



## FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

## การระบุตำแหน่งการวางสินค้าและความสำคัญของตำแหน่งประตูที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายสินค้าเข้า-ออกสำหรับคลังสินค้าที่มีการจัดเก็บแบบหลายระดับ

### The storage location identification and the importance of door usage on I/O products for multi-level warehouse

สุทิมา อินทนนท์<sup>1)</sup> อาทิตย์ อภิโชติธนกุล<sup>2)</sup> สุรเชษฐ์ เกื้อนแก้วสิงห์<sup>3)</sup> และ คมกฤช ปิติฤกษ์<sup>1)\*</sup>Suticha Intanon<sup>1)</sup> Arthit Apichottanakul<sup>2)</sup> Surached Thuankaewsing<sup>3)</sup> and Komkrit Pitiruek<sup>1)\*</sup><sup>1)</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น<sup>2)</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น<sup>3)</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น<sup>1)</sup> Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University.<sup>2)</sup> Department of Production Technology, Faculty of Technology, Khon Kaen University.<sup>3)</sup> Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology ISAN, Khon Kaen Campus.

Received: 25 January 2022

Revised: 12 May 2022

Accepted: 25 May 2022

Available online: 24 June 2022

## บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอตัวแบบการวางผังคลังสินค้ามาใช้จัดวางสินค้าสำหรับคลังสินค้าที่มีการจัดเก็บแบบชั้นเดียว และได้นำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางผังคลังสินค้าแบบหลายชั้น ภายใต้เงื่อนไขสัดส่วนการใช้งานประตูเข้า-ออก เพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้งานประตูที่ส่งผลต่อตำแหน่งการจัดวางสินค้า จากการทดสอบปรับเปลี่ยนสัดส่วนการใช้งานของประตูเข้า-ออกคลังสินค้าที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีรูปแบบการจัดวางสินค้าในคลังสินค้าที่แตกต่างกันไปด้วย ดังนั้น รูปแบบคณิตศาสตร์ที่เสนอจึงให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าสำหรับคลังสินค้าที่มีการจัดวางทั้งแบบชั้นเดียวและหลายชั้น โดยมีระยะทางรวมเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งแบบชั้นเดียวและหลายชั้นลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 30.97% และ 37.05% เมื่อเปรียบเทียบกับผังการวางสินค้าในรูปแบบเดิมสำหรับการจัดเก็บแบบชั้นเดียวและหลายชั้น ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การบริหารจัดการคลังสินค้า คลังสินค้าแบบหลายระดับ อัตราส่วนน้ำหนักประตูคลังสินค้า ตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า

### Abstract

For this paper, we adopted the warehouse layout model for locating the single-floor inventory and proposed mathematical model for multi-level warehouse layout under the fractional door usage condition in order to determine the influence of door usage on the product location. The experiment on I/O different doors' weight resulted in different product placements. Consequently, the proposed model provided the better result both for single level and multi-level warehouses. The expected travel distance for both single and multi-level warehouses were decreased by 30.97% and 37.05%, respectively compared to the existing product placement for single-floor storage and multi-floor warehouse.

**Keywords:** Warehouse management: Multi-floor storage: Warehouse door weight ratio: Storage location

\*ติดต่อ: E-mail: komkri@kku.ac.th, โทรศัพท์: 043-202-697

### 1. บทนำ

การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 (third industrial revolution) ไปสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (fourth industrial revolution) หรือมีอีกชื่อหนึ่งว่า อุตสาหกรรม 4.0 (industry 4.0) ซึ่งเป็นนวัตกรรมเทคโนโลยีไฮบริด เป็นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาผสมกับโลกการผลิต ซึ่งได้บังคับให้ระบบการผลิตและการบริการต้องมองหาวิธีการที่เป็นนวัตกรรมเพื่อปรับปรุงรูปแบบกระบวนการทำงานแบบเดิม [1-3] ผู้นำธุรกิจและผู้บริหารระดับสูงได้ตระหนักเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงนี้และพยายามที่จะทำการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธุรกิจและเปลี่ยนแปลงการทำงานในเชิงนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง [4] และอุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้ได้ให้ความสำคัญด้านต้นทุนการผลิต คุณภาพและการส่งมอบ เพื่อให้สามารถแข่งขันกับ

คู่แข่งได้ รวมถึงสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าเพื่อให้เป็นที่พึงพอใจของลูกค้า [5] ซึ่งการที่ธุรกิจต่างต้องการที่จะมุ่งเน้นถึงความต้องการของลูกค้า คลังสินค้าจึงเป็นจุดเชื่อมความสำคัญระหว่างกลยุทธ์และผู้ผลิตรวมไปถึงผู้บริโภค [6] อีกทั้งคลังสินค้ายังมีความสำคัญในตัวเองเนื่องจากมีเรื่องของผลกำไรที่น่าสนใจมาเกี่ยวข้อง [7] โดยคลังสินค้านี้มีหน้าที่หลัก คือ การรับการจัดเก็บ การหยิบ และการขนส่ง [8] โดยมีวัตถุประสงค์ของการจัดการคลังสินค้าคือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในคลังสินค้า [9] และด้วยคลังสินค้าเองมีบทบาทสำคัญในระบบห่วงโซ่อุปทาน [10] และเป็นปัจจัยด้านต้นทุนที่สำคัญสำหรับบริษัทคลังสินค้านี้มีเป้าหมายหลัก คือ การควบคุมการไหลของสินค้า ซึ่งสินค้าต้องได้รับการจัดการอย่างระมัดระวัง มิเช่นนั้นอาจส่งผลกระทบต่อ

