บทความวิจัย

การออกแบบผังและวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางสินค้าอุปโภคบริโภคที่พิจารณาลักษณะความต้องการใช้สินค้าระหว่างหมวดทั่วไปและหมวดกลุ่มสินค้ามีความสัมพันธ์กันทั้งภายในและระหว่างกลุ่ม

รัฐประศาสน์ รักบางแหลม และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์*
สาขาวิชาโลจิสติกส์อัจฉริยะและการจัดการโซ่อุปทาน คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 5879 7956 อีเมล: akkaranan.pon@nida.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.12.001
รับเมื่อ 25 พฤษภาคม 2567 แก้ไขเมื่อ 18 กันยายน 2567 ตอบรับเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2567 เผยแพร่ออนไลน์ 2 ธันวาคม 2567
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ผังจัดวางสินค้าและตำแหน่งจัดวางสินค้าเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดระยะทางเดินหยิบสินค้าที่ไม่จำเป็นลงคลังจัดเก็บสินค้าอุปโภคบริโภคนั้น นอกจากการพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมด้วยประมาณความถี่ในการหยิบสินค้าแล้ว การพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ความต้องการใช้สินค้าร่วมกันระหว่างหมวดทั่วไปและหมวดกลุ่มสินค้าเป็นอีกปัญหาที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหยิบสินค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางที่เหมาะสมด้วยการพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ความต้องการใช้สินค้าร่วมกันระหว่างภายในและระหว่างหมวดทั่วไปและหมวดกลุ่มสินค้า ข้อมูลกรณีศึกษามีสินค้าตามหมวดกลุ่มสินค้า จำนวน 366 SKUs และสินค้าหมวดทั่วไปที่ใช้ร่วมกับกลุ่มสินค้าอื่น จำนวน 81 SKUs ตัวแบบที่วิเคราะห์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน 1) วิเคราะห์ระดับของความสัมพันธ์ของความต้องการใช้ระหว่างสินค้าหมวดทั่วไปกับสินค้าตามหมวดกลุ่มสินค้าทั้งรูปแบบความต้องการภายในและระหว่างกลุ่มสินค้าด้วยกฎความสัมพันธ์ แล้วแบ่งกลุ่มของสินค้าที่มีความสัมพันธ์ด้วยเกณฑ์ความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้น 2) ออกแบบและวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางสินค้าทั้งกลุ่มสินค้าที่มีความสัมพันธ์และไม่มีความสัมพันธ์ด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น ผลจากการทดลองและเปรียบเทียบตัวแบบด้วยรายการหยิบสินค้าจำนวน 10 รายการ พบว่า ตัวแบบผังจัดวางและกำหนดตำแหน่งแบบอิงความสัมพันธ์ทั้งภายในและระหว่างกลุ่มสินค้า (Relation Based Inter- and Intra-product Groups) เป็นตัวแบบที่ดีที่สุด เพราะสามารถช่วยลดระยะทางการเดินหยิบสินค้าโดยเฉลี่ยรวมลงได้จาก 11,897.6 เหลือ 3,996.4 เมตร หรือคิดเป็น 66.41%

คำสำคัญ: การปรับปรุงตำแหน่งจัดวางสินค้า ผังจัดวางคลิงสินค้าแบบมีความสัมพันธ์ การประยุกต์กฎความสัมพันธ์ การประยุกต์คณิตศาสตร์เชิงเส้น

การอ้างอิงบทความ: รัฐประศาสน์ รักบางแหลม และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์, "การออกแบบผังและวิเคราะห์ตำแหน่งจัดวางสินค้าอุปโภคบริโภคที่พิจารณาลักษณะความต้องการใช้สินค้าระหว่างหมวดทั่วไปและหมวดกลุ่มสินค้ามีความสัมพันธ์กันทั้งภายในและระหว่างกลุ่ม," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 4, หน้า 1–16, เลขที่บทความ 254-7655, ต.ค.–ธ.ค. 2568.

Research Article

Warehouse Layout Design and Product Placement Analysis of Fast–Moving Consumer Goods by Considering the Intra– and Inter–Relationsbetween Common Items and Group Products Demand

Ratthaprasat Rakbanglaem and Akkaranan Pongsathornwiwat*
Smart Logistics and Supply Chain Management, Graduate School of Applied Statistics, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 09 5879 7956, E–mail: akkaranan@as.nida.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.12.001
Received 25 May 2024; Revised 18 September 2024; Accepted 31 October 2024; Published online: 2 December 2024
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Layouts and storage location assignments play an important role in reducing unproductive travel distances. Typically, fast-moving consumer goods warehouses determine product placement based on picking frequencies. However, this approach may be insufficient when dealing with situations where requested items are correlated, such as the intra- and inter-relations between common items and product groups. Considering these correlations can improve picking operation efficiency. The objective of this study is to determine optimal storage locations by recognizing associations within and between product groups. The case study data includes two distinct groups: 336 SKUs of consumer brands and 81 SKUs of common items. The proposed method involves two phases. First, the degree of association for each product is determined based on intra- and inter-relations among groups using association-rule concepts. Second, the optimal locations are designed and analyzed to accommodate both correlated groups and individual items. Performance evaluations on 10 picking lists indicate that layouts designed with inter- and intra-group product relations outperform other approaches. Compared to the original travel distance, the proposed storage locations reduce unproductive travel from 11,897.6 meters to 3,996.4 meters, achieving a reduction of up to 66.41%.

Keywords: Product Placement Improvement, Relation Based-warehouse Layout, Application of Association-rules, Applied Mathematical Programming

Please cite this article as: R. Rakbanglaem and A. Pongsathornwiwat, "Warehouse layout design and product placement analysis of fast-moving consumer goods by considering the intra- and inter-relations between common items and group products demand," *The Journal of KMUTNB*, vol. 35, no. 4, pp. 1–16, ID. 254-7655, Oct.–Dec. 2025 (in Thai).

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัญหาในการปรับปรุงคลังสินค้าประกอบไปด้วย 2 เรื่องหลัก คือ การออกแบบเส้นทางการเดินหยิบสินค้าและการออกแบบผังจัดวางและการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้า [1] โดยเป้าหมายของทั้ง 2 ปัญหา คือ การลดระยะทางในการเดินหยิบสินค้าที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ลง [2] อย่างไรก็ดี ข้อเสียเปรียบของการออกแบบเส้นทางการเดินหยิบสินค้านั้น ต้องทำการออกแบบก่อนเริ่มทำการหยิบทุกครั้ง และพิจารณาถึงการออกแบบแบท (Batch) ของการหยิบ ทำให้เสียเวลาในการดำเนินงานและไม่สามารถปรับใช้ได้ในทุกกรณี [3]

การออกแบบผังและตำแหน่งจัดวางจะมีข้อได้เปรียบในเรื่องของการปรับใช้ได้ในหลายกรณี [3] การออกแบบผังและกำหนดตำแหน่งจัดวางจึงเป็นหัวข้อวิจัยที่สำคัญ ดังแสดงใน [4]–[7] โดยทั่วไปแล้วการออกแบบผังจะนิยมทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ABC Analysis โดยกลุ่ม A เป็นกลุ่มที่มีการหยิบสูงและบ่อยด้วยข้อมูลความถี่ในการหยิบสินค้า เมื่อได้กลุ่มที่เหมาะสมแล้วจะทำการออกแบบโซนหรือพื้นที่เพื่อการจัดเก็บ ในส่วนของขั้นตอนนี้ทำการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าภายใต้พื้นที่จัดเก็บนั้น อย่างไรก็ดีการออกแบบผังและตำแหน่งจัดวางที่พิจารณาเพียงข้อมูลด้านความถี่ในการหยิบสินค้ายังไม่เพียงพอต่อทุกกรณี เช่น ในกรณีการหยิบแบบสินค้าที่มีความสัมพันธ์ต้องหยิบคู่กันในคลังสินค้าประเภทอุปโภคบริโภค (Fast–Moving Consumer Goods) ที่มีการหยิบสินค้ากลุ่มทั่วไปคู่กับสินค้าตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ [4], [6], [7] ทำการตัวแบบสองระดับสำหรับการจัดกลุ่มและระบุตำแหน่งการวางสินค้าในการปรับปรุงผังคลังสินค้าแบบสินค้าที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองต่อปัญหาด้วยการวางสินค้าหลักและผลิตภัณฑ์ให้อยู่ใกล้กัน โดยการนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบสองระดับ (Two Stages Mathematical Programming) เข้ามาจัดกลุ่มและระบุตำแหน่งจัดวางสินค้า โดยหาความสัมพันธ์ของสินค้ากับกลุ่มผลิตภัณฑ์ และระบุตำแหน่งการวางสินค้าด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์แบบ 0–1 อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวสนใจแค่ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มสินค้าที่มีร่วมกันเป็นหลัก ไม่ได้วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม เช่น กลุ่มผลิตภัณฑ์ (Product Groups; PG) และกลุ่มสินค้าใช้ร่วมกันทั่วไป (Common Product Groups; CPG) เข้ามาใช้เป็นตัวแปรในการหาตำแหน่งจัดวาง งานวิจัยนี้จึงเกิดแนวคิดว่ารูปแบบตำแหน่งจัดวางที่ใช้อยู่นั้นอาจไม่ใช่รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการหารูปแบบตำแหน่งจัดเก็บสินค้าโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของกลุ่มสินค้าทั่วไปที่เกิดขึ้นกับกลุ่มผลิตภัณฑ์ ทั้งรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม (Between-Group) และภายในกลุ่ม (Within-Group) เพื่อกำหนดรูปแบบการจัดวางที่สามารถการลดระยะการเดินหยิบสินค้าที่มากเกินความจำเป็นลงจากผังการจัดวางแบบเดิมได้มากยิ่งขึ้น

