การออกแบบการจัดสรรพื้นที่แบบผสมผสาน กรณีศึกษา ตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าในศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน

น.ส.อรุณรัตน์ วลิตษรางศ์กุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN OF MIXED STORAGE ALLOCATION: A CASE STUDY OF PUT-AWAY AND BUFFER BASKETS IN A HOME IMPROVEMENT DISTRIBUTION CENTER

Miss Arunrat Walitsarangkul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบการจัดสรรพื้นที่แบบผสมผสาน กรณีศึกษาตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าในศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน
โดย	น.ส.อรุณรัตน์ วลิตษรางศ์กุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อรุณรัตน์ วลิตษรางศ์กุล : การออกแบบการจัดสรรพื้นที่แบบผสมผสาน กรณีศึกษาตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าในศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน. (DESIGN OF MIXED STORAGE ALLOCATION: A CASE STUDY OF PUT-AWAY AND BUFFER BASKETS IN A HOME IMPROVEMENT DISTRIBUTION CENTER) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

แนวโน้มการขาดแคลนแรงงานในประเทศไทยและการเปลี่ยนแปลงของสภาพธุรกิจค้าปลีก ส่งผลให้ศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่งประยุกต์นำอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่สามารถจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสินค้าอัตโนมัติ ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอกรณีศึกษาของบริษัทค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน ซึ่งได้นำอุปกรณ์ Vertical Lift Module (VLM) ซึ่งเป็นอุปกรณ์จัดเก็บและเคลื่อนย้ายตะกร้าอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ในศูนย์กระจายสินค้า โดย VLM เป็นอุปกรณ์เฉพาะทำหน้าที่จัดเก็บตะกร้าจัดเก็บสินค้าเพื่อรอการหยิบ และตะกร้ากระจายสินค้าเพื่อรอการส่ง จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าการจัดสรรปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าไม่เหมาะสม ทำให้มีประสิทธิภาพในการใช้อุปกรณ์ต่ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูลการดำเนินการในอดีต รวมถึงธรรมชาติของธุรกิจ และนำเสนอแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อทดสอบผลกระทบของปัจจัยต่อไปนี้ (1) ปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าที่เหมาะสม (2) นโยบายการจัดสรรพื้นที่ของอุปกรณ์ และ (3) รูปแบบการเลือกเบิกตะกร้าสินค้า เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยร่วมกันทำให้สามารถแบ่งสถานการณ์ได้เป็น 16 สถานการณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งอรรถประโยชน์ในการใช้พื้นที่ เวลาการทำงานของอุปกรณ์ และจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง ของแต่ละสถานการณ์ จะถูกวิเคราะห์และเปรียบเทียบ โดยผลการวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์ดังกล่าวนำไปสู่การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมสามารถลดระยะเวลาทำงานลงได้ 4.08% จากการลดเวลาการทำงานของยานพาหนะลง และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานพื้นที่ของอุปกรณ์ขึ้นได้ 3.82% โดยไม่ทำให้ระบบเกิดบล็อกกิ้ง จากการใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าน้อยลง แม้จะมีสินค้าจำนวนเท่าเดิม

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6070486521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Vertical Lift Module, Warehousing Management, Storage/Retrieval Policy, Stock Allocation Policy, Discrete Simulation

Arunrat Walitsarangkul : DESIGN OF MIXED STORAGE ALLOCATION: A CASE STUDY OF PUT-AWAY AND BUFFER BASKETS IN A HOME IMPROVEMENT DISTRIBUTION CENTER. Advisor: Asst. Prof. ORAN KITTITHREERAPRONCHAI, Ph.D.

The continuous labor shortage in Thailand and the recent changes in the retailer landscape have caused many distribution centers to embrace material handling equipment capable of automatically storage and transporting products. This research presents the case study of a home improvement retailer that adopts a vertical lift module (VLM) into one of its distribution centers. As automatic equipment dedicated for baskets, a VLM consists of stock baskets preparing for picking and consolidated baskets waiting for shipping. A preliminary analysis of current operations reveals that the number of baskets allocated for each type is not suitable, resulting in low efficiency of the equipment. As a result, we studied the historical data and nature of business and proposed a simulation to experiment with the effects of the following factors (1) the suitable number of baskets allocated (2) storage policy of equipment and (3) retrieving patterns of baskets. The combinations of factors can be grouped into 16 different scenarios in which the space utilization, equipment travel time, and the number of blocking occurrences are computed and compared. The results suggest that the suitable level of each factor that reduces the total time 4.08% and increases equipment space efficiency 3.82% without blocking occurrences by using less storage space even if storing the same number of products.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้เสร็จสมบูรณ์และผ่านไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่มอบโอกาสให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสทำงานวิจัยเล่มนี้ คอยให้คำชี้แนะ มอบความรู้ มอบประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนคำแนะนำและติชมต่าง ๆ ในส่วนของแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์ กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานและกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้มอบความรู้และคำแนะนำ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและพนักงานของบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสเข้าไปเรียนรู้ระบบงานจริง รวมทั้งให้คำแนะนำ และคำปรึกษา ตลอดจนเอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้อีกด้วย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณแม่ และทุกคนในครอบครัว รวมทั้งขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ น้อง ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนข้าพเจ้าในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

อรุณรัตน์ วลิตษรางศ์กุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1. ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 3

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 13

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย 13

1.4. ประโยชน์ที่ได้รับ 14

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 14

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

2.1. การบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) 16

2.2. ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า (Automation in Warehouse) 29

2.3. ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated storage/retrieval systems: AS/RS) 35

2.4. Vertical Lift Module (VLM) 39

2.5. แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) 42

2.6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44

บทที่ 3 บริษัทกรณีศึกษาและการรวบรวมข้อมูล 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1. ข้อมูลทั่วไปของบริษัท 51
3.2. ศูนย์กระจายสินค้า 53
3.3. ศูนย์กระจายสินค้า DC6 55
3.4. แนวทางการออกแบบระบบ 93
บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย 101
4.1. แนวคิดในการจำลองสถานการณ์ 101
4.2. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 105
4.3. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM 126
4.4. การตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์ 149
บทที่ 5 แบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์ 159
5.1. การกำหนดสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ 159
5.2. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง 164
บทที่ 6 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง 178
6.1. การวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้า 178
6.2. การวิเคราะห์ความไวของการขยายธุรกิจ E-Commerce 184
6.3. การวิเคราะห์ความไวของจำนวนตะกร้ากระจายสินค้าในการทำ Palletization 185
6.4. การวิเคราะห์ความไวของรอบการทำงาน 186
6.5. การวิเคราะห์ความไวต่อการชำรุดของยานพาหนะ 189
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 192
7.1. สรุปผลการวิจัย 192
7.2. ข้อเสนอแนะ 196
บรรณานุกรม 201
ประวัติผู้เขียน 206

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนแรงงานของกิจกรรมหลักในคลังสินค้า [13] 20
ตารางที่ 2-2 การประมาณการต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า [29] 30
ตารางที่ 2-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 49
ตารางที่ 3-1 ทรูพุตของสายพานแต่ละส่วน 83
ตารางที่ 3-2 ผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงานสำหรับสินค้าที่มีการหยิบเป็นชิ้น 85
ตารางที่ 3-3 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักการพาเรโต 87
ตารางที่ 3-4 การแบ่งขนาดของสินค้าตามหลักการพาเรโต 88
ตารางที่ 3-5 จำนวน SKU ของสินค้า เมื่อแบ่งตามขนาดและความต้องการของสินค้า 89
ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างสินค้าที่มีการจัดเก็บบน Shuttle Rack AS/RS 90
ตารางที่ 3-7 เวลาการทำงานในแต่ละกะการทำงาน 92
ตารางที่ 3-8 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ Shuttle Rack เป็น 2 ส่วน 94
ตารางที่ 4-1 ตัวอย่าง Article Master Data ของบริษัทกรณีศึกษา 106
ตารางที่ 4-2 คุณลักษณะของสินค้าแต่ละกลุ่ม เมื่อแบ่งกลุ่มสินค้าตามขนาดสินค้า 107
ตารางที่ 4-3 ตัวอย่าง Picking Data ของบริษัทกรณีศึกษา 108
ตารางที่ 4-4 คุณลักษณะของสินค้าแต่ละกลุ่ม เมื่อแบ่งกลุ่มสินค้าตามความต้องการสินค้า 109
ตารางที่ 4-5 การกระจายของปริมาณความต้องการสินค้าแต่ละประเภทในแต่ละรอบการทำงาน . 110
ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลจากการกระจาย .. 112
ตารางที่ 4-7 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ โดยวิธี Shapiro-Wilk Normality Test 113
ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสินค้าแต่ละประเภท และอัตราการบรรจุสินค้าลงตะกร้าในแต่ละสาขา 114
ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างรอบการหยิบและจัดส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-10 ตัวอย่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของลิฟต์ในแนวดิ่ง 121
ตารางที่ 4-11 ตัวอย่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ 124
ตารางที่ 4-12 ผลลัพธ์ของการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์นโยบายในปัจจุบัน 158
ตารางที่ 5-1 สัดส่วนของตะกร้ากระจายสินค้าเมื่อแยกตามประเภทสินค้าและช่วงเวลา 159
ตารางที่ 5-2 รูปแบบการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM 162
ตารางที่ 5-3 สถานการณ์ที่ใช้ในการแบบจำลอง 163
ตารางที่ 5-4 ค่าเฉลี่ยของผลการจำลองสถานการณ์ 164
ตารางที่ 5-5 ผลการวิเคราะห์การแปรปรวนของผลลัพธ์แต่ละค่าด้วย Two-Way ANOVA 166
ตารางที่ 5-6 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ระหว่างสถานการณ์ A8 และ A9 172
ตารางที่ 5-7 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ระหว่างสถานการณ์ A0 และ A9 173
ตารางที่ 6-1 ผลการวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้า 179
ตารางที่ 6-2 ผลการวิเคราะห์ความไวของการขยายธุรกิจ E-Commerce 184
ตารางที่ 6-3 ผลการวิเคราะห์ความไวของจำนวนตะกร้ากระจายสินค้าในการทำ Palletization 185
ตารางที่ 6-4 ผลการวิเคราะห์ความไวของรอบการทำงาน 186
ตารางที่ 6-5 ผลการวิเคราะห์ความไวต่อการชำรุดของยานพาหนะ 190
ตารางที่ 7-1 ระบบสมการสมดุลของกระบวนการเกิดและตาย 199

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 การลงทุนงานก่อสร้างในประเทศภาครัฐและเอกชน [33] 1

รูปที่ 1-2 สัดส่วนโครงการที่อยู่อาศัยใหม่ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล [36] 2

รูปที่ 1-3 การคาดการณ์จำนวนประชากรในช่วงวัยต่าง ๆ [37] 3

รูปที่ 1-4 อาคารศูนย์กระจายสินค้าใหม่ หรือ DC6 5

รูปที่ 1-5 แผนผังของศูนย์กระจายสินค้า DC6 5

รูปที่ 1-6 กิจกรรมในศูนย์กระจายสินค้าแยกตามลักษณะการดำเนินงาน 6

รูปที่ 1-7 กระบวนการไหลของสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า DC6 7

รูปที่ 1-8 ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติสำหรับสินค้าขนาดเล็กของบริษัทกรณีศึกษา 8

รูปที่ 1-9 การจัดเก็บตะกร้าบนชั้นวางของ Shuttle Rack AS/RS 9

รูปที่ 1-10 ลักษณะของตะกร้าสำหรับสินค้าที่มีการหยิบแบบเป็นชิ้น 10

รูปที่ 1-11 การจัดเรียงตะกร้าบนพาเลทในแต่ละชั้น 11

รูปที่ 2-1 กิจกรรมในคลังสินค้า [7] 19

รูปที่ 2-2 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวยู (‘U’-Shaped Warehouse) [15] 25

รูปที่ 2-3 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวไอ (‘I’-Shaped Warehouse) [15] 26

รูปที่ 2-4 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวแอล (‘L’-Shaped Warehouse) [15] 27

รูปที่ 2-5 ตัวอย่างแผนผังการไหลแบบโมดูล (Modular Flow Warehouse) [31] 28

รูปที่ 2-6 ระดับของความเป็นอัตโนมัติในคลังสินค้า [29] 29

รูปที่ 2-7 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบ AS/RS [18] 36

รูปที่ 2-8 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ VLM ภายในคลังสินค้า [26] 40

รูปที่ 2-9 อุปกรณ์จัดเก็บแบบ VLM [21] 41

รูปที่ 2-10 รูปแบบการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-11 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง [2] 44
รูปที่ 3-1 สัดส่วนการกระจายสินค้า 52
รูปที่ 3-2 พื้นที่ศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา 53
รูปที่ 3-3 พื้นที่โซน DC6 สำหรับก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าอุปกรณ์ระบบขนถ่ายสินค้าอัตโนมัติ ... 55
รูปที่ 3-4 เส้นทางและลักษณะของ STV 59
รูปที่ 3-5 ตัวอย่างระบบสายพานซอร์ทเตอร์ 59
รูปที่ 3-6 แผนผังของอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 60
รูปที่ 3-7 ตัวอย่างของอุปกรณ์ในระบบ Put-To-Light 62
รูปที่ 3-8 กิจกรรมการหยิบสินค้าแบบเป็นชิ้น 64
รูปที่ 3-9 การเชื่อมโยงกันระหว่าง 3 ระบบในศูนย์กระจายสินค้า 65
รูปที่ 3-10 การเชื่อมต่อระหว่างระบบ SAP และ ระบบ WMS 67
รูปที่ 3-11 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การปฏิบัติงาน 68
รูปที่ 3-12 การทำงานระหว่างระบบ WMS และ AGC 69
รูปที่ 3-13 กระบวนการไหลของตะกร้าสินค้าในชั้น 1 71
รูปที่ 3-14 กระบวนการไหลของตะกร้าสินค้าในชั้น 2 72
รูปที่ 3-15 มุมมองด้านบนของลิฟต์ในแนวดิ่งระบบ Shuttle Rack AS/RS 73
รูปที่ 3-16 มุมมองด้านข้างของระบบ Shuttle Rack AS/RS ในการเคลื่อนย้ายตะกร้า 74
รูปที่ 3-17 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ณ สถานีงาน Replenishment 75
รูปที่ 3-18 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ณ สถานีงาน Primary Assorted 76
รูปที่ 3-19 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล และไฟจำนวนหยิบประจำสาขา ณ สถานีงาน Secondary 77
รูปที่ 3-20 ตัวอย่างการสร้างพาเลทเพื่อเตรียมการนำส่งสาขา 78
รูปที่ 3-21 ลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะของ Shuttle Rack AS/RS 79
รูปที่ 3-22 สายพานลำเลียงตะกร้าในการทำ Primary Assorted 80
รูปที่ 3-23 สายพานลำเลียงตะกร้าในการทำ Secondary Assorted 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-24 สายพานลำเลียงตะกร้าจัดเก็บสินค้าไปยัง Shuttle Rack AS/RS 81
รูปที่ 3-25 สายพานลำเลียงตะกร้าจาก Shuttle Rack AS/RS เพื่อไปทำ Primary Assorted 82
รูปที่ 3-26 สายพานลำเลียงตะกร้าจาก Secondary Assorted กลับไปยัง Shuttle Rack AS/RS . 83
รูปที่ 3-27 การแบ่งพื้นที่ในการทดสอบระบบของบริษัทกรณีศึกษา 84
รูปที่ 3-28 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักการพาเรโต 86
รูปที่ 3-29 การแบ่งขนาดของสินค้าตามหลักการพาเรโต 88
รูปที่ 3-30 ตัวอย่างการเติมสินค้าบน Shuttle Rack AS/RS 91
รูปที่ 3-31 มุมมองด้านข้างของระบบ Shuttle Rack AS/RS ของบริษัทกรณีศึกษา 94
รูปที่ 3-32 แนวคิดที่จะแบ่งพื้นที่ Shuttle Rack AS/RS เป็น 3 ส่วน 96
รูปที่ 3-33 ตัวอย่างการเลือกหยิบสินค้าแบบ Pick-to-Clear 98
รูปที่ 3-34 ตัวอย่างการเลือกหยิบสินค้าแบบ Pick-at-Most 98
รูปที่ 4-1 ตัวอย่างเหตุการณ์เมื่อแบ่งสัดส่วนของตะกร้าไม่เหมาะสมในบริษัทกรณีศึกษา 103
รูปที่ 4-2 แผนผังการไหลของตะกร้าในกระบวนการหยิบสินค้าขนาดเล็กของบริษัทกรณีศึกษา 104
รูปที่ 4-3 Box-and-Whisker Plot ระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลจากลักษณะการกระจาย 111
รูปที่ 4-4 กระบวนการทำงานของพนักงานที่สถานีงาน Replenishment 116
รูปที่ 4-5 กระบวนการทำงานของพนักงานที่สถานีงาน Primary Assorted 117
รูปที่ 4-6 กระบวนการทำงานของพนักงานที่สถานีงาน Secondary Assorted 119
รูปที่ 4-7 ตัวอย่างระบบอัตโนมัติที่สถานีงาน Palletization 120
รูปที่ 4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของลิฟต์ และระยะทาง 122
รูปที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และระยะทาง 125
รูปที่ 4-10 โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ 127
รูปที่ 4-11 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการสร้างข้อมูลความต้องการสินค้า 128
รูปที่ 4-12 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนสถานีงาน Replenishment 129
รูปที่ 4-13 ผังการจำลองสถานการณ์การหยิบสินค้าเพื่อส่งไปยังสถานีงาน Primary Assorted 131

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-14 ผังการจำลองสถานการณ์การหยิบสินค้าที่มีการเติมแบบ Urgent Replenishment ... 133
รูปที่ 4-15 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วน Secondary Assorted ... 136
รูปที่ 4-16 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วน Palletization ... 138
รูปที่ 4-17 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการเลือกตำแหน่งจัดเก็บ และตำแหน่งที่จะนำสินค้าออก ... 140
รูปที่ 4-18 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการคำนวณเวลาทำงานของยานพาหนะ ... 145
รูปที่ 4-19 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาเข้า ... 147
รูปที่ 4-20 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาออก ... 148
รูปที่ 4-21 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความถูกต้องของส่วนความต้องการสินค้า ... 150
รูปที่ 4-22 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความถูกต้องของส่วน Secondary Assorted ... 151
รูปที่ 4-23 อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ ... 152
รูปที่ 4-24 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ในสภาวะคงตัว ... 153
รูปที่ 4-25 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ ... 154
รูปที่ 4-26 ปริมาณตะกร้าเข้าและออกจากระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ ... 155
รูปที่ 5-1 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ ... 160
รูปที่ 5-2 รูปแบบการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM ... 161
รูปที่ 5-3 ผลการวิเคราะห์อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ทั้งหมด ... 165
รูปที่ 5-4 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ ... 167
รูปที่ 5-5 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของเวลาการทำงานของยานพาหนะ ... 168
รูปที่ 5-6 ความแตกต่างของนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ของเวลาการทำงานของยานพาหนะ ... 169
รูปที่ 5-7 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของเวลาการทำงานของลิฟต์ขาออก ... 170
รูปที่ 5-8 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง ... 171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

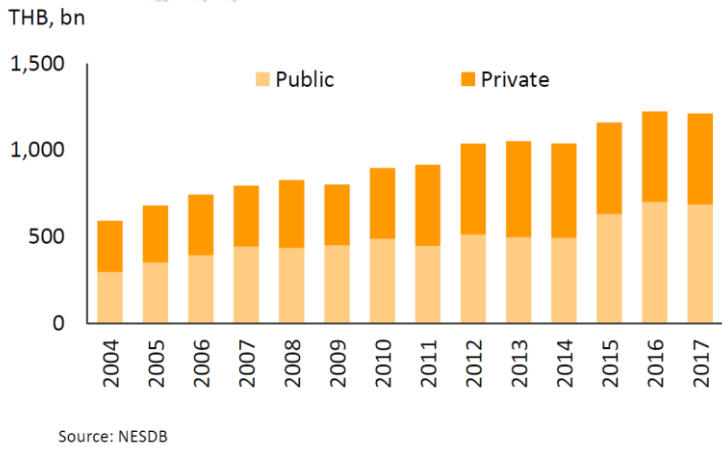
รูปที่ 5-9 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ A0 และ A9.....174
รูปที่ 5-10 ปริมาณตะกร้าเข้าและออกจากระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ A9 175
รูปที่ 5-11 รูปแบบการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM.....176
รูปที่ 6-1 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่...180
รูปที่ 6-2 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของยานพาหนะ 181
รูปที่ 6-3 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของลิฟต์ขาเข้า.....181
รูปที่ 6-4 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของลิฟต์ขาออก 182
รูปที่ 6-5 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey’s Test ของจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง 183
รูปที่ 6-6 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ A9 และการปรับรอบเวลา188
รูปที่ 7-1 กระบวนการเกิดและตาย.....198

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

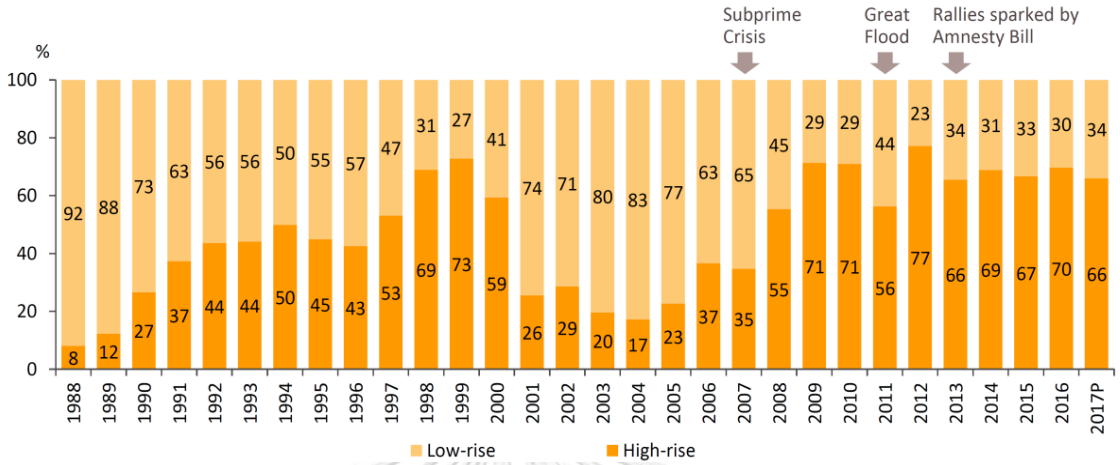
ในปัจจุบันเศรษฐกิจและสังคมมีการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง นำไปสู่การขยายตัวของธุรกิจก่อสร้างโดยมูลค่าการลงทุนก่อสร้างโดยรวมทั้งภาครัฐและเอกชน ในช่วงปีค.ศ. 2018 - 2020 มีแนวโน้มขยายตัวเฉลี่ย 7 - 9% ต่อปี [33] ซึ่งเกิดจากการเร่งลงทุนโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ของภาครัฐ วงเงินลงทุนรวม 3.2 ล้านล้านบาท ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2017 - 2026 และการฟื้นตัวของการลงทุนก่อสร้างภาคเอกชนที่จะฟื้นตัวตามภาวะเศรษฐกิจและผลของจากการลงทุนของภาครัฐ โดยมีสัดส่วนของมูลค่าการลงทุนเฉลี่ย 53:47 ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 การลงทุนงานก่อสร้างในประเทศภาครัฐและเอกชน [33]

งานก่อสร้างภาคเอกชนส่วนใหญ่เป็นงานก่อสร้างที่อยู่อาศัยซึ่งคิดเป็น 57% ของมูลค่าก่อสร้างงานภาคเอกชนทั้งหมด โดยกระจุกตัวอยู่ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล 60-70% ของจำนวนยูนิตที่อยู่อาศัยทั้งประเทศ [36] ตั้งแต่ปี 2552 โครงการคอนโดมิเนียมครองส่วนแบ่งตลาดคิดเป็นสัดส่วนเฉลี่ยเกือบ 70% ของจำนวนที่อยู่อาศัยใหม่ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล ดังรูปที่ 1-2 เป็นผลมาจากราคาที่ดินสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง พื้นที่เหลือน้อยลง และ รวมทั้งพฤติกรรมของผู้บริโภคในด้านความต้องการที่

อยู่อาศัยมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยมีต้องการที่อยู่อาศัยหลังที่ 2 ที่เปลี่ยนจากบ้านแนวราบเขตชานเมืองมาอยู่อาศัยในเมือง เพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง



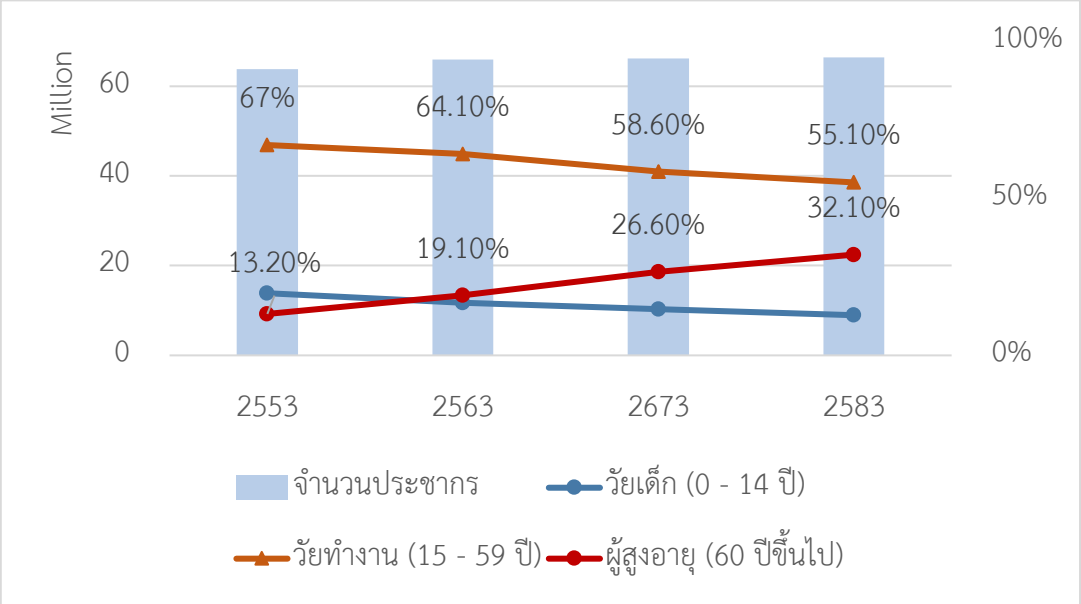
รูปที่ 1-2 สัดส่วนโครงการที่อยู่อาศัยใหม่ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล [36]

จากการขยายตัวของก่อสร้างภาคเอกชน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยทำให้มีเม็ดเงินหมุนเวียนในระบบจำนวนมาก เกิดการจ้างงานที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งการเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่น เช่น ธุรกิจวัสดุก่อสร้าง ธุรกิจสถาบันการเงิน ธุรกิจเครื่องใช้ไฟฟ้า และธุรกิจเฟอร์นิเจอร์และการตกแต่ง ส่งผลให้เกิดภาวะขาดแคลนแรงงาน รวมทั้งประชากรไทยในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนอิ่มตัวแล้วลดลง เป็นผลมาจากภาวะเจริญพันธุ์ที่ลดลง และการมีชีวิตที่ยืนยาวขึ้น ลักษณะเช่นนี้ทำให้โครงสร้างอายุของประชากรเปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดเจน ดังรูปที่ 1-3 กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของประชากรไทยช้าลงแต่ผู้สูงอายุกลับเพิ่มเร็วขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาในความไม่สอดคล้องกันระหว่างอุปสงค์และอุปทานของตลาดแรงงานในระยะยาว ซึ่งภาคธุรกิจอุตสาหกรรมได้รับผลกระทบอย่างมากเพราะมีความต้องการกลุ่มแรงงานอายุน้อยในช่วง 20 - 30 ปี จึงส่งผลให้เกิดแนวโน้มการขาดแคลนแรงงานของประเทศไทย

ปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่เกิดจากการเผชิญกับปัญหาโครงสร้างด้านประชากรไม่ได้เกิดขึ้นเพียงในประเทศไทยเท่านั้น มีหลายประเทศที่เริ่มเข้าสู่สังคมสูงวัยมาตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2543 เช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเทศเยอรมนี ประเทศญี่ปุ่น ประเทศเกาหลีใต้ และประเทศสิงคโปร์ ทำให้ประเทศขาดแคลนแรงงาน ค่าจ้างทยอยปรับสูงขึ้น จนทำให้ประเทศข้างต้นเริ่มนำระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์มาใช้ในภาคการผลิตตั้งแต่ก่อนปี 2538 [35] การใช้หุ่นยนต์จึงเป็นเหมือนทางออกหนึ่งของปัญหาการขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างที่สูงขึ้น บริษัทกรณีศึกษาจึงได้ริเริ่มโครงการศูนย์กระจายสินค้าอัตโนมัติร่วมกับการขยายศูนย์กระจายสินค้า โดยอาศัยอุปกรณ์อัตโนมัติในการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งจะช่วยลดอัตราการใช้พนักงานลง เพื่อรองรับแนวโน้มการขาดแคลนของแรงงานในประเทศไทย



รูปที่ 1-3 การคาดการณ์จำนวนประชากรในช่วงวัยต่าง ๆ [37]

1.1. ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจค้าปลีกจำหน่ายสินค้า และให้บริการที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างต่อเติม ตกแต่ง ซ่อมแซม ปรับปรุง อาคาร บ้าน และที่อยู่อาศัยแบบครบวงจร โดยธุรกิจค้าปลีกของ

บริษัท มีสินค้าสำหรับให้บริการมากกว่า 40,000 รายการ สามารถแบ่งประเภทของสินค้าได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

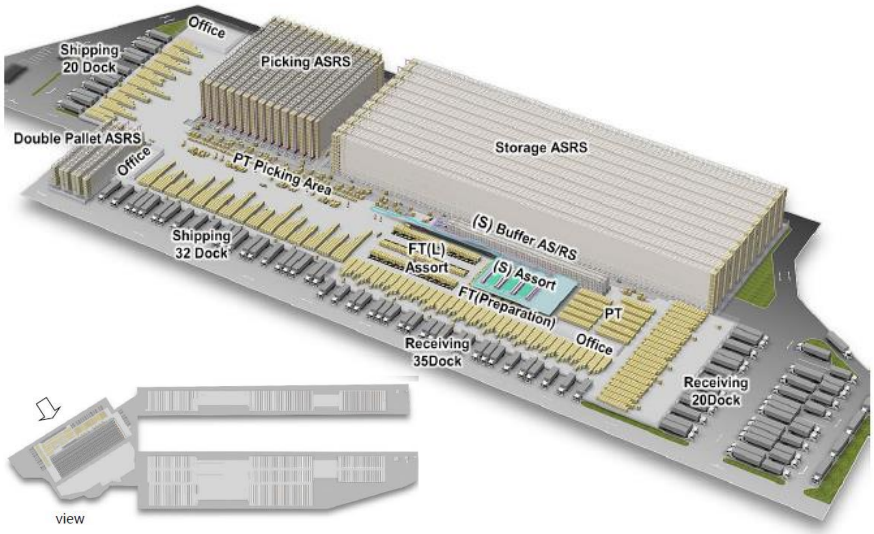
- สินค้าประเภท Hard Line ได้แก่ สินค้าที่เกี่ยวกับวัสดุก่อสร้าง สี อุปกรณ์ปรับปรุงบ้าน ห้องน้ำและสุขภัณฑ์ เครื่องครัว อุปกรณ์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งสร้างรายได้หลักให้กับบริษัทกรณีศึกษา
- สินค้าประเภท Soft Line ได้แก่ สินค้าประเภทเครื่องนอน พรม ผ้าม่าน เฟอร์นิเจอร์ โคมไฟ สินค้าตกแต่ง และอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน เป็นส่วนเสริมให้บริษัทสามารถจำหน่ายสินค้าได้อย่างครบวงจร

โดยช่องทางหลักในการกระจายสินค้าของบริษัท คือ การขายสินค้าผ่านทางสาขา ซึ่ง ณ สิ้นปี ค.ศ. 2019 บริษัทมีสาขาทั้งสิ้น 93 สาขา ในประเทศไทย และมีสาขาในประเทศมาเลเซียอีก 6 สาขา บริษัทมีเป้าหมายที่จะขยายสาขาให้ครบ 95 - 100 สาขา ภายในปีค.ศ. 2020 ครอบคลุมทั่วประเทศ และขยายสาขาในประเทศมาเลเซียให้ครบ 8 - 10 สาขา เพื่อให้เกิดการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) ที่เพิ่มขึ้นในอนาคต และเป็นการเข้าถึงกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ต่าง ๆ ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น รวมถึงพัฒนาการให้บริการ และคัดเลือกสินค้าใหม่ ๆ เพิ่มความหลากหลายในแต่ละกลุ่มสินค้า ซึ่งการขยายสาขาที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความต้องการพื้นที่สำหรับการจัดเก็บสินค้าเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุดังกล่าวบริษัทจึงมีความจำเป็นในการขยายศูนย์กระจายสินค้าเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีจำนวน 5 อาคาร เพื่อรองรับการเติบโตของบริษัทในอนาคต โดยในการขยายศูนย์กระจายสินค้า ณ อาคารใหม่ หรือ DC6 ดังรูปที่ 1-4 ทางบริษัทได้นำระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated Storage and Retrieval System, AS/RS) ดังรูปที่ 1-5 ซึ่งมีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติมาใช้ในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดำเนินงานเพื่อช่วยลดอัตราการใช้พนักงานลง และรองรับแนวโน้มการขาดแคลนแรงงานของประเทศไทย

รูปที่ 1-4 อาคารศูนย์กระจายสินค้าใหม่ หรือ DC6



CHULALONGKORN UNIVERSITY

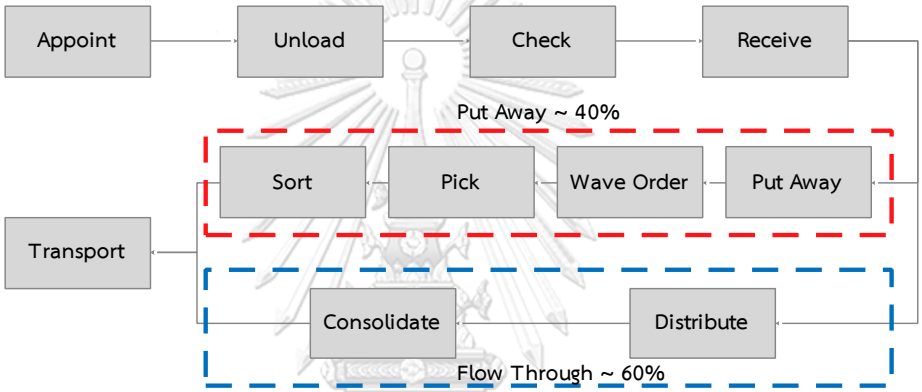
รูปที่ 1-5 แผนผังของศูนย์กระจายสินค้า DC6

ศูนย์กระจายสินค้า DC6 มีการจัดเก็บสินค้าหลากหลายชนิด ได้แก่ สินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า, สินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่, สินค้ากลุ่มที่ไม่ใช่กระเบื้อง และสินค้าขนาดเล็ก โดยสามารถแบ่งสินค้าตามลักษณะการส่งสินค้าเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- สินค้าที่มีการจัดเก็บ (Put Away: PT) เป็นสินค้าที่ถูกเก็บที่ศูนย์กระจายสินค้าจนกว่าทางสาขาจะมีความต้องการ โดยเป็นสินค้าประเภทนี้ประมาณ 40% ของมูลค่าสินค้าทั้งหมด

- สินค้าที่ไม่มีการจัดเก็บ (Flow Through: FT) เป็นสินค้าที่ทางศูนย์กระจายสินค้าทำครอส-ด๊อกกิ้งค์ (Cross-Docking) หรือแยกสินค้าตามสาขาที่ศูนย์กระจายสินค้า ก่อนนำขึ้นรถบรรทุกเพื่อส่งให้แต่ละสาขาต่อไป โดยเป็นสินค้าประเภทนี้ประมาณ 60% ของมูลค่าสินค้าทั้งหมด

ซึ่งกระบวนการรับสินค้าทั้ง สินค้า Put Away และสินค้า Flow Through มีความคล้ายคลึงกัน จะแตกต่างที่กระบวนการจ่ายและจัดสินค้าดังแสดงในรูปที่ 1-6

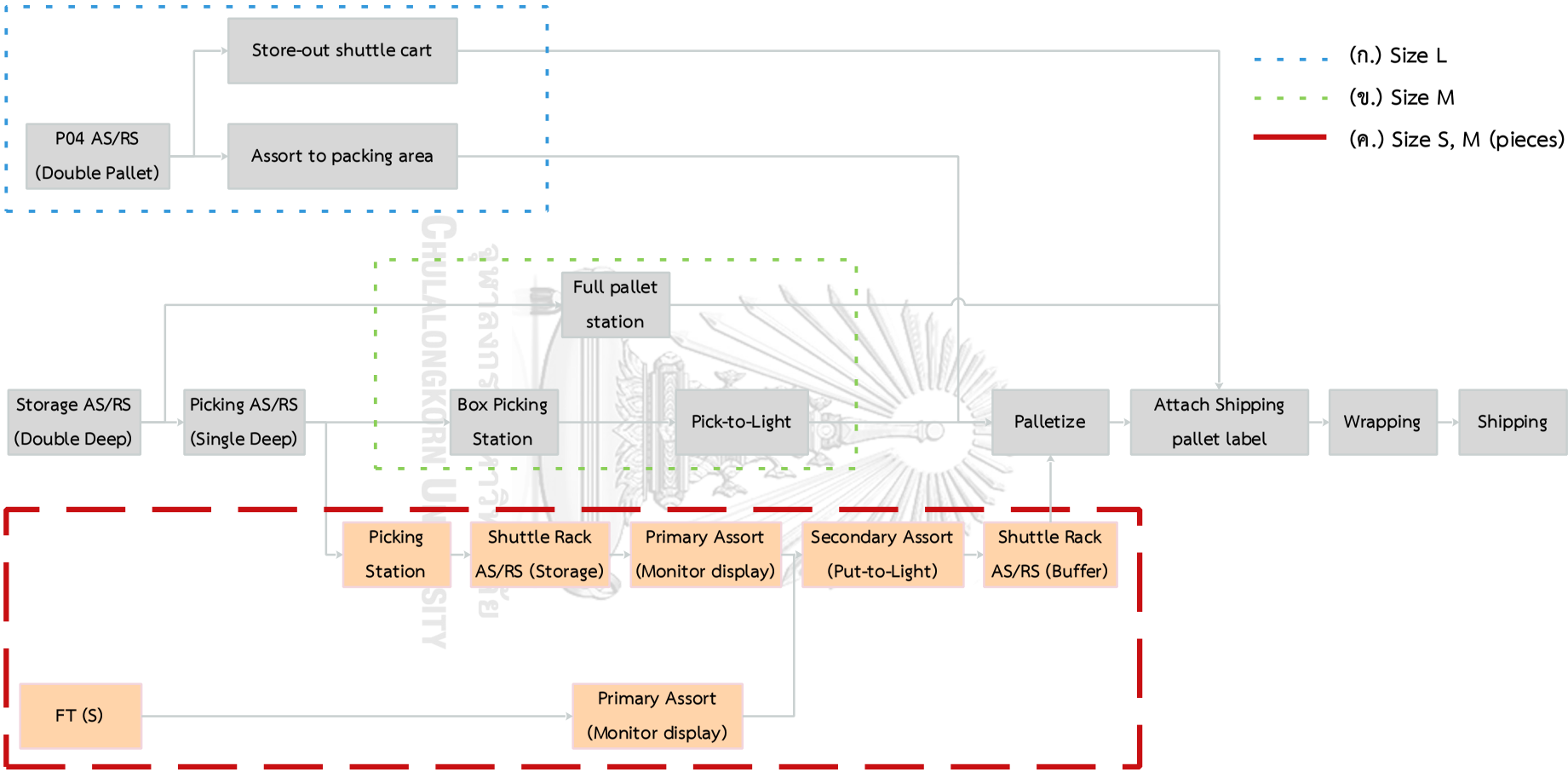


รูปที่ 1-6 กิจกรรมในศูนย์กระจายสินค้าแยกตามลักษณะการดำเนินงาน

จากรูปที่ 1-6 แสดงกิจกรรมที่เกิดขึ้นในศูนย์กระจายสินค้าตั้งแต่รถบรรทุกนำสินค้าเข้ามาส่งในศูนย์กระจายสินค้า แล้วนำสินค้าลงจากรถบรรทุก ต่อมาพนักงานจะทำการตรวจสอบสินค้า หากตรงตามใบรับสินค้าจะทำการรับสินค้า หลังจากนั้นสินค้า Put-Away จะถูกนำไปเก็บตามที่จัดเก็บที่กำหนดไว้ จนกระทั่งถูกหยิบตามความต้องการและจัดเรียงเพื่อจัดส่งไปให้แก่ลูกค้า ส่วนสินค้า Flow Through จะเป็นสินค้าที่ไม่ถูกจัดเก็บแต่จะนำไปแยกเพื่อเตรียมจัดส่งให้แก่ลูกค้าเช่นกัน

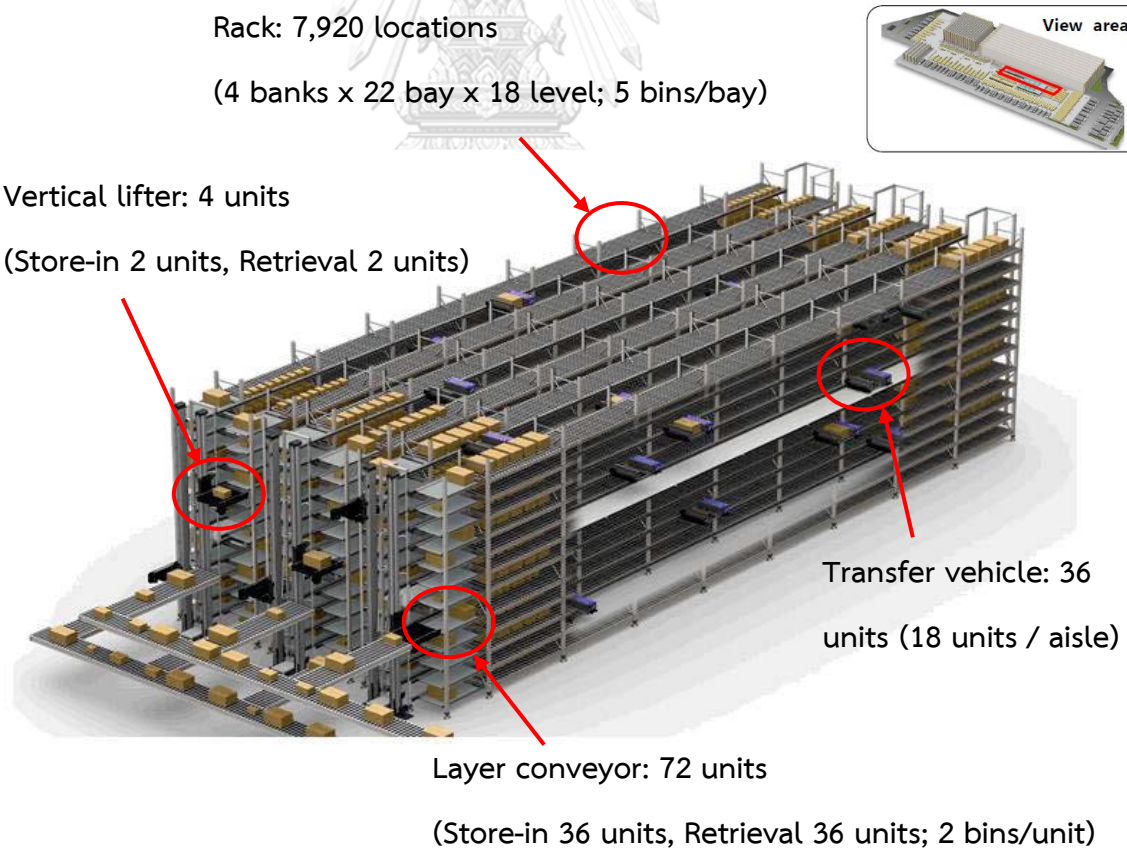
เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนการจัดเก็บสินค้า Put Away จะสามารถแบ่งสินค้าได้ตามขนาดของสินค้าเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ S, M และ L เพื่อให้ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการไหลของสินค้า การใช้ระบบ AS/RS และการใช้งานอุปกรณ์ในศูนย์กระจายสินค้า DC6 เป็นไปดังรูปที่ 1-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



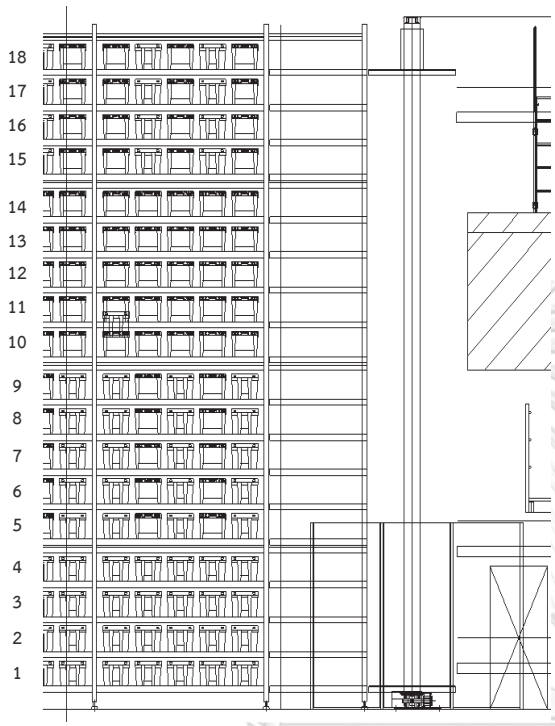
รูปที่ 1-7 กระบวนการไหลของสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า DC6

จากรูปที่ 1-7 ศูนย์กระจายสินค้าได้นำระบบ AS/RS และอุปกรณ์หลากหลายชนิดมาใช้งาน โดยหนึ่งในอุปกรณ์เหล่านั้นคืออุปกรณ์ Vertical Lift Module (VLM) ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทแรกในประเทศไทยที่ได้นำอุปกรณ์ชนิดนี้มาใช้โดยการติดตั้งร่วมกับ Shuttle Rack AS/RS ดังรูปที่ 1-8 เพื่อทำหน้าที่เป็นพื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้า และเป็นจุดพักสินค้า (Buffer Point) ในการจัดการสต๊อกสำหรับสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลาง (S, M) ที่มีการหยิบเป็นชิ้น (Unit Picking) ซึ่งมีกระบวนการไหลของสินค้าดังรูปที่ 1-7 (ค) ส่งผลให้เกิดการทำงานที่มีความซับซ้อน เนื่องจากรูปแบบการเข้า-ออก Shuttle Rack AS/RS ของตะกร้าทั้งสองส่วนมีความแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและออกแบบกระบวนการทำงานสำหรับสินค้าที่มีการหยิบเป็นชิ้นของศูนย์กระจายสินค้า DC6 ซึ่งมีการใช้งานอุปกรณ์ VLM และมีการทำงานที่ซับซ้อน



รูปที่ 1-8 ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติสำหรับสินค้าขนาดเล็กของบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1-8 Shuttle Rack AS/RS ที่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ VLM ในการขนถ่ายสินค้า สำหรับสินค้าที่มีการหยิบเป็นชิ้น สามารถทำการจัดเก็บตะกร้าสินค้าได้ทั้งหมด 7,920 locations โดยภายใน Shuttle Rack AS/RS มีการจัดเรียงตะกร้า ดังรูปที่ 1-9



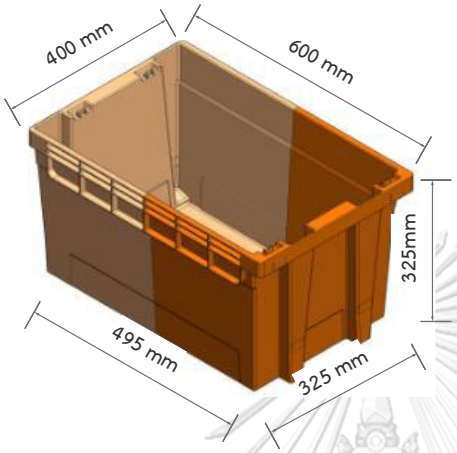
รูปที่ 1-9 การจัดเก็บตะกร้าบนชั้นวางของ Shuttle Rack AS/RS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมในศูนย์กระจายสินค้า DC6 สำหรับสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลาง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การรับสินค้า (Receiving): ผู้ผลิตสินค้า (Supplier) นำสินค้ามาส่งสินค้ายังศูนย์กระจายสินค้า
2. การจัดเก็บสินค้า (Put Away): สินค้าจะถูกนำไปจัดเก็บยัง Storage AS/RS แบบเต็มพาเลท
3. การเติมสินค้า (Replenishment): สินค้าจะถูกนำไปเติมยัง Picking AS/RS เพื่อเป็นสินค้าพร้อมหยิบเป็นกล่อง (Case Picking) ต่อมาสินค้าขนาด S และ M ที่มีการหยิบเป็นชิ้นจะ

ถูกส่งไปยัง Picking Station เพื่อจัดเก็บสินค้าตาม SKU ลงในตะกร้าปริมาตร 64,715 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 1-10 เพื่อนำไปเติมยัง Shuttle Rack AS/RS ซึ่งเป็นจุดพักสินค้า เพื่อเป็นสินค้าพร้อมหยิบ (แบบเป็นชิ้น)



Load Dimension

= 600 W x 400 L x 325 H (mm)

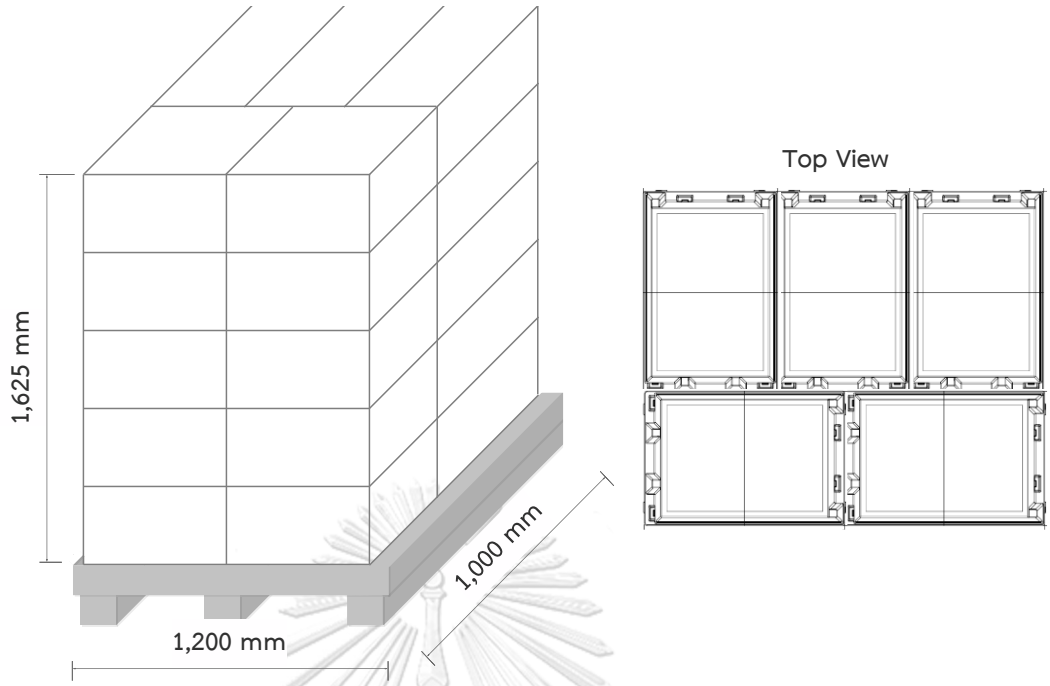
Volume = 64,715 cm^3

รูปที่ 1-10 ลักษณะของตะกร้าสำหรับสินค้าที่มีการหยิบแบบเป็นชิ้น

4. การหยิบสินค้า (Picking): เมื่อมีคำสั่งในการหยิบสินค้า จะทำการหยิบสินค้าแบบ Wave Picking (Primary Assort) เพื่อแยกตะกร้าตามกลุ่มสาขา (Islands) โดยมีสินค้ามาจาก 2 ส่วน คือ PT(S) จาก Shuttle Rack AS/RS และ FT(S) จากนั้นจะส่งตะกร้าของสินค้าที่แยกตามกลุ่มสาขาแล้วไปทำการหยิบแบบ Put-to-Light (Secondary Assort) เพื่อแยกตามสาขา และส่งกลับไปยัง Shuttle Rack AS/RS เพื่อรอนำส่ง

5. การจัดเรียงและการส่งสินค้า (Sorting and Shipping): เมื่อต้องการนำส่งสินค้าไปยังสาขา จะนำสินค้าออกจาก Shuttle Rack AS/RS ผ่านอุปกรณ์ VLM แล้วนำมาจัดเรียงบนพาเลท จนครบ 25 ตะกร้า/พาเลท โดยจะวางสินค้าซ้อนกัน 5 ชั้น ชั้นละ 5 ไทร์ โดยจัดเรียงตะกร้าแต่ละชั้นดังรูปที่ 1-11 พร้อมติดฉลากการจัดส่งสินค้า (Shipping Label) ก่อนจะทำการพันฟิล์มรอบสินค้า (Wrapping) เพื่อเตรียมการนำส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก.) การจัดเรียงตะกร้าบนพาเลท (ข.) มุมมองด้านบนของพาเลท

รูปที่ 1-11 การจัดเรียงตะกร้าบนพาเลทในแต่ละชั้น

เนื่องด้วยศูนย์กระจายสินค้า DC6 ใช้หลักการดำเนินงานตามที่ผู้ขายอุปกรณ์วิเคราะห์และเสนอแนวทางการทำงานให้กับทางบริษัทกรณีศึกษา โดยมีแนวคิดในการกำหนดสัดส่วนของตะกร้าบนอุปกรณ์ Shuttle Rack AS/RS ที่มีการใช้งาน 2 ส่วน ได้แก่ การใช้งานสำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้าเพื่อการจัดเก็บสินค้า Put Away ให้เป็นสินค้าพร้อมหยิบเป็นชิ้น และการใช้งานสำหรับตะกร้ากระจายสินค้า เพื่อเป็นจุดพักสำหรับสินค้าที่ทำการแยกสาขาแล้ว เพื่อรอให้ครบ 25 ตะกร้า แล้วนำส่งไปยังสาขา ดังนี้

- กรณีที่ผู้ขายอุปกรณ์นำเสนอ เป็น Worst-Case Scenario ของอุปกรณ์ คือการเตรียมพื้นที่สำหรับเป็นจุดพักสินค้าเป็น 25 เท่าของจำนวนสาขา หรือคิดเป็น 2,500 ตะกร้า แต่เมื่อพิจารณาการทำงาน พบว่าในการทำงานปกติจะแบ่งสาขาตาม Wave ดังนั้นจะไม่มีกรณีที่หยิบสินค้า Put-Away พร้อมกันทั้ง 100 สาขา ดังนั้นการเตรียมพื้นที่จัดเก็บ

สำหรับเป็นจุดพักสินค้า จึงไม่จำเป็นต้องเป็นต้องมากถึง 25 เท่าของจำนวนสาขาทั้งหมด

- กรณีเตรียมพื้นที่สำหรับเป็นจุดพักสินค้าที่น้อยเกินไป เช่น เตรียมพื้นที่ไว้สำหรับ 1,000 ตะกร้า หรือ 25 เท่าของ 40 สาขา หรือจำนวนสาขาต่อ 1 กะการทำงาน ทำให้อาจเกิดกรณีที่พื้นที่สำหรับพักสินค้าไม่เพียงพอ เนื่องจากในแต่ละ Wave ไม่ได้มีเพียงการหยิบสินค้า Put-Away เท่านั้น แต่ยังมีการทำครอส-ด๊อกกิ้งค์ของสินค้า Flow Through ที่มีการกระจายไปยังทุกสาขาด้วย ดังนั้นส่งผลให้มีโอกาสเกิดบล็อกกิ้งของระบบ กล่าวคือ สินค้าจากบริเวณ Secondary Assorted จะไม่สามารถเข้ามาเก็บในจุดพักสินค้าได้ ทำให้ต้องใช้เวลาจัดการกับปัญหาการเกิดบล็อกกิ้ง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและกำหนดนโยบายของระบบจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติของสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลางในบริษัทกรณีศึกษา เพื่อให้มีนโยบายที่เหมาะสม ซึ่งสามารถประเมินได้จากประสิทธิภาพในการใช้งานอุปกรณ์, เวลาในการทำงานต่อกะการทำงาน และจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้งของระบบ โดยผู้วิจัยมุ่งเน้นไปยังการจัดสรรสัดส่วนปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าขนาดเล็กที่สามารถจัดเก็บในระบบ Shuttle Rack AS/RS ได้ รวมทั้งกำหนดนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า เพื่อให้สามารถใช้งานพื้นที่ของอุปกรณ์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

กำหนดสัดส่วนปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้า และกำหนดนโยบายในการหยิบสินค้าสำหรับสินค้าขนาดเล็ก ในศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้านกรณีศึกษา เพื่อลดระยะเวลารวม และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ของอุปกรณ์

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1. ศึกษาข้อมูลของกลุ่มสินค้าที่อยู่ภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 ของธุรกิจกรณีศึกษา โดยพิจารณาเฉพาะกลุ่มสินค้าสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลาง ที่ใช้อุปกรณ์ VLM เท่านั้น

1.3.2. ศึกษาเฉพาะกิจกรรมภายในศูนย์กระจายสินค้า ตั้งแต่การรับสินค้า การจัดเก็บสินค้า การหยิบสินค้า เพื่อส่งไปยังแต่ละสาขา

1.3.3. พิจารณากระบวนการหยิบสินค้าด้วยวิธีการหยิบตามรอบ (Wave Picking) เท่านั้น

1.3.4. ศึกษาและออกแบบเฉพาะรูปแบบนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ และนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3.5. งานวิจัยนี้ออกแบบระบบจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติของอุปกรณ์ VLM โดยใช้โปรแกรม R/RStudio ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Rosi) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผล

1.3.6. การประเมินผลงานวิจัยนี้ วัดจากประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่, เวลาในการทำงานของลิฟต์ในแนวดิ่งและยานพาหนะต่อกะการทำงาน และจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง

1.3.7. การออกแบบศูนย์กระจายสินค้านี้พิจารณาภายใต้การดำเนินงานปกติ สำหรับกรณีฉุกเฉิน หรือกรณีที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้จะไม่พิจารณา

1.4. ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1. นโยบายการจัดสรรสัดส่วนปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้า และการหยิบสินค้าสำหรับสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลางของระบบจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ ที่ทำให้ศูนย์กระจายสินค้ามีประสิทธิภาพการใช้พื้นที่สูง และระยะเวลารวมต่ำ

1.4.2. เป็นแนวทางในการขยายผลสำหรับศูนย์กระจายสินค้าที่มีการจัดเก็บสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลาง รวมทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีลักษณะเดียวกัน

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับบริษัทกรณีศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

- ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับบริษัทกรณีศึกษา
- กระบวนการทำงานในศูนย์กระจายสินค้า
- ลักษณะผลิตภัณฑ์ภายในศูนย์กระจายสินค้า
- ข้อมูลอุปกรณ์ภายในศูนย์กระจายสินค้า
- ข้อมูลความต้องการและการจัดส่งสินค้าของศูนย์กระจายสินค้า

1.5.2. ศึกษาทฤษฎี งานวิจัยเกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- การบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management)
- ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า (Automation in Warehouse)
- ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (AS/RS)
- อุปกรณ์ Vertical Lift Module (VLM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.3. วิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะกลุ่มสินค้าสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลางที่สามารถบรรจุในโททพลาสติก เพื่อใช้งาน Shuttle Rack AS/RS ได้

1.5.4. ระบุปัญหา และกำหนดทางเลือกที่จะศึกษา เพื่อออกแบบระบบจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ รวมทั้งระบุตัวชี้วัดที่ใช้ในการวัดผลของแบบจำลองสถานการณ์

1.5.5. ดำเนินการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อทดลองทางเลือกรูปแบบของระบบจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ

1.5.6. วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (Validation)

1.5.7. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

1.5.8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

05 Bartholdi III & Hackman
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. การบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management)

การบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) เป็นการวางแผนเพื่อป้องกัน และรักษาสินค้าให้อยู่ในสภาพที่ดี มีความพร้อมในการนำออกได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ด้วยค่าใช้จ่ายที่ต่ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และกำไรให้กับองค์กร โดยคลังสินค้า มีความสำคัญต่อองค์กรส่วนใหญ่ทั้งทางด้านธุรกิจ (Business Aspect) และการดำเนินงาน (Operational Aspect) ทั้งในมิติของการผลิต และการบริการ

ในมุมมองทางด้านธุรกิจ ผู้บริหารและผู้ถือหุ้นสามารถทราบสถานะของพัสดุคงคลังที่ธุรกิจครอบครองอยู่ผ่านรายงานทางการเงินของบริษัท โดยพัสดุคงคลังเป็นได้ทั้งโอกาสและความเสี่ยงของการทำธุรกิจ ตามหลักการทางบัญชีแล้วพัสดุคงคลังถือเป็นสินทรัพย์ (Asset) ที่ต้องมีการลงทุน โดยในงบดุล สินทรัพย์หมายถึงหนี้สินรวมกับทุน ดังนั้นการมีพัสดุคงคลังในงบดุลย่อมแสดงว่าองค์กรได้มีจัดสรรบางส่วนของหนี้สินและบางส่วนของทุนไปเป็นพัสดุคงคลัง โดยคาดหวังว่าหนี้สินและทุนที่จัดสรรไปเป็นพัสดุคงคลัง จะสามารถทำประโยชน์ได้ในอนาคต เช่น พัสดุคงคลังอาจก่อให้เกิดรายได้จากการขายหรือการผลิต หรือก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางธุรกิจ ซึ่งหมายถึงการทำกำไรจากการเก็บพัสดุคงคลัง แต่การถือสินทรัพย์ในรูปของพัสดุคงคลังไม่สามารถยืนยันได้ว่าจะก่อให้เกิดรายได้ในอนาคตมากกว่ามูลค่าพัสดุคงคลัง เนื่องจากมีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ การเสียหายจากเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิดอย่างภัยธรรมชาติหรืออุบัติเหตุ, การเสียหายตามธรรมชาติพัสดุ เช่น การเน่าเสีย การเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ, สินค้าล้าสมัยไม่เป็นที่นิยม เช่น รสนิยมของผู้บริโภคเปลี่ยนไป, การผันผวนของราคาตลาด เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับมูลค่าของพัสดุคงคลัง ผ่านตัวชี้วัดต่าง ๆ เช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รอบการหมุนของพัสดุคงคลัง (Inventory Turnover Ratio) โดยหากองค์กรใดสามารถปรับปรุงให้อัตราการหมุนเวียนพัสดุคงคลังเร็วขึ้นได้ย่อมมีโอกาสประสบความสำเร็จกว่าองค์กรที่มีอัตราการหมุนเวียนต่ำ [34]

ส่วนมุมมองทางด้านการดำเนินงาน พัสดุคงคลังถือเป็นทรัพยากรสำคัญที่ทำให้การดำเนินงานผลิต และให้บริการได้อย่างต่อเนื่อง โดยหากพิจารณาอย่างผิวเผินคลังสินค้าเป็นความสูญเสียในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) เนื่องจากเป็นสินค้าที่ถูกจัดเก็บ ไม่มีการเคลื่อนไหว ไม่มีการแปรสภาพ ไม่มีการสร้างคุณค่า แต่เมื่อพิจารณาจากลักษณะการผลิตและข้อจำกัดในการขายแล้ว จะพบว่าคลังสินค้ามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มมูลค่าให้ห่วงโซ่อุปทาน [38] ดังนี้

- เพื่อลดความผันผวนของความต้องการและกำลังการผลิต

  ความต้องการสินค้าของลูกค้าอาจมีความผันผวน รวมทั้งการผลิตและการบริการมีความไม่แน่นอน เช่น ปัญหาด้านคุณภาพในการผลิต ความเชื่อถือได้จากการบวนการผลิต และยังมีความแปรปรวนจากซัพพลายเออร์ (Supplier) ร่วมด้วย เช่น ปัญหาจากการขนส่ง ปัญหาจากพัสดุที่มีตามฤดูกาล ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ จึงทำให้ต้องมีพัสดุคงคลังเผื่อไว้สำหรับความไม่แน่นอนดังกล่าว ดังนั้นไม่สามารถหลีกเลี่ยงการมีคลังสินค้าได้ จึงต้องมีคลังสินค้า เพื่อเป็นจุดพักสินค้า (Buffer) เพื่อลดความผันผวนของกำลังการผลิต และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างต่อเนื่อง แต่การมีพัสดุคงคลังที่มากเกินไปย่อมก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็น และสะท้อนถึงปัญหาด้านการจัดการและการวางแผนที่ไม่มีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- เพื่อใช้ประโยชน์จากการประหยัดจากขนาด (Economic of Scale)

