

การวิเคราะห์ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบผังและตำแหน่งจัดวางสินค้า กรณีศึกษาคลังสินค้านำเข้าส่งออกเนื้อสัตว์แช่แข็งแห่งหนึ่ง

อภิษฐา สุทธิพงศ์เกียรติ¹, อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์^{2*} และ นุชจิรินทร์ อินทะหล้า³

Received: 10 October 2023; Revised: 20 December 2023; Accepted: 20 December 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบผังและกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าของบริษัทจัดจำหน่ายสินค้าแช่แข็งประเภทเนื้อสัตว์ส่งออกแห่งหนึ่ง จากการสำรวจปัญหาพบว่า กรณีศึกษามีการกำหนดตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้พนักงานหยิบสินค้าใช้ระยะทางมากเกินไป เพื่อปรับปรุงปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลคำสั่งซื้อสินค้าจำนวน 3 เดือน จำนวน 5,723 รายการ ที่มีความถี่การหยิบสินค้ามาเรียงลำดับตามปริมาณการเข้าหยิบสูงสุดไปจนถึงน้อยสุดเพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสม โดยตัวแบบการออกแบบผังจำนวน 3 ตัวแบบ ได้แก่ 1) ผังวางสินค้าแยกกลุ่มแบบแนวทแยง (Diagonal Model) และแบบวางในช่องทางเดิน (Within aisle Model) 2) ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Model) 3) ผังวางสินค้าแยกกลุ่มแบบมีบริเวณพื้นที่หยิบไว (Class-based-within FA Analysis) ตัวแบบที่พัฒนาได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยข้อมูลรายการหยิบสินค้าด้วยการจำลองเพื่อหาตัวแบบที่ดีที่สุด ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบคลังสินค้าสำหรับการจัดวางตำแหน่งสินค้านำเข้าส่งออกเนื้อสัตว์แช่แข็งที่ดีที่สุดคือ ผังวางสินค้าแยกกลุ่มแบบแนวทแยงร่วมกับบริเวณพื้นที่หยิบไวเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด โดยระยะทางในการหยิบสินค้าลดลงจาก 95,102 เหลือ 74,131 เมตร/ปี คิดเป็นสัดส่วน 22.05%

คำสำคัญ: การออกแบบผังจัดวางสินค้า, การปรับปรุงคลังสินค้า, การประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้น

* Corresponding author: akkaranan.pon@nida.ac.th

^{1,2} สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

³ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Designing of optimal warehouse layout and storage location assignment : A case study of an import-export frozen butcher warehouse

Apitchaya Suthipongkeat¹, Akkaranan Pongsathornwiwat^{2*} and Nuchjarin Intalar³

Received: 10 October 2023; Revised: 20 December 2023; Accepted: 20 December 2023

Abstract

This research aims at designing and determining the optimal warehouse layout and storage location for an import-export frozen butcher warehouse. With on-field problem investigation, the case has an inefficient layout resulting pickers' unproductive traveling distances. To make an improvement, this research used data of picking frequencies for three months with 5,723 orders in order to sort the picking frequency from high to low and used it for considering appropriate storage location. Three main models of warehouse layouts have proposed: 1) Class-based layout with diagonal and within aisle, 2) Linear Programming model, and 3) Class-based-within Forward Area (FA) model. With performance evaluation of three models with simulation analysis, the results reveal that the class-based-within forward area analysis with combined selective items, so-called Forward SKUs performs the best performance with the highest travel distance reduction. The finding indicates that the best model can decrease the total travel distance from 95,102 to 74,131 meters, accounting for 22.05%.

Keywords: Warehouse layout design, Warehouse improvement, Application of Linear programming

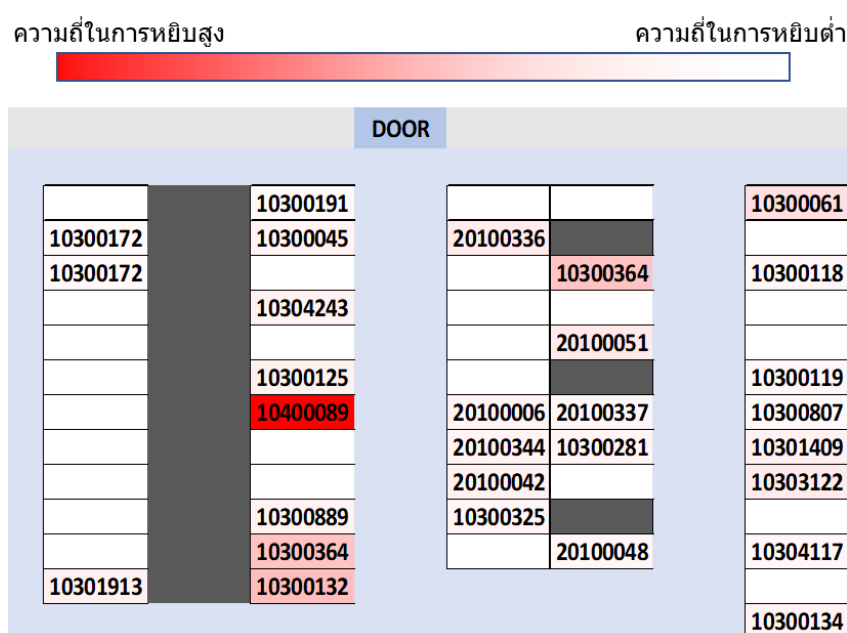
* Corresponding author: akkaranan.pon@nida.ac.th

^{1,2} Logistics Management Program, Graduate School of Public Administration, National Institute of Development Administration

³ Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยการเปิดร้านอาหารที่เน้นไปที่การรับประทานอาหารแบบบริการตนเองอย่างไม่จำกัด อิทธิพลจากสื่อการตลาด และมาตรการผ่อนคลายการควบคุมการแพร่กระจายของโรคระบาดโควิด-19 สนับสนุนให้ประชากรสามารถดำเนินชีวิตภายนอกครัวเรือนได้ ส่งผลให้ยอดขายผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แช่แข็งของบริษัทกรณีศึกษาที่มีลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เพื่อการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่นอกจากต้องการคุณภาพของเนื้อสัตว์แล้วยังคาดหวังในการรับสินค้าที่ตรงตามจำนวนที่ต้องการและตรงตามกรอบเวลาที่ตกลงไว้ ทำให้บริษัทกรณีศึกษาต้องทำการบริหารจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพเพื่อรองรับการบริหารสินค้าคงคลังที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น Bartholdi and Hackman (2008) กล่าวว่า การจัดการคลังสินค้าเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของระบบห่วงโซ่อุปทาน หากกระบวนการทำงานในคลังมีประสิทธิภาพ จะสามารถช่วยลดต้นทุนและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในธุรกิจได้



ภาพที่ 1: ตำแหน่งจัดเก็บสินค้าในบริเวณที่มีความเคลื่อนไหวสูง (Forward area)

จากการสำรวจสภาพปัญหาของกรณีศึกษาพบว่า ปริมาณสินค้าคงคลังที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การจัดเก็บสินค้ามีการกำหนดตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะในส่วนคลังสินค้าแช่แข็งสินค้าเนื้อสัตว์ของบริษัทกรณีศึกษา นอกจากนั้นข้อมูลจากการสัมภาษณ์เจ้าของธุรกิจยังพบเพิ่มเติมในเชิงลึกว่า ปัจจุบันการออกแบบผังจัดวางและกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าสินไม่ได้อิงจากข้อมูลความถี่การหยิบสินค้าแต่ละรายการ ส่งผลให้เกิดปัญหาขึ้นบริเวณเคลื่อนไหว (Forward Area) ที่กำหนดอยู่ในบริเวณชั้นวางสินค้าชั้นแรกจากลักษณะการเก็บสินค้าเป็นแบบพาเลท (Pallet) และวางอยู่บนชั้นวาง (Rack) จากการบริหารจัดการคลังสินค้าดังกล่าว ส่งผลเสียต่อระยะทางในการหยิบสินค้าตามใบคำสั่งซื้อสินค้าที่มากเกินความจำเป็น ตัวอย่างเช่นสินค้าที่มีความต้องการน้อย (ความถี่ในการหยิบต่ำ) ค้างอยู่ในคลังสินค้าเป็นจำนวนมาก ตำแหน่งจัดวางสินค้าที่อยู่ใกล้กับประตูทางเข้าออก (I/O) เป็นสินค้าที่ไม่มีการเคลื่อนไหว De Koster, Le-Duc and Roodbergen (2007) ระบุว่า การออกแบบแผนผังคลังสินค้า (Warehouse layout) และการกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า (Warehouse storage location assignment) จะช่วยปรับปรุงกระบวนการหยิบสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะการจัดเก็บสินค้าในตำแหน่งที่เหมาะสมจะช่วยลดระยะทางเดินหยิบสินค้าได้ และส่งผลให้กระบวนการหยิบมีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้องค์กรสามารถลดต้นทุนแรงงานได้ อย่างไรก็ดี บริษัทกรณีศึกษาจัดเก็บสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวสูงประมาณ 48% ของพื้นที่ในโซนจัดเก็บสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวสูง

(Forward Area) ดังแสดงในรูปที่ 1 จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า สินค้าที่มีความถี่ในการหยิบสูงถูกวางไว้ไกลจากประตูเข้าออกของคลังสินค้า เช่น สินค้ารหัส 10400089 10300364 และ 10300364 เป็นต้น นอกจากนั้นการจัดสรรพื้นที่ในการจัดวางสินค้ายังกระจายกันด้วยเหตุผลของความสะดวกในการทำงานหน้างาน ด้วยเหตุดังกล่าวทำให้พนักงานหยิบสินค้าใช้ระยะทางมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นในการหยิบสินค้า ส่งผลให้จัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าได้ช้าตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ตัวแบบผังจัดวางและตำแหน่งจัดเก็บสินค้าเพื่อปรับปรุงระยะทางในการเดินหยิบสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผังจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้า (Warehouse Layout)

ผังจัดวางสินค้ามีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของคลังสินค้า การออกแบบผังจัดวางสินค้าจึงเป็นเรื่องสำคัญ อย่างไรก็ตามผังจัดวางสินค้าที่เหมาะสมนั้นต้องทำการพิจารณาจากหลายปัจจัย เช่น ลักษณะของสินค้าที่ต้องทำการจัดเก็บและทำการหยิบ เพราะส่งผลต่อการเลือกอุปกรณ์ในการจัดเก็บและกระบวนการในการหยิบสินค้า (อัจจิมา เชิดชมและปณิธาน ฟิรพัฒนา, 2562) จะเห็นได้ว่าผังสินค้าได้รับผลโดยตรงจากลักษณะของธุรกิจ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ข้อมูลที่มีความสำคัญในการออกแบบผังจัดวางสินค้าคือข้อมูลความถี่ในการหยิบสินค้าของแต่ละรายการสินค้า จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบผังจัดวางสินค้าที่เหมาะสมได้ ตัวแบบที่ได้รับความนิยมประกอบไปด้วย 3 ตัวแบบคือ ตัวแบบผังคลังสินค้าที่แยกตามกลุ่มความถี่ของการหยิบสินค้า (ABC-based layout) ตัวแบบกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยโปรแกรมคณิตศาสตร์เชิงเส้น (Optimal-based layout) และตัวแบบผังจัดวางสินค้าความสำคัญด้วยการประยุกต์การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Association-based layout)

