

การกำหนดตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบบูรณาการสำหรับกลุ่มสินค้าอีคอมเมิร์ซ
โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า
Integrated Storage Location Assignment for E-Commerce Product
Categories Using Product Affinity Analysis

ธนภัทร์ ภูเอี่ยม และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์*

Tanapat Phuaem and Akkaranan Pongsathornwivat*

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

Master of Science in Logistics Management, School of Applied Statistics, National Institute of
Development Administration (NIDA), Bangkok, Thailand

วันที่ส่งบทความ : 19 กุมภาพันธ์ 2568 วันที่แก้ไขบทความ : 25 พฤษภาคม 2569 วันที่ตอบรับบทความ : 26 พฤษภาคม 2569

Received: 16 February 2025, Revised: 25 May 2026, Accepted: 26 May 2026

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าสำหรับธุรกิจอีคอมเมิร์ซ ปัญหาหลักของกรณีศึกษาของบริษัท ABC จำกัด คือการจัดเก็บสินค้าในคลังที่ขาดประสิทธิภาพ ส่งผลให้พนักงานใช้เวลาและระยะทางในการหยิบสินค้ามากเกินไป การวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดเก็บสินค้าโดยอ้างอิงข้อมูลคำสั่งซื้อย้อนหลัง 2 เดือน และประยุกต์ใช้หลักการการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่ม (Class-based storage) ร่วมกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า (Product affinity analysis) โดยทำการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสินค้าเป็น 3 กลุ่มหลัก (ABC analysis) เพื่อจำแนกสินค้าและมุ่งเน้นการจัดวางสินค้าในกลุ่ม A ซึ่งมีความถี่ในการหยิบสูงสุด ผลการวิเคราะห์พบว่า ระยะทางรวมก่อนปรับปรุงคลังสินค้าอยู่ที่ 923,868.5 เมตร เมื่อมีการประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์และหาคำตอบด้วย Excel Solver พบว่า ตัวแบบการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่ม มีระยะทางรวมอยู่ที่ 153,207 เมตร และตัวแบบการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้าอยู่ที่ 150,471 เมตร ตามลำดับ ผลการทดลองสรุปได้ว่า ตัวแบบการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสินค้าที่มักถูกซื้อพร้อมกัน ช่วยให้สามารถกำหนดตำแหน่งจัดเก็บที่เหมาะสม และลดระยะทางในการหยิบสินค้าได้มีประสิทธิภาพสูงสุดถึง 83.7%

คำสำคัญ : การวิเคราะห์เอพีซี ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า การลดระยะทางในการหยิบสินค้า การจัดวางตำแหน่งสินค้าอีคอมเมิร์ซ

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: akkaranan.pon@nida.ac.th

<https://doi.org/10.55003/scikmitl.2026.266394>

Abstract

This study focuses on improving warehouse management efficiency for an e-commerce business. The primary issue identified in the case study of ABC Co., Ltd. was inefficient product storage, which resulted in excessive picking time and travel distance for warehouse operators. To address this problem, the study proposes an improved storage strategy based on two months of historical order data, integrating Class-based storage and Product affinity analysis. Products were classified into three main groups using ABC analysis to support inventory segmentation, with particular emphasis placed on Group A items due to their highest picking frequency. The baseline analysis revealed that the total picking distance prior to warehouse reorganization was 923,868.5 meters. By applying mathematical optimization models and solving them using Excel Solver, the Class-Based Storage approach reduced the total picking distance to 153,207 meters, while the Product Affinity Analysis model achieved a further reduction to 150,471 meters. Experimental results indicate that the Product Affinity Analysis approach, which considers frequently co-purchased items, enables more effective storage location assignment and achieves the highest improvement in picking efficiency, reducing total travel distance by up to 83.7%.

Keywords: ABC analysis, Product affinity, Minimize total distance, Layout design, E-commerce

1. บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่พฤติกรรมของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ธุรกิจอีคอมเมิร์ซ (E-commerce) ได้กลายเป็นช่องทางหลักในการซื้อขายสินค้าทั้งในระดับผู้บริโภคทั่วไปและระดับธุรกิจต่อธุรกิจ (B2B และ B2C) ซึ่งมีอัตราการเติบโตต่อเนื่องจากความสะดวกในการเข้าถึงสินค้าและบริการผ่านแพลตฟอร์มต่าง ๆ เช่น Shopee, Lazada และ TikTok Shop การขยายตัวอย่างรวดเร็วนี้ส่งผลให้บริษัทต้องบริหารจัดการคลังสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับคำสั่งซื้อจำนวนมากในแต่ละวัน และลดระยะเวลาในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า (Bowersox et al., 2013) อย่างไรก็ตาม ระบบการจัดการคลังสินค้าแบบดั้งเดิมที่ขาดการวิเคราะห์เชิงข้อมูลมักก่อให้เกิดปัญหาสำคัญ ได้แก่ ระยะทางในการหยิบสินค้าที่มากเกินไป (Travel distance) ความล่าช้าในการปฏิบัติงาน และข้อผิดพลาดจากการจัดเก็บสินค้าที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสะท้อนถึงปัญหาด้านประสิทธิภาพเชิงปฏิบัติการ (Richards, 2014) นอกจากนี้ การขาดกลยุทธ์ในการจัดวางสินค้า (Storage assignment) ที่เหมาะสมยังส่งผลให้ต้นทุนการดำเนินงานเพิ่มขึ้นและลดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ (Gu et al., 2010)

งานวิจัยด้านการออกแบบคลังสินค้าในช่วงที่ผ่านมาให้ความสำคัญกับเทคนิคการจัดเก็บสินค้าแบบแบ่งกลุ่ม (Class-based storage) ซึ่งเป็นแนวทางที่จัดกลุ่มสินค้าตามความสำคัญหรือความถี่ในการใช้งาน (Business Plus, n.d.) โดยใช้หลัก ABC analysis เพื่อจัดประเภทสินค้าออกเป็นกลุ่ม A, B และ C ตาม