เวลาและต้นทุน [11] ซึ่งการดำเนินงานของคลังสินค้านั้นจะต้องใช้แรงงานจำนวนมากหรือต้องใช้เงินทุนที่สูง และประสิทธิภาพการทำงานจะส่งผลต่อผลิตภาพและต้นทุนของคลังสินค้าตลอดจนห่วงโซ่อุปทานทั้งหมด [12] ผู้จัดการคลังสินค้าจึงมักจะสนใจที่จะให้บริการที่มีคุณภาพสูงแก่ลูกค้าด้วยต้นทุนขั้นต่ำ [13] ทำให้คลังสินค้ามีบทบาทสำคัญที่จะเป็นตัวทำให้ธุรกิจในปัจจุบันประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว [10] ดังนั้นคลังสินค้าจึงต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับอัตราการผลิตอย่างมาก เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างเหมาะสม ซึ่งการจัดการและควบคุมสินค้าคงคลังเป็นกุญแจสำคัญในเพิ่มประสิทธิภาพคลังสินค้า โดยเป้าหมายหลักของการจัดการและควบคุมสินค้าคงคลังคือการเพิ่มประสิทธิภาพของเป้าหมาย 3 ประการ ได้แก่ การบริการลูกค้า ต้นทุนสินค้าคงคลัง และต้นทุนการดำเนินงาน โดยระดับของการบริการต้องอยู่ในระดับสูงในขณะที่ต้นทุนสินค้าคงคลังและต้นทุนการดำเนินงานต้องอยู่ในระดับที่ต่ำ [14] และการจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มความสามารถของการแข่งขันในการตลาด [15] โดยนักวิจัยส่วนใหญ่ต้องการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของคลังสินค้าโดยการวางแผน ปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องในเรื่องการจัดการคลังสินค้า

The storage location assignment problem (slap) หรือปัญหาการกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสรรผลิตภัณฑ์ไปยังช่องจัดเก็บในคลังสินค้า ลดต้นทุนการจัดการและทำให้เกิดการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยกลไกการจัดสรรจะเป็นไปตามหลักการที่ว่าผลิตภัณฑ์

มีความต้องการสูงจะได้รับการจัดสรรในช่องถัดจากประตูเข้าออก เพื่อลดเวลาในการจัดการ [13] โดยการกำหนดพื้นที่จัดเก็บในการจัดการคลังสินค้าเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดผลิตภัณฑ์ให้กับสถานที่จัดเก็บ เนื่องจากสินค้าต้องถูกวางลงในที่เก็บสินค้าก่อนที่จะสามารถหยิบสินค้ามาเพื่อตอบสนองคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ ซึ่งกุญแจสำคัญคือวิธีการกำหนดนโยบายที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดพื้นที่จัดเก็บสินค้าเพื่อให้เป็นไปตามมาตรการและมีประสิทธิภาพที่ต้องการ เช่น ระยะทางในการขนส่งทั้งหมด เวลาการขนถ่ายทั้งหมด การใช้พื้นที่จัดเก็บ เป็นต้น [16] และจากการได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [17] ได้นำเสนอขั้นตอนการศึกษาเพื่อการจัดสรรพื้นที่ของคลังสินค้าหลายแห่งเพื่อลดต้นทุนการจัดการวัสดุให้เหลือน้อยที่สุด [18] ได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่การจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้าเนื่องจากคลังสินค้าของบริษัทที่ได้ทำการศึกษา มีตำแหน่งการจัดวางสินค้าภายในคลังที่ไม่เหมาะสม ทำให้การใช้อรรถประโยชน์ของพื้นที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ เป็นผลทำให้การทำงานภายในคลังสินค้าเกิดความล่าช้า [19] ได้มีการทำการบริหารจัดการพื้นที่ภายในคลังสินค้าและการบริหารพื้นที่ขายที่หน้าร้าน เนื่องจากการบริหารจัดการพื้นที่ภายในของคลังสินค้าไม่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการเบิกจ่าย [20] ทำการปรับปรุงระบบบริหารจัดการคลังสินค้าเพื่อกำหนดตำแหน่งในการจัดเก็บสินค้า [21] ได้หาตำแหน่งการจัดเก็บของสินค้าสำหรับปรับปรุงประสิทธิภาพของคลังสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บวัตถุดิบ และในส่วนของการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง [22] ได้ทำการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานใน

นิคมอุตสาหกรรมโดยได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบโปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed-integer linear programming) [23] ทำการปรับปรุงการออกแบบคลังสินค้าโดยใช้เทคนิค ABC Analysis ผสมกับเทคนิคการจัดสรรที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และออกแบบคลังสินค้าให้เหมาะสมกับโรงงาน [24] ทำการปรับปรุงผังการจัดเก็บสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานในกระบวนการรับ-จ่ายสินค้า [25] ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการวางแผนผังของตลาดสดโดยใช้รูปแบบจำลองมอนติคาร์โลเพื่อศึกษาสภาพการณ์ปัจจุบันและวิเคราะห์รูปแบบการวางแผนผังของตลาดสด และเมื่อกล่าวถึงในส่วนของการจัดเก็บสินค้านั้น ปัจจุบันได้มีรูปแบบการจัดเก็บสินค้าแบบหลากหลายรวมไปถึงการจัดเก็บสินค้าแบบหลายชั้น ซึ่งเมื่อกล่าวถึงในส่วน of คลังสินค้าหรือรูปแบบตึกอาคารในหลาย ๆ บริษัทหรือองค์กรก็ได้มีการออกแบบตัวอาคารแบบหลายชั้นเนื่องจากเหตุผลบางประการ เช่น มีพื้นที่การใช้สอยไม่เพียงพอ การรองรับการขยายองค์กร หรือเรื่อง สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ [26] โดยสิ่งสำคัญของปัญหาการจัดวางของพื้นที่คือพื้นที่ที่มีจำกัด จึงมีแนวโน้มที่จะมีการปรับปรุงพื้นที่การใช้สอยเพื่อให้เป็นแบบหลายชั้นขึ้นมา [27] และเช่นเดียวกับคลังสินค้าที่มีการจัดเก็บสินค้าแบบหลายชั้นก็สามารถตอบสนองความต้องการในการเก็บสินค้าได้มากขึ้น และประหยัดพื้นที่การใช้สอยมากขึ้น

จากการทบทวนศึกษาวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่ต้องการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของคลังสินค้าโดยการวางแผน

ปรับปรุงแก้ไข กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องในเรื่องการจัดการคลังสินค้า โดยในส่วนของการทำงานด้านการวางสินค้าเมื่อได้ตำแหน่งในการจัดวางสินค้าแล้ว ไม่ได้มีการศึกษาต่อว่าหลังจากที่ได้ตำแหน่งของการวางสินค้าออกมาแล้วนั้น ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำหนักการใช้งานของประตูเข้า/ออกของคลังสินค้า จะทำให้มีผลกระทบต่อการจัดวางสินค้าหรือไม่ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการใช้ประตูเข้า/ออก ว่าถ้าหากมีการใช้ประตูในอัตราส่วนที่แตกต่างกันออกไปจะมีผลกระทบต่อการจัดวางสินค้าอย่างไร ซึ่งจะทำให้การศึกษาทั้งการจัดเก็บสินค้าแบบชั้นเดียวและแบบหลายชั้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการจัดการของคลังสินค้ากรณีศึกษาโรงงานยาสูบแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจด้านการส่งเสริมการเพาะปลูกและส่งออกใบยาสูบที่มีกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ เช่น การขนส่งสินค้าและวัตถุดิบ การจัดเก็บสินค้า เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ จึงมีความจำเป็นอย่างมากในการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อเป็นการลดต้นทุนในระบบโลจิสติกส์ของทางบริษัทเอง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการวางแผนผังคลังสินค้า โดยจะพิจารณารูปแบบการจัดวางคลังสินค้าเชิงปริมาณโดยเฉพาะอย่างยิ่งการกำหนดที่ตั้งของผลิตภัณฑ์สำหรับการจัดเก็บในคลังสินค้า ซึ่งได้แก่การจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่ง (dedicated storage) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า รวมไปถึงการทำการวิเคราะห์การใช้ประตูเข้า/ออกของคลังสินค้าเพื่อหาผลกระทบต่อการจัดเก็บสินค้าด้วย

## 2. การดำเนินงานวิจัย

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้นเกี่ยวกับการกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดวางสินค้าและเพื่อต้องการทราบว่า การใช้ประตูในการเข้าออกคลังสินค้ามีผลต่อการตัดสินใจในการวางสินค้าหรือไม่ ในหัวข้อนี้จึงจะนำเสนอการประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่เหมาะสม เพื่อหาความสำคัญของการใช้ประตูเข้าออกคลังสินค้าว่าประตูมีผลต่อการตัดสินใจในการวางสินค้าหรือไม่ โดยมีขั้นตอนและกระบวนการดังนี้

### 2.1 ศึกษาข้อมูลคลังสินค้าและรูปแบบการจัดเก็บสินค้า

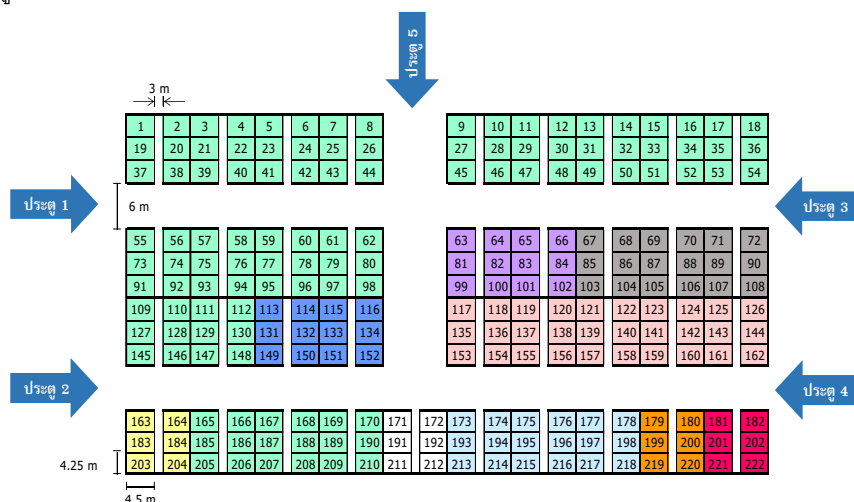
สินค้าในโรงงานกรณีศึกษาสามารถแบ่งกลุ่มสินค้าได้ทั้งหมดออกเป็น 9 กลุ่ม โดยแบ่งกลุ่มสินค้าตามการเคลื่อนไหวตามปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งใช้หลักการจัดประเภทสินค้าตามลำดับความสำคัญของสินค้า (abc analysis) รวมไปถึงความต้องการของสินค้าเพื่อการจัดวางสินค้า ดังตารางที่ 1 และหลักการจัดวางสินค้าในคลังสินค้าได้มีการแบ่งกลุ่มออกเป็นทั้งหมด 9 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลูกค้ารายสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 1

**ตารางที่ 1** การแบ่งกลุ่มสินค้าแต่ละรายการ และสีของสินค้าแต่ละชนิด พร้อมจำนวนช่องสินค้าที่ต้องการทำการจัดวาง

| รายการสินค้า | กลุ่มสินค้า | จำนวนช่องสินค้าที่ต้องการทำการจัดวาง |
|--------------|-------------|--------------------------------------|
| AB           | A           | 6                                    |
| AD           | A           | 108                                  |
| AC           | B           | 18                                   |
| CC           | B           | 30                                   |
| BB           | B           | 18                                   |
| BE           | C           | 6                                    |
| AA           | C           | 12                                   |
| DD           | C           | 12                                   |
| BC           | C           | 6                                    |
| ว่าง         | -           | 6                                    |

### 2.2 หาจำนวนเหตุการณ์ที่จะใช้สำหรับทำการทดลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการทำการทดลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น ทางผู้วิจัยได้จำลองเหตุการณ์ทั้งหมดจำนวน 136 เหตุการณ์ ซึ่งได้มาจากวิธีการจัดหมวดหมู่ Combination ซึ่งหมายถึง การนำอัตราส่วนน้ำหนักของประตูที่มีความแตกต่างกันทั้งหมดหรือ