การประหยัดจากขนาด เป็นบทบาทสำคัญของคลังสินค้าในห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะในธุรกิจโมเดิร์นเทรด (Modern Trade) หรือธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ เพราะการซื้อสินค้าจำนวนมากสามารถเจรจาต่อรองราคาได้ ดังนั้นการมีคลังสินค้าจะสามารถช่วยในการขนส่งได้ โดยคลังสินค้าทำหน้าที่เป็นจุดปลายทางร่วมกัน (Common Destination) ของแต่ละโรงงาน และจุดต้าทางร่วมกัน (Common Origin) ของร้านค้า ทำให้สามารถลดจำนวนรถบรรทุก และให้รถบรรทุกทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้จัดส่งสินค้าเต็มคันรถ ซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการรวมเที่ยวการขนส่ง (Consolidation) ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญของเครือข่ายกระจายสินค้าผ่านศูนย์กระจายสินค้า โดยรถบรรทุกสินค้าเต็มคันรถจากโรงงานมายังศูนย์กระจายสินค้า และทำการจัดสินค้าหลากหลายชนิดตามความต้องการของแต่ละร้านสาขาและจัดส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก อีกทั้งโรงงานผลิต ผลิตครั้งละจำนวนมากจะทำให้เกิดความคุ้มค่าของการดำเนินการต่อครั้ง ซึ่งผลที่ได้ คือ ผลผลิตที่ได้จะมากเกินความต้องการ ณ ขณะผลิต โดยปริมาณที่เกินมานี้จะถูกเก็บไว้เป็นพัสดุคงคลังเพื่อขายในอนาคต

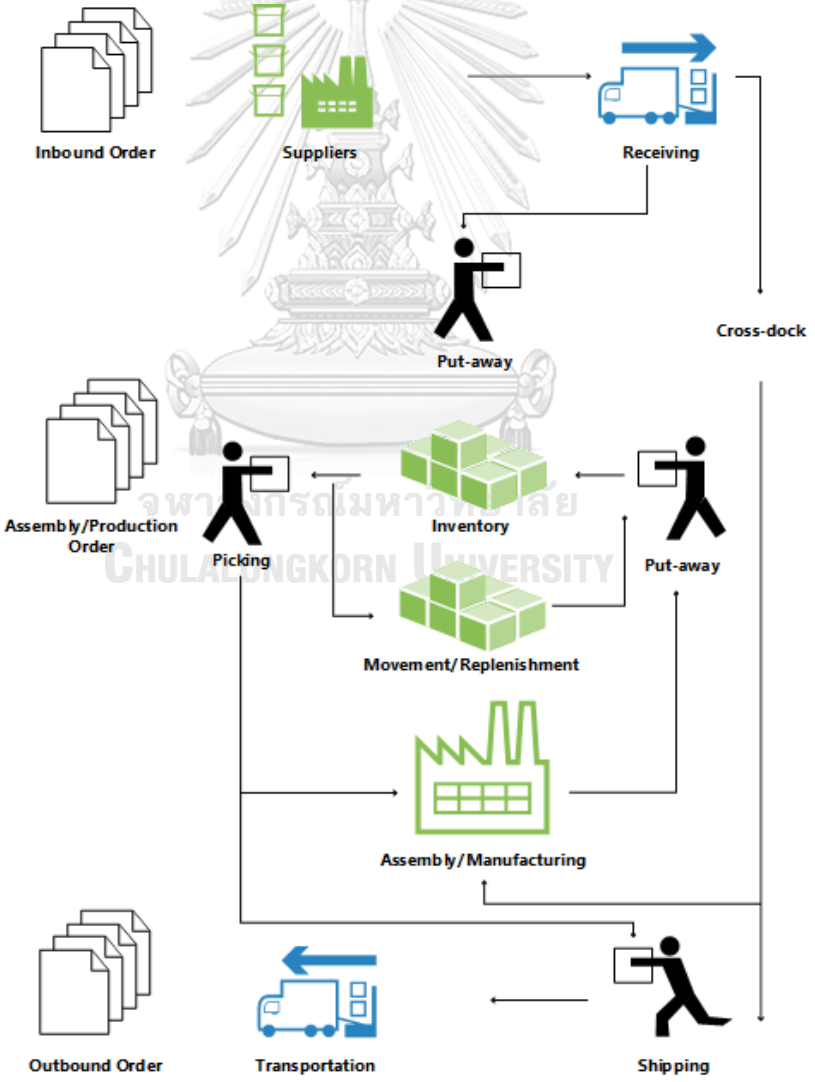
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า (Value-Added)

การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า เป็นงานในเชิงรุกของคลังสินค้า โดยการสร้างมูลค่าเพิ่มให้สินค้ามักพบในคลังสินค้าที่เก็บสินค้ามูลค่าสูง โดยคลังสินค้าในฐานะจุดพักสินค้า เป็นสถานที่ที่เหมาะสมที่สุดในการจัดกิจกรรมบางชนิดเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น การประกอบย่อย หรือการเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์

2.1.1. กิจกรรมภายในคลังสินค้า

กิจกรรมที่เกิดภายในคลังสินค้า ดังรูปที่ 2-1 ตั้งแต่รถบรรทุกสินค้านำสินค้าเข้ามาส่ง จนกระทั่งจัดเรียงสินค้าในรถบรรทุกเพื่อนำส่งสินค้าไปยังลูกค้า มีความหลากหลายแต่สามารถจำแนกตามพื้นฐานการทำงานหลักได้เป็น 2 ประเภท คือ กิจกรรมอินบาวด์ (Inbound Activity) หมายถึง กิจกรรมรับสินค้า (Receiving) และกิจกรรมจัดเก็บสินค้า (Put Away) ส่วนกิจกรรมเอาท์บาวด์ (Outbound Activity) หมายถึง กิจกรรมการหยิบสินค้า (Picking) และกิจกรรมการจัดเรียงและส่งสินค้า (Sorting and Shipping)



รูปที่ 2-1 กิจกรรมในคลังสินค้า [7]

ความต้องการสินค้าของลูกค้ามีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ และไม่สามารถวางแผนล่วงหน้าได้ ทำให้ต้องเตรียมแรงงานในกิจกรรมการหยิบสินค้าเผื่อเป็นจำนวนมาก ซึ่งต่างจากกิจกรรมการรับสินค้า ที่มีการนัดหมายล่วงหน้าจากผู้ผลิตหรือบริษัทขนส่งอยู่แล้ว ซึ่งทำให้สามารถจัดตารางเวลา และกระจายภาระงานให้กับพนักงานรับสินค้าได้ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบแล้วกิจกรรมเอาท์บาวด์จะมีสัดส่วนแรงงานมากกว่ากิจกรรมอินบาวด์ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนแรงงานของกิจกรรมหลักในคลังสินค้า [13]

กิจกรรม	สัดส่วนแรงงาน
การรับสินค้า (Receiving)	10%
การจัดเก็บสินค้า (Put Away)	15%
การหยิบสินค้า (Picking)	55%
การจัดเรียงและการส่งสินค้า (Sorting and Shipping)	20%

2.1.1.1. กิจกรรมการรับสินค้า (Receiving)

เป็นกิจกรรมการรับสินค้าจากผู้ผลิต หรือบริษัทขนส่งเข้าสู่คลังสินค้า โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อแจ้งสถานะของสินค้าที่ได้รับ พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพสินค้าและจำนวนของสินค้าว่าตรงตามความต้องการหรือไม่ อีกทั้งยังเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นกิจกรรมแรกในคลังสินค้า ซึ่งเป็นการกำหนดปริมาณงานของกิจกรรมอื่น ๆ ดังนั้นการรับสินค้าที่ดีต้องคำนึงถึงกิจกรรมเอาท์บาวด์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

กิจกรรมการรับสินค้ามีเทคนิคหลากหลาย เช่น การส่งสินค้าโดยตรง (Direct Shipping) เป็นการจัดส่งโดยไม่ผ่านศูนย์กระจายสินค้า, การรับสินค้าล่วงหน้า (Pre-Receiving) เป็นเทคนิคเพื่อลดเวลาการรับสินค้า โดยจัดส่งข้อมูลล่วงหน้าเพื่อเตรียมพื้นที่ใน

การจัดเก็บ, การทำครอส-ด๊อกกิ้งค์ หรือกิจกรรมโฟร์ทรู (Flow Through) เป็นการรับสินค้าและจ่ายสินค้าออกไปพร้อมกัน หรือไม่เกิน 48 ชม. และการวางแผนกำลังคน (Workforce Scheduling) เป็นเทคนิคการจัดแรงงานให้เหมาะสมกับภาระงาน เป็นต้น

2.1.1.2. กิจกรรมการจัดเก็บสินค้า (Put Away)

เป็นกิจกรรมการเคลื่อนย้ายสินค้าที่มีข้อมูลในระบบไปยังตำแหน่งการจัดเก็บ โดยตำแหน่งการจัดเก็บอาจถูกระบุไว้ล่วงหน้า เนื่องจากเงื่อนไขในการเก็บรักษา หรือถูกเลือกระหว่างการเคลื่อนย้ายหลังการพิจารณาพื้นที่การจัดเก็บ โดยข้อมูลตำแหน่งการจัดเก็บเป็นข้อมูลสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมเอาท์บาวด์ โดยเฉพาะกิจกรรมการหยิบสินค้า

กิจกรรมการจัดเก็บสินค้ามีเทคนิคหลากหลาย เช่น การจัดเก็บสินค้าโดยตรง (Direct Put-Away) เป็นเทคนิคที่รวมการรับสินค้าและการเก็บสินค้า โดยข้อมูลของการรับสินค้าและตำแหน่งการจัดเก็บสินค้าจะถูกส่งเข้าสู่ระบบบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management System, WMS) พร้อมกัน, การจัดเก็บเป็นกลุ่ม (Batch Put-Away) เป็นเทคนิคการจัดเก็บสินค้าหลายรายการในเที่ยวเดียว เหมาะกับสินค้าขนาดเล็ก ที่มีจำนวนต่อรายการไม่มากแต่มีจำนวนรายการมาก หรือสินค้าขนาดเล็กที่มีราคาสูงวงจรชีวิตสั้น, การแนะนำการจัดเก็บ (Suggested Put-Away) เป็นเทคนิคที่ให้ระบบ WMS กำหนดตำแหน่งจัดเก็บตามเงื่อนไขสินค้าทั้งในแง่น้ำหนัก ระดับความสูง และการทำอินเตอร์ลีฟวิ่ง (Interleaving) เป็นเทคนิคที่รวมการจัดเก็บและการหยิบสินค้าเข้าด้วยกัน โดยหลังจากที่เก็บสินค้าหนึ่งแล้วจะเคลื่อนไปยังตำแหน่งถัดไปเพื่อหยิบสินค้าที่มีความต้องการออกมา กล่าวคือการทำกิจกรรมสองชนิดในหนึ่งรอบการทำงาน หรือดูเอิลไซเคิล (Dual Cycle) เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.1.3. กิจกรรมการหยิบสินค้า (Picking)

เป็นกิจกรรมหลักที่สำคัญในด้านการจัดการแรงงาน และเป็นกิจกรรมที่กลุ่มบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุให้ความสนใจ โดยเป้าหมายหลักของกิจกรรมคือการนำสินค้าออกจากพื้นที่จัดเก็บอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในช่วงเวลาที่ลูกค้าต้องการ โดยมีวิธีการจัดเรียงลำดับการหยิบ 3 รูปแบบ ตามเงื่อนไขของคลังสินค้า เช่น ขนาดของคลังสินค้า, ลักษณะของสินค้า เป็นต้น

กิจกรรมการหยิบสินค้าจะเริ่มหลังจากทราบความต้องการของลูกค้าและจัดสรรสินค้าให้ลูกค้าแต่ละรายเสร็จสิ้น จากนั้นจะมีเอกสารหยิบสินค้าหรือพิกลิสต์ (Pick List) ซึ่งเป็นเอกสารระบุรหัส ชื่อ ตำแหน่งของ SKU ที่ต้องการ และจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ต่อมาจะเป็นขั้นตอนการเคลื่อนที่ (Traveling) การค้นหา (Searching) การดึงสินค้า (Extracting) และการจดบันทึก (Documenting) ซึ่งในขั้นตอนทั้งหมดมีเพียงการดึงสินค้าเท่านั้นที่เป็นกิจกรรมที่สร้างมูลค่า ดังนั้นจึงควรลดเวลาของอีกสามกิจกรรมลง ซึ่งสามารถลดได้โดยการใช้ระบบหยิบสินค้าแบบสินค้าเคลื่อนที่ไปหาพนักงาน (Goods-to-Men)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนี้กิจกรรมการเก็บสินค้าจะครอบคลุมไปถึงการเติมสินค้า (Replenishment) ซึ่งเป็นการนำสินค้าจากพื้นที่จัดเก็บสำรองไปเติมยังพื้นที่จัดเก็บ เพื่อให้มีสินค้าเพียงพอต่อการหยิบสินค้า

2.1.1.4. กิจกรรมการจัดเรียงและการส่งสินค้า (Sorting and Shipping)

เป็นกิจกรรมสุดท้ายก่อนการนำส่งให้ลูกค้า เป้าหมายหลักของกิจกรรมนี้ คือการตรวจสอบสินค้า และเตรียมสินค้าขึ้นรถบรรทุก ณ พื้นที่เตรียมการขนส่ง (Consolidate Area) ในบางกรณีจะมีการรวบรวมสินค้า และวางบนพาเลทหรือกล่องพร้อมบาร์โค้ด

หลังจากตรวจสอบสินค้ากับใบพิกลิสต์แล้ว เพื่อความสะดวกในการขนย้าย และความปลอดภัยในการขนส่ง

กิจกรรมการจัดเรียงสินค้ามีความสำคัญ เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากรูปแบบการหยิบสินค้า และพื้นที่ในการวางกองสินค้าในบางกรณีมีโอกาสที่สินค้าจะขึ้นรถบรรทุกผิดคัน เช่น การหยิบสินค้าแบบเป็นกลุ่ม (Batch Picking) หรือมีพื้นที่วางกองสินค้าน้อย เป็นต้น นอกจากนี้พนักงานจัดเรียงสินค้าต้องพิจารณาลำดับการวางที่เหมาะสม เนื่องจากรถบรรทุกมีทั้งประเภทที่เปิดประตูข้างได้ และประเภทที่เปิดได้เฉพาะประตูหลัง รวมทั้งการโยงสายรัดสินค้าเข้ากับของรถบรรทุก และการเสริมแผ่นไม้หรือถุงลม เพื่อป้องกันความเสียหายระหว่างการขนส่ง โดยเฉพาะการส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ

นอกเหนือจากกิจกรรมหลักทั้ง 4 กิจกรรมแล้ว บางคลังสินค้าอาจมีกิจกรรมสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added Service) ซึ่งอาจเกิดขึ้นก่อนกิจกรรมจัดเก็บสินค้า หรือหลังกิจกรรมการหยิบสินค้า เป็นกิจกรรมที่แตกต่างจากกิจกรรมหลักทั้งสี่กิจกรรม เพราะเป็นการประยุกต์คลังสินค้าด้านกลยุทธ์ เพื่อสร้างความแตกต่างในการบริการ หรือจัดการสินค้าก่อนส่งให้ลูกค้า หรือจัดการกับสินค้าที่ถูกส่งคืนจากลูกค้า และในบางครั้งคลังสินค้าต้องทำกิจกรรมอื่นที่อาจไม่ก่อให้เกิดประโยชน์โดยตรง เช่น การนับสินค้า (Stock Counting) ซึ่งเป็นข้อกำหนดทางกฎหมาย และตรวจสอบความผิดพลาดและความคลาดเคลื่อนของข้อมูล, การย้ายสินค้า (Relocating or Warehousing) เป็นกิจกรรมที่หากมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ หรือจัดเศษของสินค้าชนิดเดียวกันมารวมกันไว้ เพื่อสะดวกในการหยิบครั้งต่อไป และการจัดการเอกสาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2. การจัดการพื้นที่ภายในคลังสินค้า

2.1.2.1. แผนผังการไหลรูปตัวยู

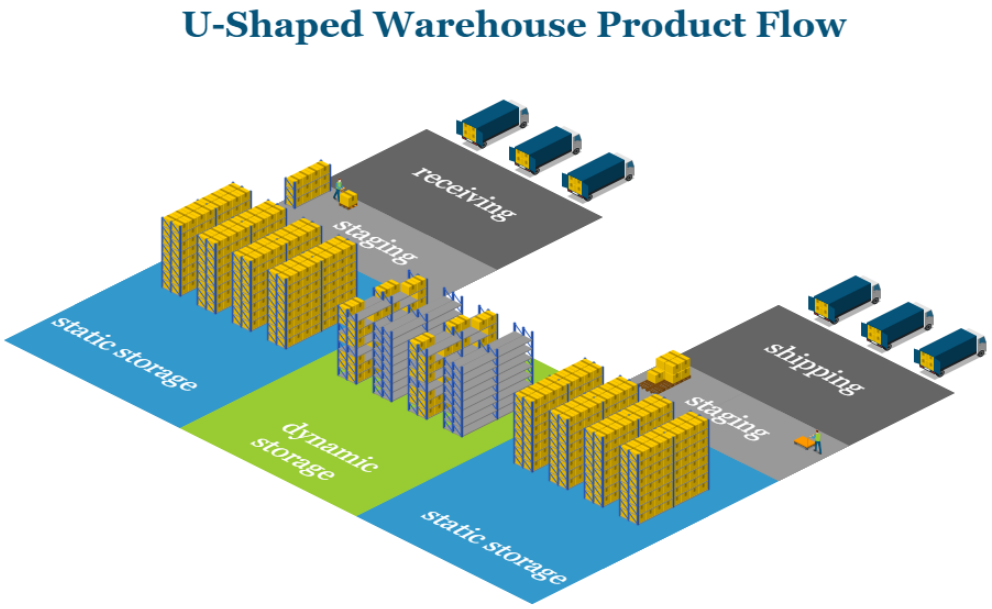
คลังสินค้ารูปตัวยู (‘U’-Shaped Warehouse) เป็นคลังสินค้าที่มีการออกแบบให้มีลักษณะการไหลของสินค้าแบบวนสินค้าในด้านเดียว หรือประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับรับสินค้า และประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับส่งสินค้าอยู่ด้านเดียวกันของอาคาร ดังรูปที่ 2-2 โดยการออกแบบการไหลเช่นนี้เป็นรูปแบบมาตรฐานของศูนย์กระจายสินค้าสมัยใหม่ โดยสินค้าจะไหลจากประตูหน้าท่ารับสินค้า แล้วผ่านไปบริเวณที่เก็บสินค้าที่อยู่ด้านในของคลังสินค้า สินค้าที่มีความเคลื่อนไหวสูงควรถูกจัดไว้ใกล้ประตูหน้าท่า ในขณะที่สินค้าที่มีความเคลื่อนไหวต่ำ จะถูกจัดให้ห่างจากประตูหน้าท่าและใกล้กับกำแพง ลักษณะดังกล่าวทำให้ระยะทางในการหยิบสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวสูงลดลง ซึ่งหมายถึงระยะทางรวมลดลง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

จุดเด่นของแผนผังรูปตัวยู คือ พนักงานรับสินค้า และพนักงานจ่ายสินค้า สามารถช่วยเหลือกันได้ สามารถใช้ประตูหน้าท่าร่วมกันได้ เนื่องจากประตูหน้าท่าอยู่ด้านเดียวกัน นอกจากนี้คลังสินค้ายังสามารถขยายพื้นที่หรือเชื่อมต่อได้ 3 ทิศทาง ส่วนจุดด้อยของแผนผังรูปตัวยู คือ มีตำแหน่งการจัดวางสินค้าที่มีระยะทางการจัดเก็บและหยิบใกล้เคียงกัน อีกทั้งพื้นที่ในการกองเก็บและการส่งมีการคาบเกี่ยวกันทำให้มีโอกาสสูงที่จะเกิดจราจรติดขัดของสินค้าและอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ

คลังสินค้ารูปตัวยู เหมาะกับอุปกรณ์จัดเก็บและขนส่งอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ เช่น ระบบ AS/RS หรือ ระบบ VNA เนื่องจากระยะการเคลื่อนที่เฉลี่ยของสินค้าที่น้อยทำให้ทรูพุตของอุปกรณ์สูงขึ้น นั่นหมายถึงจำนวนเครนที่ลดลง ส่งผลให้การพิจารณาการลงทุนมีความเป็นไปได้มากขึ้น และในประเทศที่มีที่ดินราคาสูง คลังสินค้าอาจสร้างให้มีประตูหน้าท่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2 ชั้น โดยชั้นบนเป็นประตูหน้าท่าสำหรับรับสินค้า ส่วนชั้นล่างเป็นประตูหน้าท่าสำหรับจ่ายสินค้า



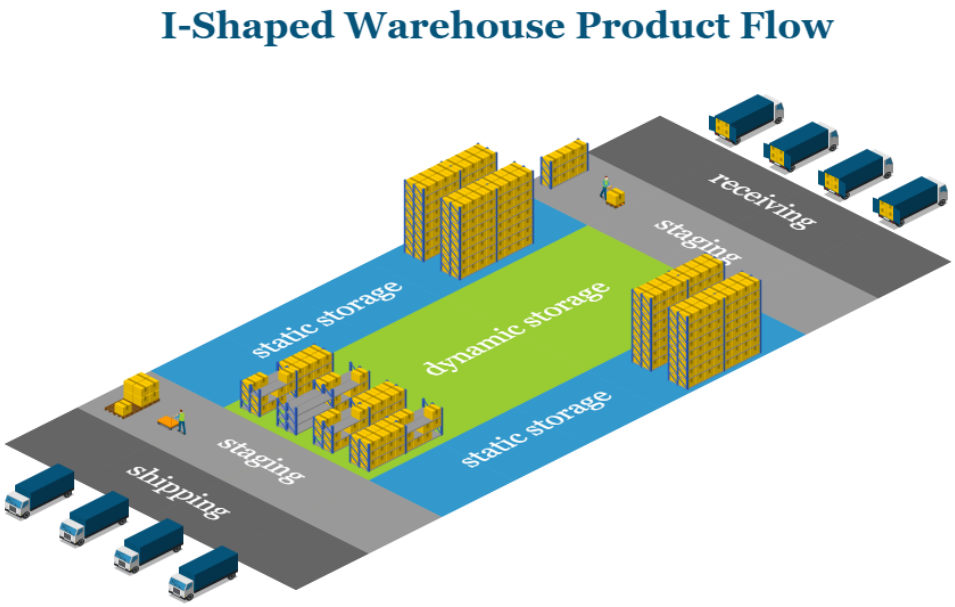
รูปที่ 2-2 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวยู (‘U’-Shaped Warehouse) [15]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2.2. แผนผังการไหลรูปตัวไอ

คลังสินค้ารูปตัวไอ (‘I’-Shaped Warehouse) หรือ (Straight-Thru Flow Warehouse) เป็นคลังสินค้าที่มีการออกแบบให้มีลักษณะการไหลผ่านของสินค้าตลอดความยาว หรือความกว้างของอาคาร โดยประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับรับสินค้า จะอยู่ด้านตรงกันข้ามกันกับประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับส่งสินค้า ดังรูปที่ 2-3 คลังสินค้ารูปแบบนี้เหมาะกับการส่งผ่านสินค้าเพียงอย่างเดียว เช่น ศูนย์กระจายย่อย (Hub) หรือครอส-ด๊อก (Cross-Dock) ซึ่งเป็นสถานที่ทำครอส-ด๊อกกิ้ง หรือทำการรวมเที่ยวการขนส่ง หรือการดำเนินงานที่มีการรับและส่งสินค้าครั้งละมาก ๆ เช่น ศูนย์กระจายสินค้า คลังสินค้าสำเร็จรูปในโรงงานอุตสาหกรรม

จุดเด่นของแผนผังการไหลรูปตัวไอ คือ มีตำแหน่งจัดวางสินค้าที่สะดวกในการจัดเก็บใกล้เคียงกันจำนวนมาก หลายตำแหน่ง อีกทั้งการไหลของสินค้าไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้โอกาสในการติดขัด (Congestion) จากการจราจรของสินค้าและอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุน้อยกว่าคลังสินค้ารูปตัวยู อีกทั้งคลังรูปตัวไอสามารถขยายเป็นแผนผังแบบโมดูล เพื่อรองรับการขยายตัวของสินค้าแต่ละประเภทที่เพิ่มขึ้นได้โดยการแบ่งพื้นที่แทนการก่อสร้างเพิ่ม



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

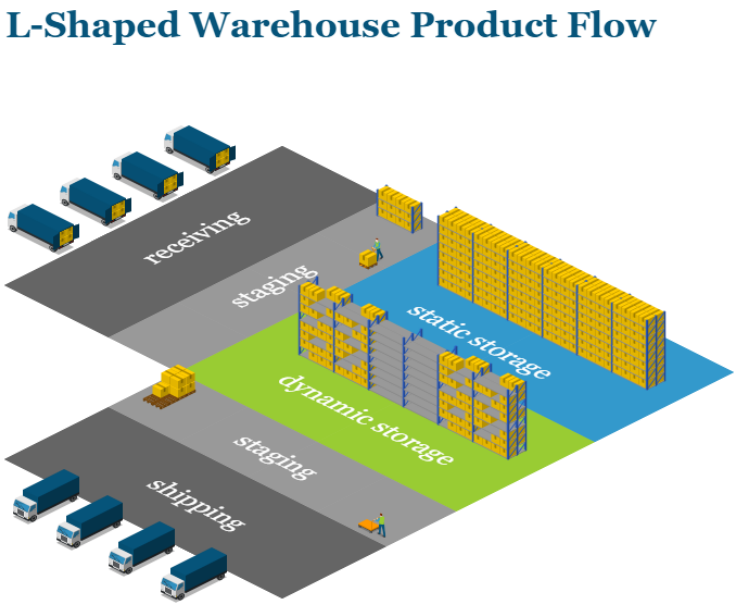
รูปที่ 2-3 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวไอ (‘I’-Shaped Warehouse) [15]

2.1.2.3. แผนผังการไหลรูปตัวแอล

คลังสินค้ารูปตัวแอล (‘L’-Shaped Warehouse) เป็นคลังสินค้าที่มีการออกแบบให้มีลักษณะการไหลของสินค้าตั้งฉากกัน หรือประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับรับสินค้า จะตั้งฉากกันกับประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับส่งสินค้า ดังรูปที่ 2-4 แผนผังการไหลเช่นนี้มักเกิดเนื่องจากข้อจำกัดด้านพื้นที่ หรือถูกปรับปรุงมาจากคลังสินค้ารูปตัวยู เพื่อเพิ่มจำนวนประตูหน้าท่ารถบรรทุก คลังสินค้ารูปตัวแอลเหมาะกับสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวแตกต่างกัน

สามารถแบ่งกลุ่มสินค้าเป็น ABC ได้อย่างชัดเจน โดยสินค้ากลุ่ม A ที่มีความเคลื่อนไหวสูงจะอยู่ใกล้ประตูหน้าท่า ในขณะที่สินค้ากลุ่ม C ที่มีความเคลื่อนไหวต่ำจะอยู่ด้านที่ห่างไกลกับประตูหน้าท่า

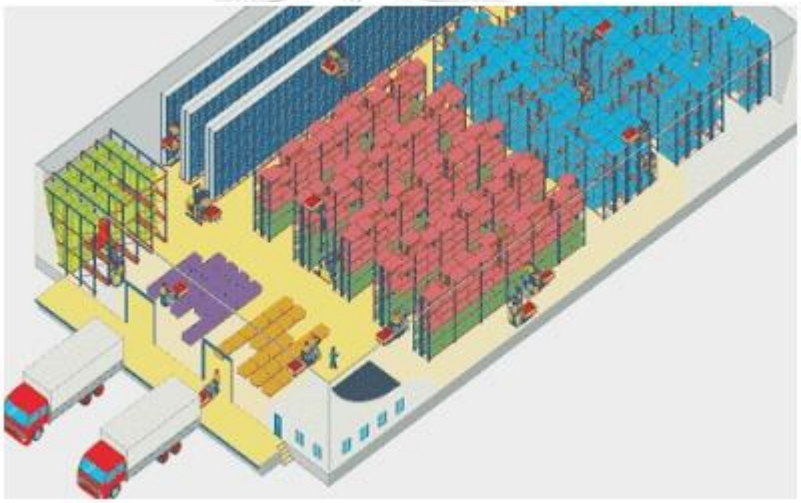
จากการผสมผสานกันระหว่างคลังสินค้ารูปตัวยูและคลังสินค้ารูปตัวไอ จุดเด่นของคลังสินค้ารูปตัวแอล คือสามารถรองรับการทำครอส-ด๊อกกิ้งค์ และการเก็บสินค้าในคลังเดียวกันได้ แต่จุดด้อยคือพื้นที่กองรับสินค้าและกองจ่ายสินค้าถูกใช้ร่วมกัน และมีการจราจรที่หนาแน่น ซึ่งเป็นข้อเสียของคลังสินค้ารูปตัวยู และต้องการพื้นที่ประตูหน้าท่ามาก ทำให้การขนถ่ายสินค้ามีระยะทางมาก ซึ่งเป็นข้อเสียของคลังสินค้ารูปตัวไอ นอกจากนี้ยังเป็นแผนการไหลที่ไม่เหมาะกับการใช้อุปกรณ์จัดเก็บและขนส่งอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ เนื่องจากไม่สามารถใช้พื้นที่ได้เต็มที่ทั้งด้านกว้างและด้านยาว



รูปที่ 2-4 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวแอล (‘L’-Shaped Warehouse) [15]

2.1.2.4. แผนผังการไหลแบบโมดูล

คลังสินค้าแบบโมดูล (Modular Flow Warehouse) เป็นคลังสินค้าที่มีการออกแบบแต่ละส่วนงาน หรือแต่ละโมดูลเป็นอิสระต่อกัน เหมือนคลังสินค้าย่อยที่ทำงานแยกจากกัน แต่อยู่ใต้หลังคาเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการจัดการ เหมาะกับคลังสินค้าขนาดใหญ่ที่มีการไหลแต่ละส่วนงานมากพอที่สามารถออกแบบเป็นเอกเทศจากกัน หรือประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับรับสินค้าและประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับส่งสินค้าแยกเป็นโมดูลตามส่วนงาน เช่น อุณหภูมิ



รูปที่ 2-5 ตัวอย่างแผนผังการไหลแบบโมดูล (Modular Flow Warehouse) [31]

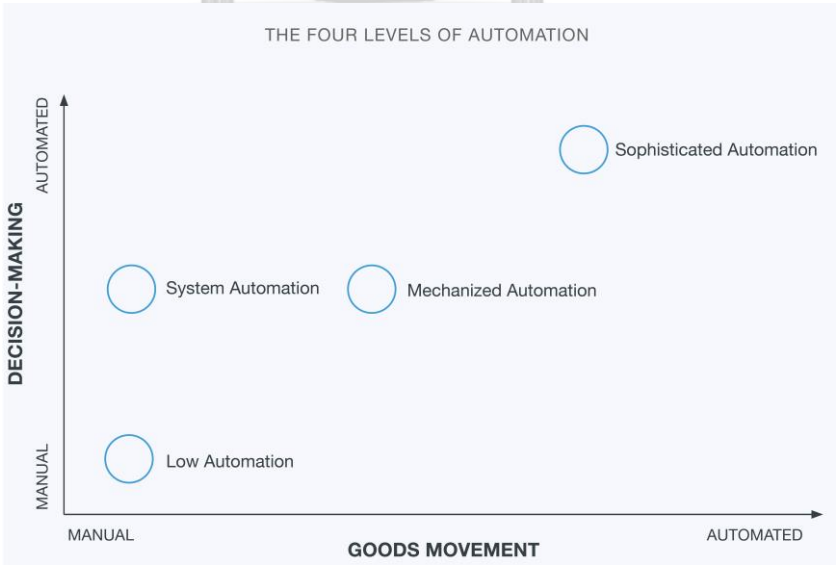
คลังสินค้าแต่ละแห่ง มีความแตกต่างกันในด้านธรรมชาติของธุรกิจ และธรรมชาติของสินค้า ซึ่งส่งผลให้เกิดความแตกต่างทั้งอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุ ขั้นตอนของกิจกรรม ดังนั้นการบริหารจัดการคลังสินค้าจึงเป็นเรื่องท้าทาย เนื่องจากต้องเข้าใจปฏิสัมพันธ์ของทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งกิจกรรมภายในคลังสินค้า อุปกรณ์ที่ใช้ในคลังสินค้า และแผงผังและพื้นที่ในคลังสินค้า ซึ่งปฏิสัมพันธ์ของทรัพยากรต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และถูกประเมินความคุ้มค่าด้วยดัชนีชี้วัดต่าง ๆ ซึ่งจากความหลายหลายของกิจกรรมภายในคลังสินค้า ทำให้มีวัตถุประสงค์ในการบริหารแต่ละส่วนอาจ

มีความขัดแย้งกัน ดังนั้นจึงต้องกำหนดดัชนีชี้วัดหลากหลาย เพื่อกำหนดเทรด-ออฟ หรือจุดสมดุล เพื่อรักษาสมดุลให้กับทุกมิติที่เกี่ยวข้อง

2.2. ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า (Automation in Warehouse)

การบริหารจัดการคลังสินค้ามีขั้นตอนการทำงานที่หลากหลาย รวมทั้งมีข้อมูลจำนวนมหาศาล จึงมีการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้ในคลังสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการคลังสินค้า โดยระบบอัตโนมัติในคลังสินค้าสามารถแบ่งระดับของความเป็นอัตโนมัติได้เป็น 4 ระดับ ดังรูปที่ 2-6 เมื่อใช้มิติของระบบอัตโนมัติ 2 มิติในการแบ่ง [29] ได้แก่

- มิติที่ 1 คือ ระบบอัตโนมัติในการตัดสินใจ (Decision-Making Automation) เช่น การตัดสินใจในการจัดเก็บและการหยิบ การตัดสินใจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของทรัพยากร
- มิติที่ 2 คือ ระบบอัตโนมัติในการเคลื่อนที่สินค้า (Goods-Movement Automation) หมายถึงการเคลื่อนที่ของสินค้าไปในแต่ละจุดโดยการดำเนินการของเครื่องจักร



รูปที่ 2-6 ระดับของความเป็นอัตโนมัติในคลังสินค้า [29]

โดยทั้ง 4 ระดับ เกิดจากการผสมผสานของเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีระดับค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การประมาณการต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า [29]

	เทคโนโลยีที่ใช้งาน	**ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ (ล้านบาท)**	**ระยะเวลาคืนทุน (ปี)**
System Automation	ระบบ WMS ร่วมกับเทคโนโลยีคลื่นวิทยุ หรือระบบ Pick-to-light หรือระบบหยิบด้วยเสียง	15 – 60	0.5 - 2
Mechanized Automation	**เพิ่ม** สายพาน, ระบบ AS/RS	160 - 470	2 - 4
Sophisticated Automation	**เพิ่ม** ระบบจัดเรียง, รถ AGV, หุ่นยนต์ช่วยหยิบ, ระบบจัดวางพาเลท	> 1,500	> 5

*ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนแตกต่างกันไปตามแต่อุตสาหกรรม

2.2.1. Low Automation

ระดับ Low Automation เป็นระบบบริหารคลังสินค้าที่มีความเป็นอัตโนมัติต่ำ กล่าวคือเป็นคลังสินค้าที่มีระบบบันทึกสินค้าคงคลังพื้นฐาน ซึ่งส่วนใหญ่ดำเนินงานโดยใช้เอกสารที่พิมพ์ออกมา (Hard Copy) และส่วนการตัดสินใจ เช่น จะจัดเก็บสินค้าไว้ที่ไหน จะเติมสินค้าจากที่ไหน สามารถอ้างอิงได้จากเอกสาร แต่พนักงานจะเป็นผู้ตัดสินใจ ซึ่งพนักงานจะต้องเดินทางในระยะไกล เพื่อจัดเก็บสินค้าและหยิบสินค้าจากชั้นวาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2. System Automation

ระดับ System Automation เป็นการเพิ่มความเป็นอัตโนมัติในด้านการตัดสินใจ โดยการใช้ระบบ WMS ในการตัดสินใจว่าจะจัดเก็บสินค้าที่ไหน หรือต้องหยิบสินค้าจากที่ไหน รวมทั้งบริหารระบบอื่น ๆ เช่น กิจกรรมสร้างมูลค่าเพิ่ม, การตรวจสอบคุณภาพสินค้า (Quality

Inspection) นอกจากนั้นยังเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจว่าควรเริ่มทำแต่ละกิจกรรมเมื่อใดและใครควรเป็นผู้ทำ

ระบบอัตโนมัติมักใช้ร่วมกับเทคโนโลยีคลื่นวิทยุแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Radio Frequency) ซึ่งเป็นเครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบพกพาที่เชื่อมต่อกับระบบ WMS หรือเทคโนโลยีระบบหยิบด้วยเสียง (Voice Directed Technologies) หมายถึงระบบหยิบสินค้าที่พนักงานได้รับคำสั่ง และยืนยันการหยิบด้วยเสียงพูด ซึ่งจะเชื่อมต่อข้อมูลกับระบบ WMS เช่นกัน ซึ่งมีข้อดีคือพนักงานสามารถใช้มือทั้งสองข้างในการหยิบสินค้า โดยไม่ต้องใช้เครื่องอ่านบาร์โค้ด

โดยทั่วไปเมื่อเปลี่ยนจากระบบเดิมที่ใช้กระดาษจดบันทึกมาใช้ระบบอัตโนมัติ จะได้ผลิตภาพโดยรวม (Hackman) เพิ่มขึ้นประมาณ 25% ซึ่งเกิดจากการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ (Space Utilization) 10 - 20% และการลดสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) ลงประมาณ 15 - 30% [20]

การมีระบบ WMS ช่วยให้คลังสินค้า สามารถยกระดับเทคโนโลยีการจัดเก็บและการหยิบสินค้าอื่น ๆ ได้ เช่น ระบบหยิบสินค้าตามสัญญาณไฟ (Pick-to-Light) โดยภาชนะใส่สินค้าจะถูกเชื่อมต่อกับจอแสดงที่ติดตั้งบนแต่ละช่องหยิบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องในการทำงาน เมื่อภาชนะถูกลำเลียงมาถึงโซนหยิบ ไฟจะสว่างขึ้น และแสดงจำนวนที่จะต้องหยิบบนช่องหยิบสินค้า พนักงานผู้ซึ่งรับผิดชอบในโซนนั้นก็จะทำตามคำสั่ง จากนั้นกดปุ่มเพื่อยืนยัน เมื่อเสร็จสิ้นการหยิบแล้ว ซึ่งจะทำให้กิจกรรมการหยิบสินค้ารวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น เมื่อต้องหยิบสินค้าพร้อมกันหลายคำสั่ง ระบบหยิบสินค้าตามสัญญาณไฟสามารถปรับปรุงอัตราการหยิบสินค้าได้ 30 - 50% อีกทั้งยังลดอัตราการเกิดความผิดพลาดในการหยิบสินค้าถึง 67% เมื่อเทียบกับระบบที่ใช้กระดาษ [32]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.3. Mechanized Automation

ระดับ Mechanized Automation เป็นการนำระบบที่มีระดับ System Automation มาเพิ่มระบบอัตโนมัติในการเคลื่อนย้ายสินค้า กล่าวคือแทนที่จะให้พนักงานเคลื่อนที่ไปหาสินค้า (Men-to-Goods) ก็เปลี่ยนเป็นระบบอัตโนมัติโดยให้สินค้าเคลื่อนที่มาหาพนักงาน (Goods-to-Men) โดยการใช้ระบบควบคุมการทำงาน โดยมี 2 เทคโนโลยีหลักที่ถูกนำมาปรับใช้ในระบบอัตโนมัติ

2.2.3.1. อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุประเภทสายพาน (Conveyors Transportation Equipment)

เป็นอุปกรณ์การเคลื่อนย้ายวัสดุจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยมีเส้นทางการขนถ่ายและตำแหน่งที่แน่นอน ซึ่งการใช้สายพานในการลำเลียงช่วยลดระยะในการเดินทางลง และปรับปรุงอัตราการหยิบสินค้าได้เป็นอย่างมาก โดยปกติการเดินหยิบสิ้นค้าสามารถหยิบสินค้าได้ประมาณ 60 - 80 ครั้งต่อชั่วโมง แต่เมื่อใช้สายพานในการลำเลียงอัตราการหยิบสินค้าเพิ่มขึ้นเป็น 300 ครั้งต่อชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.3.2. ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated Storage/Retrieval Systems, AS/RS)

ระบบ AS/RS เป็นระบบจัดเก็บและหยิบสินค้าบนชั้นวาง โดยใช้ Rack Feeders หรือ Shuttles โดยชนิดของ AS/RS ถูกแบ่งตามขนาดของวัสดุที่จัดเก็บ (Pallets, Trays, Cartons), กลไกในการจัดเก็บ (Crane, Lift, Shuttle) และความลึกของแร็ค (Single Deep, Double Deep) โดย AS/RS ทุกประเภทจะแก้ปัญหาใหญ่ 2 ปัญหาที่เหมือนกัน คือ ปัญหาการใช้ประโยชน์ของพื้นที่คลังสินค้า และปัญหาในการเข้าถึงพื้นที่จัดเก็บ โดยระบบ AS/RS จะช่วยเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ จากการลดความกว้างของทางเดิน และ

เพิ่มพื้นที่ในการเก็บในแนวตั้ง ซึ่งการลดความกว้างของทางเดินจะทำให้เข้าถึงพื้นที่จัดเก็บได้ยากขึ้น แต่เนื่องจากกระบวนการจัดเก็บและหยิบสินค้าเป็นระบบอัตโนมัติอย่างสมบูรณ์ จึงทำให้สามารถเข้าถึงการจัดเก็บและหยิบสินค้าได้สะดวก โดยทั่วไประบบ AS/RS มักจะเชื่อมต่อกับจุดหยิบสินค้าโดยใช้สายพานลำเลียง

2.2.4. Sophisticated Automation

ระดับ Sophisticated Automation เป็นระบบคลังสินค้าที่ใช้ระบบอัตโนมัติ เพื่อกำจัดการเคลื่อนไหวแบบแมนนวล และปรับปรุงกระบวนการหยิบสินค้าโดยไม่ต้องการความช่วยเหลือจากมนุษย์ในการหยิบ ซึ่งระบบคลังสินค้าอัตโนมัติระดับนี้ต้องการระบบที่จะจัดการกับการตัดสินใจในเรื่องที่ซับซ้อนได้ นอกเหนือจากการใช้ระบบ WMS อุปกรณ์ลำเลียงประเภทสายพาน และระบบ AS/RS แล้วยังมีเทคโนโลยีอีก 4 ชนิดที่ใช้เหมือนกันสำหรับระบบคลังสินค้าอัตโนมัติระดับนี้

2.2.4.1. Automatic Sorters

ระบบจัดเรียงแบบอัตโนมัติ เป็นระบบเพื่อการจัดเรียงสินค้า เพื่อการระบุรายการ, การขนส่ง และการจัดกลุ่มสินค้าตามที่กำหนดไว้ โดยการจัดเรียงสินค้าขึ้นอยู่กับขนาดและบรรจุภัณฑ์ของสินค้า ซึ่งอุปกรณ์ในการจัดเรียงสินค้ามีหลายชนิด เช่น ระบบซอร์ทเตอร์แบบถาดเอียง (Tilt Tray Sorter System), ระบบซอร์ทเตอร์แบบสายพาน (Cross Belt Sorter System) และระบบซอร์ทเตอร์แบบรองเท้าเลื่อน (Sliding Shoe Sorter System)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.4.2. AGV: Automated Guided Vehicle

เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายสินค้าไปยังเส้นทางที่กำหนดโดยไม่ต้องมีพนักงานขับ ระบบ AGV มีระบบนำทางอัตโนมัติที่หลากหลาย เช่น เทปนำทาง (Guide Tape), สายที่ฝังในพื้นคลัง (Wire), เลเซอร์ (Laser) เป็นต้น และยังสามารถเคลื่อนย้าย

ตัวเองไปยังจุดชาร์ตแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ต่ำ มักพบระบบ AGV ในโรงงานประกอบรถยนต์ เนื่องจากสินค้ามีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก รูปร่างเฉพาะ ไม่สะดวกที่จะขนถ่ายด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน อีกทั้งขนส่งในปริมาณมากและมีเส้นทางตายตัว โดยตัวอย่างของเทคโนโลยีนี้ เช่น KIVA (Amazon Robotics), KNAPP Open Shuttle และ Hikvision's Qianmo Robots

2.2.4.3. Robotic Picking System

เป็นระบบควบคุมการหยิบสินค้าโดยจะสแกนและระบุรายการในบรรจุภัณฑ์ จากนั้นจะเลือกสินค้าที่ต้องการไปใส่ในบรรจุภัณฑ์อื่น โดยระบบนี้ต้องการความแม่นยำสูง โดยตัวอย่างของเทคโนโลยีนี้ เช่น SSI Robo-pick และ Swisslog's Automated Item Pick Robots เป็นต้น

2.2.4.4. Automatic Palletizer

หลังจากการหยิบสินค้าแล้ว จะต้องนำมาวางบนพาเลท เพื่อความสะดวกในการขนส่ง ซึ่งระบบจัดวางพาเลทอัตโนมัติจะมีอัลกอริธึมในการจัดวางสินค้าบนพาเลท เพื่อสร้างพาเลทที่สมบูรณ์ก่อนจะพันด้วยฟิล์มและจัดส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3. ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated storage/retrieval systems: AS/RS)

ระบบ AS/RS เป็นคลังสินค้าที่จัดเก็บ สำรอง หรือพักสินค้าในแนวราบเต็มพื้นที่ และขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ โดยใช้เครนที่สามารถทำงานจัดเก็บและหยิบสินค้าในช่องเก็บสินค้าแคบ ๆ ของพาเลทแร็ค หรือชั้นวางที่มีความสูงเป็นพิเศษได้ ควบคุมการทำงานด้วยระบบ WMS ที่มีความแม่นยำสูง จึงใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้สูงสุด เหมาะสำหรับคลังสินค้าที่ต้องการเพิ่มปริมาณในการจัดเก็บมากขึ้นและมีปริมาณสินค้าเข้า - ออกเป็นจำนวนมาก รวมทั้งยังสามารถลดจำนวนพนักงานและระยะเวลาที่สูญเสียในการทำงาน โดยชนิดของ AS/RS แบ่งได้ตามขนาดของวัสดุที่จัดเก็บ, กลไกในการจัดเก็บและความลึกของแร็ค

โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการจัดเก็บและการเรียกใช้ของอุปกรณ์แบบ AS/RS จะพิจารณาจากโครงสร้างของชั้นวางที่ใช้จัดเก็บ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ AS/RS ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ และ ความถี่ในการจัดเก็บและเรียกใช้วัสดุ

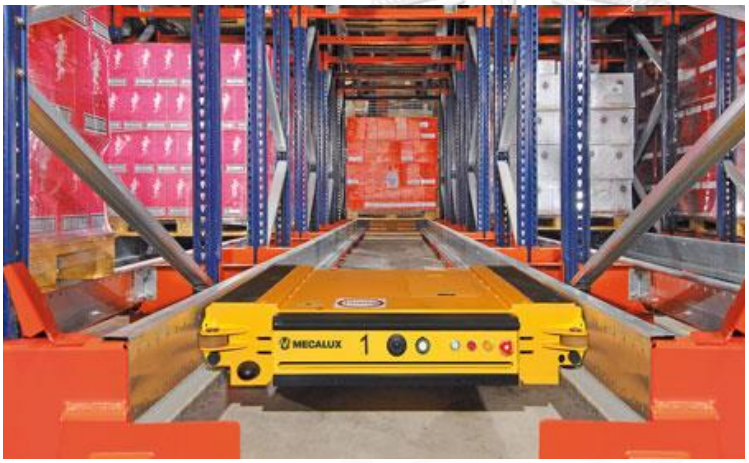
2.3.1. ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบ AS/RS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

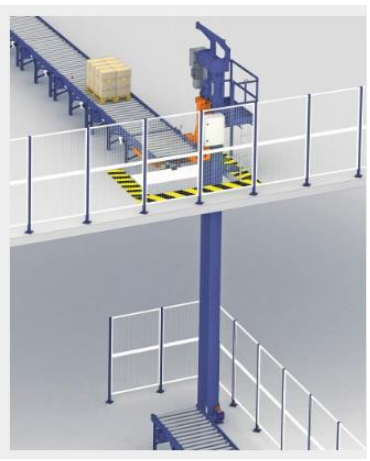
ระบบ AS/RS ประกอบด้วยอุปกรณ์ และชุดควบคุม เพื่อทำการเก็บ หยิบ และจ่ายสินค้า โดยมีส่วนประกอบพื้นฐานทั้งหมด 4 ส่วน ดังรูปที่ 2-7

(ก.) ชั้นเก็บสินค้า

(ข.) เครนแบบยกซ้อน



(ค.) อุปกรณ์ตัก



(ง.) ระบบสายพานที่ใช้ขนถ่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-7 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบ AS/RS [18]

2.3.1.1. ชั้นเก็บสินค้า (Storage Structure)

เป็นอุปกรณ์จัดเก็บ ควรมีความสูงมากกว่า 5 ชั้น และมีความยาวอย่างน้อย 100 เมตร เพื่อความคุ้มค่าในการลงทุน โครงสร้างชั้นเก็บสินค้าควรตั้งอยู่เหนือเสาเข็ม เพื่อการถ่ายน้ำหนักและความมั่นคง

2.3.1.2. เครนแบบยกซ้อน (Stacker Crane)

เป็นส่วนที่มีราคาสูงของระบบ AS/RS เคลื่อนที่ในแนวดิ่งในชั้นเก็บสินค้าด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า พร้อมแท่นแพลตฟอร์ม (Platform) ซึ่งเป็นที่ตั้งของอุปกรณ์ยกหรือตักสินค้าเคลื่อนที่ในแนวราบด้วยรางโลหะ ซึ่งอาจจะติดตั้งระดับพื้นอาคาร และ/หรือเพดาน โดยเมื่อเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่ต้องการแล้วจะยื่นอุปกรณ์ตักสินค้า เพื่อยกสินค้าออกจากโครงสร้างเข้ามาเก็บในแท่นแพลตฟอร์มก่อนจะให้เครนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งถัดไป โดยในระบบ AS/RS จะเรียกเครนและแพลตฟอร์มรวมกันว่า Storage-Retrieval Machines (SRM) นอกจากแท่นแพลตฟอร์มแล้ว เครนยังประกอบไปด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เซนเซอร์วัดตำแหน่ง (Profile Sensor) เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader/Barcode Scanner) ซึ่งมักถูกเชื่อมกับสายไฟฟ้าด้านบนของเสา เพื่อป้องกันน้ำท่วมอุปกรณ์

2.3.1.3. อุปกรณ์ตัก

การเลือกอุปกรณ์ตัก ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของพาเลท และประเภทของพาเลทที่ใช้ เช่น งานโลหะ (Metal Fork) เหมาะกับพาเลทโลหะสำหรับสินค้าที่มีน้ำหนักมาก เนื่องจากรองรับน้ำหนักได้ดี และพาเลทมีโอกาสโก่งงอน้อย, ออบิเตอร์ (Orbiter) เหมาะกับกล่องพลาสติก เพราะมีน้ำหนักน้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.1.4. ระบบสายพานที่ใช้ขนถ่าย (Conveyor Transportation System)

เป็นอุปกรณ์ที่นำเอาพาเลทในกรณีของยูนิตโหลด AS/RS หรือกล่องพลาสติกในกรณีของมินิโหลด AS/RS จากนอกระบบเข้าสู่เครน และออกจากเครนไปยังสถานีงาน

นอกจากองค์ประกอบพื้นฐานแล้ว ยังมีอุปกรณ์พิเศษสำหรับระบบ AS/RS ที่ช่วยให้มีการทำงานที่แม่นยำและถูกต้อง ได้แก่ รถเคลื่อนย้ายช่องทางขนส่งวัสดุ (Aisle Transfer Car), อุปกรณ์ตรวจสอบถังบรรจุวัสดุว่างเปล่าหรือเต็ม, สถานีวัดขนาดโหลด (Sizing Station) และสถานีบ่งชี้โหลด (Load Identification Station)

2.3.2. หลักการทำงานของระบบ AS/RS

ในการจัดเก็บสินค้า พนักงานจะนำสินค้ามายังบริเวณพื้นที่ AS/RS และสแกนบาร์โค้ดสินค้า ก่อนวางบนสายพานรับสินค้า (Storage Buffer Conveyor) สินค้าจะไหลผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดขนาด และน้ำหนัก พร้อมสแกนพาเลท หรือกล่องพลาสติก เพื่อเลือกตำแหน่งจัดเก็บ หากสินค้าจัดเก็บได้ สินค้าจะไหลไปยังชุดสายพานสำหรับระบบการเรียงสินค้า หรือรถ AVG เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งให้สินค้าอยู่ในช่องเก็บสินค้าที่เหมาะสม เครนประจำช่องเก็บสินค้าจะนำสินค้าไปเก็บยังตำแหน่งที่กำหนด โดยพิจารณาตามประเภทสินค้า หรือความถี่ของสินค้า และสแกนบาร์โค้ดของตำแหน่งสินค้าพร้อมบันทึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อต้องการหยิบสินค้า พนักงานจะสั่งไปในระบบ และเมื่อระบบได้รับคำสั่งให้หยิบสินค้าในจำนวนที่กำหนดแล้ว ระบบจะพิจารณาเงื่อนไขดังต่อไปนี้ก่อนเลือกตำแหน่งที่จะหยิบสินค้า คือ จำนวนความต้องการสินค้า, จำนวนสินค้านั้นในแต่ละตำแหน่งที่จัดเก็บ, ปริมาณงานที่ค้างของเครนแต่ละตัว และเงื่อนไขในการหยิบอื่น ๆ เพื่อกำหนดงานให้เครน โดยเครนแต่ละตัวจะทำการเรียงงานที่ได้รับมอบหมายตามการรวบงานรับสินค้า และงานหยิบสินค้า รวมทั้งเวลาการเสร็จสิ้นของออเดอร์นั้น ๆ หลังจากที่สินค้าถูกหยิบออกจากเครนแล้ว สินค้าจะถูกนำไปส่งที่สถานีที่ต้องการงาน เพื่อหยิบสินค้า โดยผ่านชุดสายพานสำหรับระบบการเรียงสินค้าเช่นเดียวกับการจัดเก็บ ส่วนสินค้าที่เหลือเกินความต้องการก็จะถูกเก็บอีกครั้งในตำแหน่งใหม่ใน

ระบบ AS/RS ในกรณีที่ไม่มีสินค้าเหลือพาเลทหรือกล่องพลาสติกที่ใช้จัดเก็บ จะถูกสแกน เพื่อตัดออกจากระบบ

2.4. Vertical Lift Module (VLM)

VLM เป็นอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อจัดเก็บสินค้าขนาดเล็ก เช่น กล่องหรือโททพลาสติก ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับระบบการหยิบสินค้าแบบสินค้าไปหาพนักงาน ซึ่งเป็นการใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายสินค้ามายังตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นพนักงานหยิบสินค้าจะหยิบสินค้าตามจำนวนที่กำหนดลงในภาชนะที่เตรียมไว้ พร้อมกับทำกิจกรรมอื่น เช่น ติดฉลากสินค้า เคลื่อนย้ายและเปลี่ยนภาชนะเมื่อเต็ม ในบางครั้งจะถูกเรียกว่าระบบกึ่งอัตโนมัติ เนื่องจากมีการใช้มนุษย์ในการทำงานบางส่วน

อุปกรณ์ VLM ประกอบด้วยลิฟต์ในแนวดิ่ง ซึ่งอยู่ที่ปลายของอุปกรณ์จัดเก็บ ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายโททสินค้าจากแต่ละชั้นมายังจุดเชื่อมสายพานเข้าและออกจากระบบ และยานพาหนะซึ่งติดตั้งในแต่ละชั้นของอุปกรณ์จัดเก็บ ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายโททพลาสติกในแนวนอน ระหว่างตำแหน่งจัดเก็บกับลิฟต์ในแนวดิ่ง โดยทำงานอย่างอิสระต่อกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบ VLM สามารถประยุกต์ เพื่อการหยิบสินค้า และเป็นจุดพักสินค้า เพื่อการจัดเรียง และมีจุดคอขวดที่สำคัญคือระบบลิฟต์ในแนวดิ่ง ดังนั้นบริษัทผู้ออกแบบมักจะออกแบบ เพื่อให้เคลื่อนย้ายสินค้าได้ครั้งละ 2 โททพลาสติก เหมาะสำหรับคลังสินค้าที่ต้องการลดการใช้งานของพื้นที่ เนื่องจากถูกออกแบบให้อยู่ในแนวดิ่ง ทำให้ระบบมีความสูงมาก เพื่อรองรับกับลักษณะของสินค้า โดยทั่วไปสูงตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป จึงทำให้สามารถจัดเก็บสินค้าได้ปริมาณมาก แต่ใช้พื้นที่น้อย ซึ่งแตกต่างจาก AS/RS ทั่ว ๆ ไปที่ออกแบบตามแนวขวาง

รูปที่ 2-8 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ VLM ภายในคลังสินค้า [26]

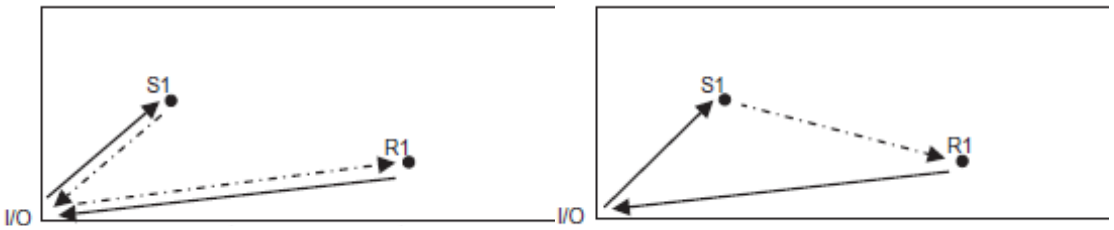
จุดเด่นที่สำคัญของอุปกรณ์ VLM คือ การเก็บสินค้าในตำแหน่งที่สูงได้ ทำให้เมื่อขนาดพื้นที่ในแนวระดับที่เท่ากันระบบ VLM จะเก็บสินค้าได้มากกว่าระบบอื่น จึงสามารถประหยัดพื้นที่ได้ถึง 90% เมื่อเทียบกับระบบคลังสินค้าแบบ Static Storage แต่การที่ระบบสามารถเก็บสินค้าในที่สูงได้ ทำให้หากต้องการหยิบสินค้าที่จัดเก็บในตำแหน่งที่สูงมาก ๆ จะต้องใช้เวลานานในการที่ระบบจะนำสินค้าลงมา จากการที่อุปกรณ์นี้เป็นระบบการหยิบสินค้าแบบสินค้าไปหาพนักงาน ทำให้ลดการเคลื่อนที่ของพนักงานลงได้ถึง 70% และเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บและหยิบสินค้า เนื่องจากเป็นการลดการสูญเสียในการบวนการทำงาน อีกทั้งตำแหน่งในการหยิบสินค้ายังสามารถปรับได้ตามสรีระของพนักงาน ซึ่งทำให้พนักงานสามารถใช้ท่าทางการทำงานที่ถูกหลักการยศาสตร์ในการทำงาน (Ergonomics) รวมทั้งยังสามารถปรับระดับของพื้นที่จัดเก็บและพื้นที่ในการหยิบสินค้าได้ ทำให้นอกเหนือจากการใช้พื้นที่ในแนวระดับได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถใช้พื้นที่คลังสินค้าแนวแนวตั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย และอีกจุดเด่นที่สำคัญ คือ อุปกรณ์ VLM มีระบบ User Level

Access ซึ่งเป็นการจำกัดผู้ที่สามารถเข้าถึงสินค้าในคลังสินค้าได้ ส่งผลให้สินค้าในคลังสินค้ามีความปลอดภัย

รูปที่ 2-9 อุปกรณ์จัดเก็บแบบ VLM [21]

2.4.1. การเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

การทำงานของยานพาหนะจะมีรูปแบบการเคลื่อนที่ 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่ตามคำสั่งรอบเดียว (Single Command Cycle) และการเคลื่อนที่ตามคำสั่งเป็นคู่ (Dual Command Cycle) ดังรูปที่ 2-10



(ก.) Single Command Cycle (ข.) Dual Command Cycle

S1: Storage Locations , R1: Retrieval Locations

รูปที่ 2-10 รูปแบบการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

จากรูปที่ 2-10 (ก.) แสดงการเคลื่อนที่ตามคำสั่งรอบเดียว โดยยานพาหนะจะเคลื่อนที่นำสินค้าไปจัดเก็บที่ตำแหน่งจัดเก็บ แล้วจะเดินเครื่องเปล่ากลับมายังจุด I/O (Input/Output) ก่อนจะดำเนินงานในคำสั่งถัดไป เช่น นำสินค้าถัดไปไปเก็บ หรือเดินเครื่องเปล่าไปยังตำแหน่งสินค้าที่ต้องการหยิบ แล้วหยิบสินค้ากลับมายังจุด I/O ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบการเคลื่อนที่ตามคำสั่งเป็นคู่ในรูปที่ 2-10 (ข.) โดยเมื่อยานพาหนะนำตะกร้าสินค้าเข้าไปเก็บในตำแหน่งจัดเก็บแล้ว จะเคลื่อนที่ไปหยิบตะกร้าสินค้าในตำแหน่งที่มีความต้องการถัดไป ก่อนจะเคลื่อนที่กลับมายังจุด I/O

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5. แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

การนำแบบจำลองสถานการณ์โดยการใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยจำลองสถานการณ์จริง มาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจเป็นสิ่งที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากในการทำงานต่าง ๆ หากทำการทดลอง หรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานอาจส่งผลต่อการทำงานในปัจจุบัน และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น โดยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเป็นไปดังรูปที่ 2-10

2.5.1. ประเภทของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ สามารถจำแนกตามลักษณะได้ 3 ลักษณะคือ

2.5.1.1. จำแนกตามความต่อเนื่อง

- แบบจำลองไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Model) เป็นแบบจำลองที่มีข้อมูลนำเข้าไม่ต่อเนื่องตามเวลา โดยระบบจะเปลี่ยนแปลงตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (Event-Driven)
- แบบจำลองต่อเนื่อง (Continuous Model) เป็นแบบจำลองที่มีข้อมูลนำเข้าต่อเนื่องตลอดเวลา โดยระบบจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา

2.5.1.2. จำแนกตามความนิ่งของข้อมูล

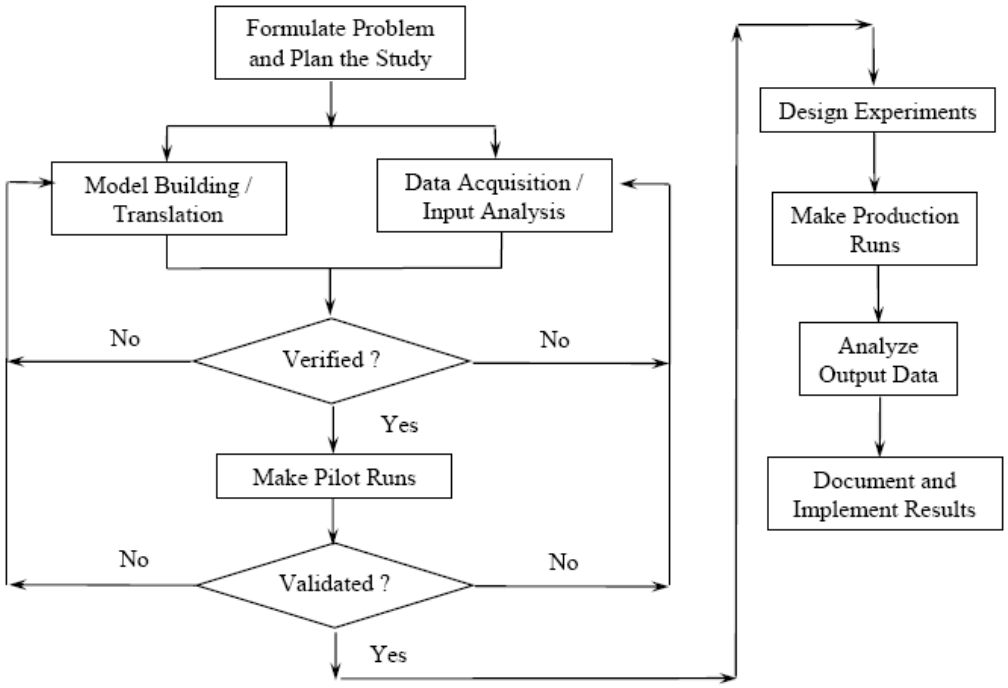
- แบบจำลองข้อมูลที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) เป็นแบบจำลองที่เหตุการณ์ที่มีการเกิดขึ้นซ้ำวนไปเรื่อย ๆ มักจะเป็นระบบที่มีการรันตลอดเวลา และเนื่องจากการเกิดซ้ำวนไปเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงไม่ต้องใช้ Replication ในการสร้างแบบจำลอง
- แบบจำลองข้อมูลที่มีลักษณะไม่นิ่ง (Non - Stationary) เป็นแบบจำลองเหตุการณ์ที่มีการเริ่มและจบลงตามเวลา เช่น การเข้าคิวในธนาคาร ซึ่งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันอาจจะซ้ำหรือไม่ซ้ำกันเลย ดังนั้นจึงต้องใช้ข้อมูลหลาย Replication ในการสร้างแบบจำลอง

2.5.1.3. จำแนกตามความแน่นอน

- แบบจำลองเชิงกำหนด (Deterministic Model) เป็นแบบจำลองที่มีข้อมูลนำเข้าเป็นค่าคงที่ หรืออาจใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลหรือตัวแปรต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไข หรือ

ข้อจำกัดที่กำหนด ทำให้คำตอบที่ได้จะสามารถรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหรือข้อมูลได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น

- แบบจำลองเชิงสถิติ (Probabilistic หรือ Stochastic Model) เป็นแบบจำลองที่มีข้อมูลนำเข้ามีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงสถิติ มีความน่าจะเป็นของข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้อง ต้องอาศัยเวลาในการเก็บข้อมูลค่อนข้างนาน ผลคำตอบที่ได้จะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่อยู่ในช่วงของการพิจารณาได้



รูปที่ 2-11 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง [2]

2.6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ VLM และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนโยบายการทำงานภายในคลังสินค้า

2.6.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ Vertical Lift Modules (VLM)