2.2 ผังคลังสินค้าที่แยกตามกลุ่มแบบ ABC (ABC Class-based layout)

การกำหนดลักษณะของสินค้าแต่ละประเภทสามารถเลือกตัววัดได้ตามบริบทของคลังสินค้า แต่การใช้อัตราการหมุนเวียนของสินค้าจะเป็นหนึ่งในดัชนีที่เป็นที่นิยมและถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย (Khan, Dong & Yu, 2017) ได้แบ่งกลุ่มสินค้าประเภท A สำหรับสินค้าที่มีอัตราการหมุนเวียนสูงจะถูกจัดเก็บไว้ในสถานที่ที่ใกล้กับประตูขนส่งสินค้าเพื่อให้ได้ระยะทางเดินหยิบสินค้าที่สั้นที่สุด กลุ่มสินค้าประเภท B จะมีอัตราการหมุนเวียนและจำนวนพื้นที่จัดเก็บอยู่ระหว่างประเภท A และ C กลุ่มสินค้าประเภท C สำหรับสินค้าที่มีเวลาจัดเก็บโดยเฉลี่ยนานกว่าเวลาจัดเก็บของสินค้าประเภท นอกจากอัตราการหมุนเวียนแล้ว ยังนำลักษณะและขนาดของสินค้า ความถี่ในการหยิบสินค้า เข้ามาพิจารณาในการจัดกลุ่มได้เช่นเดียวกัน

ประโยชน์ของการออกแบบผังจัดวางสินค้าแบบกลุ่มสามารถช่วยลดระยะทางการหยิบสินค้าลงได้ รัฐประศาสน์ รักบางแหลม และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ (2563) ได้ทำการศึกษารับปรุงตำแหน่งการจัดวางสินค้าคงคลังภายในคลังสินค้าสำหรับจัดเก็บพัสดุของใช้สอยภายในโรงพยาบาลรัฐแห่งหนึ่ง จากการสำรวจสภาพปัญหาพบว่ากรณีศึกษาที่มีการจัดเรียงสินค้าที่ไม่มีประสิทธิภาพให้กับกลุ่มสินค้าแต่ละรายการส่งผลให้ใช้ระยะเวลาการเดินหยิบสินค้าที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงปัญหาดังกล่าว ประกอบด้วยความต้องการสินค้าจำนวน 244 รายการ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยแบบพิมพ์, พัสตุและเครื่องใช้ จากการจัดกลุ่มผังเก็บสินค้าแบบ ABC-based Layout ช่วยลดระยะการเดินทางในการหยิบสินค้าลงได้จากเดิมที่มีระยะทางในการเดินรวม 81,950.6 เมตรต่อปี ลดลงเป็น 77,591.7 เมตรต่อปี อย่างไรก็ตามผังการจัดวางแบบแยกกลุ่มสินค้าต้องทำการพิจารณาตำแหน่งจัดวางสินค้าเอง เช่น ในโซนการจัดเก็บสินค้ากลุ่ม A มีจำนวนสินค้าที่ต้องทำการจัดเก็บจำนวน 30 SKUs ในการออกแบบผังการจัดวางนั้น เราสามารถทำการกำหนดคัดเลือกสินค้าที่เหมาะสมในกลุ่ม A ได้ แต่การ

กำหนดตำแหน่งว่า สินค้าใดควรอยู่ตำแหน่งไหนเป็นดุลยพินิจของผู้วิเคราะห์และออกแบบ โดยหลักการที่ง่ายที่สุดคือการเรียงลำดับความถี่ในการหยิบ (หน่วยเป็นจำนวนครั้ง) จากสินค้าที่มีจำนวนความถี่ในการหยิบมากไปจนถึงความถี่ในการหยิบน้อย จากนั้นทำการนำไปกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้า และเพื่อให้กลยุทธ์การจัดเก็บสินค้ายังคงประสิทธิภาพสูงสุด ธุรกิจจะต้องทำการทบทวนและตรวจสอบความถี่ในการหยิบของสินค้า เพื่อเปลี่ยนประเภทของการจัดเก็บสินค้าแต่ละรายการหากความต้องการมีการเปลี่ยนแปลงมาก เช่น หากมีการสั่งสินค้าบางรายการในหมวด B บ่อยขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง สินค้าเหล่านี้อาจจัดอยู่ในหมวด A แทนที่จะเป็น B (Khan, Dong & Yu, 2017) สำหรับงานวิจัยนี้ได้เพิ่มองค์ความรู้ให้กับวรรณกรรมโดยการประยุกต์แนวคิดดังกล่าวในธุรกิจการส่งออกเนื้อสัตว์แช่แข็ง

2.3 การกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น

การกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้นเป็นอีกหนึ่งตัวแบบที่ได้รับความนิยมสำหรับการแก้ปัญหาทางอุตสาหกรรมทางโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (Alhamad, K., & Alhajri, M., 2020; Koothathongsumrit, N., & Luangpaiboon, P., 2022) สำหรับปัญหาการออกแบบตำแหน่งจัดวางสินค้านั้นจะเรียกว่า ปัญหาหมอบหมายตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อจัดเก็บสินค้า (Storage Location Assignment Problem: SLAP) เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นที่มีพารามิเตอร์สำคัญสองตัวแปรคือ ระยะทาง (Distance) และความถี่ในการหยิบสินค้า (Frequency) เพื่อคำนวณหาหาระยะทางรวมที่สั้นที่สุดจากการจัดสรรตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าอย่างเหมาะสม โดยทำการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ โดยคำนึงถึงสินค้าแต่ละประเภทรวมถึงจำนวนพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด เข้ามาสร้างสมการเพื่อหาตำแหน่งการวางสินค้าที่เหมาะสมและสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น ในการสร้างสมการได้มุ่งเน้นไปยังความถี่ในการหยิบสินค้าจากทุก ๆ ตำแหน่งการจัดเก็บ (Storage Location) และระยะทางที่ใช้ในการหยิบจากทุก ๆ ตำแหน่งจัดเก็บเช่นกัน (Quintanilla, S., Pérez, Á., Ballestín, F., & Lino, P., 2015; Xiao, J., & Zheng, L., 2010)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงถึงประโยชน์ของการประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการกำหนดปัญหาตำแหน่งจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้า อรรถเดช อุบลไทรและอัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ (2561) ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพตำแหน่งการจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้าของบริษัทจัดจำหน่ายสินค้าบรรจุภัณฑ์แห่งหนึ่งจากการศึกษาบริษัทกรณีศึกษา ก่อนการปรับปรุงพบว่าตำแหน่งการจัดวางสินค้าของสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวเร็ว (fast moving) ภายในคลังสินค้าไม่เหมาะสมถูกจัดวางอย่างกระจัดกระจายทั่วบริเวณทำให้ภาพรวมพนักงานหยิบสินค้าเดินระยะทางไกลถึง 952,989 เมตรต่อปีและเกิดความล่าช้าในการหยิบสินค้าส่งผลให้เกิดการจ้างงานคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการจ้างงานเพิ่มขึ้น 56,172 บาทต่อปีคิดเป็นสัดส่วนถึง 39% งานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวได้ทำการออกแบบรูปแบบตำแหน่งการจัดวางสินค้าเพื่อให้การดำเนินงานภายในคลังมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าการจัดวางตำแหน่งสินค้านรูปแบบใหม่ทำให้ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการคลังสินค้าเพิ่มขึ้นระยะทางในการหยิบสินค้าลดลง 289,678.40 เมตรต่อปีคิดเป็นสัดส่วน 30.40% ระยะเวลาในการจ้างงานล่วงเวลาลดลง 822 ชั่วโมงต่อปีคิดเป็นสัดส่วน 90.76% ค่าใช้จ่ายในการจ้างงานล่วงเวลาลดลง 50,982 บาทต่อปีและยังสามารถช่วยเพิ่มอัตราผลิตภาพการหยิบสินค้าของพนักงานในการหยิบช่วงการหยิบแบบปกติดีขึ้น 158 ชั่วโมงต่อปีคิดเป็นสัดส่วน 6.82% สอดคล้องกับงานของณภัทราน ศรีงใหม่ และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ (2562) ได้ออกแบบผังจัดวางและกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บวัตถุดิบภายในคลังสินค้าของผู้ผลิตผ้าอ้อมสำเร็จรูปแห่งหนึ่ง สภาพปัญหาในปัจจุบันพบว่าบริษัทกรณีศึกษามีคลังสินค้าจำนวน 2 คลัง ทำการจัดเก็บแบบเป็น Pallet on floor ที่มีปัญหาในด้านประสิทธิภาพการจัดสรรพื้นที่จัดเก็บ โดยที่คลังสินค้าที่ 1 จัดเก็บเกินปริมาณความจุที่สามารถรับได้เท่ากับ 151% เนื่องด้วยจากนโยบายเดิมซึ่งกำหนดให้จัดเก็บเฉพาะวัตถุดิบบางประเภทเท่านั้น ส่งผลให้คลังสินค้าที่ 2 ไม่มีประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่จัดเก็บคิดเป็นเพียง 17% ของปริมาณสูงสุดที่สามารถจัดเก็บได้ นอกจากนั้นด้วยรูปแบบผังและตำแหน่งจัดเก็บสินค้าในปัจจุบันที่ไม่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดระยะทางหยิบสินค้าที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น ส่งผลต่อการเกิดต้นทุนสูญเสียไปใน

กระบวนการทำงาน ผู้วิจัยได้ออกแบบผังจัดวางและกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าขึ้นมาใหม่จำนวน 2 ตัวแบบและทำการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่ช่วยให้การดำเนินงานภายในคลังสินค้ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นดีที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า การกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแบบที่ดีที่สุด ส่งผลให้คลังสินค้าที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในด้านระยะทางในการหยิบสินค้าที่ลดลงจากเดิมอยู่ที่ 77,592 เมตร เหลือ 35,760 เมตร จากประโยชน์ดังกล่าวงานวิจัยนี้ได้เพิ่มองค์ความรู้ให้กับวรรณกรรมโดยการประยุกต์แนวคิดดังกล่าวในธุรกิจการส่งออกเนื้อสัตว์แช่แข็งซึ่งยังมีอยู่เป็นจำนวนน้อย