**รูปที่ 1** แผนผังแสดงตำแหน่งการจัดวางสินค้าในปัจจุบัน

บางส่วนมาจัดหมู่ โดยมีอัตราส่วนน้ำหนักของการใช้ประตู ได้แก่ 100, 80, 60, 50, 40 และ 20 ซึ่งในทางปฏิบัติคือถ้าให้อัตราส่วนน้ำหนักเป็น 100 หมายความว่า จะใช้เพียงประตูเดียวเท่านั้น หรือถ้าใช้ประตูที่มีส่วนน้ำหนักเป็น 80 หมายความว่า จะมีการใช้ประตูหนึ่ง 80 เปอร์เซ็นต์ และอีกประตู 20 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ถือตำแหน่งหรือลำดับก่อนหลังเป็นสำคัญ จำนวนวิธีจัดหมู่ของประตู 5 ประตู ซึ่งแตกต่างกันทั้งหมด ให้มีหมู่ละ  $r$  ประตู ( $r < 5$  หรือ  $r = 5$ ) เท่ากับ  $\frac{5!}{(5-r)!r!}$  เหตุการณ์ หรือ  $c(5,r) = \frac{5!}{(5-r)!r!}$

โดย หมู่ที่ 1 มีการเปิด 1 ประตู

$$\text{จะได้ } c(5,1) = \frac{5!}{(5-1)!1!} = 5 \text{ เหตุการณ์}$$

หมู่ที่ 2 มีการเปิด 2 ประตู

$$\text{จะได้ } c(5,2) = \frac{5!}{(5-2)!2!} = 10 \text{ เหตุการณ์}$$

แต่สามารถเปิดได้ 5 รูปแบบ คือ 80:20, 20:80, 60:40, 40:60 และ 50:50 ทำให้หมู่ที่ 2 มี  $5 \times 10 = 50$  เหตุการณ์

หมู่ที่ 3 มีการเปิด 3 ประตู

$$\text{จะได้ } c(5,3) = \frac{5!}{(5-3)!3!} = 10 \text{ เหตุการณ์}$$

แต่สามารถเปิดได้ 6 รูปแบบคือ 20:20:60, 20:60:20, 20:40:40, 40:20:40, 40:40:20 และ 60:20:20 ทำให้หมู่ที่ 3 มี  $6 \times 10 = 60$  เหตุการณ์

หมู่ที่ 4 มีการเปิด 4 ประตู

$$\text{จะได้ } c(5,4) = \frac{5!}{(5-4)!4!} = 5 \text{ เหตุการณ์}$$

แต่สามารถเปิดได้ 4 รูปแบบ คือ 20:20:20:40, 20:40:20:20, 20:20:40:20 และ 40:20:20:20 ทำให้หมู่ที่ 4 มี  $5 \times 4 = 20$  เหตุการณ์

หมู่ที่ 5 มีการเปิด 5 ประตู

$$\text{จะได้ } c(5,5) = \frac{5!}{(5-5)!5!} = 1 \text{ เหตุการณ์}$$

ซึ่งรวมทั้ง 5 หมู่จะได้เท่ากับ  $5+50+60+20+1 = 136$  เหตุการณ์

## 2.3 รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่เหมาะสมสำหรับการจัดวางสินค้าแบบหลายชั้น

จากงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [28] และนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมกับคลังสินค้ากรณีศึกษา และได้พัฒนาและประยุกต์ใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาการวางตำแหน่งสินค้าที่เหมาะสมสำหรับคลังสินค้าแบบชั้นเดียวและหลายชั้น ดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^n \frac{T_j}{S_j} \sum_{k=1}^q \sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^m p_i d_{ikl} x_{jkl} \quad (1)$$

สมการที่ (1) แสดงสมการเป้าหมายเพื่อให้ระยะทางที่คาดหวังน้อยที่สุดสำหรับคลังสินค้าแบบหลายชั้น

สมการข้อจำกัด

$$\sum_{j=1}^n x_{jkl} = 1 \quad k = 1, \dots, q, l = 1, \dots, r \quad (2)$$

สมการที่ (2) คือผลรวมตัวแปรของตำแหน่งในการเลือกจัดวางสินค้าคือ 1

$$\sum_{k=1}^q \sum_{l=1}^r x_{jkl} = S_j \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

สมการที่ (3) คือผลรวมตัวแปรของตำแหน่งที่จัดวางสินค้ามีค่าเท่ากับจำนวนตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า

$$x_{jkl} = (0,1) \text{ for all } j, k \text{ and } l$$

กำหนดค่าดัชนี (indices)

$i$  : จุดรับเข้า/ส่งออก  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ )

$j$  : ผลิตภัณฑ์  $j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$k$  : ตำแหน่งการจัดเก็บ  $q$  ( $q = 1, 2, 3, \dots, q$ )

$l$  : ตำแหน่งชั้นการจัดเก็บ  $r$  ( $r = 1, 2, 3, \dots, r$ )

$n$  : ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

$m$  : จำนวนจุดรับเข้า/ส่งออกทั้งหมด

$q$  : ตำแหน่งการจัดเก็บทั้งหมด

$r$  : ตำแหน่งชั้นการจัดเก็บทั้งหมด

กำหนดค่าพารามิเตอร์ (parameters)

$S_j$  : จำนวนตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าสำหรับ  
ผลิตภัณฑ์  $j$

$T_j$  : จำนวนการเข้า/ออกตำแหน่งการจัดเก็บสำหรับ  
ผลิตภัณฑ์  $j$

$p_i$  : เปอร์เซ็นต์การเดินทางรับเข้า/ส่งออกของตำแหน่ง  
การจัดเก็บไปถึง/ออกจากรับเข้า/ส่งออกจุด  $i$