VLM เป็นหนึ่งในอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บและขนถ่ายวัสดุที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้กับสินค้าขนาดเล็ก และมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศมาในระยะหนึ่ง ดังนี้

Toor ได้เสนอการนำระบบ VLM มาแทนการหยิบแบบแมนวลเฉพาะส่วนสินค้าที่เคลื่อนไหวเร็ว โดยผลการศึกษาพบว่า VLM ช่วยลดเวลาการทำงานต่อคำสั่งซื้อลงได้ [28]

Meller ได้สร้างแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง VLM กับระบบ Carousel สำหรับการหยิบสินค้าเป็น Batch โดยผลการศึกษาพบว่า VLM ให้ทรูพุตที่สูงกว่าโดยเฉพาะกับสินค้าที่เคลื่อนไหวเร็ว (Fast-Mover) [19] ต่อมา **Arévalo** ได้สร้างแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง VLM กับระบบ Carousel ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยเป็นการเปรียบเทียบทั้งสินค้าที่เคลื่อนไหวเร็ว (Fast-Mover) และสินค้าที่เคลื่อนไหวช้า (Slow-Mover) สำหรับกรณีศึกษาเป็นห้างสรรพสินค้า โดยผลการศึกษาพบว่าสินค้าที่เคลื่อนไหวเร็วอาจจะไม่เหมาะสมกับ VLM เนื่องจากสินค้าภายในห้างสรรพสินค้ามีความถี่ในการเคลื่อนไหวสูงกว่าภายในคลังสินค้ามาก อีกทั้งความต้องการทรูพุตจำนวนมากและหลากหลายของห้างสรรพสินค้าทำให้ต้องใช้ VLM จำนวนมากซึ่งจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายโดยรวม [1]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Lenoble ได้เปรียบเทียบนโยบายการหยิบสินค้าในระบบ VLM โดยการใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาการจัดกลุ่มการหยิบที่เหมาะสมที่ทำให้เวลารวมในการหยิบต่ำที่สุด โดยสร้างโมเดลจากการหาจำนวนครั้งที่ต่ำที่สุดที่เข้าถึง Tray โดยผลการศึกษาพบว่าการจัดกลุ่มออเดอร์ที่อยู่ Tray เดียวกัน จะส่งผลให้เวลารวมในการหยิบต่ำที่สุด [17]

นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบในทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างคลังสินค้าที่ใช้ระบบ VLM กับคลังสินค้าที่ใช้ Carton racks ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับสินค้าขนาดเล็ก **Sgarbossa** ได้ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ในการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อปีสำหรับคลังสินค้าที่ใช้ระบบ VLM กับ

คลังสินค้าที่ใช้ Carton Racks โดยผลการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของคลังสินค้าที่ใช้ระบบ VLM มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า [25] ต่อมา **Calzavara** ได้นำงานวิจัยไปต่อยอด โดยการนำข้อมูลจริงของธุรกิจการขายสินค้า และธุรกิจผลิตอะไหล่สำหรับรถจักรยานยนต์ มาเปรียบเทียบ โดยผลการศึกษาพบว่าการใช้ VLM ช่วยให้งบประมาณที่ใช้ในคลังสินค้าทั้งสองลดลงจากการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของคนงาน [6]

2.6.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนโยบายทำงานภายในคลังสินค้า

ในด้านของการออกแบบการปฏิบัติงานในคลังสินค้า โดยทั่วไปกิจกรรมการจัดเก็บออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การจัดเก็บแบบสุ่ม (Random Storage or Shared Storage) การจัดเก็บแบบกำหนดพื้นที่ตายตัว (Dedicated Storage) และการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่ม (Class-Based Storage) โดย **Il-Choe** ได้เปรียบเทียบรูปแบบการจัดเก็บว่าการจัดเก็บแบบสุ่มใช้ประโยชน์จากพื้นที่จัดเก็บได้สูงที่สุด เนื่องจากสามารถใช้พื้นที่ได้ทุกส่วนซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาสูงในการไปหยิบสินค้าที่อยู่ไกล ส่วนการจัดเก็บแบบกำหนดพื้นที่ตายตัวจะประหยัดเวลาในการเดินทางมากที่สุด แต่ใช้ประโยชน์จากพื้นที่จัดเก็บได้น้อยกว่าแบบสุ่ม และการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มจะอยู่ระหว่างสองแบบแรก แต่ในการเปรียบเทียบนี้ไม่สามารถสรุปได้ว่ารูปแบบใดดีที่สุดในการจัดเก็บ เนื่องจากมีอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และได้พิจารณาถึงปัจจัยด้าน Human Factor และเสนอระบบในการแก้ปัญหา เช่น การใช้พิกลิสต์, การใช้ระบบ Pick-to-Light, การใช้อุปกรณ์สื่อสารควบคุม [17] ซึ่ง **Tolliver** ได้ทำการศึกษาการนำระบบ Pick-to-Light มาใช้กับการหยิบแบบแมนนวล พบว่าช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ถึง 95% และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ 10% [26]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Battini ได้เปรียบเทียบนโยบายการจัดเก็บสำหรับอุปกรณ์ Dual-tray VLM โดยแบ่งเป็นการจัดเก็บแบบสุ่ม และการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่ม ซึ่งการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มยังแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ CBS per Trays และ CBS within Trays โดยผลการศึกษาพบว่า CBS per Trays เป็นนโยบายที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในแง่ของเวลาในการหยิบแบบรายออเดอร์ [5] และต่อมาได้เปรียบเทียบนโยบายการหยิบแบบรายกลุ่มสำหรับอุปกรณ์ Dual-tray VLM ในธุรกิจที่ไม่ใช่อาหาร โดยผลการศึกษาพบว่าช่วยเพิ่มทรูพุต กล่าวคือช่วยลดเวลาการทำงานต่อออเดอร์ และลดความผิดพลาดในการทำงานเมื่อเทียบกับการใช้พนักงานในการหยิบสินค้า รวมทั้งช่วยปรับปรุงเกี่ยวกับการยศาสตร์ในการทำงาน [4]

นอกจากนี้งานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับปรุงคลังสินค้ามีอีกเป็นจำนวนมากดังตารางที่ 2-3 อีกทั้ง **Gu** ได้รวบรวมบทความวิชาการที่มีการเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาในด้านการปฏิบัติงานพื้นฐานในคลังสินค้าแบ่งออกเป็น การรับสินค้า การจัดเก็บ การหยิบสินค้า และการจัดส่งสินค้า และได้มีการรวบรวมงานวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบคลังสินค้า และการประเมินวัดผลคลังสินค้า โดยนำเสนอ 5 ส่วนสำคัญในการออกแบบคลังสินค้า ได้แก่ การกำหนดโครงสร้างของคลังสินค้า การกำหนดขนาด การออกแบบแผนผังคลังสินค้า การเลือกอุปกรณ์เครื่องมือในคลังสินค้า และการออกแบบการปฏิบัติงานในคลังสินค้า [10, 11] และสำหรับสินค้าขนาดเล็ก **Il-Choe**ได้รวบรวมบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องการออกแบบคลังสินค้าสำหรับสินค้าขนาดเล็ก โดยศึกษาถึงปัจจัยเชิงกลยุทธ์ในการออกแบบและการปฏิบัติงานในคลังสินค้าเฉพาะการหยิบสินค้าขนาดเล็ก โดยในการออกแบบคลังสินค้า จะเป็นการศึกษาการเลือกอุปกรณ์และเครื่องมือในคลังสินค้าได้ศึกษาเฉพาะอุปกรณ์จัดเก็บและเรียกคืนวัสดุแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบหยิบสินค้าที่ช่วยให้เกิดความแม่นยำ ถูกต้อง และรวดเร็ว [17]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทั้งนี้การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ VLM ในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษากระบวนการทำงานสำหรับอุปกรณ์ VLM โดยศึกษาเพื่อกำหนดนโยบายที่เหมาะสมของระบบจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติของสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลางในบริษัทกรณีศึกษา เพื่อให้มีอรรถประโยชน์ของการใช้พื้นที่สูง และการเกิดบล็อกกิ้งของระบบที่ต่ำ อีกทั้งปัจจุบันงานวิจัยด้านการจัดสรรพื้นที่ในคลังสินค้ามักจะเป็นการจัดสรรพื้นที่ในการจัดเก็บตาม SKU ของสินค้า ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดสรรพื้นที่ของ Shuttle Rack AS/RS ที่เป็นทั้งพื้นที่จัดเก็บและพื้นที่พักสินค้า โดยวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ รวมทั้งการศึกษานโยบายการดำเนินงาน และนโยบายด้านสินค้าคงคลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้แต่ง	ปี	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	Performance Indicator that covered by the model						Final Implement		
			Financial Matrices	Non-Financial Matrices							
				TH / Cycle time	Space Allocation	Vehicle Utilization	Man Utilization	Total Time	Simulation	Optimization	Real
Meller, R. D., & Klote, J. F. [19]	2004	- Carousels - VLM - Static Shelving		x					x		
Bartholdi III, J. J., & Hackman, S. T. [3]	2008	- Forward Pick Area	x		x					x	
Arévalo, V. R. [1]	2010	- Flow racks - VLM - Vertical Carousels - Horizontal Carousels	x	x		x			x		
Dukic, G., Opetuk, T., & Lerher, T. [8]	2015	- VLM (Dual-Trays) - Manual Picking		x					x		
Battini, D., et al. [6]	2015	- VLM		x					x		
Toor, P. S. [28]	2015	- VLM - Manual Picking Zones		x		x					x
Racca, S. D. [23]	2015	- VLM				x			x		
Fong, H. N. G. [9]	2015	- VLM		x							

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้แต่ง	ปี	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	Performance Indicator that covered by the model						Final Implement		
			Financial Matrices	Non-Financial Matrices					Simulation	Optimization	Real
				TH / Cycle time	Space Allocation	Vehicle Utilization	Man Utilization	Total Time			
Rosi, B., et al. [24]	2016	- VLM (Single-Tray)		x					x		
Lenoble, N., Frein, Y., & Hammami, R.[17]	2016	- VLM						x		x	
Battini, D., et al. [4]	2016	- VLM (extractable trays)				x	x		x		
Vasili, M., & Hong, T. S. [30]	2016	- Miniload AS/RS - Unidirectional-upward mobile loads		x				x	x		
Gullberg, S., & Lundberg, E. [12]	2017	- VLM				x				x	
Nicolas, L., Yannick, F., & Ramzi, H. [22]	2018	- VLM						x		x	
Sgarbossa, F., Calzavara, M., & Persona, A. [25]	2018	- VLM (dual-bay) - Carton racks	x						x		
Calzavara, M., Sgarbossa, F., & Persona, A. [6]	2019	- VLM (dual-bay) - Carton racks	x	x					x		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

บริษัทกรณีศึกษาและการรวบรวมข้อมูล

บริษัทกรณีศึกษาก่อตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินธุรกิจค้าปลีก โดยจำหน่ายสินค้า และให้บริการที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ต่อเติม ตกแต่ง ซ่อมแซม ปรับปรุง อาคาร บ้าน และที่อยู่อาศัย แบบครบวงจร (One Stop Shopping Home Center) ที่มุ่งเน้นที่จะเป็นผู้นำในธุรกิจ Home Solution and Living Experience ในประเทศไทย และภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งบริษัทมีแผนขยายการลงทุนอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับกับการเติบโตของสังคมเมือง ครอบคลุมจังหวัดที่เป็นยุทธศาสตร์ของการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community, AEC) และในจังหวัดที่มีศักยภาพในการเติบโต

3.1. ข้อมูลทั่วไปของบริษัท

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจค้าปลีก รวมทั้งมีการให้บริการที่เกี่ยวเนื่องกับธุรกิจค้าปลีก เนื่องจากสินค้าส่วนใหญ่ของบริษัทเป็นสินค้าที่มีรายละเอียดของวิธีการ และขั้นตอนการใช้งานที่ต้องมีการถ่ายทอดให้กับลูกค้า บริษัทจึงจัดให้มีบริการด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยเริ่มตั้งแต่การให้คำปรึกษา และข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ เพื่อให้ลูกค้าสามารถเลือกซื้อสินค้าได้ตรงกับวัตถุประสงค์การใช้งานมากที่สุด อีกทั้งยังมีบริการงานออกแบบห้องด้วยระบบคอมพิวเตอร์ 3 มิติ (3D Design), งานติดตั้ง / ย้ายจุด / แก้ปัญหา (Installation Service), งานตรวจเช็ค / ทำความสะอาด / บำรุงรักษาเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ (Maintenance Service) และงานปรับปรุง / ตกแต่งบ้าน (Home Improvement Service)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

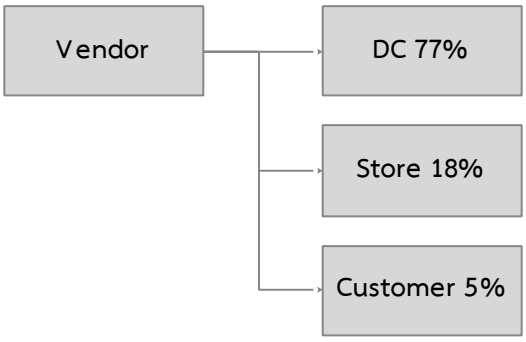
3.1.1. การจัดหาและคัดเลือกผลิตภัณฑ์

บริษัทกรณีศึกษามีการจัดหาและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป โดยบริษัทมีการจัดหาสินค้าจากทั้งการสั่งซื้อตามสายผลิตภัณฑ์ และสั่งผลิตสินค้าประเภท Private Brand จากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศกว่า 1,230 ราย โดยหากแบ่งประเภทสินค้าของบริษัทตามประเภทของ Supplier ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- Supplier ในประเทศ คิดเป็น 92% ของรายการสินค้า
- Supplier ต่างประเทศ คิดเป็น 8% ของรายการสินค้า

สินค้าส่วนใหญ่ที่วางจำหน่ายในแต่ละสาขา ถูกส่งจากตัวแทนจำหน่ายหรือผู้ผลิตผ่านศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัท โดยมีการแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 กะ ให้บริการสาขาทั่วประเทศผ่านการจัดส่งสินค้าให้สาขาโดยรถบรรทุก 10 ล้อ 6 ล้อ และ 4 ล้อ นอกจากนี้รูปแบบการกระจายสินค้ายังมีการให้บริการจากผู้ขายจัดส่งไปบ้านลูกค้าโดยตรง หรือส่งไปสาขาแบบไม่ผ่านศูนย์กระจายสินค้า แสดงเป็นสัดส่วนการกระจายสินค้าดังรูปที่ 3-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

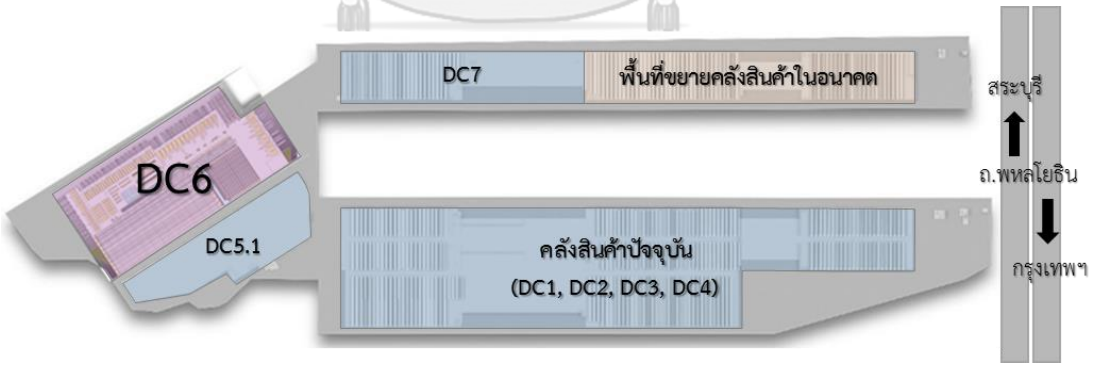


รูปที่ 3-1 สัดส่วนการกระจายสินค้า

3.2. ศูนย์กระจายสินค้า

ศูนย์กระจายสินค้าตั้งอยู่ที่อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา ซึ่งเชื่อมต่อถนนเส้นหลัก ๆ ได้แก่ ถนนพหลโยธินขาเข้าไปกรุงเทพฯ ถนนพหลโยธินขาออกไปภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทางหลวงสายเอเชียไปภาคเหนือ ถนนวงแหวนรอบนอกไปภาคตะวันออกและภาคตะวันตก ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการสินค้าของสาขาต่าง ๆ ได้อย่างทันเวลา ลดความเสี่ยงจากสินค้าขาดสต๊อก (Supply Chain Disruption) อีกทั้งยังมีแผนจะขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถบริหารจัดการสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรองรับปริมาณการขยายสาขาในอนาคต รวมถึงการลงทุนพัฒนา ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ ซึ่งสามารถทำให้บริษัทจัดเก็บสินค้าได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับสินค้า รองรับการขยายตัวที่จะเกิดขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ปัจจุบันศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทมีพื้นที่สำหรับการจัดเก็บทั้งสิ้น 163,626 ตร.ม. แบ่งพื้นที่ออกเป็น 7 โซน ดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 พื้นที่ศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 3-2 บริษัทกรณีศึกษาแบ่งพื้นที่ศูนย์กระจายสินค้าตามการขยายตัวของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อจัดเก็บสินค้าที่แตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

- DC1 เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า (MA) มีพื้นที่ 19,260 ตร.ม.

- DC2 เก็บสินค้าที่ได้รับจากผู้ผลิตสินค้า (Supplier) ในประเทศ มีพื้นที่ 25,380 ตร.ม.
- DC3 เก็บสินค้าที่ไม่ใช่กระเบื้อง (Non-FC) มีพื้นที่ 20,070 ตร.ม.
- DC4.1 เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า (MA) มีพื้นที่ 23,488 ตร.ม.
- DC4.2 เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า (MA) มีพื้นที่ 26,934 ตร.ม.
- DC5 เก็บสินค้าประเภทกระเบื้อง (FC) จากต่างประเทศ มีพื้นที่ 21,560 ตร.ม.
- DC6 เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า (MA) มีพื้นที่ 26,934 ตร.ม.
- DC7 เก็บสินค้าสำหรับกิจกรรม eCommerce (อยู่ระหว่างการก่อสร้าง)

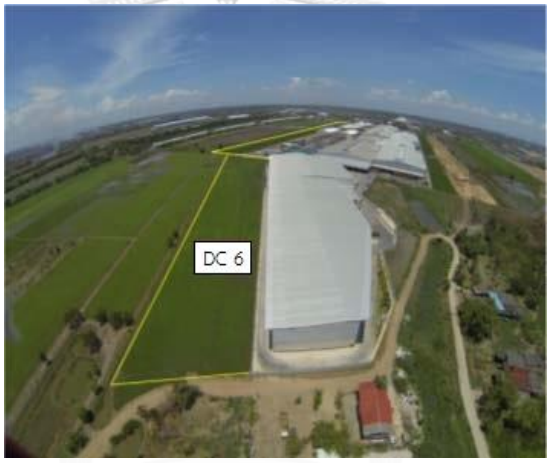
การกำหนดประเภทสินค้า และจุดสั่งของแต่ละสาขา เป็นหน้าที่ของหน่วยงานจัดซื้อ (Inventory Management, IM) ซึ่ง ณ วันที่ 31 ธันวาคม ปีค.ศ. 2017 2016 และ 2015 บริษัทมีสินค้าคงเหลือสุทธิ จำนวน 10,342.99 ล้านบาท 9,671.54 ล้านบาท และ 8,364.76 ล้านบาท ตามลำดับ โดยมูลค่าสินค้าคงเหลือที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการปรับตัวตามยอดขาย และจำนวนสาขาที่เพิ่มขึ้น สำหรับระยะเวลาการขายสินค้า (Inventory Turnover Period) เฉลี่ยของสาขาอยู่ที่ 83 วัน 78 วัน และ 77 วัน ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาการขายสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าอยู่ที่ 21 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าศูนย์กระจายสินค้ามีค่า Space Utilization อยู่ที่ 80%

อย่างไรก็ตามบริษัทมีความต้องการที่จะเพิ่มรอบการหมุนของสินค้าคงคลัง โดยการเพิ่มช่องทางการจำหน่ายทางระบบออนไลน์ การพัฒนาคุณภาพการให้บริการของพนักงานขาย การจัดรายการส่งเสริมการขาย การปรับปรุงรูปแบบการจัดเรียงสินค้า การปรับปรุงรูปลักษณ์ภายในสาขา การเพิ่มสินค้าใหม่เข้าร้านอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มจำนวนลูกค้าและยอดขาย โดยสินค้าและสาขาที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดความต้องการพื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้าในศูนย์กระจายสินค้าที่เพิ่มขึ้น บริษัทจึงมีความจำเป็นในการขยายศูนย์กระจายสินค้า เพื่อรองรับการเติบโตอย่างต่อเนื่องตามแผนการขยาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาของบริษัท รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังโดยการปรับลดระยะเวลาการขายสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าให้อยู่ที่ 16 วัน เพื่อให้เกิดความต้องการพื้นที่ที่น้อยลง เนื่องจากระยะเวลาการขายสินค้ามีผลอย่างมากต่อการใช้พื้นที่ในศูนย์กระจายสินค้า

นอกจากปัญหาข้างต้นแล้ว ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งของบริษัท คือ อัตราค่าแรงที่เพิ่มขึ้นและการแข่งขันด้านแรงงานในพื้นที่ อ.วังน้อย ทำให้บริษัทกังวลด้านประสิทธิภาพแรงงาน จึงนำระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติมาใช้ในการดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้า ร่วมกับการขยายศูนย์กระจายสินค้าในโซน DC6 ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้โซน DC5 ดังแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 พื้นที่โซน DC6 สำหรับก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าอุปกรณ์ระบบขนถ่ายสินค้าอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3. ศูนย์กระจายสินค้า DC6

การขยายตัวของธุรกิจส่งผลให้เกิดความจำเป็นในการสร้างศูนย์กระจายสินค้าใหม่ ในพื้นที่ใกล้ศูนย์กระจายสินค้า DC5 โดยมีการใช้งานระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ ซึ่งมีการหลักการทำงานกึ่งอัตโนมัติ แบบ Goods-to-Men โดยอาศัยอุปกรณ์เก็บสินค้าอัตโนมัติ ในการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าสินค้า ซึ่งช่วยลดจำนวนพนักงานลง เพื่อรองรับแนวโน้มการขาดแคลนของแรงงานในประเทศไทย โดยรายละเอียดจะแบ่งออกเป็น 7 ส่วน ได้แก่

- ข้อมูลพื้นฐานของศูนย์กระจายสินค้า จะกล่าวถึงกลุ่มสินค้าที่ถูกจัดเก็บอยู่ในศูนย์กระจายสินค้า DC6
- อุปกรณ์ภายในศูนย์กระจายสินค้า จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างยูนิตโหลด อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ อุปกรณ์จัดเก็บสินค้า และระบบจัดเรียงสินค้า
- กระบวนการไหลของสินค้า จะกล่าวถึงกระบวนการไหลของสินค้าทั้ง Put Away และ Flow Through ตั้งแต่การรับสินค้า จนกระทั่งส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้า
- การจัดการข้อมูล จะกล่าวถึงระบบที่ใช้ในการจัดการข้อมูลสินค้า ซึ่งจะช่วยให้สามารถวางแผนการทำงาน และวิเคราะห์ระบบการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง จะกล่าวถึงข้อมูลของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบ VLM ที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมภายในคลังสินค้าที่เกี่ยวข้องกับสินค้าขนาดเล็ก
- ข้อมูลของสินค้าขนาดเล็ก จะกล่าวถึงลักษณะของสินค้าขนาดเล็ก ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ รวมทั้งรูปแบบการเติมสินค้าเข้าสู่ระบบ VLM
- เงื่อนไขในการทำงาน จะกล่าวถึงลักษณะการทำงานของศูนย์กระจายสินค้า ในการตอบสนองความต้องการสินค้าให้แต่ละสาขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.1. ข้อมูลพื้นฐานของศูนย์กระจายสินค้า DC6

กลุ่มสินค้าที่จัดเก็บในศูนย์กระจายสินค้า DC6 ประกอบด้วย 3 กลุ่มได้แก่

- สินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ Home Appliances (HA), The Power (PC) เช่น เครื่องซักผ้า ตู้เย็น เตาไมโครเวฟ และสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ หรือ P04 (MA, VS) เช่น โทรทัศน์ LED ขนาด 55 นิ้ว

- สินค้าขนาดเล็ก หรือ Pickface เช่น หลอดไฟ เครื่องทำน้ำอุ่น
- สินค้ากลุ่มไม่ใช่กระเบื้อง

3.3.2. อุปกรณ์ภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

อุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุในศูนย์กระจายสินค้า เป็นทั้งการลงทุนด้านสินทรัพย์และปัจจัยการผลิตในศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งการใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในศูนย์กระจายสินค้า จะเป็นประโยชน์ต่อศูนย์กระจายสินค้า ทั้งในด้านต้นทุน ประสิทธิภาพในการทำงาน และการดูแลรักษาสินค้าและการควบคุมการทำงาน โดยในศูนย์กระจายสินค้า DC6 ของบริษัทกรณีศึกษา มีอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุดังนี้

3.3.2.1. อุปกรณ์จัดกลุ่มสินค้าหรือสร้างยูนิตโหลด (Unit Load Formation Equipment)

- พาเลท (Pallet) เป็นอุปกรณ์ช่วยในการจัดเก็บและขนถ่ายวิสดุมาตรฐาน โดยมีหน้าที่หลักคือสร้างยูนิตโหลดให้กับกลุ่มสินค้า เพื่อให้สามารถจัดวางในพื้นที่ที่ต้องการได้ โดยศูนย์กระจายสินค้า DC6 ใช้พาเลทไม้ขนาด 1200 mm. x 1000 mm. ตามมาตรฐาน ISO 6780
- กล่องโทท (Tote Box) เป็นกล่องพลาสติก มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทึบ มีการออกแบบให้ซ้อนเก็บได้ เพื่อลดปริมาตรในการขนส่งกล่องโททเปล่า โดยศูนย์กระจายสินค้า DC6 จะใช้กล่องโททพลาสติก เพื่อจัดเก็บสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลาง

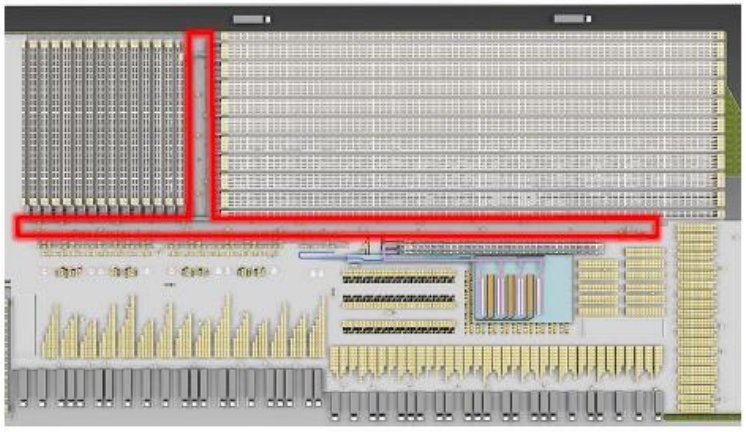
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

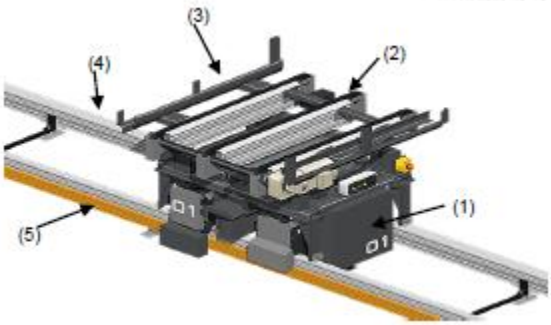
- เครื่องพันฟิล์ม (Wrapping Machine) เป็นอุปกรณ์จัดรูปทรงสินค้า เพื่อป้องกันสินค้าร่วงหล่นระหว่างทาง โดยเครื่องพันฟิล์มจะช่วยประหยัดแรงงาน ประหยัดฟิล์ม และช่วยให้ฟิล์มแน่นสม่ำเสมอทั้งพาเลท

3.3.2.2. อุปกรณ์จัดกลุ่มขนถ่ายวัสดุ (Transportation Equipment)

- พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติแบบระบบราง (Sorting Transfer Vehicle, STV) ใช้ในการลำเลียงสินค้า 3 ส่วน คือ เคลื่อนที่จากหน้าท่ารับสินค้าไปยังอุปกรณ์จัดเก็บสินค้า เคลื่อนที่ระหว่างอุปกรณ์จัดเก็บ และเคลื่อนที่จากอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าไปยังพื้นที่จัดเรียงสินค้า ดังรูปที่ 3-4
- ระบบสายพานซอร์ทเตอร์ (Sortation Conveyor System) เป็นชุดของสายพานแบบลูกกลิ้งเชื่อมต่อกัน สามารถรับและจัดส่งตะกร้าได้หลายตำแหน่ง นอกจากสายพานแบบทั่วไปแล้ว ระบบซอร์ทเตอร์จะมีเซ็นเซอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนหรือเลือกเส้นทางให้กับตะกร้าสินค้า ดังรูปที่ 3-5
- รถลากพาเลท (Hand Lift) เป็นอุปกรณ์ขนย้ายซึ่งใช้เคลื่อนที่จากหน้าท่ารับสินค้าไปยังอุปกรณ์จัดเก็บสินค้า สำหรับสินค้าขนาดใหญ่พิเศษ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University





(1) Power box

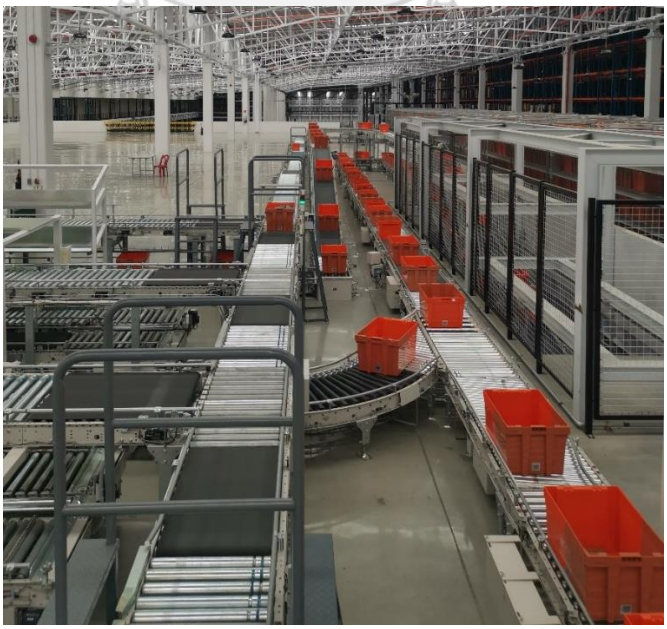
(2) Transfer equipment (3-Chain)

(3) Vehicle

(4) Travel rail

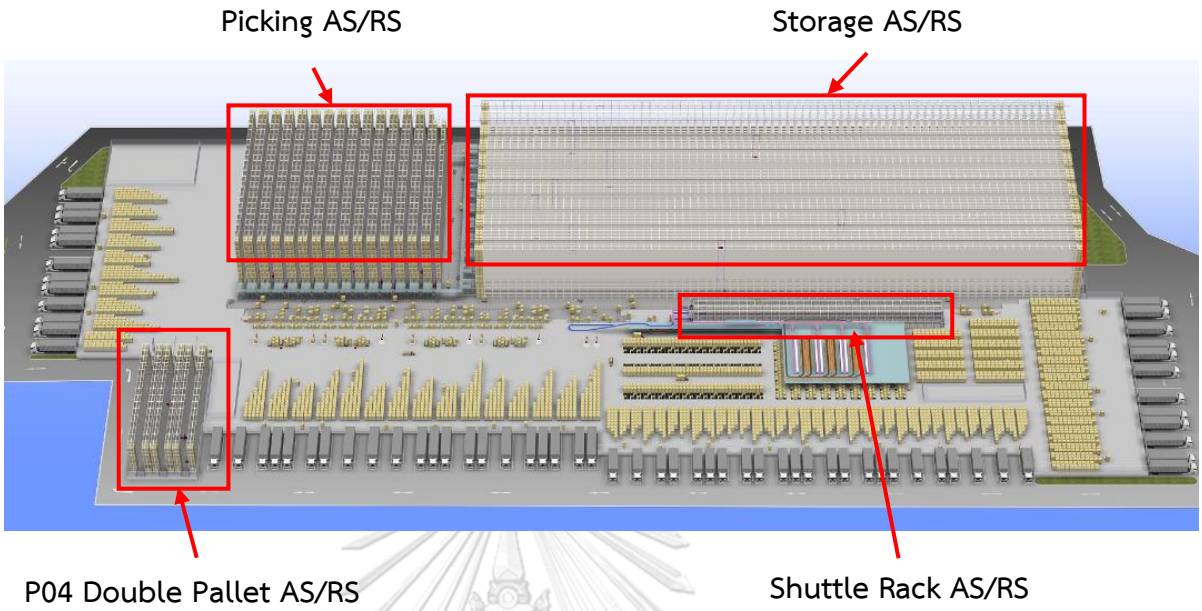
(5) Power supply trolley

รูปที่ 3-4 เส้นทางและลักษณะของ STV



รูปที่ 3-5 ตัวอย่างระบบสายพานซอร์ทเตอร์

3.3.2.3. อุปกรณ์จัดเก็บสินค้า



รูปที่ 3-6 แผนผังของอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

จากรูปที่ 3-6 ศูนย์กระจายสินค้า DC6 มีอุปกรณ์จัดเก็บสินค้า แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- P04 AS/RS เป็นพื้นที่จัดเก็บสำหรับสินค้าที่มีขนาดใหญ่เป็นพิเศษที่จัดวางบน Double Pallet ทำให้หากจัดเก็บรวมกับสินค้าชนิดอื่นจะสิ้นเปลืองพื้นที่ จึงมีการจัดเก็บแยกออกมาและใช้ Single Deep Rack AS/RS เพื่อความรวดเร็วในการหยิบสินค้า
- Storage AS/RS เป็นพื้นที่จัดเก็บสินค้าที่ต้องการประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ จึงใช้ Double Deep Rack AS/RS
- Picking AS/RS เป็นพื้นที่จัดเก็บสินค้าพร้อมหยิบแบบเป็นกล่อง จึงต้องการเพิ่มความรวดเร็วในการหยิบสินค้า จึงใช้ Single Deep Rack AS/RS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- Shuttle Rack AS/RS เป็นพื้นที่จัดเก็บสินค้าพร้อมหยิบแบบเป็นชิ้น และเป็นพื้นที่พักสินค้าที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางที่มีการหยิบเป็นชิ้น สามารถทำการจัดเก็บตะกร้าสินค้าได้ทั้งหมด 7,920 ตะกร้า โดยติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์ VLM ที่ประกอบด้วยลิฟต์ในแนวดิ่งซึ่งอยู่ที่ปลายของ Shuttle Rack AS/RS ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตะกร้าสินค้าจากแต่ละชั้นมายังจุดเชื่อมสายพานเข้าและออกจากระบบ โดยลิฟต์ในแนวดิ่งเป็นจุดคอขวดสำหรับระบบนี้ จึงถูกออกแบบให้เคลื่อนย้ายตะกร้าได้ครั้งละ 2 ตะกร้า และยานพาหนะที่ติดตั้งในแต่ละชั้นของ Shuttle Rack AS/RS ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตะกร้าในแนวนอน ระหว่างตำแหน่งจัดเก็บกับลิฟต์ในแนวดิ่ง โดยทำงานอย่างอิสระต่อกัน

3.3.2.4. ระบบจัดเรียงสินค้า

- ระบบ Monitor Display เป็นส่วนจัดเรียงส่วนแรกของสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลาง โดยพนักงานทำหน้าที่แยกสินค้าตามความต้องการของแต่ละกลุ่มสาขา ตามจำนวนที่ระบุที่หน้าจอที่ปรากฏ เพื่อวางลงในตะกร้าของกลุ่มสาขา 12 กลุ่ม แล้วส่งผ่าน Conveyor ไปยังชั้นลอยที่มีระบบพุตทรูไลท์ (Put-To-Light) เพื่อทำการแยกสาขา

- ระบบพุตทรูไลท์ (Put-To-Light) เป็นระบบการจัดเรียงกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งพัฒนาจากระบบพิกทรูไลท์ (Pick-To-Light) โดยพนักงานทำหน้าที่หยิบสินค้าตามจำนวนที่ระบุที่หน้าจอที่ปรากฏหน้าสถานีงาน เพื่อวางลงในตะกร้าของสาขาในตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า เมื่อพนักงานหยิบสินค้าลงในตะกร้าครบตามจำนวน จึงกดปุ่มยืนยัน และเมื่อพนักงานทำการหยิบและยืนยันจนครบทุกสาขาแล้ว สายพานจึงจะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เลื่อน เพื่อนำตะกร้าสินค้าไปพักไว้ที่ Shuttle Rack AS/RS และนำสินค้ารายการต่อไปเข้ามายังสถานีงานพุตทรูไลท์ โดยอุปกรณ์สำคัญในระบบดังรูปที่ 3-7 ประกอบด้วย

- อุปกรณ์ไฟฟ้า (Light Device) เป็นอุปกรณ์หลักประกอบไปด้วย หน้าจอ LED แสดงตัวเลขของสินค้าที่ต้องทำการหยิบ และปุ่มไฟ เพื่อใช้ยืนยันการหยิบ โดยแสงและลักษณะไฟที่แสดงบนปุ่มไฟแสดงถึงสภาวะของระบบ
- คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมสถานีงาน และแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ พนักงานอาจใช้เป็นหน้าจอระบุจำนวนสินค้าในแต่ละภาชนะ หากอุปกรณ์ไฟฟ้าบกพร่อง

(ก.) อุปกรณ์ไฟฟ้า (ข.) คอมพิวเตอร์

รูปที่ 3-7 ตัวอย่างของอุปกรณ์ในระบบ Put-To-Light

3.3.3. กระบวนการไหลของสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

เมื่อพิจารณากระบวนการไหลของสินค้าร่วมกับการพยากรณ์ปริมาณสินค้าเข้าและออกจากศูนย์กระจายสินค้า เมื่อบริษัทกรณีศึกษามีสาขาจำนวน 120 สาขา สามารถประมาณการจำนวนสินค้าที่ไหลในศูนย์กระจายสินค้าเบื้องต้นได้ดังต่อไปนี้

3.3.3.1. กระบวนการปฏิบัติงาน (Process Flow) ของสินค้า Put Away

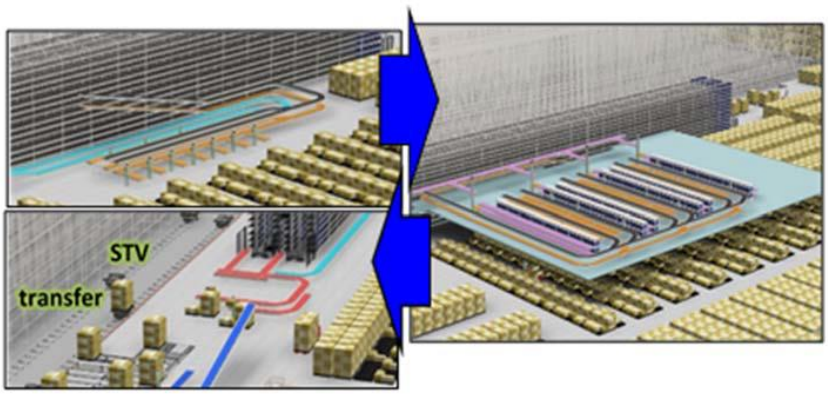
สินค้า Put Away ถูกนำออกจากรถบรรทุกของผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายที่เข้ามาส่งสินค้าบริเวณ Staging Zone for Unloading หลังจากนั้นพนักงานจะทำการจัดเรียงสินค้าบนพาเลท ตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของสินค้า และพันฟิล์มรอบสินค้า เพื่อเตรียมนำเข้าจัดเก็บในระบบ สินค้า Put Away ที่รับเข้าศูนย์กระจายสินค้ามีปริมาณ 5,000 SKU หรือ 4,500 พาเลทต่อวัน ทั้งนี้สินค้าที่จะนำเข้าจัดเก็บแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- สินค้ากลุ่ม P04 ซึ่งเป็นสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า และสินค้ากลุ่มภาพ หลังจากถูกจัดเรียงและตรวจสอบ จะใช้ Store-In Shuttle Cart ส่งสินค้าเข้าจัดเก็บใน P04 AS/RS เพื่อรอการหยิบและส่งสินค้าออก โดยมีการเบิกสินค้าทั้งในรูปแบบของการเบิกเต็มพาเลท และการเบิกสินค้าเป็นชิ้น
- สินค้ากลุ่ม Home Appliance สินค้ากลุ่ม The Power เป็นสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นอกเหนือจากสินค้ากลุ่ม P04 สินค้ากลุ่ม Pick Face และสินค้ากลุ่ม Non-FC หลังจากถูกจัดเรียงบนพาเลทและตรวจสอบ จะถูกนำเข้าจัดเก็บใน Storage AS/RS เพื่อรอการหยิบและส่งสินค้าออกเช่นเดียวกัน ทั้งนี้สามารถแบ่งการจัดเก็บพาเลทสินค้าตามลักษณะการหยิบได้ดังนี้

    1. การเบิกสินค้าเต็มพาเลท (Full Pallet Picking) สินค้าจะถูกนำลงจาก Storage AS/RS ด้วย SRM, STV ทำการยืนยันด้วย Handheld แล้วใช้ Handlift ขนส่งไปยัง Packing Area ซึ่งจะเบิกสินค้าแยกตามกลุ่มสาขา 4 ระลอก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การเบิกสินค้าเป็นกล่อง (Box Picking) สินค้าจะถูกนำลงจาก Storage AS/RS มาเติมไว้ที่ Picking AS/RS เพื่อเป็นสินค้าพร้อมหยิบ และเมื่อมีออเดอร์จึงนำลงมาจาก Picking AS/RS เพื่อไปยัง U-pick station ด้วย SRM, STV โดยที่ U-pick station สินค้าจะถูกหยิบด้วยระบบ Pick to light แล้วถูกขนย้ายด้วย Handlift ไปยัง Packing Area
3. การเบิกสินค้าเป็นชิ้น (Unit Picking) สินค้าถูกขนย้ายลงจาก Picking AS/RS ส่งไปยัง Picking Station เพื่อจัดเก็บสินค้าตาม SKU ลงในตะกร้าเพื่อนำไปเติมยัง Shuttle Rack AS/RS เพื่อเป็นสินค้าพร้อมหยิบ (แบบเป็นชิ้น) และเมื่อมีออเดอร์จึงนำลงมาจาก Shuttle Rack AS/RS แล้วทำการจัดเรียงสินค้า ร่วมกับสินค้าประเภท Flow Through ดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 กิจกรรมการหยิบสินค้าแบบเป็นชิ้น

การเบิกและหยิบสินค้า Put Away ทั้งหมด ถูกดำเนินการในลักษณะ Wave Picking กล่าวคือสินค้าถูกเบิกตามคำสั่งซื้อ (Order) ของสาขา ตามกลุ่มสาขาที่กำหนด โดยสินค้า Put Away ทั้งหมดที่มีการเบิกจะถูกลำเลียงต่อมาที่บริเวณ Staging Zone for Shipping เพื่อทำการรวมพาเลทกับสินค้าประเภท Flow Through และรอจัดส่งไปยังสาขาต่อไป

3.3.3.2. กระบวนการปฏิบัติงาน (Process Flow) ของสินค้า Flow Through

สินค้า Flow Through มีปริมาณการรับเข้าศูนย์กระจายสินค้าในบริเวณ Staging Zone for Unloading เท่ากับ 406,000 ชิ้น/วัน หลังการรับสินค้าจะมีการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของสินค้า ทั้งนี้จะแบ่งการรับสินค้าเป็น 2 ขนาด ได้แก่ สินค้าขนาด S และ M มีปริมาณ 226,000 ชิ้น/วัน และสินค้าขนาด M และ L มีปริมาณ 180,000 ชิ้น/วัน (สินค้าขนาด M บางส่วนที่มีขนาดเล็ก จะถูกดำเนินการร่วมกับสินค้าขนาด S ส่วนที่มีขนาดใหญ่ จะถูกดำเนินการร่วมกับสินค้าที่มีขนาด L)

สินค้าขนาด S และ M ถูกจัดเก็บตาม SKU โดยแยกตามสาขาบริเวณ Transferring and Picking Work Station และจะนำตะกร้าไปพักไว้บน Shuttle Rack AS/RS เป็นการชั่วคราว เนื่องจากการจัดส่งสินค้าไปยังสาขาไม่ได้ดำเนินการพร้อมกัน ดังนั้นจึงนำสินค้าที่เบิกแล้วไปเก็บเป็นการชั่วคราว รอการลำเลียงไปยังบริเวณ Staging Zone for Shipping

สินค้าขนาด M และ L ดำเนินการในลักษณะของ Manual Picking และมีการเบิกจ่ายเป็นพาเลท โดยมีปริมาณ 4,500 พาเลท/วัน สินค้าที่เบิกแล้วจะถูกลำเลียงไปยังบริเวณ Staging Zone for Shipping เพื่อทำการรวมพาเลทกับสินค้ากลุ่มอื่น ๆ และรอการจัดส่งไปยังสาขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.4. การจัดการข้อมูลภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

ในการจัดการข้อมูลภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 มีการใช้งาน 3 ระบบที่เชื่อมโยงกัน ได้แก่ ระบบ ERP ระบบ WMS และระบบ WCS ดังรูปที่ 3-9

รูปที่ 3-9 การเชื่อมโยงกันระหว่าง 3 ระบบในศูนย์กระจายสินค้า

3.3.4.1. ระบบ Enterprise Resource Planning

ระบบ Enterprise Resource Planning (ERP) หมายถึง ระบบการวางแผนการจัดการทรัพยากรทางธุรกิจขององค์กรโดยรวม เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดของทรัพยากรทางธุรกิจขององค์กร โดยประสานการทำงานระหว่างส่วนต่าง ๆ ขององค์กรเข้าด้วยกัน โดยมีหลักการทำงาน คือ ใช้การบันทึกข้อมูลเพียงครั้งเดียว แต่ทุกแผนกที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถเข้าดูได้และใช้งานข้อมูลได้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพสูงขึ้นในการทำงาน จึงมีการใช้งานระบบ ERP เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการบริหารธุรกิจ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในองค์กร อีกทั้งยังช่วยให้สามารถวางแผนการลงทุน และบริหารทรัพยากรขององค์กรรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยทำให้การเชื่อมโยงระหว่างการจัดซื้อจัดจ้าง การผลิต และการขายที่ต้องทำงานระหว่างแผนกได้อย่างราบรื่น และทำให้สามารถบริหารองค์รวมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยโปรแกรม ERP เป็นโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูปซึ่งมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามความต้องการของบริษัทที่ใช้งาน และบริษัทเจ้าของระบบ ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาได้ใช้โปรแกรม System Applications & Products in Data Processing หรือโปรแกรม SAP ซึ่งถูกออกแบบมาให้รองรับการดำเนินงานของธุรกิจ ด้วยคุณสมบัติที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยได้รวมหลายโมดูลไว้ด้วยกันในระบบ เช่น โมดูลทางด้านบัญชีการเงิน โมดูลทางด้านขายและการกระจายสินค้า โมดูลทางด้านกระบวนการทำงาน เป็นต้น และสามารถเขียนโปรแกรมโมดูลอื่น ๆ เพิ่มเติมให้สามารถทำงานร่วมกันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยบริษัทกรณีศึกษาได้เชื่อมต่อข้อมูลระหว่างระบบ SAP และระบบ WMS ซึ่งปัจจุบันกำหนดให้มีการเชื่อมต่อจำนวน 16 เส้นทาง ดังรูปที่ 3-10 ซึ่งแสดงรูปแบบของข้อมูล และเส้นทางการเชื่อมต่อระหว่างระบบ

#	Interface Name	Transmitting Direction		Communication Type
		SAP	WMS	
1	Article Master	→		Web Service *1
2	Article UPC	→		Web Service *1
3	PT Storage Data	→		Web Service *1
4	PT Storage Cancel	←		Web Service *1
5	PT Storage Result	←		Web Service *1
6	FT Picking Data	→		Web Service *1
7	FT Picking Cancel	←		Web Service *1
8	FT Picking Result	←		Web Service *1
9	Wave Picking Data	→		CSV File + Web Service *1
10	Wave Picking Cancel	←		Web Service *1
11	Wave Picking Result	←		Web Service *1
12	Packing Result	←		Web Service *1
13	Stock Transfer	←		Web Service *1
14	Cycle Count Result	←		Web Service *1
15	Stock Adjustment	←		Web Service *1
16	Inventory On Hand	←		CSV File + Web Service *3

รูปที่ 3-10 การเชื่อมต่อระหว่างระบบ SAP และ ระบบ WMS

จากรูป 3-10 ปัจจุบันมีข้อมูลทั้งสิ้น 16 เส้นทางที่เชื่อมระหว่างระบบ SAP และ ระบบ WMS เช่น Article Master ซึ่งจะแสดงรายละเอียดสินค้าทั้งหมดที่อยู่ในศูนย์กระจายสินค้า, PT Storage Data ข้อมูลสินค้าที่จัดเก็บ, Wave Picking Data ข้อมูลสินค้าที่ถูกหยิบในแต่ละรอบการทำงาน, Cycle Count Result ผลของการตรวจนับจำนวนสินค้าจริงและข้อมูลสินค้าในระบบ เป็นต้น

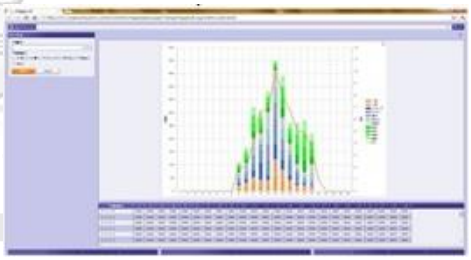
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.4.2. ระบบบริหารจัดการคลังสินค้า

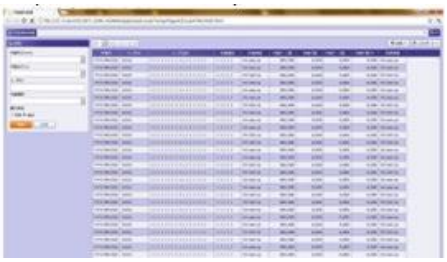
ระบบบริหารจัดการคลังสินค้า หรือระบบ WMS เป็นระบบสารสนเทศที่ใช้ในการจัดการทางกายภาพและกระบวนการทำงานในคลังสินค้า เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกันระหว่างการวางแผน การดำเนินกิจกรรม และการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้เกิดการจัดการที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยระบบจะรองรับกระบวนการทำงานขั้นพื้นฐานของคลังทั้งหมด

สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว การจัดเก็บสินค้า การหยิบจ่ายสินค้าภายในคลังสินค้า การประมวลผลธุรกรรม และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เสริมการทำงานต่าง ๆ ได้ เช่น Handheld Scanner, Barcode Scanner, Barcode Printer เป็นต้น โดยโปรแกรม WMS เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไปทั้งฟังก์ชันในการทำงาน และบริษัทเจ้าของระบบ ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาได้ใช้โปรแกรม Warenavi Fine ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมดูแลกระบวนการของศูนย์กระจายสินค้าตามระบบเวลาจริง ได้แก่ การรับสินค้า การจัดเก็บสินค้า การเติมสินค้า การหยิบสินค้า การคัดแยกสินค้า การจัดส่งสินค้า และสามารถตรวจสอบสถานะของการปฏิบัติงานได้ ทำให้สามารถดำเนินการได้อย่างทันท่วงทีในกรณีที่เกิดความล่าช้า ปัญหา หรืออุบัติเหตุต่าง ๆ อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ผลการปฏิบัติงานจากข้อมูลสถิติหลายรูปแบบดังรูปที่ 3-11 รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบ SAP ได้อีกด้วย

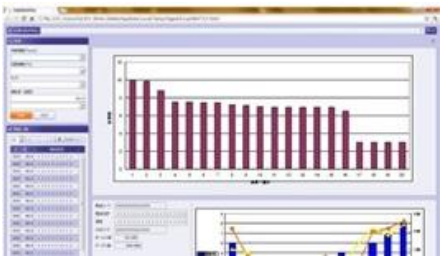
(ก.) ตัวอย่าง ABC Analysis



(ข.) ตัวอย่าง Work Volume Analysis



(ค.) ตัวอย่าง Operation Record

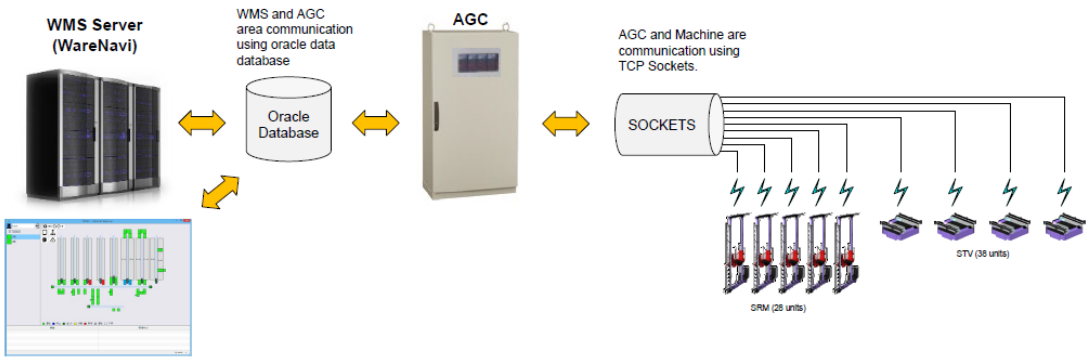


(ง.) ตัวอย่าง Stock Turnover Rate

รูปที่ 3-11 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การปฏิบัติงาน

3.3.4.3. ระบบควบคุมคลังสินค้า (Warehouse Control System, WCS)

ระบบควบคุมคลังสินค้า เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ควบคุมคลังสินค้า โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการทำให้ระบบทำงานได้อย่างราบรื่น เพิ่มประสิทธิภาพของระบบย่อยในการจัดการวัสดุ ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของพนักงานในคลังสินค้า เช่น การตรวจสอบและจัดการการจัดสรรสินค้า การตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ การจัดการอุปกรณ์ การจัดการงาน การจัดการบาร์โค้ด และการจัดการจอแสดงผล LED เป็นต้น อีกทั้งระบบนี้ยังใช้ในการจัดการคลังสินค้าเพื่อประสานงานการดำเนินงานของอุปกรณ์ขนถ่ายต่าง ๆ เช่น สายพานลำเลียง, รถยกเครน, รถ AGV โดยการวิเคราะห์เส้นทางการดำเนินการ เพื่อให้สามารถจัดการกระบวนการคลังสินค้าและพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยโปรแกรม WCS ที่บริษัทกรณีศึกษาใช้เป็นระบบ AS/RS Group Controller หรือ ระบบ AGC ซึ่งเป็นแผงวงจรควบคุม (Microprocessor) โดยเจ้าหน้าที่ของบริษัทผู้ขายและติดตั้งอุปกรณ์ จะเป็นผู้ส่งผล Feedback สิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักรกลับมายังระบบ WMS ดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 การทำงานระหว่างระบบ WMS และ AGC

3.3.5. ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์กระจายสินค้า DC6 เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่มีการดำเนินงานโดยใช้อุปกรณ์หลากหลายชนิด เพื่อใช้กับสินค้าหลายรูปแบบ โดยงานวิจัยนี้สนใจศึกษาและออกแบบกระบวนการทำงานสำหรับสินค้าที่มีการหยิบเป็นชิ้น ซึ่งมีการใช้ตะกร้าในการบรรจุสินค้าแล้วลำเลียงตะกร้าผ่านสายพานไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

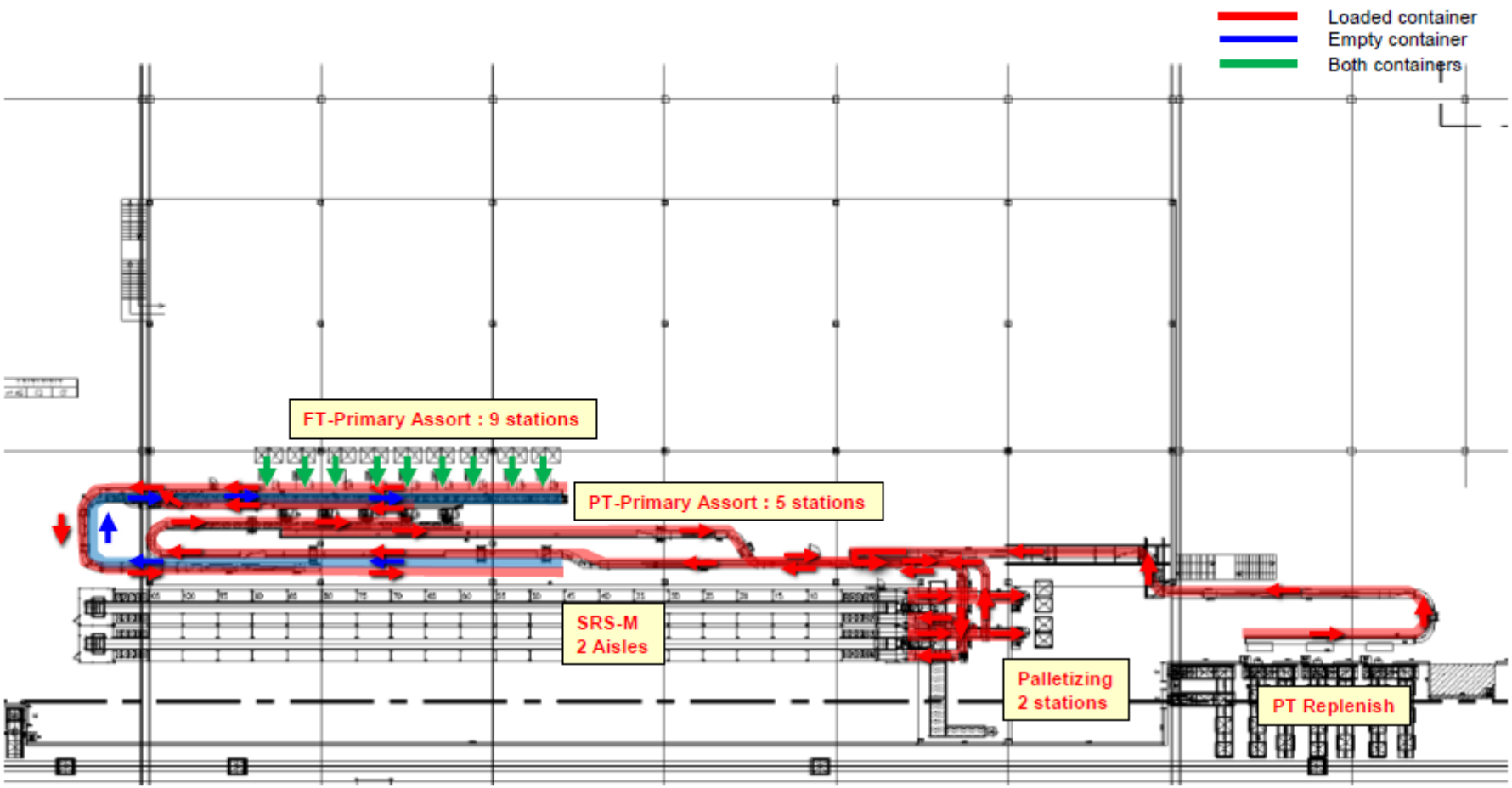
1. การเติมสินค้าเข้าสู่ Shuttle Rack AS/RS เมื่อจำนวนสินค้าใน Shuttle Rack AS/RS ลดลงจนถึงจุดเติมสินค้า

2. เมื่อมีออเดอร์สินค้าจึงนำตะกร้าลงมาแล้วทำการคัดแยกที่จุด Primary Assort ร่วมกับสินค้าประเภท Flow Through บริเวณชั้น 1 ดังรูปที่ 3-13

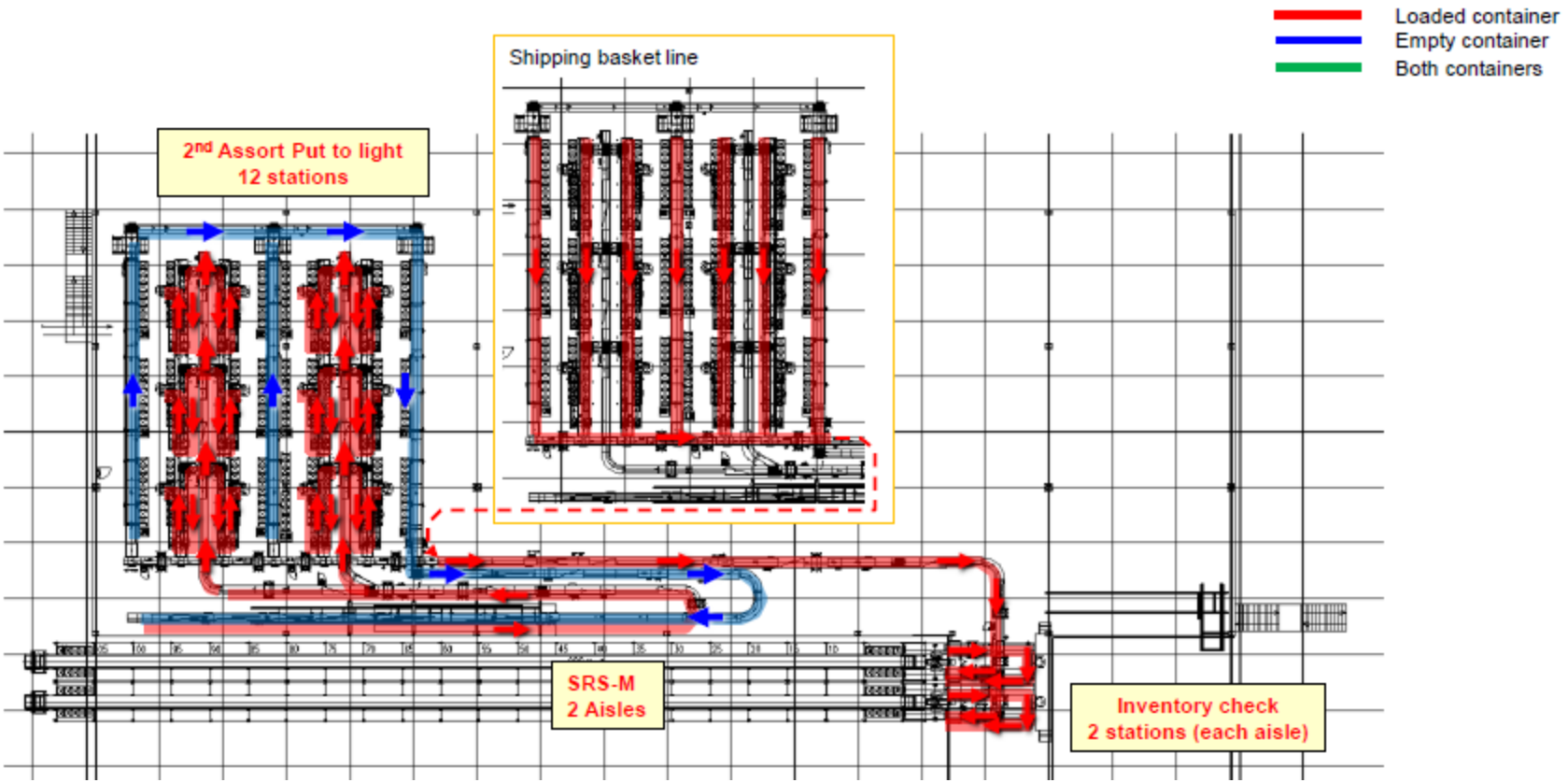
3. เมื่อผ่านการทำ Primary Assort ตะกร้าสินค้าของกลุ่มสาขาจะถูกส่งไปยังบริเวณชั้น 2 เพื่อทำ Secondary Assort ดังรูปที่ 3-14 ส่วนตะกร้าของสินค้าที่เหลือจากการทำ Primary Assort จะถูกส่งกลับไปเก็บยัง Shuttle Rack AS/RS ในตำแหน่งใหม่ แต่หากหยิบสินค้าจนหมดตะกร้า จะเป็นการส่งตะกร้าเปล่าออกจากระบบแทน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. เมื่อผ่านการทำ Secondary Assort ตะกร้าสินค้าจะแยกออกเป็นสาขา และถูกลำเลียงกลับมายัง Shuttle Rack AS/RS ในส่วนของจุดพักสินค้า เพื่อรอให้ครบ 25 ตะกร้าสำหรับการทำ Palletize และจัดส่งสาขาตามรอบการจัดส่ง