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แผนผังของคลังสินค้า (Warehouse Layout) นับว่าเป็นส่วนสำคัญมากต่อกิจกรรมการทำงานภายในคลังสินค้าเนื่องจากมีผลโดยตรงต่อทุกกิจกรรมการทำงานในคลังสินค้า [5]–[7] การวางผังคลังสินค้าจึงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายด้าน นอกเหนือจากรูปแบบ ชั้นวาง และอุปกรณ์ต่าง ๆ ยังมีจุดสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอีก เช่น การใช้พื้นที่ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและยืดหยุ่นในการจัดเก็บสินค้า เพื่อให้กิจกรรมการหยิบสินค้าที่ลูกค้าต้องการออกมามีระยะทางต่ำที่สุด [9] โดยทั่วไปต้องการให้สินค้ามีลักษณะการเคลื่อนที่ของการเดินหยิบสินค้าเป็นเส้นตรงทั้งของพนักงานและสินค้าต้องสั้นที่สุด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ ช่องทางเดิน (Aisle Lane) ควรจะมีขนาดแคบโดยไม่กระทบกับประสิทธิภาพของการจัดเก็บและไม่ควรเป็นทางตัน [10], [11]

การออกแบบผังจัดวางสินค้า สามารถแบ่งออกไปเป็น 3 วิธี วิธีที่ 1 คือ การออกแบบผังแบบแยกตามกลุ่ม (ABC–based Layout) โดยกลุ่ม A คือ สินค้าที่มีความสำคัญมาก แต่จำนวนรายการไม่มาก โดยมีเพียง 10–20% ของ

สินค้าทั้งหมด แต่มีความถี่ในการหยิบสูงเกิน 70–80% การควบคุมจึงต้องเข้มงวดมาก และต้องเก็บไว้ในที่ที่สะดวกต่อการหยิบ เนื่องจากต้องหยิบบ่อยจะช่วยให้ลดระยะทางในการเดินหยิบได้มาก กลุ่ม B คือ สินค้าที่มีความสำคัญรองลงมา มีจำนวนรายการระหว่าง 20–30% ของสินค้าทั้งหมด มีความถี่ในการหยิบอยู่ที่ 10–25% การควบคุมอยู่ที่ระดับปานกลาง สามารถจัดการสินค้ากลุ่มนี้เช่นเดียวกับกลุ่ม A ได้ หรือตามนโยบายขององค์กร และกลุ่ม C คือ สินค้าที่มีความสำคัญน้อยที่สุด แต่มีจำนวนรายการที่มาก อยู่ระหว่าง 60–70% ของสินค้าทั้งหมด มีความถี่ในการหยิบอยู่ที่ 5–15% การควบคุมจะน้อยที่สุด ควรวางสินค้าคงคลังกลุ่มนี้ไว้ไกลที่สุด เนื่องจากมีการหยิบใช้ไม่บ่อย [5] วิธีที่ 2 เป็นวิธีการที่ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการหาตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสม มีเป้าหมาย คือ ประโยชน์ในการดำเนินงานสูงสุด สมการของ Linear Programming หาตำแหน่งจัดวางสินค้าอย่างเหมาะสม จากข้อมูลความถี่และระยะทางที่ใช้วัดในการเดินหยิบสินค้าแต่ละรายการ โดยใช้ร่วมกับหลักการที่ว่า Fastest Turning Closest to the Door มาใช้ในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า [6], [7] วิธีที่ 3 จะประยุกต์ใช้ทฤษฎีกฎความสัมพันธ์ของข้อมูลนี้ โดยมีไอเดียมาจากธุรกิจค้าปลีก เช่น ซุปเปอร์มาเก็ตขนาดใหญ่ เป็นการหาความสัมพันธ์ของสินค้าที่ถูกซื้อร่วมกันบ่อย นำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้ในการจัดชั้นวางสินค้า จัดโปรโมชั่นส่งเสริมการขาย ขั้นตอนวิธีที่ได้รับความนิยมในการค้นหากฎความสัมพันธ์ของข้อมูล มี 2 วิธี คือ [4] Apriori Algorithm เป็นขั้นตอนวิธีที่ถูกออกแบบเพื่อใช้ในการค้นหารูปแบบย่อย (Subset) ที่เหมือนกันอย่างน้อยหนึ่งรูปแบบในชุดข้อมูลหลัก โดยการกำหนดค่าสนับสนุนขั้นต่ำ (Minimum Support) และค่าความเชื่อมั่น โดยอัลกอริทึมนี้เหมาะสำหรับการค้นกฎความสัมพันธ์กับชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็ก แต่อาจประมวลผลได้ช้าและต้องใช้ทรัพยากรมากขึ้น หากต้องทำงานกับข้อมูลที่มีใหญ่หรือซับซ้อน [8] และ FP-Growth Algorithm เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้หลักการสร้างต้นไม้ (FP-Tree) ในการสร้างกฎความสัมพันธ์ที่พบบ่อย โดยเทคนิคนี้สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดด้านการทำงานที่ต้องทำงานกับข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของไบนารีเท่านั้น และมีการใช้หน่วยความจำจำนวนมากเมื่อข้อมูลมีขนาดใหญ่ [8]

โดยสรุปแล้วกฎความสัมพันธ์ (Association Rules) [4] การแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือกลุ่มสินค้าที่เกิดขึ้นพร้อมกัน สินค้าที่อยู่ในตะกร้าเดียวกันหรือผู้ซื้อมักซื้อพร้อมกัน โดยอาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Affinity Analysis) และการวิเคราะห์ตะกร้าตลาด (Market Basket Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสินค้า ด้วยการใช้การวัดค่าสนับสนุน (Support) และค่าความเชื่อมั่น (Confidence) ที่สัมพันธ์กัน โดยการหาค่าสนับสนุน A → B โดย A แทนรายการข้อมูลแรกและ B แทนรายการข้อมูลที่เกิดร่วมกัน การแสดงความสัมพันธ์นิยมนำเสนอในรูปแบบของแผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) [8], [9] เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้วิเคราะห์เหตุการณ์ หรือสถานการณ์เพื่อการตัดสินใจได้อย่างเป็นระบบและรวดเร็ว ใช้ในการสรุปการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนให้ง่ายต่อความเข้าใจ โดยจำแนกกลุ่มรวบรวมของโหนดการตัดสินใจ (Decision Node) แล้วเชื่อมต่อกันด้วยกิ่งก้านต่าง ๆ (Branches) ขยายออกจากโหนดราก (Root Node) ไปจนจุดสิ้นสุดที่โหนดใบ (Leaf Node) ในแต่ละโหนดการตัดสินใจแสดงการทดสอบคุณลักษณะ (Attribute) ของข้องมูลแต่ละกิ่งก้านแสดงผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ในการทดสอบ และนำไปสู่การตัดสินใจหรือสิ้นสุดตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ทำการศึกษาการปรับปรุงตำแหน่งการจัดวางสินค้าของบริษัทจัดจำหน่ายสินค้าบรรจุภัณฑ์แห่งหนึ่ง [6] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดระยะทางในการเดินหยิบสินค้าของพนักงาน อันเนื่องมากจากการจัดวางสินค้าที่ยังไม่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีกฎความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อใช้สำหรับจัดกลุ่มสินค้าที่มีความสัมพันธ์ของการหยิบร่วมกัน จากกรณีศึกษา [13] ที่สนับสนุนลักษณะของสินค้าที่มีการสั่งซื้อร่วมกันควรจะตั้งอยู่ใกล้กัน และการประยุกต์ใช้ตัวแบบเชิงเส้น (Linear Programming Model) ตามทฤษฎีที่กล่าวเอาไว้ว่าสินค้าเคลื่อนไหวเร็วควรวางไว้ใกล้กับประตู ร่วมกับการใช้ Microsoft Excel Open Solver Add-in ผลการศึกษา