สัดส่วนความสำคัญ Gu et al. (2010) ชี้ให้เห็นว่า การจัดวางสินค้าที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของคลังสินค้าได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยจำนวนมากได้นำแนวคิด Class-based storage และ ABC analysis มาใช้ในการจัดกลุ่มสินค้า โดยมุ่งเน้นการจัดวางสินค้าที่มีความถี่ในการหยิบสูงให้อยู่ใกล้จุดปฏิบัติงาน เพื่อช่วยลดระยะทางเฉลี่ยในการหยิบสินค้า อย่างไรก็ตาม งานวิจัยจำนวนมากยังขาดการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงพฤติกรรมระหว่างสินค้า (Product affinity analysis) ที่มักถูกละเลยซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการจัดวางตำแหน่งสินค้าในพื้นที่คลังให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (Li et al., 2016; Agrawal & Srikant, 1994) งานของ Mirzaei et al. (2021) ชี้ให้เห็นว่า การกำหนดตำแหน่งจัดเก็บสินค้าโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของกลุ่มสินค้า (Cluster-based storage allocation) สามารถลดระยะทางเฉลี่ยในการหยิบสินค้าได้มากกว่า 30% เมื่อเทียบกับการจัดเก็บแบบสุ่ม ขณะที่ Nasir (2025) เน้นถึงความสำคัญของการพิจารณาความเหมาะสมด้านสรีรศาสตร์และพลังงานของพนักงานในการหยิบสินค้า ซึ่งเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของคลังสินค้า

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ช่องว่างของงานวิจัย (Research gap) ที่สำคัญอยู่ที่การผสมผสานแนวทางเชิงข้อมูล (Data-driven storage optimization) เข้ากับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า ภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานจริงของธุรกิจอีคอมเมิร์ซ ซึ่งมีความหลากหลายในประเภทสินค้าและปริมาณคำสั่งซื้อรายวัน งานวิจัยส่วนใหญ่ยังเน้นเพียงการจัดกลุ่มตามความถี่ในการหยิบสินค้า (Frequency-based classification) โดยไม่คำนึงถึงการเกิดร่วมของสินค้าในแต่ละคำสั่งซื้อ (Co-occurrence patterns)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งนำเสนอแนวทางเชิงประยุกต์ในการจัดวางตำแหน่งสินค้าในคลังอีคอมเมิร์ซ โดยใช้หลักการของ ABC analysis ร่วมกับ Product affinity analysis เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่จัดเก็บและลดระยะทางรวมในการหยิบสินค้า การศึกษานี้ใช้ข้อมูลคำสั่งซื้อย้อนหลัง 2 เดือน (เดือนพฤษภาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2567) ครอบคลุมคำสั่งซื้อทั้งหมด 7,577 รายการ จาก 1,999 SKUs โดยมีความถี่การหยิบสินค้ารวมสูงถึง 38,661 ครั้ง ของบริษัทตัวอย่างในประเทศไทยที่ดำเนินธุรกิจผ่านแพลตฟอร์ม Shopee เพื่อทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming) ที่พัฒนา โดยมีเป้าหมายเพื่อลดระยะทางรวมในการหยิบสินค้า เพิ่มความถูกต้องของการปฏิบัติงาน และยกระดับประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการคลังสินค้าให้ตอบโจทย์การแข่งขันของธุรกิจอีคอมเมิร์ซในยุคดิจิทัล (V-Serve Logistics, n.d.)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อแก้ไขปัญหาระยะทางที่ใช้ในการหยิบสินค้าของบริษัท ABC จำกัด ในปัจจุบันการศึกษานี้ใช้แนวทางแบบองค์รวมในการวิเคราะห์ข้อมูลคำสั่งซื้อในอดีตและปรับโครงสร้างการจัดวางสินค้า โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก การวิจัยถูกออกแบบให้ครอบคลุมตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสินค้า ไปจนถึงการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างโครงสร้างคลังสินค้าแบบเดิมและหลังปรับปรุงคลังสินค้าแล้ว

2.1 รวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ ผู้จัดทำได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรายการสินค้าและคำสั่งซื้อย้อนหลังของบริษัท ABC จำกัด เพื่อลดระยะทางในการหยิบสินค้าและการปรับปรุงพื้นที่การหยิบสินค้าภายในคลังสินค้าเป็นระยะเวลา 2 เดือน การใช้ข้อมูลคำสั่งซื้อย้อนหลัง 2 เดือน มีความน่าสนใจเนื่องจากมีจำนวนคำสั่งซื้อและความถี่ในการหยิบสินค้าจากขนาดตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ และมีความสำคัญของธุรกิจจึงเหมาะสมในการศึกษาเพื่อสร้างและทดสอบแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้าภายใต้สภาพการดำเนินงานที่คงที่ ทำให้สามารถประเมินผลของนโยบายการจัดวางสินค้าได้อย่างชัดเจน อีกทั้งการใช้ข้อมูลแบบ Paired data ยังสนับสนุนความเหมาะสมของการทดสอบเชิงสถิติที่ใช้ในการวิจัย โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมเพื่อการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1.1 ข้อมูลพื้นที่การหยิบสินค้าภายในคลังสินค้า

ผู้วิจัยวิเคราะห์เฉพาะพื้นที่หยิบสินค้าล่วงหน้า (Forward area) โดยพิจารณารหัสที่ตั้ง (Location code) รหัสแต่ละสถานที่จัดเก็บสินค้าจะเริ่มที่ A-1-1 ถึง E-17-1 ประกอบด้วย 5 โซน แบ่งตามตัวอักษรคือ A ถึง E พนักงานจะเริ่มเดินจากจุดพักสินค้า (Depot) ไปยังสถานที่จัดเก็บสินค้า (Locations) ต่าง ๆ เพื่อหยิบสินค้า และนำสินค้ามาส่งที่จุดบรรจุสินค้า โดยการกำหนดเส้นทางการเดินหยิบสินค้าเพื่อวัดระยะทางนั้น จะคำนวณเป็นระยะทางของการเดินไปและเดินกลับเส้นทางเดิม ซึ่งจะมีระยะทางไปและกลับเท่ากันเสมอ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 พบว่า โซน A มีระยะทางเดินไป-กลับ 27.5 เมตร รวมระยะทางเดินทั้งหมด 55 เมตร

