports these patterns of activity.

Theories of tourism behavior can help us better understand these findings. According to Pine and Gilmore (2013) and Oh et al. (2007), tourism activities are organized as integrated experiences where consumption is closely associated with the creation of emotional, cultural, and social value. In this situation, eating is an essential part of the whole experience rather than just a practical activity. According to Li (2004) and Testa and Sipe (2012), consumption-based tourism highlights that traveler behavior is motivated by experiential consumption, which combines food, culture, and social interaction into integrated experience bundles. Therefore,

the observed co-occurrence patterns reflect a broader behavioral structure in which tourists engage in interconnected activities to construct meaningful and immersive experiences, rather than participating in isolated actions.

7. Discussion and conclusions

This study extends the understanding of tourist behavior in night market contexts by employing association rule mining (ARM) to identify specific co-occurrence patterns of activities. The results support earlier studies on pattern mining in tourism by confirming that visitor behavior is not a private event but rather takes place in integrated activity bundles (Park et al., 2020). While previous research highlights the multifunctional role of night markets (R. Li et al., 2021), this study further shows how activities are behaviorally interconnected rather than just co-located. By connecting these findings with existing literature, the strong association between sightseeing, cultural learning, and dining supports the idea of structured and repeatable tourist behavior patterns.

Dining is central to the night market experience, is deeply embedded in the night market experience, and fosters social interaction alongside other activities such as sightseeing. This strong association with cultural learning indicates that tourists value authentic experiences more than mere consumption. Therefore, this synergy reinforces the meaning of participation, making

dining a key link driving broader engagement within the tourism framework. The theoretical implications of this study are significant, as it contributes by supporting a shift from isolated activity analysis toward interconnected behavior systems and demonstrating the value of data-driven approaches like ARM in uncovering latent patterns. The study also made a significant methodological contribution by connecting visitor behavior with spatial and logistics planning frameworks (Zhu & Zhu, 2023).

8. Recommendation

8.1 Recommendations for implementing

1. Dining-centric spatial configuration based on dominant participation patterns: From the descriptive analysis, it is evident that dining and sightseeing are the most participated activities. In addition, based on the association rule mining analysis, dining is found to be the most central activity with the highest support and confidence values. Accordingly, dining facilities should be spatially distributed throughout the night market and integrated with main tourist routes to accommodate the high number of participants and facilitate efficient visitor flow.

2. Strategic Co-location of Cultural Activities with High Traffic: The results of the ARM show strong correlations between the activities of dining, cultural learning, music performances, and sightseeing. Furthermore, the descriptive results show significant levels of engagement with these activities. This

implies that cultural performances and cultural learning activities should be strategically located close to the dining areas and areas of high traffic.

3. Infrastructure allocation should align with activity clustering patterns: The identified activity clusters, particularly those related to dining, tourism, and cultural performances, are likely to attract large numbers of tourists. Therefore, market management should allocate supporting infrastructure, including seating areas, waste management facilities, and service facilities, based on these clustering patterns.

4. Policy recommendations for sustainable management: Night market authorities should implement a zoning system, designating food zones as central thoroughfares with adjacent cultural performance areas. This aims to increase visitor flow, reduce congestion, and enhance the overall tourism experience. Investment in infrastructure such as seating, waste management, and lighting is also recommended.

8.2 Future research direction

1. Study the patterns of tourist activity at various times of the day and in various seasons to account for dynamic patterns.

2. Compare activity patterns in various night markets across different regions in Thailand, which would reveal similarities as well as unique features regarding each place.

3. Explore the impact of identified activity patterns on tourist satisfaction, spending behavior, and intention to revisit,

and establish causal relationships into the analysis to better understand the economic implications of activity patterns.

4. Conduct comparative research on various correlation algorithms other than FP-Growth to determine their relative strength for tourist pattern analysis.

5. Tourist clustering using integrated analysis methods. Future studies may combine descriptive variables with clustering and correlation techniques to study variations in activity participation patterns among different tourist groups.

เอกสารอ้างอิง

- Agrawal, R., & Srikant, R. (2022). Mining sequential patterns. *Proceedings of the Eleventh International Conference on Data Engineering*, 3–14. <https://doi.org/10.1109/ICDE.1995.380415>
- Arreeras, T., Arimura, M., Asada, T., & Arreeras, S. (2019). Association Rule Mining Tourist-Attractive Destinations for the Sustainable Development of a Large Tourism Area in Hokkaido Using Wi-Fi Tracking Data. *Sustainability*, 11(14), 3967. <https://doi.org/10.3390/su11143967>
- Bentalha, B. (2023). Sustainable supply chain management in tourism. In N. D. Aggarwal & R. K. Bharti (Eds.), *Implementing sustainable development goals in the service sector* (pp. 53–66). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2065-5.ch004>
- Carmona, M. (2019). Principles for public space design, planning to do better. *URBAN DESIGN International*, 24(1), 47–59. <https://doi.org/10.1057/s41289-018-0070-3>
- Huang, R., Xie, C., Lai, F., Li, X., Wu, G., & Phau, I. (2023). Analysis of the Characteristics and Causes of Night Tourism Accidents in China Based on SNA and QAP Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2584. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032584>
- Jeong, S. K., & Ban, Y. U. (2020). Spatial Configurations for The Revitalization of a Traditional Market: The Case of Yukgeori Market in Cheongju, South Korea. *Sustainability*, 12(7), 2937. <https://doi.org/10.3390/su12072937>
- Kumar, S., & Toshniwal, D. (2016). A data mining approach to characterize road accident locations. *Journal of Modern Transportation*, 24(1), 62–72. <https://doi.org/10.1007/s40534-016-0095-5>
- Li, R., Wang, X., & Wang, Y. (2021). Night Market Cultural Transformation and Upgrading. *Journal of Service Science and Management*, 14(04), 412–428. <https://doi.org/10.4236/jssm.2021.144026>

- Li, W. (2004). Environmental management indicators for ecotourism in China's nature reserves: A case study in Tianmushan Nature Reserve. *Tourism Management*, 25(5), 559–564. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2003.06.001>
- Liang, C.-C., Yu, A. P.-I., & Le, T. H. (2021). Customers focus and impulse buying at night markets. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 60, 102434. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102434>
- Oh, H., Fiore, A. M., & Jeoung, M. (2007). Measuring Experience Economy Concepts: Tourism Applications. *Journal of Travel Research*, 46(2), 119–132. <https://doi.org/10.1177/0047287507304039>
- Park, S., Xu, Y., Jiang, L., Chen, Z., & Huang, S. (2020). Spatial structures of tourism destinations: A trajectory data mining approach leveraging mobile big data. *Annals of Tourism Research*, 84, 102973. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.102973>
- Pine, B. J., & Gilmore, J. H. (2013). The experience economy: past, present and future. In *Handbook on the Experience Economy*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781781004227.00007>
- Rueda-López, R., Castaño-Prieto, L., Álvarez-Robles, C., & Aguilar-Rivero, M. (2026). Relationships between tourists' motivations, satisfaction, perceived value and loyalty in a second-tier city: the case of León (Spain). *Cities*, 170, 106650. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106650>
- Sowan, B., Zhang, L., Matar, N., Zraqou, J., Omar, F., & Alnatsheh, A. (2025). A novel lift adjustment methodology for improving association rule interpretation. *Decision Analytics Journal*, 15, 100582. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2025.100582>
- Syah, R. D., Madenda, S., Suhatri, R. J., & Harmanto, S. (2023). Digital Image Encryption using Composition of RaMSH-1 Map Transposition and Logistic Map Keystream Substitution. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(3). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140365>
- Tank, D. M. (2014). Improved Apriori Algorithm for Mining Association Rules. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 6(7), 15–23. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2014.07.03>
- Testa, M. R., & Sipe, L. (2012). Service-leadership competencies for hospitality and tourism management. *International Journal of Hospitality Management*, 31(3), 648–658. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2011.08.009>
- Statista Research Department. (2025). *Number of international tourist arrivals in Thailand from 2015 to 2025 (in millions)*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/994693/thailand-number-international-tourist-arrivals/>

- UN Tourism. (2025). World Tourism Barometer. *UNWTO World Tourism Barometer*.
- Wang, J., Jiang, X., He, Y., Guan, B., & Deng, C. (2025). Exploration of association rule mining between lost-linking features and modes of loan customers using the FP-growth algorithm for risk warning strategies. *PLOS One*, 20(9), e0332623. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0332623>
- Wicaksono, D., JAMBAK, M. I., & SAPUTRA, D. M. (2020). The Comparison of Apriori Algorithm with Preprocessing and FP-Growth Algorithm for Finding Frequent Data Pattern in Association Rule. *Proceedings of the Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications (SICONIAN 2019)*. <https://doi.org/10.2991/aisr.k.200424.047>
- Yaman, S., Fagerholm, F., Munezero, M., Männistö, T., & Mikkonen, T. (2020). Patterns of user involvement in experiment-driven software development. *Information and Software Technology*, 120, 106244. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106244>
- Yin, C., Wang, X., Shao, C., & Ma, J. (2022). Exploring the Relationship between Built Environment and Commuting Mode Choice: Longitudinal Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14149. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114149>
- Yu, T., Rita, P., Moro, S., & Oliveira, C. (2022). Insights from sentiment analysis to leverage local tourism business in restaurants. *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*, 16(1), 321–336. <https://doi.org/10.1108/IJCTHR-02-2021-0037>
- Zhang, P. (2024). Innovative Development Mode of Tourism and Culture Industry in the Era of Smart Tourism. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns-2024-2141>
- Zhu, J., & Zhu, Z. (2023). The space-time evolution and driving mechanism of coordinated development of modern logistics industry and tourism industry. *Journal of Cleaner Production*, 423, 138620. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138620>

วิธีอ้างอิงบทความนี้: อัมพวรรณ หนูพระอินทร์ และเมธินี ศรีกาญจน์. (2569). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้
 ดำเนินงานโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 12(2), 119-144. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.298390>

Received: February 14, 2026
 Revised: April 02, 2026
 Accepted: August 28, 2026

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ ของประเทศไทย

อัมพวรรณ หนูพระอินทร์¹ และ เมธินี ศรีกาญจน์^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย และ (2) ทดสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) การวิจัยเป็นเชิงปริมาณ เก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ จำนวน 400 ราย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) และโมเดลสมการโครงสร้าง ผลการวิจัย พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี ($\chi^2/df = 1.067$, GFI = 0.929, CFI = 0.996, RMSEA = 0.013, SRMR = 0.074) และตัวแปรแฝงทุกตัวมีความตรงและความเชื่อมั่นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งปัจจัยด้านการจัดการการผลิต ความร่วมมือ การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพล พบว่า การจัดการการผลิตมีอิทธิพลสูงสุด ($\beta = 0.483$) รองลงมาคือ ความร่วมมือ ($\beta = 0.399$) การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ($\beta = 0.307$) กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง ($\beta = 0.270$) และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ($\beta = 0.219$) ตามลำดับ โดยตัวแปรทั้งหมดสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของผลการดำเนินงานได้ร้อยละ 73.60 ($R^2 = 0.736$) ผลการวิจัยสะท้อนว่า ผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์เป็นผลจากกลไกเชิงระบบที่เกิดจากการบูรณาการปัจจัยสำคัญหลายด้าน ซึ่งร่วมกันยกระดับประสิทธิภาพของโซ่อุปทานในด้านต้นทุน คุณภาพ ความรวดเร็ว และความยืดหยุ่น อันนำไปสู่การเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันและความยั่งยืนในระยะยาว อีกทั้งยังค้นพบว่า “การจัดการการผลิต” เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลสูงสุดซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยเดิม และขยายบทบาทของความร่วมมือและการรับรองมาตรฐานในฐานะกลไกเชิงกลยุทธ์ของโซ่อุปทาน

คำสำคัญ: ผลการดำเนินงาน, โซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์, ภาคใต้ของประเทศไทย

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

^{1,2}คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, อีเมล: ampawan.nup@sru.ac.th, Mathinee.sri@sru.ac.th

Factors Influencing the Performance of the Organic Agricultural Supply Chain in Southern Thailand

Ampawan Nupra-in¹ and Mathinee Srikan^{2*}

Abstract

This study aims to (1) examine the factors influencing the performance of organic agricultural supply chains in Southern Thailand, and (2) test the causal relationship model among these factors using Structural Equation Modeling (SEM). The research adopts a quantitative approach, collecting data from 400 organic farmers. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics, including Confirmatory Factor Analysis (CFA) and Structural Equation Modeling. The results indicate that the model demonstrates a good fit with the empirical data ($\chi^2/df = 1.067$, GFI = 0.929, CFI = 0.996, RMSEA = 0.013, SRMR = 0.074). All latent constructs exhibit acceptable levels of validity and reliability. The findings reveal that production management, collaboration, organic certification, differentiation strategy, and customer responsiveness have significant positive effects on supply chain performance. In terms of effect size, production management has the strongest influence ($\beta = 0.483$), followed by collaboration ($\beta = 0.399$), organic certification ($\beta = 0.307$), differentiation strategy ($\beta = 0.270$), and customer responsiveness ($\beta = 0.219$), respectively. Collectively, these variables explain 73.60% of the variance in supply chain performance ($R^2 = 0.736$). The findings suggest that the performance of organic agricultural supply chains is driven by a systemic mechanism arising from the integration of multiple critical factors, which together enhance efficiency in terms of cost, quality, speed, and flexibility. This, in turn, strengthens competitiveness and long-term sustainability. Notably, the study identifies production management as the most influential factor, which differs from prior research, and highlights the expanded roles of collaboration and organic certification as strategic mechanisms within the supply chain.

Keywords: Performance, Organic agricultural supply chain, Southern of Thailand

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹⁻²Faculty of Management Sciences, Suratthani Rajabhat University, Email: ampawan.nup@sru.ac.th, Mathinee.sri@sru.ac.th

1. บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แนวโน้มการบริโภคอาหารปลอดภัยและสินค้าเกษตรอินทรีย์ได้ขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั่วโลก อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความตระหนักของผู้บริโภคต่อสุขภาพ ความปลอดภัยทางอาหาร และความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมูลค่าตลาดเกษตรอินทรีย์ของโลกเพิ่มขึ้นจากประมาณ 18 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในช่วงต้นทศวรรษ 2000 เป็นมากกว่า 131 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี ค.ศ. 2022 (Willer et al., 2023) แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของระบบเกษตรอินทรีย์ในการสนับสนุนการพัฒนาเกษตรกรรมที่ยั่งยืน รวมถึงการเพิ่มโอกาสทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการในโซ่อุปทานอาหาร

สำหรับประเทศไทย ภาครัฐได้ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้เกษตรอินทรีย์เป็นหนึ่งในกลไกสำคัญของการพัฒนาภาคการเกษตรที่ยั่งยืน ส่งผลให้พื้นที่เพาะปลูกและมูลค่าการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งมีความพร้อมด้านทรัพยากรธรรมชาติ สภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม และภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เอื้อต่อการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ทั้งในด้านประสิทธิภาพการจัดการการผลิต ความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโซ่อุปทาน การรับรองมาตรฐานสินค้า การสร้างความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ และความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานและความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรอินทรีย์ในระยะยาว

ในด้านการจัดการการผลิต งานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่า การจัดการกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และยกระดับคุณภาพสินค้า ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานโดยรวม (Afum et al., 2020; Belhadi et al., 2024) ขณะเดียวกัน ความร่วมมือระหว่างสมาชิกในโซ่อุปทาน เช่น เกษตรกร ผู้รวบรวมผลผลิต ผู้แปรรูป และผู้จัดจำหน่าย มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการแลกเปลี่ยนข้อมูล การวางแผนร่วมกัน และการประสานงานด้านการผลิตและการตลาด ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโซ่อุปทานได้ (Um & Oh, 2020; Baah et al., 2022)

นอกจากนี้ การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ยังถือเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค เนื่องจากมาตรฐานดังกล่าวช่วยรับประกันคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังสามารถสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันให้กับผู้ผลิตในตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์ (Komor et al., 2025; Kristanto & Kurniawati, 2025) ในขณะเดียวกัน กลยุทธ์การสร้างความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ เช่น การเน้นคุณภาพสินค้า ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือการสื่อสารคุณค่าทางสุขภาพ สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรอินทรีย์และส่งเสริมผลการดำเนินงานขององค์กร (Navaia et al., 2023; Arslan & Can, 2025)

อีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน คือ ความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถขององค์กรในการปรับตัวต่อความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การส่งมอบสินค้าที่ตรงเวลา และการให้บริการที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการตอบสนองของโซ่อุปทานมีความสัมพันธ์เชิงบวก

กับผลการดำเนินงานขององค์กรและความสามารถในการแข่งขัน (Nenavani & Jain, 2021; Siagian & Johono, 2022)

แม้ว่างานวิจัยจำนวนมากจะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานในบริบทของอุตสาหกรรมการผลิตและธุรกิจทั่วไป เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า โลหะและเครื่องจักร และวัสดุ เป็นต้น แต่การศึกษาเชิงประจักษ์ที่มุ่งเน้นระบบโซ่อุปทานสินค้าเกษตรอินทรีย์ โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ที่มีศักยภาพสูงในการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ ดังนั้น การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยพิจารณาปัจจัยสำคัญ ได้แก่ การจัดการการผลิต (Production management) ความร่วมมือ (Collaboration)

การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic certification) กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (Differentiation strategy) และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า (Customer responsiveness)

ซึ่งคาดว่าจะส่งผลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน (Supply chain performance) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่สามารถอธิบายกลไกการดำเนินงานของ

โซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ได้อย่างเป็นระบบ และเพื่อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติในการยกระดับประสิทธิภาพ ความสามารถในการแข่งขัน และความยั่งยืนของระบบโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

2. เพื่อทดสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM)

3. สมมติฐานการวิจัย

H1: การจัดการการผลิตมีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

H2: ความร่วมมือมีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

H3: การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

H4: กลยุทธ์การสร้างความแตกต่างมีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

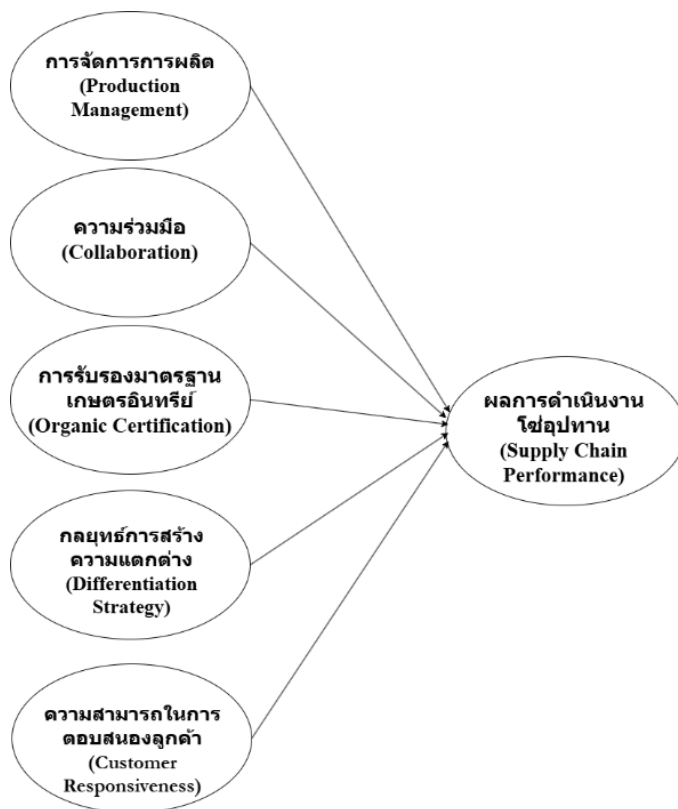
H5: ความสามารถในการตอบสนองลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรม สามารถสังเคราะห์ได้ว่า ผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเป็นผลลัพธ์สำคัญที่สะท้อนประสิทธิภาพและความสามารถในการแข่งขันของระบบ โดยเกิดจากการบูรณาการกระบวนการดำเนินงานและความร่วมมือของสมาชิกตลอดโซ่อุปทาน การพัฒนาผลการดำเนินงานดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยสำคัญ ได้แก่ การจัดการการผลิต ความร่วมมือ การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ในบริบทของโซ่อุปทานสินค้าเกษตรอินทรีย์ ปัจจัยเหล่านี้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ โดยการ

จัดการการผลิตช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรความร่วมมือส่งเสริมการประสานงานและการแลกเปลี่ยนข้อมูล การรับรองมาตรฐานสร้างความเชื่อมั่นด้านคุณภาพ กลยุทธ์ความแตกต่างเพิ่มมูลค่าสินค้า และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ช่วยให้โซ่อุปทานปรับตัวต่อความต้องการของตลาดได้อย่างรวดเร็ว

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยดังกล่าวเป็นกลไกสำคัญที่ส่งผลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานสินค้าเกษตรอินทรีย์ และนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพ ความสามารถในการแข่งขัน และความยั่งยืนในระยะยาว นำเสนอในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

5.1 ผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน (Supply chain performance)

ผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน (Supply chain performance) เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สะท้อนความสำเร็จของการบริหารจัดการกิจกรรมตลอดโซ่อุปทาน ทั้งในด้านประสิทธิภาพการดำเนินงาน ความสามารถในการแข่งขัน และความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของตลาด (Al-Shboul

et al., 2017; Song et al., 2017) งานวิจัยด้านการจัดการโซ่อุปทานชี้ให้เห็นว่า ผลการดำเนินงานขององค์กรไม่ได้เกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงลำพัง แต่เป็นผลจากการบูรณาการกระบวนการและความร่วมมือของสมาชิกในโซ่อุปทาน เช่น การจัดการกระบวนการผลิต การแลกเปลี่ยนข้อมูลและการประสานงานระหว่างคู่ค้า ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงานและลดต้นทุนในระบบโซ่อุปทาน

(Baah et al., 2022; Um & Oh, 2020)

ในบริบทของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ ผลการดำเนินงานยังสะท้อนถึงความสามารถของระบบโซ่อุปทานในการรักษามาตรฐานการผลิต สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค และตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Winahyu et al., 2024)

ดังนั้น การยกระดับผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานจึงจำเป็นต้องอาศัยการพัฒนาปัจจัยสำคัญหลายประการ ได้แก่ การจัดการการผลิต (Production management) ความร่วมมือระหว่างสมาชิก (Collaboration) การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic certification) กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (Differentiation strategy) และความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า (Customer responsiveness) ซึ่งล้วนเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการแข่งขันของโซ่อุปทานโดยรวม

5.2 การจัดการการผลิต (Production management)

การจัดการการผลิต (Production management) เป็นกระบวนการวางแผน การจัดองค์กร และการควบคุมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าและบริการ เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากร เช่น วัตถุดิบ แรงงาน และเทคโนโลยี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลิตสินค้าให้มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด (Salah et al., 2023) การจัดการการผลิตมีความเชื่อมโยงกับการจัดการโซ่อุปทาน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงกิจกรรมระหว่างผู้จัดหาวัตถุดิบ ผู้ผลิต และลูกค้า โดยการประยุกต์ใช้แนวปฏิบัติด้านการจัดการโซ่อุปทานร่วมกับการบริหารการผลิตสามารถช่วยเพิ่มผลการดำเนินงาน ลดความสูญเสีย และเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันขององค์กร (Al-Shboul et al., 2017; Salah et al., 2023)

นอกจากนี้ แนวคิดการผลิตสมัยใหม่ยังให้ความสำคัญกับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการบริหารความเสี่ยงด้านการผลิต เช่น การนำแนวปฏิบัติด้านการผลิตสีเขียวมาใช้เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการกระจายแหล่งการผลิตเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน (Afum et al., 2020; Byrne et al., 2025) สำหรับภาคเกษตรอินทรีย์ การจัดการการผลิตมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพของการดำเนินงานของเกษตรกร เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการจัดการฟาร์ม การใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม และการพัฒนาทักษะการผลิต ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและส่งเสริมความยั่งยืนของระบบการเกษตร (Winahyu et al., 2024)

ดังนั้น การศึกษาที่เกี่ยวข้องสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการการผลิตเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต เสริมสร้างความสามารถในการแข่งขัน และสนับสนุนความยั่งยืนของโซ่อุปทาน โดยเฉพาะในบริบทของการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์

5.3 ความร่วมมือ (Collaboration)

ความร่วมมือ (Collaboration) เป็นกระบวนการที่องค์กรทำงานร่วมกันผ่านการแบ่งปันข้อมูล การวางแผนร่วมกัน และการตัดสินใจร่วมกัน เพื่อบรรลุเป้าหมายร่วมกันและเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานโดยรวม (Cao & Zhang, 2011) ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับมุมมองเชิงทฤษฎีของความสัมพันธ์ระหว่างองค์กร (Relational view) ที่มองว่าการสร้างความสัมพันธ์และการทำงานร่วมกันระหว่างองค์กรสามารถสร้างคุณค่าและความได้เปรียบทางการแข่งขันที่องค์กรเดียวไม่สามารถสร้างได้เพียงลำพัง (Dyer & Singh, 1998)

ในทางปฏิบัติ ความร่วมมือระหว่างสมาชิก เช่น ผู้ผลิต ผู้จัดหา ผู้รวบรวม ผู้แปรรูป และผู้จัดจำหน่าย มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงาน เนื่องจากการแบ่งปันข้อมูลและการ

ประสานงานที่มีประสิทธิภาพช่วยลดความล่าช้า ลดต้นทุน และเพิ่มความยืดหยุ่นในการตอบสนองต่อความต้องการของตลาด (Abeysekara et al., 2019; Baah et al., 2022) นอกจากนี้ ความร่วมมือยังช่วยเสริมสร้างความไว้วางใจ ความโปร่งใส และการตัดสินใจร่วมกันระหว่างคู่ค้า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน (Teng et al., 2022)

ในบริบทของสินค้าเกษตรอินทรีย์ ความร่วมมือมีความสำคัญยิ่ง เนื่องจากกระบวนการผลิต การรวบรวม การแปรรูป และการจัดจำหน่ายต้องอาศัยการประสานงานอย่างใกล้ชิดระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถรักษามาตรฐานสินค้า ความปลอดภัยของอาหาร และความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับได้ตลอดทั้งโซ่อุปทาน การทำงานร่วมกันที่มีประสิทธิภาพจึงช่วยลดความเสี่ยง เพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ และยกระดับประสิทธิภาพของโซ่อุปทานโดยรวม (Belhadi et al., 2024; Chen et al., 2023)

ดังนั้น จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องสามารถสังเคราะห์ได้ว่า ความร่วมมือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างการประสานงาน การแลกเปลี่ยนข้อมูล และการตัดสินใจร่วมกันระหว่างสมาชิก ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มผลการดำเนินงาน ความสามารถในการตอบสนอง และความยั่งยืนของโซ่อุปทานสินค้าเกษตรอินทรีย์

5.4 การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic certification)

การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic certification) เป็นกลไกสำคัญที่ใช้กำหนดและตรวจสอบกระบวนการผลิตสินค้าเกษตรให้เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัย คุณภาพ และความยั่งยืนของระบบอาหาร โดยครอบคลุมตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การแปรรูป การจัดเก็บ และการขนส่ง เพื่อให้มั่นใจว่าสินค้ามีคุณภาพ

และสอดคล้องกับข้อกำหนดของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ (Ali et al., 2017) ทั้งนี้ การรับรองมาตรฐานทำหน้าที่เป็นกลไกในการสร้างความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือให้กับสินค้าอาหารและสินค้าเกษตรตลอดโซ่อุปทานในมุมมองของการบริหารโซ่อุปทานอาหาร การรับรองมาตรฐานถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยควบคุมและยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกระบวนการรับรองต้องอาศัยระบบการตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ส่งผลให้ผู้ผลิตสามารถรักษามาตรฐานของสินค้าและเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคได้ (Song et al., 2017) นอกจากนี้ การมีระบบการรับรองที่เข้มงวดยังช่วยสนับสนุนผลการดำเนินงานขององค์กร ทั้งในด้านการตลาด ความสามารถในการแข่งขัน และการขยายตลาดของสินค้าอาหารและสินค้าเกษตร (Kristanto & Kurniawati, 2025)

สำหรับบริบทของสินค้าเกษตรอินทรีย์ การรับรองมาตรฐานมีบทบาทสำคัญในการยืนยันว่ากระบวนการผลิตเป็นไปตามหลักการเกษตรอินทรีย์ เช่น การหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ การรักษาสมดุลของระบบนิเวศ และการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งช่วยเพิ่มความโปร่งใสของโซ่อุปทานและสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคในด้านคุณภาพและความปลอดภัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสังเคราะห์ได้ว่า การรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยยืนยันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค และสนับสนุนการพัฒนาประสิทธิภาพของโซ่อุปทานซึ่งนำไปสู่การเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว

5.5 กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (Differentiation strategy)

กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง เป็นแนวทาง

เชิงกลยุทธ์ที่องค์กรใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการให้มีคุณลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากคู่แข่งกัน เพื่อสร้างคุณค่าเพิ่มเติมให้กับลูกค้าและเสริมสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน โดยความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นวัตกรรม กระบวนการผลิต หรือคุณลักษณะด้านความยั่งยืน ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและส่งเสริมประสิทธิภาพการดำเนินงานขององค์กรในระยะยาว (Hossain et al., 2025; Navaia et al., 2023) ในบริบทของการแข่งขันทางธุรกิจ กลยุทธ์การสร้างแตกต่างถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถกำหนดตำแหน่งทางการตลาดและสร้างรายได้เปรียบเชิงแข่งขัน โดยการนำเสนอผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีเอกลักษณ์เฉพาะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีกว่าคู่แข่ง และช่วยเพิ่มผลการดำเนินงานขององค์กร ทั้งในด้านการตลาด การส่งออก และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า (Arslan & Can, 2025; Hossain et al., 2025)

สำหรับบริบทของสินค้าเกษตรอินทรีย์ กลยุทธ์การสร้างแตกต่างมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ผ่านคุณลักษณะเฉพาะ เช่น คุณภาพสินค้า ความปลอดภัยของอาหาร กระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและความยั่งยืน ซึ่งช่วยให้ผู้ผลิตสามารถสร้างความโดดเด่นของสินค้าเกษตรอินทรีย์ในตลาด และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจเกษตรและโซ่อุปทานอาหารได้อย่างยั่งยืน (Komor et al., 2025; Navaia et al., 2023)

ดังนั้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสังเคราะห์ได้ว่า กลยุทธ์การสร้างแตกต่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถพัฒนาคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ เพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า และเสริมสร้างความสามารถในการ

แข่งขันของธุรกิจ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการยกระดับผลการดำเนินงานของธุรกิจเกษตรและโซ่อุปทานสินค้าเกษตรอินทรีย์ในระยะยาว (Arslan & Can, 2025; Hossain et al., 2025; Navaia et al., 2023)

5.6 ความสามารถในการตอบสนองลูกค้า (Customer responsiveness)

ความสามารถในการตอบสนองลูกค้า คือความสามารถขององค์กรหรือโซ่อุปทานในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและการเปลี่ยนแปลงของตลาดได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยการประสานงานด้านข้อมูล กิจกรรม และทรัพยากรระหว่างสมาชิกในโซ่อุปทาน เพื่อให้สามารถปรับกระบวนการผลิต การดำเนินงาน และการส่งมอบสินค้าให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดได้อย่างทันทั่วทั้งที่ (Yu et al., 2019; AL-Shboul, 2022)

นอกจากนี้ ความสามารถดังกล่าวยังสะท้อนถึงศักยภาพของโซ่อุปทานในการปรับตัวต่อความผันผวนของอุปสงค์และความไม่แน่นอนของสภาพแวดล้อมทางธุรกิจ (Nenavani & Jain, 2021) ในบริบทของภาคการเกษตรอินทรีย์ ความสามารถในการตอบสนองลูกค้ามีความสำคัญ เนื่องจากสินค้าเกษตรอินทรีย์มีลักษณะเฉพาะ เช่น ความสดใหม่ อายุการเก็บรักษาสั้น และผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของกระบวนการผลิต ดังนั้น ผู้ประกอบการในโซ่อุปทานจึงต้องมีการประสานงานด้านข้อมูล การวางแผนการผลิต และการจัดการโลจิสติกส์อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงตามความต้องการของตลาดและเพิ่มความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน (Munir et al., 2022; NSB et al., 2025; Siagian & Johono, 2022)

จากการสังเคราะห์วรรณกรรม ชี้ให้เห็นว่าความสามารถในการตอบสนองลูกค้าเป็นศักยภาพสำคัญของโซ่อุปทานที่ช่วยให้องค์กรสามารถปรับตัว

ต่อความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นกลไกสำคัญที่เชื่อมโยงศักยภาพด้านการจัดการโซ่อุปทานกับผลการดำเนินงานและความพึงพอใจของลูกค้า (Emon et al., 2025; Das & Hassan, 2021; NSB et al., 2025) โดยเฉพาะในโซ่อุปทานสินค้าเกษตรอินทรีย์ที่ต้องตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคด้านคุณภาพ ปลอดภัย และความยั่งยืนของสินค้า ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานและเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการในระยะยาว

6. วิธีดำเนินการวิจัย

6.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยใช้การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ และทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling: SEM)

6.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย จำนวน 42,568 ราย (Office of agricultural economics, 2024)

กลุ่มตัวอย่างโดยการคำนวณขนาดตัวอย่างตามเกณฑ์การกำหนดจากคำนวณพารามิเตอร์และจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 10 เท่าตัวแปรที่สังเกตได้ (Hair et al., 2010) จำนวน 33 ตัวแปร จะได้กลุ่มตัวอย่าง 330 ราย ซึ่งผู้วิจัยเก็บเพิ่มอีก 21.21% จึงได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 ราย

6.3 เครื่องมือวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยพัฒนาแบบสอบถามจากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่