2.4 การจำลองสถานการณ์ด้วยสถิติแบบมอนติคาร์โล

การเลียนแบบทางสถิตินี้จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยพิสูจน์ได้ว่า ทางเลือกที่ได้จากการตัดสินใจนั้นมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุด (Marcoulaki, E. C., Broulias, G. P., & Chondrocoukis, G. P., 2005; La Scalia, G., Micale, R., Miglietta, P. P., & Toma, P., 2019) การใช้การปฏิบัติงานจริงเป็นเครื่องทดสอบ อาจใช้เวลานานเกินไปและจะไม่เป็นผลดีถ้าการตัดสินใจนั้นผิดพลาด อย่างไรก็ตามการจำลองเหตุการณ์ด้วยวิธีทางสถิติแบบมอนติคาร์โลจะมีความแม่นยำมากขึ้น ถ้าใช้จำนวนครั้งในการทดสอบจำนวนมาก โดยการอาศัยความน่าจะเป็นของเหตุการณ์มาสร้างเหตุการณ์จำลอง และตั้งสมมติฐานว่าเหตุการณ์แต่ละเหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์นั้น โดยมีอุปกรณ์การสุ่ม (Random Device) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สร้างเหตุการณ์แบบสุ่มขึ้นมา

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ตัวเลขสุ่ม (Random Number) เป็นอุปกรณ์การสุ่ม ซึ่งถูกจัดไว้ในรูปแบบของตารางหรือจากการโปรแกรมกำเนิดเลขสุ่มบนโปรแกรม Microsoft Excel จากคำสั่ง RAND() เป็นการกำหนดช่วงตัวเลขสุ่มจาก 0 ถึง 1 จากนั้นนำตัวเลขสุ่มที่เป็นค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์นั้น ไปสร้างแบบจำลองการหยิบสินค้า และทำการทดลองซ้ำหลายครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้าง เป้าหมายของการวิเคราะห์เพื่อกำหนดมาตรฐานการใช้ผังแบบคลังสินค้าและตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าภายในคลังสินค้าของบริษัท เนื่องด้วยผู้วิจัยยังได้คำนึงถึงปัจจัยด้านความผันผวนของความต้องการของลูกค้าหรือสินค้าที่อาจจะส่งผลให้คำสั่งหยิบสินค้าเปลี่ยนแปลงไป จึงได้นำปัจจัยดังกล่าวมาพิจารณาวิเคราะห์และทดสอบผังแบบต่างๆ ด้วยการจำลองคำสั่งการหยิบสินค้าใหม่ จากการใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นของโอกาสที่สินค้าแต่ละรายการจะถูกเลือกในลำดับการหยิบ

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

3.1.1 ข้อมูลคลังสินค้า

แผนผังคลังสินค้าของกรณีศึกษาที่มีรูปแบบเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าพื้นที่ขนาด 321.75 ตารางเมตร (กว้าง 14.3 เมตร ยาว 22.5 เมตร) มีประตูทางเข้าออกสินค้าหรือจุด I/O (Input and Output) อยู่ตรงกลางเพื่อทำการหยิบสินค้าและรวบรวมเพื่อจัดส่ง การจัดเก็บสินค้าแต่ละโซนจะมีการจัดเก็บที่ชั้นวางสินค้าแบบพาเลท (Pallet rack) มีจำนวนทั้งหมด 4 ชั้น โดยในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เพียงเฉพาะโซนของพื้นที่หยิบสินค้าที่ขายดีและถูกหยิบบ่อย (Forward Area) หรือเรียกได้อีกว่าเป็นพื้นที่หยิบสินค้าไว้อยู่บริเวณชั้นล่างสุด (Ground level) ซึ่งเป็นโซนที่ผู้วิจัยเข้าไปเก็บข้อมูลแล้วพบกับปัญหา โดยโซนพื้นที่หยิบสินค้าไว (Forward Area) ถูกกำหนดตำแหน่งจัดวางไว้ชั้นแรกของชั้นวางสินค้า เป็นจุดที่ใช้วางสินค้าที่มีความนิยมหรือมีความถี่ในการหยิบสูงเพื่อเตรียมสินค้าให้พร้อมถูกหยิบจ่ายออก แต่ผังการจัดวางไม่มีประสิทธิภาพมีจำนวนทั้งสิ้น 56 ตำแหน่งดังแสดงในภาพที่ 2

DOOR											
CE01		CD01		CC01	CB01		CA01				
CE02		CD02		CC02			CA02				
CE03		CD03		CC03	CB03		CA03				
CE04		CD04		CC04	CB04		CA04				
CE05		CD05		CC05	CB05		CA05				
CE06		CD06		CC06			CA06				
CE07		CD07		CC07	CB07		CA07				
CE08		CD08		CC08	CB08		CA08				
CE09		CD09		CC09	CB09		CA09				
CE10		CD10		CC10			CA10				
CE11		CD11		CC11	CB11		CA11				
CE12		CD12					CA12				
							CA13				

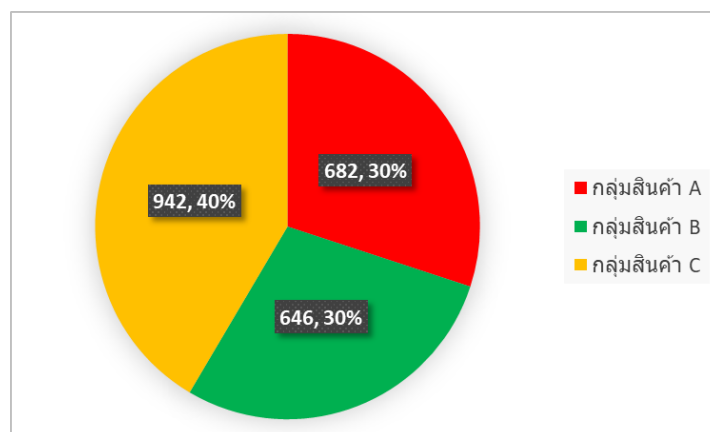
ภาพที่ 2: คลังสินค้าแช่แข็งบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 56 ตำแหน่งจัดเก็บ

3.1.2 ข้อมูลระยะทางการเดินหยิบสินค้าและความถี่ในการหยิบสินค้า

ข้อมูลระยะทางในการเดินหยิบสินค้าเป็นข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบผังจัดเก็บสินค้า ผู้วิจัยออกแบบการเก็บระยะทางจากคำสั่งการหยิบสินค้า (Material document) และกระบวนการทำงานของพนักงาน เริ่มตั้งแต่พนักงานหยิบสินค้า (Picker) เดินเข้าจากจุด I/O (Input and Output) ไปยังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแต่ละรายการตามคำสั่งหยิบสินค้า (Picking list) โดยลักษณะการหยิบมี 2 รูปแบบ คือ 1) พนักงานหยิบสินค้าเดินจากจุด I/O ไปยังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า 2) พนักงานหยิบสินค้าเดินจากตำแหน่งจัดเก็บสินค้าหนึ่งไปยังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าหนึ่ง โดยการเก็บข้อมูลระยะทางจะดำเนินการตามรูปแบบการหยิบแบบที่ 1

Material SLoc	MvT	Mat. Doc.	Item	Pstng Date	Quantity in UnE	Material description	EUn	Plnt
10100285						BE FZ CHUNKY HASHBROWN 1KGX10 FF		1100 SFS Head Office
F002	601	4900257039	1	30.05.2022	-5		PAC	
10300032						TH FZ SMOKED BB SKIN ON(B/L DUCK BREAST)		1100 SFS Head Office
F002	601	4900352013	1	08.07.2022	-10		KG	
F002	601	4900352010	2	08.07.2022	-5		KG	
F002	601	4900349354	1	07.07.2022	-5		KG	
F002	601	4900349169	1	07.07.2022	-5		KG	
F002	601	4900347447	1	06.07.2022	-10		KG	
F002	601	4900346695	1	06.07.2022	-10		KG	
F002	601	4900338680	1	02.07.2022	-3.84		KG	
F002	601	4900338680	2	02.07.2022	-1.16		KG	
F002	601	4900335295	2	01.07.2022	-5		KG	
F002	601	4900331970	1	30.06.2022	-5		KG	
F002	601	4900329549	15	29.06.2022	-0.18		KG	
F002	601	4900329549	12	29.06.2022	-3		KG	
F002	601	4900326009	1	28.06.2022	-10		KG	
F002	601	4900323044	6	27.06.2022	-5		KG	
F002	601	4900314558	2	22.06.2022	-5		KG	
F002	601	4900313154	6	22.06.2022	-5		KG	
F002	601	4900309502	9	21.06.2022	-5		KG	
F002	601	4900309238	1	21.06.2022	-10		KG	

ภาพที่ 3: ตัวอย่างรายการสินค้าที่จำหน่ายในคลังกรณีศึกษา จำนวน



ภาพที่ 4: ความถี่และสัดส่วนของความถี่ในการหยิบสินค้าแต่ละกลุ่ม

No.	SKU	Frequency	Location	Distance	Class
1	10400089	682	CD01	290	A
2	10300132	174	CC01	290	A
3	10300364	163	CD02	440	A
4	20100225	163	CC02	440	A
5	10300061	86	CD03	590	A
6	10301301	62	CC03	590	A
7	20100051	60	CD04	740	A
8	10303122	56	CC04	740	A
9	20100336	55	CD05	890	A
10	10300125	42	CC05	890	A

ภาพที่ 5: ตัวอย่างของสินค้ากลุ่ม A เพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งจัดเก็บสำหรับสินค้าแต่ละ SKU

การเก็บรวบรวมข้อมูลความถี่ของสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลคำสั่งซื้อสินค้า (Material document) ในช่วงเวลา 3 เดือน คือ พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม ปี 2565 มีจำนวนคำสั่งซื้อสินค้าทั้งหมด 5,723 รายการ มาจัดทำเป็นคำสั่งหยิบสินค้า (Picking list) เพื่อนำมาคัดเลือกสินค้า ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มสินค้าโดยเลือกการจัดเรียงตามความถี่ในการหยิบสินค้าสูง ปานกลาง และต่ำ หรือ ABC Analysis มาทำการจัดกลุ่มสินค้าออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบไปด้วย กลุ่มที่มีการหยิบตามความต้องการสูง กลุ่มที่มีการหยิบตามความต้องการปานกลาง และกลุ่มที่มีการหยิบตามความต้องการต่ำ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยให้ความสำคัญไปที่ ประยุกต์ใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มสินค้าโดยเลือกการจัดเรียงตามความถี่ในการหยิบสินค้าสูง ปานกลาง และต่ำ หรือ ABC Analysis มาทำการจัดกลุ่มสินค้าออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบไปด้วย กลุ่มที่มีการหยิบตามความต้องการสูง กลุ่มที่มีการหยิบตามความต้องการปานกลาง และกลุ่มที่มีการหยิบตามความต้องการต่ำ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ สินค้าจำนวน 56 รายการ จากจำนวนสินค้าทั้งหมดที่คลังกรณีศึกษาถือครอง จำนวน 301 SKUs ซึ่งสามารถสร้างรายได้สูงสุดของกรณีศึกษามาทำการวิเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 3 ภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ตามลำดับ