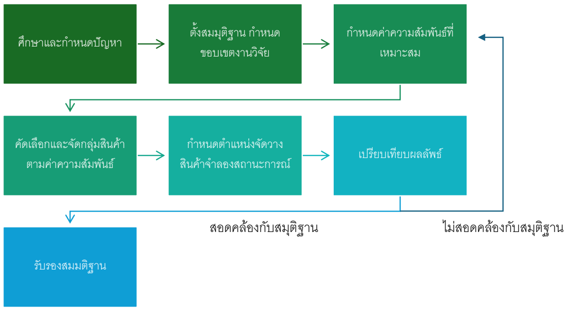
พบว่า ระยะทางในการเดินหยิบสินค้าของพนักงานลดลง ชั่วโมงงานล่วงเวลาลดลง ค่าใช้จ่ายในการจ้างงานล่วงเวลาลดลง [12] ได้ทำการวิจัยปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดวางสินค้าในคลังสินค้า โดยใช้หลักการตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น ตามทฤษฎีที่กล่าวเอาไว้ว่าสินค้าเคลื่อนไหวเร็วควรวางไว้ใกล้กับประตู ร่วมกับการใช้ Microsoft Excel Open Solver Add-in และวัดประสิทธิภาพด้วยการใช้โปรแกรม Arena Version 10.0 ผลลัพธ์ที่ได้ คือ สามารถลดระยะเวลาเฉลี่ยในการดำเนินกิจกรรมลง การใช้ทรัพยากรภายในคลังสินค้าลดลง อีกทั้งการใช้งานพื้นที่จัดวางสินค้าต่อเวลาลดลง และ [7] การประยุกต์ใช้ตัวแบบสองขั้นตอนสำหรับการจัดกลุ่มและระบุตำแหน่งการวางสินค้าภายในคลังสินค้ากรณีสินค้ามีความสัมพันธ์กับกลุ่มผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองต่อปัญหาด้วยการวางสินค้าหลักและผลิตภัณฑ์ให้อยู่ใกล้กัน อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวสนใจแค่ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มสินค้าที่มีร่วมกันเป็นหลัก ไม่ได้วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม เช่น กลุ่มผลิตภัณฑ์ และกลุ่มสินค้าใช้ร่วมกันทั่วไป เข้ามาใช้เป็นตัวแปรในการหาตำแหน่งจัดวาง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาต่อยอดด้วยแนวคิดดังกล่าว

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 สภาพปัญหาของกรณีศึกษา

คลังสินค้ากรณีศึกษาเป็นคลังสินค้าที่มีการจัดเก็บวัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ของร้านอาหาร มีลักษณะการหยิบสินค้าตามใบคำขอ พนักงานจะต้องทำการหยิบสินค้าตามกลุ่มสินค้าต่าง ๆ พร้อมกับผลิตภัณฑ์วัสดุที่จำเป็นต้องใช้ร่วมกัน โดยวัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ดังกล่าวมีการวางกระจัดกระจายกัน ส่งผลให้เกิดระยะทางและเวลาในการดำเนินการที่มากเกินความจำเป็น

ในขั้นตอนการคัดเลือกกลุ่มสินค้า ทำการวิเคราะห์ด้วยการนำข้อมูลความถี่ในการใช้งานจากกลุ่มสินค้าต่าง ๆ ทั้ง 17 กลุ่มสินค้าหลักและอีก 1 กลุ่มสินค้าที่ไม่ได้จัดอยู่ใน 17 กลุ่มสินค้าหลัก แต่มีลักษณะการใช้งานคู่กับกลุ่มสินค้าหลักทั้ง 17 กลุ่มสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1 ข้อมูลค่าเฉลี่ยนใบสั่งซื้อของสินค้า 18 กลุ่ม

สินค้า	กลุ่มสินค้า	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	ค่าเฉลี่ยใบสั่งซื้อต่อเดือน
AS058	AA	0	3	1	2
B0141	AA	6	0	0	6
B0214	MD	249	318	204	257
B0256	KF	99	121	112	111
B0289	AL	60	118	88	89
B0298	MD	0	1	2	2
B0341	AL	57	91	65	71
B0344	PL	45	69	72	62

จากนั้นทำการสังเกตลักษณะความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหยิบของสินค้า นำมากำหนดตำแหน่งจัดวางโดยอิงกับลักษณะความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเป็นตัวแปรในระบุตำแหน่งของสินค้า โดยแบ่งโซนการจัดเก็บที่แยกตามแนวคิดกฎความสัมพันธ์ ร่วมกับการคัดกรองโดยใช้แนวคิดของต้นไม้ตัดสินใจ กำหนดสมการเชิงเส้น และเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่อค้นหาตำแหน่งจัดวางที่เหมาะสม รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เริ่มตั้งแต่การศึกษาปัญหา รวบรวมข้อมูล และการพัฒนาตัวแบบผังจัดวางสินค้าที่เหมาะสม

2.2 ข้อมูลสินค้าที่ใช้ในการวิเคราะห์

การนำหลักการวิเคราะห์เอบีซี มากำหนดขอบเขตในการศึกษาของกลุ่มสินค้าหลัก จากใบสั่งซื้อทั้งหมด 3 เดือน

ลำดับจากมากไปน้อย และแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ A B และ C ตามหลักเกณฑ์ สินค้าที่มีปริมาณการสั่งซื้อต่อเดือนครอบคลุม 80% จากทั้งหมด โดยกลุ่มสินค้าหลัก KF MD AA สำหรับทำการศึกษา แบ่งเป็น KF จำนวน 126 SKUs MD จำนวน 137 SKUs และ AA จำนวน 103 SKUs ดังแสดงในตารางที่ 2

รูปที่ 2 แสดงแผนผังคลังสินค้ากรณีศึกษาก่อนการทำการปรับปรุง จากแผนผังคลังสินค้าได้ทำการศึกษาลักษณะพื้นที่คลังการจัดเก็บเพื่อหาจุดเข้าออก (I/O) และทำการวัดระยะจากตำแหน่งจัดเก็บไปยังจุด I/O เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

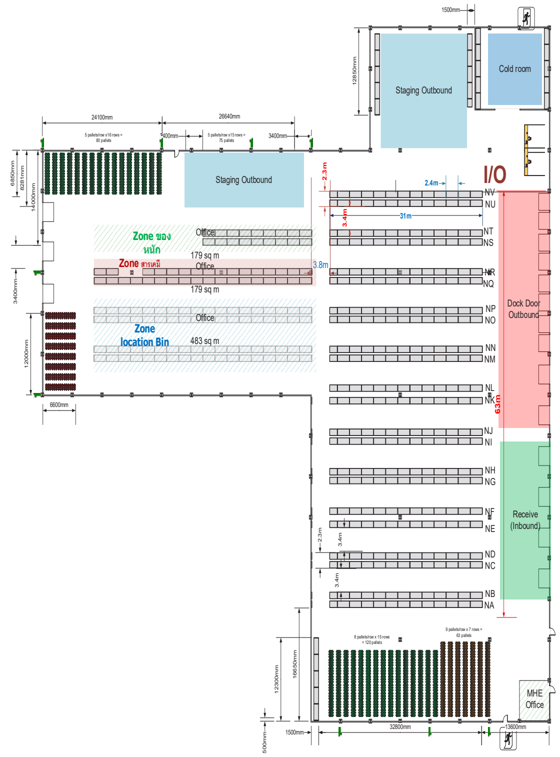
2.3 ขอบเขตของการวิเคราะห์ปัญหา

จากลักษณะการทำงานของคลังสินค้า มีรูปแบบการหยิบตามใบคำสั่งซื้อ โดยที่การหยิบสินค้ามีลักษณะการหยิบใช้งานสินค้าร่วมกันระหว่างสินค้าในกลุ่มสินค้าที่ไม่มีการจัดกลุ่มกับสินค้าในกลุ่มสินค้าหลัก

หากมีการกำหนดตำแหน่งจัดวางที่ไกลจนเกินไปก่อให้เกิดระยะทางเดินหยิบที่มากเกินความจำเป็น อีกทั้งลักษณะความสัมพันธ์ในการหยิบสินค้าดังกล่าว ทำให้วิธีการกำหนดตำแหน่งจัดวางโดยใช้เพียงความถี่ในการหยิบสินค้าตามปกตินั้นผลลัพธ์ที่ได้ค่าอาจไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุด จึงได้นำแนวคิดของทฤษฎีกฎความสัมพันธ์ เข้ามาประยุกต์ใช้กำหนดตำแหน่งสินค้าที่ไม่มีการจัดกลุ่มสินค้าที่มีลักษณะการหยิบร่วมกันกับทุกกลุ่มสินค้า ถูกกำหนดให้เป็นกลุ่มสินค้า ALL จากสินค้าจำนวน 299 SKU มาคัดเลือกเฉพาะสินค้าที่มีค่าเฉลี่ยนในการจัดส่งร่วมกับกลุ่มสินค้าหลักที่ผ่านการคัดเลือก 3 กลุ่ม นั่นคือ AA MD KF โดยมีสัดส่วนมากการหยิบร่วมกันกว่า

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ด้วยหลักการวิเคราะห์เอบีซี

กลุ่มสินค้า	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	ค่าเฉลี่ยสะสมต่อเดือน	ค่าเฉลี่ยสะสม	เปอร์เซ็นต์สะสม	กลุ่ม
Total	**39,306**	**58,070**	**46,654**	**48,010**		**100%**	
KF	16,013	24,284	18,809	19,702	19,702	41.04%	A
MD	11,347	15,887	12,343	13,192	32,894	68.52%	A
AA	5,571	7,848	7,132	6,850	39,745	82.78%	A
OT	2,214	3,430	2,823	2,822	42,567	88.66%	B
PL	1,095	1,799	1,450	1,448	44,015	91.68%	B
KA	951	1,501	1,250	1,234	45,249	94.25%	B
CS	431	632	493	519	45,768	95.33%	B
YO	361	590	549	500	46,268	96.37%	C
AG	334	457	515	435	46,703	97.28%	C
TT	315	539	392	415	47,118	98.14%	C
CB	290	422	389	367	47,485	98.91%	C
AD	148	289	207	215	47,700	99.35%	C
TE	173	208	169	183	47,883	99.74%	C
SU	35	126	62	74	47,958	99.89%	C
CC	10	27	36	24	47,982	99.94%	C
KL	12	17	24	18	48,000	99.98%	C
CK	6	14	11	10	48,010	100.00%	C