โซน B มีระยะทางเดินไป-กลับ 25.0 เมตร รวมระยะทางเดินทั้งหมด 50 เมตร

โซน C มีระยะทางเดินไป-กลับ 25.0 เมตร รวมระยะทางเดินทั้งหมด 50 เมตร

โซน D มีระยะทางเดินไป-กลับ 25.0 เมตร รวมระยะทางเดินทั้งหมด 50 เมตร

โซน E มีระยะทางเดินไป-กลับ 20.0 เมตร รวมระยะทางเดินทั้งหมด 40 เมตร

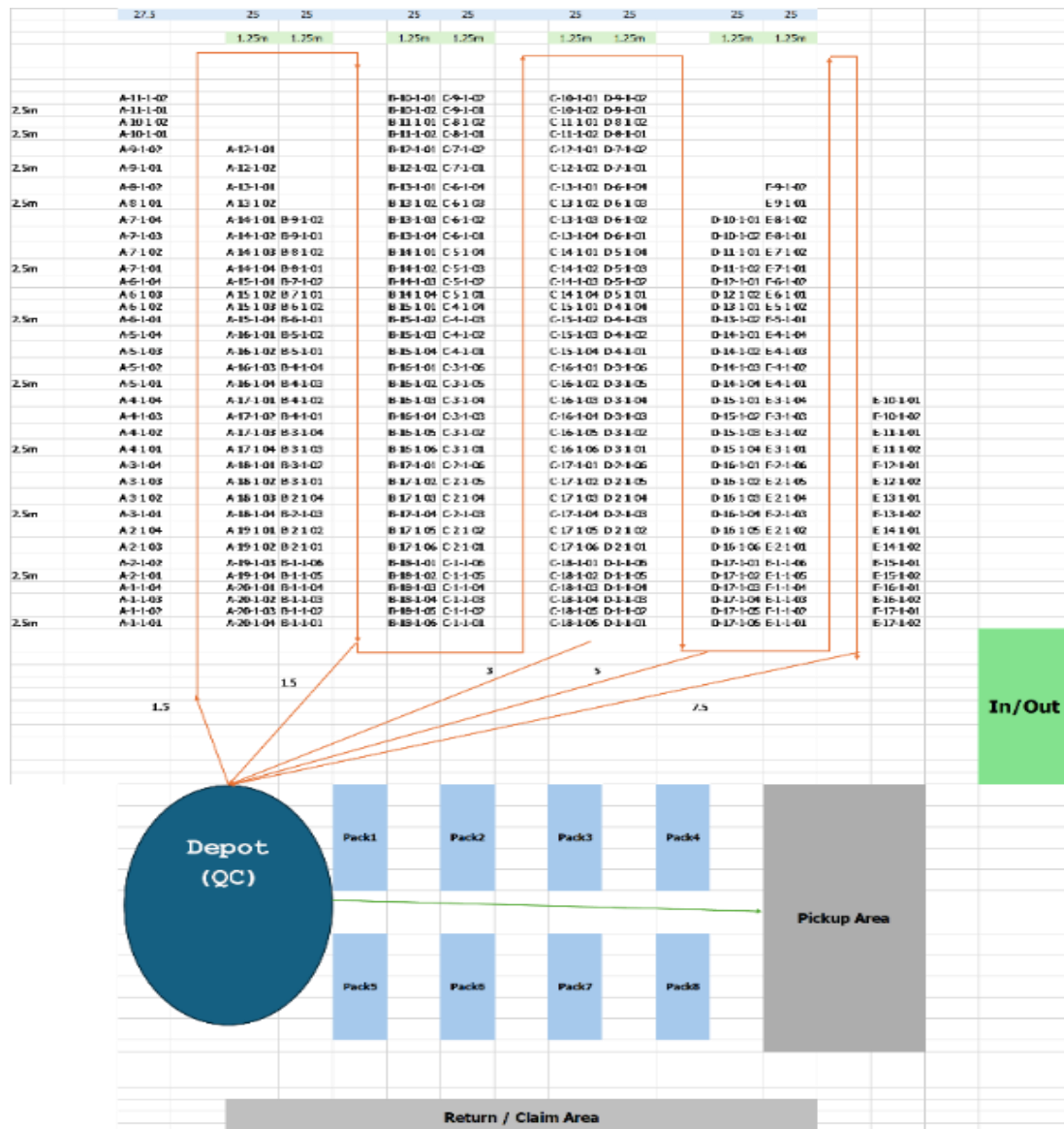
2.1.2 ข้อมูลคำสั่งซื้อในอดีตของบริษัท ABC จำกัด

ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ได้แก่ วันที่ รหัสสินค้า (SKUs) ชื่อสินค้า แพลตฟอร์ม และจำนวนสินค้าตามแต่ละคำสั่งซื้อ โดยผู้วิจัยได้เลือกวิเคราะห์เฉพาะแพลตฟอร์ม Shopee ซึ่งมีจำนวนของรหัสสินค้า (SKUs) มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ Lazada Tiktok และ Line Shopping โดยมีจำนวนทั้งหมด 1,999 SKUs และมีความถี่ในการหยิบสินค้ารวมทั้งหมด 38,661 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 1

2.2 การประยุกต์ทฤษฎีที่ใช้เกี่ยวข้อง

2.2.1 การประยุกต์ใช้นโยบายวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มสินค้า A

จากการวิเคราะห์ความถี่ในการหยิบสินค้าพบว่า จากรหัสสินค้า (SKUs) ทั้งหมด 1,999 SKUs มีเพียง 314 SKUs ที่คิดเป็น 70% ของการหยิบสินค้าทั้งหมดซึ่งจัดเป็นกลุ่มสินค้า A ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นพิจารณาเฉพาะกลุ่มสินค้า A เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลัง โดยการวิเคราะห์แบบจัดกลุ่มสินค้าเป็น 3 กลุ่มหลัก (ABC analysis) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ในการจัดกลุ่มสินค้าภายในคลังสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1. Layout ของคลังสินค้าบริษัท ABC จำกัด