เกี่ยวข้อง ซึ่งแบบสอบถามประกอบด้วยข้อคำถามที่ใช้วัดตัวแปรแฝง จำนวน 33 ข้อ โดยการจัดการผลิต ได้ข้อคำถามมาจาก Afum et al. (2020) จำนวน 5 ข้อ ส่วนความร่วมมือ ได้ข้อคำถามมาจาก Abeysekara et al., 2019; Cao & Zhang, 2011) จำนวน 6 ข้อ สำหรับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ได้ข้อคำถามจาก (Kristanto & Kurniawati, 2025) จำนวน 6 ข้อ ส่วนกลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง ได้ข้อคำถามจาก (Hossain et al., 2025; Navaia et al., 2023) จำนวน 5 ข้อ ซึ่งความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ได้ข้อคำถามมาจาก (Munir et al., 2022; Emon et al., 2025) จำนวน 4 ข้อ และสุดท้ายผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน ได้ข้อคำถามจาก (Baah et al., 2022; Um & Oh, 2020) จำนวน 7 ข้อ โดยใช้มาตรวัดแบบ Likert scale 5 ระดับ

6.4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยและจริยธรรมในมนุษย์

แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60–0.80 จากนั้นทดสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) (Cronbach, 1951) กับกลุ่มทดลอง 30 ราย ผลพบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.877 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง ซึ่งจริยธรรมการวิจัยผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เลขจริยธรรม SRU-EC 2025/133 เมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2568

6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนที่กำหนด โดยจัดทำหนังสือขออนุญาตจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีเพื่อนำไปใช้ในการติดต่อหน่วยงานหรือสถานประกอบการ

ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นได้ติดต่อผู้บริหารหรือผู้แทนของหน่วยงานเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล และดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักภายในระยะเวลาที่กำหนด ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของแบบสอบถามก่อนนำข้อมูลที่มีสมบูรณ์ไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การหาร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน การใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

(Confirmatory factor analysis) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างขององค์ประกอบในแบบจำลองสมมติฐาน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ โดยประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลอง (Parameter estimation from the model) การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบวิธีโลกลีคลิฮูดสูงสุด (Maximum likelihood: ML) ต่อจากนั้นประเมินโมเดลการวัด (Measurement model) ความเที่ยงตรงเชิงจำแนก (Discriminant validity) และวิเคราะห์อิทธิพลทางตรงของเส้นทางแสดง (Path analysis) ตามลำดับ โดยใช้ค่าสถิติทดสอบนำเสนอในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์วิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องโมเดล

ดัชนีความสอดคล้อง	เกณฑ์ที่ใช้	อ้างอิง
Chi-Square/Degree of Freedom (ChiSq/df,)	≤ 3.0	Kline, 2016; Hair et al., 2010
Goodness of Fit Index: GFI	≥ 0.9	Hair et al., 2010
Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA)	< 0.08	Browne & Cudeck, 1993; Hu & Bentler, 1999
Comparative Fit Index: CFI	≥ 0.9	Hu & Bentler, 1999
Tucker-Lewis Index (TLI)	≥ 0.9	Hu & Bentler, 1999
Normed Fit Index (NFI)	≥ 0.9	Bentler & Bonett, 1980; Byrne, 1994
Standardized Root Mean Square Residual: Standardized RMR)	< 0.08	Hu & Bentler, 1999

7. ผลการวิจัย

7.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 55.0) อยู่ในช่วงอายุ 41–50 ปี (ร้อยละ 29.5) สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 28.2) มีประสบการณ์ทำเกษตรอินทรีย์ 4–6 ปี (ร้อยละ 26.8) รายได้เฉลี่ยจากการทำเกษตรอินทรีย์อยู่ในช่วง

11,001–20,000 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 30.5) โดยผลผลิตเกษตรอินทรีย์หลักที่ผลิตมากที่สุดคือผลไม้อินทรีย์ (ร้อยละ 21.3) และส่วนใหญ่ได้รับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (ร้อยละ 77.8) ขณะที่ช่องทางการจำหน่ายผลผลิตที่ใช้มากที่สุด คือการจำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ (ร้อยละ 27.8)

7.2 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัด (Construct validity)

7.2.1 การวิเคราะห์ความตรงในการวัด

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยวิเคราะห์ความตรงและ

ความเชื่อมั่น CR และ AVE ของมาตรวัดตัวแปรโมเดลงานวิจัยผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรแฝงทุกตัวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าโมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้างที่เหมาะสม และนำไปใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง นำเสนอในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความตรงและความเชื่อมั่น CR และ AVE ของมาตรวัดตัวแปรโมเดลงานวิจัย

ตัวแปร	ตัวแปร สังเกตได้	Factor loading >0.6	Cronbach's alpha >0.7	CR >0.7	AVE >0.5
การจัดการการผลิต (Production management : PM)	PM1	0.870	0.945	0.926	0.715
	PM2	0.868			
	PM3	0.875			
	PM4	0.848			
	PM5	0.762			
ความร่วมมือ (Collaboration : COL)	COL1	0.794	0.956	0.911	0.631
	COL2	0.783			
	COL3	0.739			
	COL4	0.791			
	COL5	0.828			
	COL6	0.827			
การรับรองมาตรฐาน เกษตรอินทรีย์ (Organic certification : OCERT)	OCERT1	0.842	0.959	0.942	0.731
	OCERT2	0.878			
	OCERT3	0.868			
	OCERT4	0.868			
	OCERT5	0.821			
	OCERT6	0.851			
กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (Differentiation strategy: DS)	DS1	0.779	0.945	0.875	0.600
	DS2	0.766			
	DS3	0.768			
	DS4	0.715			
	DS5	0.790			

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความตรงและความเชื่อมั่น CR และ AVE ของมาตรวัดตัวแปรโมเดลงานวิจัย (ต่อ)

ตัวแปร	ตัวแปร สังเกตได้	Factor loading >0.6	Cronbach's alpha >0.7	CR >0.7	AVE >0.5
ความสามารถในการตอบสนอง ลูกค้า (Customer respon- siveness : CRES)	CRES1	0.774	0.952	0.840	0.600
	CRES2	0.752			
	CRES3	0.784			
	CRES4	0.703			
ผลการดำเนินงานโซ่อุปทาน (Supply chain performance : PERF)	PERF1	0.808	0.958	0.925	0.638
	PERF2	0.774			
	PERF3	0.776			
	PERF4	0.780			
	PERF5	0.829			
	PERF6	0.852			
	PERF7	0.768			

จากตารางที่ 2 พบว่า มาตรวัดตัวแปรในโมเดลงานวิจัยทุกตัวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 0.60 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.703 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.878 ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Hair et al. (2010) ที่ระบุว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบควรมีค่ามากกว่า 0.60 แสดงให้เห็นว่าตัวบ่งชี้ทุกตัวมีความเหมาะสมในการอธิบายตัวแปรแฝงในโมเดลการวัด

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังพบว่า ค่าความเชื่อมั่นรวมของตัวแปรแฝง (Composite reliability : CR) ของทุกตัวแปรมีค่าสูงกว่า 0.70 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.840 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.942 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ Fornell and Larcker (1981) เสนอไว้ว่า ค่า CR ควรมีค่ามากกว่า 0.70 เพื่อสะท้อนถึงความเชื่อมั่นของมาตรวัดในระดับที่ยอมรับได้ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) พบว่า มาตรวัดตัวแปรทุกตัวมีค่ามากกว่า 0.70 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.945 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.959 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ Nunnally (1978) แนะนำไว้

แสดงให้เห็นว่ามาตรวัดตัวแปรทั้งหมดมีความสอดคล้องภายในและมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดีมาก ขณะเดียวกัน ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่สกัดได้ (Average variance extracted: AVE) ของทุกตัวแปร มีค่ามากกว่า 0.50 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.600 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.731 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่เสนอโดย Hair et al. (2014) and Kline (2023) สะท้อนให้เห็นว่ามาตรวัดตัวแปรมีความเที่ยงตรงเชิงบรรจบในระดับที่เหมาะสม

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ความตรงและความเชื่อมั่นของมาตรวัด สามารถสรุปได้ว่า มาตรวัดตัวแปรทั้งหมดในโมเดลงานวิจัยนี้มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นในระดับที่ยอมรับได้ และมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างต่อไป

7.2.2 การวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงจำแนก

การวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้างจำเป็นต้องตรวจสอบความตรงเชิงจำแนกของตัวแปรแฝงเพื่อยืนยันว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความแตกต่างกันอย่าง

ชัดเจน ผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์ของ Fornell and Larcker correlation (HTMT) ตามแนวคิดของ Henseler (1981) และค่า Heterotrait-monotrait ratio of et al. (2015) นำเสนอในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Fornell-Larcker criterion)

	Fornell-Larcker criterion					
	PM	COL	OCERT	DS	CRES	PERF
PM	0.846					
COL	0.148	0.794				
OCERT	0.162	0.198	0.855			
DS	0.147	0.221	0.169	0.764		
CRES	0.242	0.171	0.178	0.181	0.754	
PERF	0.619	0.563	0.490	0.462	0.449	0.799

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 3 โดยใช้เกณฑ์ Fornell-Larcker criterion พบว่า ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้ของตัวแปรแต่ละตัวมีค่าสูงกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับตัวแปรแฝงอื่นทุกคู่ โดยค่าอยู่ในช่วง 0.754–0.855 ซึ่งสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงที่อยู่ในช่วง 0.147–0.619 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรแฝงทั้งหมดมีความตรงเชิงจำแนกในระดับที่เหมาะสม สอดคล้องกับเกณฑ์ของ Fornell and Larcker (1981)

นอกจากนี้ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงจำแนกด้วยค่า Heterotrait-monotrait ratio correlations (HTMT) พบว่าค่าความสัมพันธ์ HTMT ของตัวแปรแฝงทุกคู่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าโมเดลการวัดมีความตรงเชิงจำแนกที่เพียงพอและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างได้อย่างเหมาะสม (Henseler et al., 2015) นำเสนอในตารางที่ 4

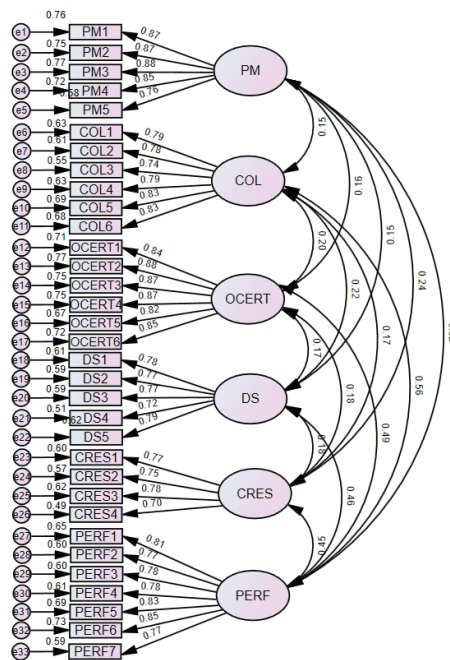
ตารางที่ 4 Heterotrait-monotrait ratio of correlation (HTMT)

	Heterotrait-Monotrait Ratio of Correlation (HTMT)					
	PM	COL	OCERT	DS	CRES	PERF
PM						
COL	0.145					
OCERT	0.161	0.202				
DS	0.151	0.229	0.168			
CRES	0.241	0.171	0.181	0.179		
PERF	0.617	0.562	0.493	0.464	0.448	

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าทุกคู่ตัวแปรมีค่าต่ำกว่า 0.80 อย่างชัดเจน โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.145 ถึง 0.617 ซึ่งบ่งชี้ว่าตัวแปรแฝงแต่ละตัวมีความแตกต่างกันอย่างเป็นอิสระ และไม่มี ความซ้อนทับกันในเชิงแนวคิด ส่งผลให้โครงสร้างโมเดลมีความตรงเชิงจำแนกในระดับที่เหมาะสม

7.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis: CFA)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ซึ่งประกอบไปด้วย 33 ข้อคำถาม ผลการวิเคราะห์พบว่า โมเดลอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ นำเสนอในภาพที่ 2



ค่า $\chi^2/df = 1.040$, ค่า GFI = 0.930, ค่า CFI = 0.998,

ค่า RMSEA = 0.010, ค่า TLI = 0.998, NFI=0.947

และค่า SRMR = 0.032

ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เนื่องจากมีค่าดัชนีความสอดคล้องทั้งหมด 5 ดัชนีที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ คือ ค่า $\chi^2/df = 1.040$, ค่า GFI = 0.930, ค่า CFI = 0.998, ค่า RMSEA = 0.010, และค่า SRMR = 0.032 ดังนั้น บ่งชี้ว่าโมเดลมีความเหมาะสม

7.4 การตรวจสอบความเอนเอียงจากการใช้ระเบียบวิธีร่วม Common method bias

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบปัญหาความเอนเอียงจากการใช้ระเบียบวิธีร่วม (Common method bias: CMB) โดยใช้วิธี Harman's Single-Factor Test ตามแนวคิดของ Podsakoff et al. (2003) ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจแบบไม่หมุนแกน หากองค์ประกอบเดียวสามารถอธิบายความแปรปรวนได้มากกว่า 50% จะสะท้อนถึงปัญหา CMB อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 5

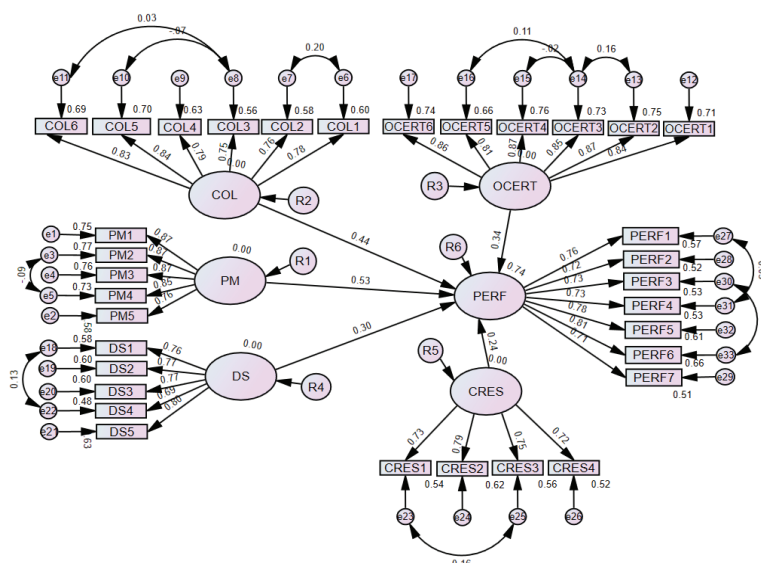
ตารางที่ 5 Common method bias (CMB)

Total Variance Explained						
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	10.235	31.014	31.014	10.235	31.014	31.014
2	3.765	11.410	42.425	3.765	11.410	42.425
3	3.543	10.735	53.160	3.543	10.735	53.160
4	2.877	8.719	61.879	2.877	8.719	61.879
5	2.352	7.128	69.008	2.352	7.128	69.008

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 5 พบว่า องค์ประกอบแรกที่มีค่า Eigenvalue สูงสุด เท่ากับ 10.235 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้เพียงร้อยละ 31.014 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าปัญหา Common method bias ไม่มีความรุนแรงในชุดข้อมูลนี้ และไม่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของผลการวิจัย

7.5 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเพื่อทดสอบสมมติฐานของงานวิจัยโดยใช้วิธี Maximum likelihood เพื่อทำการทดสอบความกลมกลืน ระหว่างโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modelling) นำเสนอในภาพที่ 3



ตารางที่ 6 เกณฑ์วิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องโมเดล

การประเมินความสอดคล้องโมเดล	เกณฑ์	ค่าที่วัดได้	ผลการพิจารณา
χ^2/df	≤ 3.0	1.067	ผ่านเกณฑ์
GFI	≥ 0.9	0.929	ผ่านเกณฑ์
RMSEA	< 0.08	0.013	ผ่านเกณฑ์
CFI	≥ 0.9	0.996	ผ่านเกณฑ์
TLI	≥ 0.9	0.996	ผ่านเกณฑ์
NFI	≥ 0.9	0.946	ผ่านเกณฑ์
Standardized RMR	< 0.08	0.074	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 6 ผลการประเมินความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้าง พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้แก่ค่า $\chi^2/df = 1.067$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความเหมาะสมและไม่แตกต่างจากข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ ค่า GFI = 0.929 และค่า CFI = 0.996 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.90 บ่งชี้ว่าโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดีและมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง

นอกจากนี้ ค่า RMSEA = 0.013 มีค่าน้อยกว่า 0.08 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอยู่ในระดับต่ำ ขณะที่ค่า TLI = 0.996 และค่า NFI = 0.946 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.90 สะท้อนว่าโมเดลมีความพอเหมาะและมีการปรับปรุงที่ดีเมื่อ

เปรียบเทียบกับโมเดลพื้นฐาน ส่วนค่า Standardized RMR มีค่า 0.074 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ดังนั้น จากค่าดัชนีความสอดคล้องทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า โมเดลสมการโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และมีความเหมาะสม สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรในโมเดลงานวิจัยนี้

7.6 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

จากการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง นำเสนอในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

Path coefficients	(β)	S.E.	t- value	p-value	สมมติฐาน	ผลการทดสอบ
PM $\rightarrow$ PERF	0.483	-	-	***	H1	สนับสนุน
COL $\rightarrow$ PERF	0.399	0.039	10.122	***	H2	สนับสนุน
OCERT $\rightarrow$ PERF	0.307	0.036	8.430	***	H3	สนับสนุน
DS $\rightarrow$ PERF	0.270	0.043	7.039	***	H4	สนับสนุน
CRES $\rightarrow$ PERF	0.219	0.042	5.796	***	H5	สนับสนุน

จากตารางที่ 7 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวในโมเดลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ (PERF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 โดยการจัดการการผลิต (PM) มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานมากที่สุด ($\beta = 0.483$, $p < 0.001$) ส่งผลให้สมมติฐาน H1 ได้รับการสนับสนุน รองลงมาคือ ความร่วมมือ (COL) ซึ่งมีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงาน ($\beta = 0.399$, $t\text{-value} = 10.122$, $p < 0.001$) ทำให้สมมติฐาน H2 ได้รับการสนับสนุน

นอกจากนี้ การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (OCERT) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงาน ($\beta = 0.307$, $t\text{-value} = 8.430$, $p < 0.001$) ส่งผลให้สมมติฐาน H3 ได้รับการสนับสนุน ขณะที่กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (DS) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงาน ($\beta = 0.270$, $t\text{-value} = 7.039$, $p < 0.001$) และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า (CRES) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงาน ($\beta = 0.219$, $t\text{-value} = 5.796$, $p < 0.001$) ซึ่งส่งผลให้สมมติฐาน H4 และ H5 ได้รับการสนับสนุนตามลำดับ

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) พบว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดในโมเดล ได้แก่ การจัดการการผลิต ความร่วมมือ การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของผลการดำเนินงานโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ได้ร้อยละ 73.60 ($R^2 = 0.736$) แสดงให้เห็นว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรได้ในระดับสูง และมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในบริบทของ

โซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

8. สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล

8.1 สรุปผลการวิจัย

ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านการจัดการการผลิต ความร่วมมือในโซ่อุปทาน การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ล้วนมีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพล พบว่า การจัดการการผลิตเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อผลการดำเนินงาน รองลงมาคือ ความร่วมมือในโซ่อุปทาน การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า การบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและการทำงานร่วมกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโซ่อุปทานมีบทบาทสำคัญต่อการยกระดับผลการดำเนินงาน

นอกจากนี้ โมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลการดำเนินงานได้ในระดับสูง แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของโมเดลในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในบริบทของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

ทดสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM)

ผลการทดสอบโมเดลสมการโครงสร้างพบว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในระดับดี โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดลที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ทุกตัวชี้วัด สะท้อนให้เห็นว่าโมเดลมีความเหมาะสมทั้งในเชิงโครงสร้างและเชิงสถิติในการอธิบายความสัมพันธ์

เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

นอกจากนี้ โมเดลดังกล่าวยังมีความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ในระดับสูง ($R^2 = 0.736$) แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กำหนดขึ้นสามารถอธิบายผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และครอบคลุมมิติสำคัญของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ยิ่งไปกว่านั้น ผลการทดสอบสมมติฐานเชิงสาเหตุพบว่า ทุกสมมติฐานในโมเดลได้รับการสนับสนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งยืนยันถึงความสอดคล้องระหว่างกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อันเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนความถูกต้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้น

โดยสรุป โมเดลสมการโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมทั้งในด้านความสอดคล้องของโมเดล ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปร จึงสามารถนำไปใช้เป็นกรอบแนวคิดในการอธิบายและพัฒนาโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการการผลิต (Production management: PM) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ (PERF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\beta = 0.483$, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าการบริหารจัดการกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เช่น การวางแผนการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม มีบทบาทสำคัญต่อการยกระดับผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในภาพรวม ผลการวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Salah et al. (2023) ที่พบว่าการจัดการการผลิตและการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยปรับปรุงผลการดำเนินงานขององค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ รวมถึง สอดคล้องกับ Winahyu et al. (2024) ที่ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการดำเนินงานของเกษตรกร อย่างไรก็ตาม การที่ตัวแปรการจัดการการผลิตมีค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงที่สุดในโมเดล ($\beta = 0.483$) สะท้อนให้เห็นว่า ในบริบทเกษตรอินทรีย์ “กระบวนการผลิต” เป็นปัจจัยหลักที่ขับเคลื่อนผลการดำเนินงานมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยบางส่วนที่เน้นบทบาทของตลาดหรือปัจจัยภายนอกเป็นหลัก

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยืนยันว่า ความร่วมมือ (COL) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ (PERF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\beta = 0.399$, $p < 0.001$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การสร้างความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโซ่อุปทาน เช่น เกษตรกร ผู้รวบรวม ผู้แปรรูป และผู้จัดจำหน่าย มีบทบาทสำคัญในการยกระดับประสิทธิภาพของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในภาพรวม

ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baah et al. (2022) ที่พบว่า ความร่วมมือของโซ่อุปทานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานผ่านการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการสร้างความโปร่งใสในโซ่อุปทาน ซึ่งนำไปสู่การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Chen et al. (2023) ที่ชี้ให้เห็นว่า ความร่วมมือสามารถยกระดับผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานได้โดยตรง รวมถึงช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์และการดำเนินงานโดยรวม อีกทั้ง Teng et al. (2022) ยังระบุว่า ความร่วมมือระหว่างคู่ค้าในโซ่อุปทานส่งผลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานด้านคุณภาพ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผลการดำเนินงานโดยรวม

อย่างไรก็ตาม ความร่วมมือมีอิทธิพลค่อนข้างสูง ($\beta = 0.399$) ในบริบทของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย ซึ่งเป็นบริบทที่มีความซับซ้อนด้านมาตรฐาน การรับรอง และความไว้วางใจของผู้บริโภค ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ความร่วมมือไม่ได้เป็นเพียงกลไกสนับสนุนทั่วไป แต่เป็น “ปัจจัย

เชิงกลยุทธ์” ที่ช่วยลดความไม่แน่นอน และเพิ่มความสามารถในการประสานงานของโซ่อุปทานที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น ความต้องการความโปร่งใส และการตรวจสอบย้อนกลับในสินค้าเกษตรอินทรีย์

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในบริบทอุตสาหกรรมทั่วไป เช่น การผลิตหรือโลจิสติกส์ พบว่า งานวิจัยนี้ให้ข้อค้นพบเชิงลึกว่าในโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ “ความร่วมมือ” มีบทบาทเด่นชัดมากขึ้น เนื่องจากต้องอาศัยความเชื่อมั่นระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และการปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างเคร่งครัด ซึ่งทำให้ผลของความร่วมมือมีความสำคัญต่อผลการดำเนินงานมากกว่าบริบทอุตสาหกรรมทั่วไป

โดยสรุป ความร่วมมือของโซ่อุปทานเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ ทั้งในด้านประสิทธิภาพ คุณภาพ และความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญต่อการพัฒนาโซ่อุปทานอย่างยั่งยืนในระยะยาว

ในส่วนของการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (OCERT) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ (PERF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\beta = 0.307, p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าการมีระบบการรับรองมาตรฐานที่ชัดเจนสามารถช่วยยกระดับประสิทธิภาพของโซ่อุปทานได้ ทั้งในด้านคุณภาพสินค้า ความน่าเชื่อถือ และความสามารถในการแข่งขันในตลาด

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Song et al. (2017) ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการคุณภาพในโซ่อุปทาน (SCQM) ส่งผลต่อผลการดำเนินงานขององค์กร โดยมี “การรับรองมาตรฐาน” เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยเชื่อมโยงคุณภาพของกระบวนการไปสู่ผลลัพธ์ทางธุรกิจ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารที่ผู้บริโภคไม่สามารถประเมินคุณภาพได้โดยตรง การรับรองจึงทำหน้าที่เป็นสัญญาณ (Signal) เพื่อลดความ

ไม่สมดุลของข้อมูลและสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับ Ali et al. (2017) ที่เสนอว่าการรับรองมาตรฐานเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ แต่เมื่อผนวกเข้ากับการจัดการโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพ จะสามารถเสริมสร้างความโปร่งใสและความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความยั่งยืนของโซ่อุปทานอาหาร และ Kristanto and Kurniawati (2025) ที่พบว่า การรับรองมาตรฐานมีบทบาทสำคัญต่อผลการดำเนินงานทางการเงินและความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน โดยเฉพาะในธุรกิจอาหารและสินค้าเกษตร

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นบริบทของ “โซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย” ซึ่งมีลักษณะเฉพาะด้านโครงสร้างการผลิตแบบเกษตรกรรายย่อย และข้อจำกัดด้านทรัพยากร ทำให้การรับรองมาตรฐานไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือด้านคุณภาพ แต่ยังเป็น “กลไกเชิงกลยุทธ์” ที่ช่วยเชื่อมโยงเกษตรกรเข้าสู่ตลาดที่มีมูลค่าสูง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อคุณภาพสินค้าเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทเชิงระบบในการยกระดับผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน ผ่านการสร้างเชื่อมั่น การลดความเสี่ยงด้านคุณภาพ และการเพิ่มโอกาสทางการตลาด ซึ่งเป็นมุมมองที่บูรณาการทั้งด้านคุณภาพ ความยั่งยืน และประสิทธิภาพของโซ่อุปทานในบริบทของประเทศไทยกำลังพัฒนา

สำหรับกลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (DS) ผลการวิจัยพบว่า กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (DS) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ (PERF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\beta = 0.270, p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่า การที่ผู้ประกอบการเกษตรอินทรีย์สามารถพัฒนาจุดเด่นของสินค้าและบริการ เช่น คุณภาพสินค้า ความ

ปลอดภัย มาตรฐานการผลิต หรือภาพลักษณ์ด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของโซ่อุปทานโดยรวม

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arslan and Can (2025) และ Navaia et al. (2023) ที่พบว่า กลยุทธ์การสร้างความแตกต่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับผลการดำเนินงานขององค์กร โดยเฉพาะในบริบทที่มีการแข่งขันสูง เนื่องจากการสร้างความแตกต่างช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการเฉพาะของลูกค้า และสร้างความได้เปรียบเชิงการแข่งขัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Hossain et al. (2025) ที่ชี้ให้เห็นว่าการสร้างความแตกต่างช่วยเสริมศักยภาพด้านการตลาดและผลการส่งออกขององค์กร

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในบริบทของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ พบว่า ผลการวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยทั่วไปในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากการสร้างความแตกต่างไม่ได้จำกัดอยู่เพียงด้านผลิตภัณฑ์หรือราคาเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึง “คุณค่าเชิงจริยธรรมและความยั่งยืน” เช่น การผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การไม่ใช้สารเคมี และความโปร่งใสของกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากขึ้นในปัจจุบัน ดังนั้น กลยุทธ์การสร้างความแตกต่างในบริบทนี้จึงมีมิติที่ลึกและซับซ้อนมากกว่างานวิจัยที่ผ่านมา

งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า การสร้างความแตกต่างเชิง “คุณค่าและความยั่งยืน” สามารถส่งผลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดดั้งเดิมที่มุ่งเน้นเพียงด้านการแข่งขันทางการตลาด นอกจากนี้ ยังช่วยเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยที่ยังมีจำกัดในบริบทเกษตรอินทรีย์ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา

สุดท้าย **ความสามารถในการตอบสนองลูกค้า (CRES)** พบว่า ความสามารถในการตอบสนองลูกค้า (CRES) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของ

โซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ (PERF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\beta = 0.219$, $t\text{-value} = 5.796$, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่า เมื่อองค์กรมีความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ จะส่งผลให้ผลการดำเนินงานโดยรวมดีขึ้น ทั้งในด้านประสิทธิภาพ ความพึงพอใจของลูกค้า และความสามารถในการแข่งขัน

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวคิดของทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลขององค์กร ซึ่งเสนอไว้ว่า องค์กรที่สามารถรับรู้และประมวลผลข้อมูลจากสภาพแวดล้อมและลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งนำไปสู่ผลการดำเนินงานที่ดีขึ้น

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานศึกษาของ Yu et al. (2019) ที่พบว่า ความสามารถในการตอบสนองของโซ่อุปทานมีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานเชิงปฏิบัติการ โดยองค์กรที่ตอบสนองต่อข้อมูลจากตลาดได้รวดเร็วจะสามารถสร้างความได้เปรียบและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานได้ รวมถึงงานวิจัยของ Siagian and Johono (2022) ที่ยืนยันว่าความสามารถในการตอบสนองของโซ่อุปทานเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับผลการดำเนินงานขององค์กร

เมื่อพิจารณาในบริบทของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะ เช่น ความสดใหม่ของสินค้า ความไวต่อเวลา และความคาดหวังด้านคุณภาพของผู้บริโภค ความสามารถในการตอบสนองลูกค้าจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างความพึงพอใจและความเชื่อมั่น ส่งผลให้เกิดการซื้อซ้ำและเพิ่มประสิทธิภาพของโซ่อุปทานโดยรวม อย่างไรก็ตาม แม้ว่าความสามารถในการตอบสนองลูกค้าจะมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าขนาดอิทธิพล ($\beta = 0.219$) อยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่า ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ร่วมกันอธิบายผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งควรนำมาพิจารณา

เพิ่มเติมในงานวิจัยในอนาคต สนับสนุนสมมติฐานที่ 5 และยืนยันว่าความสามารถในการตอบสนองลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

โดยสรุป ผลการวิจัยสามารถอธิบายได้ภายใต้กรอบแนวคิด Resource-Based View (RBV) ซึ่งมองว่า ความได้เปรียบทางการแข่งขันเกิดจากทรัพยากรและความสามารถภายในองค์กร โดยเฉพาะทรัพยากรที่มีคุณค่า หายาก และยากต่อการเลียนแบบ (Barney, 1991) ในการศึกษาครั้งนี้ ปัจจัยต่าง ๆ เช่น การจัดการการผลิต ความร่วมมือ การรับรองมาตรฐาน กลยุทธ์การสร้างแตกต่าง และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า สามารถตีความได้ว่าเป็น “ความสามารถเชิงกลยุทธ์” ของโซ่อุปทาน โดยเฉพาะ “การจัดการการผลิต” ซึ่งมีอิทธิพลสูงสุด สะท้อนถึงบทบาทของทรัพยากรภายในในการสร้างประสิทธิภาพ ขณะที่ความร่วมมือและการรับรองมาตรฐานทำหน้าที่เป็นทรัพยากรเชิงความสัมพันธ์และเชิงสถาบันที่ช่วยเสริมสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงสนับสนุนแนวคิด RBV ที่ว่า การบูรณาการทรัพยากรและความสามารถภายในอย่างมีประสิทธิภาพเป็นกลไกสำคัญที่นำไปสู่ผลการดำเนินงานที่เหนือกว่า

ในการบูรณาการองค์ความรู้ งานวิจัยนี้ได้เชื่อมโยงแนวคิดด้านการจัดการโซ่อุปทาน การจัดการการผลิต และมุมมองเชิงกลยุทธ์ขององค์กร เข้าด้วยกันภายใต้กรอบการอธิบายเชิงระบบของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ โดยชี้ให้เห็นว่า “ผลการดำเนินงานของโซ่อุปทาน” ไม่ได้เกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงลำพัง แต่เป็นผลจากการบูรณาการของหลายมิติ ได้แก่ การจัดการการผลิต ความร่วมมือ การรับรองมาตรฐาน เกษตรอินทรีย์ กลยุทธ์การสร้างแตกต่าง และความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ซึ่งทำงานร่วมกันในลักษณะของกลไกเชิงระบบ

งานวิจัยนี้เสนอองค์ความรู้ใหม่ที่ว่า “การจัดการการผลิต” เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อผลการดำเนินงานของโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยในอดีตที่มักเน้นปัจจัยด้านตลาดหรือความร่วมมือเป็นหลัก นอกจากนี้ ยังขยายบทบาทของ “ความร่วมมือ” และ “การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์” จากปัจจัยสนับสนุน ไปสู่การเป็น “กลไกเชิงกลยุทธ์” ที่ช่วยลดความไม่แน่นอน สร้างความเชื่อมั่น และเพิ่มความโปร่งใสในโซ่อุปทาน อีกทั้ง งานวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า การผสมผสานกลยุทธ์การสร้างแตกต่างเข้ากับความสามารถในการตอบสนองลูกค้า ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันผ่านการเพิ่มมูลค่าสินค้าและการตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในบริบทของสินค้าเกษตรอินทรีย์ที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืน

ดังนั้น องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถอธิบายได้ว่า โซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัย “การบูรณาการเชิงระบบ” ของปัจจัยภายในและภายนอกองค์กร ซึ่งร่วมกันยกระดับผลการดำเนินงาน นำไปสู่ความสามารถในการแข่งขันและความยั่งยืนของโซ่อุปทานในระยะยาว

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและเกษตรกรควรพัฒนาการจัดการผลิตเกษตรอินทรีย์อย่างเป็นระบบ ควบคู่กับการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโซ่อุปทาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความสูญเสีย และเสริมความยืดหยุ่นในการดำเนินงาน

2. ภาครัฐควรสนับสนุนองค์ความรู้และลดข้อจำกัดด้านต้นทุนและขั้นตอนการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและขยายโอกาสทางการตลาดของสินค้า

3. ผู้ประกอบการควรพัฒนากลยุทธ์การสร้าง ความแตกต่าง ควบคู่กับการยกระดับความสามารถ ในการตอบสนองลูกค้า ทั้งด้านสินค้า การตลาด และระบบโลจิสติกส์ เพื่อเพิ่มผลการดำเนินงานของ โซ่อุปทานอย่างยั่งยืน

9.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายพื้นที่การศึกษาไปยังจังหวัด หรือภูมิภาคอื่น เพื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยในบริบท ที่แตกต่างกัน

2. ควรศึกษาปัจจัยเพิ่มเติม เช่น เทคโนโลยี ดิจิทัล การตลาด และการสนับสนุนจากภาครัฐ ที่อาจ ส่งผลต่อโซ่อุปทานเกษตรอินทรีย์

3. ควรใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพหรือการศึกษา เชิงลึกควบคู่กับเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ ครบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Abeysekara, N., Wang, H., & Kuruppuarachchi, D. (2019). Effect of supply chain resilience on firm performance and competitive advantage: A study of the Sri Lankan manufacturing sector. *International Journal of Production Economics*, 218, 1–12.
- Afum, E., Agyabeng-Mensah, Y., Sun, Z., Frimpong, B. O., & Kusi, L. Y. (2020). Green manufacturing practices and sustainable performance among Ghanaian manufacturing SMEs: The explanatory link of green supply chain integration. *Management of Environmental Quality: An International Journal*.
- Ali, M. H., Zhan, Y., Alam, S. S., Tse, Y. K., & Tan, K. H. (2017). Food supply chain integrity: The need to go beyond certification. *Industrial Management & Data Systems*, 117(8), 1589–1611.
- Al-Shboul, M. A. (2022). An investigation of transportation logistics strategy on manufacturing supply chain responsiveness in Jordanian industrial companies.
- Al-Shboul, M. A., Barber, K. D., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Abdi, M. R. (2017). The effect of supply chain management practices on supply chain and manufacturing firms' performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(5), 577–609.
- Arslan, O., & Can, E. (2025). The effects of differentiation strategies on firm performance: the role of sustainable procurement policies in environmental uncertainty. *Journal of Strategy and Management*, 18(3), 657–676.
- Baah, C., Jin, Z., & Tang, L. (2022). Effect of information sharing in supply chains: Understanding the roles of supply chain visibility, agility, collaboration, and performance. *International Journal of Production Economics*, 250, 108569.