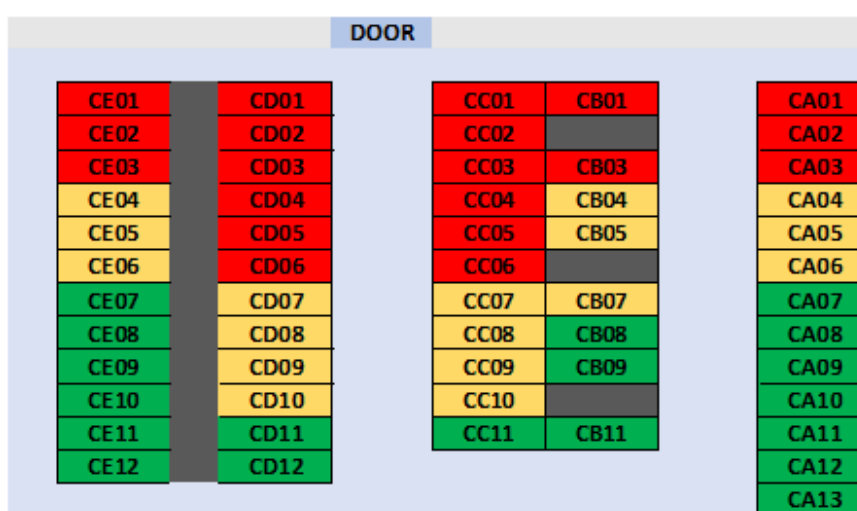
ภาพที่ 4 และ 5 แสดงให้เห็นว่า สินค้าในกลุ่ม A เป็นกลุ่มที่มีปริมาณในการหยิบสูงที่สุด และสร้างรายได้จากการจำหน่ายสินค้าให้กับบริษัทกรณีศึกษาสูงที่สุด การพิจารณาการแบ่งกลุ่มพื้นที่ในคลังสินค้าเพื่อให้สะดวกต่อการกำหนดตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่เหมาะสมของสินค้ากลุ่มดังกล่าวจึงมีความสำคัญ โดยการออกแบบนั้นต้องคำนึงถึงระยะทางของตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า และอัตราการการหยิบสินค้า โดยอ้างอิงหลักการการจัดวางสินค้าว่า สินค้าที่มีความถี่ในการเข้าถึงสูงควรถูกจัดเก็บอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายที่สุดหรืออยู่ใกล้กับจุด I/O มากที่สุด ส่งผลให้ระยะทางรวมในการหยิบสินค้าต่ำที่สุด

3.2 ตัวแบบการวิเคราะห์ผังจัดวางและตำแหน่งจัดเก็บสินค้า

3.2.1 ตัวแบบผังจัดวางสินค้าแบบแยกตามกลุ่มสินค้า (Class-based Layout)

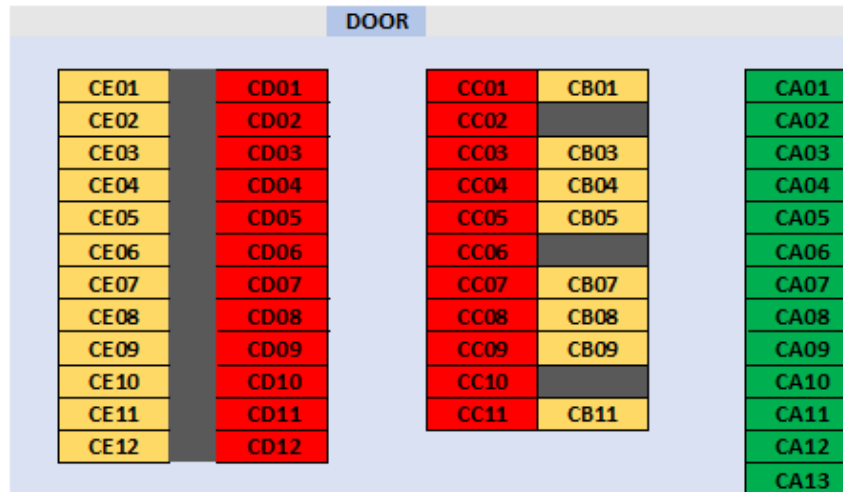
หลังจากทำการแบ่งกลุ่มสินค้าแล้ว ข้อมูลถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อการจัดแบ่งลักษณะพื้นที่ของคลังสินค้า ผู้วิจัยได้เลือกผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม (Class-based with diagonal direction model) และผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน (Class-based with within-aisle direction model) ซึ่งพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของคลังกรณีศึกษาเพื่อกำหนดลักษณะความสำคัญของตำแหน่งในคลังสินค้า โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม (Class-based with diagonal direction model) ตัวแบบผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม จะทำการจัดกลุ่ม 3 กลุ่มในแนวทแยงมุม โดยตำแหน่งจัดเก็บสินค้าที่มีระยะทางไกลกับประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม A (สีแดง) ระยะทางปานกลางจากประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม B (สีเหลือง) และระยะทางไกลจากประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม C (สีเขียว) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6: รูปแบบผังจัดวางคลังสินค้าแบบแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม

2) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน (Class-based with within-aisle direction model) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินจะให้ความสำคัญกับพื้นที่ที่มีตำแหน่งจัดเก็บสินค้าที่อยู่ภายในช่องทางเดินที่ตรงกับประตูในรูปแบบของผังสินค้าแบบตัว I ที่มีประตูอยู่ตรงกลาง โดยตำแหน่งจัดเก็บสินค้าที่มีระยะทางไกลกับประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม A (สีแดง) ระยะทางปานกลางจากประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม B (สีเหลือง) และระยะทางไกลจากประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม C (สีเขียว) ตามลำดับ ดังแสดงภาพที่ 7



ภาพที่ 7: รูปแบบผังจัดวางคลังสินค้าแบบแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน

3.2.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นสำหรับปัญหาการกำหนดตำแหน่งการวางสินค้า (Storage Location Assignment Problem)

การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming model) เพื่อหาตำแหน่งการจัดวางสินค้าอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงระยะทางที่ใช้ในการวัดตั้งแต่พนักงานหยิบสินค้าเข้าหยิบสินค้าในตำแหน่งจัดวางไว้ รวมถึงข้อมูลความถี่ที่สินค้าถูกหยิบออกมาใช้พิจารณา โดยมีรายละเอียดของตัวแบบ ดังต่อไปนี้

กำหนดให้

F_i = จำนวนความถี่ในการเข้าหยิบสินค้า SKU i

D_j = ระยะทางการเคลื่อนที่ของสินค้า SKU i จากจุดเริ่มต้น I/O ไปยังตำแหน่งจัดเก็บ (Storage Location) j

i = สินค้า SKU 1 ถึง m

j = ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (Storage Locations) 1 ถึง n

m = สินค้า SKUs

n = ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (Storage Locations)

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) :

$$\text{Min Total Travelling Distance } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_i D_j X_{ij} \quad (1)$$

เงื่อนไขบังคับ (Subject to) :

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (2)$$

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

$$X_{ij} = \{0, 1\} \quad (4)$$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) :

$$X_{ij} = 1 \text{ คือ ยอมรับสินค้า } i \text{ ไปเก็บที่ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า } j \\ = 0 \text{ คือ ไม่ยอมรับสินค้า } i \text{ ไปเก็บที่ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า } j$$

ในการวิเคราะห์หาคำตอบ ทางผู้วิจัยทำการสร้างตารางหาผลรวมของความถี่และระยะทางอันประกอบด้วยข้อมูลสินค้า SKUs (i) ตำแหน่งที่จัดเก็บสินค้า (j) ระยะทางการเดินหยิบสินค้า (D_j) และความถี่การหยิบสินค้า (F_i) และคำนวณผลรวมของระยะทางและความถี่เพื่อหาระยะทางในการเข้าหยิบสินค้าแต่ละรายการ i ในตำแหน่งที่จัดเก็บสินค้า j ดังแสดงในสมการที่ (1) โดยนำระยะทางใน แนว Row หรือ ระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้าที่ถูกเข้ารหัส (Location code) แต่ละตำแหน่ง มาคูณกับความถี่ในคอลัมน์ของความถี่ในการหยิบสินค้า (Frequency) ทำต่อเนื่องไปจนครบ โดยมีสมการเงื่อนไข สมการ (2) หมายถึง สินค้า SKU i สามารถจัดเก็บได้แค่ 1 ตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และสมการ (3) หมายถึง 1 ตำแหน่งจัดเก็บสินค้าสามารถจัดเก็บได้ 1 สินค้า จากนั้นนำตัวแบบคณิตศาสตร์ข้างต้นใส่โปรแกรม OpenSolver 2.9.3. Add-in “Solver” ใน Excel เพื่อทำการพิจารณาค้นหาตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ระยะทางในการเดินทางไปหยิบสินค้ารวมต่ำที่สุด

3.2.3 ตัวแบบผังจัดวางสินค้าแบบแยกตามกลุ่มสินค้า (Class-based Layout) โดยสนใจเฉพาะบริเวณพื้นที่จัดเก็บสินค้าหยิบไว (Forward SKUs)

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดในการรวมกลุ่มสินค้า (SKUs density) ไว้บริเวณที่ทำการหยิบสินค้า เพื่อให้พนักงานหยิบสินค้าสามารถเลือกหยิบสินค้าได้หลากหลายและเพิ่มอัตราการหยิบต่อหนึ่งพื้นที่ (Pick density) ที่ทำการหยุดหยิบสินค้าด้วย (Bartholdi & Hackman, 2008) โดยยังคงใช้หลักการพิจารณากำหนดตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่เหมาะสมด้วยหลักการแยกเก็บสินค้าตามกลุ่มที่มีความไวในการหยิบสินค้าแตกต่างกัน (Class-based Analysis) แต่คัดเลือกเพียง SKUs กลุ่มหนึ่ง ให้เป็นกลุ่มสินค้ากลุ่มแรกที่ได้รับการกำหนดจัดสรรก่อน (Tutam & White, 2019) ซึ่งหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มสินค้าแรก (Forward SKUs) คือ สินค้าที่มีการถูกหยิบร่วมกับสินค้ากลุ่ม A ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำสั่งซื้อสินค้า พบว่ามีจำนวนสินค้า 16 SKUs จากรายการคำสั่งซื้อจำนวน 34 คำสั่งซื้อสินค้าที่ถูกหยิบพร้อมกับสินค้ากลุ่ม A จากนั้นทำการพิจารณาดำเนินการของสินค้าภายใต้ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม (Class-based with diagonal direction model) และผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน (Class-based with within-aisle direction model)

3.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบผังจัดวางและตำแหน่งจัดเก็บสินค้า