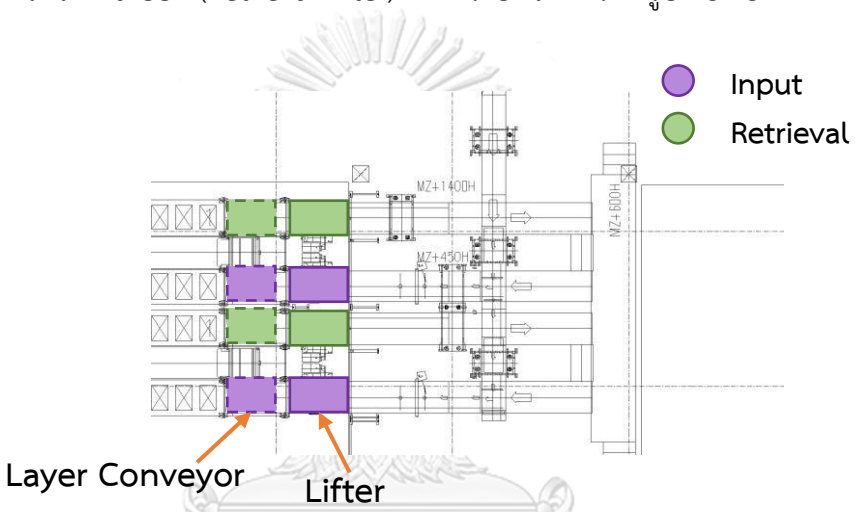


รูปที่ 3-13 กระบวนการไหลของตะกร้าสินค้าในชั้น 1



รูปที่ 3-14 กระบวนการไหลของตะกร้าสินค้าในชั้น 2

ในการศึกษาข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะศึกษาเฉพาะข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ Shuttle Rack AS/RS มีการทำงานที่ซับซ้อนจากการที่ทำหน้าที่เป็นทั้งพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้า และตะกร้ากระจายสินค้า เมื่อพิจารณาการนำตะกร้าเข้าและออกจากอุปกรณ์ Shuttle Rack AS/RS บริษัทกรณีศึกษาได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ VLM สำหรับการเคลื่อนย้ายตะกร้าสินค้าในแนวดิ่ง โดยในแต่ละ Aisle จะมีลิฟต์ 2 ตัว คือ ลิฟต์ขาเข้า (Input Lifter) และลิฟต์ขาออก (Retrieval lifter) ทำงานแยกจากกัน ดังรูปที่ 3-15



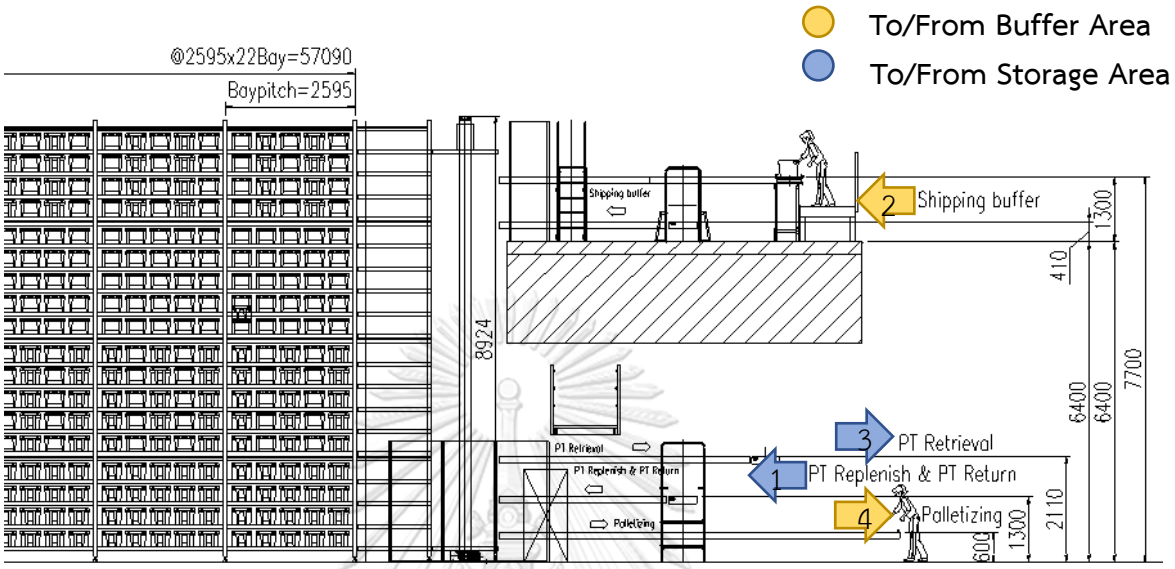
รูปที่ 3-15 มุมมองด้านบนของลิฟต์ในแนวดิ่งระบบ Shuttle Rack AS/RS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยลิฟต์ในแนวดิ่งจะเชื่อมกับสายพานที่ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างลิฟต์ในแนวดิ่งและสถานีงานอื่น ๆ เพื่อนำสินค้าเข้าและออกจาก Shuttle Rack AS/RS ดังทิศทางลูกศรในรูปที่ 3-16 โดยสายพานแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1. ระดับสำหรับการนำตะกร้าเข้าพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ (PT Replenish Line)
2. ระดับสำหรับการนำตะกร้าเข้าพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า (Shipping Buffer Line)
3. ระดับสำหรับการนำตะกร้าออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ (PT Retrieval Line)

4. ระดับสำหรับการนำตะกร้าออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า (Palletizing Line)



รูปที่ 3-16 มุมมองด้านข้างของระบบ Shuttle Rack AS/RS ในการเคลื่อนย้ายตะกร้า

ในการทำงานของลิฟต์แต่ละตัว จะสามารถเคลื่อนย้ายตะกร้าได้ครั้งละ 2 ตะกร้า โดย Cycle Time ของลิฟต์ในแนวดิ่งของ Shuttle Rack ตามระเบียบของ JIS คือ Store-IN 21.2 sec/cycle และ Store-OUT 22.6 sec/cycle ซึ่งขั้นตอนในการวัด Store-IN Cycle Time จะวัดตั้งแต่ลิฟต์ในแนวดิ่งนำตะกร้า 2 ตะกร้าจากระดับ PT Replenish Line ไปส่งยังตำแหน่งเป้าหมาย และเดินเครื่องเปล่ากลับมายังระดับ PT Replenish Line ส่วนขั้นตอนในการวัด Store-OUT Cycle Time จะวัดตั้งแต่ลิฟต์ในแนวดิ่งเดินเครื่องเปล่าจากระดับ Palletizing Line ไปรับสินค้าจากชั้นต่าง ๆ มา 2 ตะกร้า และนำตะกร้ากลับมายังระดับ Palletizing Line

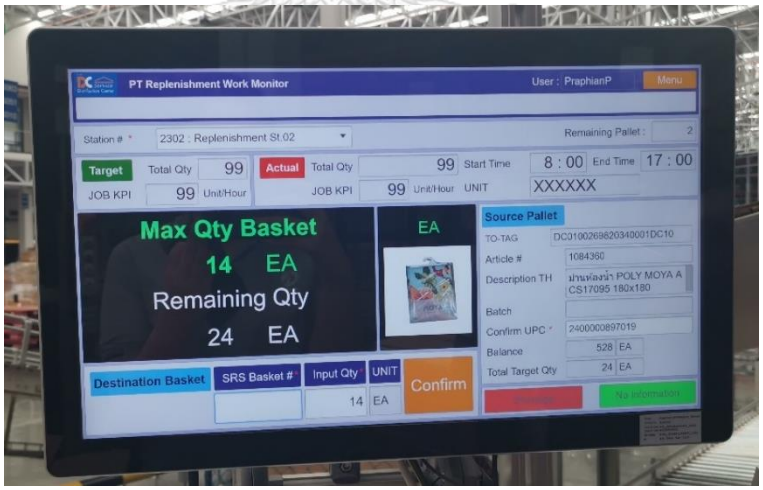
ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งพิจารณาตามการทำงานของอุปกรณ์ที่แยกการทำงานกันอย่างชัดเจน เป็น 4 ส่วน ดังนี้

3.3.5.1. อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนขาเข้าสู่ Shuttle Rack AS/RS

ลิฟต์ขาเข้า มีการเชื่อมต่อสายพาน 2 จุด ดังรูปที่ 3-16 คือ สายพานในการนำตะกร้าเข้าพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ (ตำแหน่งที่ 1) และสายพานในการนำตะกร้าเข้าพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า (ตำแหน่งที่ 2)

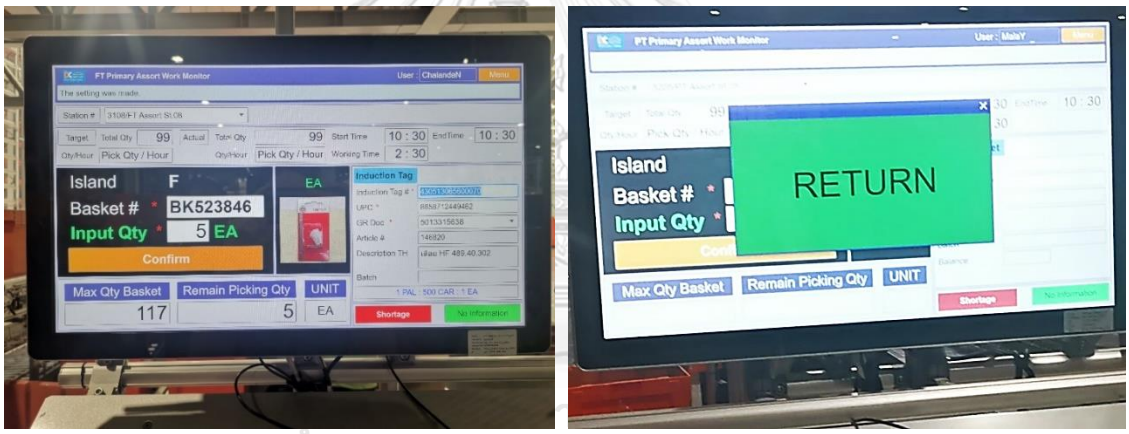
เมื่อพิจารณาสายพานในการนำตะกร้าเข้าพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ พบว่ารับตะกร้ามาจาก 2 สถานีงาน คือ สถานีงาน Replenishment และสถานีงาน Primary Assorted โดยมีรายละเอียดดังนี้

- สถานีงานเติมสินค้า Put Away ขนาดเล็กเข้าสู่ Shuttle Rack AS/RS จะทำการเติมสินค้า (PT Replenishment) เมื่อสินค้าคงคลังเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับจุดเติมสินค้า โดยพนักงานเติมสินค้าจะเติมสินค้าในตะกร้าตามตัวเลขที่แสดงในหน้าจอดังรูปที่ 3-17



รูปที่ 3-17 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ณ สถานีงาน Replenishment

- สถานีงาน Primary Assorted ทำหน้าที่รับสินค้า Put Away จาก Shuttle Rack AS/RS เพื่อหยิบสินค้าตามความต้องการ โดยแยกตะกร้าตามกลุ่มสาขาตามความต้องการสินค้า ณ รอบนั้น ๆ ซึ่งจะแสดงจำนวนในหน้าจอที่สถานีงานดังรูปที่ 3-18 (ก.) ซึ่งเมื่อหยิบตามจำนวนเสร็จสิ้นแล้วจะทำการกดปุ่ม Confirm เพื่อให้ตะกร้าเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป แต่หากมีสินค้าเหลืออยู่ในตะกร้าหน้าจอที่สถานีงานจะแสดงดังรูปที่ 3-18 (ข.) เพื่อให้พนักงานดันตะกร้าเข้าสู่สายพานและส่งกลับไปเก็บที่ Shuttle Rack AS/RS อีกครั้ง (PT Return) ผ่านสายพานที่ใช้ร่วมกับตะกร้าจากสถานีเติมสินค้า

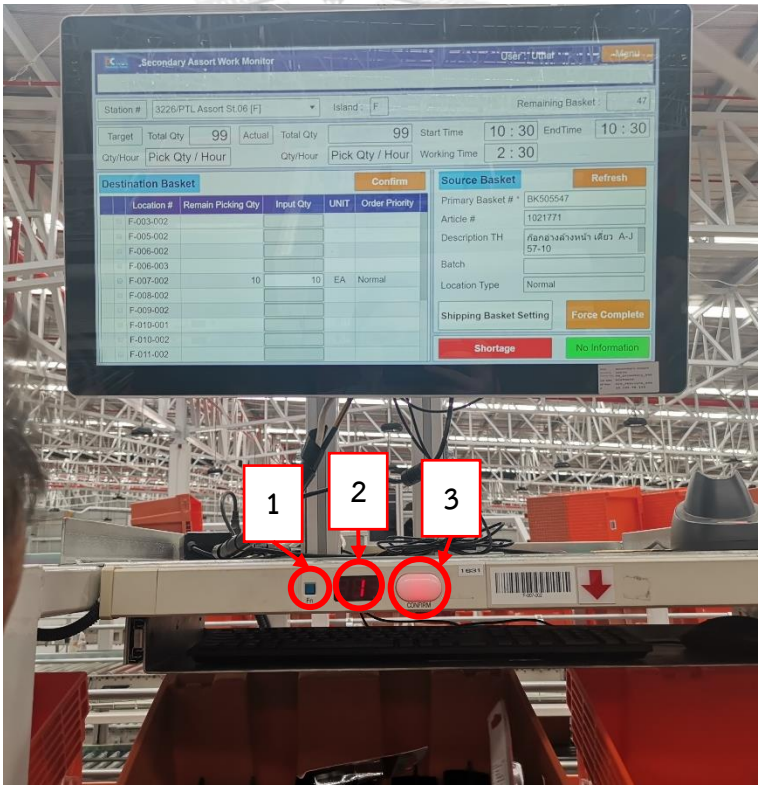


(ก.) หน้าจอแสดงจำนวนหยิบ (ข.) หน้าจอสั่งงานให้ส่งตะกร้าคืน

รูปที่ 3-18 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ณ สถานีงาน Primary Assorted

ต่อมาเมื่อพิจารณาสายพานในการนำตะกร้าเข้าพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า พบว่าสินค้าที่อยู่ในตะกร้ากระจายสินค้า จะมาจากสถานีงาน Secondary Assorted ซึ่งในตะกร้าจะไม่ได้มีเพียงสินค้า Put Away เท่านั้น แต่จะมีสินค้า Flow Through ร่วมด้วยในตะกร้าเดียวกัน โดยเมื่อตะกร้าของกลุ่มสาขาที่มาจาก Primary Assorted มาถึง พนักงานจะหยิบสินค้านั้น แยกลงตะกร้าของแต่ละสาขาตามความต้องการสินค้า ซึ่งจะแสดงจำนวน

บนหน้าจอ LED ดังรูปที่ 3-19 (หมายเลข 2) เมื่อหยิบตามจำนวนเสร็จสิ้นแล้วจะทำการกดปุ่ม Confirm ของสาขานั้น ๆ ดังรูปที่ 3-19 (หมายเลข 3) จนสินค้าในตะกร้าจาก Primary Assorted ชนิดนั้น ๆ หมดลง จะทำการ Confirm บนหน้าจอแสดงผล และนำตะกร้าเปล่านั้น ใส่สายพานเพื่อส่งกลับไปให้สถานีงาน Primary Assorted ได้หมุนเวียนใช้ต่อไป แต่หากตะกร้าของสาขาใดบรรจุสินค้ามากกว่า 80% พนักงานจะกดปุ่ม Function (หมายเลข 1) และกด Confirm (หมายเลข 3) เพื่อให้ตะกร้าเคลื่อนที่ผ่านสายพานไปเก็บที่ Shuttle Rack AS/RS ส่วนพนักงานจะยืนอยู่ประจำสถานีเพื่อหยิบสินค้าตะกร้าถัดไป



รูปที่ 3-19 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล และไฟจำนวนหยิบประจำสาขา ณ สถานีงาน Secondary

ดังนั้นส่วนลิฟต์ขาเข้าสู่ Shuttle Rack AS/RS ออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ ขาเข้าจากสถานีเติมสินค้า ขาเข้าจากสถานีงาน Primary Assorted (Return Basket) และขาเข้าจากสถานีงาน Secondary Assorted (Buffer Basket)

3.3.5.2. อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนลิฟต์ขาออกจาก Shuttle Rack AS/RS

ลิฟต์ขาออก มีการเชื่อมต่อสายพาน 2 จุด ดังรูปที่ 3-16 คือ สายพานในการนำตะกร้าออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ (ตำแหน่งที่ 3) และสายพานในการนำตะกร้าออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า (ตำแหน่งที่ 4)

เมื่อพิจารณาสายพานในการนำตะกร้าออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ ตะกร้าจะออกไปสู่สถานีงาน Primary Assorted เพื่อหยิบสินค้าโดยแยกตะกร้าตามกลุ่มสาขาตามความต้องการสินค้า ณ รอบนั้น ๆ และส่งต่อไปยังสถานีงาน Secondary Assorted ส่วนสายพานในการนำตะกร้าออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า จะเป็นการนำสินค้าออกจาก Shuttle Rack AS/RS เพื่อเตรียมการนำส่ง หรือการนำออกมาเพื่อทำ Palletization แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1. ตะกร้าของสาขานั้น ๆ ครบ 25 ตะกร้า ซึ่งจะได้พาเลทดังรูปที่ 3-20 (ก.)

2. จบกะการทำงานของสาขานั้น ๆ แม้จะยังไม่ครบ 25 ตะกร้า ก็จะนำตะกร้าของสินค้านั้นลงมาทำ Palletization รวมกันกับสินค้าขนาดอื่นที่ต้องส่งไปยังสาขาเดียวกัน หรือมีเท่าไหร่เท่านั้น ซึ่งจะได้พาเลทดังรูปที่ 3-20 (ข.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ก.) Palletization เฉพาะตะกร้าสินค้าขนาดเล็ก

(ข.) Palletization ร่วมกับสินค้าขนาดอื่น

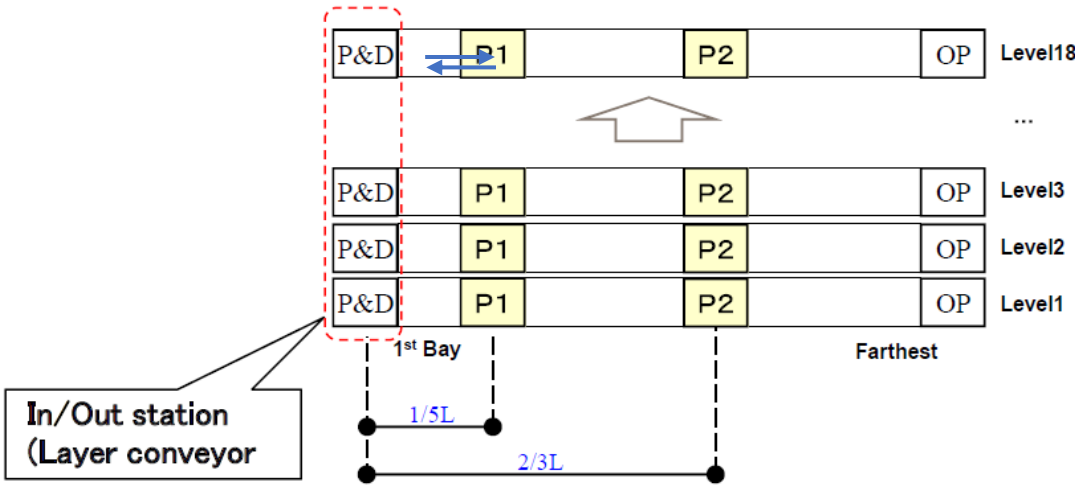
รูปที่ 3-20 ตัวอย่างการสร้างพาเลทเพื่อเตรียมการนำส่งสาขา

ดังนั้นส่วนลิฟต์ขาออกจาก Shuttle Rack AS/RS ออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ ขาออกเพื่อไปยังสถานีงาน Primary Assorted และขาออกเพื่อไปยังสถานีงาน Palletization

3.3.5.3. ยานพาหนะของ Shuttle Rack AS/RS

ยานพาหนะที่ติดตั้งอยู่ในแต่ละชั้นของ Shuttle Rack AS/RS ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตะกร้าในแนวนอน ระหว่างตำแหน่งจัดเก็บกับลิฟต์ในแนวดิ่ง โดย Cycle Time ของยานพาหนะของ Shuttle Rack ตามระเบียบของ JIS (Japanese Industrial Standards) คือ Store-IN 54.0 sec/cycle และ Store-OUT 54.0 sec/cycle ซึ่งขั้นตอนในการวัด Store-IN Cycle Time จะวัดตั้งแต่ยานพาหนะรับตะกร้าจาก Layer Conveyor จนถึงเมื่อยานพาหนะเดินเครื่องเปล่ากลับมายัง Layer Conveyor

ส่วนขั้นตอนในการวัด Store-OUT Cycle Time จะวัดตั้งแต่ยานพาหนะเดินเครื่องเปล่าจาก Layer Conveyor จนถึงเมื่อยานพาหนะนำตะกร้ากลับมายัง Layer Conveyor ดังรูปที่ 3-21



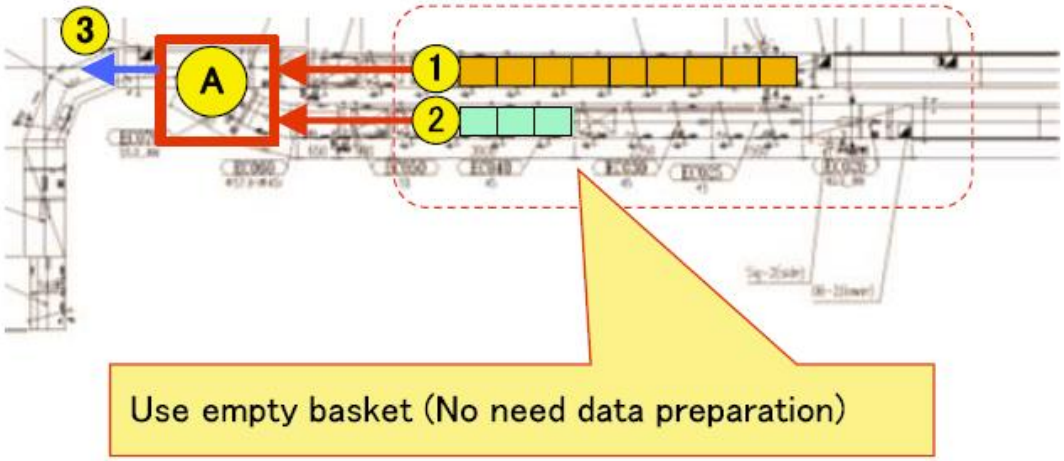
รูปที่ 3-21 ลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะของ Shuttle Rack AS/RS

3.3.5.4. ระบบสายพานซอร์ทเตอร์

สายพานสำหรับเคลื่อนที่ตะกร้าสินค้าขนาดเล็กของศูนย์กระจายสินค้า DC6 แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. สายพานลำเลียงตะกร้าในการทำ Primary Assort

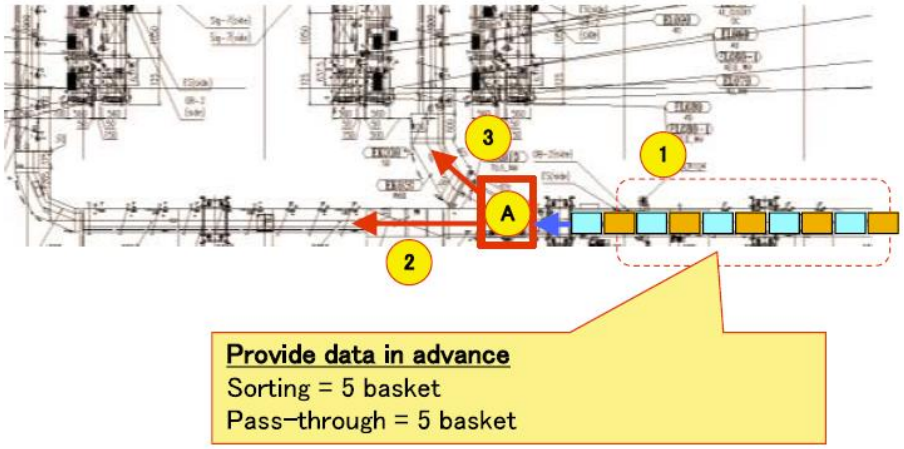
โดยรูปที่ 3-22 ตำแหน่งที่ 1 หมายถึง สายพานลำเลียงตะกร้าจาก FT-Primary Assorted, ตำแหน่งที่ 2 หมายถึง สายพานลำเลียงตะกร้าจาก PT-Primary Assorted, ตำแหน่ง A หมายถึง จุดรวมตะกร้าจาก 2 สายพานทั้ง PT และ FT ให้เป็นสายพานเดียว เพื่อส่งไปยังสายพานตำแหน่งที่ 3 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าไปยัง Secondary Assorted



รูปที่ 3-22 สายพานลำเลียงตะกร้าในการทำ Primary Assorted

2. สายพานลำเลียงตะกร้าในการทำ Secondary Assorted

โดยรูปที่ 3-23 ตำแหน่งที่ 1 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าที่ผ่านการทำ Primary Assorted แล้ว, ตำแหน่ง A หมายถึง เซนเซอร์สำหรับแยกตะกร้าว่าตะกร้านั้นต้องไปตามสายพานตำแหน่งที่ 2 หรือตำแหน่งที่ 3 ตามกลุ่มสาขาของตะกร้านั้น ๆ

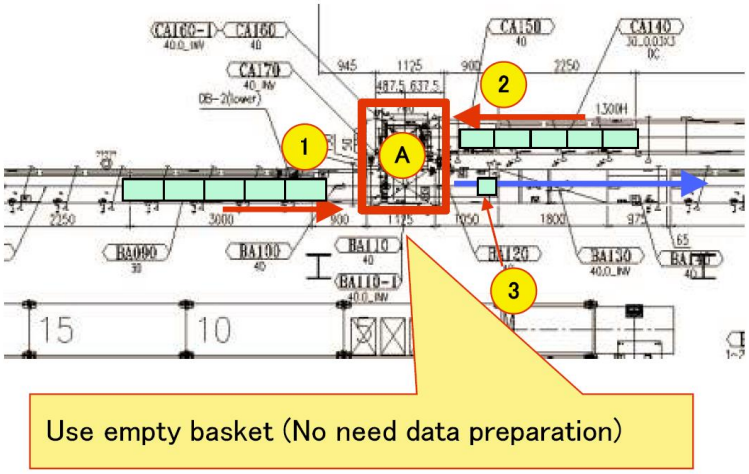


รูปที่ 3-23 สายพานลำเลียงตะกร้าในการทำ Secondary Assorted

3. สายพานลำเลียงตะกร้าจัดเก็บสินค้าไปยัง Shuttle Rack AS/RS

โดยจากรูปที่ 3-24 ตำแหน่งที่ 1 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าที่ถูกส่งกลับมาหลังทำ Primary Assort, ตำแหน่งที่ 2 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าที่ถูกส่งมาเติมจาก Picking AS/RS ตำแหน่ง A หมายถึง จุดรวมตะกร้าจาก 2 สายพานทั้ง PT Return และ PT Replenishment ให้เป็นสายพานเดียว เพื่อส่งไปยังสายพานตำแหน่งที่ 3 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าไปเก็บใน Shuttle Rack AS/RS

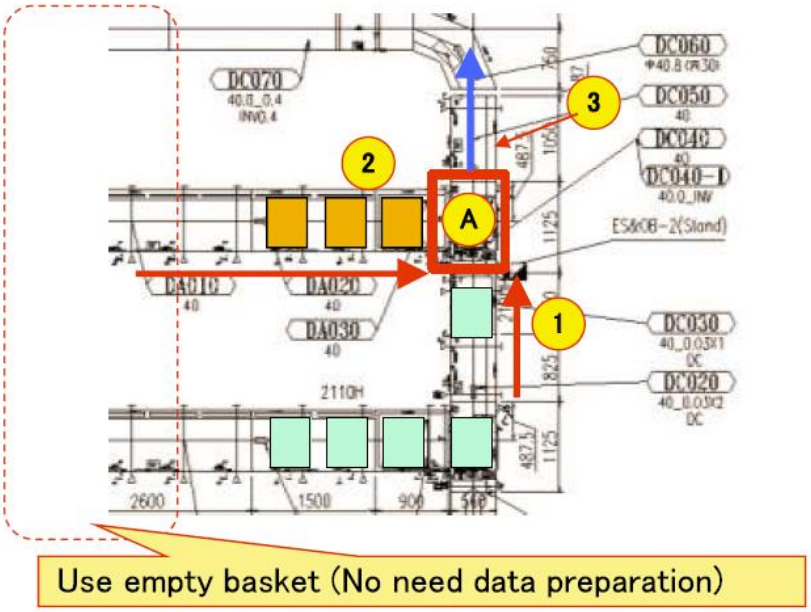
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3-24 สายพานลำเลียงตะกร้าจัดเก็บสินค้าไปยัง Shuttle Rack AS/RS

4. สายพานลำเลียงตะกร้าจาก Shuttle Rack AS/RS เพื่อไปทำ Primary Assorted

โดยจากรูปที่ 3-25 ตำแหน่งที่ 1 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าสินค้า PT จาก Aisle ที่ 1 ไปทำ Primary Assort, ตำแหน่งที่ 2 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าสินค้า PT จาก Aisle ที่ 2 ไปทำ Primary Assort, ตำแหน่ง A หมายถึง จุดรวมตะกร้าจาก 2 สายพานทั้ง PT Retrieval จาก Aisle 1 และ PT Retrieval จาก Aisle 2 ให้เป็นสายพานเดียว เพื่อส่งไปยังสายพานตำแหน่งที่ 3 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าเพื่อไปทำ Primary Assorted

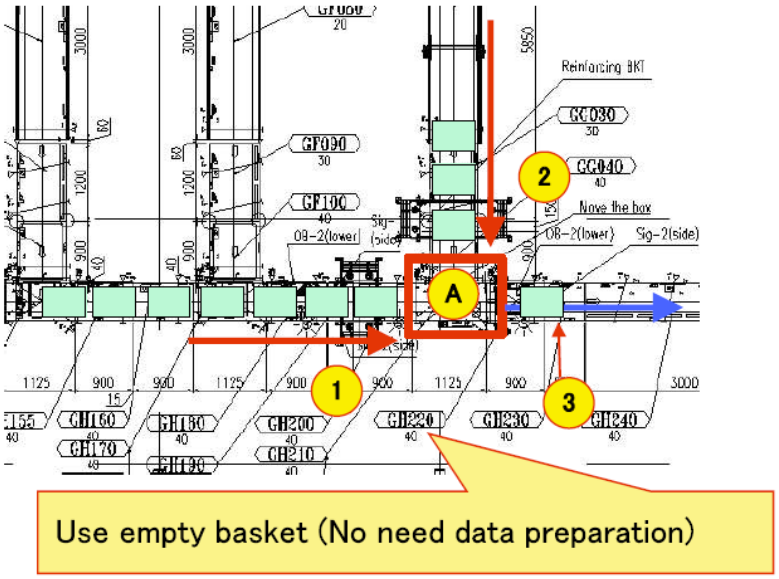


รูปที่ 3-25 สายพานลำเลียงตะกร้าจาก Shuttle Rack AS/RS เพื่อไปทำ Primary Assorted

5. สายพานลำเลียงตะกร้าจาก Secondary Assorted กลับไปยัง Shuttle Rack AS/RS

โดยจากรูปที่ 3-26 ตำแหน่งที่ 1, 2 หมายถึงสายพานที่ลำเลียงตะกร้าที่ทำ Secondary Assorted แล้วมารวมกันที่ตำแหน่ง A ให้เป็นสายพานเดียวและส่งไปยัง

สายพานตำแหน่งที่ 3 หมายถึง สายพานที่ลำเลียงตะกร้าไปเก็บใน Shuttle Rack AS/RS ส่วนจุดพักสินค้า



รูปที่ 3-26 สายพานลำเลียงตะกร้าจาก Secondary Assorted กลับไปยัง Shuttle Rack AS/RS

โดยสายพานแต่ละส่วนมีทรูพุต ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ทรูพุตของสายพานแต่ละส่วน

สายพาน	ทรูพุต (ตะกร้า/ชม.)	รอบเวลา (วินาที/ตะกร้า)
1	2,400	1.5
2	2,000	1.8
3	750	4.8
4	800	4.5
5	750	4.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยบริษัทกรณีศึกษาได้มีการทดสอบระบบ เพื่อหาทรูพุตของแต่ละส่วนงาน โดยแบ่งสถานีงาน ดังรูปที่ 3-27 และมีผลการทดสอบดังตารางที่ 3-2 ซึ่งแต่ละสถานีงานทำหน้าที่ดังนี้

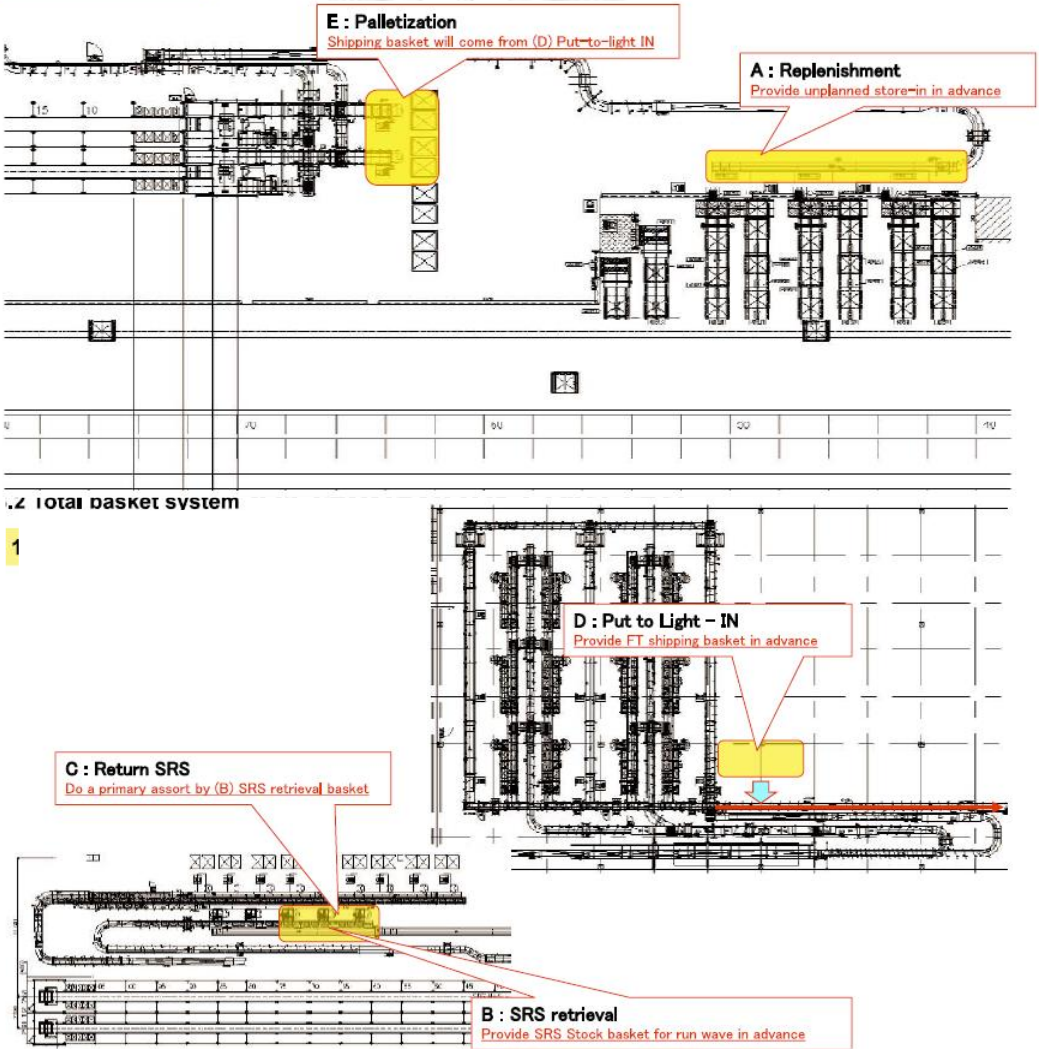
A: Replenishment - ตะกร้าที่ถูกเติมไปยัง Shuttle Rack AS/RS

B: SRS Retrieval - ตะกร้าที่นำออกจาก Shuttle Rack AS/RS เพื่อจัดสินค้าบริเวณ Primary Assort

C: Return SRS - ตะกร้าที่ถูกส่งคืน Shuttle Rack AS/RS เพื่อจัดเก็บ

D: Put to Light-IN - ตะกร้าที่ส่งกลับมายัง Shuttle Rack AS/RS ในส่วนของจุดพักสินค้าหลังจากทำ Secondary Assort แล้ว

E: Palletization - ตะกร้าที่ถูกนำออกจากจุดพักสินค้าบน Shuttle Rack AS/RS เพื่อนำไปทำ Palletize



รูปที่ 3-27 การแบ่งพื้นที่ในการทดสอบระบบของบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 3-2 ผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงานสำหรับสินค้าที่มีการหยิบเป็นชิ้น

	Unit	A	B	C	D	E
Spec	**tote/hr.**	53	211	119	280	280
Measure by each Function (Average all period)	**tote/hr. (Avg.)**	307	816	292	571	719
	%Measure/spec	579%	387%	245%	204%	257%
	No. of Workstation	3	2	3	12	2
	sec/tote/station	35.18	8.82	36.99	75.66	10.01
Measure All Function (Average at same time working)	**tote/hr. (Avg.)**	270	660	270	500	300
	%Measure/spec	509%	313%	227%	179%	107%
	No. of Workstation	3	2	3	12	2
	sec/tote/station	40.00	10.91	40.00	86.40	24.00

จากตารางที่ 3-2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระบบทำงานเต็มรูปแบบ สถานีงาน A และ C เป็นสถานีงานที่เกิดคอขวดของระบบ (Bottle Neck) ซึ่งทั้งสองสถานีงานเป็นส่วนของการนำตะกร้าเข้าเก็บใน Shuttle Rack AS/RS ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและออกแบบนโยบายการทำงานของ VLM หรือลิฟต์ที่ติดตั้งในแนวดิ่งของอุปกรณ์ Shuttle Rack AS/RS ซึ่งเป็นคอขวดของระบบ

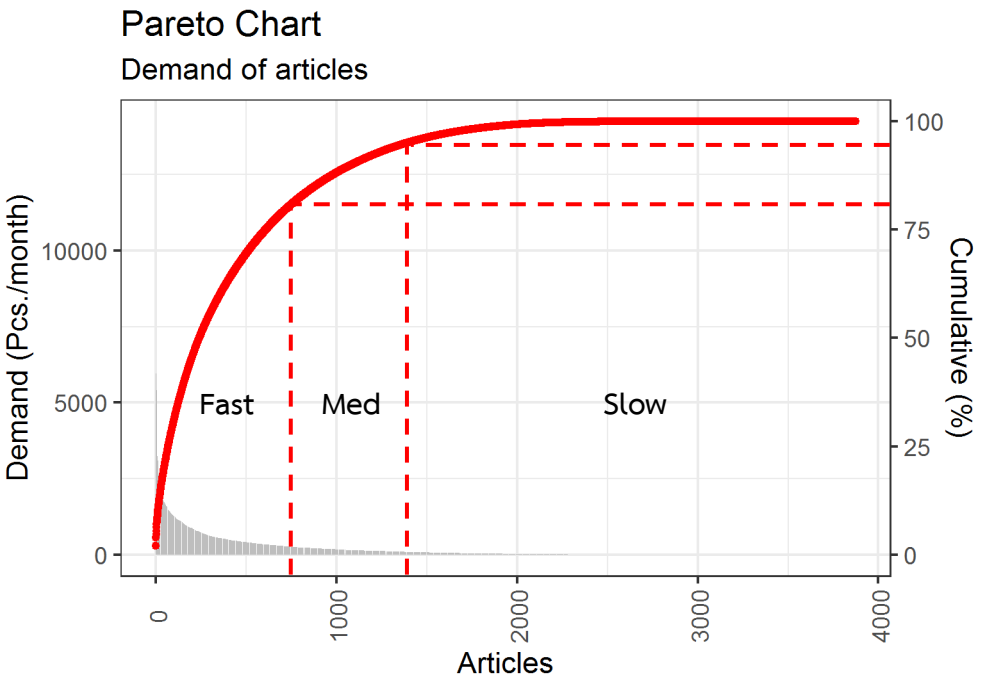
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3.6. ข้อมูลของสินค้าขนาดเล็กภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาและออกแบบกระบวนการทำงานสำหรับสินค้าที่มีการหยิบเป็นชิ้นที่มีการใช้ตะกร้าในการบรรจุสินค้าเท่านั้น ซึ่งสินค้าแต่ละชนิดจะมีขนาดของสินค้า และความต้องการสินค้าที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลของสินค้าเฉพาะสินค้าที่สามารถบรรจุลงในตะกร้าได้มาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อแบ่งกลุ่มสินค้าตามขนาดและความต้องการของสินค้า โดยใช้หลักการพาเรโต (Pareto’s Method) เป็นเครื่องมือในการแบ่งกลุ่มสินค้าสำหรับการจำลองสถานการณ์

3.3.6.1. การแบ่งกลุ่มสินค้าขนาดเล็ก

.ในการแบ่งกลุ่มสินค้าตามความต้องการของสินค้า ผู้วิจัยพิจารณาความต้องการสินค้าจากสาขาและความต้องการสินค้าจากลูกค้าร่วมกัน โดยแบ่งกลุ่มสินค้าจากปริมาณความต้องการสินค้าตามหลักการพาเรโตที่ให้ความสำคัญในสินค้าจำนวนน้อย แต่มีอัตราการหมุนเวียนของสินค้าสูง โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังรูปที่ 3-28 ได้แก่ สินค้าที่มีความเคลื่อนไหวเร็ว (Fast Moving) หมายถึงสินค้าขายดี มีความต้องการสินค้าสูง คิดเป็น 80% ของปริมาณความต้องการสินค้า, สินค้าที่มีความเคลื่อนไหวปานกลาง (Medium Moving) หมายถึงสินค้าที่ขายดีรองลงมา มีความต้องการสินค้าปานกลาง คิดเป็น 15% ของปริมาณความต้องการสินค้า และสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวช้า (Slow Moving) หมายถึงสินค้าที่มีความต้องการสินค้าต่ำ คิดเป็น 5% ของปริมาณความต้องการสินค้า ดังตารางที่ 3-3



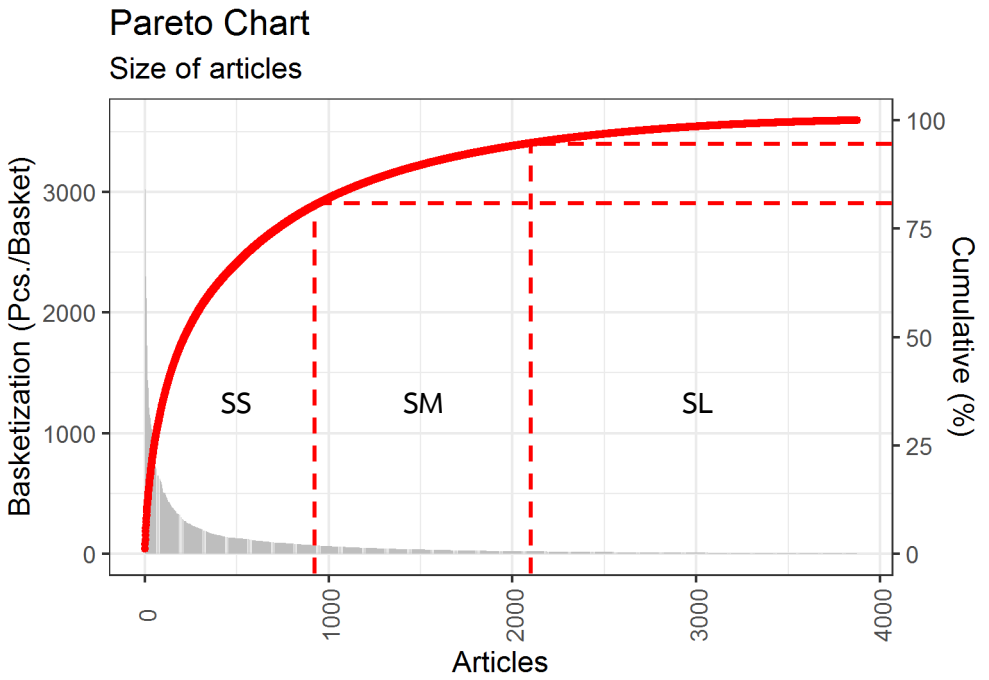
รูปที่ 3-28 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักการพาเรโต

ตารางที่ 3-3 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักการพาเรโต

ประเภทสินค้า	ความต้องการสินค้า (%)	ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้า (ชิ้น/เดือน)	จำนวนสินค้า
Fast	80%	More Than 270	728
Medium	15%	90 - 270	663
Slow	5%	Less Than 90	2,483
	รวม		**3,874**

ส่วนการแบ่งกลุ่มสินค้าตามขนาดของสินค้านั้น เมื่อพิจารณาตามนโยบายของบริษัทกรณีศึกษา ตะกร้า 1 ตะกร้า ต้องบรรจุสินค้าตั้งแต่ 3 ชิ้นขึ้นไป และต้องใช้พื้นที่ตะกร้าไม่ต่ำกว่า 70% หรือเท่ากับ 45,300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาเฉพาะสินค้าที่สามารถบรรจุลงตะกร้าได้มากกว่า 3 ชิ้น โดยแบ่งกลุ่มขนาดสินค้าตามหลักการพาเรโตดังรูปที่ 3-29 ได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ขนาด SS หมายถึงสินค้าขนาดเล็กที่สามารถบรรจุลงตะกร้าได้มากกว่า 70 ชิ้น, ขนาด SM หมายถึงสินค้าขนาดเล็กที่สามารถบรรจุลงตะกร้าได้ตั้งแต่ 18 – 70 ชิ้น และขนาด SL หมายถึงสินค้าขนาดเล็กที่สามารถบรรจุลงตะกร้าได้ตั้งแต่ 3 – 18 ชิ้น ดังตารางที่ 3-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3-29 การแบ่งขนาดของสินค้าตามหลักการพาเรโต

ตารางที่ 3-4 การแบ่งขนาดของสินค้าตามหลักการพาเรโต

ขนาดสินค้า	ปริมาณสินค้า (%)	ปริมาณสินค้าที่สามารถจัดเก็บในตะกร้า (ชิ้น/ตะกร้า)	จำนวนสินค้า
SS	80%	มากกว่า 70	907
SM	15%	18 - 70	1,238
SL	5%	3 - 18	1,729
	รวม		**3,874**

เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างขนาดของสินค้า และความต้องการของสินค้า สามารถแบ่งสินค้าออกได้เป็น 9 ประเภท ดังตารางที่ 3-5 ซึ่งแสดงจำนวน SKU และค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้าในแต่ละเดือนของสินค้าที่ออกศูนย์กระจายสินค้าในสินค้าแต่ละประเภท

ตารางที่ 3-5 จำนวน SKU ของสินค้า เมื่อแบ่งตามขนาดและความต้องการของสินค้า

ขนาดสินค้า	พารามิเตอร์	ประเภทของความต้องการสินค้า		
		Fast	Medium	Slow
SS	จำนวนสินค้า	234	132	541
	% ชนิดสินค้า	6.04%	3.41%	13.96%
	ปริมาณสินค้าออก (ชิ้น/เดือน)	1034.78	169.62	12.09
SM	จำนวนสินค้า	225	230	783
	% ชนิดสินค้า	5.81%	5.94%	20.21%
	ปริมาณสินค้าออก (ชิ้น/เดือน)	691.42	168.16	14.67
SL	จำนวนสินค้า	269	301	1,159
	% ชนิดสินค้า	6.94%	7.77%	29.92%
	ปริมาณสินค้าออก (ชิ้น/เดือน)	666.74	156.90	15.61

3.3.6.2. รูปแบบการเติมสินค้าขนาดเล็กใน Shuttle Rack AS/RS

พื้นที่ส่วนหนึ่งของ Shuttle Rack AS/RS เป็นพื้นที่สำหรับการจัดเก็บสินค้า Put Away เพื่อเป็นสินค้าพร้อมหยิบเป็นชิ้น ซึ่งเมื่อสินค้าถูกหยิบไปแล้ว จึงต้องมีการนำสินค้าจาก Picking AS/RS มาเติมในตะกร้า ซึ่งสินค้าแต่ละชนิดมีขนาดไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 3-6 ดังนั้นตะกร้าของสินค้าที่ต่างชนิดกันจะมีจำนวนสินค้าที่ต่างกัน ซึ่งเป็นตัวอย่างสินค้าที่จะถูกจัดเก็บบน Shuttle Rack AS/RS

ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างสินค้าที่มีการจัดเก็บบน Shuttle Rack AS/RS

Article	Description	Volume per pack	Pack Size (EA)	#Pack
1016925	ที่รองแก้ว PVC ROSE ขาว (1x4)	480	12	94
1016926	ที่รองแก้ว PVC ROSE เขียว(1x4)	480	12	94
1097686	ที่รองแก้ว EVA ROSE ครีม	480	12	94
1097698	ที่รองแก้ว EVA ROSE เทา	480	12	94
1097742	ที่รองแก้ว EVA ROSE น้ำเงิน	480	12	94
192234	สายรวบม่าน JTB1-1 น้ำตาล HLS	520	5	87
1006451	สายรวบม่าน PIPPA-R เงิน HLS	520	5	87

เมื่อพิจารณาตัวอย่างสินค้าดังตารางที่ 3-6 สินค้า 1016925 ที่รองแก้ว PVC มีปริมาตร 480 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อแพ็ค ดังนั้น 1 ตะกร้าต้องจัดเก็บประมาณ 94 แพ็ค ส่วนสินค้า 1086016 เครื่องบดสับอาหาร มีปริมาตร 828 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชิ้น ดังนั้น 1 ตะกร้าต้องจัดเก็บประมาณ 54 ชิ้น อีกทั้งในการนำสินค้าไปเติมใน Shuttle Rack AS/RS ต้องเติมสินค้าจนหมดกล่อง เนื่องจากไม่สามารถจัดเก็บสินค้าเป็นชิ้นบนพาเลทได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะกำหนดรูปแบบในการเติมสินค้านำตะกร้าใน Shuttle Rack AS/RS เพื่อให้เป็นสินค้าพร้อมหยิบ โดยใช้ระบบการเติมสินค้าแบบ Fixed-Order Quantity Model หรือ (r, Q) เป็นการจัดการสินค้าคงคลังแบบสองระดับ กล่าวคือเมื่อสินค้าลดลงอยู่ในระดับที่น้อยกว่าหรือเท่ากับจุดเติมสินค้า (Reorder Point) โดยจะเติมในปริมาณเท่ากับจำนวนที่กำหนด (Order Quantity) เป็นจำนวนกล่อง เนื่องจากเติมสินค้าเป็นชิ้น อาจไม่หมดกล่องจะทำให้เหลือเศษเป็นชิ้น ซึ่งไม่สามารถจัดเก็บสินค้าเป็นชิ้นที่เหลืออยู่บน Picking AS/RS ได้ จึงต้องกำหนดจำนวนที่เติมสินค้าเป็นจำนวนกล่อง เช่น สินค้า A บรรจุในกล่อง 80 ชิ้น/กล่อง และ

สามารถบรรจุลงตะกร้าได้ 25 ชิ้น/ตะกร้า โดยกำหนดค่าระดับสินค้าคงคลังต่ำที่สุดเป็น 25 ชิ้น และจะเติมสินค้าครั้งละ 1 กล่อง เมื่อทำการหยิบสินค้าเสร็จสิ้น จะทำให้มีสินค้า A เหลือใน Shuttle Rack AS/RS อยู่ที่ 23 ชิ้น ใน 1 ตะกร้า ระบบจะทำการเติมสินค้าจาก Picking AS/RS จำนวน 1 กล่อง ส่งผลให้มีสินค้า A จำนวน 103 ชิ้น ใน 5 ตะกร้า ดังรูปที่ 3-30 ซึ่งตะกร้าสุดท้ายมีสินค้าเพียง 5 ชิ้นในทุกครั้งที่มีการเติมสินค้า ดังนั้นหากมีหลาย SKU ที่มีการเติมแบบไม่เต็มตะกร้าดังตัวอย่าง อาจทำให้พื้นที่ในการจัดเก็บไม่เพียงพอ

รูปที่ 3-30 ตัวอย่างการเติมสินค้าบน Shuttle Rack AS/RS

3.3.7. เงื่อนไขในการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

ศูนย์กระจายสินค้า DC6 มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อทำการจัดส่งสินค้าตามความต้องการ 2 ส่วน ได้แก่

1. สินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าส่งให้กับทางสาขา มีการแบ่งช่วงเวลาในการทำงานออกเป็น 3 รอบการทำงาน โดยทำงานกะละ 9 ชั่วโมง คือ

- Wave 1: 06:00 - 15:00 น.
- Wave 2: 14:00 - 23:00 น.
- Wave 3: 22:00 - 07:00 น.

ในการเลือกสาขาสำหรับแต่ละกะการทำงานจะเลือกสาขาตามระยะทางการจัดส่ง (สาขาในกรุงเทพฯ/สาขาต่างจังหวัด) เพื่อจัดสินค้าให้เสร็จทันส่งไปสาขาในเวลาที่สาขาปิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทำการ รวมทั้งเลือกสาขาเพื่อให้อุปกรณ์ในศูนย์กระจายสินค้าทำงานอย่างสมดุลกัน (Balance Workload)

2. สินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าส่งถึงลูกค้าโดยตรง (DS) จะมีช่วงเวลาในการจัดสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า คือ 19:00 - 02:00 น. (7 ชั่วโมง) เพื่อให้สินค้าสามารถถึงลูกค้าในเวลาเช้าของวันถัดไป

3.3.7.1. การทำงานในแต่ละกะการทำงาน

การทำงานในแต่ละกะการทำงาน มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. การจัดการข้อมูล รวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าที่จะต้องจัดส่งในรอบนั้น ๆ
2. การหยิบสินค้าตามความต้องการสินค้าในแต่ละรอบ
3. การนำสินค้าไปแพ็ค เพื่อความสะดวกในการจัดส่ง
4. การจัดส่งสินค้า

โดยสามารถแสดงเวลาในแต่ละขั้นตอน ได้ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 เวลาการทำงานในแต่ละกะการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Wave	Run Wave Time	Data		Picking		Pooling		Shipping	
		Start	End	Start	End	Start	End	Start	End
1	**6:00**	6:00	7:00	7:00	15:00	8:00	16:00	9:00	17:00
2	**14:00**	14:00	15:00	15:00	23:00	16:00	0:00	17:00	1:00
3	**22:00**	22:00	23:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
DS	**19:00**	19:00	20:00	20:00	2:00	21:00	3:00	22:00	4:00

3.4. แนวทางการออกแบบระบบ

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาได้มีการลงทุนนำระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติมาใช้ในการดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าร่วมกับการขยายศูนย์กระจายสินค้าในโซน DC6 โดยในปัจจุบันศูนย์กระจายสินค้าในโซน DC6 ดำเนินงานตามหลักการทำงานจากที่ผู้ขายอุปกรณ์เสนอแนวทางการทำงานให้กับทางบริษัทกรณีศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงอ้างอิงการทำงานของระบบในปัจจุบันมาใช้ในการออกแบบการทำงาน โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บและเรียกคืนอัตโนมัติจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของนโยบายที่ใช้กับพฤติกรรมของสินค้าขนาดเล็ก ผู้วิจัยจึงแบ่งแนวทางการออกแบบระบบออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

3.4.1. รูปแบบนโยบายในการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM

Shuttle Rack AS/RS สามารถทำการจัดเก็บได้ทั้งสิ้น 7,920 ตะกร้า โดยมีการใช้งาน 2 ส่วน ในอุปกรณ์เดียวกัน ได้แก่ การใช้งานสำหรับการจัดเก็บสินค้า Put Away เพื่อเป็นสินค้าพร้อมหยิบเป็นชิ้น และการใช้งานสำหรับเป็นจุดพักสำหรับสินค้าที่ทำการแยกสาขาแล้ว เพื่อรอให้ครบ 25 ตะกร้า แล้วนำส่งไปยังสาขา

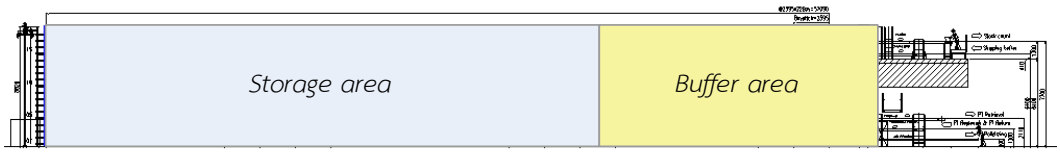
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบการจัดสรรพื้นที่สำหรับ Shuttle Rack AS/RS โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วน และแบ่งพื้นที่เป็น 3 ส่วน

3.4.1.1. แบ่งพื้นที่ Shuttle Rack เป็น 2 ส่วน

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาแบ่งพื้นที่ Shuttle Rack ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ และพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า ดังรูปที่ 3-31 โดยในการใช้งานจะใช้วิธีการจัดเก็บแบบการจัดเก็บแบบตามอัตราการหมุนเวียน (Full Turnover-Based Storage) ซึ่งจะกำหนดตำแหน่งของการจัดเก็บตามอัตราการหมุนเวียนของสินค้านั้น ดังนั้น

จึงกำหนดให้ตะกร้ากระจายสินค้าจะเป็นสินค้าที่อยู่ใกล้จุดออกจากระบบ เนื่องจากมีอัตราการหมุนเวียนเร็วที่สุด



รูปที่ 3-31 มุมมองด้านข้างของระบบ Shuttle Rack AS/RS ของบริษัทกรณีศึกษา

โดย Worst-Case Scenario ของอุปกรณ์ คือ วิธีการทำงานที่อ้างอิงจากหลักการทำงานที่ผู้ขายอุปกรณ์เสนอแนวทางการทำงานให้กับทางบริษัทกรณีศึกษา โดยการเตรียมพื้นที่สำหรับเป็นจุดพักสินค้าเป็น 25 เท่าของจำนวนสาขา หรือคิดเป็น 2,500 ตะกร้า แต่เมื่อพิจารณาการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นการหยิบแบบ Wave Picking โดยแบ่งสาขาออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละประมาณ 30 – 40 สาขา ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องมีพื้นที่สำหรับจุดพักสินค้ามากถึง 2,500 ตะกร้า ดังตัวอย่างในตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ Shuttle Rack เป็น 2 ส่วน

กรณี	พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ	พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า
1	5,420	2,500
2	6,920	1,000

เมื่อพิจารณาตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ Shuttle Rack เป็น 2 ส่วน ในตารางที่ 3-8 พบว่า

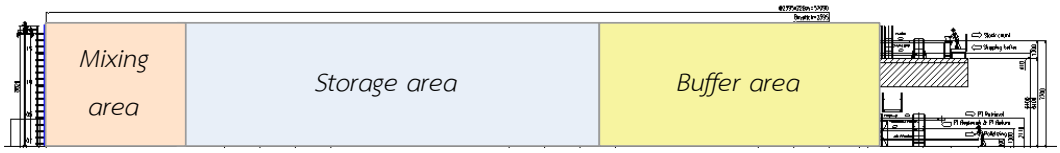
- กรณีที่ 1 หรือ Worst-Case นั้น จะไม่มีการเกิดบล็อกกิ้งของระบบเลย แต่จะมีพื้นที่ว่างตลอดเวลา เนื่องจากในการทำงานปกติจะแบ่งสาขาตาม Wave ซึ่งจะทำให้ไม่มีกรณีที่หยิบสินค้า Put-Away พร้อมกันทั้ง 100 สาขา

- กรณีที่ 2 คือ การเตรียมพื้นที่พักสินค้าเป็น 25 เท่าของ 40 สาขา หรือจำนวนสาขาต่อ 1 กะการทำงาน หรือ 1,000 ตะกร้า อาจเกิดกรณีที่พื้นที่สำหรับพักสินค้าไม่เพียงพอ เนื่องจากในแต่ละกะการทำงาน ไม่ได้มีเพียงการหยิบสินค้า Put-Away ตาม Wave ที่จัดไว้ แต่จะมีการทำครอส-ด๊อกกิ้งค์ของสินค้า Flow Through ด้วย ดังนั้นหากเตรียมไว้เพียง 1,000 ที่ ตามจำนวน 25 เท่าของสาขาในกลุ่มนั้นอาจจะ ส่งผลให้เกิดบล็อกกิ้งของระบบ กล่าวคือตะกร้าสินค้าจากบริเวณ Secondary Assorted จะไม่ได้มีเพียงตะกร้าสาขาตาม Wave ที่จัดไว้เท่านั้น ดังนั้นจะทำให้มีตะกร้าไม่สามารถเข้ามาเก็บในจุดพักสินค้าได้ และต้องใช้เวลาจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น พนักงานต้องแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้งโดยการสั่งงานแบบแมนวล ให้นำสินค้าที่ใกล้ถึงรอบส่งลงมาก่อน แม้สินค้าจะยังไม่ครบ 25 ตะกร้าตามที่กำหนด โดยในการเกิดบล็อกกิ้งแต่ละครั้งจะใช้เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมงในการแก้ปัญหา จะทำให้ใช้ระยะเวลารวมในการทำงานสูง แต่ในกรณีนี้อรรถประโยชน์ของการใช้พื้นที่จุดพักสินค้าจะสูงเช่นกัน เนื่องจากจุดพักสินค้าจะเต็มหรือเกือบเต็มอยู่ตลอดเวลา

3.4.1.2. แบ่งพื้นที่ Shuttle Rack เป็น 3 ส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การแบ่งพื้นที่ Shuttle Rack ออกเป็น 3 ส่วน สามารถแบ่งได้เป็น พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า และพื้นที่ใช้ร่วมกันระหว่างตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้า (Mixing Area) ดังรูปที่ 3-32 กล่าวคือเป็นพื้นที่สำรองหากพื้นที่จัดเก็บสินค้าหรือพื้นที่พักสินค้าเต็มแล้ว จึงจะสามารถใช้พื้นที่ส่วนนี้ได้ ซึ่งจะช่วยลดโอกาสการเกิดบล็อกกิ้งได้ รวมทั้งยังใช้พื้นที่ของ Shuttle Rack AS/RS ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยจะใช้รูปแบบการจัดเก็บเป็นการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มสินค้า (Class-Based Storage) หมายถึงการจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บของกลุ่มสินค้า โดยแบ่งตามอัตราการหมุนเวียนของกลุ่มสินค้านั้น



รูปที่ 3-32 แนวคิดที่จะแบ่งพื้นที่ Shuttle Rack AS/RS เป็น 3 ส่วน

โดยกำหนดให้พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าเป็น Class A ส่วนพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บเป็น Class B และพื้นที่สำหรับใช้ร่วมกันเป็น Class C ซึ่งรูปแบบการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มจะทำให้มีอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่และระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะอยู่ระหว่างการจัดเก็บแบบสุ่ม และการจัดเก็บแบบกำหนดพื้นที่ตายตัว

ดังนั้นนโยบายในการแบ่งพื้นที่ จะต้องมีการเทรดออฟระหว่างระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะ และระยะเวลาในการแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้ง โดยการแบ่งพื้นที่เป็นสองส่วน ระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้งจะเปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของตะกร้า โดยหากสัดส่วนพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าสูง ระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้งจะต่ำ แต่จะมีระยะเวลาการเดินทางของยานพาหนะสูงขึ้นจากการที่ตะกร้าจัดเก็บสินค้าอยู่ห่างจากลิฟต์ แต่หากสัดส่วนพื้นที่กระจายสินค้าต่ำ ระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้งจะสูง ส่วนระยะเวลาการเดินทางของยานพาหนะจะต่ำลงจากการที่ตะกร้ากระจายสินค้าอยู่ใกล้ลิฟต์มากขึ้น ส่วนการแบ่งพื้นที่เป็นสามส่วนหากมีสัดส่วนของพื้นที่ที่เหมาะสมจะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะไปตำแหน่งของตะกร้าจัดเก็บสินค้าสั้นลง ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจึงต่ำลง และลดโอกาสในการเกิดบล็อกกิ้งของระบบ เนื่องจากมีการใช้พื้นที่ร่วมกันระหว่างตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2. รูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า

เมื่อถึงรอบการเบิกสินค้าของแต่ละกลุ่มสาขา ตะกร้าจะถูกนำออกมารวมกับ FT(S) บริเวณ Primary Assort เพื่อทำการหยิบสินค้าแบบ Wave Picking แยกตะกร้าตามกลุ่มสาขา โดยแบ่งออกเป็นเกาะ (Islands) จากนั้นจะส่งตะกร้าของสินค้าที่แยกตามกลุ่มสาขาแล้วไปยังบริเวณ Secondary Assort เพื่อทำการหยิบแบบ Put-to-Light แยกตามสาขา และส่งกลับไปยังจุดพักสินค้าใน Shuttle Rack AS/RS เพื่อการรอนำส่ง

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบรูปแบบในการนำตะกร้าออกจากพื้นที่จัดเก็บมายังบริเวณ Primary Assort เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ Shuttle Rack AS/RS โดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

3.4.2.1. First-In-First-Out (FIFO)

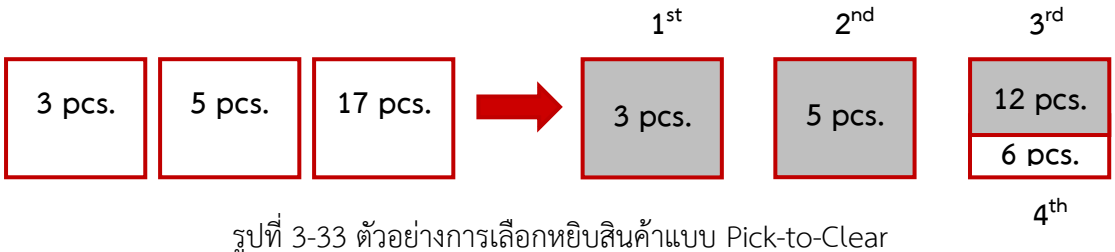
การหยิบแบบ FIFO เป็นระบบการหยิบสินค้าที่เข้าก่อนออกก่อน มีแนวคิดเป็นไปตามการค้าโดยปกติที่บริษัทมักจะต้องการขาย หรือใช้ของเก่าก่อน