- Baah, C., Acquah, I. S. K., & Ofori, D. (2022). Exploring the influence of supply chain collaboration on supply chain visibility, stakeholder trust, environmental and financial performances: a partial least square approach. *Benchmarking: An International Journal*, 29(1), 172-193.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management*, 17(1), 99-120.
- Belhadi, A., Kamble, S. S., Jabbour, C. J. C., Gunasekaran, A., Ndubisi, N. O., & Venkatesh, M. (2024). Artificial intelligence-driven innovation for enhancing supply chain resilience and performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 198, 123002.
- Bentler, P. M., & Bonett, D. G. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, 88(3), 588-606.
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J. S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 136-162). Sage.
- Byrne, B. M. (1994). *Structural equation modeling with EQS and EQS/Windows: Basic concepts, applications, and programming*. Sage.
- Byrne, T. M. M., Niranjana, S., & Gravier, M. J. (2025). Manufacturing geographic diversification: A supply chain risk management strategy. *Industrial Marketing Management*.
- Chen, X., Zhao, Y., & Zhou, H. (2023). The impact of logistics corporate social responsibility on supply chain performance: Using supply chain resilience as a mediator. *Sustainability*, 15(3), 1-18.
- Cao, M., & Zhang, Q. (2011). Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance. *Journal of Operations Management*, 29(3), 163-180.
- Das, S., & Hassan, H. K. (2021). Impact of sustainable supply chain management and customer relationship management on organizational performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(6), 2140-2160.
- Dyer, J. H., & Singh, H. (1998). The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *Academy of Management Review*, 23(4), 660-679.
- Emon, M. M. H. (2025). The mediating role of supply chain responsiveness in the relationship between key supply chain drivers and performance: Evidence from the FMCG industry. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 22(1), 10-14488.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Hair, J. F. (2014). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage.

- Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. C. (2010). *Multivariate data analysis: A global perspective* (7th ed.). Pearson.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115–135.
- Hossain, K., Alam, M. N., Muwazir, M. R., Alsiehemy, A., & Azizan, N. A. (2025). Deconstructed entrepreneurial orientation and export performance: mediating role of differentiation and cost leadership strategy from the developing country context. *International Journal of Emerging Markets*, 20(6), 2243-2273.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). Guilford Press.
- Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling* (5th ed.). Guilford Press.
- Kristanto, D., & Kurniawati, D. A. (2025). Financial performance of Indonesian frozen food MSMEs: halal supply chain resilience, certification and competitive advantage. *Journal of Islamic Marketing*, 16(10), 3092-3114.
- Komor, A., Pawlak, J., Wróblewska, W., Białoskurski, S., & Czernyszewicz, E. (2025). Spatial differentiation of the competitiveness of organic farming in EU countries in 2014–2023: An input–output approach. *Sustainability*, 17(17), 7614.
- Munir, M., Jajja, M. S. S., & Chatha, K. A. (2022). Capabilities for enhancing supply chain resilience and responsiveness in the COVID-19 pandemic: exploring the role of improvisation, anticipation, and data analytics capabilities. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(10), 1576-1604.
- Navaia, E., Moreira, A., & Ribau, C. (2023). Differentiation strategy and export performance in emerging countries: Mediating effects of positional advantage among Mozambican firms. *Economies*, 11(44).
- Nenavani, J., & Jain, R. (2021). Examining the impact of strategic supplier partnership, customer relationship, and supply chain responsiveness on firm performance.
- NSB, A., Raj, R., Kumar, V., Gangaraju, P. K., & De, T. (2025). An agility and performance assessment framework for supply chains using confirmatory factor analysis and structural equation modelling. *Supply Chain Analytics*, 9, 100093.

- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1080/10454446.2011.548733>
- Office of Agricultural Economics. (2024). *Organic agriculture statistics in Southern Thailand*. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903.
- Salah, A., Çağlar, D., & Zoubi, K. (2023). The impact of production and operations management practices in improving organizational performance: The mediating role of supply chain integration. *Sustainability*, 15, 15140.
- Siagian, H., & Johono, D. F. (2022). Impact of supply chain integration, supply chain responsiveness, and innovation capability on operational performance in era COVID-19. *International Journal of Business Studies*, 5(1), 30–43.
- Sinniah, S., Al Mamun, A., Md Salleh, M. F., Makhbul, Z. K. M., & Hayat, N. (2022). Modeling the significance of motivation on job satisfaction and performance among the academicians: The use of hybrid structural equation modeling–artificial neural network analysis. *Frontiers in Psychology*, 13, 935822.
- Song, H., Turson, R., Ganguly, A., & Yu, K. (2017). Evaluating the effects of supply chain quality management on food firms' performance: The mediating role of food certification and reputation. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(10), 1541–1562.
- Teng, S. Y., Wang, D., & Chiang, C. Y. (2022). IS capabilities, supply chain collaboration, and quality performance in services: The moderating effect of environmental uncertainty. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(13–14), 1523–1543.
- Um, K. H., & Oh, J. Y. (2020). The interplay of governance mechanisms in supply chain collaboration and performance in buyer–supplier dyads: Substitutes or complements. *International Journal of Operations & Production Management*, 40(4), 415–438.
- Winahyu, W., Rahayu, E. S., Darwanto, D. H., & Harisudin, M. (2024). Analysis of farm performance to realize the sustainability of organic cabbage vegetable farming in Getasan Semarang, Indonesia. *Open Agriculture*, 9, 20220393.
- Winahyu, R., Rahayu, E. S., Darwanto, D. H., & Harisudin, M. (2024). Analysis of farm performance to realize the sustainability of organic cabbage vegetable farming in Getasan, Semarang, Indonesia. *Journal of Agricultural Studies*, 12(1), 45–60. <https://doi.org/10.5296/jas.v12i1.21448>

- Willer, H., Schlatter, B., Trávníček, J., Kemper, L., & Lernoud, J. (2023). The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends 2023. IFOAM & FiBL.
- Yu, W., Chavez, R., Jacobs, M. A., Wong, C. Y., & Yuan, C. (2019). Environmental scanning, supply chain integration, responsiveness, and operational performance: An integrative framework from an organizational information processing theory perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, 39(5), 787–814.

วิธีอ้างอิงบทความนี้: ศิวรักษ์ กิจวัฒน์โกสิน และลัณลลิต เหลาโชติ. (2569). การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีผสมระหว่างการจัดกลุ่มแบบเคมีนส์และอาร์เอฟเอ็ม: กรณีศึกษาในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 12(2), 145-160. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.299053>

Received:	March	05, 2026
Revised:	April	22, 2026
Accepted:	Augusst	28, 2026

การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีผสมระหว่างการจัดกลุ่มแบบเคมีนส์และอาร์เอฟเอ็ม: กรณีศึกษาในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์

ศิวรักษ์ กิจวัฒน์โกสิน¹ และ ลัณลลิต เหลาโชติ^{2*}

บทคัดย่อ

ในยุคที่ธุรกิจค้าปลีกออนไลน์ต้องเผชิญกับข้อมูลลูกค้าจำนวนมากมหาศาล การแบ่งกลุ่มลูกค้าแบบดั้งเดิมยังมีข้อจำกัดในการสะท้อนพฤติกรรมที่ซับซ้อน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีผสมระหว่างการใช้คะแนน RFM และเทคนิค K-Means clustering โดยใช้ข้อมูลธุรกรรมค้าปลีกออนไลน์จำนวน 406,573 รายการเป็นกรณีศึกษา กระบวนการวิจัยเริ่มจากการทำความสะอาดข้อมูลและคัดเลือกข้อมูลที่มีคุณภาพ จากนั้นคำนวณตัวแปร Recency, Frequency และ Monetary และทำการปรับสเกลข้อมูลก่อนนำไปจัดกลุ่มด้วยวิธี RFM scoring ซึ่งแบ่งลูกค้าออกเป็น 5 กลุ่มหลัก และ K-Means clustering โดยกำหนดจำนวนคลัสเตอร์ที่เหมาะสมด้วย Elbow method และเลือกใช้ 4 กลุ่ม ผลการศึกษาพบว่าวิธี RFM ให้ผลลัพธ์ที่เข้าใจง่ายและเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานเชิงปฏิบัติ ขณะที่ K-Means สามารถสะท้อนความแตกต่างเชิงโครงสร้างของลูกค้าได้ละเอียดกว่า โดยสามารถแยกกลุ่มลูกค้ามูลค่าสูงมากออกจากกลุ่มอื่นได้อย่างชัดเจนแม้มีจำนวนลูกค้าเพียงส่วนน้อย การบูรณาการทั้งสองวิธีช่วยเพิ่มความแม่นยำและความครอบคลุมของการแบ่งกลุ่มลูกค้า และสามารถสนับสนุนการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด การรักษาลูกค้า และการเพิ่มมูลค่าลูกค้าในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การแบ่งกลุ่มลูกค้า, การเรียนรู้ของเครื่อง, K-Means clustering, RFM, ค้าปลีกออนไลน์

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

*ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹บริษัท นิวเจน อีเนอจี้ โซลูชั่น จำกัด, อีเมล: sivarak@ngesth.com

²คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, อีเมล: lanlalit.l@mutr.ac.th

Customer Segmentation Using a Hybrid Approach of K-Means Clustering and RFM: An Online Retail Case Study

Sivarak Kijwattanaphokin¹ and Lanlalit Lhaochot^{2*}

Abstract

Traditional customer segmentation methods are inadequate for understanding complex consumer behaviors, as online shopping requires extensive data analysis. This research aims to formulate a hybrid customer segmentation methodology by amalgamating RFM scoring with K-Means clustering, employing a dataset from a genuine online retail transaction consisting of 406,573 records. The research methodology encompasses data cleansing and preprocessing, the computation of the Recency, Frequency, and Monetary (RFM) variables, and data normalization. We use RFM scoring to put customers into five groups and K-Means clustering with the Elbow method to find the best number of clusters to put customers into four groups. The findings demonstrate that RFM produces distinct and intelligible groups relevant to practical situations. K-Means, on the other hand, wants to find deeper structural differences between customers. This is especially helpful for finding customer groups that are worth a lot. Using both methods together makes customer segmentation more accurate and complete. Online stores can use this information to plan their marketing, keep customers, and increase the value of their business.

Keywords: Customer segmentation, Machine learning, K-Means clustering, RFM, Online retail.

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹Newgen Energy Solution Co., Ltd., E-mail: sivarak@ngesth.com

²Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, E-mail: Lanlalit.l@rmutr.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

1. บทนำ

การเติบโตของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้ธุรกิจค้าปลีกออนไลน์สามารถเข้าถึงข้อมูลพฤติกรรมลูกค้าในระดับธุรกรรมจำนวนมาก ส่งผลให้แนวคิดการแบ่งกลุ่มลูกค้า (customer segmentation) เปลี่ยนจากการใช้ข้อมูลประชากรศาสตร์ไปสู่การวิเคราะห์เชิงพฤติกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (Cooil et al., 2007; Kajornkasirat et al., 2024) อย่างไรก็ตาม วิธีการแบบดั้งเดิม เช่น การวิเคราะห์ RFM แม้จะได้รับความนิยม แต่ยังมีข้อจำกัดด้านความยืดหยุ่นและไม่สามารถสะท้อนรูปแบบพฤติกรรมที่ซับซ้อนในสภาพแวดล้อมดิจิทัลได้อย่างครบถ้วน (Blattberg et al., 2008; Mahboob et al., 2025)

ในขณะเดียวกัน เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) โดยเฉพาะการจัดกลุ่มแบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised clustering) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อค้นหารูปแบบพฤติกรรมที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลลูกค้า และสามารถเพิ่มความละเอียดของการแบ่งกลุ่มได้อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมเป็นหลัก ขณะที่ยังขาดการพัฒนา “กรอบการแบ่งกลุ่มแบบบูรณาการ” ที่สามารถเชื่อมโยงความเข้าใจเชิงธุรกิจจาก RFM กับความสามารถในการค้นหารูปแบบเชิงลึกของ ML ได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ ยังมีข้อจำกัดด้านการประเมินความเสถียรของกลุ่ม (Cluster stability) และการเชื่อมโยงผลลัพธ์ไปสู่การใช้งานเชิงกลยุทธ์อย่างเป็นรูปธรรม

โดยเฉพาะในบริบทประเทศไทย แม้ว่าธุรกิจค้าปลีกออนไลน์จะเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่การประยุกต์ใช้ ML กับข้อมูลธุรกรรมจริงเพื่อพัฒนาการแบ่งกลุ่มลูกค้ายังมีจำกัด งานวิจัยในประเทศจำนวนมากยังคงอาศัยข้อมูลแบบสอบถามหรือการวิเคราะห์เชิงพรรณนา ซึ่งยังไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมลูกค้าจริงในระดับธุรกรรมได้อย่างครบถ้วน ช่องว่างดังกล่าว

สะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้าที่มีความเข้มแข็งเชิงวิธีวิทยาและสามารถนำไปใช้เชิงธุรกิจได้จริง

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งพัฒนารอบการแบ่งกลุ่มลูกค้าแบบผสม (Hybrid segmentation framework) โดยบูรณาการวิธีการ RFM ซึ่งให้ความเข้าใจเชิงการตลาดที่ชัดเจน เข้ากับ K-Means clustering ซึ่งสามารถสะท้อนโครงสร้างข้อมูลเชิงลึกได้ดีกว่า งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้าใน 3 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ (1) การผสานแนวทางเชิง Heuristic (RFM scoring) และ Data-driven clustering อย่างเป็นระบบ (2) การใช้ข้อมูลธุรกรรมจริงในบริบทค้าปลีกออนไลน์ของประเทศไทย และ (3) การเชื่อมโยงผลการแบ่งกลุ่มไปสู่ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์สำหรับการบริหารลูกค้า ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้จึงมีศักยภาพในการเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการ และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงการตลาดในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารอบการแบ่งกลุ่มลูกค้าแบบผสมโดยบูรณาการวิธี RFM และเทคนิค K-Means clustering เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความครอบคลุมในการวิเคราะห์พฤติกรรมลูกค้าในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์

2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพและเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการแบ่งกลุ่มลูกค้าระหว่างวิธีแบบดั้งเดิม (RFM) และ K-Means clustering รวมถึงวิเคราะห์ความแตกต่างเชิงพฤติกรรมและมูลค่าทางธุรกิจของลูกค้าในแต่ละกลุ่ม

3. เพื่อเชื่อมโยงผลการแบ่งกลุ่มลูกค้าไปสู่ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์สำหรับการบริหารลูกค้าในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์ โดยมุ่งเน้นการเพิ่มมูลค่าลูกค้าและการตัดสินใจเชิงการตลาดที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล

3. กรอบแนวคิดงานวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลธุรกรรมลูกค้า วิธีการประมวลผลข้อมูล และเทคนิคการแบ่งกลุ่มลูกค้า โดยเริ่มจากการใช้ข้อมูลธุรกรรมค้าปลีกออนไลน์เป็นข้อมูลนำเข้า ซึ่งผ่านกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล การรวมข้อมูลในระดับลูกค้า และการสร้างตัวแปรเชิงพฤติกรรมในรูปแบบ RFM ได้แก่ Recency, Frequency และ Monetary จากนั้นข้อมูลจะถูกนำไปปรับสเกลเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการวิเคราะห์เชิง Machine Learning

ในขั้นตอนการแบ่งกลุ่มลูกค้า งานวิจัยนี้ใช้ทั้งแนวทางแบบดั้งเดิมและแนวทางเชิงข้อมูล โดยแนวทางแรกคือการใช้ RFM scoring ซึ่งช่วยให้ได้กลุ่มลูกค้าที่สามารถตีความได้ง่ายในเชิงการตลาด ขณะที่แนวทางที่สองคือการใช้ K-Means clustering ซึ่งสามารถค้นหาโครงสร้างเชิงลึกของข้อมูลและสะท้อนความแตกต่างของลูกค้าได้อย่างละเอียดมากขึ้น ผลลัพธ์จากทั้งสองวิธีจะถูกนำมาบูรณาการและเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องและความแตกต่างของกลุ่มลูกค้า

สุดท้าย ผลการแบ่งกลุ่มจะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมและมูลค่าของลูกค้าในแต่ละกลุ่ม และสามารถนำไปใช้สนับสนุนการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด เช่น การรักษาลูกค้า การเพิ่ม

มูลค่าลูกค้า และการออกแบบการตลาดแบบเฉพาะบุคคล ซึ่งสะท้อนถึงการเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลและการนำไปใช้เชิงธุรกิจอย่างเป็นรูปธรรม

4. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดการแบ่งกลุ่มลูกค้า (Customer Segmentation)

การแบ่งกลุ่มลูกค้า (Customer segmentation) เป็นแนวคิดพื้นฐานในสาขาการตลาดที่มุ่งจัดกลุ่มผู้บริโภคให้มีความคล้ายคลึงกันภายในกลุ่มและแตกต่างกันข้ามกลุ่ม เพื่อสนับสนุนการกำหนดกลยุทธ์การตลาดที่มีประสิทธิภาพ (Wedel and Kamakura, 2000) แนวคิดนี้ตั้งอยู่บนหลักการว่าความหลากหลายของตลาด (Market heterogeneity) ทำให้องค์กรไม่สามารถใช้กลยุทธ์เดียวตอบโจทย์ลูกค้าทั้งหมดได้อย่างเท่าเทียม แนวทางดั้งเดิมมักแบ่งกลุ่มลูกค้าจากข้อมูลพื้นฐาน เช่น ประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการซื้อ หรือการวิเคราะห์ RFM (Recency-Frequency-Monetary) ซึ่งได้รับการใช้แพร่หลายในการจัดการฐานข้อมูลลูกค้า (Blattberg et al., 2008) อย่างไรก็ตาม วิธีแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดในการจัดการกับข้อมูลหลายมิติและไม่สามารถจับรูปแบบพฤติกรรมที่ซับซ้อนในบริบทดิจิทัลได้ สมการที่ใช้ในการคำนวณค่า RFM แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$RFM_i = (R_i)U(F_i)U(M_i) \quad \text{สมการที่ 1}$$

แทนค่า R F และ M จะแสดงดังสมการที่ 2

$$RFM_i = (AD_i - LPD_i)U(F_i)U(Q_i \times U_i) \quad \text{สมการที่ 2}$$

หลังจากนั้นจึงทำการให้คะแนนแต่ละกลุ่มโดย คะแนนจะมีสเกลตั้งแต่ 1 ถึง 5 แสดงดังสมการที่ 3

$$R_{score}, F_{score}, M_{score} \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad \text{สมการที่ 3}$$

โดยที่

i = ลูกค้ารายที่ i

AD = วันที่อ้างอิงในการวิเคราะห์

LPD = วันที่ซื้อครั้งล่าสุดของลูกค้า

F = จำนวนครั้งที่ทำธุรกรรม

Q = จำนวนสินค้าที่สั่งซื้อในแต่ละครั้ง

U = ราคาต่อหน่วยของสินค้า

ในยุคดิจิทัลและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ การแบ่งกลุ่มลูกค้าพัฒนาไปสู่การใช้วิธีเชิงข้อมูล (Data-driven segmentation) ที่อาศัยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) เพื่อค้นหา รูปแบบที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลหลายมิติ (Wedel and Kannan, 2016) การแบ่งกลุ่มในลักษณะนี้ไม่เพียง ต้องมีความแตกต่างเชิงสถิติเท่านั้น แต่ยังสามารถ นำไปใช้งานเชิงกลยุทธ์ (Managerially actionable) ในการปรับแต่งข้อเสนอและกิจกรรมทางการตลาดให้ เหมาะสมกับลูกค้าแต่ละกลุ่มได้ด้วย เพื่อให้การแบ่ง กลุ่มมีความน่าเชื่อถือ งานวิจัยด้านการวิเคราะห์กลุ่ม จึงให้ความสำคัญกับการประเมินความเสถียรของกลุ่ม (Cluster stability) และตัวชี้วัดคุณภาพของการ จัดกลุ่ม (Cluster validity) อย่างเป็นระบบ (Hennig, 2007) ซึ่งในบริบทของค้าปลีกออนไลน์ที่ข้อมูลมี ความซับซ้อนและมีปริมาณมาก การประเมินเชิงวิธี วิทยาที่เข้มแข็งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการ สร้างโมเดลแบ่งกลุ่มที่ใช้งานได้จริง

4.2 การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning)

การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธี Machine learning กลายเป็นแนวทางสำคัญในยุคที่ธุรกิจค้าปลีกออนไลน์ มีข้อมูลลูกค้าปริมาณมหาศาล เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ ไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning) เช่น K-means, DBSCAN, และ Spectral clustering ถูกนำมาใช้

เพื่อระบุพฤติกรรมลูกค้าที่ซับซ้อนจากข้อมูลธุรกรรม และพฤติกรรมบนแพลตฟอร์มดิจิทัล (Kajornkasirat et al., 2024) งานวิจัยล่าสุดยังมีการผสมผสานเทคนิค แบบไฮบริดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่ม เช่น การรวมหลายอัลกอริทึมเข้าด้วยกันเพื่อจัดกลุ่มลูกค้า แบบเรียลไทม์บนแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซ ซึ่งช่วยให้ สามารถจัดการกับความผันผวนของพฤติกรรมลูกค้า ได้ดียิ่งขึ้น (Mahboob et al., 2025)

นอกจากนี้ ยังมีงานศึกษาที่ประยุกต์ ML กับ ข้อมูลรีวิวของลูกค้าเพื่อขยายมิติในการแบ่งกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลข้อความ (Text) และการวิเคราะห์ เชิงความรู้สึก (Sentiment analysis) ร่วมกับ clustering เพื่อหารูปแบบพฤติกรรมและความ คิดเห็นของลูกค้า ตัวอย่างเช่น การศึกษาที่ใช้วิธี วิเคราะห์รีวิวสินค้าและจัดกลุ่มลูกค้าจากข้อมูลรีวิว ออนไลน์ ซึ่งช่วยให้ธุรกิจเข้าใจความชอบและแรงจูงใจ ของลูกค้าได้ชัดเจนขึ้น (Das and Biswas, 2025) งานวิจัยเชิงปริมาณเกี่ยวกับค้าปลีกออนไลน์ยังพบว่า การใช้ RFM ร่วมกับ Clustering สามารถแยก Segment ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีกลุ่มลูกค้าที่ แสดงพฤติกรรมซื้อและมูลค่าที่ต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางแผนการตลาดและ กลยุทธ์การสื่อสารแบบ Personalized (Wong et al., 2024)

โดยรวม งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของ Machine learning สำหรับ Segmentation ในบริบทอีคอมเมิร์ซอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการปรับปรุงอัลกอริทึม การเพิ่มความเข้าใจเชิงพฤติกรรมลูกค้าจากข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงการประยุกต์ใช้แนวทางหลายมิติ เช่น การวิเคราะห์รีวิวและพฤติกรรมการซื้อ เพื่อให้การแบ่งกลุ่มลูกค้ามีความหมายและสามารถนำไปใช้เชิงกลยุทธ์ได้จริง

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแบ่งกลุ่มลูกค้า (Customer segmentation) เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถทำความเข้าใจความหลากหลายของพฤติกรรมผู้บริโภค และออกแบบกลยุทธ์ทางการตลาดที่สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบริบทของธุรกิจค้าปลีกออนไลน์ที่มีข้อมูลธุรกรรมและพฤติกรรมลูกค้าจำนวนมาก การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลและ Machine learning ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการแบ่งกลุ่มลูกค้าให้มีความแม่นยำและสะท้อนพฤติกรรมจริงมากยิ่งขึ้น วรรณกรรมในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนผ่านจากแนวทางดั้งเดิมที่อาศัยตัวแปรพื้นฐาน เช่น RFM ไปสู่การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการจัดกลุ่มข้อมูลหลายรูปแบบ รวมถึงการผสานเทคนิค Data mining เพื่อเพิ่มความสามารถในการอธิบายลักษณะของแต่ละกลุ่มลูกค้า อย่างไรก็ตาม แม้ว่างานวิจัยจะมีจำนวนเพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีข้อจำกัดในด้านความทนทานของโมเดล การประเมินเสถียรภาพของผลการจัดกลุ่ม และการเชื่อมโยงผลลัพธ์สู่การประยุกต์ใช้เชิงกลยุทธ์อย่างเป็นระบบ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องอธิบายดังรายละเอียดต่อไปนี้

Wedel and Kannan (2016) อธิบายบทบาทของ marketing analytics ในยุคที่องค์กรต้องเผชิญกับข้อมูลจำนวนมหาศาลจากแพลตฟอร์มดิจิทัล โดยชี้ให้เห็นว่าการวิเคราะห์ข้อมูลลูกค้า เช่น การแบ่งกลุ่มลูกค้า (Segmentation) และการทำ Personalization

ไม่ควรถูกมองเป็นเพียงเครื่องมือทางเทคนิค แต่เป็นความสามารถเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างยั่งยืน ผู้เขียนเสนอกรอบแนวคิดที่เชื่อมโยงข้อมูลขนาดใหญ่ เทคโนโลยีการวิเคราะห์ และกระบวนการตัดสินใจทางการตลาดเข้าด้วยกัน พร้อมอภิปรายประเด็นด้านความเป็นส่วนตัวและการกำกับดูแลข้อมูล แม้งานวิจัยนี้จะไม่ได้นำเสนออัลกอริทึมการจัดกลุ่มโดยตรง แต่ได้วางรากฐานทางทฤษฎีที่สำคัญสำหรับการพัฒนา Machine Learning-based customer segmentation โดยเน้นว่าการแบ่งกลุ่มลูกค้าที่มีประสิทธิภาพควรถูกออกแบบให้สอดคล้องกับเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ขององค์กร และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้สร้างคุณค่าทางธุรกิจได้อย่างเป็นรูปธรรม

Wong et al. (2024) ศึกษาการแบ่งกลุ่มลูกค้าในธุรกิจอีคอมเมิร์ซโดยใช้โมเดล RFM (Recency-Frequency-Monetary) ร่วมกับอัลกอริทึมการจัดกลุ่มหลายรูปแบบ ได้แก่ K-means, K-medoids และ DBSCAN เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีในการจำแนกลูกค้าจากข้อมูลธุรกรรมจริง งานวิจัยมุ่งวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมที่แตกต่างกันส่งผลต่อโครงสร้างและคุณลักษณะของกลุ่มลูกค้าอย่างไร โดยประเมินคุณภาพของคลัสเตอร์ด้วยตัวชี้วัดมาตรฐาน เช่น Silhouette score ผลการศึกษาพบว่าแต่ละวิธีให้ผลลัพธ์ที่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ โดย K-means ให้กลุ่มที่มีความกระชับและตีความได้ง่าย ขณะที่ DBSCAN มีความสามารถในการจัดการข้อมูลที่มีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอและตรวจจับลูกค้าที่มีพฤติกรรมผิดปกติ (Outliers) ได้ดีกว่า งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการเลือกอัลกอริทึมการจัดกลุ่มมีผลโดยตรงต่อรูปแบบของ Segment ที่ได้และการนำผลลัพธ์ไปใช้กำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดในบริบทอีคอมเมิร์ซอย่างมีประสิทธิภาพ

Kajornkasirat et al. (2024) ศึกษาการแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้ข้อมูลธุรกรรมค้าปลีกจริงในประเทศไทยช่วงปี 2021–2023 โดยประยุกต์

ใช้โมเดล RFM ร่วมกับอัลกอริทึมการจัดกลุ่มหลายรูปแบบ ได้แก่ K-means, Fuzzy C-means และ Self-Organizing neural network เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีในการจำแนกลูกค้า นอกจากการจัดกลุ่มเชิงสถิติแล้ว งานวิจัยยังต่อยอดด้วยการใช้เทคนิค Association rule mining (FP-Growth) เพื่อค้นหารูปแบบการซื้อสินค้าที่โดดเด่นภายในแต่ละกลุ่ม ทำให้สามารถอธิบายลักษณะเชิงพฤติกรรมของลูกค้าได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการผสมผสาน Clustering กับการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ช่วยเพิ่มความหมายเชิงธุรกิจของ Segment ที่ได้ และสนับสนุนการนำผลลัพธ์ไปใช้กำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดกลุ่มเพียงอย่างเดียว

Awaliyah et al. (2024) ศึกษาการแบ่งกลุ่มลูกค้าในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์โดยใช้ข้อมูลธุรกรรมจริงร่วมกับโมเดล RFM และอัลกอริทึม K-means เพื่อจำแนกลูกค้าตามรูปแบบพฤติกรรมการซื้อ งานวิจัยกำหนดจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วยวิธี Elbow method และประเมินคุณภาพของคลัสเตอร์ด้วยค่า Silhouette coefficient เพื่อให้มั่นใจว่ากลุ่มที่ได้มีความกระชับภายในและแตกต่างกันอย่างชัดเจน ผลการวิเคราะห์สามารถแยกลูกค้าออกเป็นหลายกลุ่มที่สะท้อนระดับมูลค่าและความถี่ในการซื้อที่แตกต่างกัน เช่น กลุ่มลูกค้าที่มีมูลค่าสูงและภักดีต่อแบรนด์ กลุ่มลูกค้าที่ซื้อบ่อยแต่มูลค่าต่อครั้งต่ำ และกลุ่มลูกค้าที่มีแนวโน้มเลิกซื้อ งานนี้เน้นการประยุกต์ใช้ผล Segmentation เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงการตลาด โดยแสดงให้เห็นว่าการใช้ RFM ร่วมกับ K-means สามารถช่วยให้องค์กรเข้าใจพฤติกรรมลูกค้าและกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับแต่ละกลุ่มได้อย่างเป็นระบบ

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมพบว่า แม้ทั้งสองแนวทางจะมีจุดแข็งที่ต่างกัน แต่ยังไม่

งานวิจัยจำนวนมากที่สามารถบูรณาการข้อดีของทั้ง RFM และ ML ได้อย่างเป็นระบบ โดย RFM มีความโดดเด่นด้านการตีความและการนำไปใช้เชิงกลยุทธ์ ขณะที่ Clustering มีความสามารถในการค้นหารูปแบบเชิงลึกของข้อมูล แต่ขาดความชัดเจนในการตีความเชิงธุรกิจ นอกจากนี้ งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการเปรียบเทียบอัลกอริทึม มากกว่าการพัฒนา “กรอบการแบ่งกลุ่มแบบผสม (Hybrid framework)” ที่สามารถใช้งานได้จริงในบริบทธุรกิจ รวมถึงยังขาดการเชื่อมโยงผลการแบ่งกลุ่มไปสู่การประยุกต์ใช้เชิงกลยุทธ์อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยพัฒนากรอบการแบ่งกลุ่มลูกค้าแบบผสมที่บูรณาการ RFM และ K-Means clustering เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ทั้งความเข้าใจเชิงธุรกิจและความแม่นยำเชิงข้อมูล พร้อมทั้งใช้ข้อมูลธุรกรรมจริงในบริบทค้าปลีกออนไลน์ของประเทศไทย และเชื่อมโยงผลลัพธ์ไปสู่ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์สำหรับการบริหารลูกค้า ซึ่งช่วยยกระดับทั้งในเชิงวิสัยทัศน์และการประยุกต์ใช้ในภาคธุรกิจ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยสามารถอธิบายโดยละเอียดแยกเป็นรายข้อดังต่อไปนี้