$d_{ikl}$  : ระยะทางที่ใช้เคลื่อนที่จากจุดรับเข้า/ส่งออก  $i$   
ไปตำแหน่งการจัดเก็บ  $k$  ตำแหน่งชั้นการจัดเก็บ  $l$   
ตัวแปรตัดสินใจ (decision variable)

$$x_{jkl} \begin{cases} = 1 & \text{ถ้า ผลิตภัณฑ์ } j \text{ ถูกกำหนดให้จัดเก็บ} \\ & \text{ที่ตำแหน่ง } k \text{ ชั้นจัดเก็บ } l \\ = 0 & \text{ถ้า ผลิตภัณฑ์ } j \text{ ไม่ถูกกำหนดให้จัดเก็บ} \\ & \text{ที่ตำแหน่ง } k \text{ ชั้นจัดเก็บ } l \end{cases}$$

### 3. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดวางสินค้าสำหรับคลังสินค้าแบบชั้นเดียวจาก 136 เหตุการณ์ที่ปรับเปลี่ยนตามอัตราส่วนน้ำหนักการใช้งานของประตูเข้าออกพบว่าเมื่อนำค่าระยะทางที่คาดหวังจากสมการเป้าหมายมาเปรียบเทียบแล้วได้คำตอบที่ดีที่สุดสิบอันดับแรกดังตารางที่ 2 และสามารถแสดงการจัดวางตำแหน่งสินค้าที่เหมาะสมของค่าระยะทางที่คาดหวังที่ดีที่สุดสิบอันดับแรกของการจัดวางสินค้าสำหรับคลังสินค้าแบบหลายชั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3 และสามารถแสดงการจัดวางตำแหน่งสินค้าที่เหมาะสมของค่าระยะทางที่คาดหวังที่ดีที่สุดได้ดังรูปที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงค่าอัตราส่วนน้ำหนักการใช้งานประตูเข้า/ออกในสมการเป้าหมายที่มีค่าระยะทางที่คาดหวังที่ดีที่สุด 10 อันดับแรกสำหรับคลังสินค้าชั้นเดียว

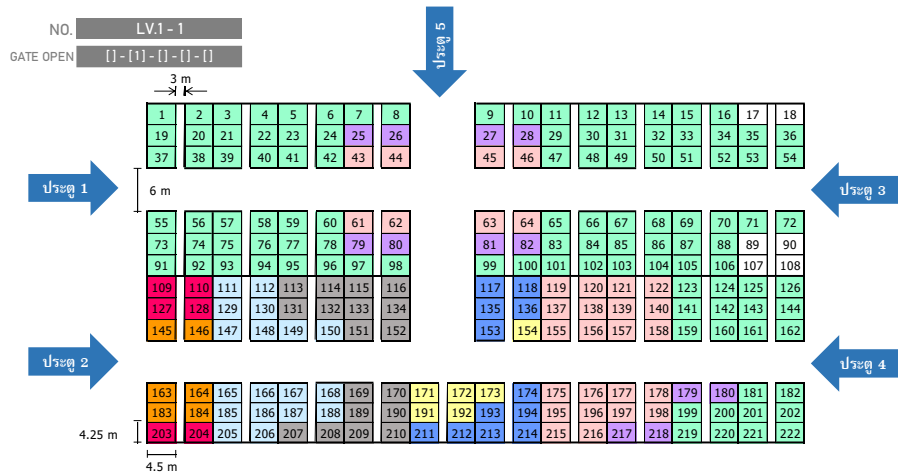
| ลำดับ | ประตู |     |     |     |     | ระยะทางที่คาดหวัง (เมตร) |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------------------|
|       | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   |                          |
| 1     | 0     | 100 | 0   | 0   | 0   | 12,672                   |
| 2     | 100   | 0   | 0   | 0   | 0   | 12,807                   |
| 3     | 0     | 0   | 0   | 100 | 0   | 13,148                   |
| 4     | 0     | 0   | 100 | 0   | 0   | 13,279                   |
| 5     | 0     | 0   | 0   | 0   | 100 | 13,368                   |
| 6     | 80    | 0   | 0   | 0   | 20  | 14,080                   |
| 7     | 20    | 0   | 0   | 0   | 80  | 14,602                   |
| 8     | 0     | 0   | 80  | 0   | 20  | 14,888                   |
| 9     | 0     | 0   | 20  | 0   | 80  | 15,179                   |
| 10    | 0     | 80  | 0   | 0   | 20  | 15,232                   |

ตารางที่ 3 แสดงค่าอัตราส่วนน้ำหนักการใช้งานประตูเข้า/ออกในสมการเป้าหมายที่มีค่าระยะทางที่คาดหวังที่ดีที่สุด 10 อันดับแรกสำหรับคลังสินค้าหลายชั้น

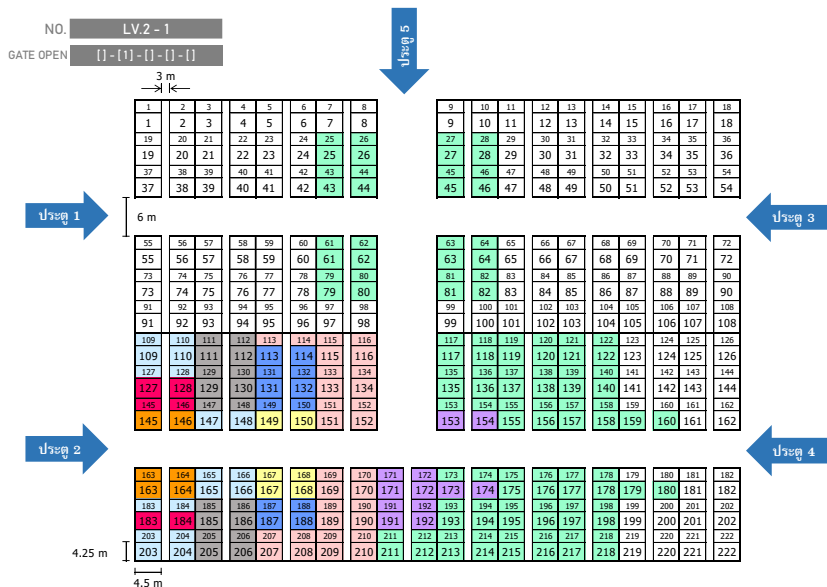
| ลำดับ | ประตู |     |     |     |     | ระยะทางที่คาดหวัง (เมตร) |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------------------|
|       | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   |                          |
| 1     | 0     | 100 | 0   | 0   | 0   | 8,909                    |
| 2     | 0     | 0   | 0   | 100 | 0   | 8,980                    |
| 3     | 100   | 0   | 0   | 0   | 0   | 9,060                    |
| 4     | 0     | 0   | 100 | 0   | 0   | 9,112                    |
| 5     | 80    | 0   | 0   | 0   | 20  | 10,865                   |
| 6     | 0     | 0   | 80  | 0   | 20  | 11,438                   |
| 7     | 0     | 0   | 0   | 0   | 100 | 11,527                   |
| 8     | 0     | 80  | 0   | 0   | 20  | 12,378                   |
| 9     | 20    | 0   | 0   | 0   | 80  | 12,549                   |
| 10    | 60    | 0   | 0   | 0   | 40  | 12,637                   |

และเมื่อทำการเปรียบเทียบระยะทางที่คาดหวังของการจัดวางสินค้าแบบเดิมและการจัดวางสินค้าโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเปรียบเทียบโดยที่อัตราส่วนน้ำหนักการใช้ประตูที่เท่ากันจาก 136 เหตุการณ์ พบว่าระยะทางที่คาดหวังของการจัดวางสินค้าที่ได้จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดีกว่าการจัดวางสินค้าแบบเดิมทั้งหมด 136 เหตุการณ์

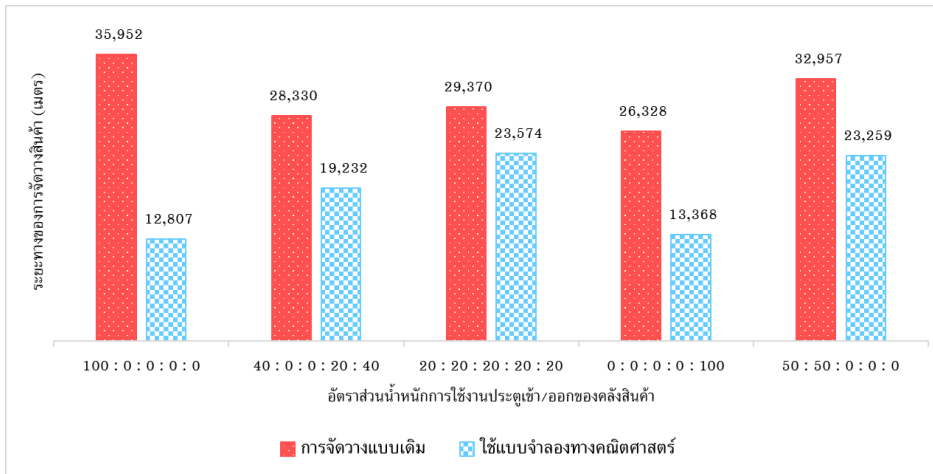
คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ทั้งแบบการจัดวางสินค้าแบบชั้นเดียวและแบบหลายชั้น โดยจะมีการยกตัวอย่าง 5 เหตุการณ์ที่จะแสดงให้เห็นค่าระยะทางเดิมที่เปรียบเทียบกับค่าระยะทางที่คาดหวังจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคลังสินค้าแบบชั้นเดียวและแบบหลายชั้น ดังรูปที่ 4 และ 5



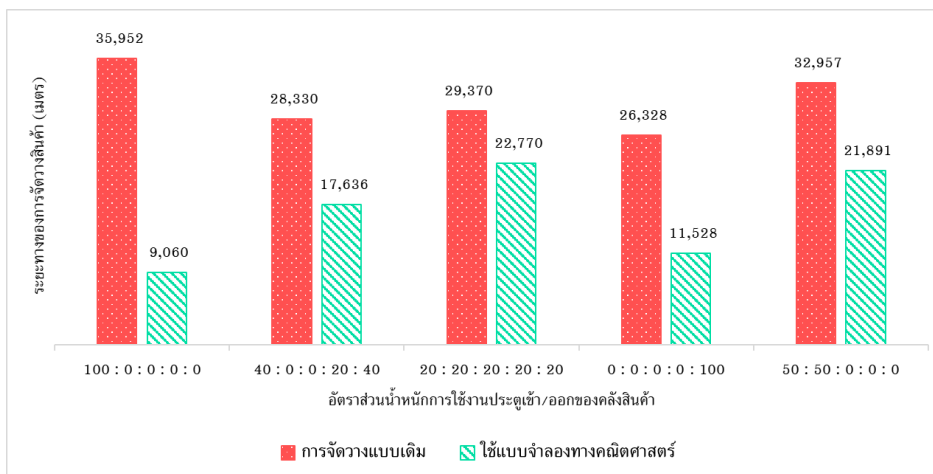
รูปที่ 2 การจัดวางตำแหน่งสินค้าที่เหมาะสมของค่าระยะทางที่คาดหวังที่ดีที่สุดสำหรับคลังสินค้าแบบชั้นเดียว



รูปที่ 3 การจัดวางตำแหน่งสินค้าที่เหมาะสมของค่าระยะทางที่คาดหวังที่ดีที่สุดสำหรับคลังสินค้าแบบหลายชั้น



รูปที่ 4 เปรียบเทียบระยะทางของการจัดวางสินค้าแบบเดิมและการจัดวางสินค้าโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการจัดวางสินค้าแบบชั้นเดียว



รูปที่ 5 เปรียบเทียบระยะทางของการจัดวางสินค้าแบบเดิมและการจัดวางสินค้าโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการจัดวางสินค้าแบบหลายชั้น

#### 4. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเพื่อหาตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่เหมาะสมและการวิเคราะห์อัตราส่วนน้ำหนักรการใช้งานประตูเข้า/ออกของคลังสินค้าเพื่อหาผลกระทบต่อการจัดเก็บสินค้า โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการหาตำแหน่งการจัดวาง เมื่อทำการทดลองแล้วพบว่า การจัดวางสินค้าทั้งแบบคลังสินค้าชั้นเดียว และคลังสินค้าหลายชั้น จะได้ระยะทางที่คาดหวังที่น้อยที่สุดเมื่ออัตราส่วนน้ำหนักรการใช้งานประตูที่ 2 เป็น 100 และประตูที่ 1,3,4 และ 5 เป็น 0 โดยแบบชั้นเดียวจะมีค่าระยะทางที่คาดหวัง 12,672 เมตร และแบบหลาย

ชั้นมีค่าระยะทางที่คาดหวัง 8,909 เมตร และจากการให้อัตราส่วนน้ำหนักของประตูแต่ละประตู เมื่อมีการทดลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมด้วย แล้วนั้นพบว่าการจัดวางตำแหน่งของสินค้าที่มีความสำคัญมากที่สุดจะถูกจัดอยู่ใกล้ประตูที่มีอัตราส่วนน้ำหนักมาก และเมื่อทำการเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำหนักการใช้ประตูเมื่อทำการวิเคราะห์การจัดวางร่วมกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว พบว่าการจัดวางของสินค้าได้มีการเปลี่ยนตำแหน่งการจัดเก็บไปจากเดิม แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนน้ำหนักของการใช้ประตูเข้า/ออกมีผลต่อการจัดวางสินค้า ทั้งนี้เพราะในการจัดวางสินค้า ซึ่งหากต้องการจัดสินค้าโดยเรียงลำดับสินค้าตามความต้องการแล้วนั้น สินค้าที่มีความต้องการสูงที่สุดจึงถูกจัดใกล้ประตูเข้า/ออก เพื่อลดเวลาและระยะทางในการจัดเคลื่อนที่ซึ่งสอดคล้องกับกลไกการจัดสรรสินค้าไปยังช่องจัดเก็บในคลังสินค้าของปัญหาการกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บดังที่ [29] ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อลดระยะทางและระยะเวลาในการจัดส่งเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในธุรกิจ โดยการกำหนดผังการจัดวางสินค้า การรวมใบสั่งซื้อเป็นชุด และการกำหนดเส้นทางการหยิบสินค้าในคลังสินค้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาเหล่านี้จะช่วยลดระยะทางในการเดินทางได้อย่างมาก นอกจากนี้ ในส่วนของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้นั้น ช่วยให้ระยะทางในการเคลื่อนที่ในคลังสินค้าลดลงทั้งหมด 136 เหตุการณ์จาก 136 เหตุการณ์ คิดเป็น 100% ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบกับระยะทางการเคลื่อนที่ของคลังสินค้าแบบเดิมทั้งแบบชั้นเดียวและหลายชั้น โดยระยะทางการเคลื่อนที่ของคลังสินค้าแบบชั้น

เดียวลดลงจาก 3,994,382 เมตร เหลือ 2,757,305 เมตร คิดเป็นลดลงเฉลี่ย 30.97 เปอร์เซ็นต์ และระยะทางการเคลื่อนที่ของคลังสินค้าแบบหลายชั้นลดลงจาก 3,994,382 เมตร เหลือ 2,514,557 เมตร คิดเป็นลดลงเฉลี่ย 37.05 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** เปรียบเทียบระยะทางการเคลื่อนที่สำหรับการจัดวางสินค้าในรูปแบบเดิมก่อนปรับปรุง การจัดเก็บแบบชั้นเดียวและแบบหลายชั้นที่นำเสนอ

| รูปแบบการจัดวางสินค้า | ระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ย (เมตร) | % ปรับปรุง |
|-----------------------|-----------------------------------|------------|
| 1. แบบเดิม            | 3,994,382                         | -          |
| 2. แบบชั้นเดียว       | 2,757,305                         | 30.97      |
| 3. แบบหลายชั้น        | 2,514,557                         | 37.05      |

เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการกำหนดความต้องการของสินค้าที่แน่นอน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วทางโรงงานกรณีศึกษาอาจจะมีความต้องการของสินค้าที่ไม่แน่นอนเกิดขึ้น ซึ่งการจัดวางตำแหน่งสินค้าอาจจะมีเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของสินค้า และในการจัดเก็บสินค้าแบบหลายชั้นทางผู้วิจัยได้กำหนดความต้องการสินค้าเท่ากับการจัดเก็บสินค้าแบบชั้นเดียว ซึ่งหากเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่การจัดเก็บแล้วแบบชั้นเดียวจะใช้พื้นที่ 97.30% แบบหลายชั้นจะใช้พื้นที่ในการจัดเก็บเพียง 48.65% ซึ่งในอนาคตอาจจะมีพื้นที่ของคลังสินค้าแบบหลายชั้นมากขึ้นทำให้การจัดวางสินค้าอาจมีการเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางได้

## 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงเป็นไปได้อย่างดี จากความกรุณาของบุคคลหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา สนับสนุนการทำวิจัย ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ เพื่อน และ น้องทุกคน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ คำปรึกษาและกำลังใจด้วยดีมาโดยตลอด และ ขอขอบคุณครอบครัวที่ช่วยสนับสนุน เป็นกำลังใจ และผลักดันให้มีความมุ่งมั่นในการทำวิจัยครั้งนี้

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Delaram J, Valilaia OF. A novel solution for manufacturing interoperability fulfillment using interoperability service providers. In: Tseng MM, Tsai HY, Wang Y, editors. The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems; 2017 May 3-5; Taichung City, Taiwan. Red Hook, NY: Curran Associates; 2017. p.774-9.
- [2] Delaram J, Valilai OF. An architectural view to computer integrated manufacturing systems based on Axiomatic Design Theory. Computers in Industry. 2018; 100: 96-114.
- [3] Aghamohammadzadeh E, Malek M, Valilai OF. A novel model for optimisation of logistics and manufacturing operation service composition in cloud manufacturing system focusing on cloud-entropy. International Journal of Production Research 2020; 58(7) : 1987-2015.
- [4] Tabatabaei SK, Valilai OF, Abedian A, Khalilzadeh M. A novel framework for storage assignment optimization inspired by finite element method. PeerJ Computer Science. 2021; 7: e378. doi: 10.7717/peerj-cs.378.
- [5] Athikulrat K. Increasing warehouse management efficiency by material handling case study of oil palm filling plant. KMUTT Research and Development Journal 2018; 41: 225-34.
- [6] Bartholdi JJ III, Hackman ST. Warehouse & distribution science. Atlanta: Supply Chain and Logistics Institute; 2019.
- [7] Bruccoleri M, Cannella S, Porta GL. Inventory record inaccuracy in supply chains: the role of workers' behavior. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 2014; 44(10): 796-819.
- [8] Gu J, Goetschalckx M, McGinnis LF. Research on warehouse operation: a comprehensive review. European Journal of Operational Research. 2007; 177(1): 1-21.
- [9] Tompkins JA, White JA, Bozer YA, Tanchoco JMA. Facilities planning. 4<sup>th</sup> ed. Welter J, editor. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2010.
- [10] Frazelle E. Supply chain strategy: the logistics of supply chain management. New York: McGraw-Hill Education; 2002.
- [11] Ramaa A, Subramanya KN, Rangaswamy TM. Impact of warehouse management system in a supply chain. International Journal of Computer Applications. 2012; 54(1): 14-20.

- [12] Fontana ME, López JCL, Cavalcante CAV, Noriega JJS. Multi-criteria assignment model to solve the storage location assignment problem. *Investigacion Operacional* 2020; 41(7): 1019-29.
- [13] Guerriero F, Pisacane O, Rende F. Comparing heuristics for the product allocation problem in multi-level warehouses under compatibility constraints. *Applied Mathematical Modelling* 2015; 39(23-24): 7375-89.
- [14] Wild T. Best practice in inventory management. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2002.
- [15] Kittithreerapronchai O, Phumchusri N. Warehouse management system. *Engineering Journal*. 2014; 5(2): 49-62.  
doi: 10.4186/ejth.2013.5.2.49.
- [16] Kasemset C, Sudphan J. Warehouse storage assignment: the case study of a plastic bag manufacturer. In: Pace T, editor. *IEEM 2014. Proceedings of International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*; 2014 Dec 9-12; Selangor Darul Ehsan, Malaysia. Piscataway, NJ: IEEE; 2014. p.219-22.
- [17] Johnson RV. Spacecraft for multi-floor layout planning. *Management Science* 1982; 28: 407-17.
- [18] Srikan M, Monthatipkul C. Efficiency improvement of location assignment of products in a warehouse: a case study of Srithai Superware Public Company Limited, Suksawad branch. *WMS Journal of Management*. 2013; 2(3): 8-20.
- [19] Sukhsupat H, Chandraprakaikul W. Warehouse and selling point area management: case study of XXX., Ltd [Thesis]. Bangkok: University of the Thai Chamber of Commerce Din Daeng, Logistics Management; 2015.
- [20] Cherdchom U, Peerapattana P. The improvement of warehouse management system to determine storage location for the product: a case study of northeast distribution center. *Journal of Science and Technology Ubon Ratchathani University*. 2019; 21(2): 65-74.
- [21] Paveenchana C, Phumchusri N. Optimal storage locations for warehouse efficiency improvement in a haircare manufacturer. *Engineering Journal*. 2019; 23(5): 141-68.
- [22] นิรุทธิ์ วัฒนะแสง, กสิณ รังสิกรรพุม. แบบจำลองค่าที่ดีที่สุดสำหรับการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมโดยพิจารณาต้นทุนด้านความเสี่ยงจากเหตุอุกฉุก. *วารสารวิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*. 2564; 16(1): 81-93.

- [23] Tippayawong KY, Sopadang A, Patitad P. Improving warehouse layout design of a chicken slaughterhouse using combined ABC class based and optimized allocation techniques. In: Ao SI, Gelman L, Hukins DWL, Hunter A, Korsunsky AM, editors. WCE 2013. Proceedings of the World Congress on Engineering; 2013 Jul 3-5; London, United Kingdom. Hong Kong: Newswood Limited; 2013. p. 479-83.
- [24] Palapan S, Pichitlamken J. Improvement of storage layout for operational efficiency in goods receiving and goods shipping process: case study of dairy milk storage. In: Manisri C, Ruttanasanwongs P, editors. Industrial Challenges in ASEAN Economic Community. Proceedings of IE Network Conference; 2012 Oct 17-19; Cha-am, Phetchaburi. Thailand: Thai Industrial Engineering Journal; 2012. p. 1960-8.
- [25] กสิณ รังสิกรรพม. การวิเคราะห์รูปแบบการวางแผนผังตลาดสดด้วยเทคนิคแบบจำลองมอนติคาโล. วิศวกรรมสาร มก. 2562; 32: 71-82.
- [26] Izadinia N, Eshghi K. A robust mathematical model and ACO solution for multi-floor discrete layout problem with uncertain locations and demands. Computers & Industrial Engineering. 2016; 96: 237-48.
- [27] Bozer YA, Meller RD, Erlebacher SJ. An improvement-type layout algorithm for single and multiple-floor facilities. Management Science. 1994; 40: 918-32.
- [28] Tompkins JA, White JA, Bozer YA, Tanchoco JMA. Facilities planning. 4<sup>th</sup> ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2010.
- [29] Kübler P, Glock CH, Bauernhansl T. A new iterative method for solving the joint dynamic storage location assignment, order batching and picker routing problem in manual picker-to-parts warehouses. Computers & Industrial Engineering 2020; 147: 106645. doi: 10.1016/j.cie.2020.106645.