รูปที่ 2 แผนผังคลังสินค้ากรณีศึกษา

90% ของการหยิบทั้งหมด เทียบสัดส่วนกับการหยิบให้กับทั้ง 17 กลุ่มสินค้า

ตารางที่ 3 แสดงผลสินค้าในกลุ่มสินค้า ALL ที่ผ่านการคัดเลือกได้จำนวน 81 SKU เมื่อรวมสินค้ากลุ่มสินค้าหลักที่เลือกศึกษาทั้งหมดจะได้จำนวน 447 SKU สำหรับใช้ในกรณีศึกษาอ้างอิงจากตารางที่ 1

2.4 การวิเคราะห์และจัดระดับความสัมพันธ์

การศึกษาค้นพบลงไปอีกว่าผลของการหยิบร่วมกันของสินค้ากลุ่มสินค้า ALL ที่มีต่อกลุ่มสินค้าหลักทั้งสาม KF MD AA นั้นมีรูปแบบการหยิบมากกว่าการจับคู่ระหว่างกลุ่มสินค้าใดเพียงกลุ่มสินค้าหนึ่งแต่กลับพบว่า มีสินค้าจากกลุ่มสินค้า ALL บางชิ้นที่มีการใช้ร่วมกับหลายกลุ่มสินค้า จากกฎความสัมพันธ์ได้นำทฤษฎีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Affinity Analysis) และการวิเคราะห์ตะกร้าตลาด (Market Basket Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง

ตารางที่ 3 กลุ่มสินค้า ALL ที่มีสัดส่วนมากกว่า 90%

สินค้า	AA	KF	MD	จำนวนใบสั่งของกลุ่มสินค้า AA, KF, MD	% ใบสั่งซื้อของกลุ่มสินค้า AA, KFC, MD เทียบใบสั่งซื้อทั้งหมด
FD022	540	0	762	1302	100.0%
K0215	22	77	51	150	90.9%
P1085	10	0	0	10	90.9%
K0866	26	0	2	28	90.3%
K1848	2	26	0	28	90.3%
K0286	11	25	0	36	90.0%
B0800	155	0	462	617	89.6%

สินค้า [8] ด้วยการใช้การวัดค่าสนับสนุน และค่าความเชื่อมั่นที่สัมพันธ์กันเพื่อระบุตัวสินค้าที่มีการหยิบร่วมมากกว่ากลุ่มสินค้าเดียว ที่มีผลต่อกระบวนการหยิบสินค้าภายในคลัง ซึ่งการหาค่าสนับสนุน A B โดย A แทนรายการข้อมูลแรก (กลุ่มสินค้า ALL) และ B แทนรายการข้อมูลที่เกิดร่วมกัน (กลุ่มสินค้าหลัก) จากสมการค่าสนับสนุน ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$P(A \cap B) = \frac{\text{จำนวนรายการที่มี } A \text{ และ } B}{\text{รายการทั้งหมด}} \qquad (1)$$

โดยกำหนดให้

A คือ สินค้า i ที่อยู่ในกลุ่มสินค้า ALL

B คือ กลุ่มสินค้าสินค้าหลัก j = AA, KF, MD

จำนวนรายการที่มี A และ B => P_{ij} คือ ความถี่ที่มีการหยิบสินค้า i ร่วมกับกลุ่มสินค้า j

T_j คือ รายการสินค้า (Transaction) ของกลุ่มสินค้า j

จากความสัมพันธ์สามารถทำการแปรความหมายได้จากสมการที่ (2)

$$S_{ij} = \frac{P_{ij}}{T_j} \quad (2)$$

สมการที่ (3) แสดงการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น A B โดย A แทนรายการ ข้อมูลแรกและ B แทนรายการข้อมูลที่เกิดร่วมกันจากสมการ หาค่าความเชื่อมั่น

$$P(B \mid A) = \frac{P\left(A \cap B\right)}{P\left(A\right)} \quad (3)$$

โดยกำหนดให้

A คือ สินค้า i ที่อยู่ในกลุ่มสินค้า ALL

B คือ กลุ่มสินค้าสินค้าหลัก j = AA, KF, MD

$P_A <=> P_i$ คือ ความถี่ของสินค้าในกลุ่มสินค้า ALL ต่อจำนวนรายการขายสินค้า (Transaction)

$P_B <=> P_j$ คือ ความถี่ของกลุ่มสินค้าหลักต่อจำนวนรายการขายสินค้า (Transaction)

$P(A \cap B) => P_{ij}$ คือ ความถี่ของการหยิบสินค้า i ร่วมกับกลุ่มสินค้า j ได้ดังสมการที่ (4)

$$C_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} \quad (4)$$

โดย C_{ij} คือ ค่าความเชื่อมันที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มสินค้า ALL และกลุ่มสินค้าหลัก จะสามารถทำให้ระบุได้ว่าสินค้าชิ้นไหนของกลุ่มสินค้าที่มีลักษณะการใช้งานร่วมกับกลุ่มสินค้าหลักมากกว่าแค่ 1 กลุ่มสินค้า ดังแสดงในตัวอย่างจากสมการที่ (5)

$$C_{FD022,AA} = \frac{540}{1302} = 0.4147 \quad (5)$$

ผลการคำนวณค่า C_{ij} แสดงในตารางที่ 4

2.5 กำหนดลำดับความสัมพันธ์

ตารางที่ 4 พบว่า มีสินค้าบาง SKU ที่มีการใช้งานร่วมกันมากกว่า 1 กลุ่มสินค้า จึงต้องทำการพิจารณาลำดับความสัมพันธ์ที่ได้จากสมการที่ (4) ตามระดับของความสำคัญ เพื่อดำเนินการหาตำแหน่งจัดวางที่เหมาะสม โดยกำหนดให้

ความสัมพันธ์ลำดับแรก $1 = \max_i C_{ij}$

ความสัมพันธ์ลำดับสอง $2 \neq (\min_i C_{ij}, \max_i C_{ij})$

ความสัมพันธ์ลำดับสาม $3 = \min_i C_{ij}$

โดยที่ $C_{ij} > 0$

ตารางที่ 4 ค่าความเชื่อมั่นของสินค้า SKU i ของกลุ่มสินค้า ALL ต่อกลุ่มสินค้าหลัก

สินค้า	ความถี่รวม	ค่าความเชื่อมั่น AA	ค่าความเชื่อมั่น KF	ค่าความเชื่อมั่น MD
FD022	1302	0.4147	0.0000	0.5853
FD180	409	1.0000	0.0000	0.0000
K1490	343	0.8980	0.0000	0.1020
P1526	273	0.9853	0.0000	0.0147
S0060	541	0.2366	0.0000	0.7634

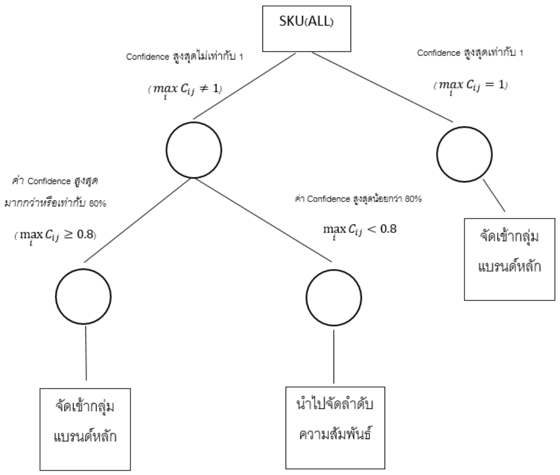
จากลำดับการพิจารณาความสัมพันธ์สามารถช่วยระบุลำดับความสำคัญที่เกิดขึ้นภายในความสัมพันธ์ของกลุ่มสินค้ากลุ่มสินค้า ALL ที่มีต่อกลุ่มสินค้าหลักทั้ง 3 กลุ่มสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลำดับความสำคัญของสินค้า SKU i ของกลุ่มสินค้า ALL ที่มีต่อกลุ่มสินค้าหลัก

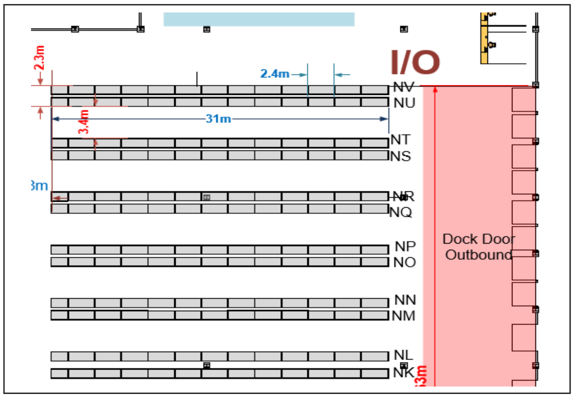
สินค้า	Ci(AA)	Ci(KF)	Ci(MD)	1	2	3
FD022	0.4147	0.0000	0.5853	MD	AA	0
FD180	1.0000	0.0000	0.0000	AA	0	0
K1490	0.8980	0.0000	0.1020	AA	MD	0
P1526	0.9853	0.0000	0.0147	AA	MD	0
S0060	0.2366	0.0000	0.7634	MD	AA	0
T003	0.4606	0.0000	0.5394	MD	AA	0
B0812	0.0000	0.0059	0.9941	MD	KF	0