5.1 รูปแบบการวิจัยและกรณีศึกษา: การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้ข้อมูลธุรกรรมของธุรกิจค้าปลีกออนไลน์เป็นกรณีศึกษา ธุรกิจดังกล่าวเป็นร้านค้าออนไลน์ที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครและมีลูกค้ากระจายอยู่ในหลายจังหวัดทั่วประเทศ ข้อมูลที่ใช้ครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 18 เมษายน 2567 ถึง 26 เมษายน 2568 โดยกำหนดหน่วยวิเคราะห์ในระดับลูกค้า (CustomerID) เพื่อสะท้อนพฤติกรรมการซื้อซ้ำและมูลค่าของลูกค้าแต่ละรายอย่างเหมาะสม

5.2 ลักษณะและขอบเขตของข้อมูล: ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลธุรกรรม (transaction data) ซึ่งประกอบด้วย

ตัวแปรสำคัญ ได้แก่ InvoiceNo, StockCode, Description, Quantity, InvoiceDate, UnitPrice, CustomerID และ Province โดยข้อมูลแต่ละแถวแทนรายการสินค้าในใบสั่งซื้อหนึ่งรายการ และสามารถคำนวณมูลค่าการซื้อ (Monetary) ได้จาก $Quantity \times UnitPrice$ ข้อมูลดิบก่อนการคัดกรองมีจำนวน 541,390 แถว

5.3 การเตรียมและประมวลผลข้อมูล แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

1. การทำความสะอาดข้อมูล: การทำความสะอาดข้อมูลเริ่มจากดำเนินการตรวจสอบข้อมูลสูญหาย (missing values) และข้อมูลผิดปกติ เช่น จำนวนสินค้าติดลบ (สะท้อนการคืนสินค้า) และค่าที่ไม่สมเหตุสมผล จากการตรวจสอบพบว่าตัวแปร CustomerID มีค่าสูญหายจำนวนมาก จึงทำการลบแถวที่ไม่มี CustomerID ออกจากชุดข้อมูล เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมโยงธุรกรรมกับลูกค้าได้ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญของการวิเคราะห์ในระดับลูกค้า อย่างไรก็ตามการลบข้อมูลส่วนนี้ส่งผลให้ธุรกรรมของลูกค้าที่ไม่สามารถระบุตัวตนได้ถูกตัดออก ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการศึกษา

2. การแปลงข้อมูลระดับลูกค้า: ข้อมูลธุรกรรมถูกแปลงให้อยู่ในระดับลูกค้า โดยคำนวณตัวแปร RFM ได้แก่ Recency: จำนวนวันตั้งแต่การซื้อครั้งล่าสุด Frequency: จำนวนครั้งในการซื้อ Monetary: มูลค่าการใช้จ่ายรวม โดยหลังการเตรียมข้อมูล เหลือข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์จำนวน 406,573 แถว

3. การปรับขนาดข้อมูล: ทำการปรับสเกลข้อมูล RFM ด้วยวิธี Standardization เพื่อให้ตัวแปรมีช่วงค่าใกล้เคียงกัน และลดอิทธิพลของตัวแปรที่มีค่ามากในการคำนวณระยะห่างของ K-means

5.4 วิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้า แบ่งเป็น 2 แบบได้แก่

1. การแบ่งกลุ่มแบบ RFM (Traditional Approach) ใช้วิธีการให้คะแนน RFM โดยแปลงค่า

Recency, Frequency และ Monetary เป็นคะแนนระดับ 1-5 และจัดกลุ่มลูกค้าออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ Lost customers, At risk, Loyal customers, Potential loyalists และ Champions ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถตีความได้ง่ายและเหมาะกับการนำไปใช้เชิงธุรกิจ

2. การแบ่งกลุ่มด้วย ML (K-Means) ใช้ K-Means clustering เพื่อค้นหาโครงสร้างของข้อมูลลูกค้าโดยอาศัยความใกล้เคียงเชิงสถิติ ขั้นตอนเริ่มจากการทดสอบจำนวนคลัสเตอร์ตั้งแต่ 1 ถึง 10 กลุ่ม และใช้ Elbow method โดยพิจารณา ค่า Within-Cluster sum of squares (WCSS) เพื่อเลือกจำนวนคลัสเตอร์ที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์เลือกใช้จำนวน 4 กลุ่ม เนื่องจากให้ความสมดุลระหว่างความแม่นยำและการตีความเชิงธุรกิจ

5.5 การประเมินคุณภาพและความน่าเชื่อถือของโมเดล:

เพื่อให้ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือ มีการประเมินคุณภาพของคลัสเตอร์โดยตรวจสอบค่า centroid และลักษณะพฤติกรรมของลูกค้าในแต่ละคลัสเตอร์ รวมถึงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง RFM และ K-Means เพื่อยืนยันความสอดคล้องของโครงสร้างกลุ่มลูกค้า

5.6 การวิเคราะห์ผลและการนำไปใช้:

ผลการแบ่งกลุ่มลูกค้าจะถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม โดยพิจารณาความแตกต่างของค่า RFM และพฤติกรรมการซื้อ จากนั้นเชื่อมโยงผลลัพธ์ไปสู่การกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด เช่น การรักษาลูกค้า การเพิ่มมูลค่าลูกค้า และการทำการตลาดแบบเฉพาะบุคคล เพื่อให้การวิเคราะห์มีความสอดคล้องกับการนำไปใช้จริงในธุรกิจค้าปลีกออนไลน์

6. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าจากร้านค้าออนไลน์ที่ตั้งอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานครตั้งแต่ 18-04-2024 ถึง 26-04-2025 โดยมีลูกค้ากระจายอยู่ใน 37 จังหวัด

รวมถึงกรุงเทพ ขั้นตอนเริ่มจากการทำความสะอาดข้อมูลเบื้องต้น โดยเริ่มจากการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกผิดหรือมีค่าที่ผิดปกติ ข้อมูลที่เป็นค่าสูญหาย (Missing values) ข้อมูลที่มีค่าติดลบ โดยข้อมูล

เหล่านี้จะถูกลบออกจากชุดข้อมูลเพื่อให้ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าข้อมูลที่เป็นค่าสูญหายสรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปค่าสูญหายในชุดข้อมูล

หัวข้อ	ความหมาย	จำนวนข้อมูลสูญหาย
InvoiceNo	หมายเลขใบแจ้งหนี้	0
StockCode	รหัสสินค้าใช้ระบุประเภทหรือรายการสินค้าแต่ละชนิด	0
Description	รายละเอียดหรือชื่อของสินค้า	1,454
Quantity	จำนวนสินค้าที่ขายในแต่ละรายการ (หน่วย)	0
InvoiceDate	วันที่และเวลาที่ออกใบแจ้งหนี้หรือทำรายการขาย	0
UnitPrice	ราคาต่อหน่วยของสินค้า (บาท)	0
CustomerID	รหัสประจำตัวของลูกค้าใช้ระบุลูกค้าแต่ละราย	134,817
Province	จังหวัดของลูกค้าที่ทำการสั่งซื้อ	0

ข้อมูลก่อนการลบแถวที่มีค่าสูญหายจะมีอยู่ 541,390 แถว หลังการลบเหลืออยู่ 406,573 แถว

6.1 การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีการให้คะแนน

คำนวณของลูกค้า 5 รายเรียงตาม CustomerID แสดงดังตารางที่ 2

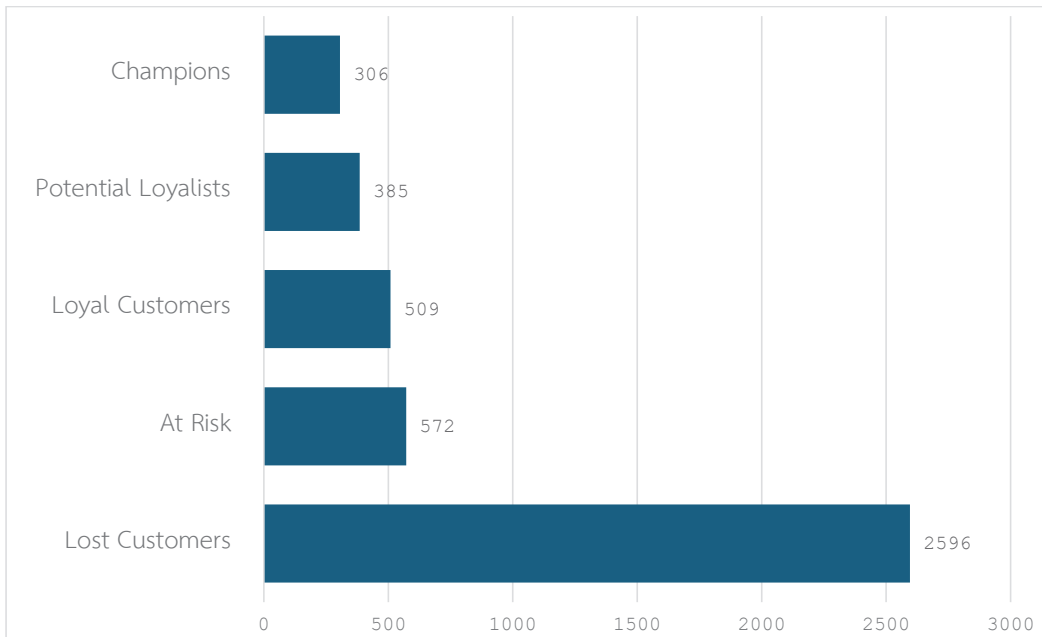
สำหรับขั้นตอนต่อไปจะทำการคำนวณค่า RFM โดยใช้สมการที่ 1-3 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการ

ตารางที่ 2 ตัวอย่างคะแนน RFM ของลูกค้า 5 รายเรียงตาม CustomerID

CustomerID	Recency	Frequency	Monetary	R_score	F_score	M_score	RFM_score
12346	325	2	308.88	1	2	1	121
12347	1	7	142,230.00	5	4	5	545
12348	74	4	59,308.92	2	3	4	234
12349	18	1	57,999.15	4	1	4	414
12350	309	1	11,035.20	1	1	2	112

หลังจากนั้นเราสามารถแบ่งกลุ่มของลูกค้าออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) ลูกค้าที่เลิกซื้อไปนานแล้ว (Lost customers) 2) ลูกค้าที่กำลังจะหายไป (At risk) 3) ลูกค้าประจำ (Loyal customers)

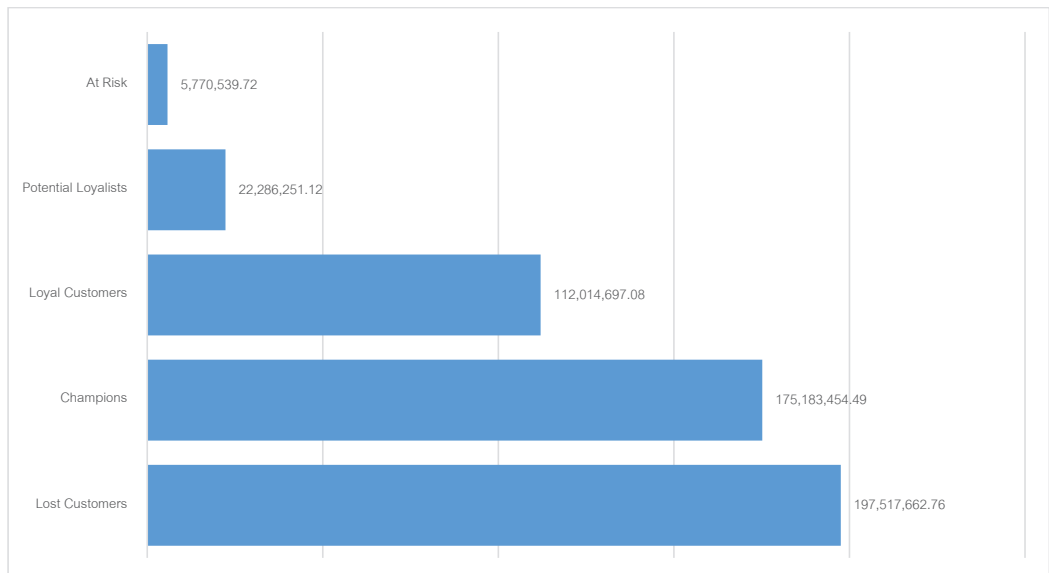
4) ลูกค้าที่มีแนวโน้มจะเป็นลูกค้าประจำ (Potential loyalists) 5) กลุ่มลูกค้าที่ดีที่สุด (Champion) โดยที่จำนวนลูกค้าในแต่ละกลุ่มแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชื่อกลุ่มและจำนวนของลูกค้าในแต่ละกลุ่ม

ยอดขายของลูกค้าแต่ละกลุ่มแสดงดังภาพที่ 2 พบว่าลูกค้ากลุ่ม Lost customers จะมียอดขายมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม Champion กลุ่ม Loyal customers กลุ่ม Potential loyalists และกลุ่ม At risk ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเชิงลึก พบว่ากลุ่ม Champions และ Loyal Customers มีลักษณะเด่นในด้านความถี่และมูลค่าการใช้จ่ายที่สูง ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมลูกค้าที่มีความภักดีและสร้างรายได้อย่างต่อเนื่อง ในขณะที่กลุ่ม At Risk และ Lost Customers มีค่า Recency สูง แสดงถึงการห่างหายจากการ

ซื้อสินค้าเป็นระยะเวลานาน ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงในการสูญเสียลูกค้า อย่างไรก็ตาม แม้ว่าวิธี RFM จะสามารถแยกกลุ่มลูกค้าได้อย่างชัดเจนในเชิงการตลาด แต่การจัดกลุ่มในลักษณะ rule-based ทำให้ลูกค้าที่มีพฤติกรรมแตกต่างกันในเชิงปริมาณอาจถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น ลูกค้ากลุ่ม Champions ที่มีระดับการใช้จ่ายแตกต่างกันอย่างมากแต่ยังคงถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดของวิธีนี้ในการอธิบายความแตกต่างเชิงลึกของพฤติกรรมลูกค้า

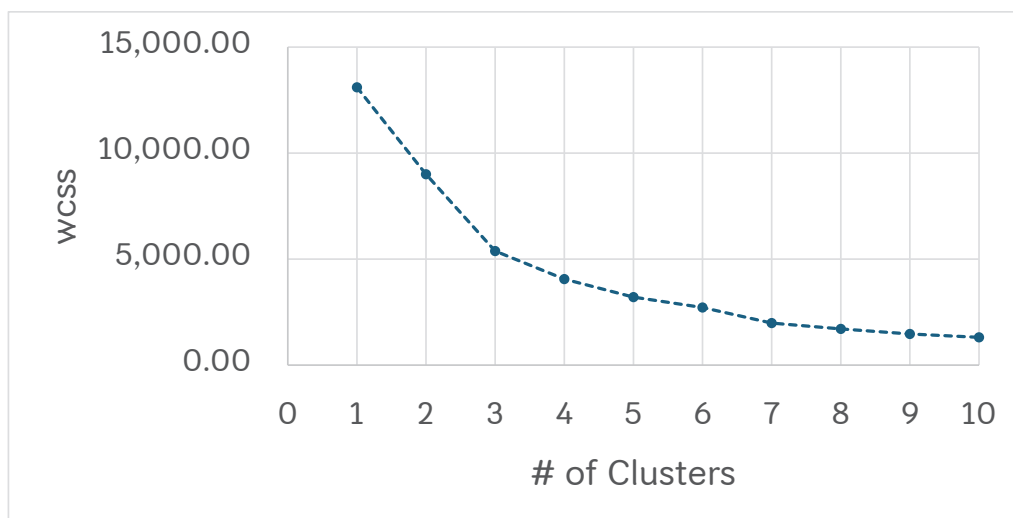


ภาพที่ 2 ยอดขายของลูกค้าในแต่ละกลุ่ม

6.2 การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (ML)

ในส่วนนี้จะใช้วิธี K-Means clustering ในการแบ่งกลุ่มลูกค้า โดยทำการนำข้อมูล RFM ที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วมาทำการปรับสเกลเพื่อให้ค่าของข้อมูลมีรูปแบบสเกลเดียวกัน หลังจากนั้นจึงทำการเลือก

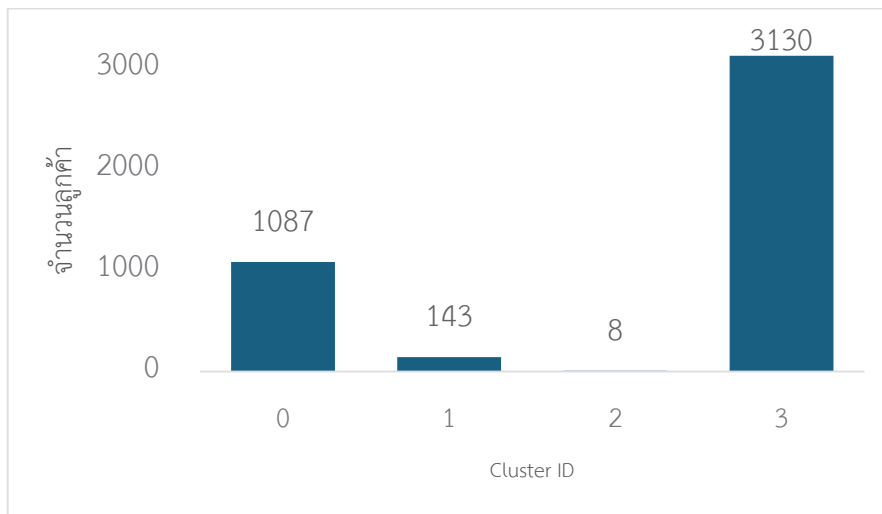
จำนวนกลุ่มของลูกค้าที่ดีที่สุดโดยใช้วิธี Elbow method โดยทำการคำนวณค่า Within-Cluster sum of squares (WCSS) สำหรับค่าจำนวนกลุ่มที่ต่างกัน จาก 1-10 กลุ่ม ผลการคำนวณค่า WCSS แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟของวิธี Elbow method

จากกราฟในภาพที่ 3 เราสามารถเลือกใช้ค่าจำนวนกลุ่ม 3 หรือ 4 กลุ่ม เพื่อความสอดคล้องกับวิธีการแบ่งกลุ่มแบบแรก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้จำนวนกลุ่ม

เท่ากับ 4 กลุ่ม เมื่อทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่มแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลการจัดกลุ่มลูกค้า

โดยจุด centroid ของแต่ละกลุ่มลูกค้าแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จุด Centroid ของแต่ละกลุ่มลูกค้า

กลุ่มลูกค้า	Recency	Frequency	Monetary
0	247.09	1.82	38,969.05
1	8.66	34	862,840.02
2	15.75	102.88	8,398,546.53
3	40.84	4.64	89,405.35

การวิเคราะห์เชิงลึกพบว่า กลุ่มลูกค้ามูลค่าสูงมาก (Ultra-high-value) แม้จะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย แต่มีค่า Monetary และ Frequency สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนลักษณะของลูกค้าประเภท “Key revenue drivers” หรือ “Whales” ที่มีผลต่อรายได้ของธุรกิจอย่างไม่สมส่วน (Disproportionate impact) ในขณะที่กลุ่ม Inactive

customers มีค่า Recency สูงและ Frequency ต่ำ แสดงถึงพฤติกรรมที่ห่างหายจากระบบอย่างชัดเจน นอกจากนี้ กลุ่มลูกค้าระดับปานกลางซึ่งมีจำนวนมากที่สุด แสดงถึงฐานลูกค้าหลักของธุรกิจที่ยังมีศักยภาพในการพัฒนา โดยมีลักษณะการซื้อที่สม่ำเสมอแต่ยังไม่ถึงระดับมูลค่าสูง การค้นพบนี้สะท้อนให้เห็นว่า K-means สามารถเปิดเผย

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

“โครงสร้างเชิงลำดับของมูลค่าลูกค้า” ได้ดีกว่าวิธี RFM

6.3 เปรียบเทียบการแบ่งกลุ่มทั้งสองแบบ

เราสามารถเปรียบเทียบการแบ่งกลุ่มทั้งสองแบบจากความเหมือนและความแตกต่างในการระบุกลุ่มลูกค้าดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความสอดคล้องของกลุ่มมูลค่าสูง/ต่ำ ทั้งสองวิธีสามารถระบุกลุ่มลูกค้ามูลค่าสูง (เช่น กลุ่ม Champions ใน Traditional RFM และ Cluster 1 ของ K-Means) และกลุ่มลูกค้ามูลค่าต่ำหรือกลุ่มเสี่ยงจะหายไป (เช่น At risk และ Lost Customers ซึ่งส่วนใหญ่สอดคล้องกับ Cluster 0 ของ K-Means) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความสามารถของ K-Means ในการแยกความแตกต่างเชิงลึก

K-Means (เมื่อกำหนด $k = 4$) สามารถแยกกลุ่ม “มูลค่าสูงมากเป็นพิเศษ” (Cluster 2 – “Whales”) ที่มีค่า Monetary และ Frequency สูงโดดเด่นออกมาได้อย่างชัดเจน ซึ่งใน Traditional RFM อาจยังรวมอยู่ในกลุ่ม Champions แสดงให้เห็นว่า K-Means มีจุดแข็งในการค้นหาความแตกต่างที่ละเอียดและซับซ้อนด้วยข้อมูล

3. การจัดการกลุ่มระดับกลาง

กลุ่ม Loyal Customers ใน Traditional RFM ไม่ได้มีคัสเตอร์ที่ตรงตัวเพียงกลุ่มเดียวใน K-Means แสดงให้เห็นว่า K-Means ใช้ระยะทางทางสถิติในการจัดกลุ่ม ทำให้ลูกค้าถูกกระจายไปตามค่าจริงของ RFM มากกว่าการแบ่งตามช่วงคะแนนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เราสามารถวิเคราะห์ความทับซ้อนของลูกค้าจากการแบ่งกลุ่มทั้งสองวิธีดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การทับซ้อนกันของกลุ่มลูกค้า

จากภาพที่ 5 แสดงการทับซ้อนระหว่าง Traditional RFM Segmentation และ K-Means Clustering พบว่า การจัดกลุ่มของทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกันในบางส่วน โดยเฉพาะการระบุลูกค้า

กลุ่มมูลค่าต่ำ (Lost Customers) ซึ่งส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่ใน Cluster 3 และ Cluster 0 ของ K-Means แสดงให้เห็นถึงความสามารถของทั้งสองวิธีในการระบุลูกค้าที่ไม่ active ได้อย่างสอดคล้องกัน อย่างไรก็ตาม

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

กลุ่มลูกค้ามูลค่าสูง เช่น Champions ไม่ได้ถูกรวมอยู่ในคลัสเตอร์เดียวกันทั้งหมด แต่กระจายไปยังหลายคลัสเตอร์ โดยเฉพาะ Cluster 1 และ Cluster 3 สะท้อนให้เห็นว่า K-Means ใช้หลักความใกล้เคียงทางสถิติในการแบ่งกลุ่ม มากกว่าการใช้เกณฑ์คะแนนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าแบบ RFM นอกจากนี้ยังมีจำนวนลูกค้าสูงที่สุดและครอบคลุมหลายกลุ่ม RFM แสดงให้เห็นว่า K-Means อาจรวมลูกค้าที่มีพฤติกรรมใกล้เคียงกันทางสถิติ แม้จะอยู่คนละช่วงคะแนนในระบบโดยสรุป Traditional RFM มีความชัดเจนและตีความง่าย ขณะที่ K-Means ให้มุมมองเชิงโครงสร้างข้อมูลทีละเอียดและสะท้อนความแตกต่างภายในกลุ่มได้ดีกว่า

6.4 การนำไปใช้ในการวางกลยุทธ์ทางการตลาด

จากผลการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธี K-Means พบว่าสามารถจำแนกลูกค้าออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ Cluster 0, Cluster 1, Cluster 2 และ Cluster 3 ซึ่งแต่ละกลุ่มมีลักษณะพฤติกรรมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้น การกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดจึงควรออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของแต่ละคลัสเตอร์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการบริหารความสัมพันธ์ลูกค้า

กลุ่มแรกคือ Cluster 0 ซึ่งมีค่า Recency สูงมาก แสดงว่าลูกค้าไม่ได้ทำรายการมาเป็นเวลานาน อีกทั้งยังมีค่า Frequency และ Monetary ค่อนข้างต่ำ กลุ่มนี้จึงสามารถตีความได้ว่าเป็นลูกค้าที่หายไปหรือใกล้หลุดจากระบบ กลยุทธ์ที่เหมาะสมควรมุ่งเน้นการกระตุ้นให้กลับมาซื้ออีกครั้ง เช่น การเสนอส่วนลดเฉพาะบุคคล การทำแคมเปญสื่อสารเพื่อสร้างความผูกพัน หรือการให้สิทธิพิเศษแบบจำกัดเวลา อย่างไรก็ตาม หากลูกค้าใน Cluster 0 ไม่ตอบสนองต่อการกระตุ้นซ้ำหลายครั้ง ธุรกิจอาจต้องพิจารณาปรับลดความสำคัญทางการตลาดของกลุ่มนี้

Cluster 1 เป็นกลุ่มลูกค้ามูลค่าสูงที่มีค่า Recency ต่ำ หมายถึงเพิ่งซื้อสินค้าเมื่อไม่นานมานี้

อีกทั้งยังมีค่า Frequency และ Monetary สูง แสดงถึงความถี่ในการซื้อและมูลค่าการใช้จ่ายที่โดดเด่น กลุ่มนี้ถือเป็นฐานรายได้หลักขององค์กร ดังนั้น กลยุทธ์ที่เหมาะสมควรเน้นการรักษาความสัมพันธ์ในระยะยาว เช่น โปรแกรมสมาชิกระดับพรีเมียม การมอบสิทธิพิเศษเฉพาะกลุ่ม หรือการสร้างประสบการณ์ที่เหนือกว่าลูกค้าทั่วไป เพื่อเพิ่มความภักดีและลดความเสี่ยงในการย้ายไปยังคู่แข่ง

ในขณะเดียวกัน Cluster 2 เป็นกลุ่มที่มีลักษณะพิเศษที่สุด แม้จะมีจำนวนลูกค้าไม่มาก แต่มีค่า Monetary และ Frequency สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างชัดเจน กลุ่มนี้จึงจัดได้ว่าเป็นลูกค้ามูลค่าสูงมากเป็นพิเศษ หรือกลุ่ม VIP เชิงกลยุทธ์ การดูแลลูกค้ากลุ่มนี้ควรใช้แนวทางที่แตกต่างจากการตลาดทั่วไป เช่น การจัดผู้ดูแลเฉพาะราย การเสนอเงื่อนไขพิเศษ หรือการสร้างความร่วมมือระยะยาวในลักษณะพันธมิตรทางธุรกิจ การรักษาลูกค้าใน Cluster 2 ไว้ได้จะส่งผลต่อเสถียรภาพทางรายได้ขององค์กรอย่างมีนัยสำคัญ

สุดท้ายคือ Cluster 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนลูกค้ามากที่สุด มีค่า Recency อยู่ในระดับปานกลาง และมีค่า Frequency และ Monetary ในระดับกลางเช่นกัน กลุ่มนี้ถือเป็นฐานลูกค้าหลักที่ยังมีศักยภาพในการเติบโต หากได้รับการส่งเสริมอย่างเหมาะสม ธุรกิจสามารถใช้กลยุทธ์เพิ่มมูลค่าตลอดช่วงชีวิตลูกค้า เช่น การทำ Cross-Selling, Up-Selling หรือโปรแกรมสะสมแต้ม เพื่อกระตุ้นให้ลูกค้าซื้อบ่อยขึ้นและเพิ่มยอดใช้จ่ายในระยะยาว

7. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธี Traditional RFM และ K-Means clustering ให้มุมมองที่แตกต่างกันแต่เสริมกันในเชิงการวิเคราะห์พฤติกรรมลูกค้า โดย RFM สามารถจำแนกลูกค้าได้อย่างชัดเจนในเชิงการตลาดและง่ายต่อการตีความ ขณะที่ K-means สามารถสะท้อน

โครงสร้างเชิงลึกของข้อมูลและความแตกต่างของลูกค้าในเชิงปริมาณได้ละเอียดมากขึ้น โดยเฉพาะการระบุกลุ่มลูกค้ามูลค่าสูงมากที่มีผลต่อรายได้ของธุรกิจอย่างไม่สมส่วน

เมื่อเชื่อมโยงกับแนวคิดทางทฤษฎีด้าน Customer segmentation (Wedel and Kamakura, 2000) ซึ่งเน้นว่าการแบ่งกลุ่มที่ดีควรมีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between-group heterogeneity) และความคล้ายคลึงภายในกลุ่ม (Within-group homogeneity) พบว่า K-Means clustering สามารถตอบโจทย์ในเชิงสถิติได้ดีกว่า เนื่องจากใช้หลักการวัดระยะห่างของข้อมูลจริง อย่างไรก็ตาม RFM ยังคงมีความสอดคล้องกับแนวคิดด้าน Database marketing (Blattberg et al., 2008) ที่มุ่งเน้นการใช้งานจริงในเชิงธุรกิจ เนื่องจากสามารถตีความและนำไปใช้กำหนดกลยุทธ์ได้ทันที

ผลการศึกษาที่ยังสอดคล้องกับงานของ Wedel และ Kannan (2016) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูงสามารถเพิ่มความแม่นยำในการทำ Segmentation และสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน ในขณะเดียวกันผลลัพธ์ยังสนับสนุนงานของ Wong et al. (2024) และ Kajornkasirat et al. (2024) ที่พบว่าเทคนิค Clustering สามารถเปิดเผยโครงสร้างพฤติกรรมลูกค้าที่ซ่อนอยู่ได้ดีกว่าวิธีแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตามงานวิจัยก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการเปรียบเทียบอัลกอริทึมเป็นหลัก ขณะที่การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าการผสมผสานแนวทางทั้งสองสามารถเพิ่มคุณค่าเชิงวิเคราะห์ได้มากกว่าการใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว

ในเชิงพฤติกรรมลูกค้า ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าลูกค้าไม่ได้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ แต่มีลักษณะ “Skewed distribution” โดยมีกลุ่ม

ลูกค้ามูลค่าสูงจำนวนน้อยที่สร้างรายได้ส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Pareto principle (80/20 rule) ในการตลาด นอกจากนี้ การที่ K-means สามารถแยกกลุ่มลูกค้าระดับกลางออกเป็นหลายกลุ่มย่อยสะท้อนว่าลูกค้ากลุ่มนี้มีความหลากหลายสูงและเป็นกลุ่มที่มีศักยภาพในการพัฒนา ซึ่งเป็นประเด็นที่วิธี RFM ไม่สามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน

ในด้านข้อจำกัดของวิธีการ พบว่า RFM มีข้อจำกัดในการจับความแตกต่างเชิงลึกของลูกค้าเนื่องจากใช้เกณฑ์คะแนนแบบตายตัว ขณะที่ K-means มีข้อจำกัดด้านความไวต่อพารามิเตอร์และความยากในการตีความเชิงธุรกิจ ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบในวรรณกรรมก่อนหน้านี้ การบูรณาการทั้งสองวิธีจึงช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าว โดยใช้ RFM เป็นเครื่องมือในการตีความ และใช้ K-means ในการค้นหารูปแบบเชิงลึกของข้อมูล

ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรพิจารณาเพิ่มตัวแปรอื่นนอกเหนือจาก Recency Frequency และ Monetary เช่น ประเภทสินค้า ช่องทางการซื้อ หรือพฤติกรรมตอบสนองต่อโปรโมชั่น เพื่อให้การแบ่งกลุ่มลูกค้ามีความละเอียดและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรทดลองเปรียบเทียบจำนวนคลัสเตอร์ที่หลากหลาย และใช้ตัวชี้วัดเพิ่มเติม เช่น Silhouette score เพื่อประเมินความเหมาะสมของผลลัพธ์อย่างรอบด้าน อีกทั้งอาจนำวิธีการจัดกลุ่มอื่น ๆ มาเปรียบเทียบ เช่น Hierarchical clustering หรือ DBSCAN เพื่อดูความแตกต่างของโครงสร้างกลุ่มลูกค้า และควรเชื่อมโยงผลการแบ่งกลุ่มกับตัวชี้วัดทางธุรกิจ เช่น Customer lifetime value เพื่อประเมินประโยชน์ในเชิงปฏิบัติจริง การพัฒนาโมเดลให้สามารถอัปเดตข้อมูลแบบต่อเนื่องก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้การวิเคราะห์สอดคล้องกับพฤติกรรมลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- Awaliyah, D. A., Prasetyo, B., Muzayanah, R., & Lestari, A. D. (2024). Optimizing customer segmentation in online retail transactions through the implementation of the K-means clustering algorithm. *Scientific Journal of Informatics*, 11(2), 539-548. <https://doi.org/10.15294/sji.v11i2.6137>
- Blattberg, R. C., Kim, B.-D., & Neslin, S. A. (2008). *Database marketing: Analyzing and managing customers*. Springer.
- Cool, B., Aksoy, L., & Keiningham, T. L. (2007). Approaches to Customer Segmentation. *Journal of Relationship Marketing*, 6(3-4), 9-39. https://doi.org/10.1300/J366v06n03_02
- Das, S., & Biswas, B. (2025). Machine learning segment customers based on their reviews in e-commerce portals: A fresh inquiry. *The Lumbini Journal of Business and Economics*, 12(2), 120-130. <https://doi.org/10.3126/ljbe.v12i2.77422>
- Hennig, C. (2007). Cluster-wise assessment of cluster stability. *Computational Statistics and Data Analysis*, 52(1), 258-271. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2006.11.025>
- Kajornkasirat, S., Gunglin, P., Puangsuwan, K., & Kaewsuwan, N. (2024). Customer segmentation using association rule mining on retail transaction data. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 14(3), 1919-1929. <http://doi.org/10.11591/ijai.v14.i3.pp1919-1929>
- Mahboob Basha, S. K., Akhila, N., Deepak, A., Sindhu, J., & Rohith, K. (2025). Real time customer segmentation using hybrid models for smarter e commerce. *International Journal of Engineering Research and Science and Technology*, 21(3(1)), 1459-1469. [https://doi.org/10.62643/ijerst.v21.n3\(1\).pp1459-1469](https://doi.org/10.62643/ijerst.v21.n3(1).pp1459-1469)
- Wedel, M., & Kannan, P. K. (2016). Marketing analytics for data-rich environments. *Journal of Marketing*, 80(6), 97-121. <https://doi.org/10.1509/jm.15.0413>
- Wedel, M., & Kamakura, W. A. (2000). *Market segmentation: Conceptual and methodological foundations* (2nd ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Wong, C.-G., Tong, G.-K., & Haw, S.-C. (2024). Exploring Customer Segmentation in E-Commerce using RFM Analysis with Clustering Techniques. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 12(3), 97-125. <https://doi.org/10.18080/jtde.v12n3.978>

วิธีอ้างอิงบทความนี้: จิราภา จราฤทธิ์ และธัญภัส เมืองปัน. (2569). การประเมินโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนด้วยแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคมและธรรมาภิบาล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์ และซัพพลายเชน, 12(2), 161-177. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.299789>

Received:	March	22, 2026
Revised:	June	17, 2026
Accepted:	June	29, 2026

การประเมินโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนด้วยแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคมและธรรมาภิบาล: กรณีศึกษาบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ

จิราภา จราฤทธิ์¹ และ ธัญภัส เมืองปัน^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินระดับความสำคัญและผลการดำเนินงานของตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบโลจิสติกส์ตามแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล และ 2) เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างคือพนักงานระดับหัวหน้างานขึ้นไปที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและโลจิสติกส์ จำนวน 59 คน เครื่องมือวิจัยคือแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA) ผลการวิจัยพบว่าตัวชี้วัดที่อยู่ใน Quadrant II หรือกลุ่มที่มีความสำคัญสูงแต่มีผลการดำเนินงานต่ำ มีจำนวน 9 ตัวชี้วัด ครอบคลุมมิติสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การควบคุมและลดการใช้พลังงาน การจัดการสารทำความเย็น การจัดการของเสีย และการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มิติสังคม ได้แก่ การรักษาพนักงานที่มีความสามารถ ความเป็นธรรมด้านสวัสดิการและค่าตอบแทน และความเท่าเทียมในการจ้างงาน และมิติธรรมาภิบาล ได้แก่ การบริหารจัดการเหตุฉุกเฉินในพื้นที่ปฏิบัติงาน จากผลการวิจัยผู้วิจัยเสนอให้พัฒนาระบบติดตามข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม การบริหารทุนมนุษย์ และการจัดการความเสี่ยงในระดับปฏิบัติการ เพื่อยกระดับระบบโลจิสติกส์ให้สอดคล้องกับแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล

คำสำคัญ: แนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล, โลจิสติกส์ที่ยั่งยืน,
การวิเคราะห์ความสำคัญ-ผลการดำเนินงาน (IPA), การจัดการโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

*ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹นักศึกษาคณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: 67920389@go.buu.ac.th

²อาจารย์คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: thanyaphat@go.buu.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

Sustainable Logistics Assessment Based on Environmental, Social, and Governance Concepts: A Case Study of an Air Conditioner Manufacturing Company

Nattakan Poolgate¹ and Natapat Areerakulan^{2*}

Abstract

This study aimed to (1) assess the importance and performance levels of sustainability indicators in logistics systems based on Environmental, Social, and Governance (ESG) concepts, and (2) propose guidelines for developing a sustainable logistics system in an air conditioner manufacturing company. This quantitative study collected data from 59 supervisors and above who were involved in production and logistics processes. A five-point rating scale questionnaire was used as the research instrument. The data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and Importance–Performance Analysis (IPA). The results revealed that nine sustainability indicators were positioned in Quadrant II, representing high importance but low performance. These indicators covered the environmental dimension, including energy control and reduction, refrigerant management, waste management, and the use of environmentally friendly packaging; the social dimension, including talent retention, fair welfare and compensation, and equality in employment; and the governance dimension, including emergency management in operational areas. Based on the findings, this study proposes that the company should improve environmental data monitoring systems, human capital management, and operational risk management in order to enhance its logistics system in accordance with ESG concepts.