ตารางที่ 1. ข้อมูลคำสั่งซื้อ 2 เดือนย้อนหลังของแพลตฟอร์ม Shopee

แพลตฟอร์ม	ร้านค้า	เดือน	รหัสสินค้า	ชื่อสินค้า	วัสดุ/แบบสินค้า	แบรนด์สินค้า	คลังสินค้า	จำนวนคำสั่งซื้อ	จำนวนสินค้าขาย
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBAG005	My Paws กระเป๋าแมว แบบสะพายหลัง น้ำหนักเบา กระเป๋าผ้าสีเหลืองลายช้าง	เหลือง	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBAG044	My Paws กระเป๋าสะพายข้างสีเหลือง สามารถพับได้ กระเป๋าผ้าสีเหลืองลายยีราฟ	เทา	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-Pet Tycoon Official	2024-05	MPBAG061	My Paws กระเป๋าผ้าสีเหลืองแบบพับได้ กระเป๋าผ้าสีเหลืองลายยีราฟ	E สีเทา	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED109	My Paws ที่นอนสัตว์เลี้ยงสายรัด หวีรองหนุน ขนาดใหญ่ถึง 100 cm หน้าผากกว้าง 40 ซม.	ที่นอนสายรัดดำ (M)	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED112	My Paws ที่นอนสัตว์เลี้ยงสายรัด หวีรองหนุน ขนาดใหญ่ถึง 100 cm หน้าผากกว้าง 40 ซม.	ที่นอนสายรัดดำ (M)	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED222	aws ที่นอนสัตว์เลี้ยง Comfy ที่นอนแมว ขนาด 60 ซม. ขอบนุ่มมาก นอนสบายไร้กังวล	สีชมพู (40Cm)	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED227	My Paws ที่นอนสัตว์เลี้ยง ทรงนอน รองค้ำได้ดี เบาะนุ่มสบาย	M	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED263	My Paws เบาะสัตว์เลี้ยง กันน้ำได้ ผ้า PVC แผ่นรองสัตว์เลี้ยง	Goodnight: 70*70	My Paws	Four P Group	1	2
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED308	My Paws ที่นอนหมาแมว ที่นอนสัตว์เลี้ยงคู่ปรับชีวิต สายน้ำดี เบาะนุ่ม มีกลิ่นดี	S มาดูกัน	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED333	My Paws ที่นอนสัตว์เลี้ยง โฟฟามความหนาแน่นสูง น้ำหนักเบา	โซฟาผ้าสีเหลือง	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED344	My Paws เบาะสัตว์เลี้ยง รุ่นเบาะนุ่มของใจ (C) พับได้ เบาะหนา เบาะนุ่ม เบาะดี เบาะเล็ก	น้ำยา พับได้	My Paws	Four P Group	3	3
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED345	Paws เบาะสัตว์เลี้ยง แบบพับได้ พกพาสะดวก ฉีกพับของได้ เบาะหนา เบาะนุ่ม เบาะดี เบาะเล็ก	สีเทา พับได้	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED389	My Paws Cool mat สัตว์เลี้ยงที่นอน แผ่นรองนอนสัตว์เลี้ยงที่นอน แผ่นรองนอน	ขาวกรีน 30x40	My Paws	Four P Group	4	10
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED390	My Paws Cool mat สัตว์เลี้ยงที่นอน แผ่นรองนอนสัตว์เลี้ยงที่นอน แผ่นรองนอน	ขาวกรีน 40x50	My Paws	Four P Group	13	15
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPBED391	My Paws Cool mat สัตว์เลี้ยงที่นอน แผ่นรองนอนสัตว์เลี้ยงที่นอน แผ่นรองนอน	ขาวกรีน 50x60	My Paws	Four P Group	13	20
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPCAG009	My Paws รองพื้นสัตว์เลี้ยง (O) รองพื้นสัตว์เลี้ยง รองพื้นสัตว์เลี้ยง	โคร M	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPCAG010	My Paws รองพื้นสัตว์เลี้ยง (O) รองพื้นสัตว์เลี้ยง รองพื้นสัตว์เลี้ยง	โคร M	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPCLE001	My Paws ไม้รองก้นสัตว์เลี้ยง (C) ลูกกึ่งไม้ปู ลูกกึ่งไม้ปูสัตว์เลี้ยง	ไม้รองก้น 16 Cm	My Paws	Four P Group	1	1
Shopee	SP-My Paws Official Shop	2024-05	MPCLE003	My Paws ไม้รองก้นสัตว์เลี้ยง (C) ลูกกึ่งไม้ปู ลูกกึ่งไม้ปูสัตว์เลี้ยง	ไม้รองก้น 16 Cm	My Paws	Four P Group	1	2

Range	Number of SKUs
A = 70%	314
B = 20%	459
C = 10%	1226
Total	1999

รูปที่ 2. ผลลัพธ์การแบ่งกลุ่มสินค้าหลังจากวิเคราะห์ตามนโยบาย ABC analysis

2.2.2 การปรับใช้การคำนวณระยะทางถ่วงน้ำหนัก (Weighted distance)

เมื่อจำแนกกลุ่มสินค้า A เรียบร้อยแล้ว จึงคำนวณหาระยะทางก่อนการปรับปรุงเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับนโยบายวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มสินค้า A และนโยบายการจัดสินค้ากลุ่มเดียวกันตามความสัมพันธ์โดยวิเคราะห์จากข้อมูลกลุ่มสินค้า A ในช่วงเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน พ.ศ. 2567 ซึ่งในเดือนพฤษภาคมมีรายการสินค้าอยู่ที่ 256 SKUs มีความถี่การหยิบสินค้า 8,325 ครั้ง และเดือนมิถุนายนมีรายการสินค้าอยู่ที่ 243 SKUs มีความถี่การหยิบสินค้า 9,068 ครั้ง โดยวิเคราะห์ข้อมูลตามตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าในปัจจุบัน

การคำนวณระยะทางถ่วงน้ำหนัก เพื่อหาระยะทางที่ใช้ก่อนปรับปรุง (Existing distance) คือการคำนวณผลกระทบของระยะทางในการหยิบสินค้าภายใต้ความถี่ของการหยิบสินค้า โดยความถี่ในการหยิบสินค้าทั้งหมด (Total frequency) คือข้อมูลความถี่รวมของการหยิบสินค้าในคลังหรือจำนวนครั้งที่สินค้าในคลังถูกใช้งาน และ Master distance คือระยะทางรวมที่ต้องเดินทางเพื่อหยิบสินค้า ดังสมการที่ (1)

$$\text{Weighted distance} = \text{Total frequency} \times \text{Master distance} \quad (1)$$

2.2.3 การประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นกับการแก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (Storage Location Assignment Problem: SLAP)

โดยทำการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นในการแก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (SLAP) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า โดยมุ่งเน้นการลดระยะทางและเวลาในการหยิบสินค้า รวมถึงการใช้พื้นที่จัดเก็บอย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งมีแบบจำลองคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ (2) - (5)

ในส่วนของการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นกับการแก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้าเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า (SKUs) ในคลังสินค้า โดยมีเป้าหมายเพื่อลดระยะทางการเดินของพนักงานในการหยิบสินค้า หรือการลดต้นทุนการจัดการคลังสินค้า

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^{314} \sum_{i=1}^{314} f_i D_j X_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{314} X_{ij} = 1 ; \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{314} Q_j X_{ij} \leq 16 ; \forall i \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad (5)$$

เมื่อ

f_i คือ ความถี่ (Frequency) ในการหยิบสินค้า i โดย $i = \{1, 2, \dots, 314\}$

D_j คือ ระยะทาง (Distance) ที่ต้องเดินทางเพื่อหยิบสินค้า i จากตำแหน่ง j ไปยังจุดศูนย์กลาง (Depot) โดย $i = \{1, 2, \dots, 314\}$

Q_j คือ ความจุ (Capacity) ของแต่ละตำแหน่ง j

X_{ij} มีค่าเป็น 1 หากสินค้า SKUs i ถูกจัดเก็บที่ตำแหน่ง j และเป็น 0 หากไม่ใช่

ตามสมการที่ (2) มีเป้าหมายเพื่อลดระยะทางรวมที่เกิดจากการจัดสรรสินค้าตามความถี่หยิบสินค้า i ไปยังตำแหน่งจัดเก็บ ซึ่งทำการวัดในรูปแบบของระยะทางที่ต้องเดินทางเพื่อหยิบสินค้า i จากตำแหน่ง j ไปยังจุดศูนย์กลาง (Depot)

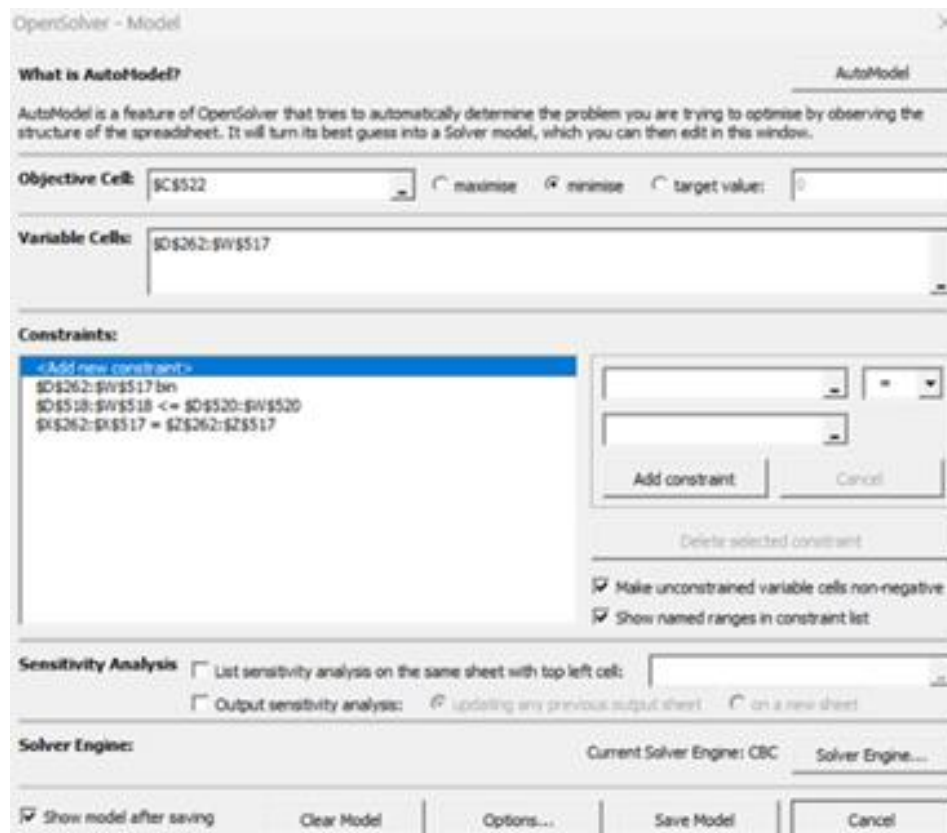
จุดประสงค์ตามสมการที่ (2) โดยมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

ข้อกำหนดที่ 1 คือสมการที่ (3) สินค้าแต่ละรายการ i ต้องถูกจัดสรรไปยังตำแหน่งเก็บ j เพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น

ข้อกำหนดที่ 2 คือสมการที่ (4) แต่ละตำแหน่งจัดเก็บสินค้า j สามารถเก็บสินค้าได้สูงสุดเพียง 16 SKUs เพื่อไม่ให้เกินความจุของตำแหน่งเก็บ

ก่อนทำการแก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้า ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเป็นไปได้ของปัญหา (Feasibility) โดยพิจารณาจำนวนตำแหน่งจัดเก็บทั้งหมดและความจุสูงสุดของแต่ละตำแหน่งเปรียบเทียบกับจำนวน SKUs ที่ต้องจัดเก็บในกลุ่มที่นำมาวิเคราะห์ (กลุ่มสินค้า A) พบว่า ความจุรวมของพื้นที่จัดเก็บมีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับจำนวน SKUs ทั้งหมดที่ต้องจัดสรร จึงรับประกันได้ว่าปัญหามีคำตอบที่เป็นไปได้

ได้ภายใต้ข้อจำกัดของแบบจำลองเชิงเส้นที่กำหนดไว้ รายละเอียดการแก้ปัญหาโดยใช้ OpenSolver แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. การแก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้า โดยใช้ OpenSolver

2.2.4 การประยุกต์ใช้หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทุกคู่ที่เป็นไปได้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งก่อให้เกิดความซับซ้อนเชิงคำนวณสูงและไม่จำเป็นในเชิงปฏิบัติ ผู้วิจัยใช้แนวทาง Market basket analysis โดยพิจารณาเฉพาะสินค้าที่ปรากฏร่วมกันจริงภายในคำสั่งซื้อเดียวกัน จากข้อมูลคำสั่งซื้อย้อนหลังจำนวน 7,577 รายการ เพื่อหาจำนวนครั้งที่สินค้าแต่ละคู่ถูกหยิบรวมกัน (Co-occurrence frequency) และจัดอันดับคู่สินค้าที่มีความถี่สูงสุดเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจัดวางตำแหน่งสินค้า วิธีการนี้ช่วยลดภาระการคำนวณและสอดคล้องกับแนวปฏิบัติที่ใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อสินค้าของลูกค้าในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน จากคำสั่งซื้อย้อนหลังของลูกค้าทั้งหมด 7,577 รายการ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และพิจารณาคำสั่งซื้อสินค้า เพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสินค้าที่มักถูกซื้อร่วมกัน การวิเคราะห์นี้จะหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง

สินค้า ซึ่งช่วยให้ทราบว่าสินค้าใดบ้างที่ถูกค้ำกซื้อพร้อมกัน โดยการพิจารณาข้อมูลการสั่งซื้อว่าแต่ละคำสั่งซื้อนั้นมีความถี่ในการหยิบสินค้าระหว่างสินค้า A และ B พร้อมกันเป็นจำนวนกี่ครั้ง ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงการจัดวางสินค้าในคลังให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ตัวอย่างจำนวนความถี่ในการหยิบสินค้าระหว่างสินค้า A และ B ของเดือนพฤษภาคม

Product <i>i</i>	Product <i>j</i>	Product affinity
MPFED127	MPFED128	32
MPFED200	MPFED201	22
MPCLE002	MPCLE004	20
MPFED194	MPFED195	18
MPTOY093	MPTOY221	18
MPTOI141	MPTOI173	16
MPTOI184	MPT0013	16
MPGRO010	MPGRO011	16
MPGRO009	MPGRO013	15
MPT00183	MPT0013	15
MPFOD439	MPFOD441	14
MPFOD110	MPFOD111	14
MPT00183	MPT00202	14
MPT00109	MPCOO112	14

2.2.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางสินค้าและหาคำตอบที่ดีที่สุด

1) ปรับรูปแบบการจัดวางตำแหน่งสินค้าตามการวาง ณ ปัจจุบัน โดยการใช้การคำนวณระยะทางถ่วงน้ำหนักเพื่อทราบระยะทางเดิม โดยนำมาเปรียบเทียบกับนโยบายวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มสินค้า A และนโยบายการจัดสินค้ากลุ่มเดียวกัน

2) ปรับรูปแบบการจัดวางตำแหน่งสินค้าตามกลุ่มสินค้า A ซึ่งดูว่ารายการสินค้าใดมีความถี่ในการหยิบสินค้ามากที่สุด โดยใช้แบบจำลอง SLAP

3) ปรับรูปแบบการจัดวางตำแหน่งสินค้าตามนโยบายการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า ซึ่งวิเคราะห์พฤติกรรมของการซื้อสินค้าของลูกค้า โดยการพิจารณาข้อมูลการสั่งซื้อว่าแต่ละคำสั่งซื้อนั้นมีความถี่ในการหยิบสินค้าระหว่างสินค้า A และ B พร้อมกันเป็นจำนวนกี่ครั้ง เพื่อกำหนดตำแหน่งจัดเก็บให้ใกล้กัน โดยแบบจำลอง SLAB

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางสินค้าก่อนปรับปรุง

ในเดือนพฤษภาคม มีรายการสินค้าทั้งหมด 256 SKUs และมีความถี่ในการหยิบสินค้าทั้งหมด 8,325 ครั้ง และเดือนมิถุนายน มีรายการสินค้าทั้งหมด 243 SKUs และมีความถี่ในการหยิบสินค้าทั้งหมด 9,068 ครั้ง โดยวิเคราะห์ด้วยการคำนวณระยะทางถ่วงน้ำหนัก ซึ่งทำการคำนวณที่ละโซนตั้งแต่โซน A ถึง E โดยนำความถี่ในการหยิบสินค้ารวมของแต่ละโซนคูณกับระยะทางรวมของแต่ละโซน ซึ่งเป็นระยะทางจากจุด Depot ไปยังโซนนั้น ๆ หลังจากได้ผลลัพธ์แล้วจึงนำระยะทางรวมตั้งแต่โซน A ถึง E มาหาผลรวม ผลการวิเคราะห์พบว่า มีระยะทางรวมเท่ากับ 446,094.50 เมตร และ 477,774.00 เมตร ตามลำดับ โดยมีระยะทางรวมทั้งสองเดือน (พฤษภาคมและมิถุนายน) เท่ากับ 923,868.5 เมตร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3. ระยะทางรวมทั้งหมดก่อนปรับปรุงของเดือนพฤษภาคม

รายการ/โซน	โซน A	โซน B	โซน C	โซน D	โซน E	Total
ผลรวมของความถี่ในการหยิบสินค้า (จำนวนครั้ง)	2,357.00	2,848.00	1,846.00	1,120.00	174.00	8,325
ระยะทางรวมของแต่ละโซนจัดเก็บสินค้า (เมตร)	55.50	48.00	61.00	55.00	31.50	251
ระยะทางรวม (เมตร)	129,703.50	136,704.00	112,606.00	61,600.00	5,481.00	-
ระยะทางรวมทั้งหมด (เมตร)	446,094.50					

ตารางที่ 4. ระยะทางรวมทั้งหมดก่อนปรับปรุงของเดือนมิถุนายน

รายการ/โซน	โซน A	โซน B	โซน C	โซน D	โซน E	Total
ผลรวมของความถี่ในการหยิบสินค้า (จำนวนครั้ง)	1,758.00	4,522.00	2,003.00	691.00	94.00	9,068
ระยะทางรวมของแต่ละโซนจัดเก็บสินค้า (เมตร)	55.50	48.00	61.00	55.00	31.50	251
ระยะทางรวม (เมตร)	97,569.00	217,056.00	122,183.00	38,005.00	2,961.00	-
ระยะทางรวมทั้งหมด (เมตร)	477,774.00					

3.2 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางสินค้าหลังปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้นโยบายการวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มสินค้า A

การปรับปรุงแบบการจัดวางตำแหน่งสินค้าตามนโยบายการวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มสินค้า A พิจารณาจากรายการสินค้าที่มีความถี่ในการหยิบสินค้ามากที่สุดโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยที่สุด และคำนวณโดยใช้วิธีการแก้ปัญหการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้าพบว่า ระยะทางรวมของเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนลดลงเหลือ 77,240 เมตร และ 75,967 เมตร ตามลำดับ รวมระยะทางในสองเดือน 153,207 เมตร ซึ่งลดลง 83.41% เมื่อเทียบกับระยะทางรวมของการจัดวางตำแหน่งสินค้าก่อนปรับปรุง

3.3 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางสินค้าสินค้าหลังปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้นโยบายการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า

การปรับปรุงแบบการจัดวางตำแหน่งสินค้าตามนโยบายการวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มสินค้า A ซึ่งวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อขายสินค้าของลูกค้า โดยการพิจารณาข้อมูลการสั่งซื้อว่าแต่ละคำสั่งซื้อนั้นมีความถี่ในการหยิบสินค้าระหว่างสินค้า A และ B พร้อมกันเป็นจำนวนกี่ครั้งต่อคำสั่งซื้อนั้น ๆ โดยใช้การคำนวณด้วยใช้วิธีการแก้ปัญหการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้า พบว่า ระยะทางรวมของเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน คือ 77,240 เมตร และ 73,231 เมตร ตามลำดับ รวมระยะทางในสองเดือนเท่ากับ 150,471 เมตร คิดเป็นการลดลง 83.72% เมื่อเทียบกับระยะทางรวมของการจัดวางตำแหน่งสินค้าก่อนปรับปรุง

เพื่อสามารถนำแนวทางไปประยุกต์ใช้จริงได้ งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงการอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ Product affinity ให้มีความชัดเจนและเป็นลำดับขั้น โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลคำสั่งซื้อย้อนหลังและแยกรายการสินค้าในแต่ละคำสั่งซื้อ จากนั้นทำการคำนวณจำนวนครั้งที่สินค้าแต่ละคู่ถูกสั่งซื้อร่วมกันเพื่อสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า (Product affinity matrix) ขั้นตอนถัดไปคือ การคัดเลือกคู่สินค้าที่มีค่าความสัมพันธ์สูงสุดเพื่อนำมาจัดกลุ่มสินค้า และสุดท้ายจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองการจัดสรรตำแหน่งจัดเก็บสินค้า เพื่อกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าให้เหมาะสมกับรูปแบบการใช้งานจริงของคลังสินค้า การนำเสนอขั้นตอนดังกล่าวช่วยเพิ่มความสามารถในการทำซ้ำได้ของงานวิจัย (Reproducibility) และเอื้อให้สามารถนำแนวทางไปประยุกต์ใช้กับคลังสินค้าในบริบทอื่นได้อย่างเป็นรูปธรรม

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลลัพธ์ ในส่วนของนโยบายการวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มสินค้า A และนโยบายการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า เมื่อเทียบกันแล้ว ในเดือนมิถุนายนพบว่า มีระยะทางที่ลดลงในนโยบายการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้าอยู่ที่ 2,736 เมตร หรือ 3.60% แต่เมื่อเทียบกับเดือนพฤษภาคม พบว่า มีระยะทางเท่าเดิมแต่มีการจัดวางสินค้าหลังปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บสินค้าที่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดวางตำแหน่งสินค้าก่อนปรับปรุงจะเห็นได้ว่า มีการลดลงของระยะทางรวมมากกว่า 83% ซึ่งอาจสะท้อนถึงลักษณะเฉพาะของการใช้งานในกลุ่มเหล่านี้ เช่น ความถี่ในการหยิบสินค้าหรือการจัดวางสินค้าในคลังสินค้า เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5. การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระยะทางของการหยิบสินค้า

ตัวแบบ	ระยะทางรวมเดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระยะทางรวมเดือนมิถุนายน (เมตร)	ระยะทางรวม (เมตร)	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ตำแหน่งจัดวางสินค้าก่อนปรับปรุง	446,094.5	477,774	923,868.5	-
ตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยนโยบาย Class A analysis	77,240	75,967	153,207	83.41%
ตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยนโยบาย Product affinity	77,240	73,231	150,471	83.72%

เพื่อทดสอบว่านโยบายจัดวางสินค้าลด “ระยะทางรวมในการหยิบสินค้า” ได้จริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ จึงได้ทำการทดสอบทางสถิติแบบ t-test สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (Paired t-test) โดยมีสมมติฐานหลัก (H_0) ว่า ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างระยะทางก่อนและหลังปรับปรุงมีค่าเท่ากับศูนย์ และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ว่า ค่าเฉลี่ยของผลต่างดังกล่าวมีค่ามากกว่าศูนย์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ แบบ One-tailed test โดยเปรียบเทียบข้อมูลหน่วยของการจับคู่ในการทดสอบนี้คือข้อมูลรายเดือน โดยมีจำนวนคู่ทั้งหมด $n = 2$ คู่ ได้แก่ เดือนพฤษภาคมและเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567 สำหรับแต่ละคู่ ผลต่าง d ถูกคำนวณจากระยะทางถ่วงน้ำหนักรวม (Total weighted distance) ก่อนปรับปรุง หักด้วยระยะทางถ่วงน้ำหนักรวมหลังปรับปรุงในเดือนเดียวกัน

ผลการวิเคราะห์พบว่า นโยบาย Class A analysis ส่งผลให้ระยะทางรวมของการหยิบสินค้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า t ที่ได้มีขนาดสูงมาก ($t = 23.39$ และ $p = 0.027$) แสดงให้เห็นว่านโยบายดังกล่าวสามารถลดการเดินของพนักงานหยิบสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพในทำนองเดียวกัน นโยบาย Product affinity ก็แสดงผลลดระยะทางรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 21.67$, $p = 0.029$) เช่นกัน ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การจัดวางสินค้าตามความสัมพันธ์ (Affinity) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของคลังสินค้าได้จริง โดยสรุปผลการศึกษานี้ยืนยันว่า ทั้งสองแนวทางการปรับปรุงตำแหน่งจัดวางสินค้าให้ผลลัพธ์ที่มีนัยสำคัญในการลดระยะทางการเดินของพนักงานหยิบสินค้า โดยมีสัดส่วนการลดลงมากกว่า 83% เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดวางก่อนปรับปรุง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงปฏิบัติการในการเพิ่มประสิทธิภาพงานคลังสินค้าอย่างชัดเจน

แม้ว่าผลการวิจัยนี้จะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่านโยบายการจัดวางสินค้าทั้งแบบ Class A analysis และ Product affinity analysis สามารถลดระยะทางรวมในการหยิบสินค้าได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดดังต่อไปนี้

1) การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากกรณีศึกษาของบริษัทเพียงแห่งเดียวซึ่งเป็นธุรกิจอีคอมเมิร์ซที่มีลักษณะสินค้า รูปแบบคำสั่งซื้อ และโครงสร้างคลังสินค้าเฉพาะตัว ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้อาจยังไม่สามารถอ้างอิงหรือขยายผลไปยังธุรกิจประเภทอื่นได้โดยตรง เช่น คลังสินค้าสำหรับสินค้าอุตสาหกรรมหนัก คลังสินค้าแบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ หรือคลังสินค้าที่มีปริมาณ SKUs และรูปแบบการหยิบสินค้าที่แตกต่างออกไป

2) ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลคำสั่งซื้อย้อนหลังเพียง ระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมความผันผวนของพฤติกรรมผู้บริโภคในระยะยาว เช่น ช่วงเทศกาล โปรโมชั่นขนาดใหญ่ หรือการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มความต้องการสินค้าในแต่ละฤดูกาล ส่งผลให้แบบจำลองที่ได้สะท้อนสภาพการดำเนินงานในช่วงเวลาจำกัดเท่านั้น จึงน่าสนใจศึกษาต่อยอดในอนาคต

3) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการทดสอบนี้อาศัยข้อมูลเพียง $n = 2$ คู่ ซึ่งส่งผลให้องศาแห่งเสรีมีค่าต่ำ ($df = 1$) การแปลผลจึงควรกระทำด้วยความระมัดระวัง แม้ค่า t ที่ได้จะสูงมากอันเป็นผลจากขนาดของผลต่างที่ใหญ่และความแปรปรวนระหว่างเดือนที่ต่ำ การขยายช่วงเวลาการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมอย่างน้อย 6 ถึง 12 เดือนในงานวิจัยอนาคตจะช่วยเพิ่มกำลังทางสถิติ (Statistical power) และความสามารถในการอ้างอิงผลไปยังบริบทอื่นได้มากยิ่งขึ้น

สำหรับแนวทางการวิจัยในอนาคตสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดการ

พื้นที่คลังสินค้าแบบอัตโนมัติและปรับตัวได้แบบเรียลไทม์ (Kongkaew et al., 2024) เช่น การใช้ Reinforcement Learning ในการปรับตำแหน่งจัดเก็บสินค้าอย่างต่อเนื่องตามพฤติกรรมการสั่งซื้อที่เปลี่ยนแปลง หรือการใช้ AI ร่วมกับ Digital Twin เพื่อจำลองสถานการณ์และประเมินผลกระทบของการจัดวางสินค้าในหลายรูปแบบก่อนนำไปใช้งานจริง นอกจากนี้ ยังสามารถขยายการวิเคราะห์ไปสู่ การทดสอบนโยบายการจัดวางสินค้าที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การผสาน Product Affinity กับปัจจัยด้าน สรีรศาสตร์ของพนักงาน การพิจารณาพลังงานที่ใช้ในการหยิบสินค้า หรือการคำนึงถึงต้นทุนด้านแรงงาน และเวลาในการปฏิบัติงานร่วมกับระยะทาง เพื่อให้ได้แบบจำลองการจัดการคลังสินค้าที่ครอบคลุมทั้งมิติ ด้านประสิทธิภาพ ต้นทุน และความยั่งยืนในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง (References)

- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast algorithms for mining association rules. *Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB)* (pp. 487-499). <https://www.vldb.org/conf/1994/P487.PDF>
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2013). *Supply chain logistics management* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Business Plus. (n.d.). *Product classification based on ABC analysis*. Business plus. <https://www.businessplus.co.th> (in Thai)
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 539-549. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031>
- Kongkaew, W., Koohathongsumrit, N., Pongsathornwiwat, A., Suwatcharachaitiwong, S., Buakum, D., Limna, T., & Khumprom, P. (2024). Application of hippopotamus optimization algorithm for the routing problem in drinking water factory. *Proceedings of the 24th Asia Pacific Industrial Engineering & Management System Conference (APIEMS 2024)* (pp. 332-337).
- Li, J., Moghaddam, M., & Nof, S. Y. (2016). Dynamic storage assignment with product affinity and ABC classification—a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84, 2179-2194. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7806-7>
- Mirzaei, M., Zaerpour, N., & de Koster, R. (2021). The impact of integrated cluster-based storage allocation on parts-to-picker warehouse performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 146, Article 102207. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102207>

- Nasir, D. (2025). Efficiency and ergonomics: a comprehensive study on item assignment strategies and energy optimization in manual picking warehouses. *Operational Research*, 25(2), Article 45. <https://doi.org/10.1007/s12351-025-00929-x>
- Richards, G. (2014). *Warehouse management* (2nd ed.). Kogan Page Limited.
- V-Serve Logistics. (n.d.). *Process improvement in warehouse operations and storage strategies*. V-serve Group.