2.6 กำหนดเงื่อนไขของกลุ่มความสัมพันธ์

สร้างแผนผังต้นไม้ตัดสินใจ [3] เพื่อลดความซับซ้อนในการจำแนกข้อมูลลักษณะการใช้ ทดแทนวิธีการเดิมได้ [4]



รูปที่ 3 แผนผังต้นไม้ตัดสินใจที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 4 พื้นที่สำหรับสร้างโมเดลวางสินค้า

โดยจำแนกกลุ่มรวบรวมของโหนดการตัดสินใจ แล้วเชื่อมต่อกันด้วยกิ่งก้านต่าง ๆ ขยายออกจากโหนดราก (Root Node) ไปจนจุดสิ้นสุดที่โหนดใบ (Leaf Node) ในแต่ละโหนดการตัดสินใจแสดงการทดสอบคุณลักษณะ (Attribute) ของข้อมูล แต่ละกิ่งก้านแสดงผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ในการทดสอบ และนำไปสู่การตัดสินใจ หรือสิ้นสุดตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ตัวแปรสำหรับต้นไม้ตัดสินใจเป็นการคัดเลือกนำสินค้ากลุ่มสินค้า ALL เข้าไปจัดลำดับความสัมพันธ์ในการใช้งานร่วมระหว่างกลุ่มกลุ่มสินค้าหลักทั้งสามกลุ่มสินค้า คือ KF MD และ AA ตัวแปรทำนาย (Predictor Variable) กำหนดโหนดแรกด้วยค่าความเชื่อมั่น (= 1 หรือ ≠1) และสิ้นสุดด้วยค่าความเชื่อมั่น (< 80% หรือ ≥ 80%) เป็นโหนดการตัดสินใจ ทำการแบ่งชุดข้อมูลตามค่าคุณลักษณะ โดยจัดแยกสินค้ากลุ่มสินค้า ALL เข้าสู่กลุ่มสินค้าหลัก หรือนำเข้าไปจัดลำดับความสัมพันธ์ สร้างแผนผังต้นไม้สำหรับการคัดเลือกสินค้ากลุ่มสินค้า ALL ที่สนใจเข้ากลุ่มสินค้าหลัก และจำแนกลำดับความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 3

จากนั้นนำเงื่อนไขที่ได้มาใช้สำหรับแยกสินค้ากลุ่มสินค้า ALL ที่มีความสัมพันธ์ร่วมตามเงื่อนไขแต่ละ SKU ออกจากกลุ่มสินค้าหลักมาจัดลำดับความสัมพันธ์ แบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ นั้นคือ AA* KF* และ MD* ตามค่าความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นออกมาได้ 2 กลุ่ม กลุ่มที่นำเข้าพื้นที่ร่วมระหว่างกลุ่มสินค้า โดยแสดงเป็นค่า 0 และ 1 คือ กลุ่มที่จะนำเข้าจัดไว้ร่วมกับกลุ่มสินค้าหลักดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สินค้าในกลุ่มสินค้า ALL ที่ถูกคัดเลือก

สินค้า	Ci(AA)	Ci(KF)	Ci(MD)	กลุ่ม
FD022	0.4147	0.0000	0.5853	0
FD180	1.0000	0.0000	0.0000	1
K1490	0.8980	0.0000	0.1020	0
P1526	0.9853	0.0000	0.0147	1
S0060	0.2366	0.0000	0.7634	0
T003	0.4606	0.0000	0.5394	0
B0812	0.0000	0.0059	0.9941	1
B1536	0.0119	0.0000	0.9881	1

2.7 กำหนดข้อมูลระยะทางและพื้นที่

รูปที่ 4 แสดงพื้นที่สำหรับสร้างโมเดลวางสินค้า จากรูปที่ 4 ระยะทางจากจุดรับเข้า–ส่งออกสินค้า (I/O) ถึงบริเวณหยิบสินค้าไว (Forward Pick Area) สินค้าทั้งหมดที่ผ่านการคัดเลือก 447 SKU มีระยะทางใกล้จุดวางพักสินค้าก่อนโหลดและจุดรับงาน ดังแสดงในตารางที่ 7

เมื่อพิจารณาจากผังคลังสินค้าพบว่า บริเวณคลังต่อขยายมีจัดการพื้นที่ไว้สำหรับวางสินค้าที่เป็นกลุ่มของหนักและกลุ่มสารเคมีแล้ว จึงมีพื้นที่ที่บริเวณชั้นวางสินค้า NV NU NT NS NR NQ NP NO NN NM หมายเลข 5–29 ซึ่ง

มีจำนวนรวมทั้งหมด 492 ตำแหน่ง ที่ตรงกับเงื่อนไข โดยทำการแบ่งพื้นที่ให้สินค้าของแต่ละกลุ่มสินค้าโดยพิจารณาตามลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มสินค้าอ้างอิงจากการวิเคราะห์ความถี่การสั่งซื้อ โดยเรียงลำดับความสำคัญ ของกลุ่มสินค้า KF, MD, AA ตามลำดับ จากนั้นทำการนำสินค้าจากกลุ่มสินค้า ALL ที่ถูกจัดเข้ากลุ่มสินค้าหลักเข้ามาร่วมกับกลุ่มสินค้าหลักแต่ละแบรนที่ตรงกับเงื่อนไขแต่ละ SKU ได้จำนวนตำแหน่ง ดังนี้

กลุ่มสินค้า KF มีจำนวน 148 ตำแหน่ง

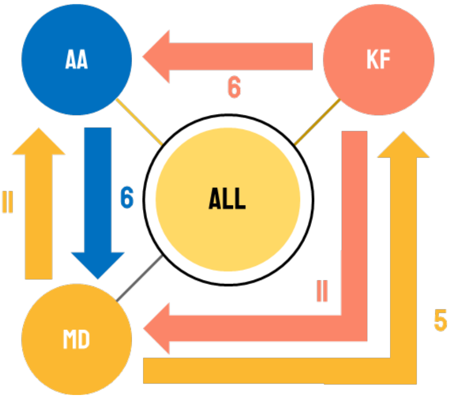
กลุ่มสินค้า MD มีจำนวน 152 ตำแหน่ง

กลุ่มสินค้า AA มีจำนวน 115 ตำแหน่ง

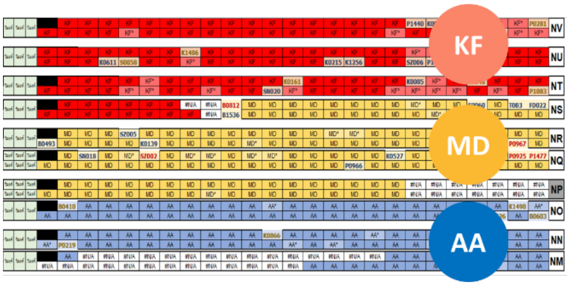
ตารางที่ 7 ระยะทางในแต่ละสถานที่จัดเก็บสินค้า (Storage Location)

ชั้นวาง	ระดับ	ตำแหน่ง	X	Y	ระยะทางรวม
NU	A	29	29	2.3	31.3
NU	A	28	30.2	2.3	32.5
NU	A	27	31.4	2.3	33.7
NU	A	26	32.6	2.3	34.9
NU	A	25	33.8	2.3	36.1
NU	A	24	35	2.3	37.3
NU	A	23	36.2	2.3	38.5
NU	A	22	37.4	2.3	39.7
NU	A	21	38.6	2.3	40.9
NU	A	20	39.8	2.3	42.1
NU	A	19	41	2.3	43.3
NU	A	18	42.2	2.3	44.5
NU	A	17	43.4	2.3	45.7

จากการวิเคราะห์ลักษณะความสัมพันธ์ที่กลุ่มสินค้าหลักมีต่อกลุ่มสินค้า ALL ทำให้พบว่า มีลักษณะความสัมพันธ์ที่หยิบร่วมกันมากกว่า 1 SKU ซึ่งต้องคำนึงสำหรับกำหนดพื้นที่การวางสินค้าในแต่ละกลุ่มสินค้าทั้ง 3 กลุ่มสินค้า KF มีการใช้สินค้าร่วมกับกลุ่มสินค้า MD และ AA ส่วนกลุ่มสินค้า MD มีการใช้สินค้าร่วมกับกลุ่มสินค้า KF และ AA และสุดท้ายกลุ่มสินค้า AA มีการใช้สินค้าร่วมกับกลุ่มสินค้า MD เท่านั้น ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะการใช้สินค้าระหว่างกลุ่มสินค้าหลัก