Keywords: ESG, Sustainable logistics, Importance–Performance Analysis (IPA), Sustainable supply chain management

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹ Student, Faculty of Logistics, Burapha University, E-mail: 67920389@go.buu.ac.th

² Associate Professor, Faculty of Logistics, Burapha University, E-mail: thanyaphat@go.buu.ac.th

1. บทนำ

ความยั่งยืน (Sustainability) ได้กลายเป็นประเด็นสำคัญของภาคธุรกิจทั่วโลก โดยเฉพาะภายหลังการประกาศใช้เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ซึ่งส่งผลให้กรอบแนวคิด ด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล (Environmental, Social, and Governance: ESG) ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางในการประเมิน การดำเนินงานขององค์กร ทั้งด้านการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความรับผิดชอบต่อสังคม และการกำกับดูแลกิจการที่ดี โดย World federation of exchanges (2018) และ ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (2566) ได้เสนอแนวทางและตัวชี้วัด ESG เพื่อสนับสนุนการเปิดเผยข้อมูลด้านความยั่งยืนอย่างเป็นระบบ

อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศและระบบทำความเย็นเกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้พลังงาน สารทำความเย็น และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดย International energy agency (2025) ระบุว่า การใช้พลังงานเพื่อการทำความร้อนในอาคารเป็นหนึ่งในแหล่งความต้องการพลังงาน ที่เติบโตเร็วที่สุดในภาคอาคาร อีกทั้งสารทำความเย็นบางประเภทมีค่าศักยภาพในการ ก่อภาวะโลกร้อนสูงกว่า คาร์บอนไดออกไซด์ หลายพันเท่า (International energy agency, 2023) สอดคล้องกับ United nations environment programme (2023) ที่ชี้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการทำ ความเย็น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หากไม่มีมาตรการด้าน ประสิทธิภาพพลังงานและการเปลี่ยนผ่านสู่ สารทำ

ความเย็นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องปรับอากาศ ระบบโลจิสติกส์เกี่ยวข้องกับกิจกรรมตลอด โซ่อุปทาน ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การจัดเก็บ บรรจุนำส่ง และการกระจายสินค้า ซึ่งเชื่อมโยงกับการใช้ ทรัพยากร การจัดการของเสีย ความปลอดภัย แรงงาน และความเสียงเชิงปฏิบัติการ แม้ว่าบริษัทที่ศึกษา จะได้รับ การรับรองอุตสาหกรรมสีเขียวระดับ 5 แต่การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ให้ยั่งยืนจำเป็นต้อง ประเมินให้ครอบคลุมทั้งมิติสิ่งแวดล้อม สังคม และ ธรรมาภิบาล

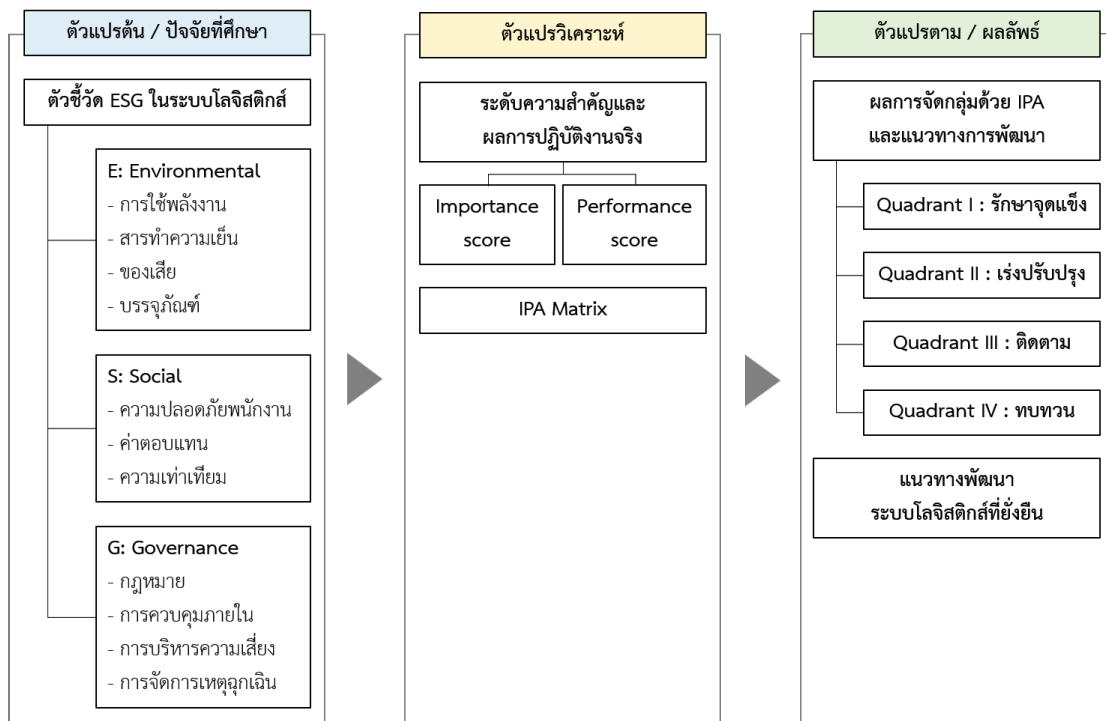
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งประเมินระดับความสำคัญ และผลการดำเนินงานของตัวชี้วัด ด้านความยั่งยืน ในระบบโลจิสติกส์ของบริษัท ผลิตเครื่องปรับอากาศ ตามแนวคิด ESG โดยพัฒนาตัวชี้วัดจากแนวทางของ SET และ WFE และวิเคราะห์ช่องว่างด้วยเทคนิค Importance–Performance Analysis (IPA) เพื่อนำไปสู่การเสนอแนวทางพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืน ขององค์กร

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ประเมินระดับความสำคัญและผล การดำเนินงานของตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบ โลจิสติกส์ตามแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และ ธรรมาภิบาล

2. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาระบบ โลจิสติกส์ที่ยั่งยืนของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ

3. กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนตามแนวคิด ESG

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษา ตัวแปร ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และผลลัพธ์ของการวิจัย โดยกำหนดให้ตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบ โลจิสติกส์ตามแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และ ธรรมาภิบาล เป็นตัวแปรต้นหรือปัจจัยที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 3 มิติ ได้แก่ มิติสิ่งแวดล้อม มิติสังคม และมิติธรรมาภิบาล ตัวชี้วัดดังกล่าว ถูกนำมาใช้ในการประเมินระดับความสำคัญและระดับผลการดำเนินงานของระบบโลจิสติกส์ของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง

ตัวแปรวิเคราะห์ของการวิจัย ได้แก่ ระดับความสำคัญและระดับผลการดำเนินงานของตัวชี้วัดแต่ละรายการ ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA) เพื่อเปรียบเทียบช่องว่างระหว่างความสำคัญที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ต่อแต่ละตัวชี้วัดกับผลการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง

ผลการวิเคราะห์ถูกนำไปจัดวางใน IPA Matrix เพื่อจำแนกตัวชี้วัดออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามระดับความสำคัญและผลการดำเนินงาน

ผลลัพธ์ของการวิจัย คือ การระบุประเด็นด้านโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนที่ควรรักษาไว้และประเด็นที่ควรเร่งปรับปรุง โดยเฉพาะตัวชี้วัดที่อยู่ในกลุ่มที่มีความสำคัญสูงแต่มีผลการดำเนินงานต่ำ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล

4. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดโลจิสติกส์สีเขียว

โลจิสติกส์เป็นกระบวนการวางแผน ดำเนินการ และควบคุมการไหลของสินค้า บริการ และข้อมูลตั้งแต่

ต้นทุนถึงผู้บริโภคปลายทาง เพื่อให้ตอบสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพและต้นทุนเหมาะสม โดยครอบคลุมกิจกรรมสำคัญ เช่น การจัดซื้อคลังสินค้า การขนส่ง บรรจุม้วน และโลจิสติกส์ย้อนกลับ (Ballou, 2004; Lambert & Stock, 2001; Christopher, 2016; Council of Supply Chain Management Professionals, 2020)

โลจิสติกส์สีเขียวเป็นแนวคิดที่บูรณาการมิติสิ่งแวดล้อมเข้ากับกิจกรรมโลจิสติกส์ เพื่อลดการใช้พลังงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของเสีย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดโซ่อุปทาน (Srivastava, 2007; Sarkis, 2003; Rodrigue et al., 2017) งานวิจัยด้าน Green Logistics และ Green Supply Chain Management ส่วนใหญ่มุ่งเน้นประเด็น ด้านพลังงาน การขนส่ง การจัดซื้อสีเขียว การจัดการของเสีย และการลดผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อม ขณะที่งานวิจัยล่าสุดเริ่มขยายไปสู่การเชื่อมโยงกับ ESG Logistics และการดำเนินงานอย่างยั่งยืนในภาคการผลิตมากขึ้น เช่น Jihu (2024) ที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพ Green Supply Chain Management ในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิต และพบว่าปัจจัยด้านการจัดซื้อสีเขียว การผลิตสีเขียว โลจิสติกส์ และการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการยกระดับการจัดการโซ่อุปทานสีเขียว

4.2 แนวคิดความยั่งยืน

ความยั่งยืนมีรากฐานจากรายงาน Our Common Future หรือ Brundtland Report ของ World Commission on Environment and Development (1987) ซึ่งนิยามว่าเป็นการพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนรุ่นปัจจุบัน โดยไม่กระทบต่อศักยภาพของคนรุ่นอนาคต ต่อมาแนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาให้ครอบคลุมมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ตามกรอบ Triple Bottom Line ของ Elkington (1997)

ในบริบทโลจิสติกส์ ความยั่งยืนเกี่ยวข้องกับ

การจัดการโซ่อุปทานอย่างรับผิดชอบ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยของแรงงาน การบริหารผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการบริหารความเสี่ยงของคู่ค้า แนวคิด Sustainable Logistics Performance จึงไม่ได้พิจารณาเพียงต้นทุนหรือประสิทธิภาพการขนส่งเท่านั้น แต่ครอบคลุมผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาลร่วมด้วย งานวิจัยล่าสุด เช่น Srhir et al. (2023) เสนอกรอบแนวคิดการบรรจุเป้าหมายความยั่งยืนในโซ่อุปทาน โดยเน้นการบูรณาการความยั่งยืนเข้ากับกิจกรรมหลัก เช่น การวางแผน การจัดหา การผลิต การส่งมอบ การจัดเก็บ และการคืนกลับ ขณะที่ Weerapong (2024) ชี้ให้เห็นว่าการประเมินความยั่งยืนในโซ่อุปทานควรครอบคลุมหลายมิติ ทั้งสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ เพื่อสะท้อนผลการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ

4.3 แนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และ ธรรมาภิบาล (Environmental, Social, and Governance: ESG) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)

แนวคิด ESG เป็นกรอบการประเมินความยั่งยืนขององค์กรที่ครอบคลุม 3 มิติ ได้แก่ สิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล โดยมีมิติสิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องกับพลังงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทรัพยากร และของเสีย มิติสังคมเกี่ยวข้องกับแรงงาน ความปลอดภัย สิทธิมนุษยชน และการพัฒนาบุคลากร ส่วนมิติธรรมาภิบาลเกี่ยวข้องกับความโปร่งใส การปฏิบัติตามกฎหมาย จริยธรรม และการบริหารความเสี่ยง (Eccles et al., 2014; Friede et al., 2015)

ในบริบทโซ่อุปทาน ESG มีบทบาทต่อการประเมินองค์กรและคู่ค้า โดยเฉพาะการจัดซื้อจัดจ้างอย่างรับผิดชอบ การประเมินความเสี่ยงของซัพพลายเออร์ การเปิดเผยข้อมูล และการกำหนดเกณฑ์ด้านความยั่งยืนในการดำเนินงาน Truant et al. (2024) ระบุว่า ESG ถูกนำมาใช้มากขึ้นในงานด้าน Supply Chain Management เพื่อประเมิน

ความยั่งยืนของโซ่อุปทานอย่างเป็นระบบ ขณะที่ Lou et al. (2024) เสนอว่าการประเมินซัพพลายเออร์ควรปรับไปสู่เกณฑ์ที่สะท้อนข้อกำหนดด้าน ESG มากขึ้น นอกจากนี้ Sadowski (2024) ยังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลยุทธ์ ESG กับการเติบโตของบริษัทในภาคโลจิสติกส์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ESG ไม่ได้เป็นเพียงกรอบด้านความรับผิดชอบต่อสังคมแต่เกี่ยวข้องกับผลการดำเนินงานและความสามารถในการแข่งขันขององค์กรด้วย

ESG ยังเชื่อมโยงกับ SDGs โดยเฉพาะ SDG 7, 8, 9, 12 และ 13 ซึ่งเกี่ยวข้องกับพลังงานสะอาด การจ้างงานที่มีคุณค่า อุตสาหกรรมและนวัตกรรม การผลิตและบริโภคอย่างยั่งยืน และการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UN, 2015; IPCC, 2018; IEA, 2021)

4.4 เครื่องมือในการประเมินผลความยั่งยืนขององค์กร

เทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ที่ใช้ประเมินระดับความสำคัญและผลการดำเนินงานของปัจจัยต่าง ๆ โดยนำค่าเฉลี่ยมาจัดวางในกราฟสองมิติและแบ่งออกเป็น 4 Quadrants ได้แก่ กลุ่มที่ควรรักษาระดับการดำเนินงาน กลุ่มที่ควรเร่งปรับปรุง กลุ่มที่มีความสำคัญต่ำ และกลุ่มที่อาจใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็น (Martilla & James, 1977; Abalo et al., 2007; Lai & To, 2010)

IPA เหมาะกับการประเมินด้านความยั่งยืนเนื่องจากช่วยจัดลำดับความสำคัญของประเด็นที่ควรพัฒนาและแสดงช่องว่างระหว่างความสำคัญกับผลการดำเนินงานได้ชัดเจน งานวิจัยล่าสุดได้นำ IPA และกรอบการประเมินความยั่งยืนไปใช้กับประเด็น ESG และโซ่อุปทาน เช่น Nagy and Veresné Somosi (2022) ใช้ IPA ประเมินความยั่งยืนของมหาวิทยาลัย Meng (2024) เสนอกรอบแนวคิดการประเมินแนวปฏิบัติด้านความยั่งยืนในโซ่อุปทาน และ Khazaei

et al. (2025) ใช้ IPA ร่วมกับเครื่องมือวิเคราะห์อื่นเพื่อศึกษาปัจจัยสนับสนุน ESG ในโซ่อุปทานไฮโดรเจน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ใช้ ESG Assessment Framework ร่วมกับ IPA เพื่อประเมิน Sustainable Logistics Performance ในระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมการผลิตยังมีจำกัด โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศในระดับปฏิบัติการ การวิจัยนี้จึงอ้างอิง ESG Metrics ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (2566) และ Disclosure Guide ของ World federation of exchanges (2018) เพื่อคัดเลือกตัวชี้วัดด้าน โลจิสติกส์ที่สอดคล้องกับมิติ ESG และนำมาประเมินด้วย IPA เพื่อระบุจุดแข็ง ช่องว่าง และประเด็นที่ควรเร่งพัฒนาในระบบโลจิสติกส์ของบริษัทกรณีศึกษา

4.5 บริบทของอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศกับระบบโลจิสติกส์

อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทยและมีโซ่อุปทานที่ซับซ้อน ครอบคลุมการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง และการกระจายสินค้า ซึ่งเกี่ยวข้องกับต้นทุน คุณภาพ และความยั่งยืนของระบบ โดยเฉพาะประเด็นการใช้พลังงาน สารทำความเย็น บรรจุภัณฑ์ ของเสีย และข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมระดับสากล (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2566)

ระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนี้ยังเกี่ยวข้องกับ Reverse Logistics และ Circular Economy เนื่องจากวัสดุบางประเภท เช่น โลหะ พลาสติก ก่อองกระดาษ และวัสดุบรรจุภัณฑ์ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิลได้ ดังนั้น การบูรณาการโลจิสติกส์สีเขียว โลจิสติกส์อย่างยั่งยืนและ ESG จึงมีความสำคัญต่อการควบคุมผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การยกระดับประสิทธิภาพการดำเนินงาน และการรักษาความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความสำคัญและระดับผลการดำเนินงานของตัวชี้วัดด้าน ความยั่งยืนในระบบโลจิสติกส์ตามแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล ของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในองค์กรเดียว โดยมุ่งเน้นฝ่ายการผลิตที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ และใช้เทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA) เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างระดับความสำคัญและผลการดำเนินงานของตัวชี้วัดแต่ละรายการ

ตัวแปรต้นหรือปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบโลจิสติกส์ตามแนวคิด ESG ซึ่งประกอบด้วยมิติสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ระดับความสำคัญและระดับผลการดำเนินงานของตัวชี้วัด ส่วนผลลัพธ์ของการวิจัย ได้แก่ ตำแหน่งของตัวชี้วัดใน IPA Matrix ประเด็นที่ควรรักษาไว้ ประเด็นที่ควรเร่งปรับปรุง และแนวทางการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืน

5.2 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับหัวหน้างานขึ้นไปของฝ่ายการผลิตในบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและกิจกรรม โลจิสติกส์ภายในองค์กร จำนวนทั้งสิ้น 59 คน

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการ วิจัยนี้ กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนเท่ากับจำนวนประชากรทั้งหมด คือ 59 คน เนื่องจากประชากรมีจำนวนไม่มากและผู้วิจัยสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้ครบถ้วน จึงใช้วิธีการสำรวจทั้งประชากร (Census) โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่าง

5.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถาม แบ่งเป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และการประเมินระดับความสำคัญกับระดับผลการดำเนินงานของตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบ โลจิสติกส์ตามแนวคิด ESG โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ทั้งนี้ ตัวชี้วัดได้มาจากการสกัดและวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากตัวชี้วัดของบริษัทที่ศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แนวทาง ESG Metrics ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และแนวทางการเปิดเผยข้อมูลของ World federation of exchanges ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนตามกรอบ ESG ที่ใช้ในการวิจัย

1. ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment: E)	
E1	การควบคุมและลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตภายใต้การผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ
E2	การจัดการสารทำความเย็นและการตรวจสอบการรั่วไหลของสารทำความเย็นอย่างเข้มงวด
E3	การคัดแยกและการจัดการของเสียทั่วไปที่เกิดจากกระบวนการผลิต เพื่อนำไปรีไซเคิลหรือใช้ซ้ำ
E4	การจัดการของเสียอันตรายจากกระบวนการผลิต ให้เป็นไปตามกฎหมายอย่างถูกต้อง
E5	การออกแบบหรือเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ และวัสดุที่ใช้ในการลำเลียงสินค้าหรือวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
E6	การปฏิบัติตามมาตรฐานและข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมขององค์กร เช่น ISO14001
E7	การมีส่วนร่วมในกิจกรรมฝึกอบรม และการสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมที่จัดขึ้นโดยองค์กร
E8	การควบคุมและลดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนตามกรอบ ESG ที่ใช้ในการวิจัย (ต่อ)

1. ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment: E)	
E9	การสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในกระบวนการผลิต
E10	การรายงานและการติดตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. ด้านสังคม (Social: S)	
S1	การจัดให้มีมาตรการและสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัย
S2	การฝึกอบรมด้านความปลอดภัย (Safety Training) และการให้ความรู้แก่พนักงานอย่างสม่ำเสมอ
S3	การปฏิบัติต่อพนักงานอย่างเป็นธรรม และตรวจสอบว่าไม่มีการใช้แรงงานบังคับหรือแรงงานเด็ก
S4	การจัดสรรโอกาสในการฝึกอบรม/พัฒนาทักษะ (Upskill) ที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างเท่าเทียม
S5	การมีช่องทางที่เข้าถึงง่ายและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้พนักงานสามารถแสดงความคิดเห็น ขอร้องเรียน หรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสภาพการทำงานได้อย่างเหมาะสม
S6	การดูแลและส่งเสริมสวัสดิการพนักงาน เพื่อรักษาพนักงานให้อยู่กับองค์กรในระยะยาว และสร้างความผูกพัน
S7	การจ่ายค่าตอบแทนและสวัสดิการที่เป็นไปตามกฎหมายและเป็นธรรมเมื่อเทียบกับบทบาทความรับผิดชอบ
S8	การให้โอกาสในการจ้างงาน และการพัฒนาบุคลากรโดยไม่เลือกปฏิบัติในทุกระดับ
S9	การส่งเสริมและสนับสนุนให้พนักงานมีส่วนร่วม ในกิจกรรมอาสาหรือกิจกรรมเพื่อสังคม/ชุมชน ที่จัดโดยบริษัท
3. ด้านธรรมาภิบาล (Governance: G)	
G1	ความสม่ำเสมอและความชัดเจนในการเปิดเผยข้อมูลผลการดำเนินงานขององค์กร
G2	การปฏิบัติงานตามจรรยาบรรณทางธุรกิจและนโยบายต่อต้านการทุจริตคอร์รัปชันอย่างเคร่งครัด
G3	การปฏิบัติตามกฎหมาย มาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด
G4	ความโปร่งใสและเป็นธรรมในการประเมินและคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier)
G5	การมีระบบการจัดการเหตุฉุกเฉินและภาวะวิกฤตที่มีประสิทธิภาพในพื้นที่ปฏิบัติงาน เช่น ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉิน
G6	การบริหารจัดการความเสี่ยงที่ครอบคลุมด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และการดำเนินงาน
G7	การมีมาตรการป้องกันและฝึกอบรมเกี่ยวกับการคุ้มครองข้อมูลของบริษัทและความปลอดภัยทางไซเบอร์
G8	การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อควบคุม ตรวจสอบ และบันทึกข้อมูลการดำเนินงานอย่างถูกต้องและโปร่งใส
G9	การมีระบบควบคุมภายในเพื่อติดตามและตรวจสอบผลการดำเนินงานของกระบวนการทำงานอย่างสม่ำเสมอ
G10	การตรวจสอบและรับรองผลการดำเนินงานตามมาตรฐาน โดยผู้เชี่ยวชาญหรือองค์กรภายนอก

แบบสอบถามถูกพัฒนาจากการทบทวนวรรณกรรมและกรอบตัวชี้วัดด้าน ESG โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ และคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นนำแบบสอบถามไปตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha ได้ค่าเท่ากับ 0.83 สำหรับแบบสอบถามส่วน Importance และ 0.79 สำหรับแบบสอบถามส่วน Performance แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นเหมาะสมต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยข้อมูลปฐมภูมิได้จากการเก็บแบบสอบถามจากพนักงานระดับหัวหน้างานขึ้นไปของฝ่ายการผลิตในบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง จำนวน 59 คน ซึ่งเป็นประชากรทั้งหมดของการวิจัย ส่วนข้อมูลทุติยภูมิรวบรวมจากเอกสารภายในองค์กร รายงานด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์ และเอกสารมาตรฐานหรือแนวทางด้าน ESG ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประกอบการพัฒนาเครื่องมือวิจัยและการอภิปรายผลการศึกษา

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามด้วยความถี่และร้อยละ และการวิเคราะห์ระดับความสำคัญกับระดับผลการดำเนินงานของตัวชี้วัดด้านความยั่งยืน โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำ

ค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวชี้วัดมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA)

การวิเคราะห์ IPA ใช้ค่าเฉลี่ยรวมของระดับความสำคัญและระดับผลการดำเนินงานเป็นจุดตัดแกน เพื่อจัดวางตัวชี้วัดใน IPA Matrix และจำแนกออกเป็น 4 จตุภาค ได้แก่ Quadrant I กลุ่มที่ควรรักษาระดับการดำเนินงาน Quadrant II กลุ่มที่ควรเร่งปรับปรุง Quadrant III กลุ่มที่มีความสำคัญต่ำ และ Quadrant IV กลุ่มที่อาจใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็น โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และใช้ Microsoft Excel ในการจัดทำแผนภาพ IPA Matrix

6. ผลการวิจัย

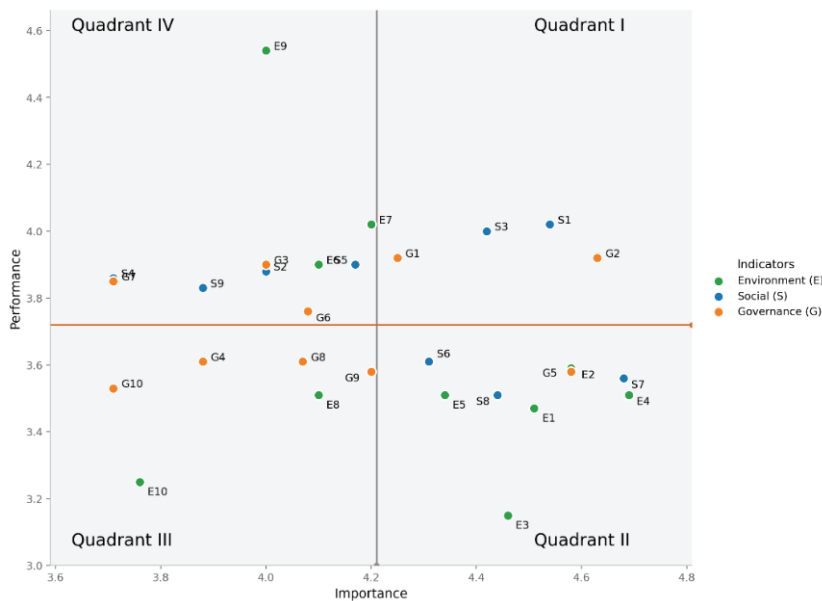
6.1 ผลการประเมินระดับความสำคัญและผลการดำเนินงานของตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบโลจิสติกส์

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA) แสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบ โลจิสติกส์ของบริษัทกรณีศึกษาถูกจัดวางอยู่ในทั้ง 4 Quadrants อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยเลือกนำเสนอรายละเอียดเฉพาะตัวชี้วัดใน Quadrant II ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีระดับความสำคัญสูงแต่มีระดับผลการปฏิบัติงานจริงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยสะท้อนถึงประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงอย่างเร่งด่วน เพื่อยกระดับประสิทธิภาพและความยั่งยืนของระบบโลจิสติกส์ในระยะยาว ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มตัวชี้วัดตามการวิเคราะห์ IPA – Quadrant II

ตัวชี้วัด		Importance (Mean)	Performance (Mean)	Quadrant
ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)				
E1	การควบคุมและลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตภายใต้การผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ (เช่น ไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิต)	4.51	3.47	II
E2	การจัดการสารทำความเย็นและการตรวจสอบการรั่วไหลของสารทำความเย็นอย่างเข้มงวด	4.58	3.59	II
E3	การคัดแยกและการจัดการของเสียทั่วไปที่เกิดจากกระบวนการผลิต เพื่อนำไปรีไซเคิลหรือใช้ซ้ำ (เช่น บรรจุภัณฑ์ กล่องกระดาษ โฟม)	4.46	3.15	II
E4	การจัดการของเสียอันตรายจากกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามกฎหมายอย่างถูกต้อง (เช่น สารเคมี แบตเตอรี่ เศษโลหะ)	4.69	3.51	II
E5	การออกแบบหรือเลือกใช้บรรจุภัณฑ์และวัสดุที่ใช้ในการลำเลียงสินค้าหรือวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้	4.34	3.51	II
ด้านสังคม (Social)				
S6	การดูแลและส่งเสริมสวัสดิการพนักงาน เพื่อรักษาพนักงานให้อยู่กับองค์กรในระยะยาวและสร้างความผูกพัน (Employee Retention)	4.31	3.61	II
S7	การจ่ายค่าตอบแทนและสวัสดิการที่เป็นไปตามกฎหมายและเป็นธรรมเมื่อเทียบกับบทบาทความรับผิดชอบในระดับงานเดียวกัน	4.68	3.56	II
S8	การให้โอกาสในการจ้างงาน และการพัฒนาบุคลากรโดยไม่เลือกปฏิบัติในทุกมิติ (เช่น เพศ อายุ ศาสนา)	4.44	3.51	II
ด้านธรรมาภิบาล (Governance)				
G5	การมีระบบการจัดการเหตุฉุกเฉินและภาวะวิกฤตที่มีประสิทธิภาพในพื้นที่ปฏิบัติงาน (เช่น ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉิน แผนรองรับกรณีไฟไหม้หรือการฟឹกซ้อมอพยพหนีไฟ)	4.58	3.58	II

ผลการวิเคราะห์นำเสนอในรูปแบบตารางและแผนภาพ IPA Matrix เพื่อแสดงตำแหน่งของตัวชี้วัดแต่ละรายการ



ภาพที่ 2 แผนภาพ IPA Matrix

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของระดับความสำคัญและระดับผลการดำเนินงานมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Importance–Performance Analysis (IPA) พบว่าตัวชี้วัดด้านความยั่งยืนในระบบโลจิสติกส์ถูกจัดอยู่ในทั้ง 4 จตุภาคของ IPA Matrix ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2 ได้แก่ Quadrant I กลุ่มที่ควรรักษาระดับการดำเนินงาน Quadrant II กลุ่มที่ควรเร่งปรับปรุง Quadrant III กลุ่มที่มีความสำคัญต่ำ และ Quadrant IV กลุ่มที่อาจใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็น

ผลการวิเคราะห์พบว่าตัวชี้วัดใน Quadrant II มีจำนวน 9 ตัวชี้วัด ครอบคลุมทั้ง 3 มิติของ ESG ได้แก่ มิติสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงาน สารทำความเย็น การจัดการของเสีย และบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มิติสังคมด้านการรักษาพนักงาน ความเป็นธรรมด้านสวัสดิการและค่าตอบแทน และความเท่าเทียมในการจ้างงาน และมิติธรรมาภิบาลด้านการบริหารจัดการเหตุฉุกเฉินในพื้นที่ปฏิบัติงาน แสดงให้เห็นว่าประเด็นที่ควรเร่งพัฒนาครอบคลุมทั้งด้านสิ่งแวดล้อม บุคลากร และการบริหารความเสี่ยง