3.3.1 การวิเคราะห์ผลของตำแหน่งจัดวางประตูที่มีต่อระยะทางในการหยิบสินค้า

การกำหนดตำแหน่งประตูหรือจุด I/O ภายในคลังสินค้าส่งผลต่อระยะทางในการหยิบสินค้า ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้ตำแหน่งประตูอยู่ในบริเวณที่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้จริง 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งด้านซ้ายของคลังสินค้า และตำแหน่งด้านขวาของคลังสินค้า จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ตำแหน่งของประตูเข้าออกมีผลโดยตรงต่อระยะทางในการไปยังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และส่งผลต่อการออกแบบผังจัดวางและจัดเก็บสินค้า (Tutam & White, 2019) อย่างไรก็ดีสำหรับกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ได้ทำการก่อสร้างคลังเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นการพิจารณาดำเนินการของประตูมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) ซึ่งจะได้ใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต เมื่อได้ผลการทดสอบแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับตัวแบบที่ทำการออกไปข้างต้นเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในเรื่องการลดระยะทางการเดินหยิบสินค้าได้ดีมากที่สุด

3.3.2 การวิเคราะห์เชิงลึกด้วยการจำลองสถานการณ์ (Greater Analysis with Simulation)

การจำลองสถานการณ์ในคลังสินค้าด้วยการจำลองคำสั่งการหยิบสินค้า (Picking list) วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) โดยการวิเคราะห์จะทำการจำลองคำสั่งการหยิบสินค้า (Picking list) ขึ้นมาใหม่ จำนวน 3 ฉบับ โดยอาศัยแนวคิดการเลียนแบบทางสถิติแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) ในการสร้างเหตุการณ์จำลองขึ้นมาแทนเหตุการณ์จริงเพื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของระยะทางที่ลดลงได้ และสามารถสรุปผลผังจัดวางที่เหมาะสมที่สุดได้นำเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สำหรับการจำลองคำสั่งการหยิบสินค้ามีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลความถี่ในการหยิบสินค้าแต่ละรายการจากคำสั่งการหยิบสินค้าที่ได้ทำการเก็บข้อมูลมา เพื่อสร้างตารางความถี่ของการหยิบสินค้าแต่ละรายการ (Probability distribution of no. of picking) และทำการจำลองการหยิบทั้งหมด 10 ครั้งเพื่อสร้างคำสั่งการหยิบสินค้า (Picking list) ขึ้นมาใหม่ จำนวน 3 ฉบับ โดยใช้โอกาสความน่าจะเป็นที่สินค้า SKUs แต่ละรายการจะถูกหยิบในแต่ละครั้งมีโอกาสในการหยิบเท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 8

No.	Picking no.1		
	P(x)	Acc	SKU
1	0.1117	0.0000	10400089
2	0.0251	0.1117	10300132
47	0.0008	0.9047	10301300
48	0.0061	0.9054	20100053
49	0.0084	0.9115	10300349
50	0.0169	0.9199	10300807
51	0.0177	0.9368	20100037
52	0.0127	0.9544	10300152
53	0.0141	0.9671	10300191
54	0.0040	0.9812	10300116
55	0.0040	0.9852	10301297
56	0.0108	0.9892	10301410
SUM	1.0000		

ภาพที่ 8: ตัวอย่างการแจกแจงความน่าจะเป็นของการหยิบสินค้าในรายการหยิบสินค้าฉบับที่หนึ่ง

ขั้นตอนที่ 2 ใช้ฟังก์ชัน RAND() ในโปรแกรม Microsoft Excel สร้างค่าตัวเลขสุ่ม (Random Number) เพื่อทำการเลือกสินค้า SKUs ในแต่ละครั้งที่ทำการหยิบ โดยใช้จำนวนในการหยิบและจำนวนคำสั่งซื้อยึดตามคำสั่งซื้อสินค้า (Material Document) ที่มีรูปแบบของความต้องการเดิม ดังแสดงในรูปที่ 9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Date	Mat. Doc.	No. of picking									
2			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	03.05.2022	4900191184	0.29534									
148	03.05.2022	4900193408	0.72085									
149	03.05.2022	4900193563	0.59873									
150	03.05.2022	4900193565	0.93437	0.09751								
151	03.05.2022	4900193567	0.05558	0.43428	0.9263	0.22025						
152	03.05.2022	4900193568	0.65631									
153	03.05.2022	4900193569	0.40434	0.60806	0.64246							
154	03.05.2022	4900193588	0.31168	0.04998								
155	03.05.2022	4900193589	0.71765	0.47717	0.85226	0.14968						
156	03.05.2022	4900193590	0.11983									
157	03.05.2022	4900193709	0.80455	0.68501	0.39254							

ภาพที่ 9: ตัวอย่างค่าตัวเลขสุมของลำดับการหยิบสินค้าแต่ละครั้ง

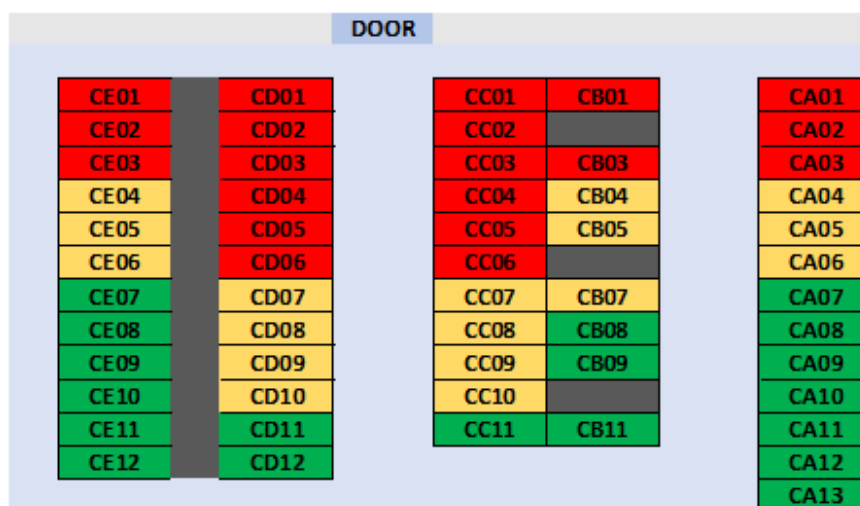
ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบจำลองคำสั่งการหยิบสินค้าจำนวน 3 ฉบับที่มีรูปแบบความต้องการซื้อสินค้าเดิมจากตัวอย่างข้อมูลที่ทำกรรวบรวม เพื่อนำมาจำลองการหยิบและวัดผลการทดสอบของตัวแบบที่ได้พัฒนาขึ้น ประสิทธิภาพของตัวแบบทำการวัดเปรียบเทียบด้วยระยะทางการเดินหยิบสินค้า และผลลัพธ์สุดท้ายจะหาจากค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบคำสั่งการหยิบสินค้าจำนวน 3 ฉบับ

4. ผลการวิจัย

ตัวแบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาผังจัดวางและตำแหน่งจัดวางสินค้านั้น มีจำนวนทั้งหมด 5 ตัวแบบ ประกอบด้วย 1) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม (Class-based with diagonal direction model) 2) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน (Class-based with within-aisle direction model) 3) ผังจัดวางที่มีการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น 4) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU) และ 5) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU)

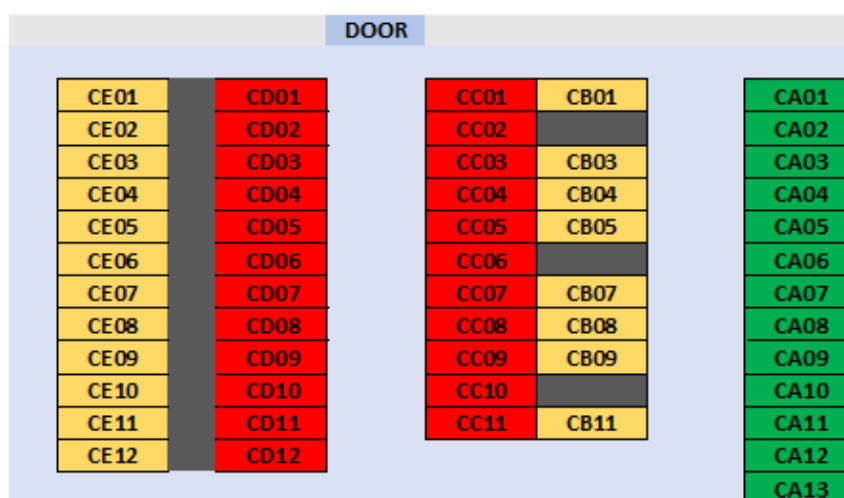
ผลจากการวิเคราะห์ด้วยการทดลองเดินหยิบสินค้า จำนวน 5,723 รายการสินค้าขาย (Customer orders) ผู้วิจัยได้นำแนวคิดผังจัดวางสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้า (Class-based layout) มาทำการทดลองปรับปรุงรูปแบบตำแหน่งการจัดวางสินค้าแบบใหม่โดยให้ความสำคัญการกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บสินค้ากับรายการสินค้าที่มีความถี่ในการหยิบสินค้ามากที่สุดก่อน ตามลำดับ เพราะจากการวิเคราะห์ข้อมูลคำสั่งหยิบสินค้า หากสินค้าย่อยใดที่มีความถี่ในการเข้าหยิบสูงถูกจัดเก็บอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับจุดประตูเข้าออก I/O มากที่สุด จะส่งผลให้ระยะทางในการหยิบของพนักงานสินค้าลดลงไปด้วย

จากผลการทดลองพบว่า ระยะทางที่พนักงานต้องใช้ในการหยิบสินค้าในผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม (Diagonal Direction) ลดลงเหลือ 83,236.7 เมตร จากเดิม 95,101.6 เมตร คิดเป็น 12.48% ดังแสดงในภาพที่ 10 ภาพที่ 10 แสดงถึงผังจัดวางทำการเก็บสินค้ากลุ่ม A (สีแดง) ระยะทางปานกลางจากประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม B (สีเหลือง) และระยะทางไกลจากประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม C (สีเขียว) ตามลำดับ สินค้ากลุ่ม A ถูกจัดวางอยู่ในบริเวณติดกับประตูทางเข้าออกในแนวกว้าง ทำให้สามารถเข้าถึงได้มีความสะดวก อย่างไรก็ตามสินค้า เช่น สินค้ารหัส CA01 CA02 CA03 ระยะทางที่ไกลมากกว่าสินค้าตัวอื่นในกลุ่ม ทั้งนี้ต้องทำการวิเคราะห์ในเชิงลึกต่อไป



ภาพที่ 10: รูปแบบผังจัดวางคลังสินค้าแบบแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ปรับปรุงแล้ว

ภาพที่ 11 แสดงผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน (Class-based with within-aisle direction model) ผังจัดวางทำการเก็บสินค้ากลุ่ม A (สีแดง) ระยะทางปานกลางจากประตู I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม B (สีเหลือง) และระยะทางไกลจากประตูเข้าออก I/O จะทำการเก็บสินค้ากลุ่ม C (สีเขียว) ตามลำดับ สินค้ากลุ่ม A ถูกจัดวางอยู่ในบริเวณช่องทางคล้ายกับรูปตัว I ตรงกับประตูทางเข้าออก สามารถช่วยลดระยะทางจากเดิม 95,101.6 ลดลงเหลือ 86,991.65 เมตร ลดลงจากเดิม 8.53% อย่างไรก็ตามผังจัดวางแบบแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินจะเสียเปรียบในเรื่องของระยะทางในการหยิบสินค้าเมื่อเทียบกับผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม

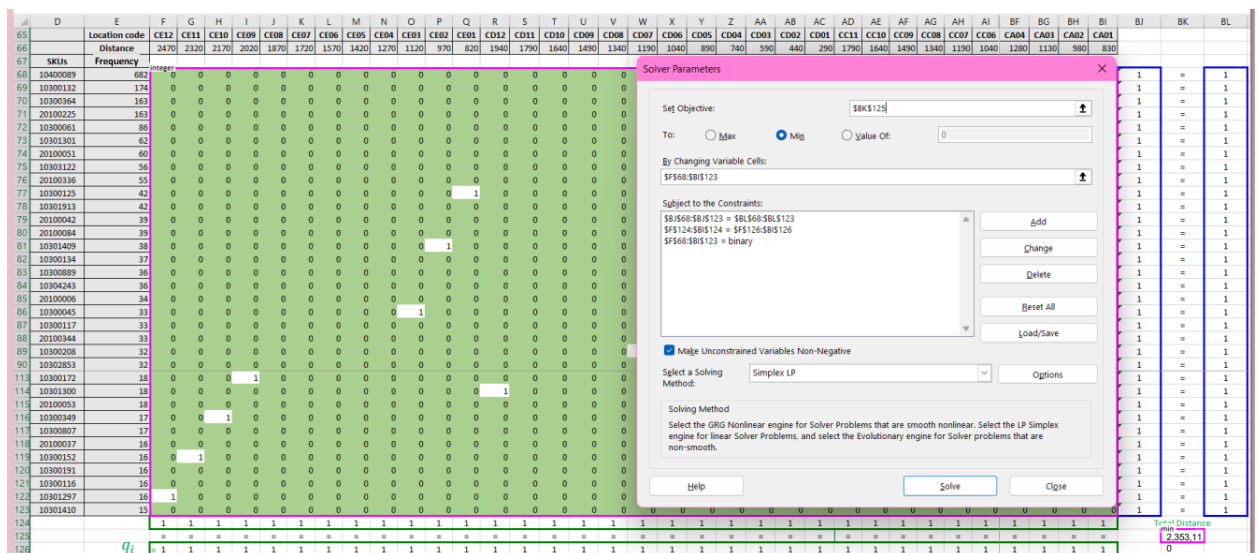


ภาพที่ 11: รูปแบบผังจัดวางคลังสินค้าแบบแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ปรับปรุงแล้ว

ตัวแบบที่ลำดับถัดมาคือ ผังจัดวางที่มีการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น ในการวิเคราะห์นั้นผู้วิจัยได้ทำการสร้างตารางระยะทาง ดังแสดงในรูปที่ 12 และทำการแก้ปัญหาด้วย Open Solver ซึ่งเป็น Add-in บนโปรแกรม Microsoft Excel โดยนิยามสมการวัตถุประสงค์ ตัวแปรตัดสินใจ และ เงื่อนไขข้อจำกัด ดังแสดงในรูปที่ 13 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ผลจากการทดลองพบว่า ระยะทางรวมลดลงจากเดิม 95,101.6 ไปเหลือ 83,444.3 เมตร คิดเป็น 12.26%

Location	S	CE12	CE11	CE10	CE09	CE08	CE07	CE06	CE05	CE04	CE03	CE02	CE01	CD12	CD11	CD10	CD09	CD08	CD07	C
S	0	2470	2320	2170	2020	1870	1720	1570	1420	1270	1120	970	820	1940	1790	1640	1490	1340	1190	
CE12	2470	0	300	450	600	750	1150	1375	1600	1825	2050	2275	2500	970	1120	1270	1420	1570	1720	1720
CE11	2320	300	0	300	450	600	925	1150	1375	1600	1825	2050	2275	1120	1270	1420	1570	1720	1870	
CE10	2170	450	300	0	300	450	700	925	1150	1375	1600	1825	2050	1270	1420	1570	1720	1870	2020	
CE09	2020	600	450	300	0	300	450	700	925	1150	1375	1600	1825	1420	1570	1720	1870	2020	2170	
CE08	1870	750	600	450	300	0	300	450	700	925	1150	1375	1600	1570	1720	1870	2020	2170	2320	
CE07	1720	900	750	600	450	300	0	300	450	700	925	1150	1375	1720	1870	2020	2170	2320	2470	
CE06	1570	1050	900	750	600	450	300	0	300	450	700	925	1150	1870	2020	2170	2320	2470	2620	
CE05	1420	1200	1050	900	750	600	450	300	0	300	450	700	925	2020	2170	2320	2470	2620	2770	
CE04	1270	1350	1200	1050	900	750	600	450	300	0	300	450	700	2170	2320	2470	2620	2770	2920	
CE03	1120	1500	1350	1200	1050	900	750	600	450	300	0	300	450	2320	2470	2620	2770	2920	3070	
CE02	970	1650	1500	1350	1200	1050	900	750	600	450	300	0	300	2470	2620	2770	2920	3070	3220	
CE01	820	1800	1650	1500	1350	1200	1050	900	750	600	450	300	0	2620	2470	2320	2170	2020	1870	
CD12	1940	970	1120	1270	1420	1570	1720	1870	2020	2170	2320	2470	2620	0	300	450	600	750	900	
CD11	1790	1120	1270	1420	1570	1720	1870	2020	2170	2320	2470	2620	2470	300	0	300	450	600	750	
CD10	1640	1270	1420	1570	1720	1870	2020	2170	2320	2470	2620	2470	2320	450	300	0	300	450	600	
CD09	1490	1420	1570	1720	1870	2020	2170	2320	2470	2620	2470	2320	2170	600	450	300	0	300	450	
CD08	1340	1570	1720	1870	2020	2170	2320	2470	2620	2470	2320	2170	2020	750	600	450	300	0	300	
CD07	1190	1720	1870	2020	2170	2320	2470	2620	2470	2320	2170	2020	1870	900	750	600	450	300	0	
CD06	1040	1870	2020	2170	2320	2470	2620	2470	2320	2170	2020	1870	1720	1050	900	750	600	450	300	
CD05	890	2020	2170	2320	2470	2620	2470	2320	2170	2020	1870	1720	1570	1200	1050	900	750	600	450	
CD04	740	2170	2320	2470	2620	2470	2320	2170	2020	1870	1720	1570	1420	1350	1200	1050	900	750	600	
CD03	590	2320	2470	2620	2470	2320	2170	2020	1870	1720	1570	1420	1270	1500	1350	1200	1050	900	750	
CD02	440	2470	2620	2470	2320	2170	2020	1870	1720	1570	1420	1270	1120	1650	1500	1350	1200	1050	900	
CD01	290	2620	2470	2320	2170	2020	1870	1720	1570	1420	1270	1120	970	1800	1650	1500	1350	1200	1050	
CC11	1790	1260	1410	1560	1710	1860	2010	2160	2310	2460	2610	2760	2610	430	280	430	580	730	880	
CC10	1640	1410	1560	1710	1860	2010	2160	2310	2460	2610	2760	2610	2460	580	430	280	430	580	730	

ภาพที่ 12: ตัวอย่างตารางระยะทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวแบบด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น



ภาพที่ 13: ตัวแบบการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์คณิตศาสตร์เชิงเส้น

จากตัวแบบพื้นฐานทั้ง 3 ตัวแบบ ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบด้วยหลักการการออกแบบพื้นที่หยิบสินค้าไว้ (Forward Area) โดยต้องทำการคัดเลือกสินค้า (SKU) ที่มีความเหมาะสมเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของการหยิบ (Pick Density) ดังแสดงในภาพที่ 14 ภาพที่ 14 แสดงถึงรายละเอียดของสินค้า (SKU) ที่มีการหยิบร่วมกับสินค้ากลุ่ม A จำนวน 16 รายการ (ลำดับที่ 2-17)

No.	FW SKU	Frequency	Class
1	10400089	682	A
2	10300132	174	B
3	10300061	86	B
4	10301301	62	B
5	10300125	42	C
6	10300134	37	C
7	20100006	34	C
8	10300208	32	C
9	10300120	31	C
10	10300281	28	C
11	10300286	26	C
12	10300118	22	C
13	20100050	22	C
14	10301160	21	C
15	10300172	18	C
16	20100037	16	C
17	10301410	15	C

ภาพที่ 14: รายละเอียดของ SKU ที่มีการหยิบร่วมกับสินค้ากลุ่ม A จำนวน 16 รายการ

ภาพที่ 15 แสดงผังจัดวางสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU) และ ภาพที่ 16 แสดงผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU) ทั้งสองตัวแบบจะนำจำนวนสินค้า 16 SKUs ไปวางใกล้กับสินค้ากลุ่ม A (สีแดง) เพราะถูกเลือกหยิบร่วมกับสินค้ากลุ่ม A และให้เป็นกลุ่มแรกที่ถูกกำหนดให้อยู่ในตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดในผังแบบคลังสินค้าก่อน ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ผังจัดวางสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว ลดลงเหลือ 74,130.45 เมตร ลดลงจากเดิม 22.05% และผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่ ลดลงเหลือ 79,276.61 เมตร ลดลงจากเดิม 16.64% ดังตารางที่ 1

Middle I/O

10300281		10400089	10300132	20100006	10300286
10301160		10300061	10301301		10300172
20100225		10300125	10300134	20100037	20100051
20100042		10300208	10300120	10303122	20100084
10300045		10300118	20100050	10301409	10300117
10302942		10301410	10300364		10300320
20100048		20100336	10301913	10300325	10302938
10300119		10300889	10304243	10301462	10301230
10303863		20100344	10302853	20300002	10300076
10301300		20300004	10303657		20100053
10300807		20100337	10304117	10300349	10300152
10300191		10301195			10300116
					10301297

ภาพที่ 15: ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว

Middle I/O

10302853	10400089	10300132	20100042	10301230
10302942	10300061	10301301		20300002
10300320	10300125	10300134	20100084	10301195
10300325	20100006	10300208	10301409	10303863
20300004	10300120	10300281	10300889	10300076
10303657	10300286	10300118		10301300
20100048	20100050	10301160	10304243	20100053
10302938	10300172	20100037	10300045	10300349
10301462	10301410	10300364	10300117	10300807
20100337	20100225	20100051		10300152
10304117	10303122	20100336	20100344	10300191
10300119	10301913			10300116
				10301297