3.4.2.2. Pick-to-Clear

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหยิบแบบ Pick-to-Clear เป็นระบบการหยิบที่ทำให้ไม่เหลือเศษอยู่ที่ตะกร้าในตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งการจัดเก็บสินค้าแบบไม่เต็มตะกร้า จะส่งผลให้มีตะกร้าสินค้าเป็นเศษอยู่บนชั้นวาง จึงมีการใช้พื้นที่จัดเก็บมากเกินความจำเป็น และจะทำให้พื้นที่การจัดเก็บไม่เพียงพอในอนาคต เช่น เมื่อมีความต้องการสินค้า 19 ชิ้น โดยสินค้าอยู่ในตะกร้า 3 ตะกร้า ดังรูปที่ 3-33 ระบบจะเลือกตะกร้าที่มี 3 ชิ้น และตะกร้าที่มี 5 ชิ้นก่อน และขาดอีก 11 ชิ้น ระบบจึงนำตะกร้าที่มี 17 ชิ้นลงมาเพื่อหยิบจำนวน 11 ชิ้น และนำจำนวน 6 ชิ้นขึ้นไปเก็บ เนื่องจากต้องการทำให้การจัดเก็บสินค้าแบบไม่เต็มตะกร้ามีน้อยที่สุด จึงเลือกหยิบสินค้าเป็น

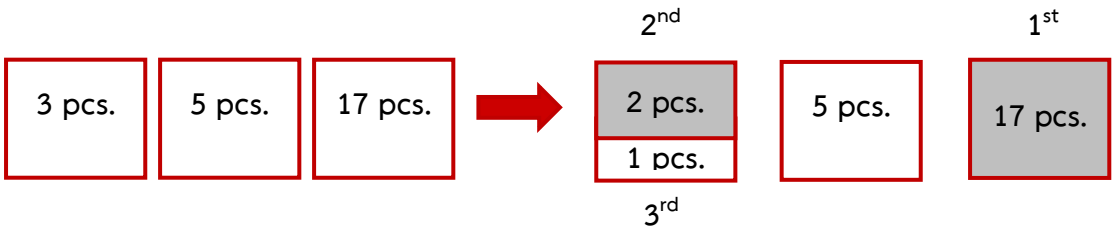
เศษก่อน เมื่อทำตามเงื่อนไขนี้จะมีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอยู่ที่ 4 ครั้ง คือ การหยิบ 3 ครั้ง และจัดเก็บ 1 ครั้ง และเหลือสินค้า 6 ชิ้นบรรจุอยู่ใน 1 ตะกร้าบน Shuttle Rack



รูปที่ 3-33 ตัวอย่างการเลือกหยิบสินค้าแบบ Pick-to-Clear

3.4.2.3. Pick-at-Most

การหยิบแบบ Pick-at-Most เป็นระบบการหยิบที่จะเลือกตะกร้าที่มีจำนวนสินค้าที่เหลืออยู่ใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดจำนวนรอบในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เช่น เมื่อมีความต้องการสินค้า 19 ชิ้น โดยสินค้าอยู่ในตะกร้า 3 ตะกร้าดังรูปที่ 3-34 ระบบจะเลือกตะกร้าที่มี 17 ชิ้น ก่อน และขาดอีก 2 ชิ้น ระบบจะเลือกตะกร้าที่มี 3 ชิ้นลงมาเพื่อหยิบจำนวน 2 ชิ้น เนื่องจาก 17 ชิ้นเป็นจำนวนที่ใกล้เคียง 19 มากที่สุด และตะกร้าที่มี 3 ชิ้นก็เป็นจำนวนที่ใกล้เคียง และเพียงพอในการหยิบ 2 ชิ้น เมื่อทำตามเงื่อนไขนี้จะมีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอยู่ที่ 3 ครั้ง โดยเป็นการหยิบ 2 ครั้ง และจัดเก็บ 1 ครั้ง และเหลือสินค้า 6 ชิ้นบรรจุอยู่ใน 2 ตะกร้าบน Shuttle Rack



รูปที่ 3-34 ตัวอย่างการเลือกหยิบสินค้าแบบ Pick-at-Most

ดังนั้นในการเลือกรูปแบบในการหยิบสินค้าทั้ง 3 รูปแบบ จะต้องมีการเทรดออฟกันระหว่างจำนวนตะกร้าที่เหลืออยู่หลังจากทำการหยิบและจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยรูปแบบ Pick-to-Clear จะทำให้จำนวนตะกร้าที่เหลืออยู่หลังจากทำการหยิบแล้วต่ำ เนื่องจากเป็นการหยิบตะกร้าสินค้าที่เป็นเศษอยู่บนชั้นวาง แต่จากการที่นำตะกร้าที่เป็นเศษออกมาหยิบ ทำให้อาจต้องเคลื่อนที่นำตะกร้าออกมาหลายครั้ง ส่วนรูปแบบ Pick-at-Most จะทำให้จำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะต่ำ เนื่องจากเป็นการเลือกตะกร้าที่มีจำนวนสินค้าที่เหลืออยู่ใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด แต่อาจทำให้เหลือเศษอยู่ในหลายตะกร้า และเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บส่งผลให้พื้นที่จัดเก็บไม่เพียงพอได้

ในส่วนถัดไปเป็นการสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับจำลองการทำงานของระบบ Shuttle Rack AS/RS ของบริษัทกรณีศึกษา โดยใช้โปรแกรม R/RStudio [14] เพื่อกำหนดสัดส่วนปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้า และกำหนดนโยบายในการหยิบสินค้าสำหรับสินค้าขนาดเล็กในศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้านกรณีศึกษา ซึ่งการประเมินผลงานวิจัยนี้วัดผลการจำลองสถานการณ์จากระยะเวลารวมของการทำงานในแต่ละกะการทำงาน และอรรถประโยชน์ในการใช้พื้นที่ Shuttle Rack AS/RS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยสถานการณ์ (Scenario) ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์นโยบายทั้ง 2 รูปแบบร่วมกัน โดยนโยบายในการจัดสรรพื้นที่สำหรับ Shuttle Rack AS/RS จะกำหนดค่าต่ำสุด (Lower Bound) และค่าสูงสุด (Upper Bound) สำหรับพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าที่มีความเป็นไปได้ และจะเปลี่ยนค่าในแบบจำลองครั้งละ 2 แถว หรือคิดเป็น 144 ตะกร้า แทนที่จะเป็น 100 ตะกร้าตามจำนวนสาขาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เนื่องจาก 1 แถว คิดเป็น 72 ตะกร้า การกำหนดเป็นจำนวน 100 ตะกร้าจะทำให้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง แต่หากเปลี่ยนค่าครั้ง

ละ 1 แถว จะไม่เพียงพอกับจำนวน 100 สาขาที่เตรียมพื้นที่ไว้สำหรับสินค้า FT ที่มีการจัดสินค้าตลอดเวลาไม่ตรงตาม Wave ของสาขา ส่วนรูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้าในการจำลองสถานการณ์นี้จะมี 3 ระดับ ตามแนวทางในการเลือกหยิบตะกร้า เพื่อหาผลคำตอบสำหรับงานวิจัย โดยผลการกำหนดสัดส่วนปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าในศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้านกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปหากจำนวนสาขาของธุรกิจกรณีศึกษามีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4

การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้เป็นการดำเนินการวิจัย ผ่านการสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับสินค้าขนาดเล็กของศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้านกรณีศึกษา และวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ เนื่องจากการจำลองสถานการณ์จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงในสถานการณ์จริง รวมถึงลดเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของแต่ละสถานการณ์สำหรับการนำผลมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยผู้วิจัยจะนำเสนอการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM โดยอ้างอิงหลักการทำงานของอุปกรณ์จากการทำงานในปัจจุบัน และจำลองสถานการณ์ เพื่อทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์ ก่อนนำไปทดสอบนโยบายการดำเนินการที่เหมาะสมของบริษัทกรณีศึกษาต่อไป

4.1. แนวคิดในการจำลองสถานการณ์

การศึกษากระบวนการดำเนินงานภายใน และกิจกรรมในศูนย์กระจายสินค้า เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองสถานการณ์นั้น แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเก็บข้อมูลกรณีศึกษา และการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.1. การเก็บข้อมูลกรณีศึกษา

การศึกษากระบวนการการดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้า เพื่อกำหนดนโยบายในการดำเนินงานนั้น ต้องมีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียดและถูกต้อง เนื่องจากข้อมูลมีความสำคัญต่อกระบวนการทำวิจัยอย่างมาก ทั้งการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยจะต้องเข้าไปศึกษากระบวนการทำงาน สอบถาม และเก็บข้อมูล

จากการทำงานจริง เพื่อนำมาใช้ประกอบในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างมีความน่าเชื่อถือ และเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ โดยข้อมูลการดำเนินการภายในศูนย์กระจายสินค้าที่ทำการเก็บรวบรวมในกรณีศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.1.1.1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ข้อมูลปฐมภูมิ หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจการดำเนินการจริง ได้แก่ กระบวนการทำงานปัจจุบัน รอบการหยิบและจัดส่งสินค้ารวมไปถึงปัญหาอื่น ๆ ที่พบ

4.1.1.2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

ข้อมูลทุติยภูมิ หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากระบบ SAP และระบบ WMS ของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ ฐานข้อมูลสินค้า ข้อมูลเชิงสถิติของการหยิบสินค้า รายละเอียดคำสั่งซื้อ แผนผังศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งข้อมูลประเภทนี้สามารถนำข้อมูลที่มีผู้อื่นเก็บรวบรวมไว้แล้วมาใช้ได้เลย แต่อย่างไรก็ตามจะต้องระมัดระวังในการนำข้อมูลประเภทนี้มาใช้ เนื่องจากมีโอกาสผิดพลาดได้มากหากผู้เก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่างใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลที่ไม่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2. แบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ คือ การจำลองกระบวนการดำเนินงานและพฤติกรรมของพนักงานและเครื่องจักร เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยในงานวิจัยนี้มีการกำหนดกรอบแนวคิดในการจำลองสถานการณ์ ผ่านโปรแกรม R/RStudio [14] เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพรวมของการทำงานของระบบ VLM รวมทั้งทดสอบสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ได้มีการออกแบบไว้

จากการศึกษากระบวนการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา อุปกรณ์ VLM มีการทำงานที่ซับซ้อนจากการที่ทำหน้าที่เป็นทั้งพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้า และตะกร้ากระจายสินค้าซึ่งหากแบ่งสัดส่วนของตะกร้าไม่เหมาะสม จะส่งผลให้อรรถประโยชน์ของการใช้

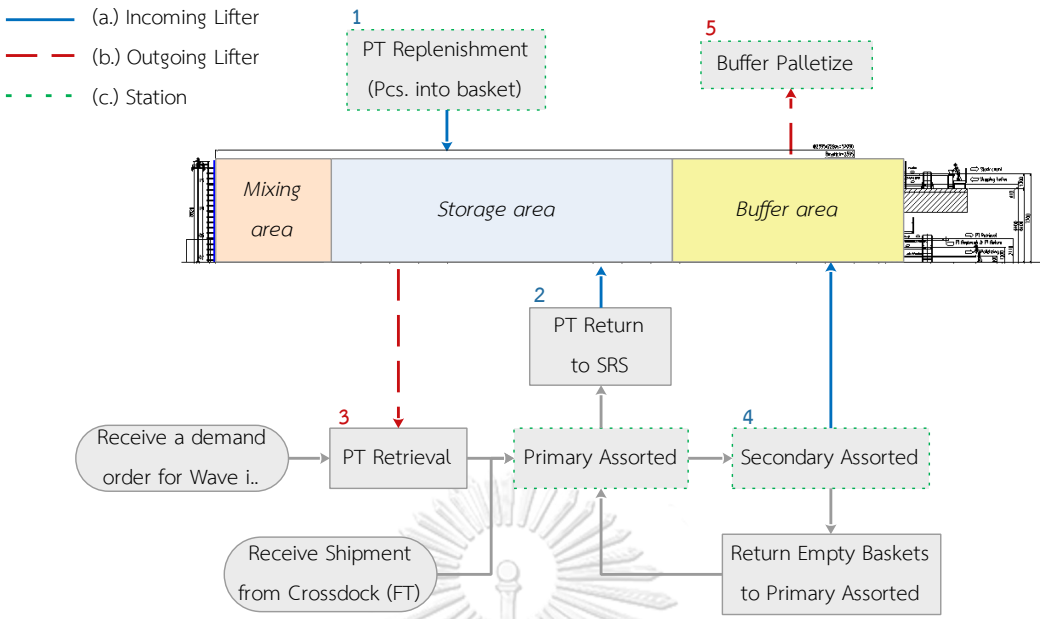
พื้นที่ต่ำ ดังรูปที่ 4-1 (ก.) ซึ่งแสดงถึงการมีพื้นที่ว่างของพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าจำนวนมาก หรือเกิดบล็อกกิ้งของระบบ ดังรูปที่ 4-1 (ข.) ซึ่งทำให้พนักงานในศูนย์กระจายสินค้าต้องมาจัดการปัญหาที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลารวมในการทำงานสูง

(ก.) การมีอรรถประโยชน์ของพื้นที่ต่ำ

(ข.) การเกิดบล็อกกิ้งของระบบ

รูปที่ 4-1 ตัวอย่างเหตุการณ์เมื่อแบ่งสัดส่วนของตะกร้าไม่เหมาะสมในบริษัทกรณีศึกษา

ดังนั้นการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จึงมุ่งเน้นไปยังระบบ VLM เป็นหลัก แต่ในการสร้างแบบจำลองที่จะสามารถแทนระบบที่แท้จริงได้ ไม่สามารถสร้างเพียงกระบวนการในระบบ VLM เท่านั้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการสร้างแบบจำลองในการนำตะกร้าเข้าและออกจากอุปกรณ์ VLM รวมทั้งสถานีงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสินค้าขนาดเล็กของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ สถานี Replenishment สถานีงาน Primary Assorted สถานีงาน Secondary Assorted และสถานีงาน Palletization ดังรูปที่ 4-2 ซึ่งผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การทำงานของแต่ละสถานีงานที่เกี่ยวข้องในส่วนถัดไป ก่อนสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในแต่ละส่วน แล้วจึงนำมารวมกัน เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าแก่ลิฟต์ในแนวดิ่ง เนื่องจากในการเข้าและออกจาก Shuttle Rack AS/RS จะใช้ลิฟต์ในแนวดิ่งร่วมกัน



รูปที่ 4-2 แผนผังการไหลของตะกร้าในกระบวนการหยิบสินค้าขนาดเล็กของบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 4-2 แบบจำลองแบ่งพื้นที่เป็น 3 ส่วน หากพื้นที่ตะกร้าจัดเก็บสินค้า หรือตะกร้ากระจายสินค้าเต็มจะนำสินค้ามาจัดเก็บที่พื้นที่สำหรับใช้ร่วมกัน แต่หากเป็นแบบจำลองที่แบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วน พื้นที่สำหรับใช้ร่วมกันจะเป็นพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้า

โดยตะกร้าจัดเก็บสินค้าในระบบ VLM ของบริษัทกรณีศึกษาจะมีตะกร้าสินค้าขาเข้า 2 ทาง คือ ตะกร้าสินค้าที่ถูกเติมเพื่อให้มีสินค้าพร้อมหยิบเสมอ (1) และ ตะกร้าสินค้าที่ส่งคืนกลับมาเนื่องจากเกินความต้องการของลูกค้า (2) และมีสินค้าขาออก 1 ทาง คือ ตะกร้าสินค้าที่จะออกไปยังสถานีงาน Primary Assorted (3)

ส่วนพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าระบบ VLM ของบริษัทกรณีศึกษาจะมีตะกร้าสินค้าขาเข้า 1 ทาง คือ ตะกร้าสินค้าที่ถูกแยกสาขาเรียบร้อยแล้วจากสถานีงาน Secondary Assorted (4) และมีสินค้าขาออก 1 ทาง คือ ตะกร้าสินค้าจะถูกนำไปทำ Palletize เพื่อส่งไปยังสาขาต่อไป (5)

Chulalongkorn University

4.2. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการจำลองสถานการณ์ ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนที่สำคัญต้องใช้ระยะเวลามาก เนื่องจากหากข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมมีความผิดพลาด จะส่งผลให้การวิจัยมีความผิดพลาดตามไปด้วย รวมทั้งต้องนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ในแบบจำลองได้ ดังนั้นการเก็บรวมรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในด้านระยะเวลา ระยะทาง ทรัพยากรต่าง ๆ ภายในศูนย์กระจายสินค้า นโยบายการหยิบสินค้า และนโยบายการจัดเก็บสินค้า โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า และการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analysis) เป็นการศึกษาถึงรูปแบบของข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบใด เนื่องจากลักษณะของข้อมูลส่วนใหญ่เป็นค่าที่ไม่แน่นอน ไม่คงที่ หรือมีได้หลายค่า หากสามารถวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลนำเข้าของระบบงานจริงได้ จะช่วยให้การกำหนดหรือการตั้งค่าข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองสถานการณ์มีความชัดเจนแม่นยำยิ่งขึ้นสอดคล้องกับระบบงานจริง ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์เสมือนจริงมากที่สุด ดังนั้นหากการแจกแจงของข้อมูลนำเข้ามีความคลาดเคลื่อน ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ก็จะคลาดเคลื่อนไปด้วย โดยข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์จะมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1.1. ฐานข้อมูลสินค้า

บริษัทกรณีศึกษาเก็บข้อมูลรายละเอียดสินค้าทั้งหมดผ่านระบบ WMS โดยผู้วิจัยจะพิจารณาเฉพาะข้อมูลสินค้า (Article Master Data) ที่มีการจัดการด้วยระบบ VLM ของบริษัทกรณีศึกษา แสดงดังตัวอย่างในตารางที่ 4-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่าง Article Master Data ของบริษัทกรณีศึกษา

Article	Article Description	Vendor Code	Vendor N	Dist. Profile	PackSize Unit/CAR	Base Unit	DI Unit	BUN W (cm)	BUN L (cm)	BUN H(cm)	Basketi-zation Pcs/Bask
1067205	ขารับราง 2ชั้น TD เหล็ก 19MM ทอง HL	2024	เทรนซ์ เ	ZFT	30	EA	PAC	14	26	2	47
1087767	กล่องล็อคอเนกประสงค์ รหัส10" TS102	710205	JIANGSU	ZPT	16	EA	EA	19	25	8.5	8
1088077	รองเท้านิรภัย FITT หนัง พื้นPU #43 BR	710322	NINGBO	ZPT	10	EA	EA	21	33	13	3
1088703	ไฟกิ่งในLED 202577 11W CAR AL/PL M	710413	Donggua	ZPT	24	EA	EA	12	16	22	8
1091752	แปรงไนล่อน ล้างสุขภัณฑ์+ที่วาง SWA	3470	จัมพ์ ดิส	ZFT	6	EA	BOX	12.5	12.5	41	5
1092684	โรตารี่ คัตเตอร์ MATALL	710498	SAAME T	ZPT	72	EA	EA	11	23	4	34
1094308	ไฟติดผนังSOLAR SH-BT1558A 13.5W C	710556	SMART H	ZPT	16	EA	EA	17	18	21	5
1094309	ไฟปักดินSOLAR SH-BT1017H 0.5W CAI	710556	SMART H	ZPT	8	EA	EA	19	19	26	3
1099219	ขวดโหล 1.06L กลม ฝาดึง SWEET PINK	710479	JIANGME	ZPT	6	EA	EA	10	10	14	24
6003462	ของแถม COCORU กล่องข้าวเอนกประส	0	0	ZPT	35	EA	EA	18	24	5	16
208273	ท่อน้ำทิ้ง อลน.พีแทรป 25cm CT683(HI	3007	สยามซาน	ZFT	10	EA	EA	20	30	4	14
221516	ท่อน้ำทิ้ง อลน.กระปุก 40cm CT680AX(	3007	สยามซาน	ZFT	10	EA	EA	22	8	50	3
270580	ลูกบ๊อก 1/2" 9MM GATE GT-3422 09	710383	CHINA N	ZPT	360	EA	EA	5	9.5	2.3	317
270583	ลูกบ๊อก 1/2" 11MM GATE GT-3422 11	710383	CHINA N	ZPT	360	EA	EA	5	9.5	2.3	317
271744	ไฟฉุก CP MD2008-1A CAR PL PK 1L	710326	ZHANME	ZPT	12	EA	EA	27	27	14.5	3
278550	สายฉีดชำระครบชุด-ขาว 495.95.003	1051	เฮเฟเล่(ไ	ZFT	40	EA	EA	18	4.5	30	14
1000279	กระดาษชำระ KIMSOFT JRT2PLY	2154	แสดนดา	ZFT	12	EA	BOX	23.5	9	23.5	6
1034812	ดินออร์แกนิคไร้สารเคมี 100% 1KG	3234	ครีเดนซ์	ZFT	12	EA	BOX	17.5	6	26	12
1048659	ชุด Set ก๊อกอ่างล้างหน้า L-2013A	1277	ลูเซิร์นอิน	ZFT	15	EA	EA	23	38	6	6
1056805	ไขควงหัวแฉก MATALL PRO 6"	710498	SAAME T	ZPT	120	EA	BOX	5	16	4	108
1058952	น้ำยาทำความสะอาดฆ่าเชื้อ 1200ml DI	1838	โซดิภัทร	ZFT	6	EA	BOX	6.5	14	29	13

จากตารางที่ 4-1 บริษัทกรณีศึกษาได้เก็บข้อมูล Article Master Data ผ่านระบบ WMS ซึ่งเชื่อมโยงกับระบบ SAP ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยจะแสดงถึงรายละเอียดของสินค้าแต่ละชนิดที่อยู่ในศูนย์กระจายสินค้า ได้แก่ รหัสสินค้า ชื่อสินค้า รหัสผู้ผลิต ชื่อผู้ผลิต ประเภทของสินค้า (PT/FT) และขนาดของสินค้า โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลส่วนนี้มาใช้ในการแบ่งกลุ่มสินค้าตามคุณลักษณะ เช่น การนำขนาดไปหาปริมาณชิ้นที่สามารถจัดเก็บได้ต่อ 1 ตะกร้า ส่งผลให้ทราบได้ว่าสินค้าแต่ละชนิดมีปริมาณการจัดเก็บในหน่วยชิ้นเป็นเท่าไหร่ หรือสินค้า 1 ชิ้น คิดเป็นร้อยละเท่าใดของปริมาตรตะกร้าส่งผลให้ทราบปริมาณการออกของตะกร้าในสถานีงาน Secondary Assorted อีกทั้งเพื่อความสะดวกในการจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มสินค้า Put Away ขนาดเล็กตามขนาดสินค้า โดยใช้หลักการพาเรโตแบ่งสินค้าขนาดเล็กออกเป็น 3 กลุ่มดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และใช้การเฉลี่ยปริมาณสินค้าต่อ 1 ตะกร้าในการหาปริมาณสินค้าที่สามารถจัดเก็บในตะกร้าของสินค้าแต่ละกลุ่ม ได้ดังตารางที่ 4-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-2 คุณลักษณะของสินค้าแต่ละกลุ่ม เมื่อแบ่งกลุ่มสินค้าตามขนาดสินค้า

ขนาดสินค้า	จำนวนสินค้า	ปริมาณสินค้าที่สามารถจัดเก็บในตะกร้า (ชิ้น/ตะกร้า)	ปริมาตร/ชิ้น (%ตะกร้า)
SS	907	250	0.28%
SM	1238	30	2.33%
SL	1729	10	7.00%

จากตารางที่ 4-2 สินค้าขนาดเล็กสามารถออกเป็น 3 กลุ่มตามขนาดสินค้า ได้แก่ ขนาด SS หมายถึงสินค้าขนาดเล็กที่สามารถบรรจุลงตะกร้าได้มากกว่า 70 ชิ้น, ขนาด SM หมายถึงสินค้าขนาดเล็กที่สามารถบรรจุลงตะกร้าได้ตั้งแต่ 18 – 70 ชิ้น และขนาด SL หมายถึงสินค้าขนาดเล็กที่สามารถบรรจุลงตะกร้าได้ตั้งแต่ 3 – 18 ชิ้น ส่วนปริมาณสินค้าที่สามารถจัดเก็บในตะกร้าของสินค้าแต่ละกลุ่ม หมายถึง จำนวนสินค้าที่ใช้พื้นที่ตะกร้าประมาณ 70% ของปริมาตรตะกร้าตามนโยบายของบริษัทกรณีศึกษา และร้อยละของปริมาตรสินค้าเทียบกับปริมาตรตะกร้า คิดจากการนำ 70% หารกับจำนวนสินค้าต่อตะกร้า เช่น สินค้าขนาด S จำนวน 1 ชิ้น จะมีปริมาตรเท่ากับ 70% / 250 = 0.28% ของปริมาตรตะกร้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.1.2. ข้อมูลปริมาณการหยิบสินค้าแต่ละกลุ่ม

บริษัทกรณีศึกษาทำการเก็บข้อมูลการหยิบสินค้าที่สถานีงาน Primary Assorted (PT/FT Picking Data) ดังตัวอย่างในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ตัวอย่าง Picking Data ของบริษัทกรณีศึกษา

Work Date	Weekday	Time	Store #	TO-TAG	Type	mary Baske	Article #	Stock Qty	Plan Qty	UNIT	User ID
2/8/19	Friday	3:32:57	S010	S01050105	FT	BK503919	1078485	1	1	EA	8003808
2/8/19	Friday	3:33:02	S016	DC010027	PT	BK515977	1090654	1	1	EA	02625917
2/8/19	Friday	3:33:05	S010	S07950105	FT	BK530578	238544	6	5	EA	055784
2/8/19	Friday	3:33:05	S079	S07950105	FT	BK530578	238544	6	1	EA	055784
2/8/19	Friday	3:33:16	S603	S60350105	FT	BK500016	1065150	1	1	EA	057586
2/8/19	Friday	3:33:20	S036	S08850105	FT	BK516136	1078485	2	1	EA	8003808
2/8/19	Friday	3:33:20	S088	S08850105	FT	BK516136	1078485	2	1	EA	8003808
2/8/19	Friday	3:33:23	S035	DC010027	PT	BK517470	1093785	5	5	EA	02625917
2/8/19	Friday	3:33:25	S036	S03650105	FT	BK526505	238544	2	2	EA	055784
2/8/19	Friday	3:33:33	S031	DC010027	PT	BK519303	1106626	24	24	EA	044692
2/8/19	Friday	3:33:45	S016	DC010028	PT	BK515838	5848	50	30	EA	056966
2/8/19	Friday	3:33:45	S037	DC010028	PT	BK515838	5848	50	10	EA	056966
2/8/19	Friday	3:33:45	S601	DC010028	PT	BK515838	5848	50	10	EA	056966
2/8/19	Friday	3:33:47	S015	S04250105	FT	BK514689	1100817	6	3	EA	055784
2/8/19	Friday	3:33:47	S042	S04250105	FT	BK514689	1100817	6	1	EA	055784
2/8/19	Friday	3:33:47	S048	S04250105	FT	BK514689	1100817	6	2	EA	055784
2/8/19	Friday	3:33:51	S081	DC010028	PT	BK520201	1070944	2	2	EA	056742
2/8/19	Friday	3:33:53	S042	DC010028	PT	BK525700	6002172	2	2	EA	02625917
2/8/19	Friday	3:33:58	S035	DC010028	PT	BK523521	5848	10	10	EA	056966
2/8/19	Friday	3:34:03	S014	S05350105	FT	BK510477	1065150	7	2	EA	057586
2/8/19	Friday	3:34:03	S040	S05350105	FT	BK510477	1065150	7	1	EA	057586

จากตารางที่ 4-3 บริษัทกรณีศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลในการหยิบสินค้าซึ่งจะแสดงถึงรายละเอียดในการหยิบสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า ได้แก่ ข้อมูลวัน และเวลาที่พนักงานสแกนข้อมูลตะกร้า รหัสสาขา หมายเลข TO-TAG ของสินค้า ประเภทสินค้า (PT/FT) หมายเลขตะกร้าที่บรรจุสินค้า รหัสสินค้า จำนวนสินค้าที่มีและจำนวนสินค้าที่หยิบ และรหัสพนักงานที่ทำการหยิบสินค้า โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลการหยิบสินค้าเฉพาะสินค้า Put-Away มาวิเคราะห์ความต้องการสินค้า เพื่อแบ่งสินค้าขนาดเล็กออกเป็น 3 กลุ่มตามความต้องการสินค้า โดยใช้หลักการพาเรโตดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และหาอัตราการเติมสินค้าจาก Picking AS/RS มายังพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บของระบบ VLM ได้ดังตารางที่ 4-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-4 คุณลักษณะของสินค้าแต่ละกลุ่ม เมื่อแบ่งกลุ่มสินค้าตามความต้องการสินค้า

ประเภทสินค้า	จำนวนสินค้า	ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้า (ชิ้น/เดือน)	ปริมาณการเติมสินค้า (จำนวนเท่าของความต้องการต่อวัน)
Fast	728	มากกว่า 270	3
Medium	663	90 - 270	2
Slow	2,483	น้อยกว่า 90	1

จากตารางที่ 4-4 สินค้าที่มีความต้องการต่อเดือนสูง จะถูกระบุเป็นประเภท Fast Move ดังนั้นในการเติมสินค้าเข้าสู่ Shuttle Rack AS/RS จึงต้องเติมในปริมาณสูง ซึ่งตามนโยบายของบริษัทกรณีศึกษากำหนดเป็น 3 เท่าของความต้องการสินค้าต่อวัน ส่วนสินค้าประเภท Medium Move และ Slow Move จะเติมเป็น 2 เท่า และ 1 เท่าของความต้องการสินค้าต่อวันตามลำดับ

เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างขนาดของสินค้า และความต้องการของสินค้า สามารถแบ่งสินค้าออกได้เป็น 9 ประเภท ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ในการกระจายของปริมาณความต้องการสินค้าแต่ละประเภทในแต่ละรอบการทำงาน ผ่านโปรแกรม R/RStudio โดยใช้วิธีการประมาณค่าด้วยความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Estimation, MLE) ซึ่งมีหลักการสำคัญ คือ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจะขึ้นกับพารามิเตอร์หนึ่งเสมอ โดยพารามิเตอร์ดังกล่าวต้องทำให้เกิดค่าความเป็นไปได้ (Likelihood) ที่จะสุ่มตัวอย่างได้ข้อมูลลักษณะเดียวกับข้อมูลที่มีอยู่สูงสุด ดังนั้นวิธีการประมาณค่าด้วยความเป็นไปได้สูงสุด จึงเป็นการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นไปได้ (Likelihood Function) เป็นฟังก์ชันจุดประสงค์ ซึ่งพบว่าสินค้าแต่ละประเภทมีลักษณะการกระจายของปริมาณความต้องการที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4-5

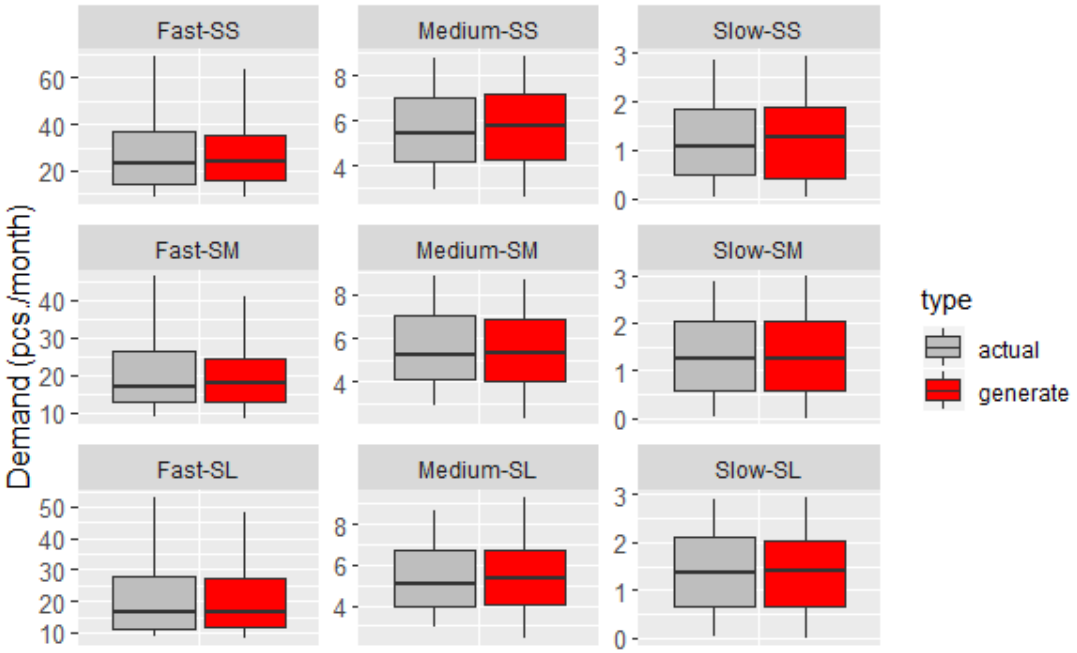
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-5 การกระจายของปริมาณความต้องการสินค้าแต่ละประเภทในแต่ละรอบการทำงาน

Size	Demand	Distribution	Expression	Detail
SS	**Fast**	Gamma	8 + Gamma(1.44, 0.07)	Shape = 1.44 Rate = 0.07
	Med	Beta	2.33 + 6.67 × Beta(1.64, 1.62)	Shape1 = 1.64 Shape2 = 1.62
	Slow	Beta	3 × Beta(0.95, 1.41)	Shape1 = 0.95 Shape2 = 1.41
SM	**Fast**	Log-Normal	8 + lognormal(2.21, 1.03)	Meanlog = 2.21 Sdlog = 1.03
	Med	Beta	2.32 + 6.68 × Beta(1.50, 1.51)	Shape1 = 1.50 Shape2 = 1.51
	Slow	Beta	-0.001 + 3 × Beta(0.98, 1.22)	Shape1 = 0.98 Shape2 = 1.22
SL	**Fast**	Log-Normal	8 + lognormal(2.12, 1.11)	Meanlog = 2.12 Sdlog = 1.11
	Med	Beta	2.4 + 7 × Beta(1.69, 2.23)	Shape1 = 1.69 Shape2 = 2.23
	Slow	Beta	-0.001 + 3 × Beta(1.08, 1.24)	Shape1 = 1.08 Shape2 = 1.24

จากตารางที่ 4-5 ซึ่งแสดงลักษณะการกระจายของปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละรอบการทำงานของสินค้าแต่ละกลุ่ม ผู้วิจัยจึงได้นำไปสร้างข้อมูลแบบสุ่มของปริมาณความต้องการสินค้า และทำการเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงระหว่างข้อมูลความต้องการสินค้าจริง และข้อมูลที่สร้างขึ้นจากลักษณะการกระจาย โดยแสดงผ่าน Box-and-Whisker Plot ดังรูปที่ 4-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-3 Box-and-Whisker Plot ระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลจากลักษณะการกระจาย

จากรูปที่ 4-3 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่สร้างจากลักษณะการกระจายของปริมาณความต้องการสินค้าต่อเดือนของทุกกลุ่มสินค้ามีลักษณะใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลไปทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov Test หรือ KS-Test เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลผ่านโปรแกรม R/RStudio และกำหนดให้ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : P = P_0$$

$$H_1 : P \neq P_0$$

โดย P = ลักษณะการกระจายของข้อมูลจากแบบจำลองสถานการณ์

P_0= ลักษณะการกระจายของข้อมูลจริง

ได้ผลดังตารางที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลจากการกระจาย

กลุ่มสินค้า	p-value
Fast - SS	0.578875
Medium - SS	0.920741
Slow - SS	0.939598
Fast - SM	0.566491
Medium - SM	0.846607
Slow - SM	0.999251
Fast - SL	0.731892
Medium - SL	0.493374
Slow - SL	0.915321

จากตารางที่ 4-6 พบว่าค่า p-value ของทุกกลุ่มสินค้ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 จึงสรุปได้ว่าลักษณะการกระจายในตารางที่ 4-5 สามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลความต้องการสินค้าจริงได้

ต่อมาผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทั้งข้อมูลการหยิบสินค้า Put Away และข้อมูลการหยิบสินค้า Flow Through ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลสินค้าจากฐานข้อมูล ทำให้ทราบถึงปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ถูกหยิบในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของตะกร้ากระจายสินค้า และระยะห่างเวลาในการบรรจุสินค้าลงตะกร้าแต่ละสาขาที่สถานีงาน Secondary Assorted ในแต่ละช่วงเวลา ส่งผลให้ทราบถึงพฤติกรรมของการเข้า-ออกจากพื้นที่ของตะกร้ากระจายสินค้าในระบบ VLM ของแต่ละสาขาในแต่ละช่วงเวลา โดยได้ทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลการหยิบสินค้าของสินค้าแต่ละประเภท ผ่านวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ Shapiro-Wilk Normality Test หรือ W Test ผ่าน

โปรแกรม R/RStudio และกำหนดให้ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

H_0 : ข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ

ได้ผลดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ โดยวิธี Shapiro-Wilk Normality Test

ชนิดของสินค้า	**จำนวนสาขา**
Put-Away	89
Flow Through	76

จากผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติในตารางที่ 4-7 พบว่า สินค้า Put-Away มี 89 สาขาจาก 90 สาขาที่มีค่า p-value มากกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ส่วนสินค้า Flow Through มี 76 สาขาจาก 90 สาขาที่มีค่า p-value มากกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลการกระจายของการหยิบสินค้า รวมทั้งอัตราเฉลี่ยในการบรรจุสินค้าลงตะกร้าในแต่ละสาขาเป็นตัวแทนของข้อมูลแต่ละชุด ดังตัวอย่างในตารางที่ 4-8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสินค้าแต่ละประเภท และอัตราการบรรจุสินค้าลงตะกร้าในแต่ละสาขา

Store	Put-Away			Flow Through		
	Average	SD	Rate	Average	SD	Rate
S001	0.6874	0.7115	0.9412	0.5325	0.6817	1.1000
S002	0.3215	0.3039	1.0952	0.2320	0.3499	1.2941
S003	0.1819	0.2369	1.5556	0.1910	0.3250	1.7600
S004	0.0167	0.0000	14.0000	0.2582	0.3802	1.2208
S005	0.0813	0.0000	16.0000	0.0711	0.0903	3.6667
S006	0.3955	0.2916	1.2727	0.4632	0.7971	1.2055

จากตารางที่ 4-8 แสดงถึงตัวอย่างลักษณะการกระจายของปริมาณสินค้าและอัตราเฉลี่ยในการบรรจุสินค้าลงตะกร้าของทั้งสินค้า Put-Away และสินค้า Flow Through โดยข้อมูลนี้จะใช้ในการจำลองสถานการณ์ของตะกร้ากระจายสินค้าที่จะออกมาจากสถานีงาน Secondary Assorted

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1.3. ข้อมูลรอบการหยิบสินค้า (Wave Picking Data)

ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา มีการแบ่งช่วงเวลาในการทำงานออกเป็น 3 กะการทำงาน โดยแต่ละกะการทำงานจะจัดสินค้า Put Away ให้กับสาขาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ในแต่ละกะการทำงาน พฤติกรรมของระบบจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละสาขามีความต้องการสินค้าที่แตกต่างกันพฤติกรรมการสั่งสินค้าของแต่ละสาขาจึงไม่เหมือนกัน ดังตัวอย่างสาขาในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างรอบการหยิบและจัดส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

						Picking		Pooling		Shipping	
Code	Area	Vol	Vol.%	Wave	Run Wave Time	Start	End	Start	End	Start	End
S001	UPC2	1196	1.2%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S002	UPC2	1608	1.6%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S004	UPC2	1491	1.5%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S005	UPC	1393	1.4%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S006	UPC	1868	1.8%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S007	UPC	961	0.9%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S009	UPC	800	0.8%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S010	UPC2	732	0.7%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S013	UPC2	1531	1.5%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S014	UPC2	1097	1.1%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S015	UPC2	1024	1.0%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S016	UPC2	1318	1.3%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S017	UPC	802	0.8%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S019	UPC2	352	0.3%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S021	UPC2	1618	1.6%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S022	UPC2	1446	1.4%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00
S024	UPC2	1318	1.3%	1	22:00	23:00	7:00	0:00	8:00	1:00	9:00

จากตารางที่ 4-9 แสดงตัวอย่างรอบการหยิบและจัดส่งสินค้าในรอบที่ 1 โดยมีรายละเอียด ได้แก่ รหัสสาขา ปริมาณความต้องการสินค้า และเวลาที่จะใช้ทำงานในแต่ละส่วนงาน ซึ่งในแต่ละรอบจะทำการหยิบสำหรับ 30 – 40 สาขา โดยเลือกสาขาตามระยะทางการจัดส่งเพื่อจัดสินค้าให้เสร็จทันส่งไปสาขาในเวลาที่สาขาปิดทำการ รวมทั้งเลือกสาขาตามความต้องการสินค้าเพื่อให้อุปกรณ์ในศูนย์กระจายสินค้าทำงานอย่างสมดุลกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

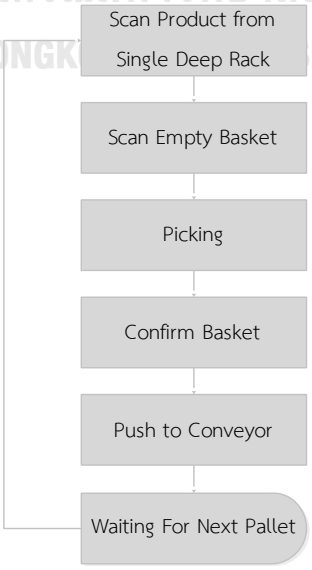
4.2.2. การรวบรวมและวิเคราะห์กระบวนการทำงาน (Process Analysis)

จากแนวคิดในการจำลองสถานการณ์ผู้วิจัยแบ่งการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ตามสถานีงานที่เกี่ยวข้องกับระบบ VLM รวมทั้งระบบลิฟต์ในแนวดิ่ง และยานพาหนะที่ใช้ในการนำตะกร้าเข้าและออกจาก VLM ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.2.2.1. สถานีงาน Replenishment

สถานีงาน Replenishment มีจำนวน 3 สถานีงาน โดยใช้พนักงานเติมสินค้า 3 คน ทำหน้าที่เติมสินค้าที่ส่งมาจากกล่องบนพาเลท Single Deep Rack AS/RS ผ่าน STV มาบรรจุเป็นชิ้นลงในตะกร้า เพื่อเป็นสินค้าพร้อมหยิบในระบบ VLM โดยพนักงานเติมสินค้าจะทำงานตามกระบวนการในรูปที่ 4-4 กล่าวคือ จะทำการสแกนข้อมูลสินค้าที่ต้องเติม และทำการสแกนตะกร้าเปล่าที่จะถูกเติมเพื่อผูกว่าตะกร้านี้จะใส่สินค้านี้ โดยจำนวนที่จะต้องเติมจะแสดงบนหน้าจอ ส่วนพนักงานจะทำหน้าที่หยิบจนครบตามจำนวน ก่อนจะกดยืนยันจำนวนและดันตะกร้าเข้าสู่สายพาน เพื่อส่งไปเก็บยังระบบ VLM ต่อไป โดยค่าเฉลี่ยทรูพุตของสถานีงานนี้คิดเป็น 42.4 ตะกร้าต่อชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-4 กระบวนการทำงานของพนักงานที่สถานีงาน Replenishment

4.2.2.2. สถานีงาน Primary Assorted

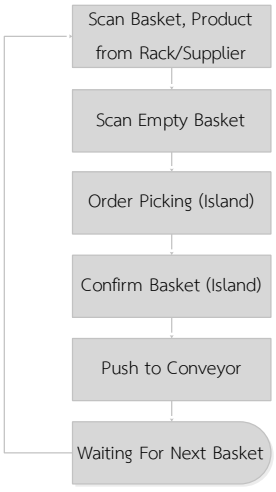
สถานีงาน Primary Assorted แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. สถานีงานสำหรับสินค้า Put Away จำนวน 5 สถานี โดยใช้พนักงาน 5 คน ทำหน้าที่หยิบสินค้าที่ส่งมาจากระบบ VLM ผ่านสายพานมายังสถานีงาน

2. สถานีงานสำหรับสินค้า Flow Through จำนวน 9 สถานี โดยใช้พนักงาน 9 คน ทำหน้าที่หยิบสินค้าที่มีผู้ช่วย 3 คน เป็นคนยกกล่องลังจากพาเลทมายังสถานีงาน

โดยพนักงานของสถานี Primary Assorted ทั้ง 2 ประเภท จะทำงานตามกระบวนการในรูปที่ 4-5 กล่าวคือ จะทำการสแกนข้อมูลสินค้าที่ต้องหยิบ และทำการสแกนตะกร้าเปล่าที่จะถูกหยิบสินค้าใส่ เพื่อผูกว่าตะกร้านี้จะใส่สินค้านี้ เพื่อจะส่งไปยัง Islands ใด โดยจำนวนที่จะต้องเติมจะแสดงบนหน้าจอ พนักงานจะทำหน้าที่หยิบจนครบตามจำนวน ก่อนจะกดยืนยันจำนวนและดันตะกร้าเข้าสู่สายพาน เพื่อส่งไปยัง Secondary Assorted ตาม Islands ที่ได้จากการผูกตะกร้าต่อไป โดยค่าเฉลี่ยทรูพุตของสถานีงาน Primary PT คิดเป็น 378.24 ตะกร้าต่อชั่วโมง และค่าเฉลี่ยทรูพุตของสถานีงาน Primary FT คิดเป็น 594.26 ตะกร้าต่อชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

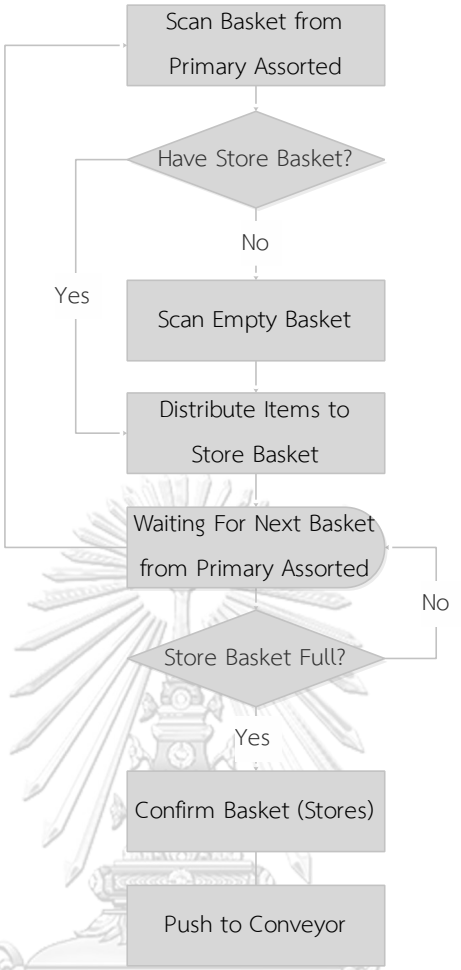


รูปที่ 4-5 กระบวนการทำงานของพนักงานที่สถานีงาน Primary Assorted

4.2.2.3. สถานีงาน Secondary Assorted

สถานีงาน Secondary Assorted มีจำนวน 12 สถานีงาน โดยในปัจจุบันเปิดใช้งานจำนวน 8 สถานีงาน แต่ละสถานีงานจะทำหน้าที่หยิบสินค้าจากตะกร้าที่มาจากสถานีงาน Primary Assorted ไปกระจายใส่ในตะกร้าของแต่ละสาขา ตามกระบวนการในรูปที่ 4-6 กล่าวคือ จะทำการสแกนข้อมูลสินค้าที่ต้องหยิบ แล้วทำการหยิบสินค้าตามจำนวนที่ขึ้นแสดงบนไฟ LED ของตะกร้าแต่ละสาขา แต่หากสาขาที่ไฟขึ้นไม่มีตะกร้าอยู่ พนักงานจะทำการสแกนผูกตะกร้าเปล่าว่าตะกร้านี้จะถูกส่งไปสาขาใด เมื่อหยิบจนครบตามจำนวนพนักงานจะกดยืนยันจำนวนในสาขานั้น ๆ จนกระทั่งหยิบสินค้าหมดตะกร้าจาก Primary Assorted ก็จะรอตะกร้าถัดไปและทำเช่นเดิม แต่หากตะกร้าของสาขาใด ๆ มีการบรรจุสินค้ามากกว่า 70% ตามนโยบายบริษัทกรณีศึกษา พนักงานจะทำการกดยืนยันอีกครั้ง ก่อนจะดันตะกร้าเข้าสู่สายพาน เพื่อส่งไปยังระบบ VLM โดยทรูพุตของสถานีงานนี้คิดเป็น 191.95 ตะกร้าต่อชั่วโมงต่อ 8 สถานีงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-6 กระบวนการทำงานของพนักงานที่สถานีงาน Secondary Assorted

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.2.4. สถานีงาน Palletization

สถานีงาน Palletization มีจำนวน 2 สถานีงาน ตามจำนวน Aisle ของ Shuttle Rack AS/RS ใช้พนักงานจำนวน 2 คน ทำหน้าที่ยกตะกร้าสินค้าที่ออกจากระบบ VLM ไปจัดเรียงบนพาเลทเท่านั้น เนื่องจากขณะที่ตะกร้าเคลื่อนที่มาถึงจุดยกตะกร้า ระบบจะทำการสแกนตะกร้าอัตโนมัติ ดังรูปที่ 4-7 (ก.) เพื่อบันทึกข้อมูลว่าตะกร้านี้ถูกยกออกไปจัดเรียงบนพาเลทแล้ว และเมื่อตะกร้าออกมาครบ 25 ตะกร้า ระบบสรุปข้อมูลพาเลทและพิมพ์ Barcode ออกมาแบบอัตโนมัติ เพื่อให้พนักงานติดไว้บนพาเลทก่อนนำส่งสาขาดังรูปที่ 4-7 (ข.) โดยในสถานีงานนี้จะมีผู้ช่วยอีกจำนวน 2 คน สำหรับการเตรียมพาเลท ช่วยยกตะกร้า และพันฟิล์ม

เบื้องต้น ก่อนจะมีพนักงานส่วนอื่นมาลากพาเลทไปเข้าเครื่อง Wrapping อีกครั้งโดยทรูพุตของสถานีงานนี้คิดเป็น 183.76 ตะกร้าต่อชั่วโมง

(ก.) ระบบสแกนตะกร้าอัตโนมัติ

(ข.) ระบบบันทึกข้อมูลพาเลทและพิมพ์ Barcode สำหรับติดบนพาเลท

รูปที่ 4-7 ตัวอย่างระบบอัตโนมัติที่สถานีงาน Palletization

4.2.2.5. อุปกรณ์ VLM

ระบบ VLM ของบริษัทกรณีศึกษามีการติดตั้งร่วมกันกับอุปกรณ์ VLM เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายสินค้า ซึ่งมีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 ชนิดคือ

1. ลิฟต์ในแนวดิ่ง (Vertical Lifter) ที่ทำหน้าที่แยกกันระหว่างลิฟต์ที่นำสินค้าเข้าและลิฟต์ที่นำสินค้าออก

ข้อมูล Cycle time ของลิฟต์ในแนวดิ่งนั้นจะต้องเก็บข้อมูลแบบละเอียด เนื่องจากในช่วงแรกของการเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจะใช้เวลามากกว่าการเคลื่อนที่ในช่วงปลาย เช่น การเคลื่อนที่จากชั้น 1 ไปชั้น 2 จะใช้เวลา 0.93 วินาที แต่เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่จากชั้น 1 ไปชั้น 11 จะไม่ได้ใช้เวลา 9.3 วินาที แต่จะใช้เวลา 3.45 วินาทีเท่านั้น ดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ตัวอย่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของลิฟต์ในแนวดิ่ง

Communication	**3.01**	**sec**																				
1-Basket :	**2.8**	**sec**																				
2-Basket :	**5**	**sec**																				
	LV-001	**LV-002**	**LV-003**	**LV-004**	**LV-005**	**LV-006**	**LV-007**	**LV-008**	**LV-009**	**LV-010**	**LV-011**	**LV-012**	**LV-013**	**LV-014**	**LV-015**	**LV-016**	**LV-017**	**LV-018**	**Palletize Line**	**PT Replenish &**	**PT Retrieval Line**	**Shipping Buffer Line**
LV-001	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.73	4.01	4.29	4.57	4.85	5.13	5.41	1.86	2.13	2.69	5.50
LV-002	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.73	4.01	4.29	4.57	4.85	5.13	0.93	1.86	2.41	5.22
LV-003	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.73	4.01	4.29	4.57	4.85	1.86	0.93	2.13	4.94
LV-004	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.73	4.01	4.29	4.57	2.13	1.86	1.86	4.66
LV-005	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.73	4.01	4.29	2.41	2.13	0.93	4.38
LV-006	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.73	4.01	2.69	2.41	1.86	4.10
LV-007	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.73	2.97	2.69	2.13	3.81
LV-008	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.45	3.25	2.97	2.41	3.53
LV-009	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.17	3.53	3.25	2.69	3.25
LV-010	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	2.88	3.81	3.53	2.97	2.97
LV-011	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	2.6	4.10	3.81	3.25	2.69
LV-012	3.73	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	2.32	4.38	4.10	3.53	2.41
LV-013	4.01	3.73	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	2.04	4.66	4.38	3.81	2.13
LV-014	4.29	4.01	3.73	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	1.76	4.94	4.66	4.10	1.86
LV-015	4.57	4.29	4.01	3.73	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	1.48	5.22	4.94	4.38	0.93
LV-016	4.85	4.57	4.29	4.01	3.73	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	1.2	5.50	5.22	4.66	1.86
LV-017	5.13	4.85	4.57	4.29	4.01	3.73	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	0.93	5.78	5.50	4.94	2.13
LV-018	5.41	5.13	4.85	4.57	4.29	4.01	3.73	3.45	3.17	2.88	2.6	2.32	2.04	1.76	1.48	1.2	0.93	0	6.06	5.78	5.22	2.41
Palletize Line	1.86	0.93	1.86	2.13	2.41	2.69	2.97	3.25	3.53	3.81	4.1	4.38	4.66	4.94	5.22	5.5	5.78	6.06	-	-	-	-
PT Replenish & Return	2.13	1.86	0.93	1.86	2.13	2.41	2.69	2.97	3.25	3.53	3.81	4.1	4.38	4.66	4.94	5.22	5.5	5.78	-	-	-	-
PT Retrieval Line	2.69	2.41	2.13	1.86	0.93	1.86	2.13	2.41	2.69	2.97	3.25	3.53	3.81	4.1	4.38	4.66	4.94	5.22	-	-	-	-
Shipping Buffer Line	5.5	5.22	4.94	4.66	4.38	4.1	3.81	3.53	3.25	2.97	2.69	2.41	2.13	1.86	0.93	1.86	2.13	2.41	-	-	-	-

จากข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ การเดินเครื่องเปล่าของลิฟต์ในแนวดิ่งและการเคลื่อนที่รับส่งตะกร้าของลิฟต์ในแนวดิ่งใช้เวลาในการทำงานต่างกัน โดยหากมีการรับตะกร้าและส่งตะกร้าจะต้องบวกเวลาในการส่งข้อมูล คิดเป็น 3.01 วินาที เวลาในการรับตะกร้า และเวลาในการปล่อยตะกร้า 1.4 วินาทีสำหรับ 1 ตะกร้า และ 2.5 วินาทีสำหรับ 2 ตะกร้า โดยจากตารางที่ 4-10 สามารถคำนวณเวลาการเคลื่อนที่ของลิฟต์ได้ดังตัวอย่าง คือ หากลิฟต์รับตะกร้าจาก PT Replenishment จำนวน 2 ตะกร้า ไปเก็บที่ชั้น 5 และ 6 จะต้องใช้เวลา 2.13 + 3.01 + 2.5 + 1.4 + 0.93 + 1.4 = 11.37 วินาที และหยุดนิ่งรอจนกว่าจะมีคำสั่งถัดไปสำหรับลิฟต์ขาเข้า ต่อมาหากคำสั่งถัดไปคือไปรับตะกร้าจาก Shipping Buffer Line จำนวน 1 ตะกร้าไปเก็บที่ชั้น 7 จะต้องใช้เวลาเดินเครื่องเปล่าในการเคลื่อนที่จากชั้น 6 ไปยัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

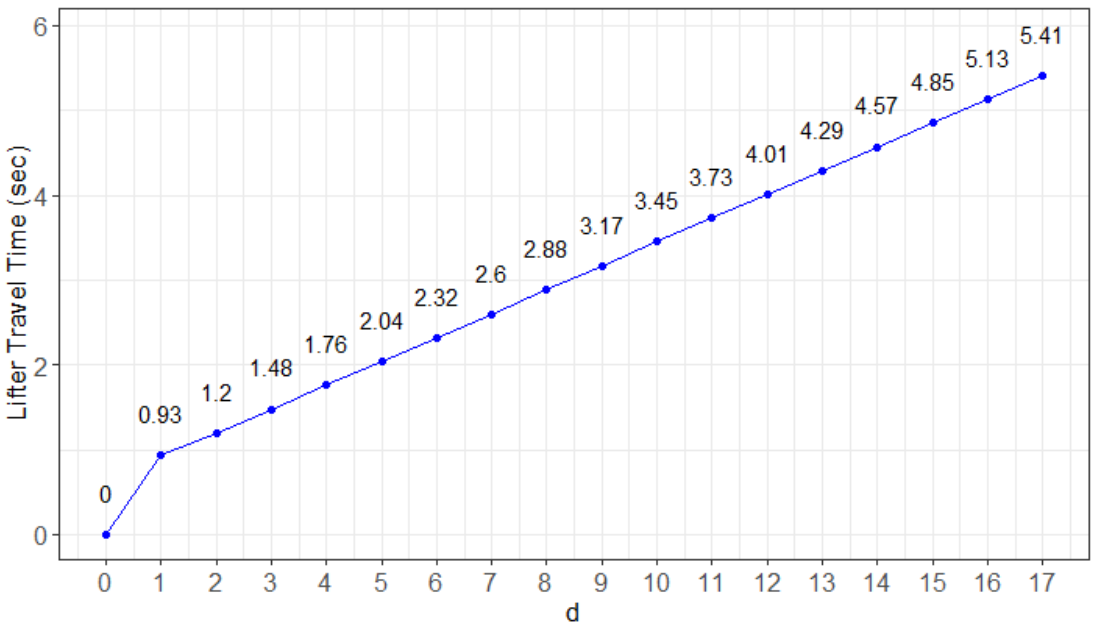
Shipping Buffer Line เป็นเวลา 4.10 วินาที และรับตะกร้าจาก Shipping Buffer Line ไปเก็บที่ชั้น 7 คิดเป็น 3.81 + 3.01 + 1.4 + 1.4 = 9.62 วินาที และหยุดนิ่งรอจนกว่าจะมีคำสั่งถัดไปสำหรับลิฟต์ขาเข้า ส่วนลิฟต์ขาออกก็จะทำงานเช่นเดียวกัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำลองสถานการณ์ พบว่าเวลาทำงานรวม (Total Time) ของลิฟต์ในแนวดิ่งแต่ละรอบเกิดจากองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่

1. เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลของลิฟต์ในแนวดิ่ง คิดเป็น 3.01 วินาที

2. เวลาที่ใช้ในการรับสินค้าจากสายพานไปยังลิฟต์ในแนวดิ่ง และเวลาที่ใช้ในการส่งสินค้าจากลิฟต์ในแนวดิ่งไปยังสายพาน ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนตะกร้า คิดเป็น 1.4 วินาทีสำหรับ 1 ตะกร้า และ 2.5 วินาทีสำหรับ 2 ตะกร้า

3. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ลิฟต์ในแนวดิ่งจากจากตำแหน่งต้นทาง ไปยังตำแหน่งปลายทาง โดยเมื่อพิจารณาจากข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลิฟต์มีความสัมพันธ์กับระยะทางในการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของลิฟต์ และระยะทาง

จากรูปที่ 4-8 ระยะทางของลิฟต์ และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว (Simple Linear Regression Analysis) โดยกำหนดให้ระยะทางระหว่างชั้นของลิฟต์เป็นตัวแปรอิสระ และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของลิฟต์เป็นตัวแปรตาม ซึ่งได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4-1

$$T^{lifter}(d) = 0.6497 + 0.2807 \cdot d, \qquad d \neq 0 \tag{4-1}$$

โดย d = ระยะห่างระหว่างจากตำแหน่งต้นทาง ไปยังตำแหน่งปลายทาง

2. ยานพาหนะสำหรับจัดเก็บและขนถ่ายสินค้าในแนวราบ (Vehicle)

ข้อมูล Cycle time ของยานพาหนะจะต้องเก็บข้อมูลแบบละเอียดเช่นเดียวกับข้อมูลของลิฟต์ เนื่องจากในช่วงแรกของการเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจะใช้เวลามากกว่าการเคลื่อนที่ในช่วงปลายเช่นกัน โดยในการเคลื่อนที่จากจุดรับตะกร้าไปช่องจัดเก็บที่ 1 จะใช้เวลา 2.39 วินาที และเมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่จะจุดรับตะกร้าไปช่องจัดเก็บที่ 10 จะไม่ได้ใช้เวลา 23.90 วินาที แต่จะใช้เวลา 5.02 วินาทีเท่านั้น ดังตารางที่ 4-11 อีกทั้งจากข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ การเดินเครื่องเปล่าของยานพาหนะและการเคลื่อนที่รับส่งตะกร้าของยานพาหนะใช้เวลาในการทำงานต่างกัน โดยหากมีการรับตะกร้าและส่งตะกร้าจะต้องบวกเวลาในการส่งข้อมูล คิดเป็น 3.96 วินาที เวลาในการรับตะกร้า และเวลาในการปล่อยตะกร้า 8.2 วินาที โดยสามารถคำนวณเวลาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้ดังตัวอย่าง คือ หากยานพาหนะรับตะกร้าจาก Layer Conveyor ไปจัดเก็บไว้ที่ช่องจัดเก็บที่ 1 จะใช้เวลา 2.39 + 12.16 = 14.55 วินาที และหยุดนิ่งรอจนกว่าจะมีคำสั่งถัดไป ต่อมาหากคำสั่งถัดไปคือไปรับตะกร้าจากช่องจัดเก็บที่ 10 ไปส่งที่ Layer Conveyor จะใช้เวลาในการเดินเครื่องเปล่าจากช่องที่ 1 ไปช่องที่ 10 คิดเป็น 4.72 วินาที และรับตะกร้าจากช่องที่ 10 ไปส่ง คิดเป็น 5.02 + 12.16 = 17.18 วินาที และหยุดนิ่งรอจนกว่าจะมีคำสั่งถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-11 ตัวอย่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

Communication time	3.96	sec											
Forking time	8.2	sec											
	P/U ST.	BAY-001	BAY-002	BAY-003	BAY-004	BAY-005	BAY-006	BAY-007	BAY-008	BAY-009	BAY-010	BAY-011	BAY-012
P/U ST.	0	2.39	2.59	3.12	3.52	3.84	4.13	4.38	4.61	4.82	5.02	5.20	5.37
BAY-001	2.39	0	2.29	2.82	3.22	3.54	3.83	4.08	4.31	4.52	4.72	4.9	5.07
BAY-002	2.59	2.29	0	2.29	2.82	3.22	3.54	3.83	4.08	4.31	4.52	4.72	4.9
BAY-003	3.12	2.82	2.29	0	2.29	2.82	3.22	3.54	3.83	4.08	4.31	4.52	4.72
BAY-004	3.52	3.22	2.82	2.29	0	2.29	2.82	3.22	3.54	3.83	4.08	4.31	4.52
BAY-005	3.84	3.54	3.22	2.82	2.29	0	2.29	2.82	3.22	3.54	3.83	4.08	4.31
BAY-006	4.13	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29	0	2.29	2.82	3.22	3.54	3.83	4.08
BAY-007	4.38	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29	0	2.29	2.82	3.22	3.54	3.83
BAY-008	4.61	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29	0	2.29	2.82	3.22	3.54
BAY-009	4.82	4.52	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29	0	2.29	2.82	3.22
BAY-010	5.02	4.72	4.52	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29	0	2.29	2.82
BAY-011	5.20	4.9	4.72	4.52	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29	0	2.29
BAY-012	5.37	5.07	4.9	4.72	4.52	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29	0
BAY-013	5.54	5.24	5.07	4.9	4.72	4.52	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82	2.29
BAY-014	5.69	5.39	5.24	5.07	4.9	4.72	4.52	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22	2.82
BAY-015	5.84	5.54	5.39	5.24	5.07	4.9	4.72	4.52	4.31	4.08	3.83	3.54	3.22

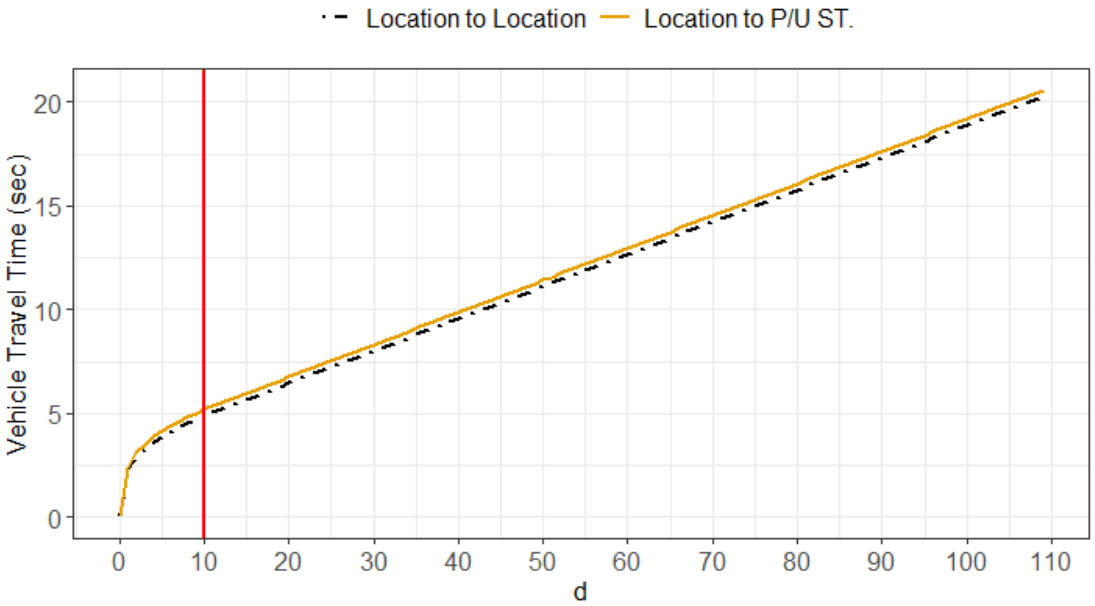
ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำลองสถานการณ์ พบว่าเวลาทำงานรวมของยานพาหนะแต่ละรอบเกิดจากองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่

1. เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลของยานพาหนะ คิดเป็น 3.96 วินาที

2. เวลาที่ใช้ในการรับตะกร้า และปล่อยตะกร้าจากยานพาหนะไปยังตำแหน่งจัดเก็บ คิดเป็น 8.20 วินาที

3. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ยานพาหนะจากตำแหน่งต้นทาง ไปยังตำแหน่งปลายทาง โดยเมื่อพิจารณาจากข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะมีความสัมพันธ์กับระยะทางในการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 4-9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และระยะทาง

จากรูปที่ 4-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และระยะทางที่เคลื่อนที่ โดยแบ่งการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ การเคลื่อนที่จาก Layer Conveyor ไปยังตำแหน่งจัดเก็บ และการเคลื่อนที่ระหว่างตำแหน่งจัดเก็บไปยังตำแหน่งจัดเก็บ ซึ่งในช่วงแรกของการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบจะมีความหน่วง แล้วจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ทำให้ไม่สามารถใช้สมการเดียวในการเป็นตัวแทนของระยะเวลาการเคลื่อนที่ทั้งหมดได้ ผู้วิจัยจึงแบ่งสมการออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงระยะห่างไม่เกิน 10 Column และช่วงระยะห่างที่เกิน 10 Column โดยเมื่อพิจารณาทั้ง 2 ช่วง พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว โดยกำหนดให้ระยะทางระหว่างตำแหน่งจัดเก็บเป็นตัวแปรอิสระ และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเป็นตัวแปรตาม ซึ่งได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$T^{vehicle}(d) = \begin{cases} 2.39 \cdot (1 - x) + 2.29 \cdot x, & d = 1 \\ 2.2947 + 0.2779 \cdot d + 0.3 \cdot x, & 2 \le d \le 10 \\ 3.3552 + 0.1553 \cdot d + 0.3 \cdot x, & d > 10 \end{cases} \quad (4\text{-}2)$$

โดย d = ระยะห่างระหว่างจากตำแหน่งต้นทาง ไปยังตำแหน่งปลายทาง

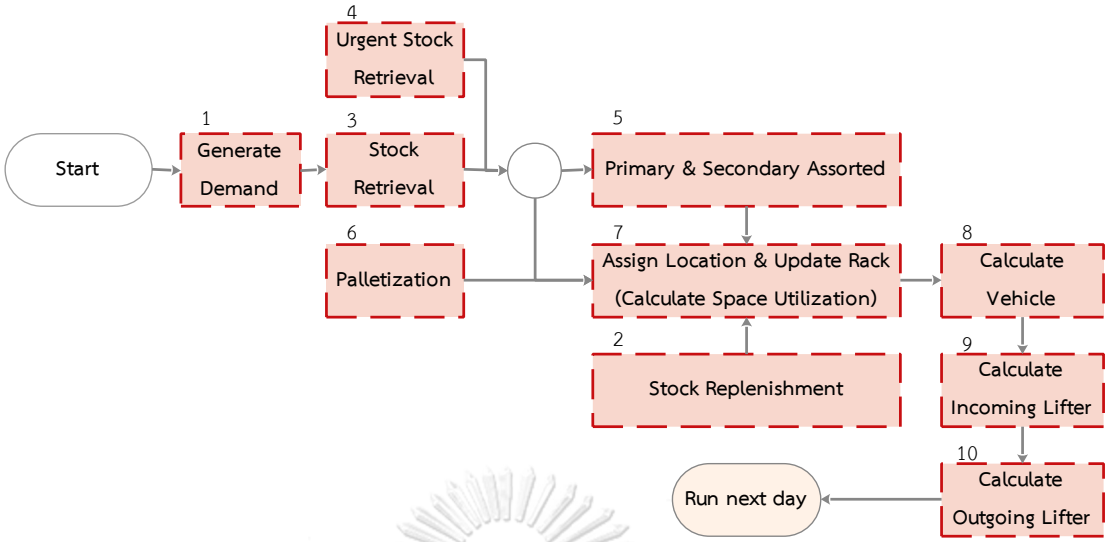
$$x = \begin{cases} 1, & \text{มีต้นทางหรือปลายทางเป็น P/U ST.} \\ 0, & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$$

4.3. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM

เมื่อพิจารณาระบบ VLM พบว่าเป็นระบบที่ไม่ต่อเนื่องตามเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพิจารณาสถานะของระบบตามจุดเวลา โดยมีข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์เป็นค่าคงที่ หรือใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในแต่ละสถานการณ์

การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยจะแบ่งการพัฒนาออกเป็น 10 ส่วน ได้แก่ การสร้างข้อมูลความต้องการสินค้า, สถานีงาน Replenishment, การหยิบสินค้าเพื่อส่งไปยังสถานีงาน Primary Assorted, การหยิบสินค้าที่มีการเติมแบบ Urgent Replenishment, สถานีงาน Secondary Assorted, สถานีงาน Palletization, การเลือกตำแหน่งจัดเก็บ และตำแหน่งที่จะนำสินค้าออก, การคำนวณเวลาทำงานของยานพาหนะ, การคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาเข้า และการคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาออก ก่อนนำแต่ละส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันตามโครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ในรูปที่ 4-10 เพื่อให้เกิดความสะดวกในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

Chulalongkorn University



รูปที่ 4-10 โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์

จากรูปที่ 4-10 แสดงความเกี่ยวข้องกันของแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 10 ส่วน โดยในทุกการเริ่มรอบการทำงาน ศูนย์กระจายสินค้าจะต้องรับข้อมูลความต้องการสินค้าจากสาขาที่ต้องจัดสินค้าในรอบการทำงานนั้นและสรุปข้อมูลความต้องการสินค้าทั้งหมดก่อนที่จะเริ่มทำงานในสถานีงานต่าง ๆ รวมทั้งระบบ VLM

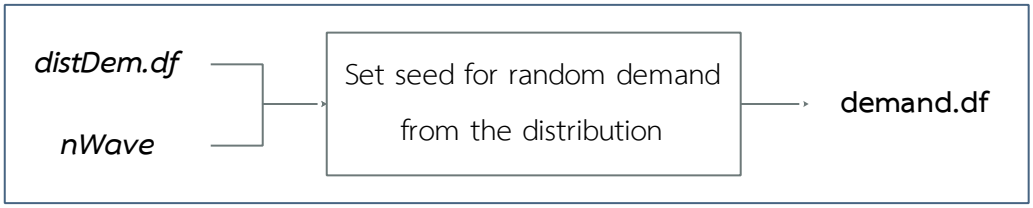
4.3.1. การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์

ผู้วิจัยแบ่งการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ออกเป็น 10 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.1.1. การสร้างข้อมูลความต้องการสินค้าแบบตามลักษณะการกระจายของข้อมูล

ก่อนเริ่มการทำงานแต่ละรอบของศูนย์กระจายสินค้าจะทำการรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าแต่ละชนิดในระบบของสาขาที่อยู่ในรอบการทำงานนั้นจากระบบ ก่อนจะทำการสรุปข้อมูลทั้งหมดของรอบนั้น ๆ โดยมีรายละเอียด คือ ชนิดสินค้า และความต้องการรวมทั้งรอบการทำงาน ก่อนจะทำการเรียงลำดับความต้องการสินค้าจากความต้องการสูงไปความต้องการต่ำ ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนของการสร้างข้อมูลความต้องการสินค้า จะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการสร้างข้อมูลความต้องการสินค้า

จากรูปที่ 4-11 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 2 ชนิด ได้แก่

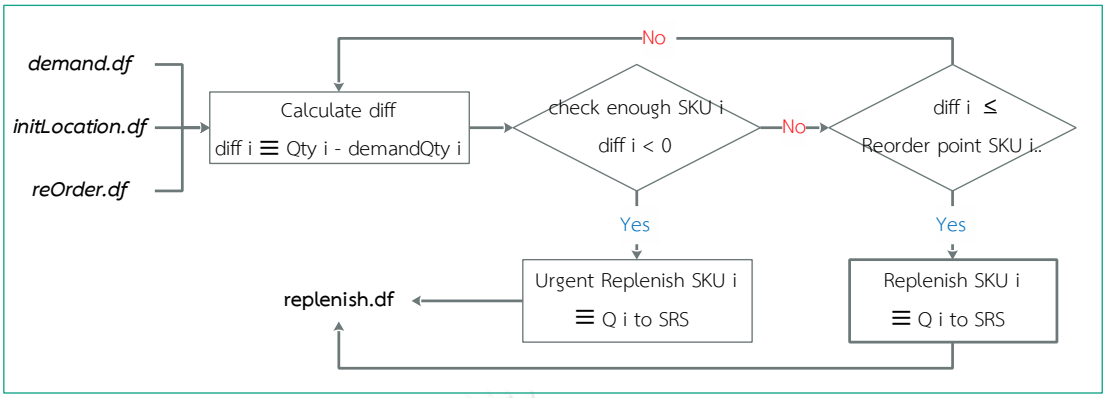
- distDem.df หมายถึง การแจกแจงความต้องการของสินค้าแต่ละประเภท
- nWave หมายถึง ศูนย์กระจายสินค้าแบ่งรอบการทำงานออกเป็น 3 กะการทำงาน โดยกำหนดให้ nWave = 3

โดยจะคืนค่ากลับมาเป็น demand.df ซึ่งมีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และจำนวนที่จะต้องหยิบในรอบการทำงานนั้น

4.3.1.2. สถานีงาน Replenishment

ในการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้า จะมีการหยิบสินค้าออกจากระบบ VLM ตามความต้องการสินค้าในแต่ละรอบการทำงาน ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบปริมาณสินค้าที่มีเหลืออยู่ในระบบว่าสินค้าแต่ละชนิดมีเพียงพอต่อความต้องการสินค้าหรือไม่ หากมีไม่เพียงพอต้องทำการเติมสินค้าแบบเร่งด่วน (Urgent Replenishment) อีกทั้งต้องตรวจสอบว่าเมื่อหยิบสินค้าตามความต้องการในรอบการทำงานนั้นเสร็จสิ้นแล้ว สินค้าชนิดนั้น ๆ จะถึงจุดเติมสินค้าแล้วหรือไม่ ซึ่งหากถึงจุดเติมสินค้าแล้วจะต้องทำการเติมสินค้าตามจำนวนที่กำหนด ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนสถานีงาน Replenishment จะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-12 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนสถานีงาน Replenishment

จากรูปที่ 4-12 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 8 ชนิด ได้แก่

- wave หมายถึง รอบการทำงานในปัจจุบัน
- demand.df หมายถึง ข้อมูลความต้องการสินค้า ณ รอบเวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame ได้มาจากการสร้างข้อมูลตามการกระจายตัวของความต้องการในแบบจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1
- reOrder.df หมายถึง ข้อมูลในการเติมสินค้าแต่ละประเภท มีลักษณะเป็น Data Frame
- maxToteReple หมายถึง จำนวนตะกร้าสูงสุดที่สามารถนำเข้าได้ของตะกร้าที่ส่งมาเติมสินค้า โดยกำหนดให้ maxToteReple = 270 ตะกร้า/ชั่วโมง ตามผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงาน
- slotDay หมายถึง การแบ่งเวลาในแต่ละวันเป็นช่วง โดยกำหนดให้ slotDay = 24 ช่วง แบ่งเป็นช่วงละ 1 ชั่วโมง
- slotWave หมายถึง จำนวนช่วงใน 1 รอบการทำงานมีการทำงาน โดยกำหนดให้ slotWave = 6 ช่วง หรือ 6 ชั่วโมง
- nEndInWave หมายถึง เวลาที่สิ้นสุดในแต่ละรอบการทำงาน โดย

กำหนดให้nEndInWave = c(6, 12, 18) กล่าวคือรอบการทำงานที่ 1 จะสิ้นสุดที่ช่วงที่ 6

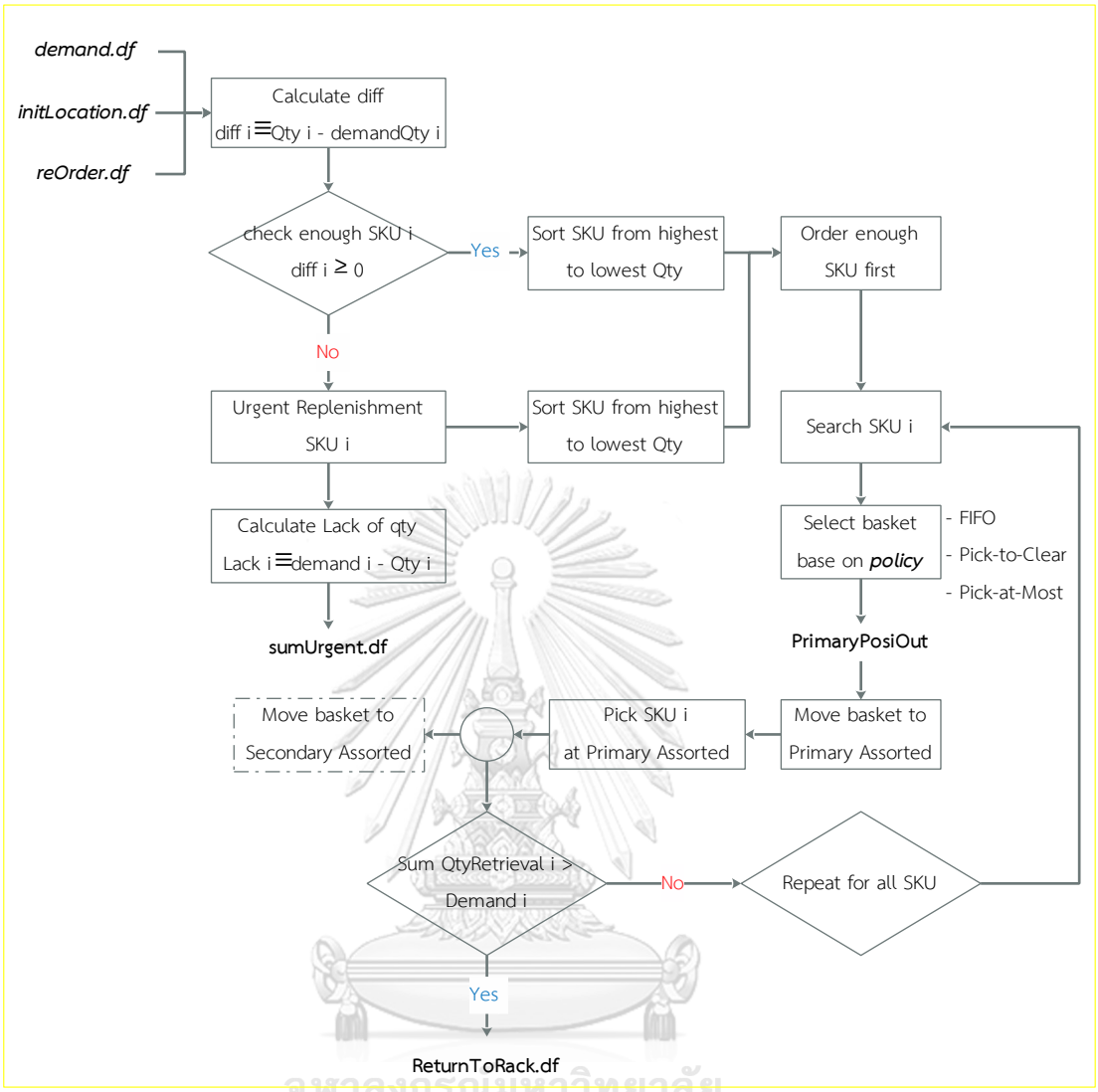
- initLocation.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่จัดเก็บอยู่ในระบบ VLM ณ เริ่มต้นรอบการทำงาน มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้าและตำแหน่งที่จัดเก็บ

โดยจะคืนค่ากลับมาเป็น replenish.df ซึ่งมีลักษณะเป็น Data Frame แสดงตะกร้าสินค้าที่จะถูกส่งไปเติมที่ระบบ VLM (PT Replenishment) โดยมีรายละเอียดของสินค้า ได้แก่ ชื่อสินค้า จำนวนสินค้าในตะกร้านั้น ๆ และเวลาที่ตะกร้านั้นเข้าระบบ

4.3.1.3. การหยิบสินค้าเพื่อส่งไปยังสถานีงาน Primary Assorted

เมื่อสิ้นสุดการสรุปข้อมูลความต้องการสินค้าแล้ว ระบบจะเริ่มการหยิบสินค้าออกจากระบบ VLM ตามความต้องการสินค้าในแต่ละรอบการทำงาน โดยจะเริ่มหยิบจากสินค้าที่มีความต้องการรวมจากทุกสาขามากที่สุด และมีสินค้าเพียงพอในระบบก่อน ส่วนสินค้าที่ต้องทำการเติมสินค้าแบบเร่งด่วนจะถูกจัดเรียงให้ถูกหยิบทีหลัง ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนการหยิบสินค้าออกจากระบบเพื่อส่งไปแยกกลุ่มสาขาที่สถานีงาน Primary Assorted จะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-13 ผังการจำลองสถานการณ์การหยิบสินค้าเพื่อส่งไปยังสถานีงาน Primary Assorted

จากรูปที่ 4-13 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 8 ชนิด ได้แก่

- wave หมายถึง รอบการทำงานในปัจจุบัน
- policy หมายถึง รูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า โดย policy = 1 คือ FIFO
  policy = 2 คือ Pick-to-Clear
  policy = 3 คือ Pick-at-Most

- maxPrimOut หมายถึง จำนวนตะกร้าสูงสุดที่สามารถนำออกไปยังสถานีงาน Primary Assorted ได้ โดยกำหนดให้ maxPrimOut = 211 ตะกร้า/ชั่วโมง ตามผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงาน
- initLocation.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่จัดเก็บอยู่ในระบบ VLM ณ เริ่มต้นรอบการทำงาน มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้าและตำแหน่งที่จัดเก็บ
- demand.df หมายถึง ข้อมูลความต้องการสินค้า ณ รอบเวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame ได้มาจากการสร้างข้อมูลตามการกระจายตัวของความต้องการในแบบจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1
- storeMap.df หมายถึง ข้อมูลลักษณะของสาขา
- reOrder.df หมายถึง ข้อมูลในการเติมสินค้าแต่ละประเภท มีลักษณะเป็น Data Frame
- replenish.df หมายถึง ข้อมูลการเติมสินค้า ณ Wave ที่สนใจ ซึ่งได้มาจากแบบจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2

โดยจะคืนค่ากลับมา 3 ส่วน ได้แก่

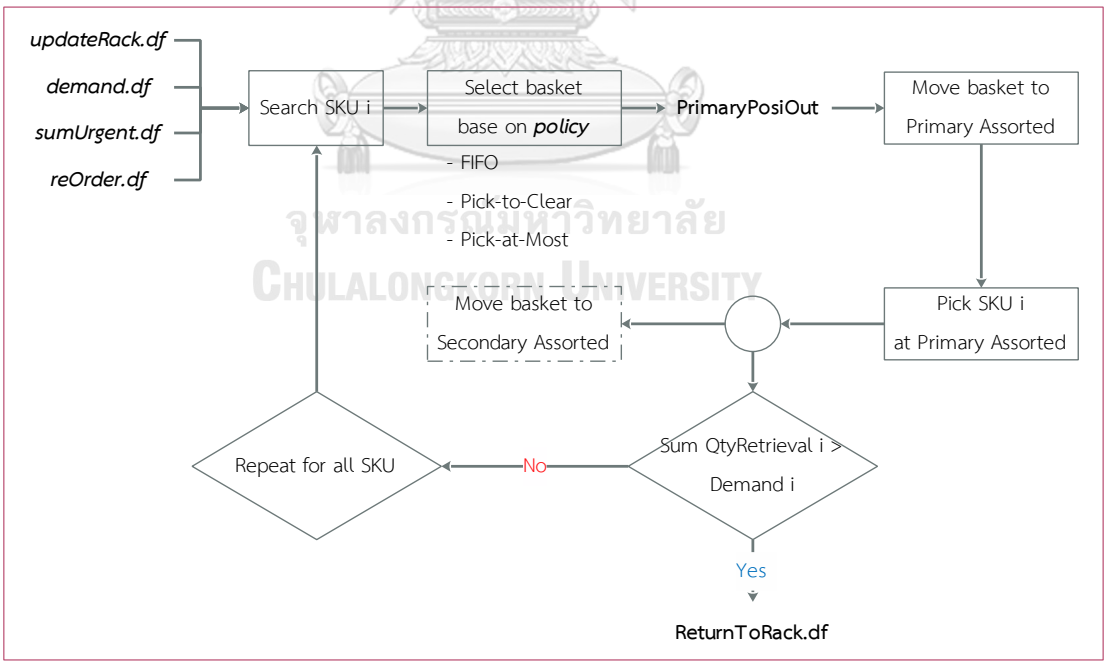
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ReturnToRack.df หมายถึง ตะกร้าสินค้าที่จะถูกส่งคืนกลับไปสู่ระบบ VLM (PT Return) โดยมีลักษณะเป็น Data Frame แสดงรายละเอียดของสินค้า ได้แก่ ชื่อสินค้า จำนวนสินค้าในตะกร้านั้น ๆ และเวลาที่ตะกร้านั้นเข้าระบบรายละเอียดของสินค้า ได้แก่ ชื่อสินค้า จำนวนสินค้าในตะกร้านั้น ๆ และเวลาที่ส่งคืนสู่ระบบ
- PrimaryPosiOut หมายถึง ตำแหน่งของตะกร้าจัดเก็บสินค้าที่ต้องมีการนำออกไป Primary Assorted (PT Retrieval) มีลักษณะเป็นลิสต์ของข้อมูลแสดงตำแหน่งของตะกร้าสินค้า

- sumUrgent.df หมายถึง รายละเอียดสินค้าที่ต้องทำการหยิบเพิ่มจากสินค้าที่มีการเติมแบบเร่งด่วน มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และจำนวนที่จะต้องหยิบเพิ่ม

4.3.1.4. การหยิบสินค้าที่มีการเติมแบบเร่งด่วน

หลังจากทำการหยิบสินค้าตามความต้องการสินค้าที่มีเพียงพอขณะเริ่มรอบการทำงานและหยิบสินค้าทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบสำหรับสินค้าที่มีไม่เพียงพอออกจากระบบแล้ว จากนั้นจะต้องทำการหยิบสินค้าที่มีการเติมสินค้าแบบเร่งด่วน ก่อนส่งไปแยกกลุ่มสาขาที่สถานีงาน Primary Assorted ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนการหยิบสินค้าออกจากระบบ สำหรับสินค้าที่มีความต้องการสินค้ามากกว่าสินค้าในระบบ ณ ขณะเริ่มรอบการทำงาน ทำให้ต้องมีการเติมแบบเร่งด่วน จะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 ผังการจำลองสถานการณ์การหยิบสินค้าที่มีการเติมแบบ Urgent Replenishment

จากรูปที่ 4-14 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 7 ชนิด ได้แก่

- policy หมายถึง รูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า โดย policy = 1 คือ FIFO
  policy = 2 คือ Pick-to-Clear
  policy = 3 คือ Pick-at-Most
- maxPrimOut หมายถึง จำนวนตะกร้าสูงสุดที่สามารถนำออกไปยังสถานีงาน Primary Assorted ได้ โดยกำหนดให้ maxPrimOut = 211 ตะกร้า/ชั่วโมง ตามผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงาน
- sumUrgent.df หมายถึง รายละเอียดสินค้าที่ต้องทำการหยิบเพิ่มจากสินค้าที่มีการเติมแบบเร่งด่วน มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และจำนวนที่จะต้องหยิบเพิ่ม ได้มาจากการจำลองสถานการณ์ในส่วนที่ 3
- updateRack.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่จัดเก็บอยู่ในระบบ VLM ณ เวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- demand.df หมายถึง ข้อมูลความต้องการสินค้า ณ รอบเวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame ได้มาจากการสร้างข้อมูลตามการกระจายตัวของความต้องการในแบบจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1
- storeMap.df หมายถึง ข้อมูลลักษณะของสาขา
- reOrder.df หมายถึง ข้อมูลในการเติมสินค้าแต่ละประเภท มีลักษณะเป็น Data Frame

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยจะคืนค่ากลับมา 2 ส่วน ได้แก่

- ReturnToRack.df หมายถึง ตะกร้าสินค้าที่จะถูกส่งคืนกลับไปสู่ระบบ VLM (PT Return) โดยมีลักษณะเป็น Data Frame แสดงรายละเอียด

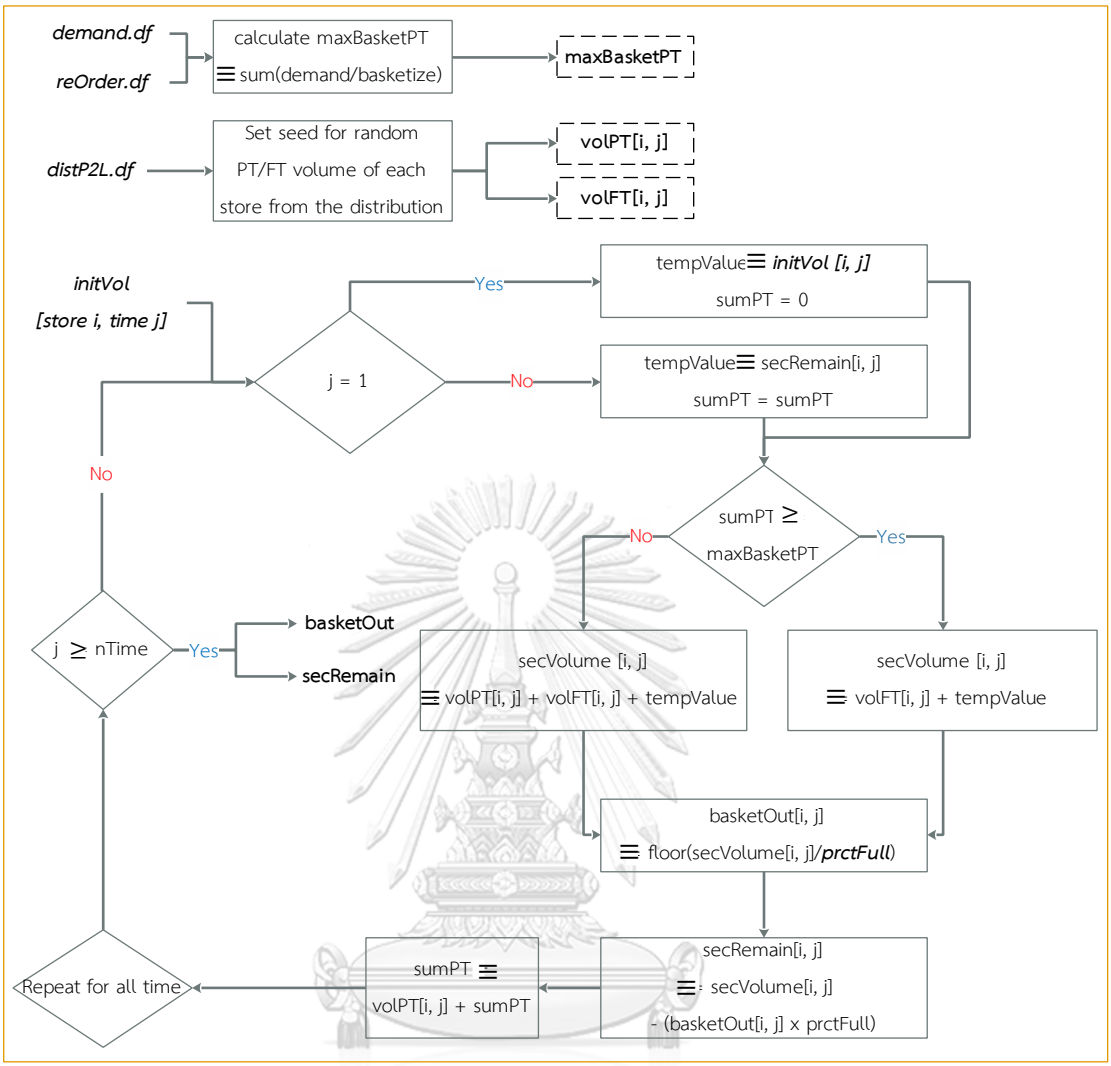
ของสินค้า ได้แก่ ชื่อสินค้า จำนวนสินค้าในตะกร้านั้น ๆ และเวลาที่ตะกร้านั้นเข้าระบบรายละเอียดของสินค้า ได้แก่ ชื่อสินค้า จำนวนสินค้าในตะกร้านั้น ๆ และเวลาที่ส่งคืนสู่ระบบ

- PrimaryPosiOut หมายถึง ตำแหน่งของตะกร้าจัดเก็บสินค้าที่ต้องมีการนำออกไป Primary Assorted (PT Retrieval) มีลักษณะเป็นลิสต์ของข้อมูลแสดงตำแหน่งของตะกร้าสินค้า

4.3.1.5. สถานีงาน Secondary Assorted

หลังจากการนำตะกร้าจัดเก็บสินค้าออกจากระบบ VLM ไปแยกกลุ่มสาขาที่สถานีงาน Primary Assorted ร่วมกับสินค้า Flow Through แล้ว สินค้าจะถูกส่งไปยังสถานีงาน Secondary Assorted เพื่อแยกเป็นตะกร้าของแต่ละสาขา และส่งกลับไปเก็บยังพื้นที่ของตะกร้ากระจายสินค้าในระบบ VLM ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วน Secondary Assorted จะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-15 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วน Secondary Assorted

จากรูปที่ 4-15 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 10 ชนิด ได้แก่

- initVol หมายถึง ปริมาตรสินค้าที่มีอยู่ในตะกร้าแต่ละสาขา ณ เริ่มต้นรอบการทำงาน โดยมีลักษณะเป็นเมทริกซ์ ระหว่างปริมาตรสินค้าที่อยู่ในตะกร้าของแต่ละสาขา และเวลา
- wave หมายถึง รอบการทำงานในปัจจุบัน
- distP2L.df หมายถึง การแจกแจงของสินค้าแต่ละประเภท ในแต่ละสาขา

- demand.df หมายถึง ข้อมูลความต้องการสินค้า ณ รอบเวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame ได้มาจากการสร้างข้อมูลตามการกระจายตัวของความต้องการในแบบจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1
- reOrder.df หมายถึง ข้อมูลในการเติมสินค้าแต่ละประเภท มีลักษณะเป็น Data Frame
- storeMap.df หมายถึง ข้อมูลลักษณะของสาขา
- minPerSlot หมายถึง ขนาดของช่วงเวลาที่สนใจ (นาที) โดยกำหนดให้ minPerSlot = 60 นาที
- nStoreInWave หมายถึง เวลาที่เริ่มต้นในแต่ละรอบการทำงาน โดยกำหนดให้ nStoreInWave = c(1, 7, 13) กล่าวคือรอบการทำงานที่ 1 จะเริ่มต้นที่ช่วงที่ 1
- nTime หมายถึง จำนวนช่วงใน 1 Replication โดยกำหนดให้ nTime = 168
- prctFull หมายถึง การกำหนดเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรสินค้าในตะกร้าที่จะถูกส่งกลับไปเก็บที่ระบบ VLM โดยกำหนดให้ prctFull = 0.7 ตามนโยบายของบริษัทกรณีศึกษา

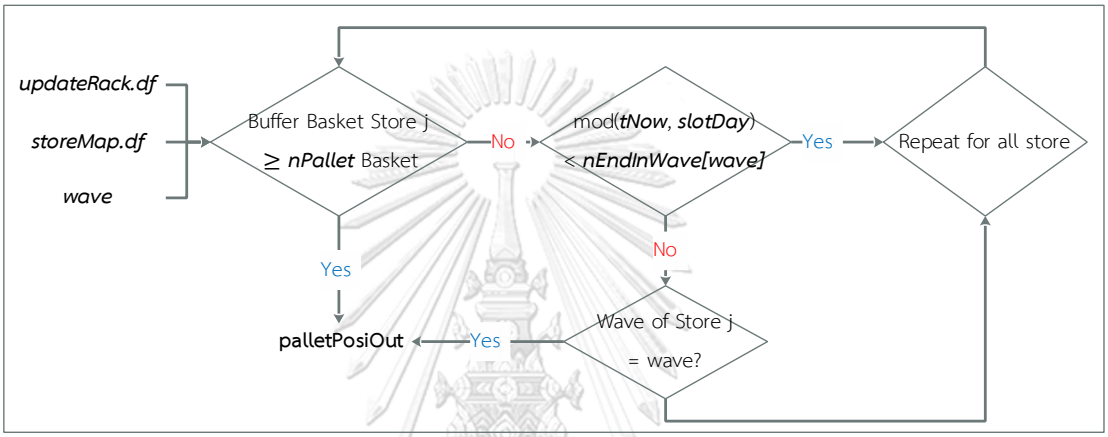
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยจะคืนค่ากลับมา 2 ส่วน ได้แก่

- outBasket หมายถึง จำนวนตะกร้าที่ส่งกลับไปเก็บยังพื้นที่จัดเก็บตะกร้ากระจายสินค้าของแต่ละสาขา ในแต่ละช่วงเวลา (Buffer Basket to SRS) โดยมีลักษณะเป็นเมทริกซ์ ระหว่างจำนวนตะกร้าของแต่ละสาขา และช่วงเวลา
- remVol หมายถึง ปริมาตรสินค้าที่มีอยู่ในตะกร้าแต่ละสาขาในแต่ละช่วงเวลา โดยมีลักษณะเป็นเมทริกซ์ ระหว่างปริมาตรสินค้าที่อยู่ในตะกร้าของแต่ละสาขา และช่วงเวลา

4.3.1.6. สถานีงาน Palletization

ระบบจะมีการตรวจสอบจำนวนตะกร้าในของแต่ละสาขาในระบบ VLM หากมีตะกร้ากระจายสินค้าครบ 25 ตะกร้า/สาขา หรือจบรอบการทำงาน ระบบจะนำตะกร้ากระจายสินค้าของสาขานั้น ๆ ออกมาสู่สถานีงาน Palletization ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วน Palletization จะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วน Palletization

จากรูปที่ 4-16 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 7 ชนิด ได้แก่

- tNow หมายถึง จุดเวลาที่สนใจ
- wave หมายถึง รอบการทำงานในปัจจุบัน
- updateRack.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่จัดเก็บอยู่ในระบบ VLM ณ เวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- storeMap.df หมายถึง ข้อมูลลักษณะของสาขา
- slotDay หมายถึง การแบ่งเวลาในแต่ละวันเป็นช่วง โดยกำหนดให้ slotDay = 24 ช่วง แบ่งเป็นช่วงละ 1 ชั่วโมง
- nPallet หมายถึง จำนวนตะกร้าที่จะนำออกมาจัดเรียงบนพาเลท โดยกำหนดให้ nPallet = 25 ตามนโยบายของบริษัทกรณีศึกษา

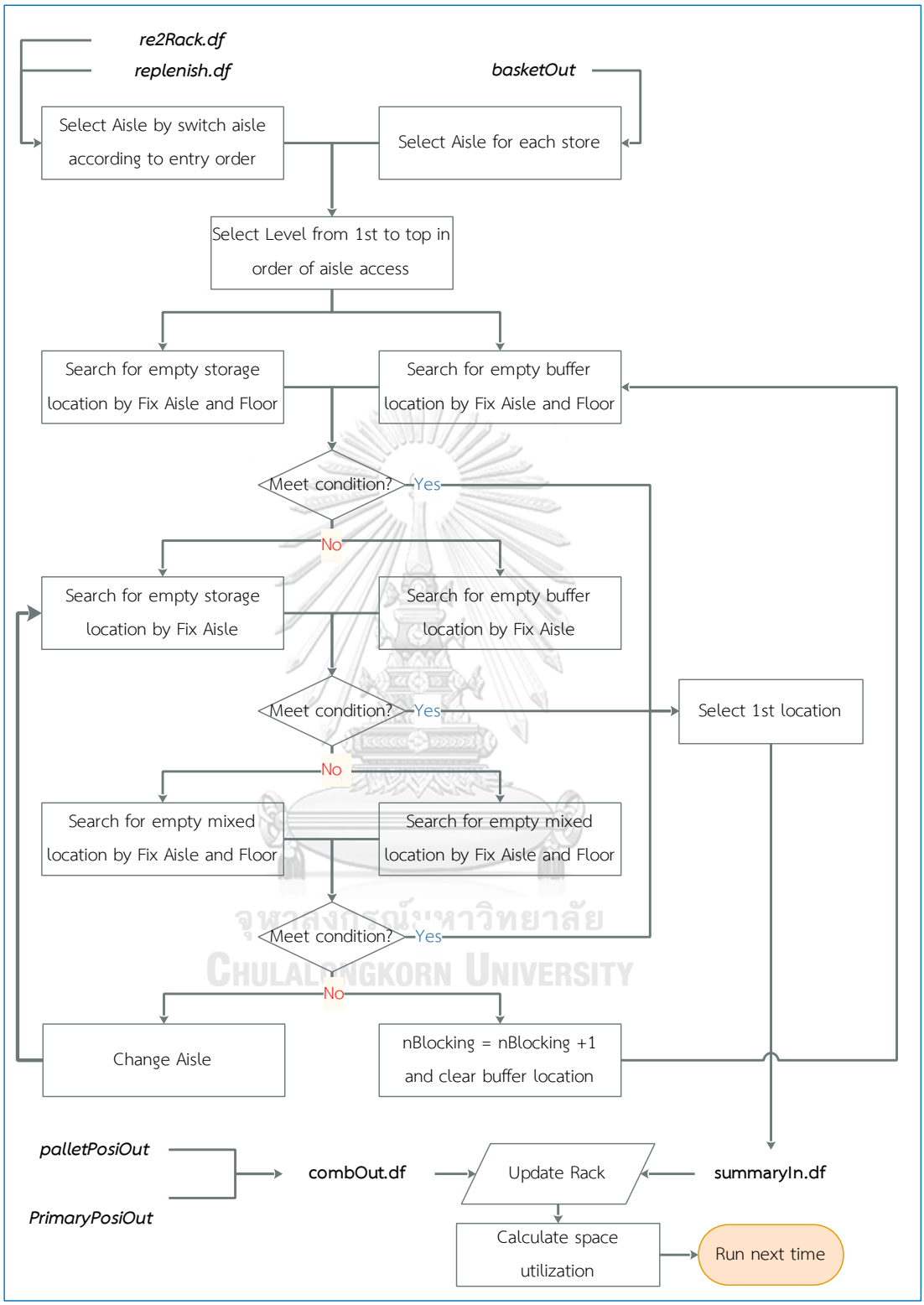
- nEndInWave หมายถึง เวลาที่สิ้นสุดในแต่ละรอบการทำงาน โดยกำหนดให้ nEndInWave = c(6, 12, 18) กล่าวคือรอบการทำงานที่ 1 จะสิ้นสุดที่ช่วงที่ 6 ซึ่งที่จุดเวลานี้จะนำตะกร้าของสาขาที่ต้องจัดส่งในรอบการทำงานนั้น ๆ ออกมาจัดเรียงบนพาเลท แม้ยังไม่ครบ 25 ตะกร้า/สาขา ตามที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด

โดยจะคืนค่ากลับมาเป็น palletPosiOut เป็นตำแหน่งของตะกร้ากระจายสินค้า ที่ต้องมีการนำออกไปสถานีงาน Palletization มีลักษณะเป็นลิสต์ของข้อมูลแสดงตำแหน่งของตะกร้าสินค้า

4.3.1.7. การเลือกตำแหน่งจัดเก็บ และตำแหน่งที่จะนำสินค้าออก

ระบบ VLM มีสินค้าเข้าและออกไปสู่หลายสถานีงาน ดังนั้นจึงต้องทำการรวบรวมข้อมูลการเข้า-ออกของตะกร้าสินค้า เพื่อเลือกตำแหน่งจัดเก็บให้กับตะกร้าสินค้าแต่ละประเภท และเลือกหยิบสินค้าออกจากระบบให้ถูกตำแหน่ง ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนเลือกตำแหน่งจัดเก็บ และตำแหน่งที่จะนำสินค้าออกจะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-17

CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-17 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการเลือกตำแหน่งจัดเก็บ และตำแหน่งที่จะนำสินค้าออก

จากรูปที่ 4-17 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 19 ชนิด ได้แก่

- tNow หมายถึง จุดเวลาที่สนใจ
- policy หมายถึง รูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า โดย policy = 1 คือ FIFO
  policy = 2 คือ Pick-to-Clear
  policy = 3 คือ Pick-at-Most
- rackBefWave หมายถึง ตำแหน่งสินค้าก่อนที่จะเริ่มรอบการทำงานในปัจจุบัน
- updateRack.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่จัดเก็บอยู่ในระบบ VLM ณ เวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- nColBuffer หมายถึง จำนวนช่องด้านหน้าสำหรับตะกร้ากระจายสินค้าในแต่ละชั้น
- nColMix หมายถึง จำนวนช่องด้านหลังซึ่งเป็นพื้นที่ใช้ร่วมกันในแต่ละชั้น
- toteFrom2ndPT หมายถึง จำนวนตะกร้าที่ส่งไปยังสถานีงาน Secondary Assorted ในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดให้ toteFrom2ndPT = 0 ณ เวลา tNow = 1
- usingToteFT หมายถึง จำนวนตะกร้า Flow Through ที่ส่งไปยังสถานีงาน Secondary Assorted
- nTotebeftNow หมายถึง จำนวนตะกร้าที่ออกจากสถานีงาน Secondary Assorted ไปเก็บในระบบ VLM โดยกำหนดให้ nTotebeftNow = 0 ณ เวลา tNow = 1
- nPallet หมายถึง จำนวนตะกร้าที่จะนำออกมาจัดเรียงบนพาเลท โดยกำหนดให้ nPallet = 25 ตามนโยบายของบริษัทกรณีศึกษา
- minPerSlot หมายถึง ขนาดของช่วงเวลาที่สนใจ (นาที) โดยกำหนดให้ minPerSlot = 60 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- maxToteReple หมายถึง จำนวนตะกร้าสูงสุดที่สามารถนำเข้าได้ของตะกร้าที่ส่งมาเติมสินค้า โดยกำหนดให้ maxToteReple = 270 ตะกร้า/ชั่วโมง ตามผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงาน
- maxToteReturn หมายถึง จำนวนตะกร้าสูงสุดที่สามารถนำเข้าได้ของตะกร้าที่ส่งคืนกลับมา โดยกำหนดให้ maxToteReturn = 270 ตะกร้า/ชั่วโมง ตามผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงาน
- maxPrimOut หมายถึง จำนวนตะกร้าสูงสุดที่สามารถนำออกไปยังสถานีงาน Primary Assorted ได้ โดยกำหนดให้ maxPrimOut = 211 ตะกร้า/ชั่วโมง ตามผลการทดสอบระบบของกระบวนการทำงาน
- nStoreInWave หมายถึง เวลาที่เริ่มต้นในแต่ละรอบการทำงาน โดยกำหนดให้ nStoreInWave = c(1, 7, 13) กล่าวคือรอบการทำงานที่ 1 จะเริ่มต้นที่ช่วงที่ 1
- nEndInWave หมายถึง เวลาที่สิ้นสุดในแต่ละรอบการทำงาน โดยกำหนดให้nEndInWave = c(6, 12, 18) กล่าวคือรอบการทำงานที่ 1 จะสิ้นสุดที่ช่วงที่ 6
- slotDay หมายถึง การแบ่งเวลาในแต่ละวันเป็นช่วง โดยกำหนดให้ slotDay = 24 ช่วง แบ่งเป็นช่วงละ 1 ชั่วโมง
- slotWave หมายถึง จำนวนช่วงใน 1 รอบการทำงานมีการทำงาน โดยกำหนดให้ slotWave = 6 ช่วง หรือ 6 ชั่วโมง
- nGroup หมายถึง จำนวนเกาะที่เปิดใช้งานในสถานีงาน Secondary Assorted โดยกำหนดให้ nGroup = 12 ตามจำนวนเกาะที่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยจะคืนค่ากลับมา 15 ส่วน ได้แก่

- nTote หมายถึง จำนวนตะกร้าที่ออกจากสถานีงาน Secondary Assorted ไปเก็บในระบบ VLM
- nStorage หมายถึง จำนวนตะกร้าจัดเก็บสินค้าที่ส่งไปเก็บในระบบ VLM
- nPrimaryOut หมายถึง จำนวนตะกร้าจัดเก็บสินค้าที่ส่งออกไปยังสถานีงาน Primary Assorted
- noTote หมายถึง จำนวนตะกร้าที่เข้าสู่ระบบ VLM จากแต่ละสถานีงาน และออกจากระบบ VLM ไปแต่ละสถานีงานในแต่ละช่วงเวลา มีลักษณะเป็นลิสต์ของข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้ จำนวนตะกร้า
- usingTotePT หมายถึง จำนวนตะกร้า Put-Away ที่ส่งไปยังสถานีงาน Secondary Assorted
- prepareTote หมายถึง จำนวนตะกร้าที่ต้องเตรียมไว้ ณ สถานีงาน Primary Assorted เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน
- summaryIn.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่ต้องจัดเก็บเพิ่มในระบบ VLM ณ เวลา tNow มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- combOut.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่ต้องนำออกจากระบบ VLM ณ เวลา tNow มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- updateRack.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่จัดเก็บอยู่ในระบบ VLM ณ เวลาที่สนใจ มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- rackBefWave หมายถึง ตำแหน่งสินค้าก่อนที่จะเริ่มรอบการทำงานในปัจจุบัน
- nBlocking หมายถึง จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- spaceU หมายถึง อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของอุปกรณ์ เมื่อจบเวลา tNow
- spaceBU หมายถึง อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าของอุปกรณ์ เมื่อจบเวลา tNow
- spaceMU หมายถึง อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ร่วมกันของอุปกรณ์ เมื่อจบเวลา tNow
- spaceSU หมายถึง อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ตะกร้าจัดเก็บสินค้าของอุปกรณ์ เมื่อจบเวลา tNow

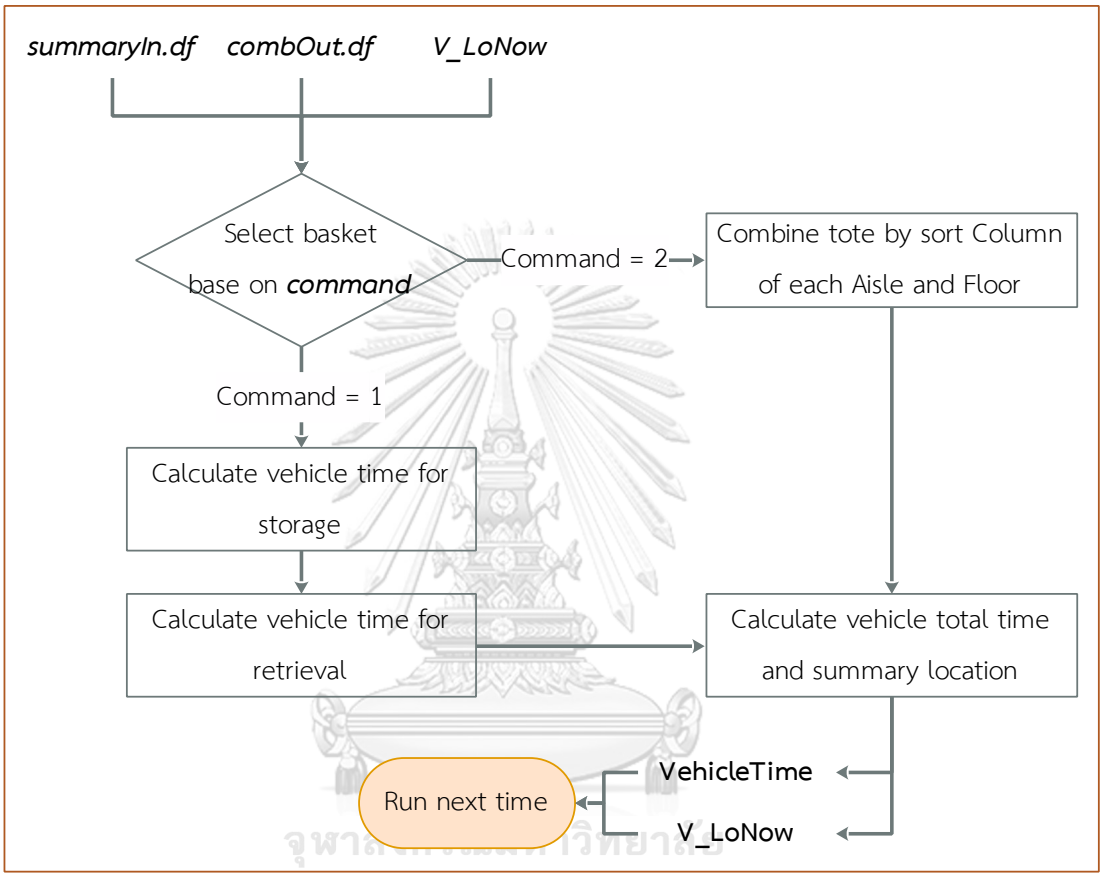
4.3.1.8. การคำนวณเวลาทำงานของยานพาหนะ

ยานพาหนะในระบบ VLM แต่ละตัวทำงานอย่างอิสระต่อกัน ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนการทำงานของยานพาหนะจะเป็นการเก็บข้อมูลและคำนวนเวลาการทำงานของยานพาหนะแต่ละตัว โดยจะมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-18 ซึ่งแบ่งรูปแบบการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

1. การเคลื่อนที่ตามคำสั่งรอบเดียว โดยยานพาหนะจะเคลื่อนที่นำสินค้าไปจัดเก็บที่ตำแหน่งจัดเก็บ แล้วจะเดินเครื่องเปล่ากลับมายังตำแหน่ง Layer Conveyor ก่อนจะดำเนินงานในคำสั่งถัดไป เช่น นำสินค้าถัดไปไปเก็บ หรือเดินเครื่องเปล่าไปยังตำแหน่งสินค้าที่ต้องการหยิบ แล้วหยิบสินค้ากลับมายังตำแหน่ง Layer Conveyor

2. การเคลื่อนที่ตามคำสั่งเป็นคู่ โดยยานพาหนะจะนำตะกร้าสินค้าเข้าไปเก็บในตำแหน่งจัดเก็บแล้ว จะเคลื่อนที่ไปหยิบตะกร้าสินค้าในตำแหน่งที่มีความต้องการถัดไป ก่อนจะเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่ง Layer Conveyor โดยในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการหยิบแบบ Nearest Neighbor (NN) กล่าวคือเมื่อยานพาหนะนำตะกร้าสินค้าเข้าไปเก็บแล้ว จะ

ทำการเลือกตะกร้าสินค้าที่มีความต้องการที่อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับตำแหน่งของยานพาหนะในปัจจุบันมากที่สุด ส่งผลให้สามารถลดเวลาในการทำงานของยานพาหนะ ซึ่งทำให้สามารถทำงานหยิบสินค้าเสร็จสิ้นได้รวดเร็วขึ้น และเพิ่มปริมาณทรูพุตต่อวัน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-18 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการคำนวณเวลาทำงานของยานพาหนะ

จากรูปที่ 4-18 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 5 ชนิด ได้แก่

- command หมายถึง รูปแบบการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ
  โดย command = 1 หมายถึง การเคลื่อนที่ตามคำสั่งรอบเดียว
  command = 2 หมายถึง การเคลื่อนที่ตามคำสั่งเป็นคู่
- V_LoNow หมายถึง ตำแหน่งของยานพาหนะแต่ละตัว ก่อนเริ่มเวลา tNow

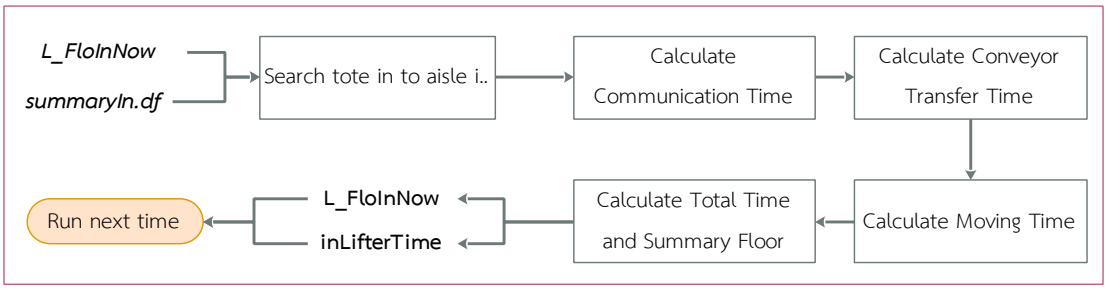
- summaryIn.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่ต้องจัดเก็บเพิ่มในระบบ VLM ณ เวลา tNow มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- combOut.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่ต้องนำออกจากระบบ VLM ณ เวลา tNow มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- veSpec หมายถึง ข้อมูลจำเพาะของยานพาหนะ มีลักษณะเป็นลิสต์ของข้อมูลของอุปกรณ์

โดยจะคืนค่ากลับมา 2 ส่วน ได้แก่

- V_LoNow หมายถึง ตำแหน่งของยานพาหนะแต่ละตัว เมื่อจบช่วง tNow
- VehicleTime หมายถึง เวลาที่ยานพาหนะแต่ละตัวใช้ในการทำงานทั้งหมดในช่วง tNow

4.3.1.9. การคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาเข้า

ลิฟต์ในระบบ VLM มีการทำงานแยกกันระหว่างลิฟต์ขาเข้าและลิฟต์ขาออก โดยระบบ VLM ของบริษัทกรณีศึกษามีลิฟต์ขาเข้าทั้งสิ้น 2 ตัวตามจำนวน Aisle ของระบบซึ่งลิฟต์แต่ละตัวจะทำงานอย่างอิสระต่อกัน โดยเคลื่อนที่ไปรับตะกร้าสินค้า และเคลื่อนที่ไปยังชั้นเป้าหมาย เพื่อส่งตะกร้าไปไว้ที่ Layer Conveyor และเคลื่อนที่ไปรับตะกร้าสินค้าอีกครั้ง แต่หากไม่มีสินค้าเข้าระบบแล้ว ระบบจะหยุดทำงานให้ลิฟต์จอดประจำอยู่ที่ชั้นนั้น ๆ จนกว่าจะมีตะกร้าสินค้าเข้าระบบอีกครั้ง ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนการทำงานของลิฟต์ขาเข้า จะเป็นการเก็บข้อมูลและคำนวณเวลาการทำงานของลิฟต์แต่ละตัว โดยมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-19



รูปที่ 4-19 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาเข้า

จากรูปที่ 4-19 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 3 ชนิด ได้แก่

- L_FloInNow หมายถึง ตำแหน่งของลิฟต์ขาเข้าแต่ละตัว ก่อนเริ่มเวลา tNow
- summaryIn.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่ต้องจัดเก็บเพิ่มในระบบ VLM ณ เวลา tNow มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- liftSpec หมายถึง ข้อมูลจำเพาะของลิฟต์ในแนวดิ่ง มีลักษณะเป็นลิสต์ของข้อมูลของอุปกรณ์

โดยจะคืนค่ากลับมา 2 ส่วน ได้แก่

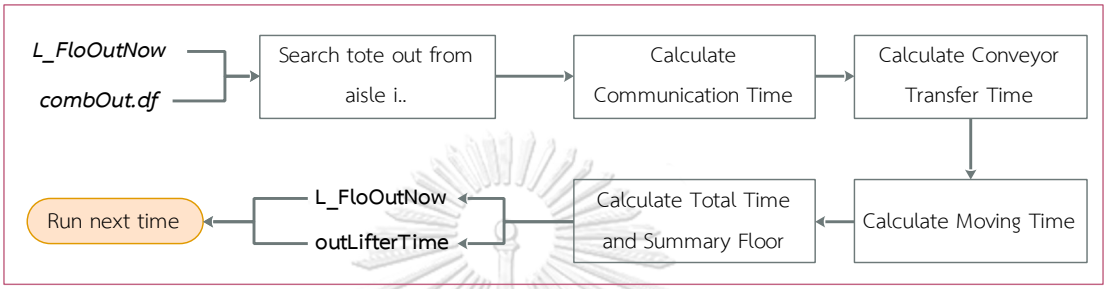
- L_FloInNow หมายถึง ตำแหน่งของลิฟต์ขาเข้าแต่ละตัว เมื่อจบช่วง tNow
- inLifterTime หมายถึง เวลาที่ลิฟต์ขาเข้าแต่ละตัวใช้ในการทำงานทั้งหมดในช่วง tNow

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.1.10. การคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาออก

ในส่วนของลิฟต์ขาออก มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับลิฟต์ขาเข้า โดยจะเคลื่อนที่ไปรับตะกร้าสินค้าจากแต่ละชั้น และเคลื่อนที่ไปยังชั้นที่มีสายพานนำออกไปยังสถานีงานเป้าหมาย เพื่อส่งตะกร้าไปยังสถานีงานอื่น ๆ และเคลื่อนที่ไปรับตะกร้าสินค้าอีกครั้ง แต่หาก

ไม่มีตะกร้าสินค้าที่ต้องออกจากระบบแล้ว ระบบจะหยุดทำงานให้ลิฟต์จอดประจำอยู่ที่ชั้นนั้น ๆ จนกว่าจะมีตะกร้าสินค้าออกจากระบบอีกครั้ง ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ส่วนการทำงานของลิฟต์ขาออก จะเป็นการเก็บข้อมูลและคำนวณเวลาการทำงานของลิฟต์แต่ละตัว โดยมีผังการจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-20



รูปที่ 4-20 ผังการจำลองสถานการณ์ส่วนการคำนวณเวลาทำงานของลิฟต์ขาออก

จากรูปที่ 4-20 ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลนำเข้า 3 ชนิด ได้แก่

- L_FloOutNow หมายถึง ตำแหน่งของลิฟต์ขาออกแต่ละตัว ก่อนเริ่มเวลา tNow
- combOut.df หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่ต้องนำออกจากระบบ VLM ณ เวลา tNow มีลักษณะเป็น Data Frame แสดงประเภทสินค้า และตำแหน่งที่จัดเก็บ
- liftSpec หมายถึง ข้อมูลจำเพาะของลิฟต์ในแนวดิ่ง มีลักษณะเป็นลิสต์ของข้อมูลของอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยจะคืนค่ากลับมา 2 ส่วน ได้แก่

- L_FloOutNow หมายถึง ตำแหน่งของลิฟต์ขาออกแต่ละตัว เมื่อจบช่วง tNow
- outLifterTime หมายถึง เวลาที่ลิฟต์ขาออกแต่ละตัวใช้ในการทำงานทั้งหมดในช่วง tNow

4.3.2. การจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

จากการพิจารณาระบบ VLM พบว่าเป็นระบบที่ไม่ต่อเนื่องตามเวลา มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะเกิดซ้ำวนไปเรื่อย ๆ โดยผู้วิจัยจะพิจารณาสถานะของระบบตามจุดเวลาที่กำหนด ส่วนข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์จะเป็นค่าคงที่ หรือใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยในการจำลองสถานการณ์ผู้วิจัยจะเริ่มต้นจำลองสถานการณ์ตามกระบวนการทำงานในปัจจุบัน ซึ่งมีนโยบายการทำงานดังนี้

1. รูปแบบนโยบายในการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM เป็นการแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วน โดยให้ตะกร้ากระจายสินค้าอยู่ใน 7 Bays ด้านที่ติดกับลิฟต์ในแนวดิ่ง หรือ 35 ตะกร้าแรกของทุกชั้นจัดเก็บ คิดเป็น 2,520 ช่อง ส่วนตะกร้าจัดเก็บสินค้าจะอยู่ใน 15 Bays ด้านหลัง หรือตะกร้าที่ 36 - 110 ของทุกชั้นจัดเก็บ คิดเป็น 5,400 ช่อง

2. รูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า จะเป็นการหยิบสินค้าที่มีความต้องการสูงก่อน แต่หากสินค้าชนิดเดียวกันมีหลายตะกร้าเป็นการหยิบแบบ FIFO ซึ่งมีแนวคิดเป็นไปตามการค้าโดยปกติที่บริษัทมักจะต้องการขาย หรือใช้ของเก่าก่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4. การตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์

ในการนำแบบจำลองสถานการณ์ไปประยุกต์ใช้ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ก่อน โดยจะทำการตรวจสอบจากนโยบายที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบันดังนี้ โดยจะทำการการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้า และการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์

4.4.1. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบข้อมูลความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์ จะใช้การทดสอบ Welch's Two Sample T-Test หรือ T-Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างข้อมูลของแบบจำลองกับระบบที่เกิดขึ้นจริง โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

โดย μ_1 = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง

μ_2 = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากแบบจำลองสถานการณ์

4.4.1.1. การเข้ามาของความต้องการสินค้าในแต่ละกะการทำงาน

การเข้ามาของความต้องการสินค้าแต่ละประเภทของบริษัทกรณีศึกษามีความแตกต่างกันไปและมีความไม่แน่นอนในแต่ละรอบการทำงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสร้างข้อมูลจากการกระจายของความต้องการสินค้าแต่ละประเภท และทดสอบความถูกต้องของความต้องการสินค้าจากแบบจำลองสถานการณ์กับสถานการณ์จริง ดังรูปที่ 4-21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
> t.test(actual$value,genData$value)

        Welch Two Sample t-test

data:  actual$value and genData$value
t = 0.24787, df = 3018.6, p-value = 0.8043
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -1.009094  1.301145
sample estimates:
mean of x mean of y
 12.63318  12.48716
```

รูปที่ 4-21 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความถูกต้องของส่วนความต้องการสินค้า

จากรูปที่ 4-21 พบว่าผลการทดสอบ t-test ได้ค่า p-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 จึงสรุปได้ว่าการเข้ามาของความต้องการสินค้า

จากแบบจำลองไม่แตกต่างจากระบบที่เกิดขึ้นจริงอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถนำแบบจำลองของระบบมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้

4.4.1.2. จำนวนตะกร้าที่ส่งกลับไปเก็บยังพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าของแต่ละสาขา

จำนวนตะกร้าที่ส่งกลับไปเก็บยังพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าของแต่ละสาขาในแต่ละรอบการทำงานของบริษัทกรณีศึกษามีความแตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการสินค้าแต่ละประเภท และการรอบการส่งสินค้าของแต่ละสาขา ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสร้างข้อมูลจากการกระจายของการหยิบสินค้าแต่ละประเภทในแต่ละรอบการทำงาน และทดสอบความถูกต้องของจำนวนตะกร้าที่เข้าสู่ระบบจากแบบจำลองสถานการณ์กับสถานการณ์จริง ดังรูปที่ 4-22