ในระดับปฏิบัติการ

ขณะเดียวกัน ตัวชี้วัดบางรายการอยู่ใน Quadrant I เช่น ความปลอดภัยในการทำงาน การปฏิบัติตามกฎหมาย ความโปร่งใสในการดำเนินงาน และการควบคุมกระบวนการทำงานภายใน ซึ่งสะท้อนจุดแข็งขององค์กรที่ควรรักษาไว้ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนควรให้ความสำคัญกับการลดช่องว่างของตัวชี้วัดใน Quadrant II เป็นลำดับแรก

6.2 แนวทางการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศ

จากผลการวิเคราะห์ IPA ตัวชี้วัดใน Quadrant II เป็นประเด็นที่มีความสำคัญสูงแต่ผลการดำเนินงานต่ำ จึงควรได้รับการพัฒนาเป็นลำดับแรก โดยสามารถกำหนดแนวทางพัฒนาใน 3 มิติ ดังนี้

1. ด้านสิ่งแวดล้อม องค์กรควรจัดทำระบบติดตามการใช้พลังงานในกิจกรรมโลจิสติกส์และการผลิต พร้อมกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงาน เช่น การปิดอุปกรณ์เมื่อไม่ใช้งานและการบำรุงรักษา

อุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงจัดทำระบบตรวจสอบและควบคุมการรั่วไหลของสารทำความเย็น พร้อมอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ควรแยกประเภทของเสียทั่วไปและของเสียอันตรายให้ชัดเจน ติดตามปริมาณของเสียและการรีไซเคิล และส่งเสริมการใช้บรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ซ้ำหรือรีไซเคิลได้

2. ด้านสังคม องค์กรควรติดตามอัตราการลาออก วิเคราะห์สาเหตุ และกำหนดมาตรการรักษาพนักงาน เช่น การพัฒนาความก้าวหน้าในสายงานและการสร้างแรงจูงใจในการทำงาน รวมถึงทบทวนความเหมาะสมของสวัสดิการและค่าตอบแทนให้สอดคล้อง

กับลักษณะงาน เปิดช่องทางรับฟังความคิดเห็นของพนักงาน และส่งเสริมความเท่าเทียมในการจ้างงาน การฝึกอบรม และการเลื่อนตำแหน่ง

3. ด้านธรรมาภิบาล องค์กรควรจัดทำแผนรับมือเหตุฉุกเฉินที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและโลจิสติกส์ เช่น ไฟไหม้ สารเคมีรั่วไหล หรืออุบัติเหตุในการขนย้ายสินค้า โดยกำหนดขั้นตอนและผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน พร้อมทั้งฝึกซ้อมแผนและประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มความพร้อมในการดำเนินงาน

ตารางที่ 3 แนวทางการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนจากผลการวิเคราะห์ IPA

มิติ	ตัวชี้วัดที่ควรปรับปรุง	แนวทางพัฒนาเชิงรูปธรรม	ตัวอย่างตัวชี้วัดติดตามผล
สิ่งแวดล้อม	พลังงาน	บันทึกการใช้ไฟฟ้ารายเดือน แยกตามพื้นที่/กิจกรรม และกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงาน	ปริมาณไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิต, อัตราการลดใช้พลังงาน
	สารทำความเย็น	จัดทำทะเบียนสารทำความเย็น ตรวจสอบการรั่วไหล และอบรมผู้เกี่ยวข้อง	จำนวนครั้งการรั่วไหล, ปริมาณสารทำความเย็นสูญเสีย
	ของเสีย	กำหนดจุดคัดแยก บันทึกปริมาณของเสีย และติดตามการรีไซเคิล	ปริมาณของเสียรวม, อัตราการรีไซเคิล
	บรรจุภัณฑ์	เพิ่มการใช้วัสดุรีไซเคิลหรือบรรจุภัณฑ์หมุนเวียน	สัดส่วนบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ซ้ำ
สังคม	การรักษาพนักงาน	วิเคราะห์สาเหตุการลาออก จัดทำเส้นทางความก้าวหน้า และระบบยกย่องพนักงาน	อัตราการลาออก, คะแนนความผูกพัน
	สวัสดิการและค่าตอบแทน	สำรวจความพึงพอใจและทบทวนความเหมาะสมของสวัสดิการตามภาระงาน	คะแนนความพึงพอใจ, จำนวนข้อร้องเรียน
	ความเท่าเทียม	ติดตามข้อมูลการอบรม การเลื่อนตำแหน่ง และโอกาสเข้าถึงงานอย่างเท่าเทียม	สัดส่วนพนักงานที่ได้รับโอกาสอบรม/เลื่อนตำแหน่ง

ตารางที่ 3 แนวทางการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนจากผลการวิเคราะห์ IPA (ต่อ)

มิติ	ตัวชี้วัดที่ควรเร่งปรับปรุง	แนวทางพัฒนาเชิงรูปธรรม	ตัวอย่างตัวชี้วัดติดตามผล
ธรรมาภิบาล	เหตุฉุกเฉิน	จัดทำแผนฉุกเฉิน ซ่อมแผน และประเมินผลหลังซ่อม	จำนวนครั้งการซ่อมแผน, ระยะเวลาตอบสนองเหตุฉุกเฉิน

โดยสรุป องค์กรควรมุ่งพัฒนาตัวชี้วัดใน Quadrant II ผ่านการกำหนดระบบติดตามผล ตัวชี้วัดที่ชัดเจน และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบโลจิสติกส์อย่างยั่งยืน

7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อบัจจัยด้านความยั่งยืนในระบบโลจิสติกส์ตามแนวคิดสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาลในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญรวมเท่ากับ 4.21 ขณะที่ค่าเฉลี่ยระดับผลการดำเนินงานรวมเท่ากับ 3.72 สะท้อนให้เห็นว่าองค์กรตระหนักถึงความสำคัญของความยั่งยืน แต่ผลการดำเนินงานในบางประเด็นยังต่ำกว่าระดับความสำคัญที่รับรู้ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิด ESG ที่มองความยั่งยืนอย่างครอบคลุมทั้งมิติสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล (Eccles et al., 2014; Friede et al., 2015) และสอดคล้องกับ Truant et al. (2024) ที่ระบุว่า ESG ถูกนำมาใช้เป็นกรอบสำคัญในการประเมินความยั่งยืนของโซ่อุปทานอย่างเป็นระบบ

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA) พบว่าตัวชี้วัดถูกจัดอยู่ในทั้ง 4 จตุภาค โดย Quadrant I เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญสูงและผลการดำเนินงานสูง ได้แก่ ประเด็นด้านความปลอดภัยในการทำงาน การปฏิบัติตามกฎหมาย ความโปร่งใส และการควบคุมกระบวนการทำงานภายใน ซึ่งสะท้อนจุดแข็งขององค์กรที่ควรรักษาไว้ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดด้าน ESG ในมิติสังคม และธรรมาภิบาลที่ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยของแรงงาน ความโปร่งใส และการปฏิบัติตาม

ข้อกำหนดขององค์กร

สำหรับ Quadrant II ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญสูงแต่ผลการดำเนินงานต่ำ พบว่ามีจำนวน 9 ตัวชี้วัด ครอบคลุมมิติสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การใช้พลังงาน สารทำความเย็น ของเสีย และบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มิติสังคม ได้แก่ การรักษาพนักงาน ความเป็นธรรมด้านสวัสดิการและค่าตอบแทน และความเท่าเทียมในการจ้างงาน และมิติดธรรมาภิบาล ได้แก่ การบริหารจัดการเหตุฉุกเฉินในพื้นที่ปฏิบัติงาน ผลนี้สอดคล้องกับแนวคิดโลจิสติกส์สีเขียวที่มุ่งลดผลกระทบจากพลังงาน ของเสีย และการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมตลอดโซ่อุปทาน (Srivastava, 2007; Sarkis, 2003; Rodrigue et al., 2017) อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้แตกต่างจากงานวิจัยด้าน Green Logistics แบบดั้งเดิมที่มักเน้นมิติสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก เนื่องจากผลการศึกษาพบว่า ช่องว่างสำคัญไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม แต่ยังครอบคลุมประเด็นด้านทุนมนุษย์และการบริหารความเสี่ยงเชิงปฏิบัติการด้วย

เมื่อเปรียบเทียบกับ Lou et al. (2024) ซึ่งเสนอว่าการประเมินซัพพลายเออร์ควรสะท้อนข้อกำหนดด้าน ESG มากขึ้น ผลการวิจัยนี้มี ความสอดคล้องในประเด็นที่ว่า ESG ไม่ได้เป็นเพียงแนวทางประเมินภาพรวมขององค์กร แต่สามารถนำมาใช้ระบุช่องว่างของการดำเนินงานในระดับปฏิบัติการได้ด้วย

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

โดยเฉพาะประเด็น ที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้อ การควบคุมทรัพยากร การจัดการของเสีย และการบริหารความเสี่ยง ในพื้นที่ทำงาน ทั้งนี้ ข้อค้นพบใหม่ของการวิจัยนี้ คือ การประยุกต์ใช้ตัวชี้วัด ESG ร่วมกับ IPA ในบริบทระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ ซึ่งยังมีงานวิจัยเฉพาะด้านค่อนข้างจำกัด

นอกจากนี้ ผลการใช้ IPA ในการจัดลำดับความสำคัญของตัวชี้วัดสอดคล้องกับ Martilla and James (1977); Abalo et al. (2007); Lai and To (2010) ที่เสนอว่า IPA สามารถช่วยระบุประเด็นที่ควรรักษา ระดับการดำเนินงานและประเด็นที่ควรเร่งปรับปรุง ได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Khazaei et al. (2025) ที่นำ IPA ไปใช้ร่วมกับประเด็น ESG เพื่อสนับสนุนการจัดลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้แตกต่างจาก Khazaei et al. (2025) ในด้านบริบทการศึกษา เนื่องจากมุ่งวิเคราะห์ระบบ โลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศระดับปฏิบัติการ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะด้านพลังงาน สารทำความเย็น บรรจุภัณฑ์ ของเสีย และข้อกำหนดด้านการผลิต

ส่วน Quadrant III เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่ำ และผลการดำเนินงานต่ำ จึงยังไม่จำเป็นต้องจัดสรรทรัพยากรเร่งด่วน แต่ควรติดตามอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากบางประเด็นอาจมีความสำคัญเพิ่มขึ้นตามข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม ความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย หรือนโยบายด้านความยั่งยืนขององค์กร ขณะที่ Quadrant IV เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่ำ แต่ผลการดำเนินงานสูง องค์กรควรทบทวนการใช้ทรัพยากรในประเด็นดังกล่าว และพิจารณาปรับทรัพยากรบางส่วนไปสนับสนุนประเด็นใน Quadrant II ที่มีความจำเป็นมากกว่า

โดยสรุป องค์กรมีจุดแข็งในบางประเด็นด้านสังคมและธรรมาภิบาล แต่ยังมีช่องว่างสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม การบริหารทุนมนุษย์ และการบริหาร

ความเสี่ยงเชิงปฏิบัติการ โดยเฉพาะตัวชี้วัดใน Quadrant II ผลการวิจัยนี้จึงยืนยันว่า การประเมินความยั่งยืนของระบบโลจิสติกส์ ควรพิจารณาครอบคลุมทั้ง 3 มิติของ ESG และควรใช้เครื่องมือเชิงวิเคราะห์ เช่น IPA เพื่อช่วยจัดลำดับความสำคัญของประเด็นที่ควรพัฒนาอย่างเป็นระบบ

8. ข้อเสนอแนะการวิจัย

8.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Importance-Performance Analysis (IPA) องค์กรสามารถนำผลการจัดกลุ่มตัวชี้วัดทั้ง 4 Quadrants ไปใช้จัดลำดับความสำคัญในการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนได้ ดังนี้

ตัวชี้วัดใน Quadrant I ซึ่งมีความสำคัญสูง และผลการดำเนินงานสูง ถือเป็นจุดแข็งที่องค์กรควรรักษาไว้ โดยควรกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน ติดตามผลอย่างต่อเนื่อง และใช้เป็นแนวทางขยายผลไปยังกิจกรรมโลจิสติกส์อื่น

ตัวชี้วัดใน Quadrant II ซึ่งมีความสำคัญสูง แต่ผลการดำเนินงานต่ำ ควรได้รับการพัฒนาเป็นลำดับแรก โดยเฉพาะประเด็นด้านพลังงาน สารทำความเย็น ของเสีย บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การรักษาพนักงาน ความเป็นธรรมด้านสวัสดิการและค่าตอบแทน ความเท่าเทียมในการจ้างงาน และการบริหารเหตุฉุกเฉิน ทั้งนี้ควรกำหนดผู้รับผิดชอบ ตัวชี้วัดติดตามผล และระยะเวลาดำเนินงานให้ชัดเจน

ตัวชี้วัดใน Quadrant III ซึ่งมีความสำคัญต่ำ และผลการดำเนินงานต่ำ องค์กรอาจยังไม่จำเป็นต้องจัดสรรทรัพยากรเร่งด่วน แต่ควรติดตามเป็นระยะ เนื่องจากบางประเด็นอาจมีความสำคัญเพิ่มขึ้นตามข้อกำหนด มาตรฐานสากล ความคาดหวังของลูกค้า หรือนโยบาย ESG ขององค์กร

ตัวชี้วัดใน Quadrant IV ซึ่งมีความสำคัญต่ำแต่ผลการดำเนินงานสูง ควรได้รับการทบทวนความเหมาะสมของการใช้ทรัพยากร และพิจารณาว่าสามารถปรับทรัพยากรบางส่วนไปสนับสนุนประเด็นใน Quadrant II ได้หรือไม่ โดยคำนึงถึงความจำเป็น ความเสี่ยง และผลกระทบต่อระบบ โลจิสติกส์โดยรวม

โดยสรุป องค์กรควรใช้ผลการวิเคราะห์ IPA เพื่อรักษาจุดแข็งใน Quadrant I เร่งปรับปรุงประเด็นใน Quadrant II ติดตามประเด็นใน Quadrant III และทบทวนทรัพยากรใน Quadrant IV เพื่อให้การพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาลเป็นไปอย่างสมดุลและนำไปใช้ได้จริง

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งถัดไป

การวิจัยครั้งต่อไปควรขยายขอบเขตไปยังหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์ เช่น ฝ่ายจัดซื้อ คลังสินค้า การขนส่ง การกระจายสินค้า

หรือหน่วยงานสนับสนุน เพื่อให้เห็นภาพรวมตลอดห่วงโซ่อุปทานมากขึ้น

นอกจากนี้ ควรศึกษาเปรียบเทียบระหว่างหลายองค์กรหรือหลายอุตสาหกรรม เพื่อเปรียบเทียบระดับความสำคัญและผลการดำเนินงานด้าน ESG ในบริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงอาจใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน โดยเก็บข้อมูลเชิงปริมาณร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการสนทนากลุ่ม เพื่ออธิบายสาเหตุของช่องว่างระหว่างความสำคัญและผลการดำเนินงานได้ชัดเจนขึ้น

การวิจัยในอนาคตอาจเพิ่มเติมตัวชี้วัด ESG ที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากลหรือข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละอุตสาหกรรม และอาจใช้เครื่องมือวิเคราะห์อื่นร่วมกับ IPA เช่น การวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัย หรือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อเพิ่มความลึกของผลการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2566). *คู่มือการรายงานความยั่งยืนสำหรับบริษัทจดทะเบียน และเอกสารแนะนำตัวชี้วัดด้านความยั่งยืน (ESG Metrics)*. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. ค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2569, จาก: <https://setsustainability.com/libraries/1123/item/-esg-metrics>
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2566). *สถานการณ์การค้าสินค้าเครื่องปรับอากาศและส่วนประกอบของไทย ปี 2566*. กระทรวงพาณิชย์. ค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2569, จาก: https://uploads.tps.go.th/editor/pdf/1769067697_2c71374d65fd70119f4e.pdf
- Abalo, J., Varela, J., & Manzano, V. (2007). Importance values for importance-performance analysis: A formula for spreading out values derived from preference rankings. *Journal of Business Research*, 60(2), 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2006.10.009>
- Ballou, R. H. (2004). *Business logistics/supply chain management* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (2020). *CSCMP supply chain management definitions and glossary*. https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx

- Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014). The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. *Management Science*, 60(11), 2835–2857. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2014.1984>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.
- Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210–233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global warming of 1.5°C: An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- International Energy Agency. (2021). *Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector*. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- International Energy Agency. (2023). *Space cooling*. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling>
- International Energy Agency. (2025, July 28). *Staying cool without overheating the energy system*. <https://www.iea.org/commentaries/staying-cool-without-overheating-the-energy-system>
- Jihu, L. (2024). *Green supply chain management optimization based on chemical industrial clusters*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2406.00478>
- Khazaei, M., Gholian-Jouybari, F., Ramezani, M., & Hajiaghahi-Keshteli, M. (2025). Environmental, social, and governance enablers of the hydrogen supply chain: Application of community operational research using STRIDES framework. *Journal of Environmental Management*, 389, 126092. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126092>
- Lai, L. S. L., & To, W. M. (2010). Importance-performance analysis for public management decision making: An empirical study of China's Macao special administrative region. *Management Decision*, 48(2), 277–295. <https://doi.org/10.1108/00251741011022626>
- Lambert, D. M., & Stock, J. R. (2001). *Strategic logistics management* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Lou, S., You, X., & Xu, T. (2024). Sustainable supplier evaluation: From current criteria to reconstruction based on ESG requirements. *Sustainability*, 16(2), 757. <https://doi.org/10.3390/su16020757>
- Martilla, J. A., & James, J. C. (1977). Importance-performance analysis. *Journal of Marketing*, 41(1), 77–79. <https://doi.org/10.1177/002224297704100112>

- Meng, C. T. (2024). Evaluating sustainable practices in supply chains: A conceptual framework for ESG performance assessment. *Supply Chain and Sustainability Research*, 2(1), 50–62. <https://doi.org/10.14456/scsr.2024.4>
- Nagy, S., & Veresné Somosi, M. (2022). *Students' perceptions of sustainable universities in Hungary: An importance-performance analysis*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2301.01278>
- Rodrigue, J.-P., Slack, B., & Comtois, C. (2017). Green logistics. In A. M. Brewer, K. J. Button, & D. A. Hensher (Eds.), *Handbook of logistics and supply-chain management* (pp. 339–350). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/9780080435930-021>
- Sadowski, A., Gniadkowska-Szymanska, A., Sokolovskij, E., & Jedrzejczak, R. (2024). The impact of ESG strategies on growth in the logistics industry. *Transport*, 39(2), 174–182. <https://doi.org/10.3846/transport.2024.22545>
- Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 397–409. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00062-8)
- Srhir, S., Jaegler, A., & Montoya-Torres, J. R. (2023). Introducing a framework toward sustainability goals in a supply chain 4.0 ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, 418, 138111. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138111>
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x>
- Truant, E., Borlatto, E., Crocco, E., & Sahore, N. (2024). Environmental, social and governance issues in supply chains: A systematic review for strategic performance. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140024. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140024>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- United Nations Environment Programme. (2023). *Global cooling watch 2023: Keeping it chill: How to meet cooling demands while cutting emissions*. <https://www.unep.org/resources/global-cooling-watch-2023>
- Weerapong, P., & Singhdong, P. (2024). Assessment of sustainability in supply chain management: Literature study. *Social Science Innovation and Applied Management*, 1(1), 639. <https://doi.org/10.60101/siam.2024.639>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- World Federation of Exchanges. (2018). *WFE ESG guidance and metrics*. <https://www.world-exchanges.org/our-work/articles/wfe-esg-revised-metrics-june-2018>

วิธีอ้างอิงบทความนี้: กุลสินี โชติจิตตกุล¹, ปิยะวัฒน์ ชนินทร์ตระกูล และอารีกรมล ต.ไชยสุวรรณ. (2569). การเพิ่มประสิทธิภาพการรวมกลุ่มลูกค้าเพื่อการขนส่งสินค้า: กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสแห่งหนึ่ง. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 12(2), 178-194. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v12i2.301529>

Received:	May	01, 2026
Revised:	June	21, 2026
Accepted:	June	29, 2026

การเพิ่มประสิทธิภาพการรวมกลุ่มลูกค้าเพื่อการขนส่งสินค้า: กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสแห่งหนึ่ง

กุลสินี โชติจิตตกุล¹, ปิยะวัฒน์ ชนินทร์ตระกูล^{2*} และ อารีกรมล ต.ไชยสุวรรณ³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรวมกลุ่มลูกค้าและการวางแผนเส้นทางขนส่งสินค้าภายในแผนกบริการลูกค้าและโลจิสติกส์ของบริษัทผู้ผลิตเครื่องเทศและเครื่องปรุงรส ซึ่งปัจจุบันใช้บริการขนส่งจากบริษัทภายนอกในรูปแบบ 1 คันรถต่อลูกค้า 1 ราย ส่งผลให้ระยะทางและต้นทุนขนส่งสูงเกินความจำเป็น การศึกษาใช้ข้อมูลการจัดส่งสินค้าในประเทศของลูกค้า 13 ราย ช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม 2567 โดยวิเคราะห์สาเหตุปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) จากนั้นนำเทคนิค การแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเค (K-Means Clustering) มารวมกลุ่มลูกค้าตามพื้นที่ใกล้เคียงกัน และใช้วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ของ Clarke and Wright วางแผนเส้นทางขนส่งที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่ม ผลการศึกษพบว่าสามารถจัดกลุ่มลูกค้าได้เป็น 3 กลุ่ม (Cluster) และลดเส้นทางขนส่งจาก 13 เส้นทาง เหลือ 4 เส้นทาง ระยะทางรวมลดลงจาก 1,696.90 กิโลเมตร เหลือ 662.60 กิโลเมตร คิดเป็นการลดลงร้อยละ 60.96 และค่าใช้จ่ายในการขนส่งลดลงจาก 55,730.71 บาท เหลือ 19,550.89 บาท คิดเป็นการลดลงร้อยละ 64.92 แสดงให้เห็นว่าการผสมผสาน การแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเค (K-Means Clustering) กับ วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการลดต้นทุนโลจิสติกส์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบริษัทในอุตสาหกรรมอาหารและโลจิสติกส์ได้อย่างกว้างขวาง

คำสำคัญ: การรวมกลุ่มลูกค้า, การแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเค, เซฟวิงอัลกอริทึม, การจัดเส้นทางยานพาหนะ, ต้นทุนโลจิสติกส์

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

1 นิสิตหลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: kulsinee46@gmail.com

²⁻³ อาจารย์สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, อีเมล: piyawatc@buu.ac.th, areekamol.ch@buu.ac.th

Optimization of Customer Clustering for Goods Transportation: A Case Study of a Spice and Condiment Manufacturer

Kulsinee Chotjatuphat¹, Piyawat Chanintrakul^{2*}, Areekamol Tor.Chaisuwan³

Abstract

This research aims to optimize customer clustering and route planning in the Customer Service and Logistics Department of a case-study spice and condiment manufacturer. The company currently outsources transportation services using a one-vehicle-per-customer delivery model, resulting in unnecessarily high transportation distances and costs. The study utilized domestic delivery data from 13 customers during January–March 2024. A Fishbone Diagram was used to analyze root causes, followed by K-Means Clustering to group geographically proximate customers, and the Clarke–Wright Saving Algorithm to determine optimal routes within each cluster. The results showed that customers could be grouped into 3 clusters, reducing delivery routes from 13 to 4. Total transportation distance decreased from 1,696.9 km to 662.60 km (a 60.96% reduction), and transportation costs decreased from THB 55,730.71 to THB 19,550.89 (a 64.92% reduction). These findings demonstrate that the combination of K-Means Clustering and the Saving Algorithm is an effective approach for reducing logistics costs and can be widely applied in food and logistics industries.

Keywords: Customer clustering, K-Means clustering, Saving Algorithm,
Vehicle Routing Problem, Logistics cost

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹ Student, Logistics and Supply Chain Management Program, Faculty of Logistics, Burapha University,
E-mail: kulsinee46@gmail.com

^{2,3} Lecturer, Logistics and Supply Chain Management Program, Faculty of Logistics, Burapha University,
E-mail: piyawatc@buu.ac.th, areekamol.ch@buu.ac.th

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง สะท้อนจากมูลค่าการส่งออกอาหารไทยที่เพิ่มสูงขึ้น และความต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศที่มีความหลากหลายยิ่งขึ้น (NESDC, 2020; Banomyong et al., 2021) ภายใต้บริบทดังกล่าว การบริหารจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถในการแข่งขัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนการขนส่งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของต้นทุนโลจิสติกส์ของไทยที่คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 13.8 ของ GDP ในปี 2564 สูงกว่าค่าเฉลี่ยโลกที่ร้อยละ 10.8 (Charoenwong et al., 2024)

บริษัทธนศึกษาเป็นผู้นำในการผลิตและจัดจำหน่ายเครื่องเทศ สมุนไพร และเครื่องปรุงรสทั้งในและต่างประเทศ ปัจจุบันบริษัทว่าจ้างผู้ให้บริการขนส่งภายนอก (Outsource) และดำเนินการจัดส่งสินค้าในรูปแบบ 1 คันรถต่อลูกค้า 1 ราย ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างไม่คุ้มค่า ระยะทางการขนส่งยาวเกินความจำเป็น และต้นทุนขนส่งสูงเกินกว่าค่าบริการที่เรียกเก็บจากลูกค้าในบางกรณี ปัญหาเหล่านี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Optimization) มาประยุกต์ใช้

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นหนึ่งในความท้าทายสำคัญด้านการจัดการโลจิสติกส์ ซึ่งได้รับการศึกษามาอย่างยาวนานนับตั้งแต่งานวิจัยของ Dantzig and Ramser (1959) จนถึงปัจจุบัน แนวทางที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายคือการใช้เทคนิค Cluster-First, Route-Second ซึ่งนำอัลกอริทึม K-Means Clustering มาจัดกลุ่มของลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันก่อน แล้วจึงนำ Saving Algorithm

ของ Clarke and Wright (1964) มาวางแผนเส้นทางในแต่ละกลุ่ม (Le et al., 2022; Singanamala et al., 2018)

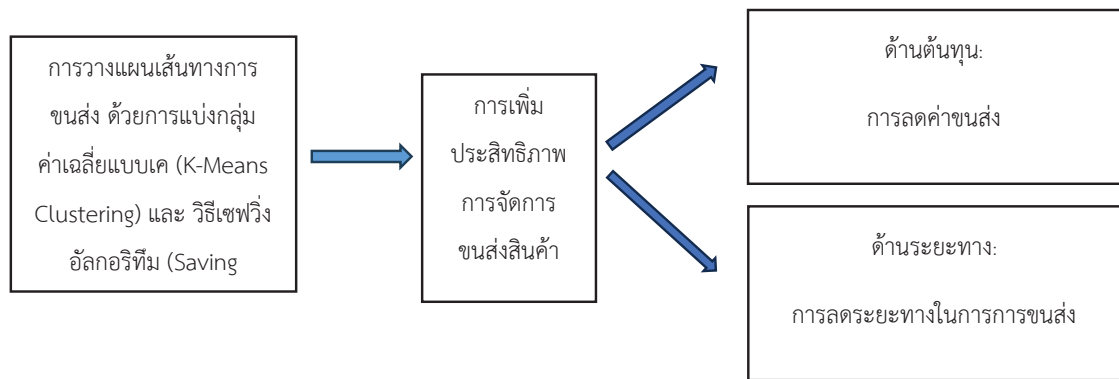
งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาและพัฒนาแนวทางการรวมกลุ่มลูกค้าและการวางแผนเส้นทางขนส่งสำหรับบริษัทธนศึกษา โดยประยุกต์ใช้ K-Means Clustering ร่วมกับ Saving Algorithm เพื่อลดต้นทุนและระยะทางการขนส่ง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการดำเนินงาน และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของบริษัทในระยะยาว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานภายในแผนกบริการลูกค้าและโลจิสติกส์
2. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุในขั้นตอนการขนส่งสินค้าของบริษัทธนศึกษา
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งสินค้าด้านต้นทุนและระยะทาง โดยการวางแผนเส้นทางขนส่งด้วยการแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเคและวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดของงานวิจัยครั้งนี้ คือการประยุกต์ใช้การรวมกลุ่มลูกค้าตามพิภพภูมิศาสตร์ (ละติจูด-ลองจิจูด) ด้วยการแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเค (K-Means Clustering) และวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ของ Clarke and Wright (1964) ในการวางแผนเส้นทางขนส่งสินค้าซึ่งจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าได้ โดยงานวิจัยครั้งนี้พิจารณาตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านต้นทุนและด้านระยะทาง ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัยครั้งนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย
ที่มา: ผู้วิจัย

4. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

4.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP)

การจัดเส้นทางยานพาหนะ (VRP) มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนชุดเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำที่สุดสำหรับยานพาหนะหลายคันในการให้บริการลูกค้าที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ (Dantzig & Ramser, 1959) มีรูปแบบพื้นฐาน คือ การจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีข้อจำกัด (Capacitated VRP: CVRP) ซึ่งกำหนดข้อจำกัดความจุยานพาหนะ VRP เป็นปัญหาที่สามารถตรวจสอบคำตอบได้ในเวลาพอลิโนเมียลแบบยาก (Nondeterministic Polynomial Time-Hard :NP-Hard) จึงนิยมใช้อัลกอริทึมเชิงฮิวริสติกส์ในการแก้ปัญหาสำหรับกรณีขนาดใหญ่ (Fikejz, 2024)

4.2 การแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเค (K-Means Clustering)

การแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเค (K-Means Clustering) เป็นอัลกอริทึมการจัดกลุ่มข้อมูลแบบการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) (MacQueen, 1967) โดยแบ่งข้อมูลเป็น n จุดและ k กลุ่มตามระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean) ถึงศูนย์กลาง (Centroid) (Lloyd, 1982) ในบริบทการจัดเส้นทางยานพาหนะ K-Means ถูกใช้ในขั้นตอนแรก

ของการจัดกลุ่มจุดรับสินค้าก่อนแล้วจึงจัดเส้นทางเดินรถ (Cluster-First, Route-Second) เพื่อแบ่งลูกค้าออกเป็นกลุ่มตามพิกัดภูมิศาสตร์ก่อน แล้วจึงวางแผนเส้นทางภายในแต่ละกลุ่ม จะช่วยลดความซับซ้อนของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ตามหลักการแบ่งปัญหาขนาดใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยขนาดเล็กที่แก้ได้ง่ายกว่า (Le et al., 2022) งานวิจัยของ Singanamala et al. (2018) ยืนยันว่า การใช้ K-Means ร่วมกับ Clarke-Wright Algorithm ให้ผลลัพธ์ที่ดีในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบจุดกระจายสินค้าหลายจุด (Multi-depot VRP) นอกจากนี้ Cunha et al. (2022) ยังพบว่า การประยุกต์ใช้การจัดกลุ่ม (Clustering) ช่วยลดเวลาในการคำนวณได้อย่างมีนัยสำคัญสำหรับปัญหา CVRP ขนาดใหญ่

4.3 เซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm)

เซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm) เป็นอัลกอริทึมฮิวริสติกส์ที่ได้รับอ้างอิงในการจัดการ VRP (Clarke & Wright, 1964; Rand, 2009) หลักการของอัลกอริทึมคือ การคำนวณค่าประหยัด (Saving Value: S_{ij}) จากการรวมสองเส้นทางซึ่งแต่ละเส้นทางให้บริการลูกค้าเพียงรายเดียวเป็นเส้นทางเดียวกัน ดังสมการ

$$S_{ij} = d(0,i) + d(0,j) - d(i,j)$$

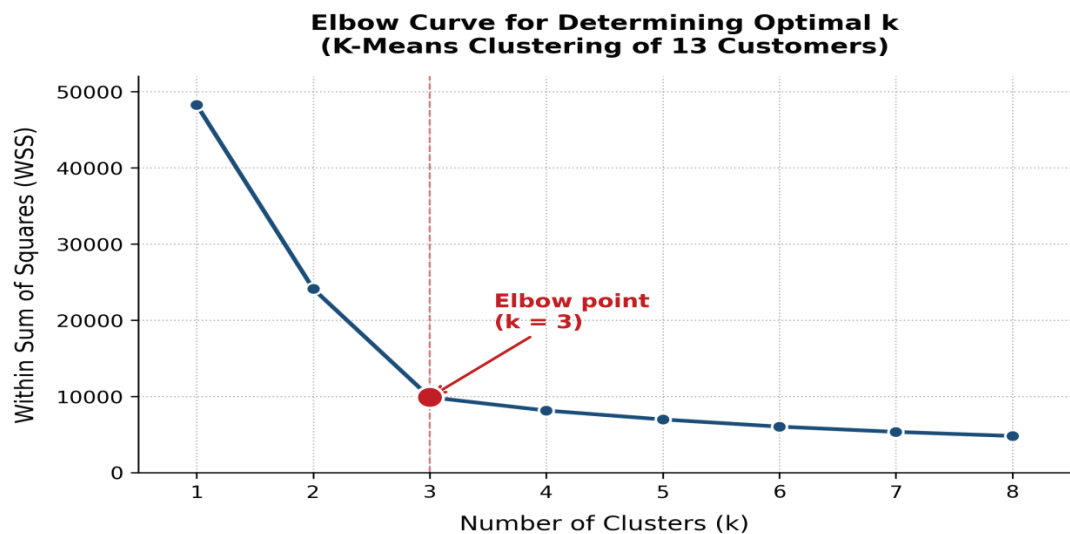
เมื่อ $d(0,i)$ คือระยะทางจากคลังสินค้าถึงลูกค้า i , $d(0,j)$ คือระยะทางจากคลังสินค้าถึงลูกค้า j และ $d(i,j)$ คือระยะทางระหว่างลูกค้า i กับ j