ภาพที่ 16: ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว

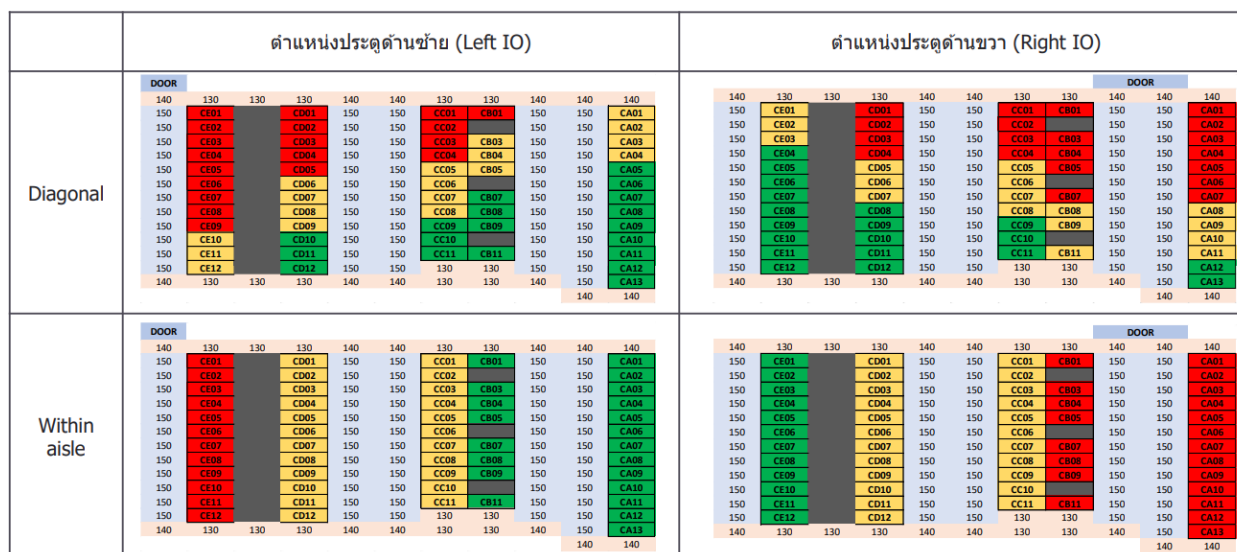
ตารางที่ 1 แสดงผลลัพธ์ของการออกแบบผังและตำแหน่งจัดวางสินค้าทั้งหมด 5 ตัวแบบ ประกอบด้วย 1) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม (Class-based with diagonal direction model) 2) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน (Class-based with within-aisle direction model) 3) ผังจัดวางที่มีการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น 4) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU) และ 5) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU) ผลลัพธ์สุดท้ายพบว่า ตัวแบบผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไวเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด เพราะสามารถช่วยลดระยะทางได้สั้นลงมากที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงผลการปรับปรุงระยะทางจากตัวแบบการจัดวางของคลังสินค้า

Model	WH layout	ระยะทาง หลังปรับปรุง	ลดลง
1.1	Diagonal	8,323,670	-12.48%
1.2	Within aisle	8,699,165	-12.26%
2	SLAP	8,344,430	-8.53%
3.1	FW diagonal	7,413,045	-22.05%
3.2	FW within aisle	7,327,605	-16.64%

อย่างไรก็ดีจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ตัวแบบที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบนั้นจะเป็นตัวแบบผังจัดวางที่มีการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น เหตุผลน่าจะมาจากการวางแผนเก็บข้อมูลระยะทางที่ทางผู้วิจัยได้ทำการกำหนดตำแหน่งของประตูเข้าออกแบบตายตัว (Fixed Location) ในบริเวณกึ่งกลางของคลังสินค้า และอีกเหตุผลหนึ่งคือ รูปแบบความต้องการของการขาย เช่น ขายแยกชิ้น (Each) ขายเป็นกล่อง (Carton) และขายเป็นพาเลท (Pallet) จะมีผลต่อการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบผังจัดวางและตำแหน่งจัดเก็บสินค้า ในงานวิจัยนี้ข้อมูลหลักที่ทางผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์นั้นเป็นข้อมูลจำนวนครั้งในการหยิบสินค้า ไม่ได้คำนึงรูปแบบความต้องการในการขายซึ่งจะเป็นหัวข้อที่น่าสนใจการวิจัยครั้งต่อไป อย่างไรก็ตาม ทางผู้วิจัยได้

ออกแบบทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบในมุมมองของความไวต่อความผันผวนที่เกิดขึ้นด้วยการปรับตำแหน่งของประตูเข้าออก ดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17: พังสัณค้ำแยกตามกลุ่มสินค้ำหลังจากปรับปรุงด้วยการพิจารณาตำแหน่งเข้าออกของประตู I/O

การจำลองออกแบบโดยให้พนักงานหยิบสินค้ำสามารถเข้าไปหยิบสินค้ำในคลังสินค้ำได้เพียงจุดเดียวทางด้านซ้ายของคลังสินค้ำ (Left I/O) และเพียงจุดเดียวทางด้านขวาของคลังสินค้ำ (Right I/O) จากการศึกษาเปรียบเทียบระยะทางเดินหยิบสินค้ำก่อนและหลังปรับปรุงเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่งประตู จากการวิเคราะห์ผลกระทบของตำแหน่งที่ตั้งของประตูเข้า-ออกเพื่อหยิบสินค้ำ พบว่า Middle I/O สามารถลดระยะทางหลังปรับปรุงเฉลี่ยได้ 0.14% ซึ่งสามารถลดระยะทางได้มากที่สุด ดังนั้นตำแหน่งประตูเข้าออกของคลังสินค้ำในปัจจุบันจึงเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการลดระยะทางการหยิบสินค้ำแล้ว ผลหลังจากการศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลของตำแหน่งประตูแสดงในตารางที่ 2

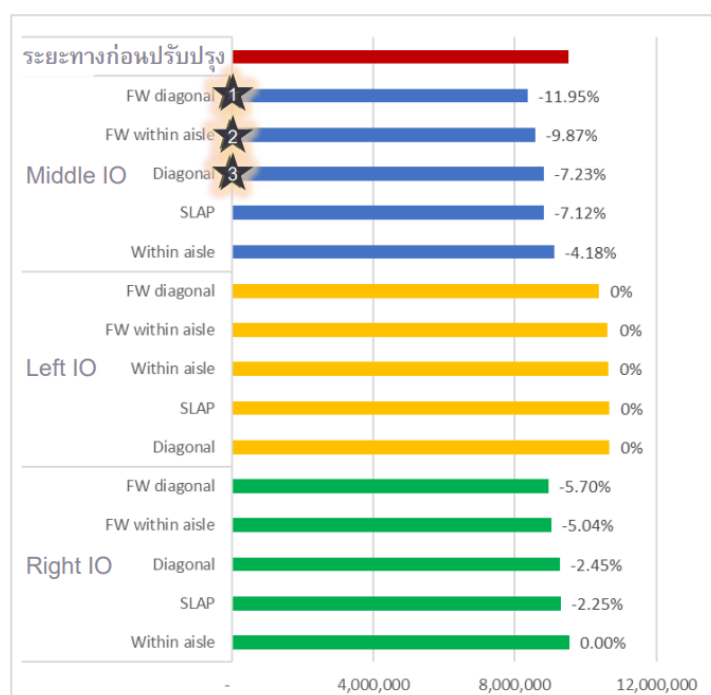
ตารางที่ 2 ระยะทางหลังปรับปรุงจากการปรับตำแหน่งประตูเข้าออก I/O

ตำแหน่งประตู	ระยะทางหลังปรับปรุงเฉลี่ย	สัดส่วนที่ลดลง
Middle I/O	8,141,583	0.14%
Right I/O	8,649,419	0.09%
Left I/O	9,885,676	0.04%

เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ให้กับตัวแบบที่ทำการพัฒนา ผู้วิจัยทำการทดสอบตัวแบบคลังสินค้ำเพิ่มเติมจากการสร้างคำสั่งหยิบสินค้ำขึ้นมาใหม่ จำนวน 3 ฉบับเพื่อจำลองสถานการณ์ในคลังสินค้ำ ผลการวิเคราะห์แสดงในภาพที่ 18 และภาพที่ 19

Test 1	Layout	Left IO	Middle IO	Right IO
	Diagonal	10,720,925	8,869,740	9,342,365
	Within aisle	10,696,940	9,120,135	9,621,270
	SLAP	10,701,840	8,887,935	9,354,840
	FW within aisle	10,673,865	8,637,830	9,114,770
	FW diagonal	10,432,865	8,408,205	9,045,000
Test 2	Layout	Left IO	Middle IO	Right IO
	Diagonal	10,648,100	8,788,180	9,268,605
	Within aisle	10,652,415	9,092,385	9,551,485
	SLAP	10,638,200	8,797,815	9,284,635
	FW within aisle	10,621,350	8,511,745	8,983,485
	FW diagonal	10,309,075	8,356,335	8,927,955
Test 3	Layout	Left IO	Middle IO	Right IO
	Diagonal	10,627,785	8,811,185	9,221,550
	Within aisle	10,630,790	9,124,905	9,484,735
	SLAP	10,618,675	8,812,445	9,248,390
	FW within aisle	10,592,630	8,563,655	8,994,210
	FW diagonal	10,370,390	8,357,850	8,932,705

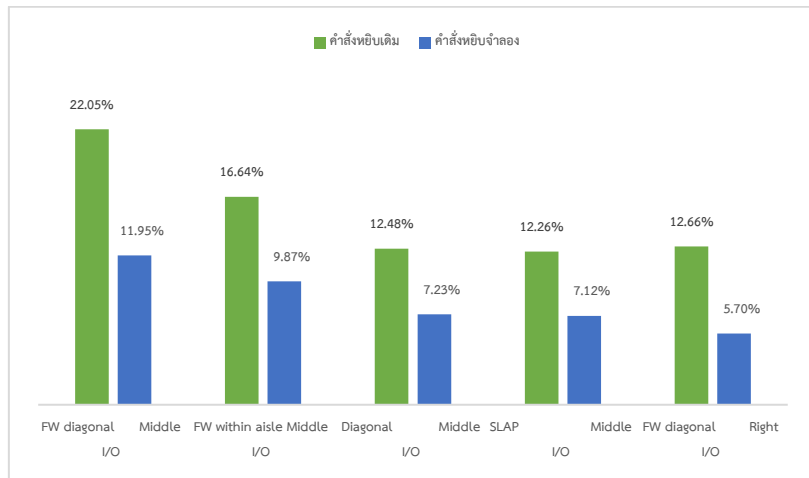
ภาพที่ 18: ผลของระยะทางที่ลดลงหลังจากปรับปรุงด้วยการจำลองสถานการณ์รายการหยิบสินค้าใหม่



ภาพที่ 19: อันดับผลของระยะทางที่ลดลงหลังจากปรับปรุงด้วยการจำลองสถานการณ์รายการหยิบสินค้าใหม่

จากภาพที่ 18 และภาพที่ 19 แสดงให้เห็นว่า ตัวแบบผังคลังสินค้าทุกตัวแบบไม่สามารถลดระยะทางได้เท่ากับผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดผลในคำสั่งหยิบเดิมและมีตำแหน่งประตูเข้าออกอยู่ตรงกลางของคลังสินค้า แสดงถึงความแข็งแกร่ง (Robustness) ของตัวแบบที่พัฒนาขึ้น โดยตัวแบบคลังสินค้าที่ดีที่สุด ได้แก่ ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว้ที่มีประตูอยู่ตรงกลาง สามารถลดระยะทางการหยิบสินค้าได้สูงที่สุดเฉลี่ยอยู่ที่ 11.95% อันดับที่สอง ได้แก่ ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว้ ที่มีประตูอยู่ตรงกลาง สามารถลดระยะทางการหยิบสินค้าได้สูงที่สุด

เฉลี่ยอยู่ที่ 9.87% ผังคลังสินค้าทั้งสองรูปแบบนี้เป็นตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับการทดลองทั้งจากคำสั่งหยิบเดิมและคำสั่งหยิบที่ถูกจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 20



ภาพที่ 20: สัดส่วนของระยะทางที่ลดลงเปรียบเทียบตำแหน่งของประตูทั้งหมด

5. สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลจากการวิเคราะห์ตัวแบบทั้งหมด 5 แบบ ประกอบด้วย 1) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุม (Class-based with diagonal direction model) 2) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดิน (Class-based with within-aisle direction model) 3) ผังจัดวางที่มีการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น 4) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU) และ 5) ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวช่องทางเดินที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว (Forward SKU) และการวิเคราะห์ส่วนขยายในเรื่องของความไวที่มีการพิจารณาตำแหน่งของประตูสินค้าเข้าออก พบว่า ตัวแบบผังจัดวางที่ดีที่สุดสำหรับกรณีศึกษา คือ ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไวที่มีประตูอยู่ตรงกลางสามารถลดระยะทางการหยิบสินค้าได้สูงที่สุด

อย่างไรก็ดีจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ตัวแบบที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบนั้นจะเป็นตัวแบบผังจัดวางที่มีการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้น ข้อเหตุผลที่น่าจะส่งผลต่อการวิเคราะห์นั้นน่าจะมาจากการวางแผนเก็บข้อมูลระยะทางที่ทางผู้วิจัยได้ทำการกำหนดตำแหน่งของประตูเข้าออกแบบตายตัว (Fixed Location) และอีกเหตุผลหนึ่งคือ รูปแบบความต้องการของการขายของธุรกิจกรณีศึกษา เช่น ขายแยกชั้น (Each) ขายเป็นกล่อง (Carton) และขายเป็นพาเลท (Pallet) จะมีผลต่อการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบผังจัดวางและตำแหน่งจัดเก็บสินค้า เพราะรูปแบบของการขายจะส่งต่อข้อมูลด้านความถี่ กล่าวคือสมมุติสินค้า SKU A เป็นสินค้าที่ขายดีซึ่งขายในปริมาณมาก เช่น หน่วยเป็นพาเลท (Pallet) จะมีจำนวนความถี่ในการหยิบสินค้าที่น้อยกว่า SKU B ที่มีความต้องการสินค้าไม่ได้สูงเท่าแต่หยิบสินค้าขายเป็นแบบหน่วยชั้น (Each) การพิจารณาความถี่ของการหยิบสินค้าในงานวิจัยนี้ทำการสนใจที่จำนวนครั้งในการหยิบ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจะส่งต่อการกำหนดกลุ่มสินค้าและตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (Tutam & White, 2019) อีกประเด็นที่น่าสนใจคือ การออกแบบตัวแบบกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าด้วยการประยุกต์ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้นมีความไวต่อการวัดระยะทางในการเข้าถึงตำแหน่งจัดเก็บสินค้าที่ผลคูณกับความถี่ในการหยิบสินค้า และอัลกอริทึมของการคำนวณนั้นจะทำการเรียงลำดับความถี่การหยิบสินค้าจาก

ความถี่สูงไปต่ำ ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งจัดเก็บจะเรียงจากระยะทางน้อยไปมาก แตกต่างจากการออกแบบผังแบบแยกตามกลุ่มสินค้า และผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว้ที่ตำแหน่งของการจัดวางสินค้านั้นไม่ได้รับอิทธิพลจากการจัดตำแหน่งจาลำดับของความถี่ แต่จะจัดจากโอกาสที่สินค้าหยิบบ่อยขายดี และถูกหยิบร่วมกับสินค้าอื่นมาอยู่ร่วมกัน ทำให้ความหนาแน่นของสินค้า (SKU density) เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นของการหยิบ (Pick Density) เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลที่ได้รับคือระยะทางการหยิบสินค้าที่สั้นลง ดังแสดงในภาพที่ 20 ภาพที่ 20 แสดงผังการจัดสินค้าที่ละกลุ่มของสินค้าที่มีความถี่ในการหยิบที่แตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าจากการหาคำตอบที่ดีที่สุดประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว้ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการศึกษาต่อในเชิงลึกต่อไป

Middle I/O			
10300281	10400089	10300132	20100006
10301160	10300061	10301301	
20100225	10300125	10300134	20100037
20100042	10300208	10300120	10303122
10300045	10300118	20100050	10301409
10302942	10301410	10300364	
20100048	20100336	10301913	10300325
10300119	10300889	10304243	10301462
10303863	20100344	10302853	20300002
10301300	20300004	10303657	
10300807	20100337	10304117	10300349
10300191	10301195		
			10300286
			10300172
			20100051
			20100084
			10300117
			10300320
			10302938
			10301230
			10300076
			20100053
			10300152
			10300116
			10301297

ภาพที่ 20: ผังสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้าแบบแนวทแยงมุมที่ประยุกต์รวมกับการออกแบบพื้นที่สินค้าหยิบไว้ที่มีประตูเข้า-ออกเพื่อหยิบสินค้าอยู่ตรงกลาง

จากผลการศึกษาผู้วิจัยได้ตัวแบบผังจัดวางสินค้าและตำแหน่งจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสมกับการฝึกศึกษา อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดที่น่าสนใจนำมาศึกษาต่อยอดในอนาคต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ควรขยายผลของการศึกษาไปยังส่วนจัดเก็บอื่นให้ครบทุกโซนการจัดเก็บและทุกกลุ่มสินค้าเพื่อให้ผลลัพธ์ที่สามารถประยุกต์ใช้จริงได้มากขึ้น และข้อมูลทดสอบตัวแบบด้วยจำนวนที่เพิ่มขึ้น เช่น 6 เดือนหรือ 12 เดือน ย้อนหลัง หากมีข้อมูลเพิ่มมากขึ้น และทำการฝึกศึกษาได้ครบทั้ง 4 ระดับชั้นวางสินค้าของคลังสินค้า จะสามารถช่วยวิเคราะห์การจัดวางตำแหน่งสินค้าได้ดียิ่งขึ้น
2. แบบจำลองคำสั่งหยิบสินค้า (Picking list) ถูกสร้างโดยใช้ความน่าจะเป็นของโอกาสในการหยิบ SKUs ในแต่ละครั้งเพียงรูปแบบเดียว หากมีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการใช้ความน่าจะเป็นของโอกาสในปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น การเลือกคำสั่งซื้อสินค้า การเลือกกลุ่มประเภทสินค้า หรือนำไปสร้างแบบจำลองในรูปแบบอื่น จะสามารถทำให้ผลการวิจัยมีความแม่นยำมากขึ้น
3. งานวิจัยต่อยอดในอนาคตควรนำเรื่องของรูปแบบการขาย เช่น ขายแยกชิ้น (Each) ขายเป็นกล่อง (Carton) และขายเป็นพาเลท (Pallet) เนื่องจากเหตุผลที่ว่า สินค้าที่ขายได้ในปริมาณมาก อาจจะมีจำนวนความถี่ในการหยิบต่ำ ทำให้ไม่ถูกเลือกจัดกลุ่มอยู่ในสินค้ากลุ่ม A จะส่งผลโดยตรงต่อการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบผังจัดวางและตำแหน่งจัดเก็บสินค้าที่เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารอ้างอิง

- Alhamad, K., & Alhajri, M. (2020). A zero-one integer programming for preventive maintenance scheduling for electricity and distiller plants with production. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 26(4), 555-574.
- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2008). **Warehouse & Distribution Science: Release 0.89**. Atlanta: Supply Chain and Logistics Institute.
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. **European journal of operational research**, 182(2), 481-501.
- Khan, S. A. R., Dong, Q. L., & Yu, Z. (2017). **Role of ABC Analysis in the process of efficient order fulfillment: Case study**. In Advanced Engineering Forum. Trans Tech Publications Ltd.
- Koohathongsumrit, N., & Luangpaiboon, P. (2022). An integrated FAHP–ZODP approach for strategic marketing information system project selection. **Managerial and Decision Economics**, 43(6), 1792-1809.
- La Scalia, G., Micale, R., Miglietta, P. P., & Toma, P. (2019). Reducing waste and ecological impacts through a sustainable and efficient management of perishable food based on the Monte Carlo simulation. **Ecological Indicators**, 97, 363-371.
- Marcoulaki, E. C., Broulias, G. P., & Chondrocoukis, G. P. (2005). Optimizing warehouse arrangement using order picking data and Monte Carlo simulation. **Journal of Interdisciplinary Mathematics**, 8(2), 253-263.
- Quintanilla, S., Pérez, Á., Ballestín, F., & Lino, P. (2015). Heuristic algorithms for a storage location assignment problem in a chaotic warehouse. **Engineering Optimization**, 47(10), 1405-1422.
- Tutam, M., & White, J. A. (2019). A multi-dock, unit-load warehouse design. **IIE Transactions**, 51(3), 232-247.
- Tutam, M., & White, J. A. (2019). Multi-dock unit-load warehouse designs with a cross-aisle. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 129, 247-262.
- Xiao, J., & Zheng, L. (2010). A correlated storage location assignment problem in a single-block-multi-aisles warehouse considering BOM information. **International Journal of Production Research**, 48(5), 1321-1338.
- รัฐประศาสน์ รักบางแหลม และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ (2563). การออกแบบผังและปรับปรุงตำแหน่งจัดเก็บสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารคลังพัสดุ: กรณีศึกษาโรงพยาบาลรัฐแห่งหนึ่ง. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล**, 10(2), 32-45.

ณภัทรา ณ เชียงใหม่ และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ (2562). การปรับปรุงประสิทธิภาพของคลังจัดเก็บวัตถุดิบด้วย การออกแบบผังจัดวางและกำหนดตำแหน่งจัดวางสินค้าของผู้ผลิตผ้าอ้อมสำเร็จรูปแห่งหนึ่ง. วารสาร ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย, 8(1), 28-38.

อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ และ อรรถเดช อุบลไทร (2561). การประยุกต์ใช้กฎความสัมพันธ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดวางตำแหน่งสินค้าภายในคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัทจัดจำหน่ายสินค้าบรรจุภัณฑ์ขนมและอาหาร แห่งหนึ่ง. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 9(2), 21-35.

อัจริมา เชิดชม และ ปณิธาน พีรพัฒนา (2562). การปรับปรุงระบบบริหารจัดการคลังสินค้าเพื่อกำหนดตำแหน่งในการจัดเก็บสินค้า : กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 21(2), 65-74.