รูปที่ 6 พื้นที่กลุ่มสินค้าหลักทั้ง 3 กลุ่มแบรนด์สินค้า

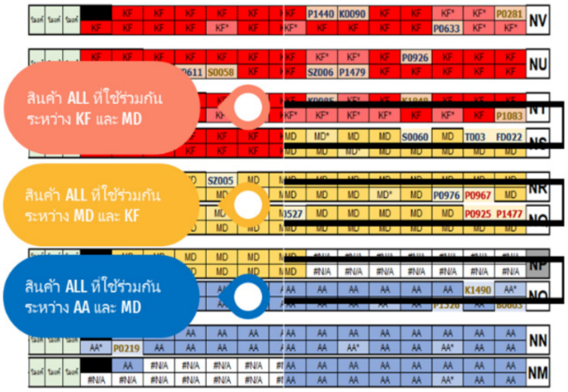
การกำหนดตำแหน่งจัดวางของกลุ่มสินค้าหลักจึงมีลำดับ โดยต้องให้กลุ่มสินค้า MD อยู่กลางระหว่าง กลุ่มสินค้า KF และ AA จึงได้ลักษณะการระบุตำแหน่งของกลุ่มสินค้าหลักได้ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 7 แสดงพื้นที่ร่วมระหว่างกลุ่มสินค้า การกำหนดพื้นที่ร่วมระหว่างกลุ่มสินค้า จะกำหนดพื้นที่ในการวางสินค้าที่อยู่ในกลุ่มสินค้า ALL ซึ่งมีการใช้งานร่วมระหว่างกลุ่มสินค้าหลักมากกว่า 1 กลุ่มสินค้า ซึ่งพื้นที่ที่กำหนดไว้อยู่ระหว่างกลุ่มสินค้าหลัก โดยพิจารณาจากลำดับความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นของแต่ละ SKU ที่มีต่อกลุ่มสินค้าหลักตามลำดับ พื้นที่ดังกล่าวจะเรียกว่า “พื้นที่ร่วมระหว่างกลุ่มสินค้า” ซึ่งจะมีจำนวนสินค้าในกลุ่มสินค้า ALL ดังนี้

กลุ่มสินค้า KF มีจำนวน 15 ตำแหน่ง

กลุ่มสินค้า MD มีจำนวน 13 ตำแหน่ง

กลุ่มสินค้า AA มีจำนวน 4 ตำแหน่ง



รูปที่ 7 พื้นที่ร่วมระหว่างกลุ่มสินค้า

2.8 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Formulation) เพื่อกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าโดยมีระยะทางการหยิบสินค้าสั้นที่สุด

กำหนดการเชิงเส้น โดยแบ่งวิธีคำนวณเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะของกลุ่มสินค้า ดังต่อไปนี้

1) ส่วนของกลุ่มสินค้าหลัก

กำหนดให้

i คือ สินค้าแต่ละ SKUs

j คือ ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (Storage Location)

J = เซตของตำแหน่งการจัดเก็บ (Locations Number) = (1, 2, ...,415)

N คือ เซตของสินค้า = (1, 2, ..., 415)

พารามิเตอร์ (Parameter)

D_j = ระยะทางของการจัดวางสินค้าแต่ละ SKUs (i) ในแต่ละตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (j) ถึงจุดพื้นที่วางสินค้า Outbound (I/O)

F_i = ความถี่การสั่งซื้อของสินค้า i

LKF = เซตของโซนการจัดเก็บสินค้าภายใต้กลุ่มสินค้า

KF = {1, ..., 148} โดยที่ $KF \in j$

LMD = เซตของโซนการจัดเก็บสินค้าภายใต้กลุ่มสินค้า MD = {149, ..., 300} โดยที่ $MD \in j$

LAA = เซตของโซนการจัดเก็บสินค้าภายใต้กลุ่มสินค้า AA = {301, ..., 415} โดยที่ $AA \in j$

SKF = เซตของสินค้ากลุ่มสินค้า KF โดยที่ $SKF \in N$

SAA = เซตของสินค้ากลุ่มสินค้า AA โดยที่ $SAA \in N$

SMD = เซตของสินค้ากลุ่มสินค้า MD โดยที่ $SMD \in N$

สมการวัตถุประสงค์

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{J} F_i D_j X_{ij} \qquad (6)$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} \le 1 \forall_{j \in J} \qquad (7)$$

$$\sum_{i \in SKF}^{N}\sum_{j \in LKF}^{J} Xij = 148 \qquad (8)$$

$$\sum_{i \in SMD}^{N}\sum_{j \in LMD}^{J} Xij = 152 \qquad (9)$$

$$\sum_{i \in SAA}^{N}\sum_{j \in LAA}^{J} Xij = 115 \qquad (10)$$

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij} คือ สินค้า i ที่จัดเก็บในตำแหน่ง j

$X_{ij} \in \{0, 1\}$

สมการที่ (6) เป็นสมการวัตถุประสงค์มีเป้าหมายเพื่อหาระยะทางในการเดินหยิบสินค้าที่สั้นที่สุด โดยเป็นการคูณกันระหว่างความถี่ในการหยิบสินค้ากับระยะทางที่เกิดขึ้นสมการที่ (7)–(10) เป็นสมการเงื่อนไขบังคับ สมการที่ (7) แสดงว่าสามารถเก็บสินค้าได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 SKU สมการที่ (8)–(10) บ่งชี้ว่า จำนวน SKU ในแบรนด์สินค้า KF, MD และ AA ต้องทำการกำหนดตำแหน่งจัดวางเท่ากับจำนวน 148 152 และ 115 SKUs ตามลำดับ สามารถจัดเก็บได้ 1 SKU ต่อ 1 ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และมีตัวแปรตัดสินใจเป็นตัวแปรไบนารี

2) ส่วนของกลุ่มสินค้า ALL ที่มีความสัมพันธ์ร่วม

จากสมการที่ (3) และ (4) กำหนดให้

i คือ สินค้าแต่ละ SKUs

j คือ ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า

J คือ เซตของตำแหน่งการจัดเก็บ = (1,2, ...,32)

N คือ เซตของสินค้า = (1, 2, ..., 32)

พารามิเตอร์

D_{ij} คือ ระยะทางของการจัดวางสินค้าแต่ละ SKUs (i) ในแต่ละตำแหน่ง การจัดเก็บ (j) ถึงจุดพื้นที่วางสินค้า Outbound (I/O)

F_i คือ ความถี่การสั่งซื้อของสินค้า i

$LKF2$ คือ เซตของโซนการจัดเก็บสินค้าภายใต้กลุ่มสินค้า

KF คือ {1, ..., 15} โดยที่ $KF \in j$

$LMD2$ คือ เซตของโซนการจัดเก็บสินค้าภายใต้กลุ่มสินค้า

MD คือ {16, ..., 28} โดยที่ $MD \in j$

$LAA2$ คือ เซตของโซนการจัดเก็บสินค้าภายใต้กลุ่มสินค้า AA = {29, ..., 32} โดยที่ $AA \in j$

$SKF2$ คือ เซตของสินค้ากลุ่มสินค้า ALL ที่ใช้ร่วมกันกับ KF เป็นหลัก โดยที่ $SKF2 \in N$

$SAA2$ คือ เซตของสินค้ากลุ่มสินค้า ALL ที่ใช้ร่วมกันกับ AA เป็นหลัก โดยที่ $SAA2 \in N$

$SMD2$ คือ เซตของสินค้ากลุ่มสินค้า ALL ที่ใช้ร่วมกันกับ MD เป็นหลัก โดยที่ $SMD2 \in N$

สมการวัตถุประสงค์

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{J} F_i D_j X_{ij} \tag{11}$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} \le 1 \forall_{j \in J} \tag{12}$$

$$\sum_{i \in SKF2}^{N}\sum_{j \in LKF2}^{J} Xij = 15 \tag{13}$$

$$\sum_{i \in SMD2}^{N}\sum_{j \in LMD2}^{J} Xij = 13 \tag{14}$$

$$\sum_{i \in SAA2}^{N}\sum_{j \in LAA2}^{J} Xij = 4 \tag{15}$$

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij} คือ สินค้า i ที่จัดเก็บในตำแหน่ง j

$X_{ij} \in \{0, 1\}$

สมการที่ (11) เป็นสมการวัตถุประสงค์มีเป้าหมายเพื่อหาระยะทางในการเดินหยิบสินค้าที่สั้นที่สุด โดยเป็นการคูณกันระหว่างความถี่ในการหยิบสินค้ากับระยะทางที่เกิดขึ้น สมการที่ (12)–(15) เป็นสมการเงื่อนไขบังคับ สมการที่ (12) แสดงว่าสามารถเก็บสินค้าได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 SKU สมการที่ (13)–(15) บ่งชี้ว่า จำนวน SKU ในแบรนด์สินค้า KF MD และ AA ที่มีการหยิบร่วมกับกลุ่มสินค้าแบรนด์ ALL ต้องทำการกำหนดตำแหน่งจัดวางเท่ากับจำนวน 15 13 และ 4 SKUs ตามลำดับ สามารถจัดเก็บได้ 1 SKU ต่อ 1 ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และมีตัวแปรตัดสินใจเป็นตัวแปรไบนารี

2.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยระยะทางเดินของกระบวนการหยิบ

กำหนดรูปแบบการเดินหยิบสินค้าดังแสดงในรูปที่ 8 โดยจะใช้วิธีการคำนวณระยะทางเดินเดียวกัน [7] เพื่อเปรียบเทียบผล ออกมาได้ 2 รูปแบบดังนี้

1) กรณีที่ใบหยิบสินค้า (Pick Sheet) 1 ใบ มีจำนวนมากกว่า 1 Items นั่นคือ ต้องหยิบสินค้าให้ครบตามใบสั่งจนจบกระบวนการ แล้วนำสินค้าไปวางยังจุดพักสินค้าก่อนโหลด นับเป็น 1 รอบการหยิบสินค้า

2) การเดินหยิบสินค้าใช้การจัดเรียงสินค้าเพื่อให้หยิบเป็น U-Turn ซึ่งในการหยิบสินค้าในทางเดิน (Aisle เดียวกัน) มี Rack ซ้าย-ขวา พนักงานจะหยิบสินค้า จะมีหลักการคิดคำนวณระยะทาง 2 วิธี ดังต่อไปนี้