อัลกอริทึมจะเรียงลำดับค่า Saving จากมากไปน้อย และรวมคู่ลูกค้าที่ให้ค่า Saving สูงสุดเข้าในเส้นทางเดียวกัน ภายใต้เงื่อนไขความจุของยานพาหนะ จนกว่าจะไม่สามารถรวมได้อีก (Fikejz, 2024) ข้อดีสำคัญของ Saving Algorithm คือความเรียบง่าย ใช้เวลาคำนวณน้อยและให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดได้ในกรณีปัญหาขนาดเล็กถึงกลาง

งานวิจัยที่ผ่านมาได้นำเทคนิค K-Means Clustering มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับห่วงโซ่อุปทานอาหารและโลจิสติกส์อย่างแพร่หลาย Comert et al. (2018) ศึกษากรณีของเครือข่ายเปอร์มาร์เก็ต โดยเปรียบเทียบการจัดกลุ่มลูกค้าด้วย K-Means, K-Medoids และการจัดกลุ่มแบบสุ่ม ก่อนวางแผนเส้นทางด้วยขั้นตอนวิธี Branch and Bound ยืนยันแนวทาง Cluster-First, Route-Second ว่าสามารถลดความซับซ้อนของปัญหาขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ Prajapati et al. (2023) ประยุกต์ใช้แนวทางการจัดกลุ่มรวมกับการจัดเส้นทางสำหรับการขนส่งช่วงสุดท้าย (Last-Mile Logistics) ของสินค้าอาหารสดที่มีความอ่อนไหวต่อระยะเวลาขนส่งสูง และพบว่าการรวมกลุ่มลูกค้าตามพื้นที่ใกล้เคียงกันก่อนวางแผนเส้นทางช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนการกระจายสินค้าได้อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ Shi (2024) ที่ใช้ K-Means Clustering จัดกลุ่มผู้ขายตามพิกัดภูมิศาสตร์ในโครงข่ายกระจายสินค้าแช่แข็ง ซึ่งเป็นสินค้าที่ต้องควบคุมอุณหภูมิตลอดห่วงโซ่อุปทานเช่นเดียวกับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องปรุงรสในงานวิจัยนี้ และพบว่าสามารถลดต้นทุนและเพิ่มการใช้

ประโยชน์ของทรัพยากรขนส่งได้ นอกจากนี้ Comert and Yazgan (2021) ยังเสนอแนวทางการจัดกลุ่มร่วมกับฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีจำนวนลูกค้ามาก และ Alfiyatin et al. (2018) ได้นำ K-Means Clustering มาผสานกับ Genetic Algorithm เพื่อแก้ปัญหา VRPTW ในห่วงโซ่อุปทานที่มีข้อจำกัดด้านเวลา ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ร่วมกันยืนยันว่าการแบ่งกลุ่มลูกค้าตามพื้นที่ก่อนวางแผนเส้นทางเป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารและโลจิสติกส์

การกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) ที่เหมาะสมเป็นขั้นตอนสำคัญของ K-Means Clustering เนื่องจากอัลกอริทึมไม่สามารถกำหนดค่า k ให้ตัวเองได้ งานวิจัยนี้จึงอ้างอิงวิธีเอลโบว์ (Elbow Method) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการคัดเลือกค่า k (Bobbitt, 2022; GeeksforGeeks, 2024) หลักการของวิธีนี้คือการคำนวณค่าผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม (Within Sum of Squares) ซึ่งหมายถึงผลรวมของระยะทางกำลังสองระหว่างจุดข้อมูลแต่ละจุดกับจุดศูนย์กลาง (Centroid) ของกลุ่มที่ตนสังกัด ยิ่งค่า WSS ต่ำ แสดงว่าจุดข้อมูลภายในกลุ่มมีความหนาแน่นและใกล้เคียงกันมากขึ้น โดยค่า WSS จะลดลงเสมอเมื่อเพิ่มจำนวนกลุ่ม k แต่ในบางช่วงอัตราการลดลงจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วก่อนจะค่อย ๆ ลดลงในอัตราที่ช้าลงอย่างชัดเจน จุดที่อัตราการลดลงของกราฟเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดนี้เรียกว่า “จุดเอลโบว์” (Elbow Point) ซึ่งถือเป็นจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการเพิ่มจำนวนกลุ่มต่อจากจุดนี้ไม่ได้ช่วยลดค่า WSS ลงอย่างมีนัยสำคัญอีกต่อไป ในขณะที่จำนวนกลุ่มที่น้อยกว่าจุดเอลโบว์จะทำให้ข้อมูลภายในกลุ่มมีความหลากหลายสูงเกินไป



ภาพที่ 2 กราฟ Elbow Curve แสดงค่า Within Sum of Squares (WSS) ที่จุดเอลโบว์ $k = 3$
ที่มา : ผู้วิจัย

จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าค่า WSS ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง $k = 1$ ถึง $k = 3$ สะท้อนว่าการแบ่งกลุ่มลูกค้าเพิ่มขึ้นในช่วงนี้ช่วยลดความหลากหลายของพิกัดภูมิศาสตร์ภายในกลุ่มได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่หลังจากจุด $k = 3$ เป็นต้นไป กราฟเริ่มลาดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปจนเกือบเป็นเส้นตรง แสดงว่าการเพิ่มจำนวนกลุ่มต่อจากนี้ไม่ได้ช่วยลดความแปรปรวนภายในกลุ่มลงอย่างคืบค้ำ เนื่องจากลูกค้าเริ่มถูกแบ่งย่อยเกินความจำเป็นและบางกลุ่มอาจมีสมาชิกเพียง 1-2 รายซึ่งไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขด้านความจุยานพาหนะและการประหยัดต้นทุนต่อเที่ยว ดังนั้นจึงเลือก $k = 3$ เป็นจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้สมดุลที่ีระหว่างความหนาแน่นภายในกลุ่ม (ค่า WSS ต่ำเพียงพอ) และความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงานจริง โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนลูกค้าเพียงพอสำหรับการรวมเที่ยวขนส่งและสอดคล้องกับการกระจายตัวของลูกค้าตามภูมิภาคทั้ง 6 จังหวัดของบริษัทการศึกษา

เหตุผลที่งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ในการวางแผนเส้นทางภายใน

แต่ละกลุ่ม แทนที่จะใช้วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor), Genetic Algorithm หรือ Ant Colony Optimization นั้น พิจารณาจากลักษณะของปัญหาในงานวิจัยนี้ที่เป็นปัญหามานกลางถึงกลาง (ลูกค้า 13 รายในแต่ละกลุ่มไม่เกิน 5 ราย) ประการแรก วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเลือกจุดที่อยู่ใกล้ที่สุดในแต่ละขั้นตอนแบบโลภ (Greedy) โดยไม่พิจารณาผลลัพธ์โดยรวมของเส้นทาง ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่จะติดอยู่ในคำตอบที่ไม่ดีในระยะยาว (Local Optimum) และอาจทิ้งจุดที่อยู่ไกลออกไปจนต้องเดินทางย้อนกลับ ในขณะที่ Saving Algorithm พิจารณาค่าประหยัด (Saving Value) ของทุกคู่ลูกค้าพร้อมกันก่อนตัดสินใจรวมเส้นทาง จึงให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในเชิงคุณภาพ ประการที่สอง Genetic Algorithm และ Ant Colony Optimization เป็นอภิวรรดิติกส์ (Metaheuristics) ที่ต้องอาศัยการสุ่มประชากรเริ่มต้นหรือฟิโรโมน การปรับพารามิเตอร์ (เช่น อัตราการกลายพันธุ์ ขนาดประชากร หรือค่าการระเหยของฟิโรโมน) และการคำนวณซ้ำหลายรอบ (Iteration) จึงเหมาะกับปัญหามานกลางที่มีจุดจัดส่งจำนวนมากซึ่งมีพื้นที่ค้นหา

คำตอบ (Solution Space) ที่ซับซ้อนเกินกว่าที่ฮิวริสติกส์อย่างง่ายจะรับมือได้ดี แต่สำหรับปัญหขนาดเล็กถึงกลางอย่างกรณีศึกษา การใช้อัลกอริทึมดังกล่าวจะเพิ่มความซับซ้อนในการพัฒนาและเวลาในการประมวลผลโดยไม่จำเป็น โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่แตกต่างจากคำตอบที่ได้จาก Saving Algorithm อย่างมีนัยสำคัญ (Battarra et al., 2008; Bullnheimer et al., 1999) ประการที่สาม Saving Algorithm มีขั้นตอนการคำนวณที่ตรงไปตรงมา ใช้เพียงการสร้างเมทริกซ์ระยะทางและการเรียงลำดับค่า Saving จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโปรแกรม Microsoft Excel ได้โดยไม่ต้องอาศัยซอฟต์แวร์เฉพาะทาง ซึ่งเหมาะสมกับบริบทของมหาวิทยาลัยที่ยังไม่มีบุคลากรด้านวิทยาการข้อมูลโดยตรง สอดคล้องกับ Pichpibul and Kawtummachai (2013) ที่ชี้ให้เห็นว่า Saving Algorithm ยังคงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในทางปฏิบัติเนื่องจากความเรียบง่ายและให้คำตอบที่ใกล้เคียงค่าเหมาะสมที่สุดในเวลาอันรวดเร็ว แม้จะมีงานวิจัยที่เสนอแนวทางปรับปรุงค่า Saving ให้แม่นยำขึ้นในเวลาต่อมา ทั้งนี้นงานวิจัยนี้เห็นว่าการเปรียบเทียบ Saving Algorithm กับ Genetic Algorithm และ Ant Colony Optimization โดยตรงเป็นแนวทางที่ควรดำเนินการในงานวิจัยขั้นต่อไป ดังระบุไว้ในข้อเสนอแนะ

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ใช้ข้อมูลลูกค้าหรือจุดจัดส่งจำนวนหลักสิบถึงหลักร้อยราย เช่น Le et al. (2022) และ Comert et al. (2018) ในขณะที่งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลลูกค้าเพียง 13 ราย ซึ่งถือเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กกว่างานวิจัยที่ผ่านมาอย่างชัดเจน ข้อจำกัด

ด้านขนาดตัวอย่างนี้ส่งผลให้ผลการแบ่งกลุ่มและเส้นทางที่ได้มีลักษณะเฉพาะกับบริบทของบริษัทกรณีศึกษาสูง และอาจไม่สามารถสรุปอ้างอิงในเชิงสถิติไปยังกรณีศึกษาอื่นที่มีจำนวนลูกค้าและรูปแบบการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์แตกต่างกันได้ทั้งหมด การนำแนวทางนี้ไปประยุกต์ใช้กับบริษัทอื่นจึงควรพิจารณาเก็บข้อมูลจำนวนลูกค้าที่มากขึ้นเพื่อยืนยันความเสถียรของจำนวนกลุ่มและประสิทธิภาพของ Saving Algorithm ก่อนนำไปใช้งานจริงในวงกว้าง

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 รูปแบบงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน กล่าวคือ (1) นักวิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) จากการสัมภาษณ์ เจิงโครงสร้าง (Structured Interview) และ ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ของบริษัทกรณีศึกษาเพื่อสร้างกรณีศึกษา (Case Study) (2) นำผลการวิจัยจากขั้นแรกมาการวางแผนเส้นทางขนส่ง โดยการประยุกต์ใช้การแบ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยแบบเค (K-Means Clustering) และวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm)

5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) พนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งจำนวน 4 ท่าน และ (2) ข้อมูลการจัดส่งสินค้าภายในประเทศ สำหรับลูกค้า 13 ราย ใช้เป็นข้อมูลเฉลี่ย 3 เดือน (มกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2567) ที่มีแหล่งที่ตั้งกระจายอยู่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร ลพบุรี ชลบุรี และนครราชสีมา แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อ	ตำแหน่ง	ประสบการณ์ทำงาน(ปี)	ระยะเวลาสัมภาษณ์ (นาที)
A	หัวหน้างานอาวุโสฝ่ายบริการลูกค้า (Senior Customer Service)	10	10
B	ผู้ช่วยผู้จัดการโลจิสติกส์ (Logistics Assistant Manager)	6	10
C	พนักงานแผนกบริการลูกค้า (Customer Service)	4	10
D	พนักงานแผนกโลจิสติกส์ (Logistics Officer)	4	10

5.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย (1) แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง (Structured interview Form) ที่ออกแบบเพื่อรวบรวมข้อมูลปัญหาในกระบวนการขนส่ง (2) แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในการขนส่ง (3) โปรแกรม Posit Cloud (ภาษา R) สำหรับดำเนินการ K-Means Clustering และแสดงผลบนแผนที่ด้วย Package leaflet และ (4) Microsoft Excel สำหรับคำนวณ Distance Matrix และ Saving Values

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้การสัมภาษณ์เชิงโครงสร้างกับพนักงาน 4 ท่าน ครอบคลุมหัวข้อเกี่ยวกับ ขั้นตอนการทำงาน ปัญหาและอุปสรรค แนวทางการจัดส่งปัจจุบัน และข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

2) แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลการจัดส่งสินค้าจากระบบ SAP ของบริษัท ช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2567 ได้แก่ พิกัดละติจูด-ลองจิจูดของลูกค้า 13 ราย ปริมาณสินค้าที่จัดส่งต่อรอบ (กิโลกรัม) ประเภทที่ใช้ขนส่ง (4 ล้อ 6 ล้อ หรือ 10 ล้อ) เส้นทางและระยะทางการจัดส่ง

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา โดยการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์จัดเรียงเป็นแผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการขนส่งใน 4 มิติ

ขั้นตอนที่ 2 การประมวลผลหาค่า K-Means Clustering โดยนำข้อมูลพิกัดลูกค้าทั้ง 13 ราย เข้าสู่การประมวลผลด้วยโปรแกรม Posit Cloud จัดทำ Data Frame กำหนดจำนวนกลุ่ม k ที่เหมาะสม ดำเนินการ K-Means Algorithm และแสดงผลการแบ่งกลุ่มบนแผนที่ด้วย Package leaflet

ขั้นตอนที่ 3 Saving Algorithm เริ่มจากการสร้าง Distance Matrix ระหว่างศูนย์กลาง (Hub) กับลูกค้า และระหว่างลูกค้าแต่ละคู่ภายในแต่ละกลุ่ม แล้วจึงคำนวณค่า Saving จากสูตร $S_{ij} = d(0,i) + d(0,j) - d(i,j)$ ทำการเรียงลำดับจากมากไปน้อย และรวมเส้นทางตามลำดับภายใต้ข้อจำกัดความจุยานพาหนะ

ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณต้นทุน คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ต้นทุนรวม} = (\text{ระยะทางทั้งหมด} \times \text{ราคาต่อกิโลเมตร}) + \text{ค่าบริการ}$$

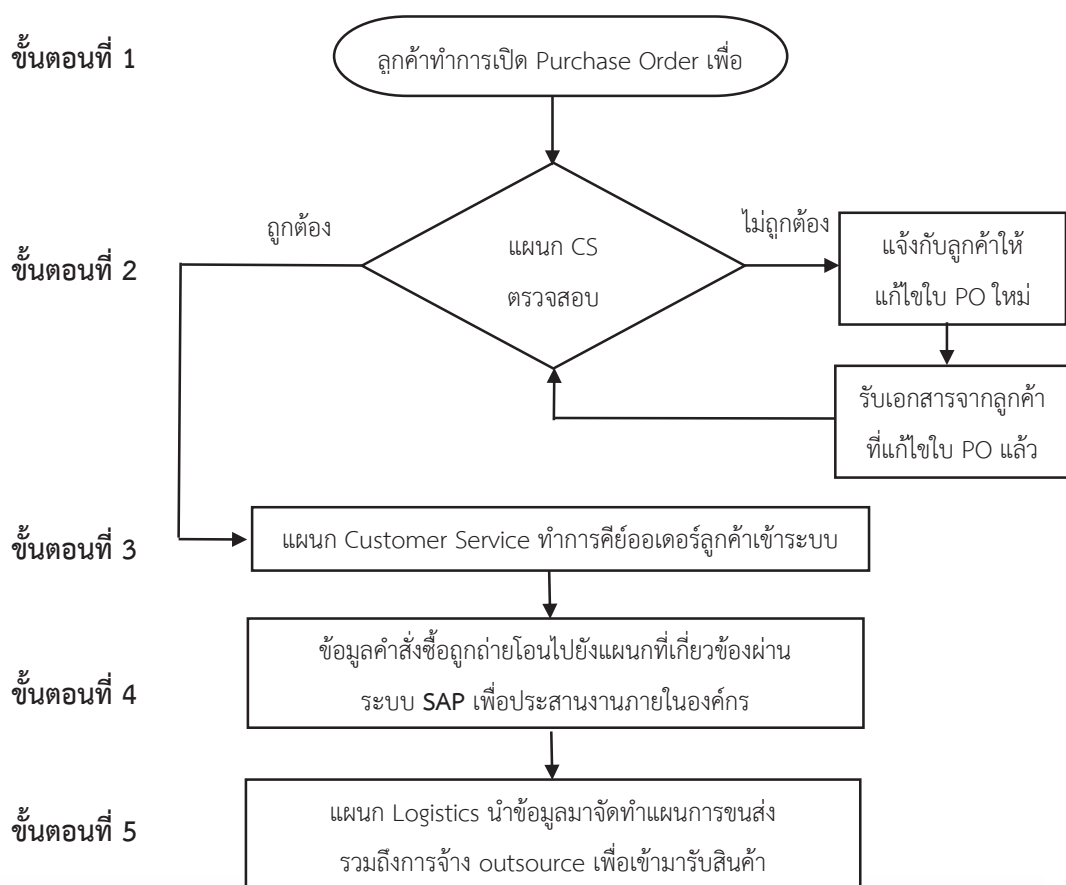
หลังจากนั้น นำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบเดิม โดยใช้อัตราส่วนการลดลง (Percentage Reduction)

6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานภายในแผนกบริการลูกค้าและโลจิสติกส์

กระบวนการทำงานแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ลูกค้าเปิด Purchase Order (PO) ผ่านช่องทางต่างๆ พร้อมระบุซื้อสินค้า รหัสสินค้า จำนวน ราคา ที่อยู่จัดส่ง และเงื่อนไขการชำระเงิน (2) แผนก CS

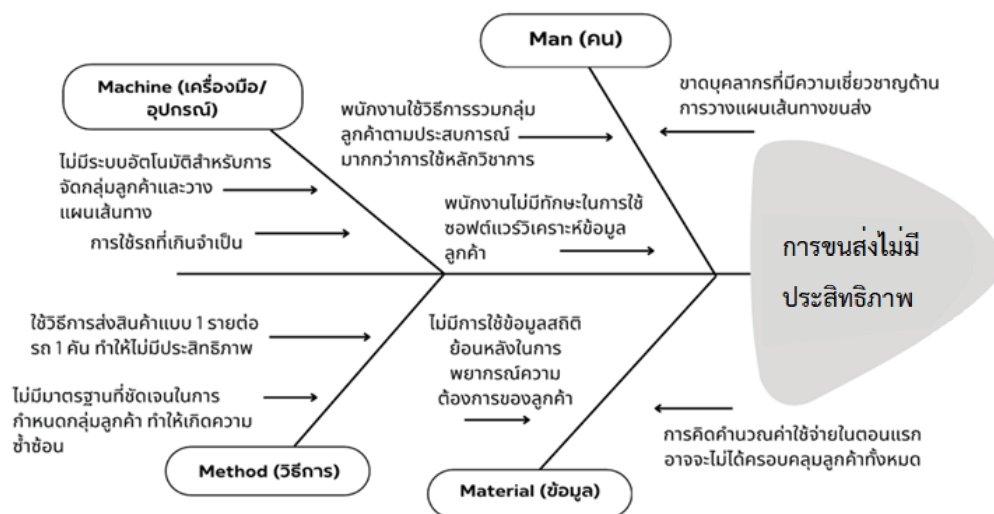
ตรวจสอบความถูกต้องของเอกสาร PO หากพบข้อผิดพลาดส่งกลับลูกค้าแก้ไข (3) แผนก CS คีย์ออเดอร์ลูกค้าเข้าระบบ SAP ผ่าน โมดูล VA01 Create Sales Order (4) ข้อมูลคำสั่งซื้อถูกถ่ายโอนไปยังแผนกที่เกี่ยวข้องผ่านระบบ SAP โดยอัตโนมัติ (5) แผนกโลจิสติกส์ได้รับข้อมูล จัดทำแผนการขนส่ง และเลือกประเภทรถที่เหมาะสมรวมถึงว่าจ้างบริษัทขนส่งภายนอกที่เข้ามารับสินค้า ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานภายในแผนกบริการลูกค้าและโลจิสติกส์ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานภายในแผนกบริการลูกค้าและโลจิสติกส์
ที่มา: ผู้วิจัย

6.2 ผลการศึกษาปัญหาในขั้นตอนการทำงานของแผนกบริการลูกค้าและโลจิสติกส์

การวิเคราะห์ผังก้างปลาจากข้อมูลที่ได้โดยการสัมภาษณ์ แสดงดังภาพที่ 4 พบสาเหตุของปัญหาใน 4 มิติ ดังนี้



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ผังก้างปลา

ที่มา : ผู้วิจัย

1. ด้านบุคลากร บริษัทใช้บริการขนส่งจากผู้ให้บริการภายนอกรายเดียว ทำให้ไม่มีอำนาจในการกำหนดเส้นทางและเลือกยานพาหนะที่เหมาะสม รวมถึงการขาดบุคลากรผู้รับผิดชอบด้านการวางแผนขนส่งโดยตรง

2. ด้านเครื่องมือ การเลือกใช้ยานพาหนะยังไม่สอดคล้องกับปริมาณของสินค้า ซึ่งในบางครั้งใช้รถขนาดใหญ่เกินไปสำหรับขนส่งสินค้าปริมาณน้อย และบางครั้งใช้รถขนาดเล็กในการขนส่งหลายรอบ

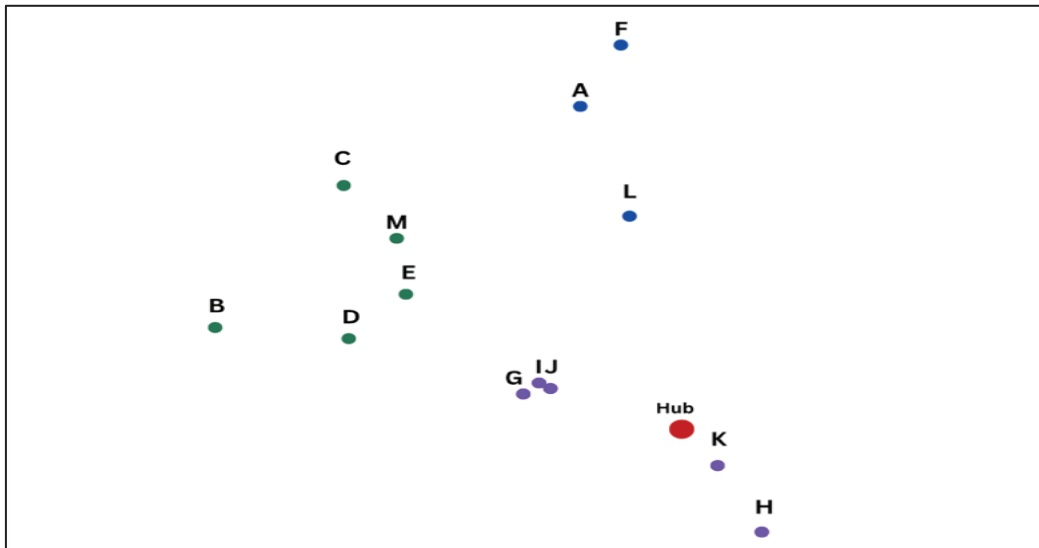
3. ด้านวิธีการ พบปัญหาการจัดส่ง โดยใช้รถ 1 คันต่อลูกค้า 1 ราย และไม่มีการรวมกลุ่มลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้เกิดเส้นทางซ้ำซ้อนและระยะทางรวมในการขนส่งยาว เกินความจำเป็น

4. ด้านข้อมูล พบปัญหาข้อมูลผิดพลาดลูกค้า และข้อมูลคำสั่งซื้อในระบบ SAP ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้วางแผนเส้นทางอย่างเต็มประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่าปัญหาหลัก 2 ด้านที่ส่งผลกระทบสูงสุดและควรแก้ไขเร่งด่วนที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ด้านวิธีการทำงาน (การขาดการรวมกลุ่มลูกค้า) และด้านเครื่องมือ (การเลือกยานพาหนะที่ไม่เหมาะสม) ซึ่งทั้งสองปัญหาสามารถแก้ไขได้โดยการนำแนวคิดการแบ่งกลุ่มแบบ K-Means Clustering และ Saving Algorithm มาประยุกต์ใช้

6.3 ผลการจัดกลุ่มลูกค้าด้วย K-Means Clustering

การศึกษาโดยนำข้อมูลพิกัดละติจูด-ลองจิจูดของลูกค้า 13 ราย เข้าสู่การประมวลผลโดยโปรแกรม Posit Cloud ดำเนินการ K-Means Clustering โดยวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลและกำหนดจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้คือ $k = 3$ กลุ่ม (Cluster) โดยอ้างอิงจาก Elbow Method ซึ่งแสดงการกระจายตัวของลูกค้าแต่ละกลุ่มบนแผนที่ด้วยสีที่ต่างกันดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพแสดงผลลัพธ์การแบ่ง Cluster ผ่านโปรแกรม posit cloud
ที่มา : ผู้วิจัย

ผลการศึกษาการจัดกลุ่มลูกค้าด้วย K-Means Clustering พบว่า Cluster ที่ 1 จะประกอบด้วยลูกค้า B, C, D, E, M ซึ่งตั้งอยู่ในแถบภาคกลางตอนบน Cluster ที่ 2 ประกอบด้วยลูกค้า G, H, I, J, K ซึ่งตั้งอยู่ในแถบปริมณฑลและกรุงเทพมหานคร และ Cluster ที่ 3 ประกอบด้วยลูกค้า A, F, ซึ่งตั้งอยู่ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

6.4 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm)

การนำลูกค้าในแต่ละ Cluster มาสร้าง Distance Matrix ระหว่าง Hub กับลูกค้าแต่ละราย และระหว่างลูกค้าด้วยกัน แสดงเป็นตัวอย่าง Distance Matrix ของ Cluster ที่ 1 แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Distance Matrix ของ Cluster ที่ 1 (หน่วย: กม.)

	Hub	B	C	D	E	M
Hub	0	92.38	94.44	58.66	56.22	70.02
B	92.38	0	57.22	34.65	49.67	54.21
C	94.44	57.22	0	52.07	39.65	24.42
D	58.66	34.65	52.07	0	21.19	34.60
E	56.22	49.67	39.65	21.19	0	16.59
M	70.02	54.21	24.42	34.60	16.59	0

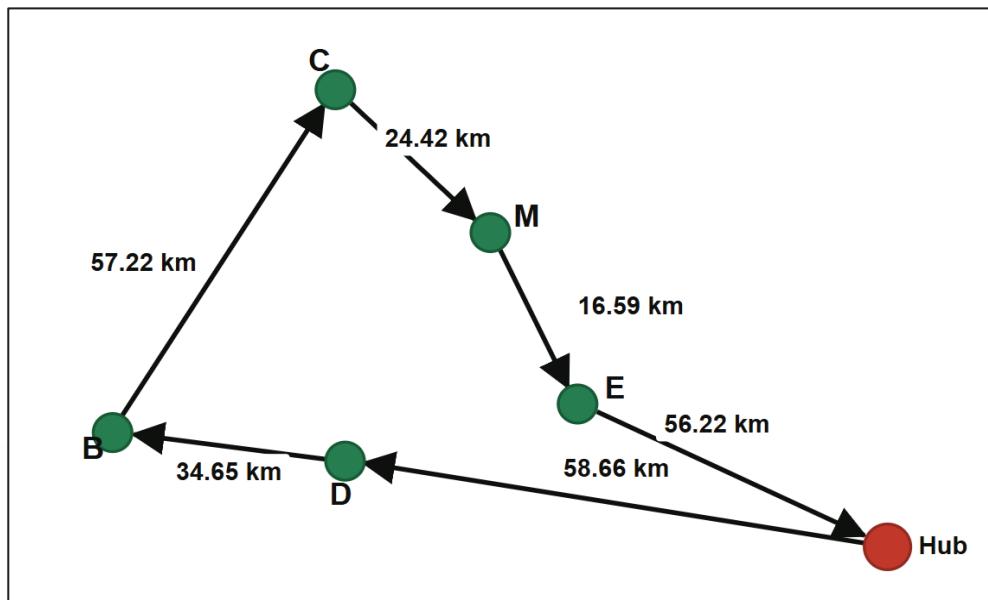
จากนั้นคำนวณค่า Saving ทุกคู่ในแต่ละ Cluster เรียงลำดับจากมากไปน้อย และดำเนินการ

รวมเส้นทางตามลำดับ ดังตารางที่ 3 และตัวอย่างในภาพที่ 6 (Cluster ที่ 1)

ตารางที่ 3 ค่า Saving ทุกคู่ใน Cluster ที่ 1 เรียงลำดับ Sij จากมากไปน้อย

ลำดับ	คู่ (i, j)	ระยะทาง (กม.)			Sij (กม.)	น้ำหนักรวม ในเส้นทาง (กก.)	สถานะ Endpoint	เส้นทางที่ได้
		d(Hub,i)	d(Hub,j)	d(i,j)				
1	(C, M)	94.44	70.02	24.42	140.04	3,000+6,400=9,400	ทั้งคู่เป็น endpoint	Hub>C>M>Hub
2	(B, C)	92.38	94.44	57.22	129.60	9,400+500=9,900	B+C เป็น endpoint	Hub>B>C>M>Hub
3	(B, D)	92.38	58.66	34.65	116.39	9,900+3,825=13,725	D+B เป็น endpoint	Hub>D>B>C>M>Hub
4	(C, E)	94.44	56.22	39.65	111.01		C ไม่ใช่ endpoint (อยู่กลางเส้นทาง)	ข้าม
5	(E, M)	56.22	70.02	16.59	109.65	13,725+425=14,150	E+M เป็น endpoint	Hub>D>B>C>M>E>Hub
6	(B, M)	92.38	70.02	54.21	108.19		B, M อยู่ในเส้นทาง เดียวกันแล้ว	ข้าม
7	(C, D)	94.44	58.66	52.07	101.03		C, D อยู่ในเส้นทาง เดียวกันแล้ว	ข้าม
8	(B, E)	92.38	56.22	49.67	98.93		B, E อยู่ในเส้นทาง เดียวกันแล้ว	ข้าม
9	(D, M)	58.66	70.02	34.60	94.08		D, M อยู่ในเส้นทาง เดียวกันแล้ว	ข้าม
10	(D, E)	58.66	56.22	21.19	93.69		D, E อยู่ในเส้นทาง เดียวกันแล้ว	ข้าม

สูตรการคำนวณ $S_{ij} = d(\text{Hub}, i) + d(\text{Hub}, j) - d(i, j)$



ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างการจัดเส้นทาง Cluster ที่ 1

ที่มา : ผู้วิจัย

ผลลัพธ์การจัดเส้นทางหลังปรับปรุง แสดงสรุปการจัดเส้นทางทั้ง 3 Cluster ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การสรุปการจัดเส้นทาง 3 Cluster หลังปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm)

Cluster	ประเภทรถ	เส้นทางเดินรถ	น้ำหนักสินค้า (กก.)	น้ำหนัก บรรทุกรวม (กก.)	ระยะทาง (กม.)	ระยะทาง รวม (กม.)	ต้นทุนรวม (บาท)
1	6 ล้อ	Hub > D > B > C > M > E > Hub	3,825+500+3,000+ 6,400+425	14,150	58.66+34.65+57.22+ 24.42+16.59+ 56.22	247.76	5,790.28
2	6 ล้อ	Hub > J > I > G > Hub	7,825 + 6,500 + 965	15,290	40.34+0.02+2.35+40.5	83.21	3,239.76
	10 ล้อ	Hub > K > H > Hub	2,125+16,100	18,225	13.44+25.19+38.23	76.86	4,621.91
3	6 ล้อ	Hub > A > F >L > Hub	4,325+5,425+5000	14,750	107.38 + 22.13 +53.86+71.4	254.77	5,898.94
รวม 4 เส้นทาง						662.60	19,550.89

หมายเหตุ:

- 1) อัตราค่าขนส่ง 6 ล้อ = 15.50 บาท/กม. 10 ล้อ = 34.76 บาท/กม. ค่าบริการ = 1,950 บาท/เที่ยว
- 2) น้ำหนักบรรทุก รถ 6 ล้อ $\leq$ 15,000 กก., รถ 10 ล้อ $\leq$ 25,000 กก. (เกณฑ์มาตรฐานของบริษัท)
- 3) ใน Cluster ที่ 2 มีน้ำหนักบรรทุกรวม 15,290 กก. ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดสำหรับรถ 6 ล้อ อยู่ ร้อยละ 1.93 จากการตรวจสอบข้อมูลจริงของบริษัท พบว่า เกณฑ์มาตรฐานเป็นเกณฑ์ที่ใช้เพื่อวางแผนระดับปฏิบัติการ ขณะที่สเปกน้ำหนักบรรทุกสูงสุดตามทะเบียนของรถ 6 ล้อที่ใช้งานจริงอยู่ในช่วง 15,000–15,500 กก. จึงยังอยู่ในช่วงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

แสดงวิธีการคำนวณต้นทุนรวมของ Cluster ที่ 1

$$\begin{aligned}
 \text{ต้นทุนรวม} &= (\text{ระยะทางไปกลับ} \times \text{อัตราค่าขนส่ง}) \\
 &+ \text{ค่าบริการ} \\
 &= (247.76 \times 15.50) + 1,950 \\
 &= 5,790.28 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

การจัดเส้นทางหลังปรับปรุงได้นำทั้ง 3 Cluster มารวมกันจากลูกค้า A ไปจนถึง M พบว่าสามารถใช้เส้นทางเหลือเพียง 4 เส้นทาง ใช้รถเหลือเพียง 4 คัน

เป็นรถสิบล้อ จำนวน 1 คัน รถหกล้อ จำนวน 3 คัน เนื่องจากลูกค้า H มีน้ำหนักสินค้า 16,100 กก. เมื่อรวมกับ K (2,125 กก.) = 18,225 กก. ซึ่งเกินความจุรถ 6 ล้อ จึงต้องจัดสรรรถ 10 ล้อแยกต่างหาก โดยมีระยะทางหลังการปรับปรุงในภาพรวมเหลือ 662.6 กิโลเมตร ต้นทุนค่าขนส่งรวมเหลือ 19,550.89 บาท สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการปรับปรุง

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการปรับปรุงการจัดเส้นทางด้วยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm)

ตัวชี้วัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง (%)
จำนวนเส้นทาง	13 เส้นทาง	4 เส้นทาง	69.23%
จำนวนรถ	6 ล้อ 7 คัน 10 ล้อ 4 คัน 4 ล้อ 3 คัน (รวม 14 คัน)	6 ล้อ 3 คัน 10 ล้อ 1 คัน (รวม 4 คัน)	71.43%
ระยะทางรวม (กม.)	1,696.9	662.6	60.96%
ต้นทุนค่าขนส่งรวม (บาท)	55,730.71	19,550.89	64.92%

จากตารางที่ 5 พบว่า การปรับปรุงด้วย K-Means Clustering และ Saving Algorithm สามารถลดจำนวนเส้นทางขนส่งจาก 13 เส้นทาง เหลือ 4 เส้นทาง (ลดลงร้อยละ 69.23) ลดจำนวนรถจาก 14 คัน เหลือ 4 คัน (ลดลงร้อยละ 71.43) ลดระยะทางรวมจาก 1,696.9 กิโลเมตร เหลือ 662.60 กิโลเมตร (ลดลงร้อยละ 60.96) และลดค่าใช้จ่ายรวมจาก 55,730.71 บาท เหลือ 19,550.89 บาท (ลดลงร้อยละ 64.92)

7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการรวมกลุ่มลูกค้าและการวางแผนเส้นทางขนส่ง สำหรับบริษัทผู้ผลิตเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค K-Means Clustering ร่วมกับ Saving Algorithm ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการลดต้นทุนการขนส่งได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Le et al. (2022) ที่พบว่า K-Means Clustering ได้ช่วยเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ของยานพาหนะและลดต้นทุนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลลัพธ์จากงานวิจัยสามารถลดระยะทางลงได้ร้อยละ 60.96 นั้นสูงกว่าผลที่รายงานในงานวิจัยของ Singanamala et al. (2018) ซึ่งลดได้ประมาณ ร้อยละ 30–50 อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากลักษณะของปัญหา กล่าวคือ บริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เดิมใช้รูปแบบ 1 คันรถต่อ 1 ลูกค้า

ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพต่ำมากจึงมีพื้นที่สำหรับการปรับปรุงสูง นอกจากนี้ การที่ลูกค้ากระจายตัวอยู่ในพื้นที่ 6 จังหวัดทั่วภูมิภาค ทำให้การรวมกลุ่มตามพื้นที่ให้ผลเป็น 3 กลุ่มที่ชัดเจน ส่งผลให้ Saving Algorithm ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

ผลจากการศึกษาสามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ ร้อยละ 64.92 (จาก 55,730.71 บาท เหลือ 19,550.89 บาท) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Charoenwong et al. (2024) ที่พบว่า โรงงานในภาคเหนือของไทยสามารถลดต้นทุนการขนส่งได้สูงสุดร้อยละ 25 จากการปรับปรุงการจัดการขนส่ง โดยการประหยัดในงานวิจัยนี้สูงกว่าเนื่องจากจุดเริ่มต้นของระบบเดิมมีประสิทธิภาพต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาในรายละเอียด การที่ Cluster ที่ 2 ต้องใช้รถ 10 ล้อสำหรับเส้นทาง Hub > K > H > Hub สะท้อนปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสินค้าต่อรายกับขีดความจุยานพาหนะ มากกว่าระยะทางหรือตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ กล่าวคือลูกค้า H มีน้ำหนักสินค้าต่อรอบสูงถึง 16,100 กก. ซึ่งเข้าใกล้ขีดความจุสูงสุดของรถ 6 ล้อ (15,000 กก.) อยู่แล้วโดยลำพัง เมื่อ Saving Algorithm พิจารณาควบรวมกับลูกค้า K (2,125 กก.) ซึ่งมีค่า Saving สูงในกลุ่มเดียวกัน น้ำหนักรวมจึงเพิ่มเป็น 18,225 กก. เกินขีดความจุรถ 6 ล้อ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้รถ 10 ล้อ (ขีดความจุ 25,000 กก.) แทน กรณีนี้ชี้ให้เห็นข้อจำกัดของการผสมผสาน K-Means Clustering

กับ Saving Algorithm เมื่อมีลูกค้าที่มีปริมาณสั่งซื้อสูงผิดปกติ (Weight Outlier) ปะปนอยู่ในกลุ่ม กล่าวคือ แม้ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์จะเอื้อต่อการรวมเส้นทาง แต่ข้อจำกัดด้านความจุยานพาหนะอาจบังคับให้ต้องเลือกใช้รถขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งมีอัตราค่าขนส่งต่อกิโลเมตรสูงกว่า (34.76 บาท/กม. เทียบกับ 15.50 บาท/กม. หรือสูงกว่าประมาณ 2.24 เท่า) อย่างไรก็ตาม การรวมเส้นทางในกรณีนี้ยังคงคุ้มค่ากว่าการแยกใช้รถ 1 คันต่อลูกค้า 1 ราย เนื่องจากประหยัดค่าบริการต่อเที่ยว (1,950 บาท) และระยะทางที่เข้าชมจากการวิ่งเข้า-ออก Hub สองรอบได้

สาเหตุที่งานวิจัยนี้สามารถลดต้นทุนได้สูงถึงร้อยละ 64.92 เกิดจากปัจจัยร่วมกันอย่างน้อย 3 ประการ ประการแรก โครงสร้างต้นทุนเดิมที่ใช้รูปแบบ 1 คันรถต่อลูกค้า 1 ราย ทำให้ต้องจ่ายค่าบริการคงที่ (1,950 บาท/เที่ยว) เข้าซ้อนถึง 13 ครั้ง ขณะที่หลังปรับปรุงเหลือเพียง 4 เที่ยว จึงลดต้นทุนคงที่ส่วนนี้ได้โดยตรงในสัดส่วนใกล้เคียงกับการลดจำนวนเส้นทาง (ร้อยละ 69.23) ประการที่สอง การลดระยะทางรวมลงร้อยละ 60.96 ซึ่งเป็นต้นทุนผันแปรหลัก เกิดจากการที่ Saving Algorithm เลือกรวมคู่ลูกค้าที่มีค่า S_{ij} สูงสุดก่อนตามลำดับ ทำให้เส้นทางที่ได้หลีกเลี่ยงการวิ่งย้อนเข้า-ออก Hub เข้าซ้อนในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ประการที่สาม การจัดสรรประเภทยานพาหนะให้สอดคล้องกับน้ำหนักบรรทุกจริงมากขึ้น จากเดิมที่มีรถ 14 คันซึ่งส่วนใหญ่บรรทุกไม่เต็มประสิทธิภาพ (1 คันต่อลูกค้า 1 ราย) เหลือเพียง 4 คันที่บรรทุกใกล้เคียงขีดความจุ ช่วยลดจำนวนเที่ยววิ่งที่สิ้นเปลืองทั้งระยะทางและค่าบริการ ทั้งสามปัจจัยนี้ทำงานร่วมกันในลักษณะทวีคูณมากกว่าการบวกกันแบบเชิงเส้น กล่าวคือการลดจำนวนเที่ยวพร้อมกับการลดระยะทางต่อเที่ยวพร้อมกัน ทำให้ผลรวมของการประหยัดต้นทุนสูงกว่าการปรับปรุงปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงลำพัง

เมื่อพิจารณาค่า Saving (S_{ij}) ที่คำนวณได้

ในแต่ละคู่ลูกค้า (ดังตัวอย่างในตารางที่ 3) พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า Saving สูงสุดคือสัดส่วนระหว่างผลรวมระยะทางจาก Hub ถึงลูกค้าทั้งสองราย $[d(\text{Hub},i) + d(\text{Hub},j)]$ กับระยะทางระหว่างลูกค้าทั้งสองรายเอง $[d(i,j)]$ กล่าวคือคู่ลูกค้าที่อยู่ห่างจาก Hub มากแต่อยู่ใกล้กันเอง เช่น คู่ C และ M ในตารางที่ 3 ซึ่งให้ค่า S_{ij} สูงสุดที่ 140.04 กม. จะให้ค่า Saving สูงกว่าคู่ลูกค้าที่อยู่ใกล้ Hub อยู่แล้วหรือกระจายตัวห่างจากกันเอง เนื่องจากการรวมเส้นทางในกรณีแรกช่วยลดระยะทางไป-กลับ Hub ที่เข้าซ้อนได้มากกว่า ปัจจัยรองลงมาคือสถานะ Endpoint ของลูกค้าในเส้นทาง เนื่องจากอัลกอริทึมอนุญาตให้รวมเฉพาะคู่ที่อย่างน้อยฝ่ายหนึ่งยังเป็นจุดปลายเส้นทางเท่านั้น ลูกค้าที่ถูกแทรกอยู่กลางเส้นทางแล้ว เช่น คู่ C-E ในตารางที่ 3 จะถูกข้ามแม้ค่า S_{ij} จะสูงก็ตาม สะท้อนว่าลำดับการรวมเส้นทางมีผลต่อค่า Saving ที่ใช้ได้จริงไม่น้อยไปกว่าค่า S_{ij} ที่คำนวณได้ในเบื้องต้น และปัจจัยสุดท้ายคือข้อจำกัดด้านความจุยานพาหนะ ซึ่งเป็นเงื่อนไขบังคับที่อาจทำให้คู่ลูกค้าที่มีค่า Saving สูงไม่สามารถรวมเส้นทางกันได้ ดังกรณีของลูกค้า H ที่กล่าวถึงข้างต้น

ข้อสังเกตสำคัญจากงานวิจัยนี้คือ การใช้ข้อมูลเฉลี่ย 3 เดือน (มกราคม-มีนาคม 2567) สำหรับลูกค้าจำนวน 13 ราย แทนข้อมูลรายวัน เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นข้อจำกัดในงานวิจัย ที่อาจส่งผลต่อความแม่นยำในการประยุกต์ใช้จริง เนื่องจากปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้ามีความผันแปรในแต่ละรอบ อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลเฉลี่ยถือว่ามีความเหมาะสมสำหรับการวางแผนเชิงกลยุทธ์ระยะกลาง

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลงานไปใช้

1. บริษัทควรนำแนวทางการรวมกลุ่มลูกค้าและเส้นทางที่ได้ไปใช้วางแผนขนส่งจริง และพิจารณาพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์อย่างง่ายเพื่อให้พนักงาน

ดำเนินการวางแผนได้ด้วยตนเอง

2. ควรพัฒนาระบบการวางแผนเส้นทางแบบ Dynamic ที่ปรับตามปริมาณการสั่งซื้อจริง เพื่อรองรับความผันแปรของข้อมูลในการปฏิบัติงานจริง

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษา VRPTW เพื่อรองรับข้อจำกัดด้านเวลา และเปรียบเทียบ Saving Algorithm กับ

อัลกอริทึมอื่น เช่น Genetic Algorithm หรือ Ant Colony Optimization

2. ควรขยายขอบเขตสู่ลูกค้าในวงกว้างขึ้น และพิจารณาตัวแปรเพิ่มเติม เช่นด้านความพึงพอใจลูกค้าและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Carbon Footprint)

เอกสารอ้างอิง

- Alfiyatin, A. N., Mahmudy, W. F., & Anggodo, Y. P. (2018). K-Means clustering and genetic algorithm to solve vehicle routing problem with time windows problem. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 11(2), 462–468. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v11.i2.pp462-468>
- Banomyong, R., Grant, D. B., Varadejsatitwong, P., & Julagasigorn, P. (2021). Developing and validating a national logistics cost in Thailand. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 150, 130–148. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.06.006>
- Bobbitt, Z. (2022). How to use the elbow method in R to find optimal clusters. *Statology*. <https://www.statology.org/elbow-method-in-r/>
- Bullnheimer, B., Hartl, R. F., & Strauss, C. (1999). An improved ant system algorithm for the vehicle routing problem. *Annals of Operations Research*, 89, 319–328. <https://doi.org/10.1023/A:1018940026670>
- Charoenwong, C., Nathaphan, S., & Asawasinsopon, T. (2024). Factory logistics improvement: A case study analysis of companies in Northern Thailand, 2022–2024. *Logistics*, 8(3), 88. <https://doi.org/10.3390/logistics8030088>
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568–581. <https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>
- Comert, S. E., & Yazgan, H. R. (2021). Effective cluster-first route-second approaches using metaheuristic algorithms for the capacitated vehicle routing problem. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 28(1), 14–38. <https://doi.org/10.23055/ijietap.2021.28.1.7223>
- Comert, S. E., Yazgan, H. R., Kir, S., & Yener, F. (2018). A cluster first-route second approach for a capacitated vehicle routing problem: A case study. *International Journal of Procurement Management*, 11(4), 399–419. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2018.092766>

- Cunha, C. B., Damaceno, G. F., & Cunha, R. B. (2022). Constrained clustering for the capacitated vehicle routing problem (CC-CVRP). *Applied Artificial Intelligence*, 36(1), 201-225. <https://doi.org/10.1080/08839514.2021.1995658>
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80-91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80>
- Fikejz, J. (2024). Modification of the Clarke and Wright algorithm with a dynamic savings matrix. *Journal of Advanced Transportation*, 2024(1), 1-15. <https://doi.org/10.1155/2024/8753106>
- GeeksforGeeks. (2024). Elbow method for optimal value of k in KMeans. *GeeksforGeeks*. <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/elbow-method-for-optimal-value-of-k-in-kmeans/>
- Le, T. D. C., Nguyen, T. T., & Tran, T. B. (2022). Clustering algorithm for a vehicle routing problem with time windows. *Transport*, 37(2), 84-96. <https://doi.org/10.3846/transport.2022.16850>
- Lloyd, S. P. (1982). Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*, 28(2), 129-137. <https://doi.org/10.1109/TIT.1982.1056489>
- MacQueen, J. B. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In L. M. Le Cam & J. Neyman (Eds.), *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (Vol. 1, pp. 281-297). University of California Press.
- National Economic and Social Development Council (NESDC). (2020). *Thailand's logistics report 2020*. NESDC. https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=11975
- Pichpibul, T., & Kawtummachai, R. (2013). A heuristic approach based on Clarke-Wright algorithm for open vehicle routing problem. *The Scientific World Journal*, 2013, Article 874349. <https://doi.org/10.1155/2013/874349>
- Prajapati, D., Harish, A. R., Daultani, Y., Singh, H., & Pratap, S. (2023). A clustering based routing heuristic for last-mile logistics in fresh food e-commerce. *Global Business Review*, 24(1), 7-20. <https://doi.org/10.1177/0972150919889797>
- Rand, G. K. (2009). The life and times of the savings method for vehicle routing problems. *ORiON*, 25(2), 125-145. <https://doi.org/10.5784/25-2-68>
- Shi, J. (2024). Optimization of frozen goods distribution logistics network based on k-means algorithm and priority classification. *Scientific Reports*, 14, Article 22477. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72723-2>
- Singanamala, P. K., Reddy, D., & Venkataramaiah, P. (2018). Solution to a multi depot vehicle routing problem using K-means algorithm, Clarke and Wright algorithm and ant colony optimization. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(21), 15236-15246.

นโยบายวารสาร

นโยบายและเงื่อนไขในการพิจารณาบทความ (Journal Policies)

นโยบายและเงื่อนไขในการพิจารณาบทความ (Journal Policies)

1. เป็นบทความที่อยู่ในสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ในศาสตร์ด้าน
 - (1) การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน และ (2) การบริหารธุรกิจ
2. เป็นบทความที่มีการนำเสนอองค์ความรู้ใหม่ วิธีการใหม่ หรือระบบใหม่
3. มีรูปแบบการพิมพ์ตรงตามรูปแบบของวารสาร
4. เป็นบทความที่ไม่มีคัดลอกผลงาน
5. บทความที่ส่งมาต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ที่วารสารใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ระหว่างการเสนอเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่น
6. บทความที่ส่งมาจะได้รับการประเมินคุณภาพเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการก่อน โดยจะพิจารณาถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสาร โดยการพิจารณาแยกเป็น 2 กรณี คือ
 - 6.1 ในกรณีที่บทความไม่ผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ บรรณาธิการจะแจ้งปฏิเสธการรับตีพิมพ์บทความ (Reject) พร้อมเหตุผล ข้อเสนอแนะ หรือข้อสังเกตสั้น ๆ ให้ผู้ส่งบทความได้รับทราบ
 - 6.2 ในกรณีที่บทความผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการจะส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer reviewers) ในสาขาที่เกี่ยวข้อง 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนลงตีพิมพ์ โดยผู้ประเมินไม่ทราบชื่อผู้แต่งและผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมินบทความ (Double-blind peer review)
 - 6.3 เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลับกรองและประเมินบทความเรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการจะพิจารณาว่าบทความนั้น ควรได้ลงตีพิมพ์ (Accept) หรือควรส่งคืนให้ผู้เขียนแก้ไขเพื่อพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง (Major/ Minor Revision) หรือควรแจ้งปฏิเสธการลงตีพิมพ์ (Reject)
 - 6.4 กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตัดสินใจการตีพิมพ์บทความในวารสาร

รายละเอียดเพิ่มเติม: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j/about3

การตรวจสอบการคัดลอก

วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน Journal of Logistics and Supply Chain Operations กำหนดเกณฑ์การตรวจสอบบทความซ้ำ/คัดลอก (Duplications/ Plagiarism) ของบทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสาร ซึ่งอยู่ในระบบ ThaiJo ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) ต้องมีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงโดยรวมที่ยอมรับได้ต่ำกว่า 10% และในส่วนที่มีความคล้ายคลึงจะต้องมีการอ้างอิงอย่างเหมาะสมตามหลักวิชาการ

รายละเอียดเพิ่มเติม: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j/about4

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

จริยธรรมการตีพิมพ์

1. บทความจะต้องมีรูปแบบตามหลักเกณฑ์ในการเขียนบทความวิจัย บทความวิชาการ และบทความทวิการณหนังสือตามรูปแบบ และหลักเกณฑ์ของวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน
2. บทความที่ผ่านการคัดกรองจากกองบรรณาธิการจะถูกส่งไปยังผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ประเมินบทความโดยไม่เปิดเผยชื่อทั้งเจ้าของบทความและผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-Blinded)
3. บทความที่ไม่ผ่านการคัดกรองเบื้องต้นจากบรรณาธิการ เจ้าของบทความจะได้รับหนังสือแจ้งพร้อมคำชี้แจงเป็นลายลักษณ์อักษร และกองบรรณาธิการจะถอนบทความออกจากระบบทันที
4. บทความเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทางกองบรรณาธิการวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
5. กองบรรณาธิการวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชนไม่มีส่วนได้เสียในการพิจารณาบทความที่ส่งเข้ามาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ เจ้าของบทความต้องมีจริยธรรมในการส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ดังนี้
 - (1) ผู้เขียนบทความจะต้องไม่ส่งบทความที่เคยตีพิมพ์แล้ว หรือส่งบทความซ้ำซ้อนกับวารสารฉบับอื่น
 - (2) บทความที่ผู้เขียนส่งมาตีพิมพ์จะต้องไม่คัดลอกผลงานของตนเอง หรือของบุคคลอื่น
 - (3) เนื้อหาของบทความจะต้องเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง และสามารถตรวจสอบได้
 - (4) กรณีการวิจัยในมนุษย์จะต้องผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และนำหลักฐานมาแสดงกับกองบรรณาธิการ

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียน

1. ต้องรับรองว่าผลงานนั้นเป็นผลงานของตนเอง เป็นบทความใหม่และไม่เคยตีพิมพ์วารสารใดมาก่อน
2. ต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย/บทความทางวิชาการ ไม่บิดเบือน เสริมแต่งข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
3. ต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่นตามรูปแบบที่วารสารกำหนด หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในบทความตัวเอง รวมทั้งจัดทำรายการอ้างอิงท้ายบทความด้วย
4. ต้องเขียนบทความวิจัย/บทความทางวิชาการ และการอ้างอิงให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน “คำแนะนำผู้เขียน”
5. ชื่อที่ปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัย/บทความทางวิชาการจริง
6. ต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนการทำวิจัย/บทความทางวิชาการ นี้ (ถ้ามี)

7. ผู้นิพนธ์ต้องแก้ไขความถูกต้องของบทความตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) และกองบรรณาธิการ
8. ต้องไม่ส่งบทความเรื่องเดียวกันไปวารสารอื่นๆเพื่อพิจารณาพร้อมกัน
9. ในกรณีทำวิจัยในมนุษย์ ผู้วิจัยต้องผ่านการอบรมจริยธรรม และมีหนังสือรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมิน

1. ต้องรักษาความลับและไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ (Confidentiality)
2. หลังจากได้รับบทความจากบรรณาธิการ และผู้ประเมินบทความ ตระหนักว่าตัวเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ เช่น เป็นผู้ร่วมโครงการ หรือรู้จักผู้นิพนธ์เป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระได้ ผู้ประเมินควรแจ้งให้บรรณาธิการทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ
3. ควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความนั้น ๆ หากไม่มีความถนัดหรือเชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ ควรปฏิเสธการประเมินบทความนั้น และแจ้งให้บรรณาธิการทราบ
4. ไม่ใช่ความรู้สึก หรือความคิดเห็นส่วนตัว ที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการ ตัดสินบทความวิจัย/บทความทางวิชาการเพื่อประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้นๆ
5. ผู้ประเมินพิจารณาถึงการระบุผลงานวิจัย/บทความทางวิชาการ ที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน แต่ผู้นิพนธ์ไม่ได้อ้างถึงบทความนั้นๆ เข้าไปในบทความที่ประเมินควรให้การแนะนำเจ้าของบทความ นอกจากนี้ หากมีส่วนใดของบทความ ที่มีความเหมือน หรือ ซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ประเมินต้อง แจ้งให้บรรณาธิการทราบด้วย

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการมีหน้าที่ประเมินคุณภาพของต้นฉบับที่จะตีพิมพ์ในวารสาร
2. บรรณาธิการต้องทำหน้าที่ทั้งหมดอย่างรอบคอบเพื่อรับรองคุณภาพของต้นฉบับที่ตีพิมพ์ โดยคำนึงถึงว่าวารสารมีเป้าหมายและมาตรฐานที่ชัดเจน
3. บรรณาธิการต้องให้เหตุผลหรือให้ข้อมูลใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตรวจสอบโดยผู้อื่น และต้องเตรียมพร้อมอย่างดีเพื่อพิสูจน์ความเบี่ยงเบนที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการตรวจสอบโดยผู้อื่น
4. บรรณาธิการต้องดำเนินการและดำเนินการงานวารสารให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนดสำหรับการตีพิมพ์
5. บรรณาธิการต้องตัดสินใจยอมรับ หรือปฏิเสธต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์
6. บรรณาธิการต้องอนุญาตให้ผู้เขียนยื่นอุทธรณ์ได้ โดยที่ผู้เขียนมีความคิดเห็นที่แตกต่างจากบรรณาธิการ

7. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลใด ๆ ของผู้เขียนและผู้ตรวจสอบแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนใด ๆ ของการประเมินกระดาษ
8. บรรณาธิการต้องไม่ปฏิเสธงานตีพิมพ์เพียงเพราะความสงสัยหรือความไม่แน่นอนเท่านั้น ต้องจัดหาหลักฐานอันถูกต้องเพื่อพิสูจน์ความสงสัยดังกล่าว
9. บรรณาธิการต้องไม่ตัดสินใจรับบทความที่ถูกปฏิเสธโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) จำนวน 2 คน
10. บรรณาธิการต้องตรวจสอบการลอกเลียนผลงานของบทความ
11. ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงบรรณาธิการ บรรณาธิการที่เพิ่งได้รับแต่งตั้งใหม่ต้องไม่ยกเลิกการตัดสินใจรับบทความที่อดีตบรรณาธิการเคยปฏิเสธ เว้นแต่จะได้รับการพิสูจน์อย่างเหมาะสมและชัดเจน
12. ถ้าบรรณาธิการตรวจพบการลอกเลียนแบบผลงานในระหว่างกระบวนการประเมินบทความ ต้องหยุดกระบวนการประเมินและติดต่อผู้เขียนโดยทันที เพื่อขอคำชี้แจงหรือเหตุผลในการพิจารณาการยอมรับหรือปฏิเสธบทความ
13. บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ไปแล้วในที่อื่น
14. บรรณาธิการต้องมีระบบการจัดการที่ไม่ขัดกันทางผลประโยชน์กับผู้เขียนและผู้ตรวจทานตลอดจนกองบรรณาธิการ
15. บรรณาธิการต้องสนับสนุนเสรีภาพในการแสดงออก รักษาความถูกต้องของงานวิชาการ และปกป้องมาตรฐานทรัพย์สินทางปัญญา

รายละเอียดเพิ่มเติม: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j/Pub1

คำแนะนำ

ในการเตรียมต้นฉบับ

เพื่อตีพิมพ์ในวารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน

การส่งต้นฉบับ

ส่งบทความผ่านเว็บไซต์ https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j
(ส่งไฟล์ Word และ PDF)

การเตรียมต้นฉบับ

1. รูปแบบการพิมพ์ สามารถดูคำแนะนำได้บนเว็บไซต์ ขั้นตอนดังนี้
 1. เข้าเว็บไซต์ https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j
 2. เลือกเมนูขวามือ “คำแนะนำสำหรับผู้เขียน”
2. หัวข้อในบทความ หัวข้อการนำเสนอ ดังนี้

บทความวิจัย	บทความวิชาการ	บทความปริทรรศน์	บทวิจารณ์หนังสือ
1. ชื่อเรื่อง 2. บทคัดย่อ 3. Abstract 4. บทนำ 5. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6. สมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี) 7. กรอบแนวคิดการวิจัย (ถ้ามี) 8. บรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8.1..... 8.2..... 8.3..... 8.4..... 9. วิธีดำเนินการวิจัย 9.1 รูปแบบการวิจัย 9.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 9.3 เครื่องมือวิจัย 9.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	1. ชื่อเรื่อง 2. บทคัดย่อ 3. Abstract 4. บทนำ 5. เนื้อหา (ผู้เขียนกำหนดหัวข้อของเนื้อหาจะนำเสนอ) 6. กรอบการวิเคราะห์เนื้อหาที่นำเสนอ 7. บทสรุป 8. เอกสารอ้างอิง	1. ชื่อเรื่อง 2. บทคัดย่อ 3. Abstract 4. บทนำ 5. เนื้อหาบทความปริทรรศน์ (ผู้เขียนกำหนดหัวข้อของเนื้อหาจะนำเสนอ) 6. บทสรุป 7. เอกสารอ้างอิง	1. ชื่อเรื่อง 2. บทคัดย่อ 3. Abstract 4. บทนำ 5. บทวิจารณ์บทความที่วิพากษ์วิจารณ์เนื้อหาสาระ คุณค่าและคุณภาพการ (Contributions) ของหนังสือ บทความหรือผลงานผู้อื่น โดยใช้หลักวิชาและดุลยพินิจอันเหมาะสม 6. บทสรุป 7. เอกสารอ้างอิง

บทความวิจัย	บทความวิชาการ	บทความปริทรรศน์	บทวิจารณ์หนังสือ
9.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 10. ผลการวิจัย 11. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล 12. ข้อเสนอแนะ 12.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 12.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 13. เอกสารอ้างอิง			

ผู้เขียนสามารถดูรูปแบบการพิมพ์ การเขียนอ้างอิงและตัวอย่าง

คำแนะนำและตัวอย่างการเตรียมต้นฉบับ

ได้ที่ https://drive.google.com/file/d/1gqUbB32j_0JvHT2Z7KpWBQd84SNkyeoc/view

การส่งบทความ

บทความจัดทำขึ้นโดยใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษเท่านั้น ทั้งนี้บทความที่นำมาลงในวารสารจะต้องไม่เคยตีพิมพ์ ส่งไปตีพิมพ์ หรืออยู่ระหว่างการตีพิมพ์ในหนังสือหรือวารสารใดมาก่อน

ผู้เขียนสามารถส่งบทความได้ตลอดเวลาผ่านเว็บไซต์

https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j

- กรณีเคยลงทะเบียนไว้แล้วคลิกปุ่ม “เข้าสู่ระบบ (Login)”
- กรณียังไม่เคยลงทะเบียนให้คลิกปุ่ม “ลงทะเบียน (Register)”

หรือ ส่งบทความ (Submission): https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j/about/submissions

ส่งสองไฟล์โดยแนบไฟล์ Word (.docx) และ PDF คู่กัน

ค่าธรรมเนียม

ค่าธรรมเนียมดำเนินการ จำนวน 5,000 บาท ค่าใช้จ่ายดังกล่าวเป็น Article Processing Charge (APC) ซึ่งจะเรียกเก็บในขั้นตอนหลังบทความผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจากบรรณาธิการ (First Decision) ก่อนเข้าสู่กระบวนการประเมินคุณภาพบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน

หลังจากส่งบทความเข้ามาในระบบแล้ว ให้รอกองบรรณาธิการตรวจสอบบทความเบื้องต้น และให้รอข้อความแจ้งให้ชำระเงิน แล้วจึงดำเนินการชำระหลังจากได้รับข้อความแจ้ง

โอนชำระเงินที่

ธนาคาร : ธนาคารกรุงเทพ

ชื่อบัญชี : วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน

เลขที่บัญชี : 131-4-26990-1

(วารสารฯ เริ่มเก็บค่าธรรมเนียมดำเนินการ ตั้งแต่วันที่ 21 มกราคม 2565)

หลังจากชำระเงินแล้ว ให้แจ้งการโอนเงินพร้อมส่งหลักฐานมาที่ นางสาวบุษยามาศ พุยมูลตรี

Email: bussayamas.pu@ssru.ac.th, natpatsaya.se@ssru.ac.th

**หลังจากได้รับการชำระเงิน บทความจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการประเมินบทความของผู้ทรงคุณวุฒิ

ทั้งนี้ ทางวารสารจะไม่คืนเงินทุกกรณี รวมทั้งกรณีที่บทความไม่ผ่านพิจารณา และ/หรือ กรณีมีการถอดถอนบทความออกจากการตีพิมพ์

รายละเอียดเพิ่มเติม: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/Logis_j/Sub1

MBA Logistics & Supply Chain (SSRU):

สิทธิประโยชน์และข้อมูลทุนการศึกษาที่คุณไม่ควรพลาด



รายละเอียด
ค่าธรรมเนียมการศึกษา
(Tuition Fees)



150,000 บาท
ตลอดหลักสูตร

💰 ค่าธรรมเนียมการศึกษาที่คุ้มค่า
ยกระดับศักยภาพสู่ความก้าวหน้า
ในสายงานโลจิสติกส์ระดับบริหาร

แบ่งชำระได้ 5 เทอม



ระบบการชำระเงินที่ออกแบบมาเพื่อลดภาระ
โดยแบ่งชำระเป็นงวด ๆ ได้ตลอดระยะเวลาการศึกษา

💡 ค่าใช้จ่ายแรกเข้า

- ♦ ค่าแรกเข้า 2,000 บาท
- ♦ ค่าบำรุงห้องสมุดและระบบ ICT 1,500 บาท



สามารถชำระผ่านบัตรเครดิตได้

ช่องทางการชำระ:

🌐 : reg.ssru.ac.th 📱 : SSRU Smart 📲 : Mobile Application



สิทธิประโยชน์และ
ส่วนลดพิเศษ
(Exclusive Discounts)

50%



ส่วนลด 50% สำหรับบุคลากรและศิษย์เก่า
✨ มอบสิทธิพิเศษเป็น 2 เท่า เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้
ตลอดชีวิตให้กับชาวสวนสุนันทา

20%



ส่วนลด 20% สำหรับหน่วยงาน MOU

✨ สิทธิประโยชน์สำหรับองค์กรพันธมิตร
ที่มีความร่วมมือทางวิชาการกับวิทยาลัยฯ

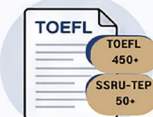


เงื่อนไขการรับทุน
สนับสนุน
(Scholarship Requirements)



คุณสมบัติผู้สมัคร

🎓 บุคลากร | 🎓 ศิษย์เก่า |
สังกัดหน่วยงานที่มี MOU กับวิทยาลัยฯ
📌 ตามเงื่อนไขที่กำหนด



เกณฑ์ทดสอบภาษาอังกฤษ

มีผลคะแนน TOEFL ตั้งแต่ 450 คะแนนขึ้นไป
หรือ SSRU-TEP ตั้งแต่ 50 คะแนนขึ้นไป



ประวัติวินัย

ไม่มีประวัติถูกลงโทษทางวินัยอย่างร้ายแรง
เพื่อรักษามาตรฐานและคุณภาพของหลักสูตร

ข้อมูลการติดต่อ

ติดต่อสอบถามและสมัครเรียน

🌐 : cls.ssru.ac.th

☎ : 034-964-917, 088-3247992



สแกน QR Code
เพื่อสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

พบกับ เจ้าหน้าที่ดูแลการรับสมัคร
วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา



วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



สอบถามเพิ่มเติม

วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
111/3-5 หมู่ที่ 2 ตำบลคลองโพง อำเภอพุทธรักษา จังหวัดนครปฐม 73170
Tel: 034-964-917 เว็บไซต์: www.cls.ssru.ac.th