```
> ttest

        Welch Two Sample t-test

data:  toteActual and toteGen
t = -0.23117, df = 183.58, p-value = 0.8174
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -7.151046  5.651046
sample estimates:
mean of x mean of y
    41.65     42.40
```

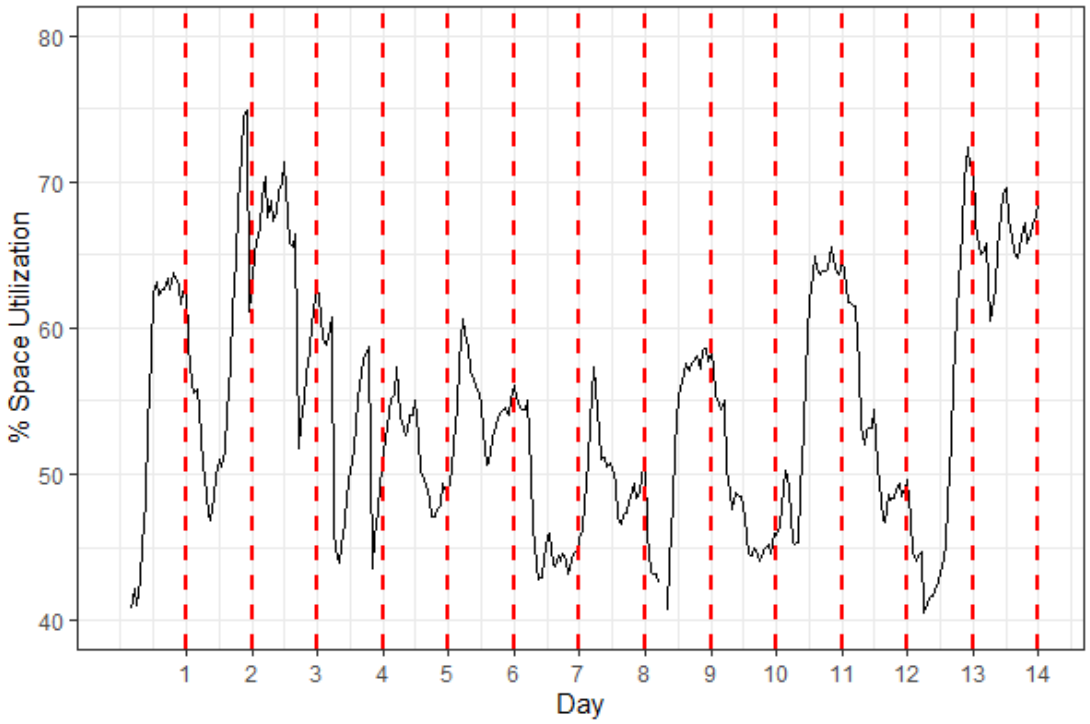
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-22 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความถูกต้องของส่วน Secondary Assorted

จากรูปที่ 4-22 พบว่าผลการทดสอบ t-test ได้ค่า p-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 จึงสรุปได้ว่าจำนวนตะกร้าที่ส่งกลับไปเก็บยังพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าของแต่ละสาขาจากแบบจำลองไม่แตกต่างจากระบบที่เกิดขึ้นจริงอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถนำแบบจำลองของระบบมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้

4.4.2. การตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์

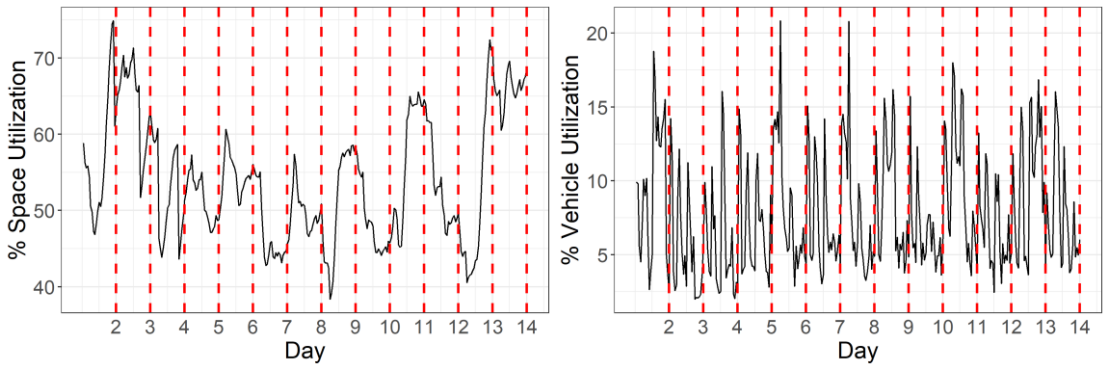
จากการพิจารณาระบบ VLM พบว่าเป็นระบบแบบ Non-Terminating System กล่าวคือเป็นระบบที่ผลของช่วงเวลาก่อนหน้าสามารถส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาถัดมาได้ ดังนั้นระบบนี้จึงต้องมีการหาระยะเวลาที่ระบบจะดำเนินไปภายใต้ช่วงเวลาก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัว (Transient Period) เพื่อตัดข้อมูลส่วนนี้ออกจากการพิจารณา ทำให้สามารถลดข้อผิดพลาดและอคติในการพิจารณาผลลัพธ์ของแบบจำลองลงได้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดนโยบายตามที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบันสำหรับการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้ทั้งความถูกต้องและความแม่นยำของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ เป็นระยะเวลา 14 วัน ได้ผลลัพธ์ของอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ ดังรูปที่ 4-23



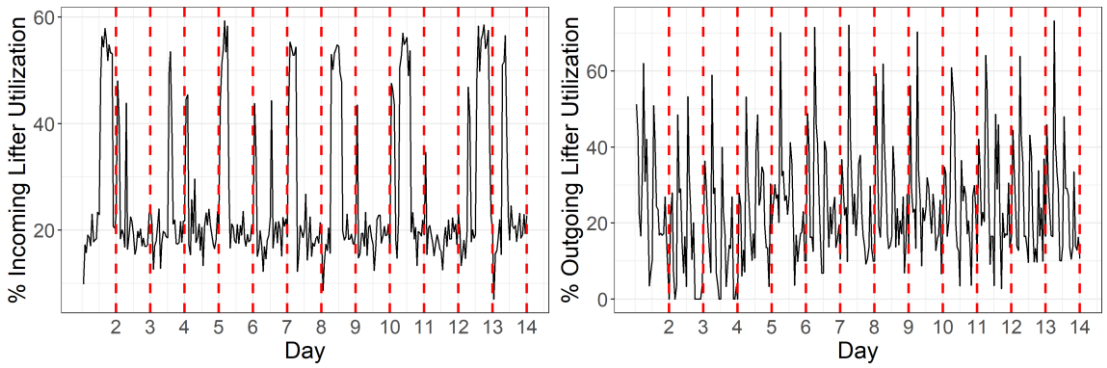
รูปที่ 4-23 อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์

เมื่อพิจารณารูปที่ 4-23 แสดงอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ผ่านเส้นทึบ ส่วนเส้นประแสดงจุดเวลาที่จบในแต่ละวัน พบว่าระบบจะดำเนินภายใต้ช่วงเวลาก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัว ในวันแรกของ

การจำลองสถานการณ์ และเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) เมื่อจบการดำเนินงานวันแรกแล้ว โดยเมื่อพิจารณาการดำเนินงานในวันที่ 2 และการดำเนินงานในวันที่ 13 พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกัน คือ สินค้าส่วนใหญ่ถึงจุดเติมพร้อม ๆ กัน ในช่วงวันดังกล่าว จึงมีการเติมสินค้าจนใช้พื้นที่มากกว่า 70% ส่วนการดำเนินงานระหว่างนั้นจะค่อนข้างคงที่ประมาณ 50% - 60% ผู้วิจัยจึงทำการตัดข้อมูลในช่วงเวลาที่ระบบจะดำเนินไปภายใต้ช่วงเวลาก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัวออกเป็นเวลา 1 วัน ทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวดังรูปที่ 4-24



(ก.) การใช้พื้นที่ (ข.) การทำงานของยานพาหนะ

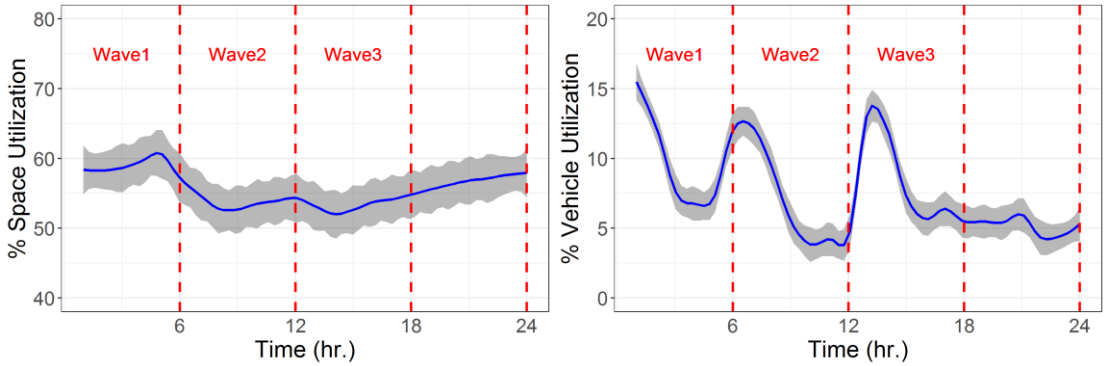


(ค.) การทำงานของลิฟต์ขาเข้า (ง.) การทำงานของลิฟต์ขาออก

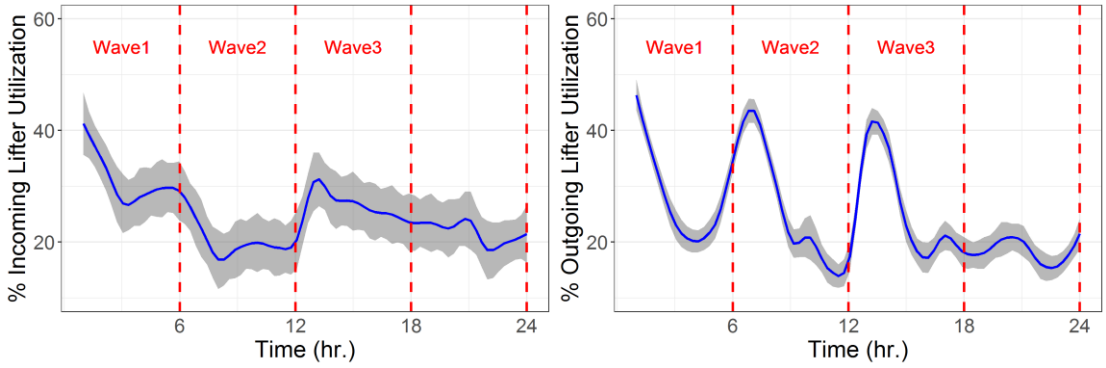
รูปที่ 4-24 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ในสภาวะคงตัว

จากรูปที่ 4-24 พบว่าเมื่อตัดข้อมูลในช่วงเวลาที่ระบบจะดำเนินไปภายใต้ช่วงเวลาก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัวออกเป็นเวลา 1 วัน จะทำให้ลิฟต์ขาเข้า ลิฟต์ขาออก และยานพาหนะเข้าสู่สภาวะ

คงตัว เช่นเดียวกันกับการใช้พื้นที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการจำลองสถานการณ์เป็นเวลา 8 วัน แล้วทำการตัดข้อมูลก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัวออก 1 วัน จำนวน 30 Replications และเก็บข้อมูลผลลัพธ์ในแต่ละชั่วโมง ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4-25



(ก.) การใช้พื้นที่ (ข.) การทำงานของยานพาหนะ

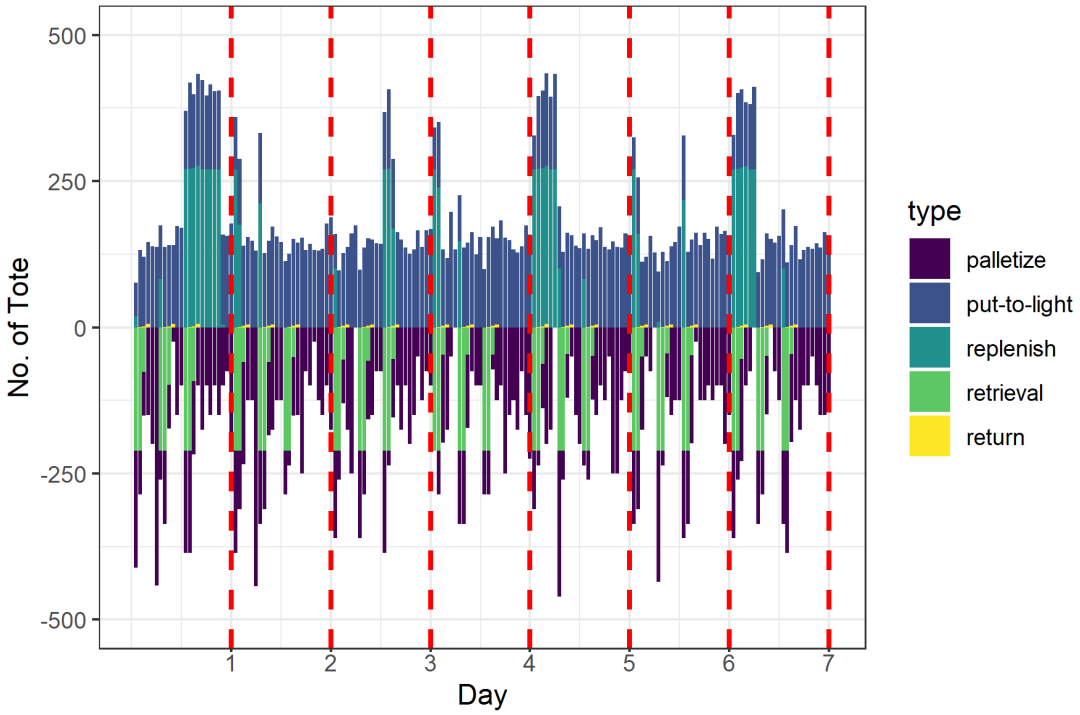


(ค.) การทำงานของลิฟต์ขาเข้า (ง.) การทำงานของลิฟต์ขาออก

รูปที่ 4-25 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์

จากรูปที่ 4-25 แสดงค่าเฉลี่ยต่อวัน และความแปรปรวนของระบบ VLM โดยแสดงดังเส้นทึบและพื้นที่เงารอบเส้นทึบ ส่วนเส้นประแสดงจุดเวลาที่จบรอบการทำงาน เมื่อพิจารณารูปที่ 4-25 (ก.) พบว่าอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ค่อนข้างคงที่ประมาณ 50% - 60% เนื่องจากปริมาณตะกร้าที่เข้าและออกจากระบบนั้นมีจำนวนใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4-26 ซึ่งแสดงตะกร้าที่เข้าและออกจากระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ 1 Replication แต่ในช่วงใกล้จบรอบการ

ทำงานกราฟจะมีความเปลี่ยนแปลง เนื่องจากต้องนำตะกร้ากระจายสินค้าที่ตรงรอบการทำงานออกทั้งหมด



รูปที่ 4-26 ปริมาณตะกร้าเข้าและออกจากระบบจากแบบจำลองสถานการณ์

ต่อมาเมื่อพิจารณาอรรถประโยชน์ของพื้นที่ในรูปที่ 4-25 (ก.) ร่วมกับปริมาณตะกร้าที่เข้าออกระบบในรูปที่ 4-26 จะพบความสอดคล้องกันกับอรรถประโยชน์ในการทำงานของยานพาหนะในรูปที่ 4-25 (ข.) ที่มีลักษณะเพิ่มขึ้นในช่วงใกล้จบรอบการทำงาน และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเริ่มรอบการทำงานใหม่ เนื่องจากช่วงเริ่มการทำงานในแต่ละรอบการทำงานจะต้องมีการนำตะกร้าจัดเก็บสินค้าออกจากระบบ เพื่อส่งไปยังสถานีงาน Primary Assorted ซึ่งระยะทางในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้านั้นมากกว่าระยะทางในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า แล้วจะคงที่หลังจากเสร็จสิ้นการทำงานในรอบการทำงานที่ 3 เนื่องจากคลังสินค้าจะมีเพียงการหยิบสินค้า Flow Through เท่านั้นจึงมีเพียงการนำตะกร้าสินค้าเข้าหรือออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้นพิจารณาอรรถประโยชน์ในการทำงานของลิฟต์ขาเข้าในรูปที่ 4-25 (ค.) พบว่าในช่วงเริ่มต้นของรอบการทำงานจะสูงและค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากหลังจากระบบสรุปความต้องการสินค้าจากแต่ละสาขาแล้ว จะทำการเติมสินค้าที่จำนวนสินค้าในระบบไม่เพียงพอต่อความต้องการสินค้าก่อน จากนั้นจะทำการเติมสินค้าที่หากหยิบครบตามความต้องการสินค้าในรอบการทำงานนี้แล้ว จะทำให้สินค้าที่คงเหลือในระบบน้อยกว่าจุดเติมสินค้า อีกทั้งในขณะเริ่มรอบการทำงานแต่ละรอบ จะมีตะกร้ากระจายสินค้าที่เป็นทั้งสินค้า Put-Away และ Flow Through ส่งกลับมาเก็บในระบบ จนเมื่อหยิบสินค้าครบตามความต้องการแล้วจะเหลือเฉพาะตะกร้ากระจายสินค้า Flow Through เท่านั้น แล้วจะคงที่ต่อไปหลังจากเสร็จสิ้นการทำงานในรอบการทำงานที่ 3 เนื่องจากศูนย์กระจายสินค้าไม่มีการหยิบสินค้า Put-Away แล้ว สินค้าที่อยู่ในพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้าจึงไม่ลดลงส่งผลให้ไม่เกิดการเติมสินค้า

ส่วนอรรถประโยชน์ในการทำงานของลิฟต์ขาออกในรูปที่ 4-25 (ง.) จะมีลักษณะใกล้เคียงกับอรรถประโยชน์ในการทำงานของยานพาหนะ เนื่องจากในขณะที่เริ่มรอบการทำงาน ลิฟต์ขาออกจะทำงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำสินค้าออกจากพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บในระบบตามความต้องการสินค้า ก่อนจะค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากมีการนำสินค้าออกครบแล้ว แต่จะไม่ลดลงจนหยุดการทำงาน เนื่องจากมีการนำตะกร้ากระจายสินค้าออกเมื่อครบ 25 ตะกร้า/สาขา อยู่ตลอดเวลา และจะเริ่มกลับมามีค่าสูงอีกครั้งเมื่อใกล้จบรอบการทำงาน เนื่องจากต้องนำตะกร้ากระจายสินค้าทั้งหมดออกจากระบบเพื่อจัดส่งต่อไป

หลังจากพิจารณาผลลัพธ์แต่ละส่วนของระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ตามนโยบายที่บริษัทกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกันกับการทำงานจริงของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบัน ผู้วิจัยจึงนำผลลัพธ์นี้ไปตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะแสดงถึงจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจำลองสถานการณ์ โดยพิจารณาจากความแม่นยำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สัมพัทธ์ (Relative Precision, R.P.) ซึ่งเป็นอัตราส่วนความแปรปรวนของข้อผิดพลาดที่เกิดจากกลุ่มตัวอย่าง สามารถคำนวณได้จากสัดส่วนระหว่างช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) และค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ทดสอบ ดังสมการที่ 4-3 โดยทั่วไปในการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์ ค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ต้องมีค่าไม่เกิน 5 - 10 % ซึ่งหากค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์มีค่าเกิน 10% จะต้องทำการเพิ่มจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ เพื่อลดความแปรปรวนของแบบจำลองสถานการณ์ลง

$$R.P. = \frac{1}{\bar{x}} \times t_{\frac{\alpha}{2},n-1} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4\text{-}3)$$

โดย α = ระดับนัยสำคัญ (Level of Significant)

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

n = จำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ (Replications)

ในการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ผู้วิจัยนำผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ได้แก่ อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ เวลาเฉลี่ยที่ยานพาหนะทำงาน เวลาเฉลี่ยที่ลิฟต์ทำงาน และจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง มาทดสอบ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 และจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM เป็นระยะเวลา 7 วัน จำนวน 30 Replications ให้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-12 ผลลัพธ์ของการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์นโยบายในปัจจุบัน

	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความแม่นยำสัมพัทธ์
อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ (%)			
- พื้นที่ทั้งหมด	57.54%	2.43%	1.57%
- พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ	48.36%	0.28%	0.21%
- พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า	61.82%	3.56%	2.15%
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงาน (นาที/ตัว/วัน)			
- เวลาที่ยานพาหนะทำงาน	112.24	3.76	1.25%
- เวลาที่ลิฟต์ขาเข้าทำงาน	360.15	13.11	1.36%
- เวลาที่ลิฟต์ขาออกทำงาน	365.75	3.60	0.37%
จำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง	0.00	0.00	-

จากตารางที่ 4-12 แสดงการสรุปผลลัพธ์ของแบบจำลองสถานการณ์ตามนโยบายที่บริษัทกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยนำผลลัพธ์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลลัพธ์แต่ละส่วนมาคำนวณค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ พบว่ามีค่าไม่เกิน 5% ซึ่งอยู่ในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นการจำลองสถานการณ์แต่ละสถานการณ์ของระบบ VLM เป็นระยะเวลา 7 วัน จำนวน 30 Replications จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในส่วนถัดไปจะเป็นการจำลองสถานการณ์และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM เพื่อลดระยะเวลาในการทำงาน และเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของอุปกรณ์ โดยการวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าในระบบ รวมถึงนโยบายที่ใช้ในการหยิบสินค้าสำหรับสินค้าขนาดเล็กในบริษัทกรณีศึกษา

บทที่ 5

แบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์

ในบทนี้เป็นการทดสอบนโยบายการดำเนินการสำหรับสินค้าขนาดเล็กของศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้านกรณีศึกษาตามแนวคิดของแต่ละนโยบายที่ได้กล่าวไว้ในบทก่อนหน้าผ่านแบบจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์รูปแบบการดำเนินการที่เหมาะสมของบริษัทกรณีศึกษา โดยสามารถลดระยะเวลาการทำงานรวม และเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของอุปกรณ์ได้

5.1. การกำหนดสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์

การกำหนดสถานการณ์ที่จะใช้ในการจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์นโยบายทั้ง 2 รูปแบบร่วมกัน ได้แก่

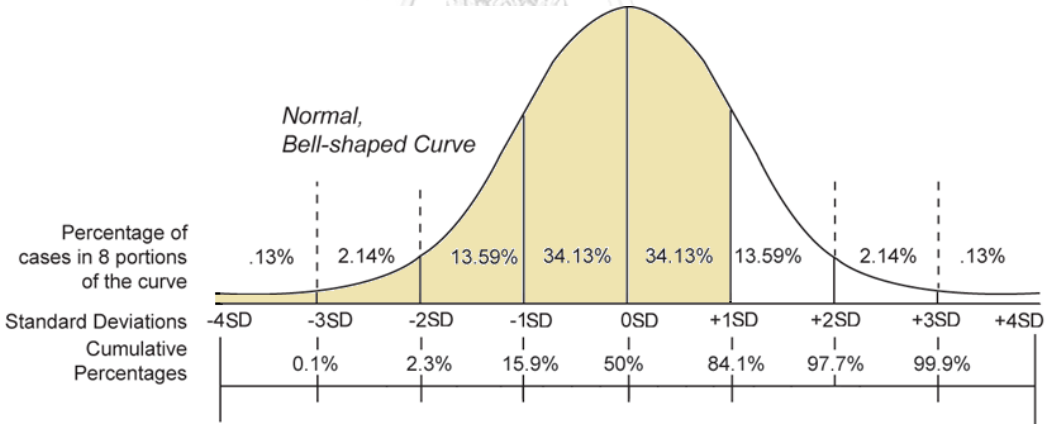
5.1.1. รูปแบบนโยบายในการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดเก็บตะกร้ากระจายสินค้าเข้าสู่ระบบ VLM จาก 90 สาขาในปัจจุบัน พบว่าตะกร้ากระจายสินค้าจะถูกส่งไปเก็บเฉลี่ย 1,373.21 ตะกร้าต่อรอบการทำงาน โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็น 579.32 ตะกร้าต่อรอบการทำงาน แบ่งเป็นสัดส่วนดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สัดส่วนของตะกร้ากระจายสินค้าเมื่อแยกตามประเภทสินค้าและช่วงเวลา

ชนิดของสินค้า	ตะกร้ากระจายสินค้า (%ตะกร้า/รอบการทำงาน)
สินค้า Put-Away	22.89%
สินค้า Flow Through ตรงรอบการทำงาน	26.04%
สินค้า Flow Through ไม่ตรงรอบการทำงาน	51.07%

จากตารางที่ 5-1 ตะกร้ากระจายสินค้าที่เข้าสู่ระบบ แบ่งออกเป็นสินค้า PT ประมาณ 22.89%, สินค้า FT ที่ตรงรอบการทำงาน ประมาณ 26.04% และสินค้า FT ที่ไม่ตรงรอบการทำงาน ประมาณ 51.07% เมื่อคิดจากจุดสิ้นสุดรอบการทำงาน ก่อนหน้าจนถึงจุดสิ้นสุดของรอบการทำงานปัจจุบัน เนื่องจากก่อนเริ่มรอบการทำงานปัจจุบัน ในการทำงานจะยังมีการหยิบสินค้า FT อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องคิดตั้งแต่การหยิบสินค้า FT หลังจบรอบการทำงานก่อนหน้า โดยในงานวิจัยนี้ทำการจำลองสถานการณ์สำหรับ 100 สาขา ซึ่งมากกว่าจำนวนสาขาที่มีในปัจจุบัน ดังนั้นจึงทำการปรับค่าเฉลี่ยสำหรับการจำลองสถานการณ์ได้เป็น 1,525.79 ตะกร้าต่อรอบการทำงาน เมื่อรวมข้อมูลค่าเฉลี่ยของตะกร้าและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็น 2,105.11 ตะกร้าต่อรอบการทำงาน ซึ่งจะครอบคลุม 84.1% ของตะกร้ากระจายสินค้าที่เป็นไปได้ ดังรูปที่ 5-1 ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดบล็อกกิ้งต่ำ



รูปที่ 5-1 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ

จากรูปที่ 5-1 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติในช่วงค่า $Z < 1$ ได้ครอบคลุมปริมาณตะกร้ากระจายสินค้าเข้าสู่ระบบที่เป็นไปได้ 84.1% ดังนั้นในการจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงกำหนดตำแหน่งที่สามารถจัดเก็บตะกร้ากระจายสินค้าได้สูงสุด 2,160 ตะกร้า หรือคิดเป็น 30 แถว/ชั้น โดยเป็น

ผลรวมระหว่างพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าที่อยู่ด้านหน้าของอุปกรณ์ และพื้นที่สำหรับใช้ร่วมกันที่อยู่ด้านหลังของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 5-2 เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

รูปที่ 5-2 รูปแบบการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM

จากรูปที่ 5-2 ผู้วิจัยกำหนดตำแหน่งที่สามารถจัดเก็บตะกร้ากระจายสินค้าได้สูงสุด 30 แถว/ชั้น จากนั้นจึงทำการกำหนดขอบเขตของพื้นที่จัดเก็บตะกร้ากระจายสินค้า เพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์ โดยคิดจากช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ดังสมการที่ 5-1

$$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2},n-1} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2},n-1} \times \frac{s}{\sqrt{n}} = 1 - \alpha \qquad (5\text{-}1)$$

โดย α = ระดับนัยสำคัญ (Level of Significant)

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

n = จำนวนข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสมการที่ 5-1 เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 ดังนั้นขอบเขตบน (Upper Bound) มีค่าเป็น 1738.29 ตะกร้า จึงทำการกำหนดเป็น 1,872 ตะกร้า หรือ 26 แถว ส่วนขอบเขตล่าง (Lower Bound) มีค่าเป็น 1,313.29 ตะกร้า จึงทำการกำหนดเป็น 1,296 ตะกร้า หรือ 18 แถว เพื่อให้ครอบคลุมช่วงความเชื่อมั่นและสามารถประยุกต์ใช้งานจริงได้ และทำการเปลี่ยนค่าในแบบจำลองครั้งละ 2 แถว หรือคิดเป็น 144 ตะกร้า ซึ่งมีแนวคิดมาจากการเพิ่มพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าตามจำนวนสาขาที่จำลองสถานการณ์และยังสามารถประยุกต์ใช้ได้

จริง ดังนั้นสามารถแบ่งพื้นที่ได้เป็น 5 กรณี นอกเหนือจากการแบ่งพื้นที่ในปัจจุบัน หรือ S0 ดังแสดงในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 รูปแบบการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM

กรณี	พื้นที่ในแต่ละส่วน (ตะกร้า/ชั้น)			จำนวนตะกร้าร่วม	จำนวนตะกร้าสูงสุดที่จัดเก็บได้	
	พื้นที่จัดเก็บสินค้า	พื้นที่กระจายสินค้า	พื้นที่ใช้ร่วมกัน		ตะกร้าจัดเก็บสินค้า	ตะกร้ากระจายสินค้า
S0	75	35	-	0	5400	2,520
S1	80	18	12	864	6,768	2,160
S2	80	20	10	720	6,624	2,160
S3	80	22	8	576	6,480	2,160
S4	80	24	6	432	6,336	2,160
S5	80	26	4	288	6,192	2,160

5.1.2. รูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า Put-Away

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการจำลองสถานการณ์นี้จะมี 3 ระดับ ตามแนวทางในการเลือกหยิบตะกร้า คือ FIFO, Pick-to-Clear และ Pick-at-Most ซึ่งแทนด้วย R0, R1 และ R2 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาร่วมกันทั้ง 2 นโยบายร่วมกันแบบแฟกทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Design) งานวิจัยนี้จึงมีสถานการณ์ที่ต้องทดสอบในแบบจำลองทั้งหมด 16 สถานการณ์ รวมสถานการณ์ A0 ซึ่งเป็นสถานการณ์ปกติที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน สำหรับเปรียบเทียบกับสถานการณ์อื่นในงานวิจัยนี้ ดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 สถานการณ์ที่ใช้ในการแบบจำลอง

สถานการณ์	นโยบายในการจัดสรรพื้นที่	นโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า
A0	S0	R0
A1	S1	R0
A2	S2	R0
A3	S3	R0
A4	S4	R0
A5	S5	R0
A6	S1	R1
A7	S2	R1
A8	S3	R1
A9	S4	R1
A10	S5	R1
A11	S1	R2
A12	S2	R2
A13	S3	R2
A14	S4	R2
A15	S5	R2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5-3 สถานการณ์ที่ A0 คือ นโยบายที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ดำเนินงานในปัจจุบัน โดยซึ่งแบ่งพื้นที่ของ VLM ออกเป็น 2 ส่วน และหากสินค้าที่ต้องการหยิบอยู่ในหลายตำแหน่งจัดเก็บจะเลือกหยิบแบบ FIFO และสถานการณ์ที่ 1 – 15 แทนนโยบายต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงการทำงาน

โดย S0 หมายถึง การแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วน Put-Away 5,400 ช่อง และ Buffer 2,520 ช่อง

S1 - S5 หมายถึง รูปแบบการแบ่งพื้นที่เป็น 3 ส่วน โดยมีจำนวนช่องดังตารางที่ 5-2

5.2. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

ในการจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM ผู้วิจัยทำการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม R/RStudio โดยทำการจำลองสถานการณ์เป็นระยะเวลา 7 วัน จำนวน 30 Replications ซึ่งเป็นจำนวนครั้งที่ทำให้ค่าความแม่นยำสัมพัทธ์มีค่าไม่เกิน 10% และเก็บข้อมูลอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ เวลาที่ลิฟต์ทำงาน เวลาที่ยานพาหนะทำงาน และจำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง ดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ค่าเฉลี่ยของผลการจำลองสถานการณ์

สถานการณ์	อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่				เวลาทำงานเฉลี่ย (นาที/ตัว/วัน)			จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง
	พื้นที่ทั้งหมด	ตะกร้ากระจายสินค้า	ตะกร้าจัดเก็บสินค้า	พื้นที่ใช้ร่วมกัน	ยานพาหนะ	ลิฟต์ขาเข้า	ลิฟต์ขาออก	
A0	57.54%	48.36%	61.82%	0.00%	112.24	360.15	365.75	0.00
A1	55.86%	74.38%	53.37%	44.70%	107.48	362.97	320.68	3.70
A2	56.23%	74.15%	53.75%	40.30%	106.08	362.25	332.70	2.57
A3	57.02%	74.13%	54.33%	36.86%	107.31	361.44	356.30	0.77
A4	57.40%	70.44%	55.09%	36.10%	108.33	360.59	366.64	0.00
A5	57.41%	65.10%	55.91%	37.48%	108.98	360.13	366.45	0.00
A6	54.96%	80.65%	52.50%	32.81%	112.17	363.32	353.00	1.03
A7	55.06%	78.47%	52.64%	27.58%	109.11	362.34	356.99	0.70
A8	55.28%	75.62%	52.88%	23.37%	107.74	361.38	363.94	0.17
A9	55.34%	70.44%	53.26%	22.72%	107.67	360.54	365.03	0.00
A10	55.34%	65.10%	53.73%	24.10%	108.31	360.06	364.83	0.00
A11	62.07%	82.92%	63.29%	22.64%	117.48	364.59	366.21	0.00
A12	62.07%	80.05%	63.32%	16.12%	113.78	363.35	365.93	0.00
A13	62.07%	75.87%	63.36%	11.19%	111.60	362.08	365.59	0.00
A14	62.07%	70.43%	63.42%	10.55%	111.45	361.09	365.28	0.00
A15	62.07%	65.10%	63.53%	13.06%	112.16	360.66	365.10	0.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5-4 สถานการณ์ A1 - A15 ใช้นโยบายที่แตกต่างกัน โดยสถานการณ์ A0 เป็นสถานการณ์ปกติที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน (Base Case Scenario) ซึ่งจะใช้เปรียบเทียบกับสถานการณ์อื่นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบมีการทำซ้ำ (Two-Way Analysis of Variance with Replication) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละนโยบาย และทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนโยบายทั้งสอง (Interaction Effect) ผ่านโปรแกรม R/RStudio และกำหนดให้ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_{15}$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \ldots \neq \mu_{15} \text{ อย่างน้อย 1 คู่}$$

ได้ผลการวิเคราะห์อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ทั้งหมดดังรูปที่ 5-3

```
> interspaceU
Analysis of Variance Table

Response: spaceU
                  Df Sum Sq Mean Sq  F value Pr(>F)
retriev            2 3875.3 1937.66 362.6564 <2e-16 ***
allocation         5   45.3    9.06   1.6964 0.1339
retriev:allocation 8   32.4    4.05   0.7573 0.6407
Residuals        464 2479.1    5.34
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

รูปที่ 5-3 ผลการวิเคราะห์อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ทั้งหมด

จากรูปที่ 5-3 พบว่า p-value ของนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้ามีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 กล่าวคือ นโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้าที่มีความแตกต่างกัน จะส่งผลต่ออรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ส่วน p-value ของนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ และปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองนโยบาย มีค่ามากกว่า 0.05 หมายถึง การไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นนโยบายในการจัดสรรพื้นที่จึงไม่ส่งผลต่ออรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ และทั้งสองนโยบายไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันเมื่อพิจารณาจาก

อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแบบจำลองสถานการณ์อีก 4 ค่า ได้แก่ เวลาทำงานเฉลี่ยของยานพาหนะ, เวลาทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาเข้า, เวลาทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาออก และจำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง ได้ดังตารางที่ 5-5

ตารางที่ 5-5 ผลการวิเคราะห์การแปรปรวนของผลลัพธ์แต่ละค่าด้วย Two-Way ANOVA

ผลลัพธ์	p-value		
	นโยบายในการจัดสรรพื้นที่	**นโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า**	**ปฏิสัมพันธ์ของนโยบาย**
อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ทั้งหมด	0.1339	< 2.2e-16	0.6407
เวลาทำงานเฉลี่ยของยานพาหนะ	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
เวลาทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาเข้า	0.5307	0.7409	1.000
เวลาทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาออก	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16

เมื่อพิจารณาตารางที่ 5-5 อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ทั้งหมดจะได้รับผลกระทบจากนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้าเท่านั้น ส่วนเวลาทำงานเฉลี่ยของยานพาหนะ เวลาทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาออก และจำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง จะได้รับผลกระทบจากทั้งนโยบายในการจัดสรรพื้นที่และนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า อีกทั้งทั้งสองนโยบายมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เนื่องจากทำให้ p-value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 กล่าวคือนโยบายที่กำหนดในการจำลองสถานการณ์ทำให้ผลลัพธ์แต่ละสถานการณ์มีความแตกต่างกัน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่า p-value ร่วมกันทั้งสามส่วน พบว่าการปรับนโยบายการทำงานของบริษัทกรณีศึกษาในแต่ละรูปแบบจะส่งผลให้เกิดอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ทั้งหมด เวลาทำงานเฉลี่ยของยานพาหนะ เวลาทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาออก และจำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้งที่แตกต่างกัน ส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

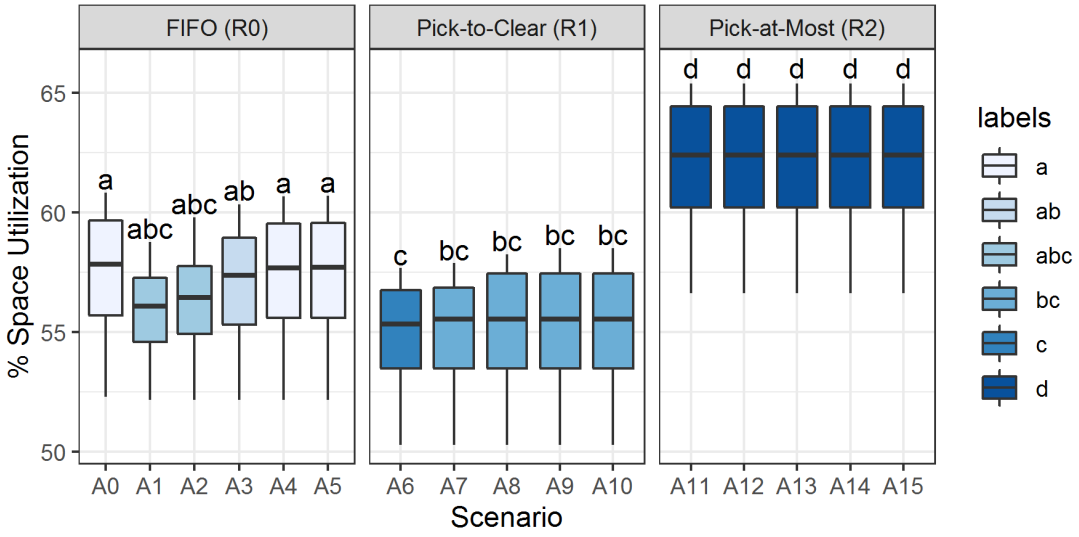
เวลาการทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาเข้ามีค่า p-value มากกว่า 0.05 ในทุกนโยบาย ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ หมายถึง การปรับนโยบายทั้งสองไม่ส่งผลที่แตกต่างกันแก่เวลาทำงานของลิฟต์ขาเข้า

จากนั้นจึงทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์ (Post Hoc Test) ผลลัพธ์ทั้ง 4 ค่า โดยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) แบบ HSD หรือ Tukey's Honestly Significant Different ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร และกำหนดให้ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

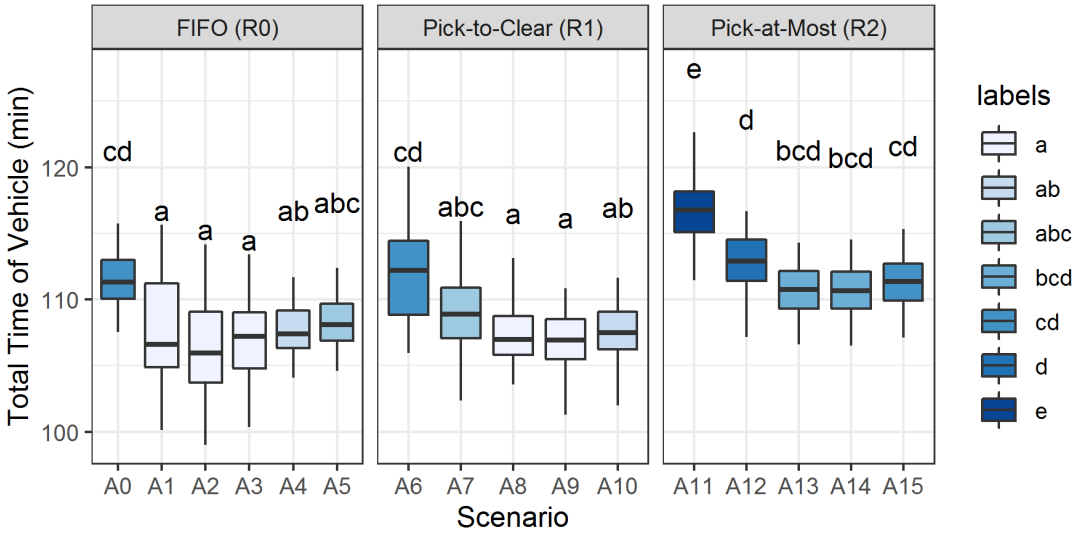
ได้ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ ดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่

จากการพิจารณารูปที่ 5-4 ร่วมกับตารางที่ 5-5 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ จะได้รับผลกระทบจากนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า โดยนโยบาย R1 จะใช้พื้นที่ของระบบน้อยที่สุด เนื่องจากนโยบาย R1 หรือ Pick-to-Clear เป็นนโยบายที่จะหยิบตะกร้าที่

มีสินค้าน้อยที่สุดออกมาก่อน ทำให้ไม่เหลือสินค้าเป็นเศษในตะกร้าอยู่ในระบบ จำนวนตะกร้าในระบบจึงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับนโยบายอื่น ๆ ดังนั้นอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่จึงน้อยที่สุด จากนั้นจึงทำการทดสอบเวลาการทำงานของยานพาหนะ ได้ผลดังรูปที่ 5-5



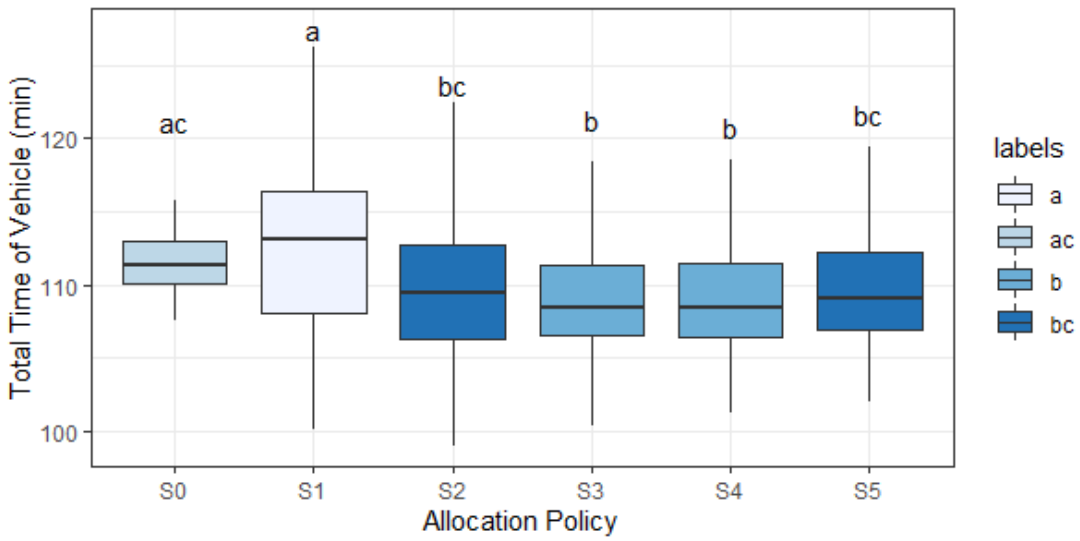
รูปที่ 5-5 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของเวลาการทำงานของยานพาหนะ

จากการพิจารณารูปที่ 5-5 ร่วมกับตารางที่ 5-5 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% เวลาในการทำงานของยานพาหนะได้รับผลกระทบจากนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ เนื่องจากในการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ทำให้พื้นที่ตะกร้าจัดเก็บสินค้าอยู่ใกล้ Layer Conveyor มากขึ้น ส่งผลให้ระยะทางที่ยานพาหนะเดินทางไปหยิบและเติมสินค้าสั้นลง จึงใช้เวลาทำงานน้อยลง แต่หากกำหนดสัดส่วนพื้นที่ไม่เหมาะสม เช่น พื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าน้อยไป จะส่งผลให้ต้องนำตะกร้ากระจายสินค้าไปจัดเก็บในพื้นที่ใช้ร่วมกัน ซึ่งมีระยะทางในการเคลื่อนที่สูง แต่ถ้าพื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้ามากไป จะส่งผลให้ตะกร้าจัดเก็บสินค้าอยู่ห่างออกไป ทำให้ระยะทางเคลื่อนที่สูงเช่นกัน และนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า เนื่องจากแต่ละนโยบายมีวิธีการเลือกตะกร้าที่นำออกจากระบบที่แตกต่างกัน ดังนั้นแม้จะมีความต้องการสินค้าแบบเดียวกัน ก็สามารถทำให้หยิบสินค้าที่ตำแหน่งต่างกันได้ เวลาการทำงานของยานพาหนะจึงต่างกัน โดยนโยบาย R0 และ R1 ช่วยให้ระยะเวลาทำงานของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

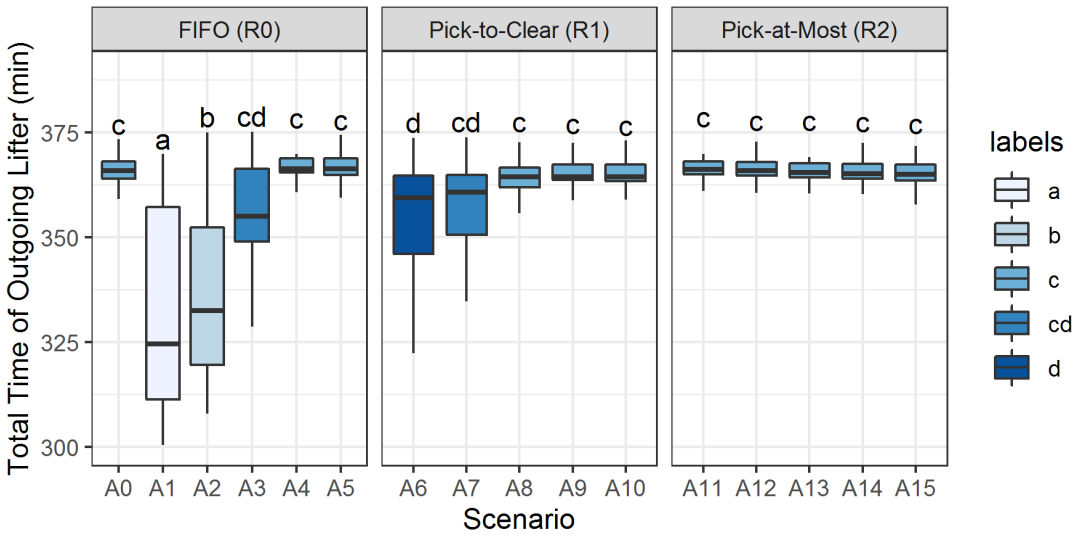
ยานพาหนะต่ำลงกว่านโยบาย R2 อย่างมีนัยสำคัญ แม้นโยบาย R2 จะเป็นนโยบายที่จะหยิบตะกร้าสินค้าที่มีจำนวนใกล้เคียงออกจากระบบก่อน จนทำให้จำนวนครั้งในการหยิบน้อยกว่านโยบาย R1 แต่การใช้งานนโยบาย R2 ทำให้ใช้พื้นที่ของระบบมากกว่านโยบาย R1 ตะกร้าจึงถูกดันให้ออกห่างจากลิฟต์มากขึ้น ดังนั้นระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่จึงมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาการทำงานของยานพาหนะมากขึ้นเช่นเดียวกัน แม้จำนวนครั้งในการเดินทางจะลดลงก็ตาม

จากนั้นจึงพิจารณาเฉพาะนโยบาย R0 และ R1 โดยนโยบายการทำงานแบบ R0 สถานการณ์ A1-A3 จะเป็นสถานการณ์ที่ใช้เวลาการทำงานของยานพาหนะต่ำที่สุด ส่วนถ้าพิจารณาการใช้นโยบาย R1 สถานการณ์ A8-A9 จะเป็นสถานการณ์ที่ใช้เวลาทำงานต่ำที่สุด จะเป็นสถานการณ์ที่ใช้เวลาการทำงานของยานพาหนะต่ำที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงทำการพิจารณานโยบายในการจัดสรรพื้นที่ S1-S4 ซึ่งเป็นนโยบายที่ทั้ง 5 สถานการณ์ใช้งาน เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของนโยบายในการจัดสรรพื้นที่แต่ละรูปแบบที่ส่งผลต่อการทำงานของยานพาหนะ โดยวิเคราะห์ Tukey’s Test ของยานพาหนะระหว่างนโยบายการจัดสรรพื้นที่เพิ่มเติมดังรูปที่ 5-6



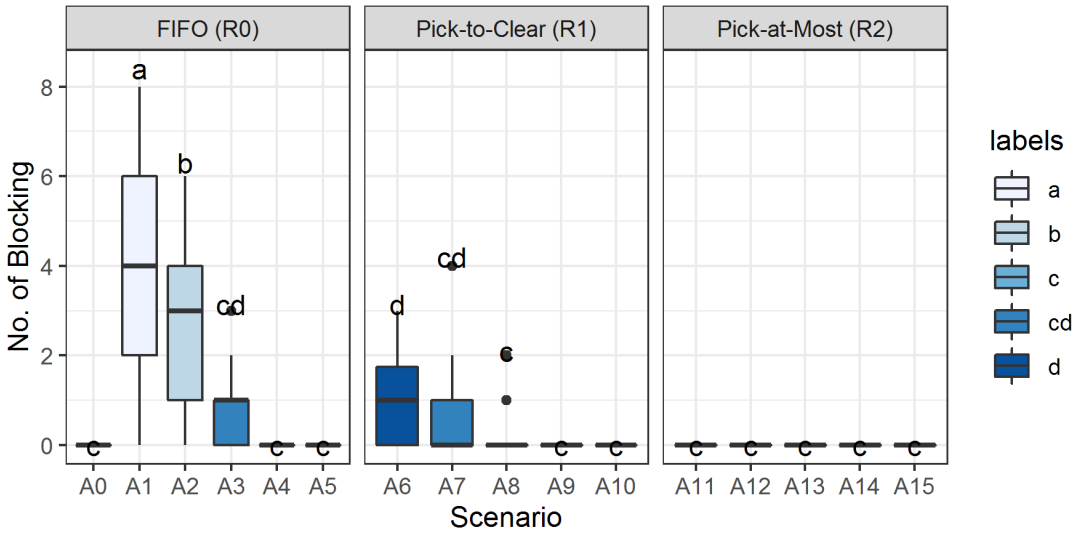
รูปที่ 5-6 ความแตกต่างของนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ของเวลาการทำงานของยานพาหนะ

จากการพิจารณานโยบายในการจัดสรรพื้นที่ในรูปที่ 5-6 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% นโยบายในการจัดสรรพื้นที่ S1, S2 และ S5 ไม่ได้มีความแตกต่างกับนโยบายการจัดสรรพื้นที่ S0 หรือนโยบายในปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึงการใช้นโยบายดังกล่าวจะไม่สามารถลดเวลาในการทำงานของยานพาหนะได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ S3 และ S4 นั้นส่งผลให้ยานพาหนะใช้เวลาทำงานลดลง และใช้เวลาทำงานแตกต่างจากนโยบายการจัดสรรพื้นที่ S0 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึงการใช้นโยบายดังกล่าวจะทำให้ระยะเวลาการทำงานของยานพาหนะเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ S3 และ S4 จะเป็นนโยบายที่ช่วยลดระยะเวลาการทำงานของยานพาหนะได้ดีที่สุด ต่อมาจึงทำการทดสอบเวลาการทำงานของลิฟต์ขาออก ได้ผลดังรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของเวลาการทำงานของลิฟต์ขาออก

จากรูปที่ 5-7 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% สถานการณ์ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยมีสถานการณ์ A1, A2 และ A6 ที่มีค่าต่ำกว่าสถานการณ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ จึงนำไปพิจารณาร่วมกับรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง

จากรูปที่ 5-7 และ 5-8 ซึ่งเป็นอัตราการเกิดบล็อกกิ้งของระบบ พบว่ามีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน กล่าวคือหากมีการเกิดบล็อกกิ้งเกิดขึ้น จะทำให้ลิฟต์ขาออกมีเวลาทำงานในสถานการณ์ปกติลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่พนักงานต้องแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้ง โดยในการเกิดบล็อกกิ้งแต่ละครั้ง จะใช้เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมงในการแก้ปัญหา ดังนั้นถึงแม้ว่าเวลาการทำงานของลิฟต์ขาออกจะต่ำกว่าสถานการณ์อื่น ๆ แต่จะทำให้ใช้ระยะเวลารวมในการทำงานสูงขึ้น เนื่องจากต้องรวมเวลาที่พนักงานต้องแก้ปัญหาแบบแมนวล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5-4 ถึง รูปที่ 5-8 พบว่านโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้าแบบ R1 และนโยบายในการจัดสรรพื้นที่ S3 และ S4 หรือสถานการณ์ A8 และ A9 เป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมกับความต้องการสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบันในระดับที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์เพิ่มเติม ดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ระหว่างสถานการณ์ A8 และ A9

	สถานการณ์ A8	**สถานการณ์ A9**
อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ (%)		
- พื้นที่ทั้งหมด	55.28 ± 2.34	55.34 ± 2.40
- พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ	52.88 ± 2.60	53.26 ± 2.75
- พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า	75.62 ± 0.90	70.44 ± 0.39
- พื้นที่ใช้ร่วมกัน	23.37 ± 8.61	22.72 ± 8.82
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงาน (นาที/ตัว/วัน)		
- เวลาที่ยานพาหนะทำงาน	107.74 ± 3.27	107.67 ± 3.54
- เวลาที่ลิฟต์ขาเข้าทำงาน	361.38 ± 13.19	360.54 ± 13.15
- เวลาที่ลิฟต์ขาออกทำงาน	363.94 ± 4.88	365.03 ± 3.61
จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง	0.17 ± 0.46	0.00 ± 0.00

จากตารางที่ 5-6 สถานการณ์ A8 และ A9 เป็นสถานการณ์ที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน แต่สถานการณ์ A8 จะมีบาง Replications ที่เกิดเหตุการณ์การเกิดบล็อกกิ้งขึ้น ซึ่งหมายถึงการดำเนินนโยบายตามสถานการณ์ A8 อาจทำให้มีการเกิดบล็อกกิ้งขึ้นได้ ส่งผลให้ระยะเวลารวมในการทำงานจะสูงเกินกว่าที่จำลองสถานการณ์ไว้ เนื่องจากต้องรวมเวลาที่พนักงานแก้ไขปัญหา ซึ่งส่งผลกระทบต่อการส่งสินค้าที่ล่าช้าลง ดังนั้นสถานการณ์ A9 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ไม่มีเกิดบล็อกกิ้งขึ้นจึงเป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมกับความต้องการสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบันมากที่สุด

ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบระหว่างสถานการณ์ A0 และ A9 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ดำเนินนโยบายการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ พื้นที่จัดเก็บสินค้า 80 ตะกร้า/ชั้น พื้นที่กระจายสินค้าเป็น 24 ตะกร้า/ชั้น และพื้นที่ใช้ร่วมกัน 6 ตะกร้า/ชั้น ส่วนนโยบายในการจัดลำดับและการเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

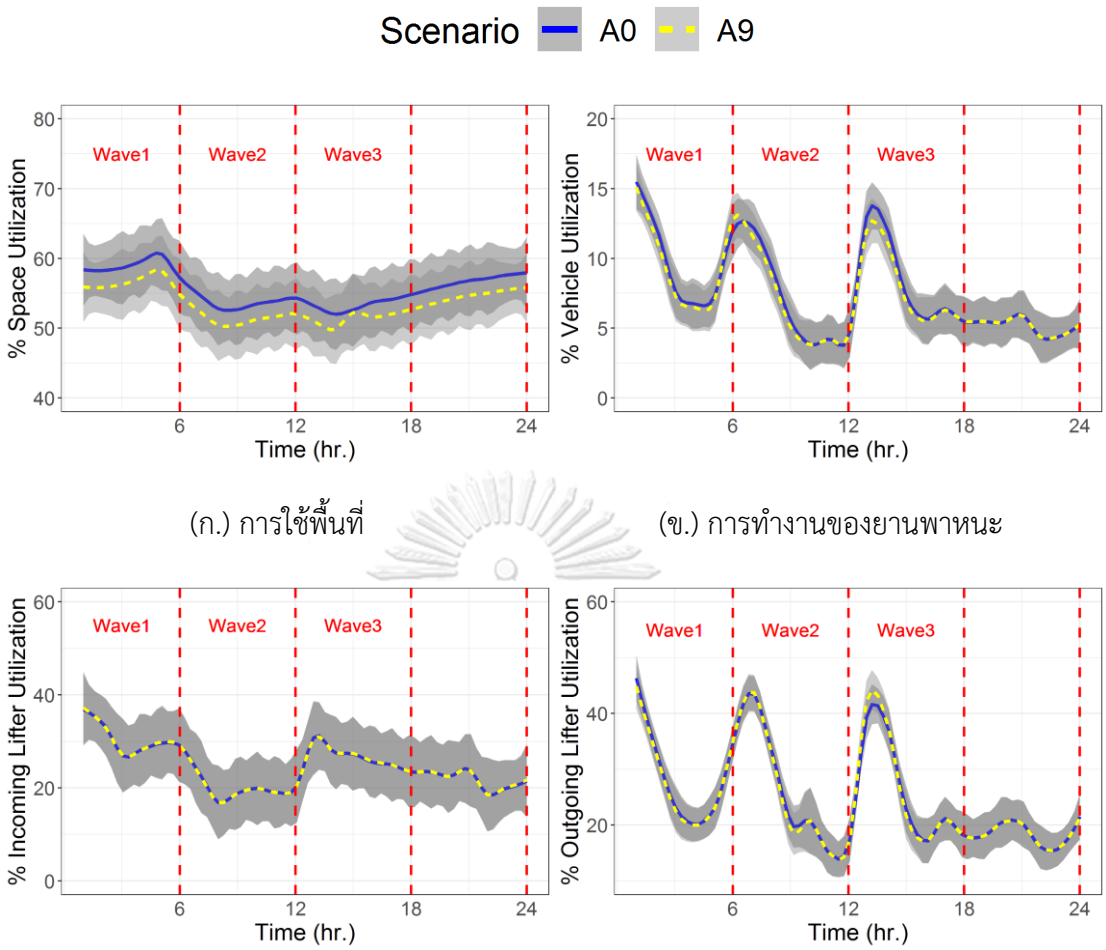
หยิบสินค้าเป็นแบบ Pick-to-Clear โดยทำการจำลองสถานการณ์ของระบบ VLM เป็นระยะเวลา 7 วัน จำนวน 30 Replications และเก็บข้อมูลผลลัพธ์ในแต่ละชั่วโมง ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ระหว่างสถานการณ์ A0 และ A9

	สถานการณ์ A0	**สถานการณ์ A9**
อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ (%)		
- พื้นที่ทั้งหมด	57.54 ± 2.43	55.34 ± 2.40
- พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ	48.36 ± 0.28	53.26 ± 2.75
- พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า	61.82 ± 3.56	70.44 ± 0.39
- พื้นที่ใช้ร่วมกัน	-	22.72 ± 8.82
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงาน (นาที/ตัว/วัน)		
- เวลาที่ยานพาหนะทำงาน	112.24 ± 3.76	107.67 ± 3.54
- เวลาที่ลิฟต์ขาเข้าทำงาน	360.15 ± 13.11	360.54 ± 13.15
- เวลาที่ลิฟต์ขาออกทำงาน	365.75 ± 3.60	365.03 ± 3.61
จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

จากตารางที่ 5-7 เป็นการเปรียบเทียบสถานการณ์ A0 และ A9 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ใช้ในปัจจุบัน และสถานการณ์ที่เหมาะสมกับความต้องการสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบันมากที่สุด ซึ่งทั้งสองสถานการณ์แตกต่างทั้งในแง่โดยการใช้สถานการณ์ A9 จะส่งผลให้อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของระบบลดลงจากสถานการณ์ A0 ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน 3.82% และยานพาหนะใช้เวลาทำงานลดลง 4.08% แต่ไม่ส่งผลต่อเวลาการทำงานของลิฟต์ในแนวดิ่งทั้งขาเข้าและขาออก เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลลัพธ์ในการจำลองสถานการณ์ของทั้ง 2 สถานการณ์ ดังรูปที่ 5-9 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ของระบบ VLM ระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ A0 และ A9

Chulalongkorn University



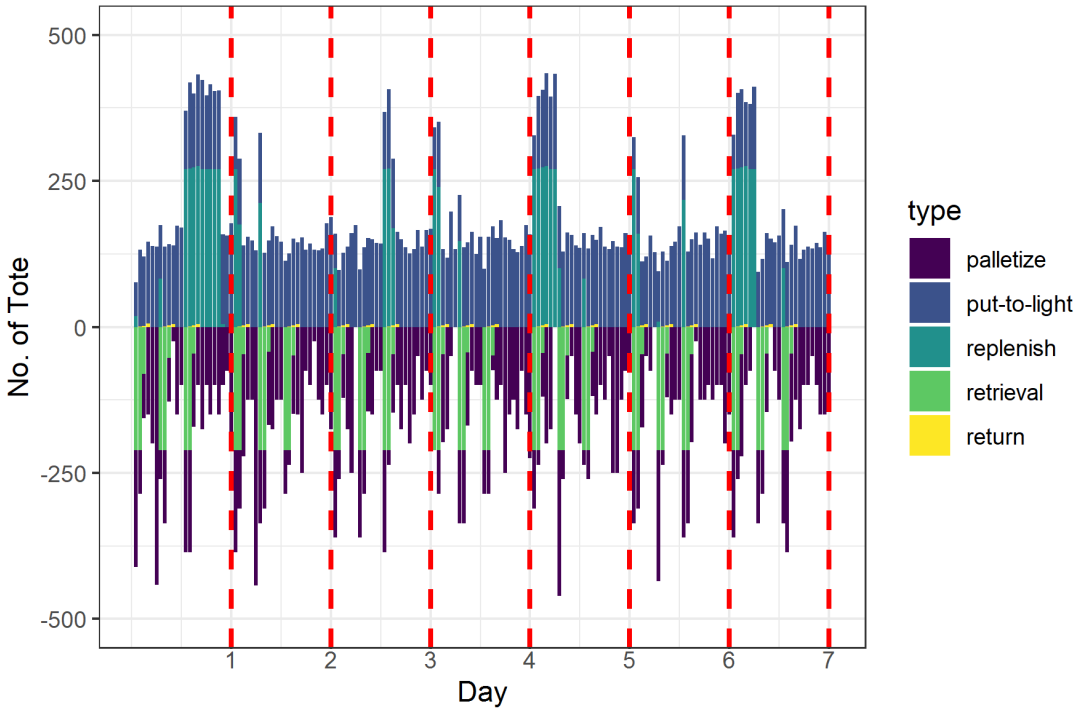
(ก.) การใช้พื้นที่ (ข.) การทำงานของยานพาหนะ

(ค.) การทำงานของลิฟต์ขาเข้า (ง.) การทำงานของลิฟต์ขาออก

รูปที่ 5-9 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ A0 และ A9

จากรูปที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ของระบบ VLM ระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ A0 และ A9 โดยแสดงค่าเฉลี่ยต่อวันของสถานการณ์ A0 ผ่านเส้นทึบ และสถานการณ์ A9 ผ่านเส้นประ ส่วนความแปรปรวนของระบบ VLM แสดงดังพื้นที่เงารอบเส้นทั้งสอง และเส้นประในแนวตั้งแสดงจุดเวลาที่จบรอบการทำงาน เมื่อพิจารณารูปที่ 5-9 (ก.) พบว่าอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของทั้งสองสถานการณ์ค่อนข้างคงที่ประมาณ 50% - 60% และมีลักษณะใกล้เคียงกัน จึงทำการพิจารณาแนวโน้มในการเข้าและออกของตะกร้าในสถานการณ์ A9 จำนวน 1 Replication ดังรูปที่ 5-10 เทียบกับสถานการณ์ A0 ซึ่งได้พิจารณาไปในบทก่อนหน้า

Chulalongkorn University



รูปที่ 5-10 ปริมาณตะกร้าเข้าและออกจากระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ A9

เมื่อพิจารณารูปที่ 5-10 ซึ่งแสดงตะกร้าที่เข้าและออกจากระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ A9 พบว่ามีแนวโน้มการเข้าและออกของตะกร้าเช่นเดียวกันกับแนวโน้มของตะกร้าในสถานการณ์ A0 ที่ได้พิจารณาไปในบทก่อนหน้า เป็นผลมาจากการกำหนดพารามิเตอร์อื่น ๆ ของระบบ เช่น ความต้องการสินค้า จำนวนตะกร้ากระจายสินค้าบนพาเลท ไว้เช่นเดียวกันในการจำลองสถานการณ์ทั้งสองสถานการณ์ ดังนั้นอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของทั้งสองสถานการณ์จึงมีลักษณะใกล้เคียงกันดังรูปที่ 5-9 (ก.) โดยสถานการณ์ A9 จะใช้พื้นที่น้อยกว่า A0 คงที่ตลอดช่วงเวลา ซึ่งเป็นผลกระทบจากนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า โดยนโยบาย Pick-to-Clear ในสถานการณ์ A9 ช่วยให้ตะกร้าที่มีจำนวนสินค้าน้อยถูกนำออกก่อน ดังนั้นในการจัดเก็บสินค้าที่เท่ากันสถานการณ์ A9 จะจัดเก็บจำนวนตะกร้าที่น้อยกว่าสถานการณ์ A0 ที่ใช้นโยบาย FIFO จึงมีอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการใช้พื้นที่น้อยลงทำให้ตะกร้าสินค้าถูกจัดวางใกล้กับ Layer Conveyor มากขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลต่ออรรถประโยชน์ในการทำงานของยานพาหนะในรูปที่ 5-9 (ข.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งสถานการณ์ A0 และสถานการณ์ A9 มีลักษณะใกล้เคียงกัน เนื่องจากพารามิเตอร์อื่น ๆ ในการทำงานยังคงเป็นพารามิเตอร์เดียวกัน แต่สถานการณ์ A9 จะใช้เวลาของยานพาหนะน้อยลงกว่าสถานการณ์ A0 ซึ่งหมายถึง สถานการณ์ A9 สามารถทำงานได้รวดเร็วมากขึ้น และสามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของประเภทสินค้าและจำนวนสาขาของบริษัทกรณีศึกษาได้มากขึ้น

จากนั้นพิจารณาอรรถประโยชน์ในการทำงานของลิฟต์ขาเข้า ในรูปที่ 5-9 (ค.) และลิฟต์ขาออกในรูปที่ 5-9 (ง.) สถานการณ์ A0 และสถานการณ์ A9 มีลักษณะใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากพารามิเตอร์อื่น ๆ ในการทำงานยังคงเป็นพารามิเตอร์เดียวกัน ทำให้จำนวนตะกร้าที่เข้า และออกโดยเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงมีการใช้งานลิฟต์ขาเข้า และลิฟต์ขาออกที่ใกล้เคียงกัน

จากผลการวิจัยจึงเสนอแนวทางในการกำหนดสัดส่วนปริมาณตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้า เป็นการดำเนินนโยบายโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าเป็น 24 ตะกร้า/ชั้น พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้า 80 ตะกร้า/ชั้น และพื้นที่ใช้ร่วมกัน 6 ตะกร้า/ชั้น ดังรูปที่ 5-11 และกำหนดนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้าเป็นแบบ Pick-to-Clear

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5-11 รูปแบบการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM

จากการนำแนวทางการกำหนดนโยบายนี้ไปทดสอบผ่านแบบจำลองสถานการณ์ พบว่าจะส่งผลให้เวลาการทำงานรวมลดลง จากยานพาหนะที่ใช้เวลาทำงานลดลง 4.08% เนื่องจากตะกร้าจัดเก็บ

สินค้าถูกจัดวางไว้ใกล้ลิฟต์ในแนวดิ่งมากขึ้น ดังรูปที่ 5-10 ส่วนอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของระบบลดลงจากปัจจุบัน 3.82% โดยไม่ทำให้ระบบเกิดบล็อกกิ้ง ซึ่งทำให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถใช้งานพื้นที่ของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จากการจัดเก็บสินค้าในปริมาณเท่าเดิมแต่ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อยลง