ระบุพิกัดตำแหน่ง = (Z, X)

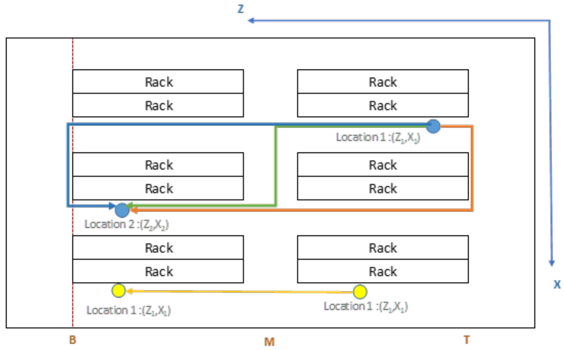
กำหนด Z คือ ระยะทางแนวตำแหน่ง

วางสินค้าใน Rack เดียวกัน

กำหนด X คือ ระยะห่างระหว่าง Rack

1) ระยะทางเดินจากจุด 1 ไปยังจุด 2 (กรณีเดินข้าม Aisle) สมการที่ (16)

$$\begin{aligned} D_{12} = min|Z_1 - B| + |x_1 - x_1| + |z_2 - B|, \\ |z_1 - M| + |x_2 - x_1| + |z_2 - B|, \\ |z_1 - T| + |x_2 - x_1| + |z_2 - T| \end{aligned} \tag{16}$$



รูปที่ 8 อธิบายการคำนวณระยะทางจากรูปแบบการเดินหยิบสินค้าภายในคลังสินค้า

2) ระยะทางเดินจากจุด 1 ไปยังจุด 2 (กรณีเดินหยิบใน Aisle เดียวกัน) สมการที่ (17)

$$D_{12}\left|z_2 - z_1\right| \tag{17}$$

โดยการใช้ใบสั่งสินค้าจำนวน 10 ใบ เพื่อเปรียบเทียบระยะทางการเดินหยิบกับตำแหน่งการจัดวางรูปแบบเดิม

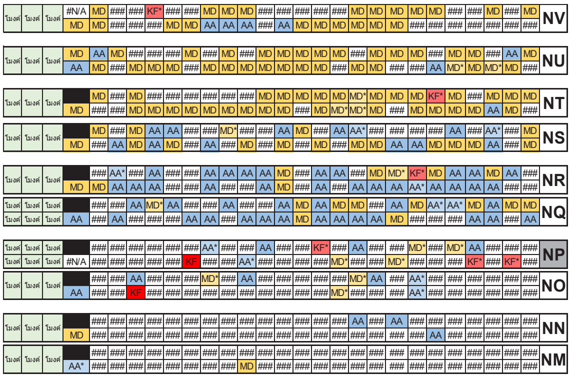
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

หลังจากทำการทดลองปรับปรุงการจัดวางตำแหน่งจัดเก็บสินค้าโดยอิงกับรูปแบบความสัมพันธ์ของกลุ่มสินค้า ระยะทางการเดินหยิบสินค้าที่จะได้จากการทดลองใช้ใบสั่งสินค้า 30 ใบ โดยแบ่งเป็นกลุ่มสินค้า KF MD และ AA อย่างละ 10 ใบสั่งสินค้า ซึ่งมีผังจัดวาง จำนวนทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ

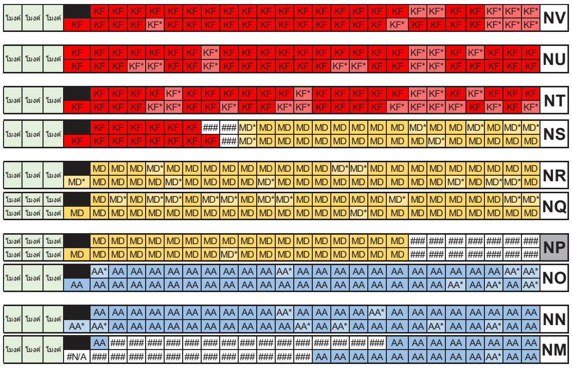
1) Existing Layout (EL) คือ ตัวแบบเดิมที่มีอยู่ก่อนการปรับปรุง

2) ตัวแบบตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างโครงร่างตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ หรือ Relation Between Product Groups-based Layout (RBPGL) ที่มีการปรับปรุงนำกลุ่มสินค้า ALL เข้าไปอยู่ในตำแหน่งจัดวางร่วมกับกลุ่มสินค้าหลัก

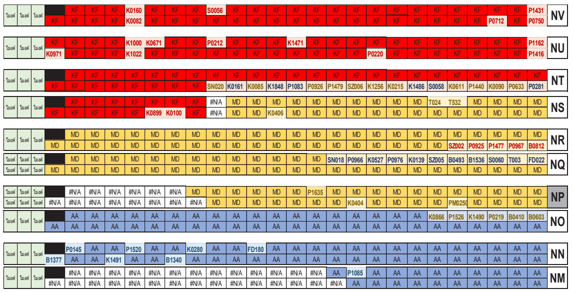
3) ตัวแบบตัวแบบกลุ่มระหว่างและภายในผลิตภัณฑ์ตามความสัมพันธ์ หรือ Relation Based Inter- and Intra-Product Groups (RBIIPGL) ที่ได้นำเอาหลักความสัมพันธ์เข้ามาใช้ร่วมกับหลายกลุ่มสินค้าทั้งภายในและระหว่างกลุ่มมาใช้ในการระบุตำแหน่งจัดวางตามความสัมพันธ์ ได้ผลลัพธ์ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 9–11



รูปที่ 9 ตัวแบบเดิมที่มีอยู่ก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 10 ตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างโครงร่างตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ (RBPGL)



รูปที่ 11 ตัวแบบกลุ่มระหว่างและภายในผลิตภัณฑ์ตามความสัมพันธ์ (RBIIPGL)

ในแต่ละกลุ่มสินค้าหลักได้ระยะการเดินหยิบสินค้าของกลุ่มสินค้าที่เพิ่มลดแตกต่างกัน แสดงผลสรุปในตารางที่ 8–10 ตามลำดับ

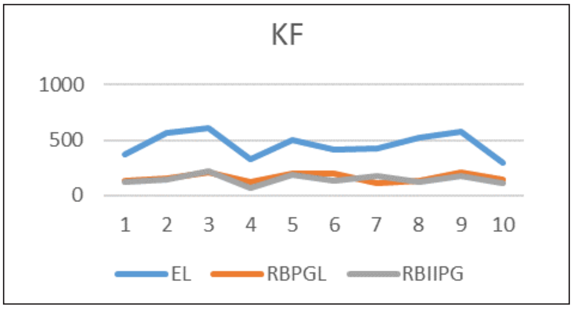
ตารางที่ 8–10 ระยะการเดินหยิบรวมทั้ง 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยของแต่ละตัวแบบจะเท่ากับ 11,897.6 เมตร 4,502.4 เมตร และ 3,996.4 เมตร ตามลำดับ สามารถสรุปผลได้ว่า ตัวแบบ RBIIPGL ได้ผลลัพธ์เป็นระยะการเดินหยิบที่สั้นที่สุดคิดเป็นระยะทางที่ลดลง 7901.20 เมตร คิดเป็น 66.41% ดังแสดงในรูปที่ 12–14 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ระยะเดินหยิบสินค้ากลุ่มสินค้า KF จากทั้ง 3 ตัวแบบ

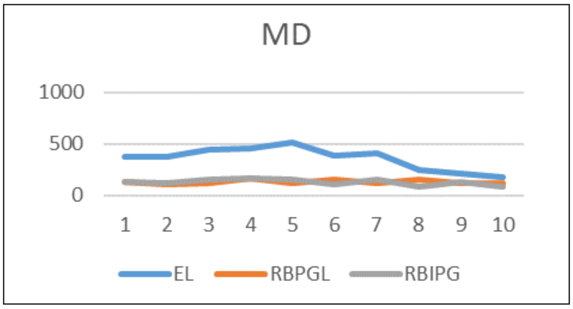
คำสั่งซื้อ	EL	RBPGL	RBIIPGL
1.	374.8	128.4	119.2
2.	567.2	151.2	148.4
3.	610.4	204.4	223.2
4.	324.8	120	63.6
5.	501.6	192.8	186
6.	414.8	201.6	130.4
7.	422.8	114	176.4
8.	523.6	134.8	122.4
9.	574.8	210	176.4
10.	294.8	142.8	114

ตารางที่ 9 ระยะเดินหยิบสินค้ากลุ่มสินค้า MD จากทั้ง 3 ตัวแบบ

คำสั่งซื้อ	EL	RBPGL	RBIIPGL
1.	374.8	129.6	131.6
2.	376.4	105.6	121.2
3.	443.2	121.6	159.6
4.	454.4	162	166.4
5.	514.4	121.6	158.8
6.	389.2	148.8	108
7.	407.6	116.4	157.2
8.	249.6	157.2	84
9.	206.4	121.2	129.6
10.	178.8	121.2	79.2



รูปที่ 12 ระยะเดินหยิบสินค้ากลุ่มสินค้าแบรนด์ KF จากทั้ง 3 ตัวแบบ

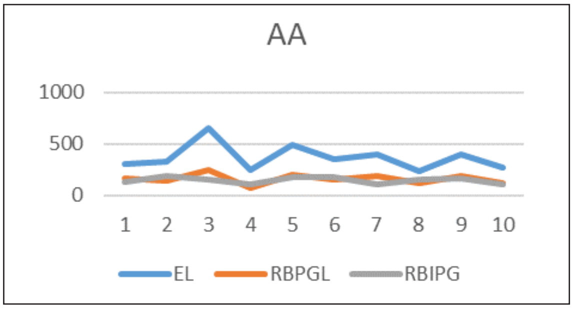


รูปที่ 13 ระยะเดินหยิบสินค้ากลุ่มสินค้าแบรนด์ MD จากทั้ง 3 ตัวแบบ

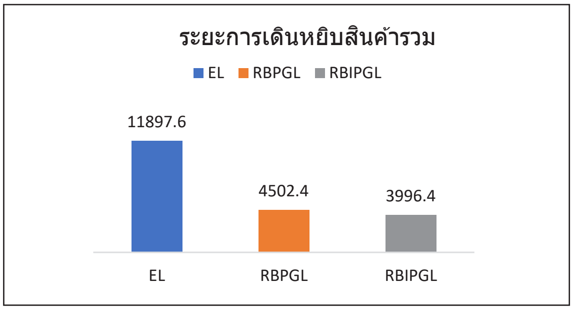
ตารางที่ 10 ระยะเดินหยิบสินค้ากลุ่มสินค้า AA จากทั้ง3 ตัวแบบ

คำสั่งซื้อ	EL	RBPGL	RBIIPGL
1.	305.6	160	129.6
2.	330	147.6	186
3.	655.6	246	159.6
4.	247.6	72	108
5.	490.8	195.6	172.8
6.	356	152.4	180
7.	400.8	187.6	109.6
8.	230.8	123.6	155.2
9.	400.8	187.6	168
10.	275.2	124.8	108

ระยะทางเดินหยิบที่ลดลงจากโมเดลที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุดแสดงในรูปที่ 15 สรุปได้ว่า ตัวแบบผังจัดวางสินค้าที่พิจารณาความสัมพันธ์ลักษณะความต้องการใช้สินค้าระหว่างหมวดทั่วไป



รูปที่ 14 ระยะเดินหยิบสินค้ากลุ่มสินค้าแบรนด์ AA จากทั้ง 3 ตัวแบบ



รูปที่ 15 เปรียบเทียบระยะการเดินหยิบสินค้ารวมของทั้ง 3 ตัวแบบผังจัดวาง

และหมวดกลุ่มสินค้ามีความสัมพันธ์กันทั้งภายในและระหว่างกลุ่มระหว่างโครงร่างตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ (RBIIPGL) สามารถลดระยะทางการเดินหยิบสินค้าของกรณีศึกษาได้มากที่สุด

4. สรุป

งานวิจัยนี้สนใจพัฒนาการกำหนดตำแหน่งจัดวางที่เหมาะสม จากลักษณะความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มสินค้าที่มีร่วมกันเป็นหลัก และวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม เช่น กลุ่มผลิตภัณฑ์ กับกลุ่มสินค้าใช้ร่วมกันทั่วไปเข้ามาใช้เป็นตัวแปรในการหาตำแหน่งจัดวาง เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดวางที่ก่อให้เกิดระยะทางการเดินหยิบสินค้าสั้นที่สุด เปรียบเทียบกับตัวแบบ RBPGL ผลจากการศึกษาพบว่า ตัวแบบ RBIIPGL นั้นได้ผลลัพธ์เป็นระยะการเดินหยิบที่สั้นกว่า คิดเป็นระยะทางที่ลดลงจากตัวแบบ Existing Layout ถึง 7,901.20 เมตร ซึ่งจากงานวิจัยเดิมที่ใช้ตัวแบบ RBPGL ได้ระยะทางเฉลี่ยลดลง 56% แต่ในตัวแบบ RBIIPGL ได้ระยะทางเฉลี่ยลดลง 66.41%

โดยข้อดีของตัวแบบ RBIIPGL นี้เห็นผลได้ดีกับคลังสินค้าที่มีการหยิบสินค้าใช้งานร่วมกันจำนวนมาก ช่วยลดระยะเดินหยิบสินค้าข้าม Aisle ได้ดี ข้อเสียของตัวแบบ RBIIPGL คือ ไม่สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ดีในคลังสินค้าถูกจำกัดการจัดเก็บแบบตายตัว หรือมีสินค้าที่มีลักษณะความสัมพันธ์หยิบใช้งานร่วมกันน้อย

อย่างไรก็ตามงานวิจัยมีข้อจำกัดที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม

1) ผลการเปรียบเทียบของงานวิจัยนั้นวิเคราะห์เพียงความสัมพันธ์ของกลุ่มสินค้าหลักแค่ 3 กลุ่มสินค้าเท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงกลุ่มสินค้าอีก 14 กลุ่มที่เหลือ

2) การออกแบบสมการเชิงเส้นที่พัฒนาขึ้นยังไม่ได้คำนึงถึงข้อจำกัดด้านอื่น ๆ เช่น น้ำหนักของสินค้า ปริมาตรของตัวสินค้า รูปแบบการจัดวาง ซึ่งการกำหนดพื้นที่ให้เหมาะกับสินค้าในแต่ละประเภท ต้องมีการคำนวณจำนวนครั้งที่ต้องเติมสินค้า เพื่อการจัดสรร พื้นที่ให้เหมาะสมกับสินค้าแต่ละ SKU โดยทำการเพิ่มข้อจำกัดของตัวแบบสำหรับนำไปแก้ปัญหาการจัดวางให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

3) ปริมาณจำนวนใบสั่งซื้อที่นำมาทำแบบจำลองมีแค่ 10 ตัวอย่าง อาจทำให้เห็นความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน ซึ่งมีข้อมูลใบสั่งซื้อที่มากขึ้นมาทำแบบจำลองอาจได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน จึงอาจจำเป็นสร้างใบสั่งซื้อโดยใช้หลักการสุ่มเข้ามาช่วยเพิ่มปริมาณข้อมูลในการวิเคราะห์

4) ลักษณะพื้นที่และรูปแบบการเดิน ส่งผลต่อระยะการเดินหยิบสินค้าอาจให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างออกไป จึงต้องมีการศึกษาหารูปแบบการเดินหยิบต่าง ๆ เข้ามาเปรียบเทียบเพื่อหารูปแบบการเดินที่เกิดประสิทธิภาพในลำดับถัดไป

เอกสารอ้างอิง

[1] R. Q. Zhang, M. Wang, and X. Pan, "New model of the storage location assignment problem considering demand correlation pattern," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 129, pp. 210–219, Mar. 2019.

[2] W. Wisittipanich and K. Chompoonoot, "Metaheuristics for warehouse storage location assignment problems," *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, vol. 14, no. 4, Jan. 2015 (in Thai).

[3] J. J. Bartholdi and S. T. Hackman, *Warehouse & Distribution Science: Release 0.96*, Atlanta, GA: The Supply Chain and Logistics Institute, Aug. 2019.

[4] Y. F. Chuang, H. T. Lee, and Y. C. Lai, "Itemassociated cluster assignment model on storageallocation problems," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 63, no. 4, pp. 1171–1177, Dec. 2012.

[5] R. Rakbanglaem and A. Phongsatornwiwat, "Layout design and storage relocation for warehouse efficiency improvement in warehouse: A case study of a public hospital," *Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT),* vol. 10, no. 2, pp. 32–45, Jul. 2022 (in Thai).

[6] A. Ubonsai and A. Phongsatornwiwat, "Use of association rules bases storage assignment location for improving class-based warehouse design: Case study a packaging company," *Thai Journal of Operations Research,* vol, 9, no. 2, pp. 21–35, Jul. 2021 (in Thai).

[7] K. Lawhawichitsak and A. Pongsathornwiwat, "Applying two-stage clustering-assignment storage location model on improving item-associated based family grouping warehouse design," *Thai Journal of Operations Research,* vol 9, no. 1, pp. 92–105, Jan. 2021 (in Thai).

[8] S. Sinsomboonthong, *Data Mining 1: Discovering Knowledge in Data.* 2nd ed. Bangkok: Chamchuree Products Co., Ltd., 2017 (in Thai).

[9] L. Mannaisatjatham, "Simulation of oncology drugs inventory controls by drug inventory department using vendor managed inventory through decision trees classification in national cancer institute of Thailand," *Journal of The Department of Medical Services*, vol. 46, no. 4, pp. 106–114, 2021 (in Thai).

[10] J. A. Tompkins and J. D. Smith, *The Warehouse Management Handbook*, 2nd ed. North Carolina: Tomkins Press, Releigh, 1998.

[11] M. Hompel and T. Schmidt, Warehouse Management Automation and Organization of *Warehouse and Order Picking Systems*, Germany: Springer, 2007.

[12] W. Boonphakdee, W. Suppajindakorn, V. Tsai, and S. Kaewsasaen, "Improvement of storage facilities in dry goods warehouse: Case study vermicelli production company," *Engineering Journal Chiang Mai University,* vol, 27, no. 1, pp. 22–32, Jan. 2020 (in Thai).

[13] F. Bindi, R. Manzini, A. Pareschi, and A. Regattieri, "Similarity coefficients and clustering techniques for the correlated assignment problem in warehousing systems," in *International Conference on Production Research*, 2009, pp. 233–247.