ในส่วนถัดไปจะเป็นการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่มีผลต่อผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ในศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่าหากมีพารามิเตอร์ใดที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้น การปรับรอบการทำงาน จะส่งกระทบอย่างไรต่อระบบ VLM ในศูนย์กระจายสินค้า เพื่อให้สามารถวางแผนรองรับความแปรปรวนของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้ได้ผลลัพธ์การทำงานที่มีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 6

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

ในบทก่อนหน้าผู้วิจัยได้ผลการจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสมกับเงื่อนไขตามกระบวนการทำงานในปัจจุบันผ่านการวิเคราะห์อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงานของยานพาหนะ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงานของลิฟต์ และจำนวนครั้งที่เกิดบล็อคกิ้งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ โดยการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อระบบ VLM ในบริษัทกรณีศึกษา เมื่อกำหนดนโยบายดังสถานการณ์ที่ดีที่สุดจากบทก่อนหน้า และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับสถานการณ์ที่ได้จากบทก่อนหน้า เพื่อให้สามารถวางแผนรองรับความแปรปรวนของพารามิเตอร์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต รวมทั้งรองรับการขยายตัวของบริษัทกรณีศึกษา

6.1. การวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้า

การวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้า เป็นการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นหากความต้องการสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาเปลี่ยนแปลงไป โดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 กรณี ดังนี้

- กรณีที่ 1: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้นและลดลง 10%, 25% และ 50% ตามลำดับ
- กรณีที่ 2: ค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้า Put-Away เพิ่มขึ้น 10%, 25% และ 50% ตามลำดับ
- กรณีที่ 3: สัดส่วนความต้องการสินค้า Put-Away : Flow Through เปลี่ยนแปลงไป โดยเพิ่มความต้องการของสินค้า Put-Away 50% จาก 23 : 77 เป็น 34 : 66 เพื่อให้ทรูพุตรวมของสินค้าไม่เปลี่ยนแปลง

- กรณีที่ 4: ชนิดของสินค้า Put-Away เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า และความต้องการของสินค้าแต่ละชนิดลดลงครึ่งหนึ่ง เพื่อให้ทรูพุตรวมของสินค้า Put-Away ไม่เปลี่ยนแปลง

โดยผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้า แสดงดังตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 ผลการวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้า

สถานการณ์	อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่				เวลาทำงานเฉลี่ย (นาที/ตัว/วัน)			จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง
	พื้นที่ทั้งหมด	ตะกร้ากระจายสินค้า	ตะกร้าจัดเก็บสินค้า	พื้นที่ใช้ร่วมกัน	ยานพาหนะ	ลิฟต์ขาเข้า	ลิฟต์ขาออก	
A9	55.34%	70.44%	53.26%	22.72%	107.67	360.54	365.03	0.0000
SD-50	56.10%	70.35%	54.14%	25.32%	108.68	363.31	364.63	0.0333
SD-25	54.75%	70.41%	52.53%	21.80%	107.26	358.15	364.90	0.0000
SD-10	55.24%	70.44%	53.09%	23.20%	107.87	360.96	364.66	0.0000
SD10	55.03%	70.38%	53.01%	20.56%	106.77	357.30	363.37	0.0000
SD25	54.91%	70.36%	52.79%	21.46%	108.21	362.02	365.58	0.0333
SD50	54.25%	70.27%	52.12%	18.47%	107.68	361.10	365.50	0.0000
Mean10	54.46%	70.42%	52.14%	21.47%	112.24	375.69	371.43	0.0000
Mean25	52.61%	70.41%	50.23%	13.13%	115.76	387.70	380.27	0.0000
Mean50	54.07%	70.30%	51.47%	23.82%	124.95	407.86	398.05	0.0333
ratio	54.10%	70.43%	51.47%	23.90%	128.49	421.97	413.43	0.0000
2xSKU	57.48%	70.23%	55.86%	28.12%	123.88	400.18	400.03	0.0000

จากตารางที่ 6-1 แต่ละสถานการณ์มีการสร้างข้อมูลความต้องการสินค้าที่แตกต่างกัน โดยใช้สถานการณ์ A9 ในการกำหนดนโยบายในการทำงาน รวมทั้งใช้ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความไว จากนั้นจึงทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์โดยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบ

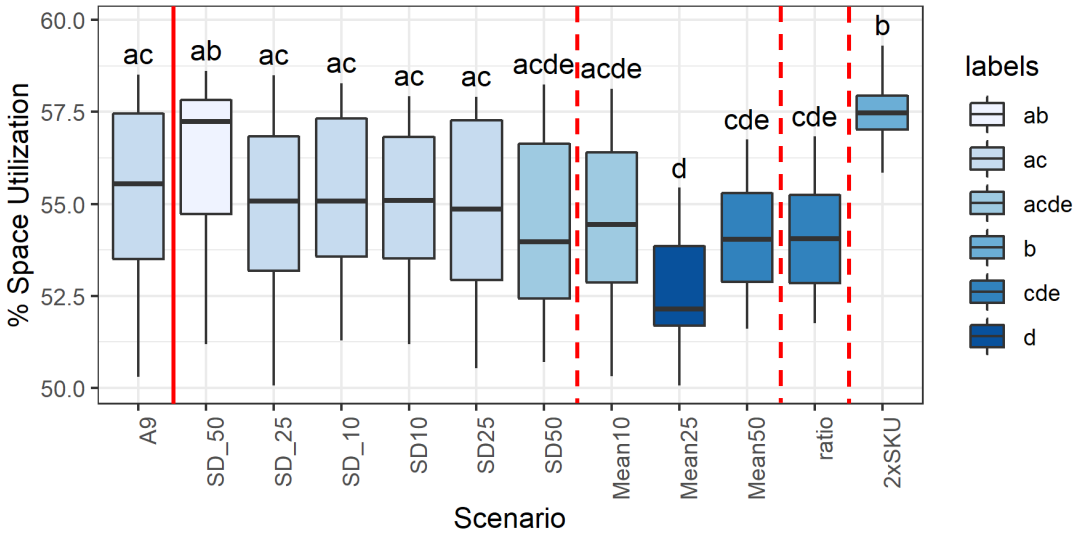
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

HSD หรือ Tukey's Honestly Significant Different ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร และกำหนดให้ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

ได้ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ ดังรูปที่ 6-1

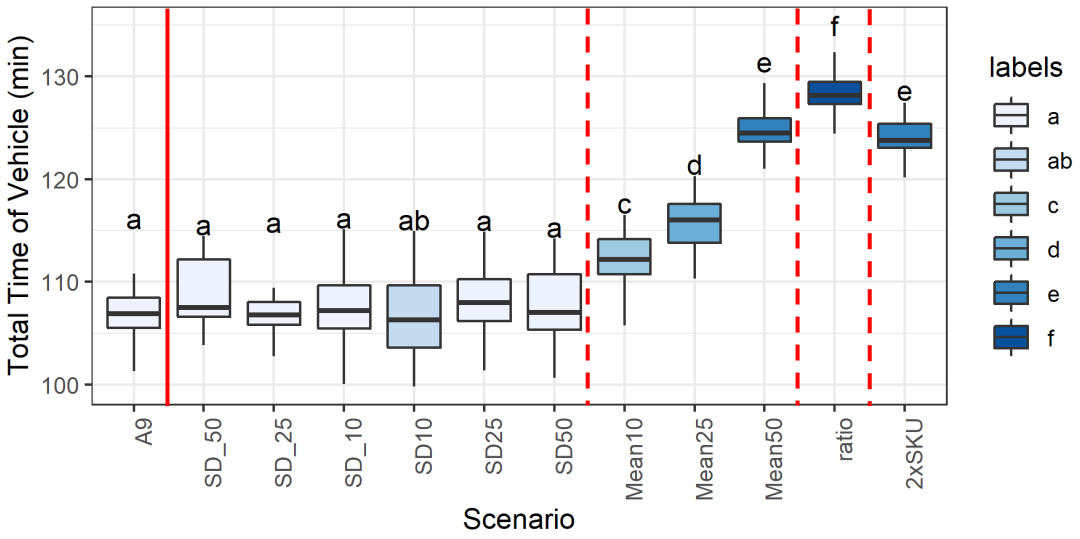


รูปที่ 6-1 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่

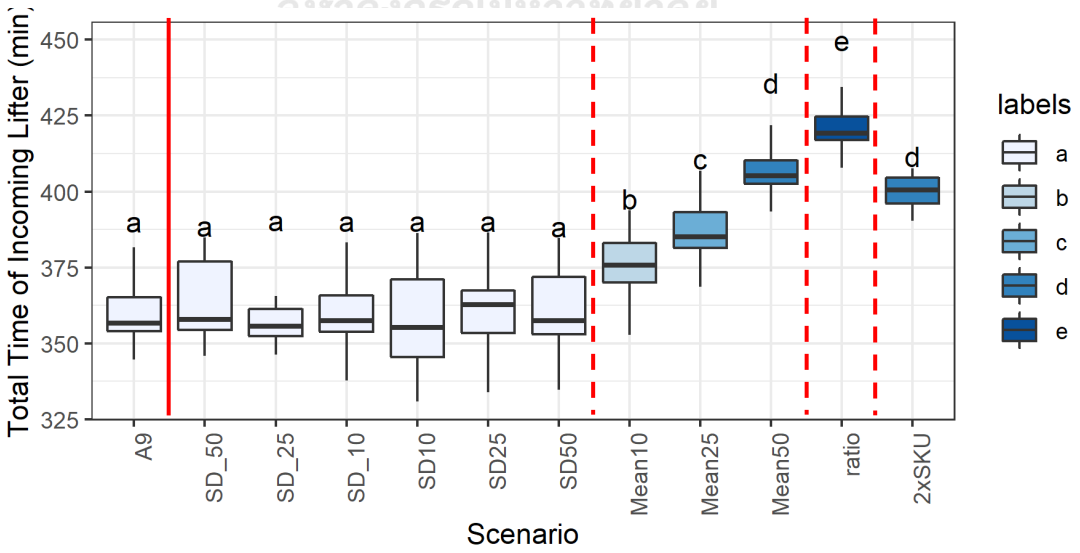
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการพิจารณารูปที่ 6-1 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% การเปลี่ยนแปลงของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่ส่งผลที่แตกต่างกับสถานการณ์ A9 อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้า พบว่าเมื่อความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้นจากเดิมเกินกว่า 25% จะเริ่มมีผลต่ออรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ กล่าวคือทำให้มีการใช้พื้นที่ลดลง แต่เมื่อเพิ่มขึ้นจนถึง 50% จะมีการใช้พื้นที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อมีการหยิบสินค้าตามความต้องการจนสินค้าในระบบลดลงจนถึงจุดเติมสินค้า ระบบจะเติมสินค้าขึ้นมาทันที ต่อมาเมื่อพิจารณาการปรับสัดส่วนของประเภทสินค้าพบว่าส่งผลต่ออรรถประโยชน์การใช้พื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ โดยจะใช้พื้นที่น้อยลง เนื่องจากมีการหยิบสินค้าจากพื้นที่ตะกร้าจัดเก็บสินค้าออกไปมากขึ้น แต่การนำสินค้าเข้าสู่พื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้ายังคงเดิม

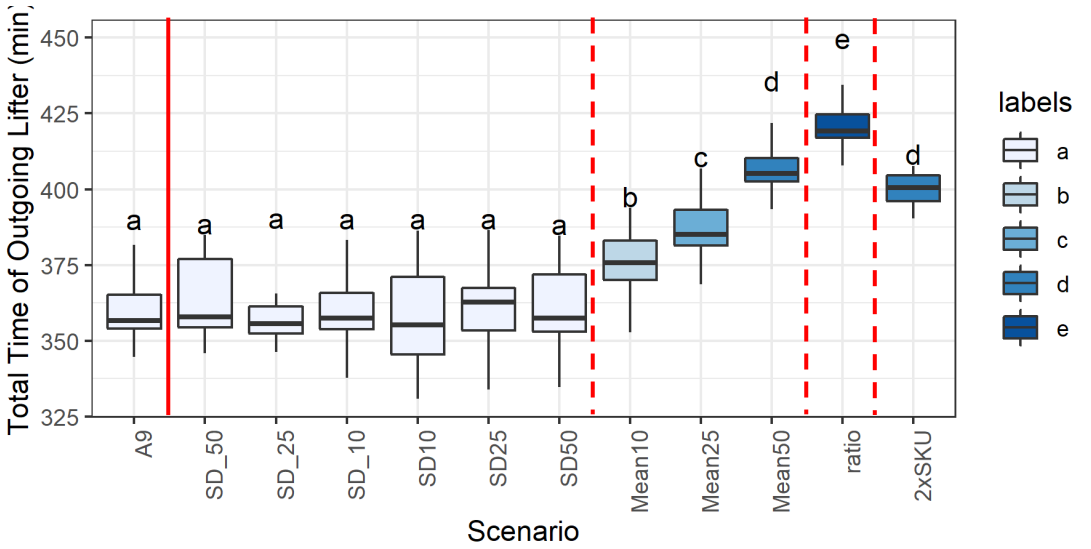
เนื่องจากกำหนดให้ทรูพุตเท่าเดิม ส่วนกรณีที่มีชนิดของสินค้าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่านั้น ส่งผลต่อ อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือใช้พื้นที่มากขึ้นแม้ว่าทรูพุตรวมของความต้องการสินค้ายังคงเดิม เนื่องจากสินค้าแต่ละชนิดจะถูกเติมไว้ในระบบให้ไม่ต่ำกว่าจุดเติมสินค้าเสมอ ดังนั้น การมีสินค้าเพิ่มมากขึ้นจึงใช้พื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงทำการทดสอบเวลาการทำงานของยานพาหนะ และลิฟต์ในแนวดิ่ง ได้ผลดังรูปที่ 6-2 ถึงรูปที่ 6-4



รูปที่ 6-2 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของยานพาหนะ



รูปที่ 6-3 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของลิฟต์ขาเข้า

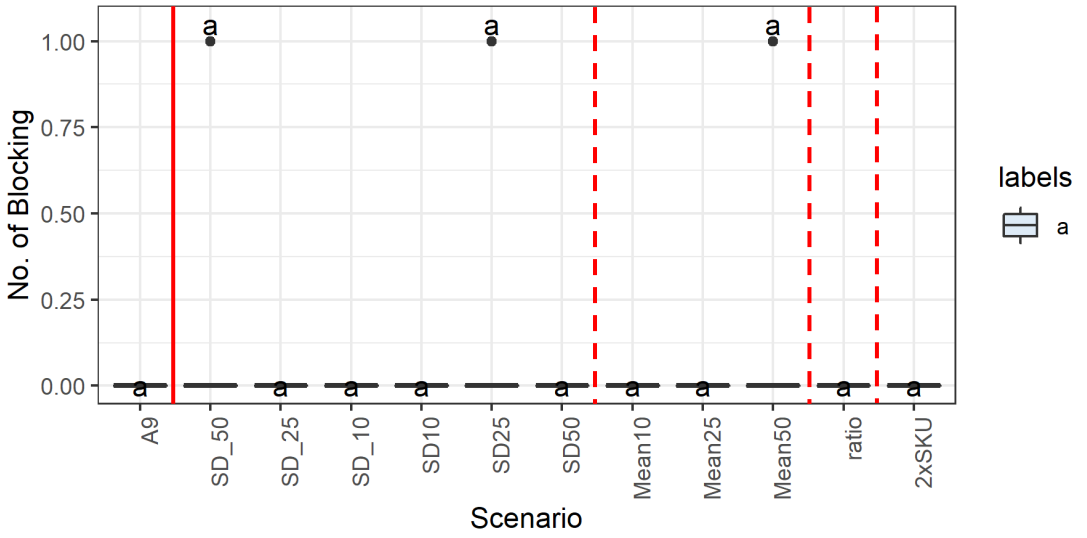


รูปที่ 6-4 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของลิฟต์ขาออก

จากการพิจารณารูปที่ 6-2 ถึงรูปที่ 6-4 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% อุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วน ได้รับมีลักษณะของเวลาเช่นเดียวกัน กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่ส่งผลที่แตกต่างกับสถานการณ์ A9 อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้า พบว่าเมื่อความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนใช้เวลาทำงานมากขึ้น เนื่องจากเมื่อความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้นยานพาหนะต้องเคลื่อนที่เพื่อหยิบสินค้า รวมทั้งต้องเติมสินค้าและนำสินค้าออกมากขึ้น ส่วนลิฟต์ขาเข้าต้องมีการนำสินค้ามาเติม อีกทั้งยังมีตะกร้ากระจายสินค้าที่เพิ่มมากขึ้น และลิฟต์ขาออกต้องมีการนำสินค้าออกมาขึ้นตามความต้องการสินค้า ต่อมาเมื่อพิจารณาการปรับสัดส่วนของประเภทสินค้าพบว่าทำให้อุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนทำงานมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเป็นการเพิ่มสัดส่วนสินค้า Put-Away ซึ่งเป็นสินค้าที่จะต้องหยิบจากพื้นที่จัดเก็บสินค้าในระบบ ส่วนกรณีที่มีชนิดของสินค้าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่านั้น ส่งผลให้อุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนทำงานมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญแม้ว่าทรูพุตรวมของความต้องการสินค้ายังคงเดิม เนื่องจากสินค้าทุกชนิดจะถูกเติมไว้ในระบบให้ไม่ต่ำกว่าจุดเติมสินค้าเสมอ ดังนั้นการมีสินค้าเพิ่มขึ้นจึงมีความถี่ในการเติมและหยิบสินค้ามากขึ้นทำให้ลิฟต์มีการทำงานมากขึ้น อีกทั้งการมีสินค้าหลากหลายขึ้นส่งผลให้ระยะทางที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยานพาหนะต้องนำตะกร้าสินค้าไปจัดเก็บหรือหยิบตะกร้าสินค้าออกสูงขึ้น จากนั้นจึงทำการทดสอบจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง ได้ผลดังรูปที่ 6-5



รูปที่ 6-5 ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's Test ของจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง

จากรูปที่ 6-5 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% การเปลี่ยนแปลงของความต้องการสินค้าไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดบล็อกกิ้งของระบบอย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้าพบว่าหากความต้องการสินค้า Put-Away เพิ่มขึ้นทั้งในแง่ของการเพิ่มขึ้นจากความต้องการสินค้าของลูกค้า และการปรับสัดส่วนของประเภทสินค้า จะส่งผลต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีความต้องการสินค้า Put-Away ที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 25% แต่หากค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้ายังคงเดิม แต่ความต้องการสินค้าในแต่ละครั้งในรอบสั่งของสาขามีความแปรปรวนเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญ และหากเพิ่มชนิดของสินค้า Put-Away เข้าสู่ระบบ จะส่งผลต่อผลกระทบต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าความต้องการสินค้าโดยรวมจะยังคงเท่าเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2. การวิเคราะห์ความไวของการขยายธุรกิจ E-Commerce

ปัจจุบันการซื้อขายสินค้าและบริการต่างผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce) มีประโยชน์ต่อธุรกิจของกรณีศึกษาเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำการค้าได้แบบอัตโนมัติ และลูกค้าสามารถเข้าถึงสินค้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง ทำให้สามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบจากการขยายธุรกิจ E-Commerce โดยกำหนดให้ต้องทำการหยิบสินค้าร่วมกันกับรอบการทำงานที่ 1 เพื่อส่งให้กับบริษัทขนส่งภายใน 14.00 น. โดยได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 ผลการวิเคราะห์ความไวของการขยายธุรกิจ E-Commerce

สถานการณ์	อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่				เวลาทำงานเฉลี่ย (นาที/ตัว/วัน)			จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง
	พื้นที่ทั้งหมด	ตะกร้ากระจายสินค้า	ตะกร้าจัดเก็บสินค้า	พื้นที่ใช้ร่วมกัน	ยานพาหนะ	ลิฟต์ขาเข้า	ลิฟต์ขาออก	
A9	55.34%	70.44%	53.26%	22.72%	107.67	360.54	365.03	0.0000
eCommerce	54.59%	70.99%	52.15%	21.53%	113.61	380.08	376.45	0.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 6-2 ในการขยายธุรกิจ E-Commerce เปรียบเสมือนการขยายสาขาเพิ่มขึ้น 1 สาขา ดังนั้นปริมาณความต้องการสินค้าต่อวันจึงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ความไวของความต้องการสินค้าในหัวข้อที่ 6.1 โดยในการเพิ่มความต้องการสินค้าเท่ากับความต้องการสินค้า 1 สาขานั้น ส่งผลให้ตะกร้ากระจายสินค้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องมีการนำสินค้าส่งไปยังลูกค้า ส่วนพื้นที่ของตะกร้าจัดเก็บสินค้าลดลง เนื่องจากมีการหยิบสินค้าออกเพิ่มมากขึ้น สินค้าที่จัดเก็บอยู่จึงลดลง

6.3. การวิเคราะห์ความไวของจำนวนตะกร้ากระจายสินค้าในการทำ Palletization

การวิเคราะห์ความไวของจำนวนตะกร้ากระจายสินค้าในการทำ Palletization จะเป็นการลดจำนวนตะกร้าลงเป็น 20, 15, 10 ตะกร้า ตามลำดับ เพื่อนำตะกร้ากระจายสินค้าออกจากระบบอย่างสมดุลมากขึ้นตลอดช่วงการทำงาน จากการที่จำนวนตะกร้าที่ต้องนำออกจากระบบในช่วงก่อนจบรอบการทำงานลดลง โดยได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6-3

ตารางที่ 6-3 ผลการวิเคราะห์ความไวของจำนวนตะกร้ากระจายสินค้าในการทำ Palletization

สถานการณ์	อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่				เวลาทำงานเฉลี่ย (นาที/ตัว/วัน)			จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง
	พื้นที่ทั้งหมด	ตะกร้ากระจายสินค้า	ตะกร้าจัดเก็บสินค้า	พื้นที่ใช้ร่วมกัน	ยานพาหนะ	ลิฟต์ขาเข้า	ลิฟต์ขาออก	
A9	55.34%	70.44%	53.26%	22.72%	107.67	360.54	365.03	0.0000
Pallet10	47.16%	33.04%	53.26%	22.37%	101.82	359.93	370.84	0.0000
Pallet15	50.02%	46.13%	53.26%	22.37%	103.99	359.93	369.28	0.0000
Pallet20	52.74%	58.60%	53.26%	22.37%	105.95	359.94	366.01	0.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 6-3 เมื่อมีการปรับจำนวนตะกร้ากระจายสินค้าบนพาเลทลง จากสถานการณ์ที่ 9 ซึ่งต้องรอให้แต่ละสาขามีตะกร้ากระจายสินค้าครบ 25 ตะกร้า จึงจะมีการนำตะกร้ากระจายสินค้าของสาขานั้น ๆ ออกจากระบบ ทำให้มีการนำสินค้าออกจากระบบด้วยความถี่ที่มากขึ้น ดังนั้นอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ของตะกร้ากระจายสินค้าโดยเฉลี่ยจึงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในกรณีนี้ต้องมีการเทรดออฟกันระหว่างพื้นที่ในระบบ VLM และพื้นที่หน้าท่า เนื่องจากเมื่อพาเลทเล็กลงทำให้มีความจำเป็นในการสำรองพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าน้อยลง แต่ส่งผลให้ต้องเสียพื้นที่หน้าท่าในการรอส่งสินค้าในแนวราบแทน ส่วนพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้า พื้นที่ใช้ร่วมกัน การทำงาน

ของยานพาหนะ และการทำงานของลิฟต์ในแนวดิ่งไม่มีความเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการปรับลดจำนวนตะกร้าบนพาเลท ไม่ส่งผลถึงจำนวนตะกร้าในการนำเข้าและออกจากระบบ

6.4. การวิเคราะห์ความไวของรอบการทำงาน

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาแบ่งรอบการทำงานออกเป็น 3 รอบการทำงาน โดยสาขาสำหรับแต่ละรอบการทำงานตามระยะทางการจัดส่ง เพื่อจัดสินค้าให้เสร็จทันส่งไปสาขาในเวลาที่สาขาปิดทำการ และเพื่อให้อุปกรณ์ในศูนย์กระจายสินค้าทำงานอย่างสมดุลกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนรอบการทำงานจากการทำงาน 6 ชม./รอบการทำงาน 3 รอบการทำงาน/วัน เป็น 3 ชม./รอบการทำงาน 6 รอบการทำงาน/วัน โดยแบ่งสาขาในแต่ละรอบการทำงานใหม่ตามนโยบายการแบ่งสาขาของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อให้จัดส่งสินค้าถึงแต่ละสาขาได้รวดเร็วขึ้น โดยได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6-4

ตารางที่ 6-4 ผลการวิเคราะห์ความไวของรอบการทำงาน

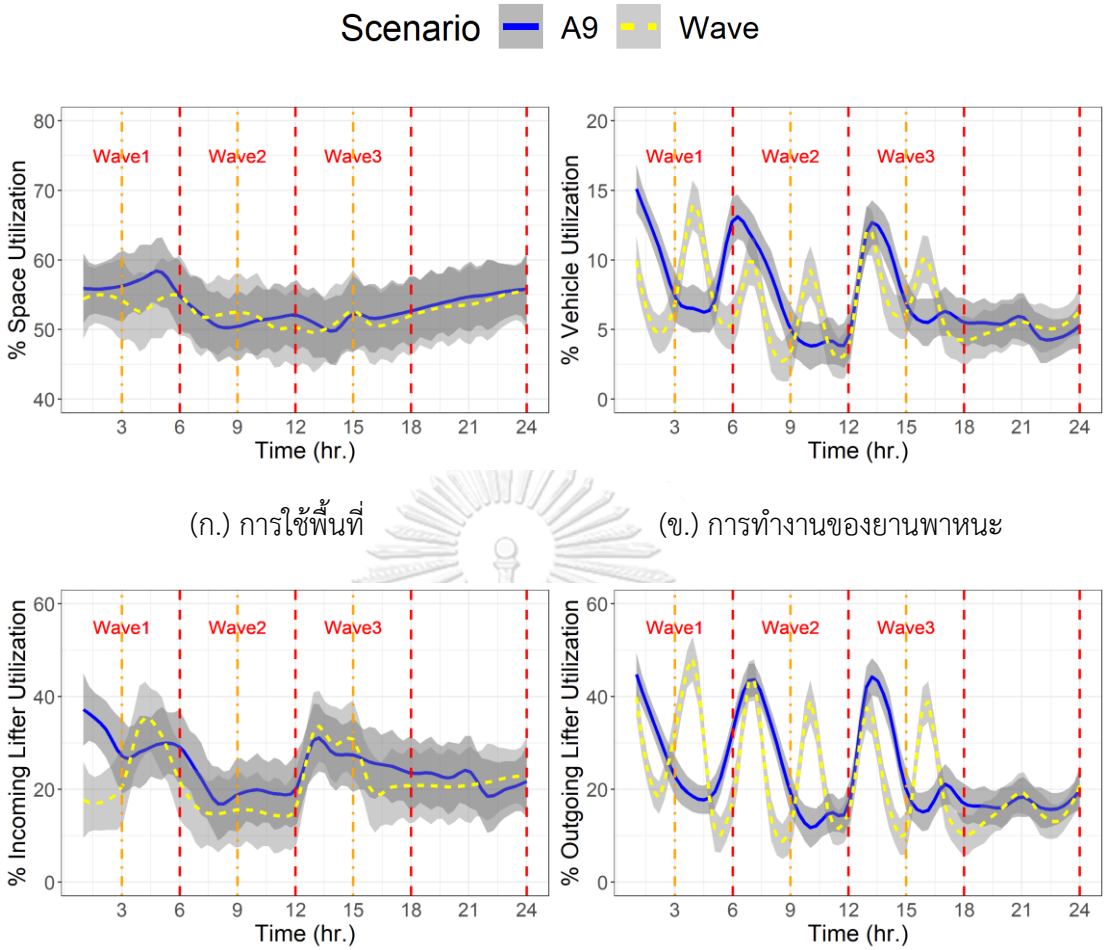
สถานการณ์	อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่				เวลาทำงานเฉลี่ย (นาที/ตัว/วัน)			จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง
	พื้นที่ทั้งหมด	ตะกร้ากระจายสินค้า	ตะกร้าจัดเก็บสินค้า	พื้นที่ใช้ร่วมกัน	ยานพาหนะ	ลิฟต์ขาเข้า	ลิฟต์ขาออก	
A9	55.34%	70.44%	53.26%	22.72%	107.67	360.54	365.03	0.0000
Wave	50.38%	72.46%	46.65%	11.77%	94.14	313.85	315.24	0.0667

จากตารางที่ 6-4 เมื่อปรับรอบการทำงานแล้วส่งผลให้อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่โดยรวมลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละรอบการทำงานลดลงตามจำนวนสาขาที่ลดลง ส่งผลให้อัตราการเติมสินค้าในแต่ละรอบลดลงเช่นกัน เนื่องจากการหยิบสินค้าออกในปริมาณครึ่งหนึ่ง

ของรอบการทำงานเดิม ทำให้ปริมาณสินค้าที่เหลืออยู่ในระบบยังไม่ถึงจุดเติมสินค้า ดังนั้นค่าเฉลี่ยของการใช้พื้นที่จึงลดลง รวมทั้งเวลาทำงานเฉลี่ยของลิฟต์ขาเข้าจึงลดลงเช่นกัน ส่วนเวลาการทำงานของยานพาหนะที่ลดลงเป็นผลมาจากในการเลือกตำแหน่งในการจัดเก็บสินค้า ระบบจะเลือกตำแหน่งที่อยู่ใกล้ลิฟต์ในแนวดิ่งมากที่สุด ดังนั้นเมื่อสินค้าในระบบลดลง ยานพาหนะจึงใช้ระยะทางในการเคลื่อนที่ลดลง

จากนั้นเมื่อพิจารณาอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าพบว่ามีการเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากตะกร้ากระจายสินค้า เป็นตะกร้าที่รวมระหว่างสินค้า Put-Away และสินค้า Flow Through จากการปรับรอบเวลาการทำงานนั้นส่งผลโดยตรงกับการหยิบสินค้า Put-Away แต่ไม่ส่งผลกับการหยิบสินค้า Flow Through ที่จะทำการแยกสินค้าทันที เมื่อสินค้ามาส่งที่ศูนย์กระจายสินค้า ดังนั้นปริมาณสินค้า Flow Through ที่ไม่ตรงรอบการทำงานจึงเยอะขึ้น ทำให้ต้องจัดเก็บตะกร้าของสาขานั้น ๆ อยู่ในระบบนานขึ้นจนกว่าจะถึงรอบเวลาทำงานของสาขาถัดไป ซึ่งจากสาเหตุนี้ทำให้มีโอกาสในการเกิดบล็อกกิ้งของระบบเพิ่มมากขึ้น แต่เวลาการทำงานของลิฟต์ขาออกลดลงเนื่องจากปริมาณตะกร้าที่ต้องนำออกจากระบบไปทำ Palletization ลดลง ดังรูปที่ 6-6 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ของระบบ VLM ระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ A9 และสถานการณ์เมื่อปรับรอบการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก.) การใช้พื้นที่ (ข.) การทำงานของยานพาหนะ

(ค.) การทำงานของลิฟต์ขาเข้า (ง.) การทำงานของลิฟต์ขาออก

รูปที่ 6-6 อรรถประโยชน์ของระบบ VLM จากแบบจำลองสถานการณ์ A9 และการปรับรอบเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากรูปที่ 6-6 แสดงการเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ของระบบ VLM ระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ A9 และสถานการณ์เมื่อปรับรอบการทำงาน โดยแสดงค่าเฉลี่ยต่อวันของสถานการณ์ A9 ผ่านเส้นทึบ และสถานการณ์เมื่อปรับรอบการทำงานผ่านเส้นประ ส่วนความแปรปรวนของระบบ VLM แสดงดังพื้นที่เงารอบเส้นทั้งสอง และเส้นประในแนวตั้งแสดงจุดเวลาที่จบรอบการทำงานเดิม ส่วนเส้นจุดประในแนวตั้งแสดงจุดเวลาเมื่อจบรอบการทำงานแบบปรับรอบการทำงาน เมื่อพิจารณารูปที่ 6-6 (ก.) พบว่าอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยสถานการณ์เมื่อปรับรอบการทำงาน จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับ A9 แต่มีความถี่เพิ่มขึ้นตามจุดเวลาที่จบรอบการทำงาน ส่วน

อรรถประโยชน์ในการทำงานของยานพาหนะในรูปที่ 6-6 (ข.) และอรรถประโยชน์ในการทำงานของลิฟต์ขาออกในรูปที่ 6-6 (ง.) ก็มีความถี่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาอรรถประโยชน์ในการทำงานของลิฟต์ขาเข้าในรูปที่ 6-6 (ค.) พบว่าสถานการณ์ที่มีการปรับรอบเวลาการทำงานมีลักษณะใกล้เคียงกับสถานการณ์ A9 เป็นผลมาจากปริมาณสินค้าที่เหลืออยู่ในระบบที่ส่งผลให้ต้องเติมสินค้านั้น ยังคงใกล้เคียงกับจุดเวลาเดิม เนื่องจากปริมาณความต้องการสินค้ารวมตลอดทั้งวันยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้นการนำตะกร้าจัดเก็บสินค้าเข้าสู่ระบบจึงไม่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในบางจุดเวลาที่มีความแตกต่างกันนั้นเป็นผลมาจากปริมาณตะกร้ากระจายสินค้าที่เข้าสู่ระบบที่มีความเปลี่ยนแปลงไป

จากการวิเคราะห์ความไวของรอบการทำงาน พบว่าการปรับรอบการทำงานส่งผลให้สามารถทำงานได้รวดเร็วมากขึ้นเมื่อพิจารณาจากเวลาการทำงานของอุปกรณ์ อีกทั้งยังลดการใช้พื้นที่ของอุปกรณ์ลงอีกด้วย ซึ่งต้องมีการการเทรดออฟกันกับระยะเวลาในการแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้งของระบบ จากการที่ปริมาณสินค้า Flow Through ที่ไม่ตรงรอบการทำงานที่ต้องเก็บในระบบเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.5. การวิเคราะห์ความไวต่อการชำรุดของยานพาหนะ

ในการออกแบบศูนย์กระจายสินค้าในงานวิจัยนี้พิจารณาภายใต้การดำเนินงานปกติ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จึงเป็นกระบวนการทำงานแบบปกติเท่านั้น แต่ในการทำงานจริงอาจมีการเกิดกรณีฉุกเฉิน หรือกรณีที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ขึ้น ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ผลความไวของระบบต่อการชำรุดของยานพาหนะ 1 ตัว ที่ไม่สามารถนำตะกร้าสินค้าเข้าและออกจากระบบได้เป็นเวลา 1 วัน โดยกำหนดให้ยานพาหนะของ Aisle 1 ชั้นที่ 18 เกิดการชำรุด โดยได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6-5

ตารางที่ 6-5 ผลการวิเคราะห์ความไวต่อการชำรุดของยานพาหนะ

สถานการณ์	อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่				เวลาทำงานเฉลี่ย (นาที/ตัว/วัน)			จำนวนครั้งที่เกิดบล็อกกิ้ง
	พื้นที่ทั้งหมด	ตะกร้ากระจายสินค้า	ตะกร้าจัดเก็บสินค้า	พื้นที่ใช้ร่วมกัน	ยานพาหนะ	ลิฟต์ขาเข้า	ลิฟต์ขาออก	
A9	55.34%	70.44%	53.26%	22.72%	107.67	360.54	365.03	0.0000
Breakdown	55.33%	70.74%	53.18%	22.41%	107.77	360.24	364.60	0.0000

จากตารางที่ 6-5 เมื่อเกิดเหตุการณ์ยานพาหนะชำรุดนั้นส่งผลกระทบต่อระบบในแง่ของอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ และเวลาในการทำงานต่ำ เนื่องจากการที่สินค้าเข้าและออกจากระบบในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะนั้น ๆ ไม่ได้ ส่งผลให้ระบบเลือกตำแหน่งอื่นในการจัดเก็บแทน ค่าเฉลี่ยของอรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ เวลาทำงานของยานพาหนะ และเวลาทำงานลิฟต์ขาเข้าจึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเวลาการทำงานของลิฟต์ขาออกที่มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยนั้น เกิดจากไม่สามารถนำตะกร้ากระจายสินค้าในชั้นที่ยานพาหนะเสียออกมาได้ ส่วนตะกร้าจัดเก็บสินค้าระบบได้เลือกหยิบจากตำแหน่งอื่น หรือเติมสินค้าเข้ามาแทนได้ ดังนั้นการเกิดการชำรุดของยานพาหนะไม่ส่งผลต่อภาพรวมของระบบ แต่หากพิจารณาถึงตะกร้ากระจายสินค้าที่ไม่สามารถนำออกจากระบบได้ทำให้ไม่สามารถนำส่งสาขาได้ทันเวลานั้น ถือเป็นความผลกระทบที่รุนแรงของบริษัทกรณีศึกษา เนื่องจากไม่สามารถส่งสินค้าได้ตามความต้องการของลูกค้า

จากการกำหนดให้ยานพาหนะของ Aisle 1 ชั้นที่ 18 เกิดการชำรุดเป็นเวลา 1 วัน ทำให้มีสินค้าในพื้นที่ตะกร้าจัดเก็บสินค้าคิดเป็น 2,293.17 ± 332.95 ชิ้น ไม่สามารถนำออกมาได้ แต่ส่งผลกระทบต่อระบบน้อย เนื่องจากสามารถหยิบสินค้าชนิดเดียวกันจากตำแหน่งอื่น ๆ ในระบบแทนได้ ส่วนตะกร้ากระจายสินค้าที่ไม่สามารถนำออกจากระบบได้เป็นตะกร้าของสาขาจำนวน 50 สาขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื่องจากในการเลือกตำแหน่งของตะกร้ากระจายสินค้าจะเลือก Aisle ตามสาขา และเลือกชั้นตามลำดับการเข้าสู่ระบบ มีจำนวน 41.23 ± 4.18 ตะกร้า ซึ่งต้องทำการจัดส่งในวันถัดไปหลังจากยานพาหนะกลับมาใช้งานได้ตามปกติแทน อาจส่งผลให้สาขาไม่มีสินค้าเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ และถ้าหากยานพาหนะไม่สามารถซ่อมได้ภายใน 1 วัน ดังสถานการณ์ที่กำหนดจะส่งผลให้ไม่มีสินค้าตอบสนองความต้องการของลูกค้า และเกิดค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสินค้าในตะกร้านั้น ๆ เป็นสินค้า Flow Through ซึ่งมาส่งตามรอบเวลาของผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายไม่สามารถหยิบสินค้าใหม่ในระบบได้ดังสินค้า Put-Away ที่สามารถหยิบสินค้าใหม่ได้ แต่ต้องเสียเวลาในการตรวจสอบว่ามีสินค้าใดบ้างที่นำออกมาไม่ได้แล้วทำการหยิบสินค้าใหม่อีกครั้งในรอบการทำงานของสาขานั้น ๆ ในวันถัดไป นอกจากนี้หากเกิดการชำรุดขึ้นของยานพาหนะตัวอื่น ๆ ในอีก Aisle นั้นจะส่งผลต่อทุกสาขาของบริษัทกรณีศึกษาขึ้นได้ ดังนั้นควรมีแผนการซ่อมบำรุงระบบเชิงป้องกัน เพื่อให้สามารถป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น จึงต้องมีการเทรดออฟระหว่างค่าใช้จ่ายในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และค่าเสียโอกาสในการขายสินค้า ค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลัง รวมถึงภาพลักษณ์ของบริษัทกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของงานวิจัยก่อนหน้าผู้วิจัยการออกแบบการจัดสรรพื้นที่แบบผสมผสาน กรณีศึกษาตะกร้าจัดเก็บสินค้าและตะกร้ากระจายสินค้าในศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน โดยใช้การจำลองสถานการณ์ ซึ่งเป็นการนำข้อมูลการดำเนินงานในปัจจุบันมาออกแบบนโยบายการดำเนินงาน และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อทดสอบนโยบายที่ได้ออกแบบไว้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานของระบบในปัจจุบัน รวมไปถึงข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย

7.1. สรุปผลการวิจัย

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจศูนย์กระจายสินค้าธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน โดยจำหน่ายสินค้า และให้บริการที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยแบบครบวงจรในประเทศไทย และภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งบริษัทมีแผนขยายการลงทุนอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับกับการเติบโตของสังคมเมือง โดยศูนย์กระจายสินค้าตั้งอยู่ที่อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการสินค้าของสาขาต่าง ๆ ได้อย่างทันเวลา โดยปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาแบ่งพื้นที่ศูนย์กระจายสินค้าออกเป็น 7 โซน เพื่อจัดเก็บสินค้าในประเภทที่แตกต่างกันออกไป โดยหนึ่งในนั้นเป็นศูนย์กระจายสินค้าใหม่ที่ใช้ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ แบบ Goods-to-Men เพื่อจัดเก็บสินค้าขนาดเล็ก และเครื่องใช้ไฟฟ้า

ระบบ VLM เป็นระบบการจัดการสินค้าเป็นตะกร้า โดยใช้อุปกรณ์ Vertical Lift Module ติดตั้งร่วมกับ Shuttle Rack AS/RS ซึ่งระบบนี้มีความสำคัญอย่างมากภายในศูนย์กระจายสินค้า

เนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบที่แตกต่างกัน และมีการใช้งานเป็นทั้งพื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้า และเป็นจุดพักสินค้า ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่างสินค้า Put-Away และสินค้า Flow Through

จากนั้นจึงทำการพิจารณาสินค้าที่ได้มีการจัดเก็บอยู่ในระบบ VLM จากข้อมูลจำเพาะของสินค้า และข้อมูลการหยิบสินค้า พบว่าสินค้ามีความหลากหลายมากกว่า 3,000 ชนิด อีกทั้งยังมีความแตกต่างกันทั้งในด้านขนาดของสินค้า และความต้องการสินค้า จึงส่งผลต่อจำนวนสินค้าที่สามารถบรรจุลงในตะกร้า และจำนวนตะกร้าสินค้าที่ต้องจัดเตรียมไว้ในระบบ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลสินค้าไปวิเคราะห์โดยใช้หลักการพาเรโต โดยพิจารณาขนาดสินค้าจากจำนวนสินค้าที่บรรจุลงในตะกร้า และพิจารณาความต้องการสินค้าจากค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้าต่อเดือน ทำให้สามารถแบ่งสินค้าได้เป็น 9 กลุ่มตามขนาดและความต้องการสินค้า ก่อนจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาพารามิเตอร์ในการกระจายของความต้องการสินค้าทั้ง 9 กลุ่มในแต่ละรอบการทำงาน และนำไปสร้างข้อมูลแบบสุ่มของความต้องการสินค้า เพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลความต้องการสินค้าจริง ต่อมาจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการทำงานของระบบ VLM โดยเก็บข้อมูลทรูพุตของแต่ละสถานีงาน รวมทั้งข้อมูลการทำงานของลิฟต์และยานพาหนะ เพื่อนำข้อมูลไปสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์จะเป็นค่าคงที่ หรือใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในแต่ละสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากผู้วิจัยได้ศึกษาระบบการทำงาน และวิเคราะห์ข้อมูลภายในคลังสินค้า พบว่าระบบ VLM เป็นระบบที่ไม่ต่อเนื่องตามเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จึงได้ทำการออกแบบการทำงานของระบบ โดยจะพิจารณาสถานะของระบบตามจุดเวลาทุก 15 นาที และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามรูปแบบการทำงานในปัจจุบัน กล่าวคือ แบ่งการทำงานออกเป็น 3 รอบการทำงาน/วัน รอบละ 6 ชั่วโมง สำหรับการดำเนินงาน 100 สาขา และทำการจำลองสถานการณ์ต่อเนื่อง 7 วัน จำนวน 30 Replications เพื่อให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองสถานการณ์มีความแม่นยำ

สัมพัทธ์ไม่เกิน 10% ซึ่งประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บและเรียกคืนอัตโนมัติจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของนโยบายที่ใช้กับพฤติกรรมของสินค้า โดยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาผลลัพธ์ 4 ส่วน ได้แก่ อรรถประโยชน์การใช้พื้นที่ เวลาเฉลี่ยที่ยานพาหนะทำงาน เวลาเฉลี่ยที่ลิฟต์ทำงาน และจำนวนครั้งในการเกิดบล็อกกิ้ง เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ ผู้วิจัยจึงแบ่งแนวทางการออกแบบนโยบายของระบบออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

1. รูปแบบนโยบายในการจัดสรรพื้นที่สำหรับ VLM ซึ่งจะมีเทรดออฟกันระหว่างระยะเวลาการทำงานของยานพาหนะ และระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาบล็อกกิ้ง โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่
    - แบ่งพื้นที่ Shuttle Rack เป็น 2 ส่วน ตามหลักการทำงานจริงในปัจจุบัน โดยแบ่งพื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้าเป็นพื้นที่ด้านหน้าใกล้ลิฟต์ในแนวดิ่ง จำนวน 25 เท่าของจำนวนสาขา หรือคิดเป็น 2,500 ตะกร้า เพื่อให้ระบบไม่เกิดบล็อกกิ้ง ส่วนพื้นที่ที่เหลือจะเป็นพื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บสินค้า
    - แบ่งพื้นที่ Shuttle Rack เป็น 3 ส่วน ได้แก่ พื้นที่สำหรับตะกร้าจัดเก็บ พื้นที่สำหรับตะกร้ากระจายสินค้า และพื้นที่ใช้ร่วมกัน เพื่อเป็นการลดโอกาสในการเกิดบล็อกกิ้งขึ้นจากการใช้พื้นที่ที่ยืดหยุ่นมากขึ้นจากการใช้พื้นที่ร่วมกันได้ของตะกร้าแต่ละประเภท โดยที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ใกล้ขึ้นสำหรับการนำสินค้าเข้าและออกจากพื้นที่จัดเก็บสินค้า ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 5 กรณี ตามขอบเขตของการใช้พื้นที่ตะกร้ากระจายสินค้าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนตะกร้ากระจายสินค้าที่ถูกส่งไปเก็บในระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. รูปแบบนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้า ซึ่งจะมีเทรดออฟกันระหว่างจำนวนตะกร้าที่เหลือในระบบ และจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

    - First-In-First-Out ตามหลักการทำงานจริงในปัจจุบัน โดยเป็นระบบการหยิบสินค้าที่เข้าก่อนออกก่อน มีแนวคิดเป็นไปตามการค้าโดยปกติที่บริษัทมักจะต้องการขายของเก่าก่อน
    - Pick-to-Clear เป็นระบบการหยิบสินค้าที่จะหยิบตะกร้าที่มีสินค้าน้อยที่สุดก่อน เพื่อไม่มีตะกร้าที่เป็นเศษอยู่ในระบบ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้า
    - Pick-at-Most เป็นระบบการหยิบสินค้าที่จะเลือกตะกร้าที่มีจำนวนสินค้าที่ใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดจำนวนรอบในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะลงได้

เมื่อพิจารณาร่วมกันทั้ง 2 นโยบาย แบบแฟกทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Design) งานวิจัยนี้จึงมีสถานการณ์ที่ต้องทดสอบในแบบจำลองทั้งหมด 16 สถานการณ์ รวมสถานการณ์ A0 ซึ่งเป็นสถานการณ์ปกติที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน ซึ่งจะใช้สำหรับการเปรียบเทียบกับสถานการณ์อื่นในงานวิจัยนี้ จากการจำลองสถานการณ์พบว่าสถานการณ์ที่ดีที่สุด คือ สถานการณ์ A9 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ดำเนินนโยบายการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ พื้นที่กระจายสินค้าเป็น 24 ตะกร้า/ชั้น พื้นที่จัดเก็บสินค้า 80 ตะกร้า/ชั้น และพื้นที่ใช้ร่วมกัน 6 ตะกร้า/ชั้น ส่วนนโยบายในการจัดลำดับและการเลือกหยิบสินค้าเป็นแบบ Pick-to-Clear ซึ่งส่งผลให้เวลาการทำงานรวมลดลง จากยานพาหนะที่ใช้เวลาเดินทางต่ำที่สุด อีกทั้งยังใช้พื้นที่ในระบบต่ำที่สุด โดยไม่ทำให้ระบบเกิดบล็อกกิ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทำให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถใช้งานพื้นที่ของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จากการจัดเก็บสินค้าในปริมาณเท่าเดิม โดยสามารถลดการใช้พื้นที่จัดเก็บลงได้

แต่อย่างไรก็ตามบริษัทมีแนวโน้มที่จะขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั้งในแง่การขยายสาขา การขายสินค้าออนไลน์ และการเพิ่มประเภทสินค้า เพื่อให้สามารถรองรับตลาดสินค้าตกแต่งบ้านได้อย่างครบวงจร ดังนั้นความต้องการสินค้าซึ่งเป็นพารามิเตอร์หนึ่งของแบบจำลองสถานการณ์นั้นมีโอกาสที่จะเปลี่ยนแปลงไปได้ ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาขอบเขตของผลงานวิจัย พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้า Put-Away ส่งผลต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญ และถ้าหากบริษัทกรณีศึกษาเพิ่มชนิดของสินค้า Put-Away เข้าสู่ระบบ เพื่อให้สามารถจัดจำหน่ายสินค้าได้อย่างครบวงจรมากขึ้น จะส่งผลต่อผลกระทบต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าความต้องการสินค้าโดยรวมจะยังคงเท่าเดิม นอกจากนั้นแล้วยังมีพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบกับระบบ ส่งผลให้ต้องมีการเทรดออฟกันทั้งในแง่ของการใช้พื้นที่ของระบบ การใช้พื้นที่ในแนวราบของศูนย์กระจายสินค้า ระยะเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ ระยะเวลาในการแก้ปัญหาการเกิดบล็อกกิ้งของระบบ รวมทั้งค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7.2. ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการออกแบบการจัดสรรพื้นที่แบบผสมผสานในงานวิจัยนี้นั้น เป็นการออกแบบสำหรับสินค้าขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสินค้ากลุ่มเดียวภายในศูนย์กระจายสินค้าเท่านั้น ดังนั้นสามารถนำไปต่อยอด เพื่อให้เกิดความสมจริงของระบบได้มากขึ้น โดยการออกแบบทั้งคลังสินค้าตั้งแต่การรับสินค้า การจัดเก็บสินค้า การหยิบสินค้า จนถึงการจัดส่งสินค้า ซึ่งมีการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์หลากหลายชนิด ได้แก่ Storage AS/RS, Picking AS/RS

และ Shuttle Rack AS/RS รวมทั้งมีสถานีงานที่เกี่ยวข้องอีกหลายสถานีงานตามลักษณะสินค้า โดยมีการใช้งานสายพาน STV ร่วมการในการเคลื่อนย้ายสินค้าบนพาเลทไปในแต่ละอุปกรณ์และสถานีงานที่เกี่ยวข้อง

2. ในการออกแบบการจัดสรรพื้นที่แบบผสมผสานในงานวิจัยนี้นั้น เป็นการพิจารณานโยบายผ่านการทำแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการวิจัยดำเนินการ (Operations Research) ซึ่งมีเครื่องมือหลากหลายที่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) โดยระบบ VLM สามารถพิจารณาเป็นกระบวนการเกิดและตาย (Birth-and-Death Process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีทั้งการเกิดและการตาย เมื่อกระบวนการเกิด หมายถึง กระบวนการที่มีลูกค้าเข้าระบบเพียงอย่างเดียว และไม่มีลูกค้าคนใดออกจากระบบ ส่วนกระบวนการตาย หมายถึง กระบวนการที่มีลูกค้าออกจากระบบเพียงอย่างเดียว และไม่มีลูกค้าคนใดเข้ามาในระบบ ดังนั้นกระบวนการเกิดและตาย จึงเป็นกระบวนการที่ลูกค้าเข้ามาที่ระบบแถวคอย ก่อนจะเข้ารับบริการ และออกไปจากระบบ โดยกำหนดให้จำนวนลูกค้าเข้าและออกจากระบบ มีการแจกแจงแบบปัวส์ซง (Poisson Distribution) หรือช่วงระยะเวลาระหว่างการมาของลูกค้าและระยะเวลาที่ใช้ในการให้บริการมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) ซึ่ง ณ ขณะเริ่มต้นกระบวนการของระบบแถวคอย พฤติกรรมของระบบจะดำเนินไปภายใต้เงื่อนไขชั่วคราว (Transient Condition) หลังจากนั้นเมื่อระยะเวลาของระบบผ่านไปนานพอสมควร ระบบจะเข้าสู่เงื่อนไขสภาวะคงตัว (Steady State Condition) ซึ่งจะมีการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ก็ต่อเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว เนื่องจากเมื่อระบบอยู่ภายใต้เงื่อนไขชั่วคราว พฤติกรรมของระบบจะมีความซับซ้อน ทำให้การวิเคราะห์ระบบเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ในการศึกษากระบวนการระบบแถวคอยจะให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ที่ได้หลังจากระบบเข้าสู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

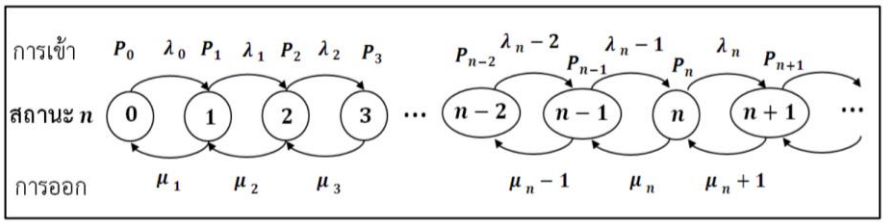
สภาวะคงตัวแล้ว เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น โดยกระบวนการเกิดและตายมีลักษณะเป็นห่วงโซ่เวลาที่ต่อเนื่องของมาร์คอฟ (Continuous Time Markov Chain) โดยกำหนดพารามิเตอร์ ดังนี้

n = จำนวนลูกค้าที่อยู่ในระบบ

λ_n = อัตราเฉลี่ยของการเข้ามาของลูกค้า เมื่อมีลูกค้า n คนในระบบ

μ_n = อัตราการให้บริการเฉลี่ย เมื่อมีลูกค้า n คนในระบบ

P_n = ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้า n คนในระบบ เมื่อระบบอยู่ในสถานะคงที่



รูปที่ 7-1 กระบวนการเกิดและตาย

จากรูปที่ 7-1 ที่สถานะ n จะเปลี่ยนเป็น n+1 เมื่อมีกระบวนการเกิด แต่หากมีกระบวนการตายจะเปลี่ยนจาก n เป็น n-1 โดยในสภาวะคงตัว ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนจาก n ไปเป็น n+1 จะมีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนจาก n ไปเป็น n-1 ซึ่งหมายถึง อัตราการเข้าสู่ระบบเฉลี่ย = อัตราการออกจากระบบเฉลี่ย (Rate In = Rate Out) สำหรับทุกสถานะของระบบที่มี n ตะกร้า โดยที่ n = 0, 1, 2, ... ซึ่งเป็นสมการของความสัมพันธ์ระบบสมการสมดุล (Balance equations) ดังตารางที่ 7-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7-1 ระบบสมการสมดุลของกระบวนการเกิดและตาย

State	Rate In = Rate Out
0	$\mu_1 P_1 = \lambda_0 P_0$
1	$\lambda_0 P_0 + \mu_2 P_2 = (\lambda_1 + \mu_1) P_1$
2	$\lambda_1 P_1 + \mu_3 P_3 = (\lambda_2 + \mu_2) P_2$
⋮	⋮
n-1	$\lambda_{n-2} P_{n-2} + \mu_n P_n = (\lambda_{n-1} + \mu_{n-1}) P_{n-1}$
n	$\lambda_{n-1} P_{n-1} + \mu_{n+1} P_{n+1} = (\lambda_n + \mu_n) P_n$

จากตารางที่ 7-1 ที่สถานะ n-1; $P_n = \frac{\lambda_{n-1}\lambda_{n-1}\cdots\lambda_0}{\mu_n\mu_{n-1}\cdots\mu_1} P_0$

ให้ $C_n = \frac{\lambda_{n-1}\lambda_{n-1}\cdots\lambda_0}{\mu_n\mu_{n-1}\cdots\mu_1}$ เมื่อ n = 1, 2, 3, ...

และกำหนดให้ $C_n = 1$ เมื่อ n = 0

ดังนั้น $P_n = C_n P_0$

ดังนั้นการจำลองสถานการณ์ในการออกแบบการจัดสรรพื้นที่แบบผสมผสานในงานวิจัยนี้สามารถพิจารณาเป็นกระบวนการเกิดและตาย โดยกำหนดให้

n = จำนวนตะกร้าที่อยู่ในระบบ

λ_n = อัตราเฉลี่ยของการเข้ามาของตะกร้า เมื่อมี n ตะกร้าในระบบ

μ_n = อัตราการให้บริการเฉลี่ย เมื่อมี n ตะกร้าในระบบ

P_n = ความน่าจะเป็นที่จะมี n ตะกร้า ในระบบ เมื่อระบบอยู่ในสถานะคงที่

ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาอัตราเฉลี่ยการเข้าและออกของตะกร้าแต่ละประเภทในระบบ ในแต่ละสถานะของระบบ เนื่องจากอัตราการเข้าและออกของตะกร้าไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คงที่ตลอดเวลา โดยจะพิจารณาระบบโดยใช้ตัวแบบแถวคอยแบบ M/M/c/K โดย K แสดงถึงความสามารถของระบบในการให้บริการ เนื่องจากพื้นที่ในการจัดเก็บตะกร้าของระบบมีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งในกรณีที่พื้นที่เต็ม หรือแถวคอยเต็ม อัตราการเข้าระบบโดยเฉลี่ยจึงมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นนอกจากการวิเคราะห์เพื่อหาอัตราเฉลี่ยในการเข้าและออกจากระบบแล้วยังต้องหาค่าความน่าจะเป็นในการเกิดบล็อกกิ้ง (Blocking Probability : P_B) ซึ่งหมายถึงการมีตะกร้าอยู่เต็มระบบ จำนวน K ตะกร้าแล้ว ดังนั้นความน่าจะเป็นในการเกิดบล็อกกิ้งจึงมีค่าดังสมการที่ 7-1

$$P_B = P_{n = K} \tag{7-1}$$

จากความน่าจะเป็นในการเกิดบล็อกกิ้ง เป็น P_B ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะไมเกิดบล็อกกิ้ง จึงมีค่าเป็น $1 - P_B$ ดังนั้นเมื่อมีตะกร้าเข้าสู่ระบบด้วยอัตราเฉลี่ย $\boldsymbol{\lambda}$ จะส่งผลให้มีตะกร้าเข้าสู่ระบบด้วยอัตราเฉลี่ยสุทธิดังสมการที่ 7-2

$$\boldsymbol{\lambda}_a = \boldsymbol{\lambda} (1 - P_B) \tag{7-2}$$

ดังนั้นเมื่อนำกระบวนการเกิดและตาย ซึ่งเป็นหนึ่งในทฤษฎีแถวคอยมาประยุกต์ใช้จะสามารถช่วยให้สามารถเข้าใจระบบได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถกำหนดการดำเนินงานและพิจารณาจุดการให้บริการของสถานีงานที่เหมาะสมกับพฤติกรรมของระบบ เพื่อให้การจัดการแถวคอยมีประสิทธิภาพสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

[1] Arévalo, V. R. (2010). *A design method for parts picking zones in a manufacturing environment.* Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria ...,

[2] Banks, J., Carson, I., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2005). *Discrete-event system simulation*: Pearson.

[3] Bartholdi III, J. J., & Hackman, S. T. (2008). Allocating space in a forward pick area of a distribution center for small parts. *IIE Transactions,* 40(11), 1046-1053.

[4] Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2016). Dual-tray Vertical Lift Modules for Fast Order Picking.

[5] Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., Roncari, M., & Sgarbossa, F. (2015). Dual-tray Vertical Lift Module for order picking: a performance and storage assignment preliminary study.

[6] calzavara, M., Sgarbossa, F., & Persona, A. . (2019). Vertical Lift Modules (VLMs) for small items order picking: an economic evaluation. *International Journal of Production Economics,* 210, 199-210.

[7] Design Details: Warehouse Overview. (2013). Retrieved from http://navhelp.modst.dk/help/da-dk/conDesignDetailsWarehouseOverview.htm#seeAlsoNoToggle

[8] Dukic, G., Opetuk, T., & Lerher, T. (2015). A throughput model for a dual-tray Vertical Lift Module with a human order-picker. 170, 874-881.

[9] Fong, H. N. G. (2015). *Improving and maintaining the operational efficiency of a semiconductor equipment manufacturing warehouse.* Massachusetts Institute of Technology,

[10] Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European journal of operational research,* 177(1), 1-21.

[11] Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European journal of operational research,* 203(3), 539-549.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[12] Gullberg, S., & Lundberg, E. (2017). Increase resource utilization of Alfa Laval's Vertical Lift Modules by maximizing their order picking share. In.

[13] Hackman, S. T., Frazelle, E. H., Griffin, P. M., Griffin, S. O., & Vlasta, D. A. (2001). Benchmarking warehousing and distribution operations: an input-output approach. *Journal of Productivity Analysis,* 16(1), 79-100.

[14] Horton, N. J., & Kleinman, K. (2015). *Using R and RStudio for data management, statistical analysis, and graphics*: Chapman and Hall/CRC.

[15] Icograms (Producer). (2018). Warehouse Layout and Product Flow. Retrieved from https://icograms.com/usage-warehouse-layout-visualization.php

[16] Il-Choe, K., & Sharp, G. (1991). Small parts order picking: design and operation. https://www2.isye.gatech.edu/~mgoetsch/cali/Logistics%20Tutorial/order/article.htm

[17] Lenoble, N., Frein, Y., & Hammami, R. (2016). *Optimization of order batching in a picking system with a Vertical Lift Module.* Paper presented at the International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain.

[18] Mecalux (Producer). (2019). Warehouse storage solutions. *Mecalux Web site*. Retrieved from https://www.mecalux.com/

[19] Meller, R. D., & Klote, J. F. (2004). A throughput model for carousel/VLM pods. *IIE Transactions,* 36(8), 725-741.

[20] Min, H. (2015). *The essentials of supply chain management: New business concepts and applications*: FT Press.

[21] Modula (Producer). (2019). Modula Lift. *Modula Web site*. Retrieved from https://www.modula.eu/products/automatic-vertical-storage-system-modula-lift.html

[22] Nicolas, L., Yannick, F., & Ramzi, H. (2018). Order batching in an automated warehouse with several vertical lift modules: Optimization and experiments with real data. 267(3), 958-976.

[23] Racca, S. D. (2015). *Improving operational efficiency of a semiconductor equipment manufacturing warehouse through effective utilization of Vertical Lift Modules.* Massachusetts Institute of Technology,

[24] Rosi, B., Grasic, L., Dukic, G., Opetuk, T., & Lerher, T. (2016). Simulation-based

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

performance analysis of automated single-tray vertical lift module. 15(1), 97-108.

[25] Sgarbossa, F., Calzavara, M., & Persona, A. (2018). Economic and Performance Analysis of Dual-bay Vertical Lift Modules.

[26] SystemLogistics (Producer). (2019). System Logistics. *System Logistics Web site*. Retrieved from http://www.systemlogistics.com/eng/references/

[27] Tolliver, R. (1989). Order picking basics at avon products. 89.

[28] Toor, P. S. (2015). *Improving operational efficiency of a semiconductor equipment manufacturing warehouse through strategic allocation of parts.* (Doctoral dissertation), Massachusetts Institute of Technology.

[29] Trottmann, M., & Zhang, S. (2017). *The trend towards warehouse automation.* Retrieved from

[30] Vasili, M., & Hong, T. S. (2016). Travel Time Analysis of an Open-Rack Miniload AS/RS under Class-Based Storage Assignments. 8(1), 70.

[31] Wiringdiagram (Producer). (2018). Warehouse Diagram Fabulous Layout Designs for Warehousing Operations. *Wiring diagram Web site*. Retrieved from http://pinnacleeventswnc.com/warehouse-diagram/warehouse-diagram-fabulous-layout-designs-for-warehousing-operations/

[32] Wu, X., Haynes, M., Guo, A., & Starner, T. (2016). *A comparison of order picking methods augmented with weight checking error detection.* Paper presented at the Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers.

[33] นิรัติศัย ทุมวงษา. (2018). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2561 - 2563 ธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง. Retrieved from Krungsri Research: https://www.krungsri.com/bank/getmedia/7f57f5b7-189a-4db0-ac25-b31d23c6741c/IO_Construction_Contractor_2018_TH.aspx

[34] ปวีณา เชาวลิตวงศ์. (2018). *Determining Inventory Policy Theories and A Systematic Thinking Approach*. Bangkok: Chulalongkorn University Press.

[35] พัชรพร ลีพิพัฒน์ไพบูลย์, น. (2017). *Industrial Robots and Its Impacts on Labor Market*. Retrieved from Bank of Thailand: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Pages/default.aspx

[36] พัชรา กลิ่นชวนชื่น. (2018). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2561 - 2563 ธุรกิจที่อยู่อาศัยในกรุงเทพฯ และปริมณฑล. Retrieved from Krungsri Research:

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

https://www.krungsri.com/bank/getmedia/4dda41fa-1db0-4b97-bca2-591cc99537d2/IO_Housing_181115_TH_EX.aspx

[37] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2013). *Population Projections for Thailand* 2010-2040. Retrieved from http://social.nesdb.go.th/social/

[38] โอฬาร กิตติธีรพรชัย. (2018). คลังสินค้าและการจัดการคลังสินค้า. Bangkok: Chulalongkorn University Press.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอรุณรัตน์ วลิตษรางศ์กุล
วัน เดือน ปี เกิด	10 ตุลาคม 2536
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
ที่อยู่ปัจจุบัน	88/42 หมู่บ้านธัญญกาญจน์ ซอยเอกชัย 30 ถนนเอกชัย แขวงบางขุนเทียน เขตจอมทอง กทม. 10150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY